

Mai 2012

to70 GmbH

Bewertung der Anflugverfahren in Ostrichtung (Piste 07) und Durchführung einer Schnellzeitsimulation zur Erstellung und Bewertung von alternativen Anflugverfahren am Flughafen Frankfurt am Main.

BURG
N
EL
RID
TTGART HBT.
ON
LSINKI
FRANCISCO-DALL
ARIS
VENEDIG
DALLAS
AMSTERDAM





**Bewertung der Anflugverfahren in Ostrichtung
(Piste 07)
und Durchführung einer Schnellzeitsimulation
zur Erstellung und Untersuchung von alternativen
Anflugverfahren am Flughafen Frankfurt am Main
für das Ministerium des Innern, für Sport und
Infrastruktur des Landes Rheinland-Pfalz**

Report

Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur
Abteilung Verkehr und Straßen
Schillerplatz 3-5
55116 Mainz

to70 GmbH HRB 30781

Hauptstraße 78

67482 Altdorf/Pfalz

info@to70.de

+49 176 320 443 24

www.to70.nl

Autor: Michael Morr

Altdorf, Mai 2012

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
 2. Ziel der Untersuchung
 3. Vorgehensweise
 4. Durchführung der Simulation mit AirTOP
 5. Vorgaben der ICAO
 6. Beschreibung der Anflugverfahren auf den Flughafen Frankfurt am Main
 7. Analyse der Anflugverfahren zum Flughafen Frankfurt am Main
 8. Optimierungsansätze
 - 8.1 Veränderte Flughöhen Gegenanflüge
 - 8.2 Verbesserte Höhenstaffelung
 - 8.3 Trombone-Verfahren
 9. Dokumentation der Simulationsergebnisse mit AirTOP
 10. Auswirkungen der alternativen Verfahren auf Kapazität und Lärmbelastungen
 11. Kurzbewertung von Vorschlägen der Fluglärm-initiativen
 12. „Point Merge“ Verfahren
 13. Zusammenfassung und Empfehlung
- Anhang: Dokumentation der Luftfahrzeuge in der Simulation

1. Einleitung

Der Flughafen Frankfurt am Main strebt mit der Inbetriebnahme der neuen Landebahn Nordwest eine erhebliche Zunahme der Passagierzahlen und der Luftfracht an. Sind es heute noch rund 56 Millionen Passagiere, sollen es durch den Bau der neuen Landebahn Nordwest zukünftig bis zu 90 Millionen pro Jahr werden. Der erwartete Zuwachs erfordert eine Erhöhung der Zahl der an- und abfliegenden Luftfahrzeuge, die von heute 83 auf bis zu 126 pro Stunde steigen soll. Mit der ansteigenden Zahl der Flugbewegungen und durch die Neustrukturierung der An- und Abflugverfahren ist eine veränderte und deutlich höhere Lärmbelastung für die Bevölkerung verbunden. Im Westen des Flughafens sind hiervon insbesondere die Stadt Mainz und die dicht besiedelten Gebiete des Rheingaus und von Rheinhessen betroffen.

In der Umgebung eines Flughafens ist eine Lärmbelastung durch anfliegende und abfliegende Flugzeuge allerdings letztlich nicht zu vermeiden. Die von der DFS Deutschen Flugsicherung GmbH entwickelten und vom Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF) genehmigten Verfahren haben beim Anflug von Westen (Betriebsrichtung 07) sowohl im nördlichen als auch im südlichen Gegenanflug jedoch zur Folge, dass Anflüge in vergleichsweise niedriger Höhe und über weite Anflugstrecken erfolgen. Dies ist mit einer höheren Lärmbelastung über größeren Gebieten verbunden.

2. Ziel der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung hat die Prüfung zum Ziel, ob alternative Anflugverfahren entwickelt werden können, mit denen die heutigen und die zukünftig noch wachsenden Fluglärmbelastungen verringert werden können. Dabei sind die Verfahren, die durch die ICAO (International Civil Aviation Organisation) international festgelegt sind, als bindende Vorgaben zu Grunde zu legen.

Ein zentrales Anliegen bei der Entwicklung alternativer Anflugverfahren ist es mithin, den Lärmbelastungen der betroffenen Bevölkerung ein größeres Gewicht beizumessen. Dabei ist zu beachten, dass auch bei modifizierten Anflugverfahren, die insgesamt zu einer Verringerung der Belastungen führen, diese lokal mit spürbaren Veränderungen verbunden sein können.

Vorliegend wurden die Anflugverfahren der Anflugrichtung West, d.h. die Landungen auf den Landebahnen 07R und 07L, analysiert und hierfür Lösungskonzepte entwickelt.

3. Vorgehensweise

Nach der Analyse des veröffentlichten Anflugsystems der DFS erfolgt in dieser Untersuchung die Erarbeitung alternativer Anflugverfahren unter Berücksichtigung der ICAO „PANS-OPS“-Vorgaben und unter Berücksichtigung der Lärmauswirkung auf die Bevölkerung.

Hierzu wird in einem ersten Schritt untersucht, ob eine Anpassung der Anflughöhen und eine Verlegung des so genannten IAF (Initial Approach Fix) möglich ist und welche Wirkungen sich hieraus ergeben. Der IAF (Initial Approach Fix) ist der Punkt, an dem ein Luftfahrzeug die Streckenführung verlässt und das Anflugverfahren beginnt.

Bis zu diesem Punkt ist ein anfliegendes Luftfahrzeug vom Fluglotsen freigegeben. Für den Beginn des Anflugverfahrens ist eine neue Freigabe des Fluglotsen erforderlich. Da diese nicht in jedem Fall zeitgerecht gegeben werden kann oder für den Fall eines Funkausfalls sind so genannte Holdings (Warteschleifen) an diesen Punkten (IAF) festgelegt. Innerhalb der Warteverfahren teilt der Lotse jedem Luftfahrzeug eine individuelle Flughöhe zu.

In einem weiteren Schritt wird untersucht, ob es möglich ist, eine Staffelung der Flugzeuge in größeren Höhen durchzuführen und einen kontinuierlichen Sinkflug bis zu einem Punkt zu gewährleisten, an dem die Radarkontrolle und das Eindrehen zum Endanflug gesteuert werden kann.

4. Durchführung der Simulationen mit AirTOP

Um zu klären, ob solche alternative Anflugverfahren praxismäßig durchgeführt werden können, wird ein Simulationsverfahren eingesetzt. Der hierbei verwendete Schnellzeitsimulator (AirTOP) ist weltweit im Einsatz und hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit überprüft.

Die Simulationssoftware ermöglicht die realitätsnahe Abbildung der gesamten Verkehrssituation auf den Flugbetriebsflächen von Flughäfen und im Luftraum.

Es werden damit Kapazitätsermittlungen sowie Optimierungen an Flughäfen und im Luftraum durchgeführt. Die Bewegungsabläufe der Luftfahrzeuge können mit diesem Simulationsinstrument, ähnlich wie auf einem Radarsichtgerät, visuell dargestellt werden. Damit ist gewährleistet, dass die Ergebnisse und Prozessabläufe jederzeit unter quasi Realitätsbedingungen untersucht werden können.

Die Simulationen der Verfahren wurden unter „Standard-Wetterbedingungen“ (Internationale Standard Atmosphäre) und ohne Berücksichtigung äußerer Abläufe durchgeführt, die den Normalablauf der Verkehrsentwicklung stören könnten.

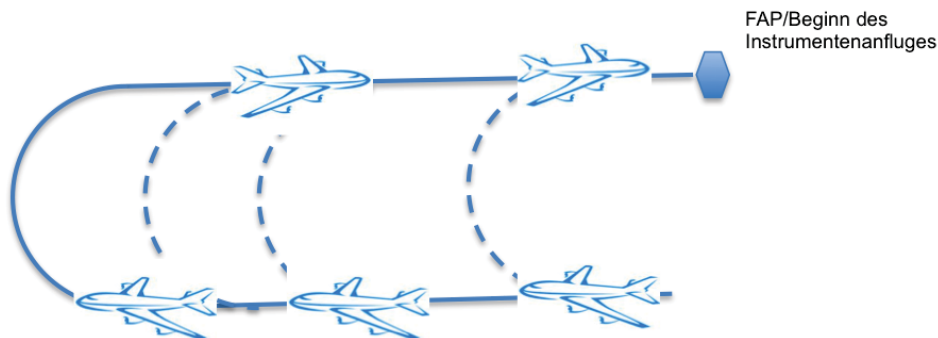
In der Simulationsphase wird dabei jedes Luftfahrzeug dynamisch durch folgende Funktionen überlagert:

- Berechnung der tatsächlichen Flugprofile aus dem Gesamtverkehrsaufkommen zur Einordnung in die Landefolge.
- Aufbau von Warteverfahren, falls Ankünfte mit Verzögerungsverfahren (hier festgelegte Geschwindigkeiten und Kurse) nicht eingeordnet werden können.
- Berechnung und Einhaltung der vorgeschriebenen Mindestabstände unter Beachtung der Wirbelschleppen.

Auf diese Weise wird für jeden Flug ein eigenes Flugprofil erstellt. Nach jeder Simulation werden Analysen durchgeführt, die mit umfangreichen statistischen Daten unterstützt werden; dies ermöglicht eine objektive Beurteilung der Simulationen.

Zur Darstellung von Radarverfahren dienen sogenannte „Trombone“. Die international gebräuchliche Bezeichnung „Trombone“ (Posaune) wurde gewählt, um zu versinnbildlichen, dass die Flugstrecke im Gegenanflug wie bei dem Zuge einer Posaune je nach Notwendigkeit verlängert werden kann. Dieses Verfahren ermöglicht es den Fluglotsen, die Luftfahrzeuge je nach Geschwindigkeit und Flugzeugtyp entsprechend zu staffeln, die Geschwindigkeit anzupassen und so im vorgeschriebenen Abstand sicher auf den Endanflug zu führen. Hier wird, wie bei der Posaune, der „Posaunenzug“, also der Anflug durch die größte, festgelegte Flugstrecke bestimmt.

In der folgenden Grafik sieht man das Prinzip dieses Verfahrens. Die Luftfahrzeuge werden in einer „Platzrunde“ gehalten und so für den Endanflug gestaffelt.



Die Luftfahrzeuge beginnen den Anflug in einer vorgegebenen Höhe (in der Grafik rechts unten) mit einer Geschwindigkeit von ca. 220 kt (1 kt = 1,852 km/h), und werden dann auf einen 5 NM langen Queranflug geleitet. Während dieses Fluges reduzieren sie die Geschwindigkeit auf ca. 180 kt, um dann im Endanflug die Geschwindigkeit auf ca. 160 kt zu reduzieren.

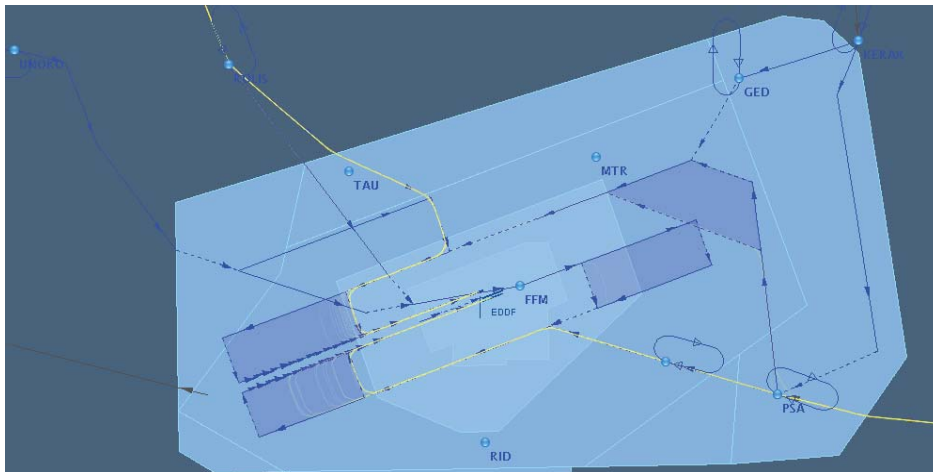
Der letzte Bogen gibt dabei die größte Strecke der „Trombone“ an. Das ist notwendig, weil Luftfahrzeuge, die für diesen Anflug freigegeben wurden, die längste Strecke bei einem Funkausfall fliegen.

Am Flughafen Frankfurt am Main liegt dieser weiteste Punkt bei ca. 30 NM vor dem Aufsetzpunkt, d.h. im Westen des Flughafens etwa im Bereich von Bad Kreuznach / Bad Münster am Stein.

Das System der Trombone ist in der verwendeten Simulation AirTOP nachgebildet. In der Simulation werden die Luftfahrzeuge selbständig innerhalb dieser festgelegten Gebiete (Trombone) nach den vorgegebenen Kriterien (Staffelung nach ICAO und Wirbelschleppenstaffelung) bis zum Aufsetzpunkt geführt.

FAP (Final Approach Point) ist die Bezeichnung des Punktes für den Beginn des Sinkfluges bei einem Instrumenten Lande System (ILS). Der Luftfahrzeugführer erhält die Anweisung auf eine bestimmte Höhe zu sinken, die Höhe wird dabei durch ein barometrisches System angezeigt. Da dieses temperaturabhängig ist, ist die wahre Höhe unterschiedlich. Der FAP ist dadurch kein fester Punkt, sondern der Schnittpunkt der Höhe des Höhenmessers und des Gleitwegs des ILS.

Zum Unterschied dazu ist der FAF (Final Approach Fix) der Punkt für den Beginn des Sinkfluges bei einem nicht Präzisionsanflug. Diese Entfernung ist vorgegeben.



Ausschnitt aus einer Simulation mit AirTOP

5. Vorgaben der ICAO

Die zentralen Grundlagenvorgaben der ICAO für die Gestaltung von Anflugverfahren sind die Dokumente 4444 (Grundlage für alle Verfahren); 8168 (Betrieb von Luftfahrzeugen) und 9643 (Verfahren für parallele Landebahnen). Damit werden die betrieblichen Vorgaben beschrieben, damit Luftfahrzeuge sicher operieren können.

Nach dem Dokument 9643 müssen bei unabhängigen parallelen Anflügen auf Landebahnen die Mittellinien der beiden Landebahnen mindestens einen Abstand von 1.035 m haben. Der Abstand der Pisten 07L und 07R in Frankfurt beträgt ca. 1.900 m und ermöglicht somit unabhängige parallele Anflugverfahren.

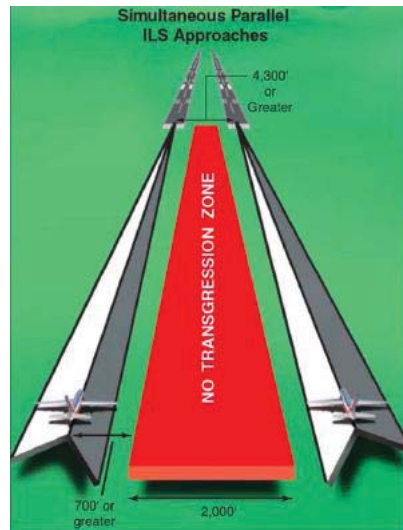
Die weiteren wesentlichen Vorgaben der ICAO für unabhängige parallele Anflugverfahren sind in den bereits genannten drei Dokumenten der ICAO beschrieben. Diese Dokumente (DOC) haben den gleichen Stellenwert und müssen gleichzeitig beachtet werden. Besteht die Absicht von diesen Verfahren abzuweichen, bedarf dies einer besonderen Begründung. Gegebenenfalls können ergänzende Sicherheitsbewertungen erforderlich werden.

DOC 4444	DOC 8168	DOC 9643
Instrumenten-Landesystem auf beiden Pisten.	Gleich, allerdings nur für Geradausanflüge. Vorzugweise mit DME (Entfernungsmessgerät).	Gleich wie DOC 8168.
Die Fehlanflugverfahren müssen um mindestens 30° divergieren.	Wie in DOC 4444.	Wie DOC 4444.
Die Flugzeuge müssen zum Endanflug mit Radar geführt werden.	Gleich.	Gleich.
Es muss eine NTZ (No transgression zone/Nicht zu berührende Zone) von mindestens 610 m zwischen den Endanflügen eingerichtet und auf dem Radarsichtgerät dargestellt werden.	Hier wird der Wert von 610 m um eine weitere Komponente erweitert. Dieser Wert besagt, dass die Zone zwischen den Parallelverfahren einzurichten ist ab dem Punkt, bei dem die 1.000 ft Staffelung aufgehoben wird.	Gleich, die NTZ wird hier noch im Einzelnen definiert.
Für jede Piste ist ein separater Radarlotse zuständig, dieser hat die Aufgabe, wenn die erforderliche Höhenstaffelung von 1.000 ft auf dem Endanflug aufgehoben ist, dafür zu sorgen, dass das Flugzeug nicht in die NTZ einfliegt und die Flugzeuge auf dem gleichen Endanflug die erforderliche Staffelung einhalten.	Gleich und zusätzlich wird eine separate Frequenz gefordert.	Gleich.

<p>Bei den Radarkursen ist darauf zu achten, dass der Endanflugkurs nicht mit einem größeren Kurs als 30° angeschnitten wird.</p>	<p>Die Hauptaufgabe ist, die Staffelung von 1.000 ft zwischen den Anflugverfahren beizubehalten bis sich die Luftfahrzeuge auf dem Endanflugkurs befinden.</p> <p>Sonst gleich.</p>	<p>Gleich wie DOC 8168 allerdings wird hier noch eine Beibehaltung der 1.000 ft oder 3 NM Staffelung bis 10 NM zur Schwelle gefordert, und das Luftfahrzeug muss sich auf dem Endanflugkurs und außerhalb der NOZ befinden.</p>
<p>Das Flugzeug muss weiterhin mindestens eine NM vor dem Endanflugpunkt die erforderliche Höhe einnehmen, und eine weitere NM, um den Endanflugkurs einzuhalten.</p> <p>Das bedeutet, das Flugzeug sollte 2 NM vor dem Sinkflug auf der festgelegten Höhe im Endanflug sein.</p>	<p>Gleich, das bedeutet, der Endanflugkurs muss 2 NM vor dem eigentlichen Sinkflug in der vorgegebenen Höhe erreicht werden.</p> <p>Es wird eine „High“ und „Low“ Anflugspur eingeführt. Das bedeutet, der eine Queranflug ist um 1.000 ft höher als der andere, um die Staffelung bis zum Endanflug zu gewährleisten.</p>	<p>Gleich.</p>
<p>Bis sich das Luftfahrzeug auf dem Endanflug befindet, muss es mindestens 3 NM, oder 1.000 ft, von den anderen parallelen Anflügen gestaffelt werden.</p>	<p>Gleich.</p>	<p>Gleich.</p>

<p>Auf dem gleichen Anflugkurs muss die Staffelung von mindestens 3 NM, oder die geforderte Wirbelschleppenstaffelung eingehalten werden.</p>	<p>Gleich.</p>	<p>Nur Verweis auf ICAO 4444.</p>
<p>Ein Luftfahrzeug auf einem Parallelanflug ist zu dem zweiten Parallelanflug gestaffelt, wenn beide auf der Endanfluglinie sind, und kein Luftfahrzeug die NTZ auf dem Radarschirm berührt.</p>	<p>Verweis.</p>	<p>Verweis.</p>
<p>Die Verantwortung der Navigation beim ILS liegt beim Piloten, die Anweisungen des Fluglotsen beinhalten Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Staffelung und Kursanweisungen, um die NTZ nicht zu berühren.</p>	<p>Verweis.</p>	<p>Verweis.</p>

Daraus ergibt sich folgendes Flugzonenschema:



Quelle: ICAO DOC 8168

NOZ (Normal Operating Zone) ist das Gebiet, in dem die Radarstaffelung aufgehoben werden kann, wenn sich beide Luftfahrzeuge im Endanflug befinden und das Landeverfahren durchführen können (established). Es führt von der Schwelle der jeweiligen Piste zu dem Punkt, an dem das Luftfahrzeug den Endanflug erflegt, in der Regel 2 NM vor Beginn des Sinkfluges (FAP).

NTZ (No Transgression Zone/Nicht zu berührende Zone).

In diese Zone darf ein Luftfahrzeug nicht einfliegen. Das ist auch einer der Gründe dafür, dass bei parallelen Endanflügen jeweils ein Fluglotse für jeweils einen Endanflug zuständig ist. Da beide Luftfahrzeuge jeweils nur eine NM voneinander entfernt sind, muss bei Annäherungen der Flugzeuge ein schnelles Eingreifen sichergestellt sein.

Die Umsetzung dieser Grundlagen wird nachfolgend für die Anflugverfahren am Flughafen Frankfurt am Main beschrieben.

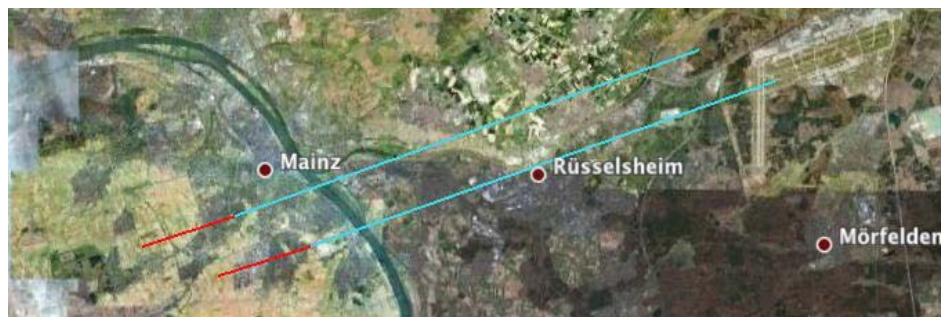
6. Beschreibung der Anflugverfahren für den Flughafen Frankfurt am Main

6.1. Endanflugverfahren

Der Endanflug beginnt beim FAP (Final Approach Point) und führt das Luftfahrzeug auf einem Leitstrahl zum Aufsetzpunkt. Der Leitstrahl hat einen Winkel von 3° , der von der ICAO festgelegt ist und im Regelfall nur unter bestimmten Bedingungen (z.B. aufgrund topografischer Anforderungen) geändert werden kann. Die Anflugverfahren werden mit einer Sinkrate von 300 ft pro NM (eine Nautische Meile entspricht 1.852 m) berechnet.

Das Endanflugverfahren beginnt in einer Entfernung von 10 NM von der Landebahnschwelle, was einer Anflughöhe von ca. 3.200 ft entspricht. Unter Berücksichtigung der Höhenlage des Flughafens Frankfurt von 364 ft ist insoweit von einer Anflughöhe beim Beginn des Endanfluges von rund 3.500 ft über dem Meeresspiegel (ü.NN) auszugehen. In Höhe der Landebahnschwelle im Abfangvorgang zur Landung ist das Luftfahrzeug noch 50 ft hoch.

Gemäß der Vorgaben der ICAO soll der Gleitweg beim Landeanflug mit einem Winkel von 3° in einer Entfernung zwischen 3 NM und 10 NM von der Landebahn angeschnitten werden.



Die blauen Linien zeigen die Entfernung von jeweils 10NM bis zur Landebahnschwelle, die roten Linien zeigen den Bereich des nach den ICAO-Vorgaben erforderlichen Horizontalfluges.

Die optimale Entfernung für den Beginn des Endanflugverfahrens, von der ICAO in DOC 8168 festgelegt, beträgt 5 NM, dann befindet sich das Luftfahrzeug in einer Höhe von 1.900 ft.

Dieser Wert ergibt sich aus dem Flugverhalten und der Konstruktion der Luftfahrzeuge. Bis zu diesem Punkt reduziert der Pilot die Geschwindigkeit des Flugzeuges auf ca. 160 kt, wobei die Verzögerung ca. 10 kt pro NM beträgt. Unterhalb FL100 (Flughöhe unterhalb 10.000 ft) ist eine Geschwindigkeit (außer im Luftraum C) von maximal 250 kt erlaubt. Es sind somit 9 NM notwendig, um die Geschwindigkeit von 250 kt auf 160 kt zu reduzieren. Aus flugbetrieblichen Aspekten ist es von Vorteil, dass die vergleichsweise niedrige Geschwindigkeit von 160 kt nur in einem kurzen Stück vor der Landung erreicht wird. Der übrige Teil der Landestrecke kann in einer höheren Geschwindigkeit und damit mit einer größeren Anzahl von Luftfahrzeugen befliegen werden.

Der gemäß der ICAO-Vorgaben vorgegebene Minimalwert für den Beginn des Endanflugverfahrens liegt bei 3 NM, die Höhe beträgt dann ca. 1.300 ft.

Ob es günstiger ist, einen „kurzen“ (5 NM) oder „langen“ (10 NM) Anflug zu wählen, ist auch von den Rahmenbedingungen im Umfeld eines Flughafens abhängig.

Bei der gewählten Art des Anfluges müssen die Luftfahrzeuge 2 NM vor Beginn des Sinkfluges in der für das Verfahren notwendigen Höhe sein. Bei einem "kurzen" Anflug von 5 NM beginnt der Sinkflug in einer Entfernung von 7 NM in 2.000 ft und bei einem "langen" Anflug von 10 NM in einer Entfernung von 12 NM in 4.000 ft.

Allerdings können bei kürzerer Entfernung zur Schwelle, die Luftfahrzeuge früher „eingedreht“ werden.

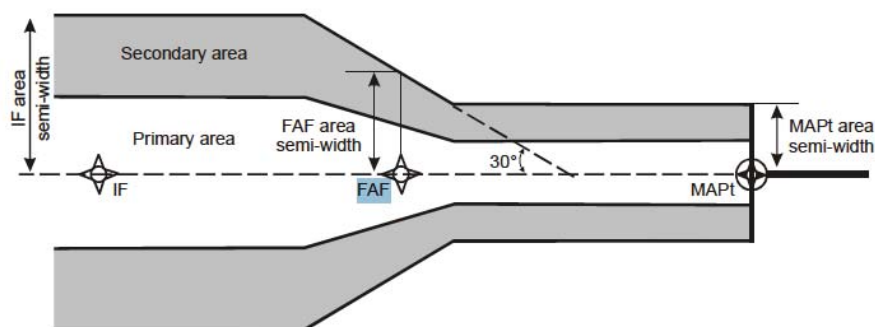


Anflüge auf die neue Nordwestbahn und die Südbahn: Die blauen Linien zeigen die Entfernung von 5 NM bis zur Landebahnschwelle und die roten Linien die erforderlichen 2 NM Geradeausflug in der Höhe des FAP.

6.2. Führung zum Endanflug

Die Anflugverfahren für den Flughafen Frankfurt am Main sind als Radarverfahren festgelegt, was bei unabhängigen Parallelanflügen zwingend vorgeschrieben ist. Die unabhängigen Parallelanflüge müssen, bevor sie auf dem Endanflug dem Leitstrahl folgen, durch Radar gestaffelt werden. Im Nahbereich ist dies entweder lateral eine Radarstaffelung von 3 NM oder vertikal eine Höhenstaffelung von 1.000 ft. Weiterhin müssen die Luftfahrzeuge mindestens 2 NM vor Erreichen des FAF die festgelegte Höhe des FAF (Beginn des Sinkfluges) erreicht haben und sich in Verlängerung des Endanfluges befinden.

Der Endanflug darf darüber hinaus nur mit maximal 30° angeschnitten werden.



Quelle ICAO DOC 8168

Diese Darstellung dient der Illustration des Anschneidewinkels von 30°. Der eigentliche Anschneidepunkt liegt 2 NM vor Beginn des Sinkfluges auf die Sinkflughöhe, d.h. 2 NM vor dem FAF.

Wenn die Luftfahrzeuge auf den Queranflug eindrehen, benötigen sie vertikal eine Höhenstaffelung von mindestens 1.000 ft, die erst aufgehoben werden darf, wenn die parallel anfliegenden Luftfahrzeuge im Endanflug sind und das ILS-Signal empfangen.

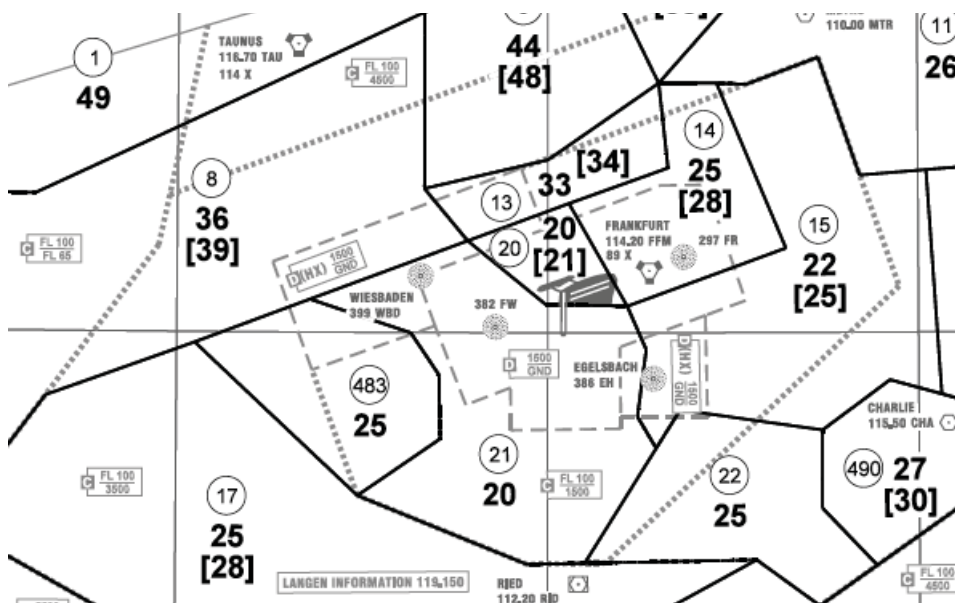
Jeder Endanflug muss von einem separaten Fluglotsen überwacht werden. Dieser steht mit den Flugzeugen in Funkverbindung und achtet darauf, dass diese die vorgegebene Schutzzone (siehe Ziffer 5) nicht berühren. Die vorgeschriebene Staffelung beträgt dabei mindestens 3 NM bzw. orientiert sich an der erforderlichen Wirbelschleppenstaffelung.

6.3. Radarverfahren

Die Radarverfahren ermöglichen dem Fluglotsen ein gezieltes Eingreifen auf den Flugweg. Die Steuerkurse sowie die Flughöhen werden von diesem vorgegeben. Da diese Werte für jedes Luftfahrzeug verschieden sein können, ist die Arbeitsbelastung des Fluglotsen entsprechend hoch.

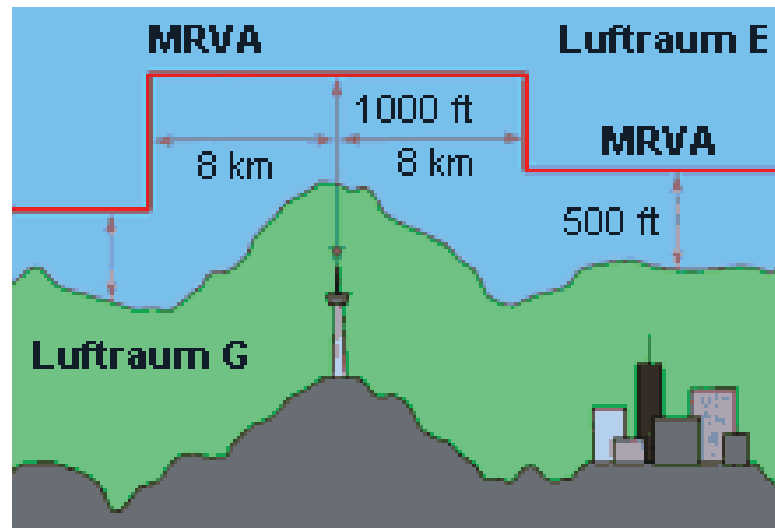
Es sind allein 3 Anweisungen vom Gegenanflug zum Endanflug (Kurs für den Queranflug, Änderung des Kurses auf 30° Anschneidewinkel und Zuweisung des Kurses für den Endanflug) erforderlich.

Die niedrigste Flughöhe wird dabei durch die MRVA (Minimum Radar Vectoring Altitude – Niedrigste Höhe zur Radarkursführung) bestimmt. Im Norden im Bereich des Verfahrens sind das 3.600 ft (3.900 ft) und im Süden 2.500 ft (2.800 ft). Die Werte in den Klammern geben die Höhen im Winter bei niedrigen Temperaturen an.



Bei den Werten der MRVA handelt es sich um Höhen, die mindestens 500 ft über der Untergrenze des kontrollierten Luftraumes liegen, aber immer die Mindesthöhe bei Instrumentenverfahren beinhalten.

Dies ist nicht zu verwechseln mit den Untergrenzen des Luftraums C. Die Höhen der MRVA liegen in der Regel im Luftraum E. In diesem Luftraum sind Flugzeuge, die nach Sichtflugregeln fliegen, nicht verpflichtet, auf der Frequenz der Flugsicherung oder des Fluginformationsdienstes zu sein.



Quelle: Luftpiraten

Die Mindesthöhe für Instrumentenflüge beträgt 1.000 ft über dem höchsten Hindernis im Umkreis von 8km. Luftraum E (blau) kontrolliert, Luftraum G (grün) nicht kontrolliert.

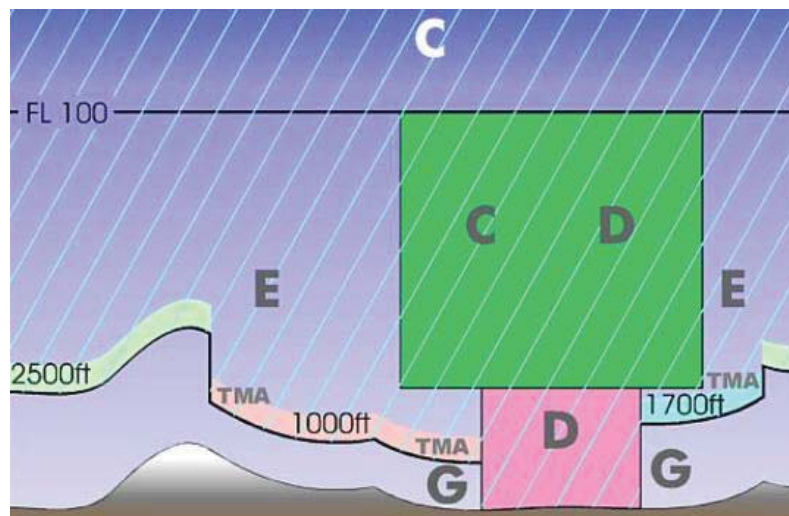
Der kontrollierte Luftraum ist durch die ICAO festgelegt und in verschiedene Klassen eingeteilt. Bei der Klassifizierung wird u.a. unterschieden, wie Flüge nach Sichtflugregeln zu Flügen nach Instrumentenflugregeln gestaffelt werden.

Im Luftraum „E“ wird der Sichtflugverkehr nicht gestaffelt, Flugzeuge müssen auch nicht auf der Frequenz der zuständigen Flugsicherung sein. Hier gelten aber sehr strenge Regeln für den Sichtflug, der mindestens 8 km Flugsicht voraussetzt und einen Abstand von mindestens 1.500 ft vertikal oder 1,5 km horizontal zu Wolken einhalten muss.

In einem Gebiet, in dem mit hohem Instrumentenflugaufkommen gerechnet werden muss, wird entweder der Luftraum „D“ oder „C“ eingerichtet. In diesen Lufträumen ist eine Freigabe der Flugsicherung notwendig für alle Luftfahrzeuge. Weiterhin muss im Luftraum „C“ der Sichtflugverkehr vom Instrumentenflugverkehr gestaffelt werden.

Die Untergrenze des Luftraumes „E“ liegt zwischen 1.000 ft und 2.500 ft über GND (Boden).

Die Untergrenzen der Lufträume „D“ oder „C“ beziehen sich auf Werte über NN. Diese sind unterschiedlich und dem entsprechenden Luftverkehr angepasst. Im „Nahbereich“ um Frankfurt sind dies 1.500 ft und im weiteren Bereich 3.500 ft. Auch in diesen Lufträumen müssen Sichtflüge entsprechende Wettermindestbedingungen einhalten.



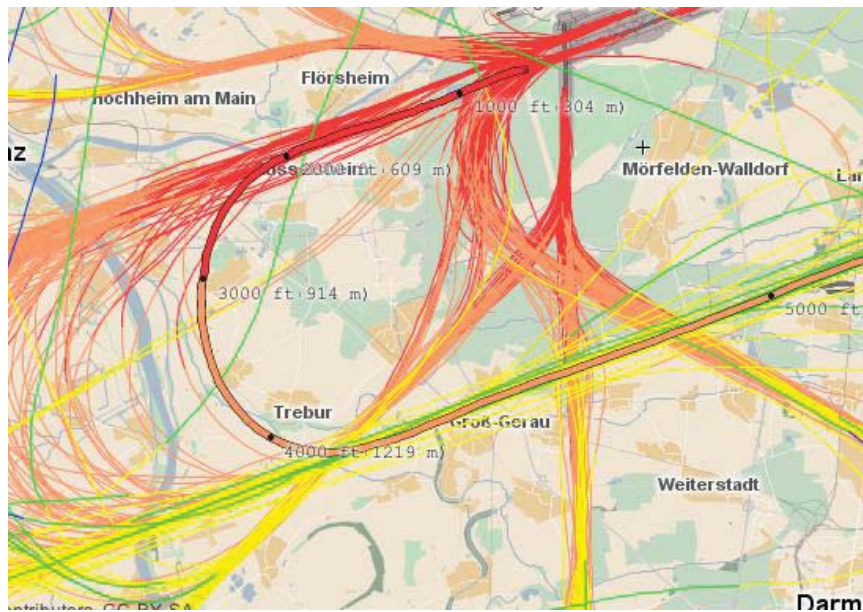
Quelle: RC-network

TMA (Terminal Area) ist der „Nahbereich“ um einen kontrollierten Flughafen. Um Luftfahrzeuge immer im kontrollierten Luftraum zu führen, wird der Luftraum um eine Kontrollzone (Luftraum D) entsprechend der An- und Abflugprofile geschützt. Bei hohem Verkehrsaufkommen kann hier auch der Luftraum C abgesenkt werden. Das bedeutet, dass die Radarführung auch im kontrollierten Luftraum „E“ durchgeführt werden kann.

Aus diesen Gründen ist es auch möglich, Luftfahrzeuge schon vor dem festgelegten FAF auf den Endanflug zu leiten, sofern sich diese nicht unterhalb der MRVA befinden.

Beispiel einer „verkürzten“ Radarführung:

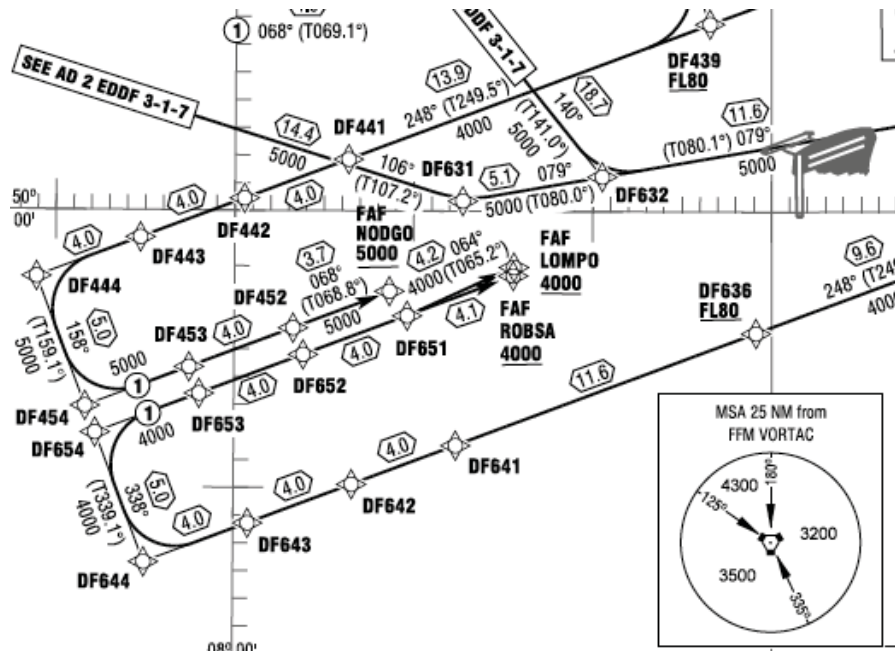
Eindreihen in den Queranflug bei 4.000ft und weiterer Sinkflug in den Endanflug.



Quelle: DFS Stanly Track Radarspuren

7. Analyse der bestehenden Anflugverfahren zum Flughafen Frankfurt am Main

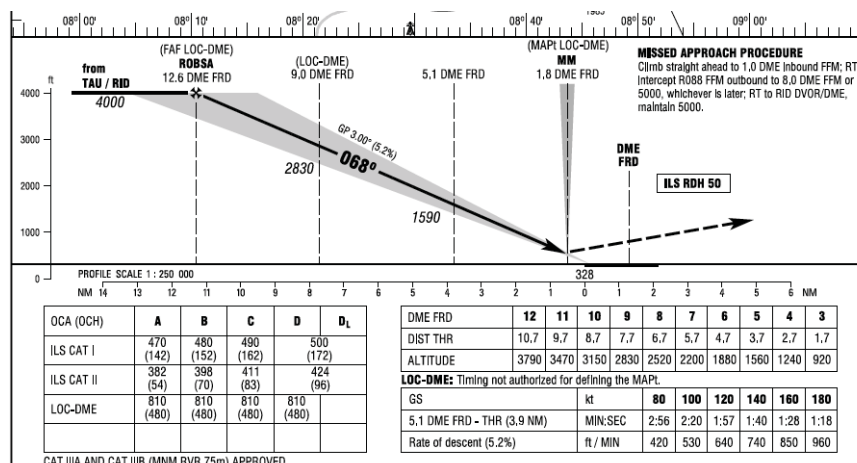
Folgende Verfahren für die Landerichtung 07 sind im Luftfahrthandbuch (AIP) Deutschland veröffentlicht:



Quelle: Luftfahrthandbuch (AIP) Deutschland DFS

Instrumentenanflugverfahren Betriebspiste 07R (Süden).

Der FAF/FAP befindet sich 11,3 NM vom Aufsetzpunkt (THR).



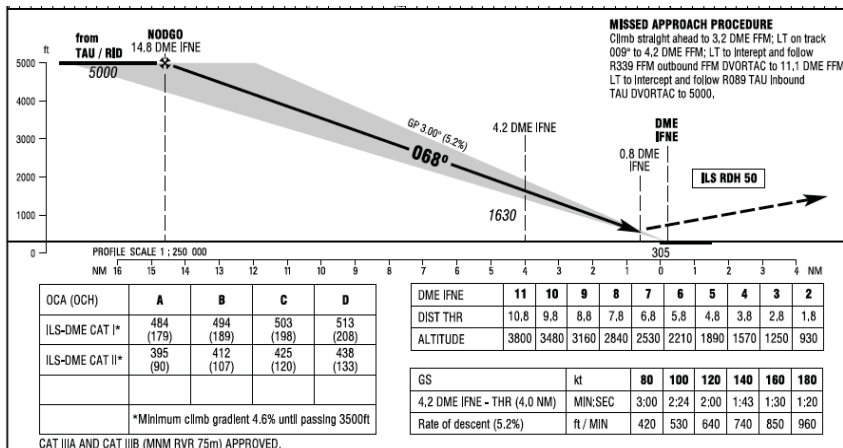
© DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

AIRAC AMDT 9

Quelle Luftfahrthandbuch (AIP)

Instrumentenanflug Betriebspiste 07L (Norden).

Der FAF/FAP befindet sich 14,6 NM vom Aufsetzpunkt (THR).

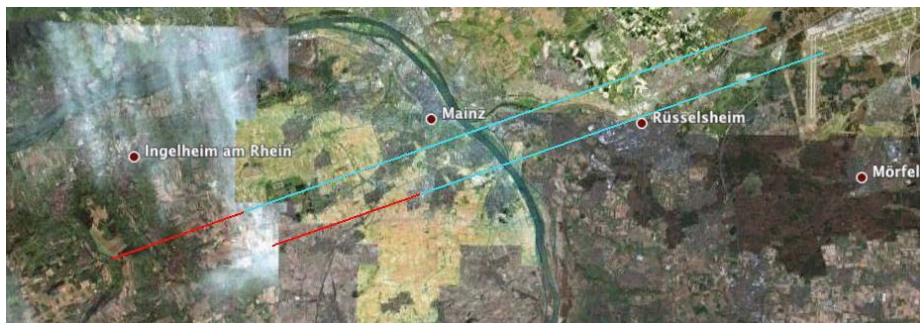


© DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

AMDT 11

Quelle Luftfahrthandbuch (AIP)

Übertragen auf eine Landkarte (google earth) stellt sich dies wie folgt dar:

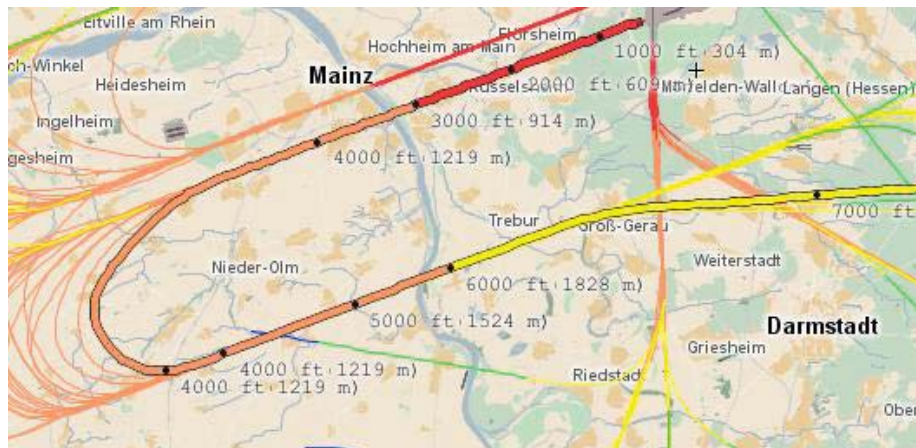


Blau sind die Strecken vom FAF zur Landebahnschwelle (THR) der jeweiligen Landebahn. Die festgelegten FAF liegen im Norden bei 14,6 NM (NODGO) in 5.000 ft und im Süden bei 11,3 NM (ROBSA) in 4.000 ft von der jeweiligen Schwelle (07L/07R). Rot stellen die Strecken gemäß Anflugkarte dar, wo die Flughöhen von 5.000 ft (Nord) oder 4.000 ft (Süd) erreicht werden müssen.

Bei diesem Verfahren bleiben die Luftfahrzeuge im Zuge des südlichen Gegenanfluges bis zu dem Punkt DF636 (ca. 4 NM vor der Schwelle zur Piste 07R und 5 NM vor dem Endanflug) in 8.000 ft. Der Punkt DF439 im Zuge des nördlichen Gegenanfluges, bei dem ebenfalls die Höhe auf 8.000 ft reglementiert ist (FL80), liegt auf der Höhe der Schwelle 07L und damit 3 NM näher zur Piste. Nach diesen Punkten dürfen die Luftfahrzeuge bis 4.000 ft im Süden und 5.000 ft im Norden

sinken. Diese Verfahren gewährleisten die „High“ und „Low“ Verfahren nach dem ICAO-Dokument DOC 8168.

Es wird allerdings nicht immer nach diesen Verfahren gearbeitet, wie sich aus der nachfolgenden Grafik ergibt:



Quelle: DFS Stanly Track Radarflugspuren

Wie die ausgewählte Flugspur zeigt, befindet sich das Luftfahrzeug schon vor dem Punkt DF636 in 7.000 ft, 1.000 ft unter der festgelegten Höhe, um dann nach 4.000 ft zu sinken. Danach verbleibt dieses Luftfahrzeug in einer Höhe von 4.000 ft für weitere 10 NM, um dann bei ca. 15 NM den Endanflug zu erreichen.

Da diese Verfahren auf Radar basieren, obliegt es der Entscheidung des Fluglotsen, den Kurs und die Höhe zu bestimmen, soweit diese nicht unter der Radarführungsmindeshöhe (MRVA) liegt (siehe Ziffer 6.3).

7.1 Beschreibung nördlicher Anflug Piste 07L

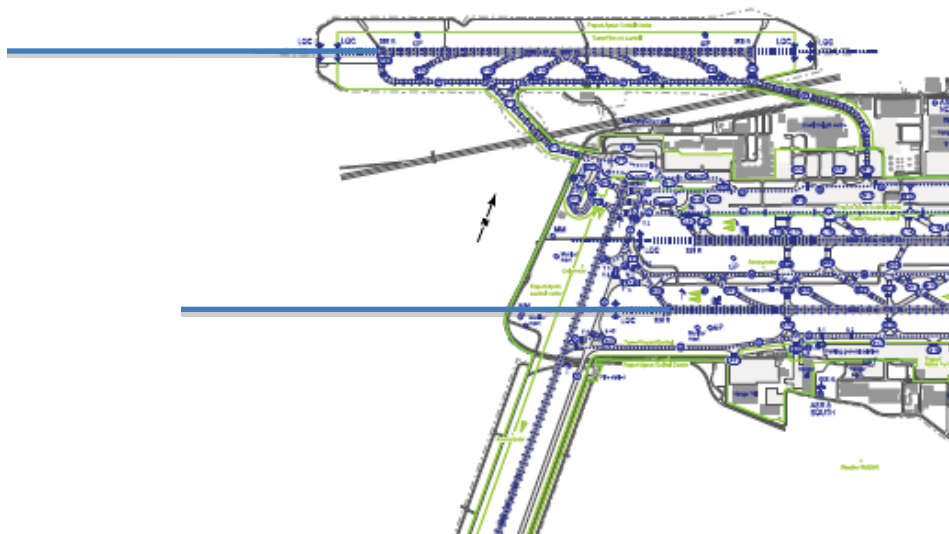
Der nördliche Anflug beginnt 13,9 NM vor dem ersten Eindrehpunkt. Die Verfahren werden mit einer Sinkrate von 300 ft pro NM berechnet. Auf einer Strecke von 13,9 NM ist es möglich, um 4.170 ft zu sinken. Da dieser Sinkflug in 8.000 ft (FL80) beginnt, ist die Flughöhe von 5.000 ft sicher zu erreichen. Diese 5.000 ft müssen aber erst in weiteren 10,7 NM am FAF erreicht sein. Eine Anhebung der Flughöhe um 1.000 ft ist bei diesen Verfahren bereits möglich.

7.2 Beschreibung südlicher Anflug Piste 07R

Der südliche Anflug beginnt 11,6 NM vor dem ersten Eindrehpunkt aus einer Höhe von 8.000 ft (FL80). Mit den vorgeschriebenen Planungswerten von 300 ft pro NM ist ein Sinkflug von 3.480 ft möglich. Das bedeutet nach den Verfahren ein Sinkflug bis auf 5.000 ft. Für den weiteren Sinkflug stehen damit noch 7 NM bis zum Erreichen des FAF zur Verfügung. Eine Anhebung der Flughöhe um 1.000 ft ist bei diesen Verfahren ebenfalls möglich.

7.3 Bewertung des festgelegten Anflugverfahrens

Die nördliche Landebahn 07L ist ca. 1 NM zur südlichen Landebahn 07R verschoben.

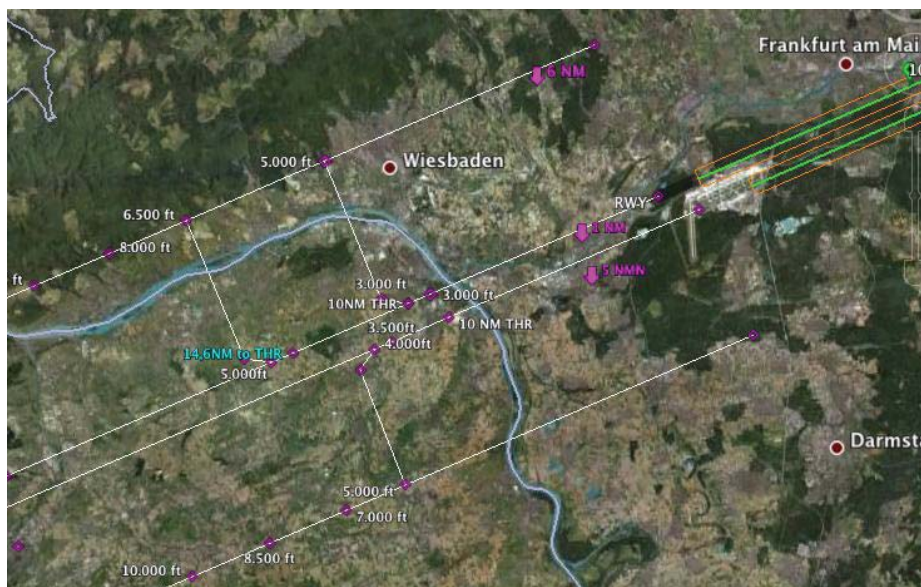


Quelle: Luffahrthandbuch (AIP) Deutschland DFS

Auf der nördlichen Landebahn beginnt der Endanflug in 5.000 ft. Die Flugzeuge erreichen die Landebahn 07L allerdings bereits ca. 1 NM bevor Flugzeuge des südlichen Anfluges, der in 4.000 ft beginnt, die Piste 07R erreichen. Das bedeutet, dass das nördlich anfliegende Luftfahrzeug im Verlauf des Anflugverfahrens durch die Höhe des südlich anfliegenden Luftfahrzeugs sinken muss.

Bei umgekehrter Anordnung der Verfahren, d.h. Festlegung des südlichen Anfluges höher als den nördlichen Anflug, könnte ein zusätzlicher „Sicherheitspuffer“ geschaffen werden, da sich Flugzeuge auf dem südlichen Anflug immer um ca. 300 ft höher befinden würden als auf dem nördlichen Anflug.

Da die MRVA im Norden 3.900 ft (Winter) und 3.400 ft (Sommer) beträgt, ist eine Absenkung nach 4.000 ft möglich. Hier kann das Luftfahrzeug so lange wie möglich in mind. 5.000 ft gehalten werden (Überflug Wiesbaden), bei 14,6 NM FAF ist das auch möglich. Da die beiden Gegenanflüge einen Zwischenraum von 12 NM haben (6 NM im Norden, Zwischenraum 1 NM und 5 NM im Süden), ist die Radarstaffelung zu jedem Zeitpunkt gewährleistet.



Bei einer Sinkrate von 300 ft pro NM können Luftfahrzeuge ihre Flughöhe in den Queranflügen um 1.500 ft vermindern. Die Luftfahrzeuge mit einem längeren Gegenanflug (Staffelung mindesten 3 NM) können um weitere 1.500 ft höher anfliegen. So erhält man über Bad Kreuznach schon Höhen über 10.000 ft.

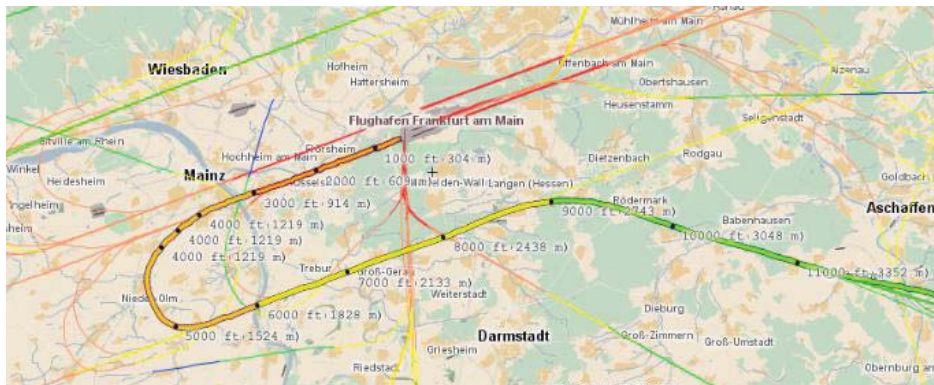
8. Optimierungsansätze

8.1 Veränderung der Flughöhen bei den Gegenanflügen

Nach diesem Vorschlag würden die Anflüge im Süden bis zum Eindrehen auf den Queranflug auf einer Höhe von 5.000 ft geführt. Ein Sinkflug auf 4.000 ft würde erst unmittelbar vor dem Eindrehen auf den Endanflug erfolgen. Anflüge vom Norden sinken zunächst auf 6.000 ft und vor dem Eindrehen auf den Endanflug auf 5.000 ft.

Die Luftfahrzeuge sind beim Eindrehen mit 12 NM lateral gestaffelt: der Gegenanflug auf die Landebahn 07R liegt ca. 5 NM südlich des Endanfluges und der Gegenanflug auf die Landebahn 07L ca. 6 NM nördlich des Endanfluges, darüber hinaus haben die beiden Endanflüge eine Distanz von ca. 1 NM.

Der Sinkflug führt zu insgesamt zwei um 4.1 NM räumlich versetzte FAP. Damit ist dieses Verfahren sicher und erfüllt alle Kriterien der ICAO.



Quelle: DFS Stanly Track Radarflugspuren

Beispiel eines modifizierten Anfluges, das schon bei den heutigen Verfahren praktiziert wird.

Das Flugzeug erreicht nach der Radarspur eine Höhe von 9.000 ft querab der Landebahn, überfliegt die Abflüge der Startbahn West (18) in 7.500 ft und erreicht eine Höhe von 4.000 ft vor Abdrehen auf den 30° Anschneidekurs zum Endanflug.

8.2 Verbesserte Höhenstaffelung / Höhenprofile

In den Simulationen wurden weiterhin Verfahren mit verschiedenen Höhenprofilen untersucht.

In einer ersten Variante wurden Flugzeuge in einer Entfernung von 5 NM eingedreht. Dabei muss die Flughöhe von 2.000 ft bei einem Endanflug in einer Entfernung von 7 NM zur Landebahnschwelle erreicht sein.

Dieses Verfahren würde zu einer Verstärkung von Flugbewegungen auf der rechtsrheinischen Seite führen.

Weitere Untersuchungen in unterschiedlichen Höhen zeigten die Möglichkeit der Änderungen aber immer mit einer Verbesserung im einen und einer Verschlechterung im anderen Bereich. Eine Verbesserung der Situation in allen Bereichen ist durch die Lage des Flughafens nicht möglich.

Es wurden deshalb Verfahren entwickelt, mit denen Anflüge in einer größeren Flughöhe in den Endanflug geführt und der Sinkflug so eingeteilt werden kann, dass die Lärmbelastung so gering wie möglich gehalten wird.

Dazu diente zunächst eine Berechnung auf der Basis eines von der ICAO vorgegebenen Gleitweges von 3°. Höhere Gleitwegwinkel sind nur in Ausnahmefällen möglich.

Bei einer Entfernung von 5 NM zur Landebahn (optimiert nach ICAO) ist eine Höhe über NN von 1.957 ft möglich. Ein größerer Gleitwegwinkel von 3,2° hat in diesem Bereich lediglich eine Anhebung der Flughöhen von rund 100 ft zur Folge.

Deshalb wurden die Anflüge im Süden auf 5.000 ft gehalten und der Sinkflug auf 4.000 ft erst im Quer-oder Endanflug durchgeführt. Auch der nördliche Anflug behält 5.000 ft im Gegenanflug bei. Dadurch, dass die beiden Endanflüge 12 NM Abstand haben, ist die Radarstaffelung von 3 NM gewährleistet. Ein Luftfahrzeug in 10 NM Abstand von der Schwelle der Südbahn (07R) beginnt den Endanflug in 3.500 ft, während das nördliche Luftfahrzeug 9 NM von der Schwelle entfernt eine Höhe von 3.000 ft benötigt.

2 NM vor dem Sinkflug müssen diese Höhen eingenommen werden. Das bedeutet 3.000 ft im nördlichen und 3.500 ft im südlichen Anflug.

Um die Staffelung der Luftfahrzeuge zu gewährleisten, wurde der nördliche Punkt auf 11 NM Endanflug und der südliche auf 14 NM festgelegt. Damit wird die erforderliche Staffelung eingehalten.

Die Anflüge nehmen dann folgende Konturen ein:

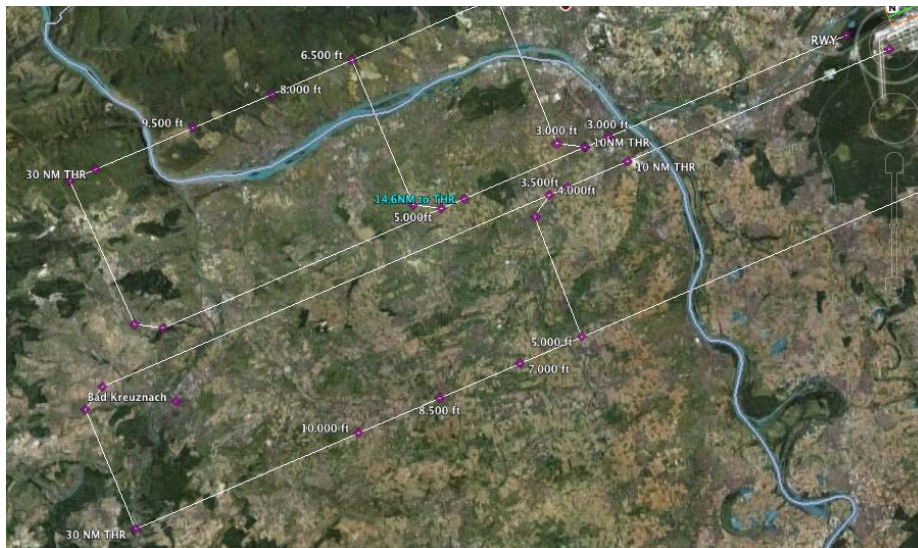
Im Norden:

Gegenanflug 5.000 ft – Sinkflug vor Erreichen des Endanfluges auf 3.000 ft. Beginn des ILS Anfluges bei 9 NM in 3.000 ft.

Im Süden:

Gegenanflug in 5.000 ft – Sinkflug auf 4.000 ft, bei Erreichen des Endanfluges weiteres Sinken auf 3.500 ft und ILS Anflug ab 10 NM vor der Schwelle.

Das ist eine Verlagerung des Sinkflugpunktes, der aber auch 500 ft tiefer erreicht werden muss. Heute befinden sich diese Luftfahrzeuge schon im Gegenanflug in 4.000 ft und behalten diese Höhe bis 11,3 NM zur Landebahnschwelle bei, um dann den weiteren Sinkflug zu beginnen.



ILS Endanflug, Sinkflug aus 3.500 ft Süd und 3.000 ft Nord. Im Norden und Süden liegt der Gegenanflug auf 5.000 ft. Eindrehen im Norden und Sinkflug auf 3.000 ft. Diese Höhe wird 2 NM vor dem FAF im Abstand von 9 NM vor der Landebahnschwelle erreicht. Im Süden Sinkflug auf 4.000 ft, Eindrehen in den Endanflug 3 NM vor FAF und weiteres Sinken auf 3.500 ft. Mit dieser Höhe beginnt der Endanflug 10 NM vor der Landebahnschwelle.

Bei diesen Verfahren werden nachfolgende Luftfahrzeuge weiterhin in den Radarplatzrunden gehalten, allerdings in einem um mindestens 1.000 ft höheren Verfahren abgewickelt.

Das verringert die Lärmbelastung im weiteren Umfeld des Flughafens, erhöht aber die Lärmbelastung im Nahbereich, da die Luftfahrzeuge jetzt 500 ft tiefer den Endanflugpunkt erreichen und damit auch 2 NM vorher die Höhe erreicht haben müssen. Das lange Verweilen in einer Höhe von 4.000 ft hingegen entfällt.

Dieses Betriebskonzept kann sowohl in Höhen von 5.000 ft (Nord) und 6.000 ft (Süd) wie auch in Höhen von 4.000 ft (Nord) und 5.000 ft (Süd) geflogen werden.

Die Sinkrate von 300 ft pro NM erlaubt es, dass Luftfahrzeuge im Queranflug, der eine Länge von 5 bzw. 6 NM hat, um 1.500 ft sinken zu lassen.

Die Simulation dieses Verfahrens bestätigte, dass der prognostizierte Verkehr abgewickelt werden und die Lärmsituation im Umfeld des Flughafens günstig beeinflusst werden kann.

Da der Endanflug nicht verlegt werden kann, ist jede Änderung mit einer Verbesserung des einen und einer Verschlechterung des anderen Bereiches verbunden.

Die unterschiedlichen Verfahren können aber genutzt werden, die größtmögliche „Schnittmenge“ zu bestimmen, bei welcher die höchste Verringerung der Belastung erreicht werden kann.

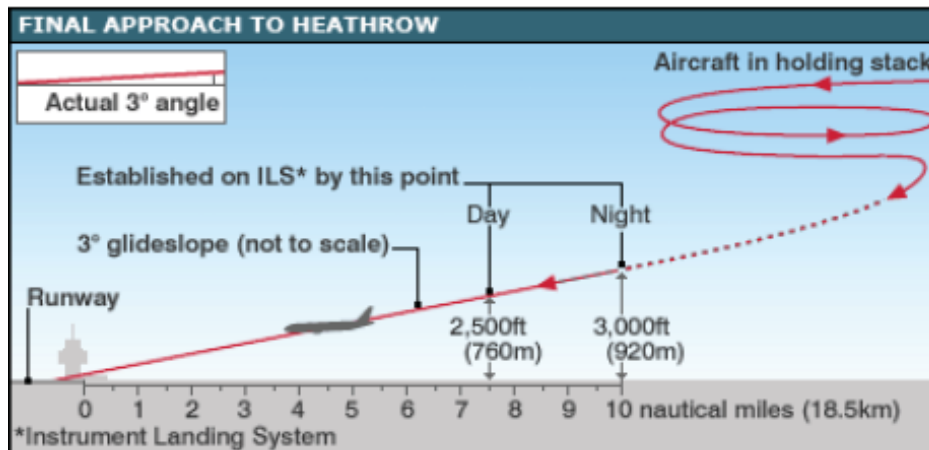
8.3. Trombone-Verfahren

Eine weitere Simulation untersuchte die Möglichkeit, die Staffelung von Flugzeugen in größeren Höhen vorzunehmen und diese mit einem möglichst „kurzen“ Anflug auf die entsprechende Landebahn zu leiten.

Grundlage dazu waren CDA-(Continuous Descent Approach) Verfahren, bei denen das Luftfahrzeug einen kontinuierlichen Sinkflug mit sehr geringer Schubleistung der Triebwerke durchführt und somit die Lärmbelastung verringert. Die damit verbundene Lärmreduzierung ist besonders in niedrigeren Flughöhen wahrnehmbar. Der Endanflug muss weiter mit dem Instrumentenlandesystem erfolgen, bei dem der Gleitweg vorgegeben ist.

Der Flughafen London-Heathrow führt mit Erfolg und einer hohen Kapazität vor, dass diese Verfahren, wenn auch nicht bis zum Aufsetzen des Luftfahrzeuges, aber doch zu einem Punkt nahe der Landebahn, durchgeführt werden können und damit den Fluglärm im „Umfeld“ des Flughafens vermindern.

Das Anflugverfahren stellt sich schematisch wie folgt dar:



Quelle: BBC London

Eine Übertragung der am Flughafen London-Heathrow praktizierten Verfahren auf den Flughafen Frankfurt am Main ist problematisch, da der verfügbare Luftraum in einer Höhe von 13.000ft endet und in den „Holding Stacks“ somit nicht genügend Flugzeuge gleichzeitig gehalten werden können.

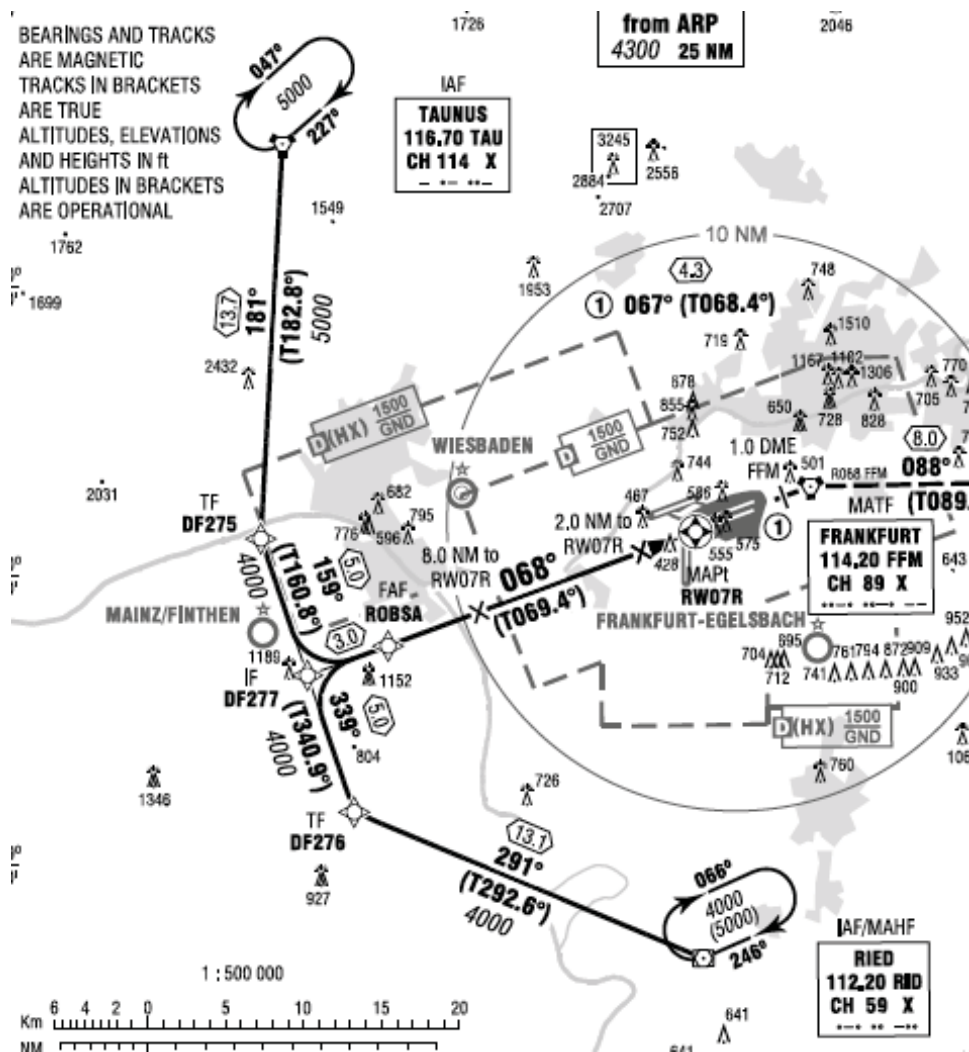
In den Warteverfahren (Holdings) werden die ankommenden Luftfahrzeuge bis zu einer Freigabe durch den Fluglotsen gehalten. Warteverfahren gib es an jedem IAF (Initial Approach Fix). Dies ist wie bereits dargestellt der Punkt, an dem ein Luftfahrzeug den Anflug beginnt und zu dem es eine entsprechende Freigabe benötigt. Ist eine Freigabe nicht möglich, verbleibt das Luftfahrzeug im Holding-Bereich.

Die Luftfahrzeuge müssen mit jeweils 1.000 ft vertikal gestaffelt werden. Damit verfügt der zuständige Fluglotse am Flughafen Frankfurt am Main nur über 8 Flugflächen von 5.000 ft bis 13.000 ft, d.h. er kann also nur maximal 8 Flugzeuge in diesem Verfahren halten.

Bei CDA-Verfahren, die in einer Höhe von 8.000 ft beginnen, könnten somit nur 5 Luftfahrzeuge in Warteverfahren gehalten werden. Im Rahmen der hier vorgenommenen Simulation wurde deshalb ein anderes Verfahren gewählt.

Die Luftfahrzeuge werden danach nicht vertikal gestaffelt, sondern im Wesentlichen in eine „Trombone“ in größerer Höhe geleitet und lateral gestaffelt. Hier erfolgt die Staffelung wie in einer großen "Platzrunde" in einer Höhe von mindestens 8.000 ft.

Der neue Bezugspunkt für den Beginn des Landeanfluges ist jetzt nicht mehr die Landebahnschwelle, sondern ein Punkt im Gegenanflug, von dem aus dann die weitere Flugführung wie bisher als Radarverfahren erfolgt. Der Vorschlag orientiert sich dabei grundsätzlich an den heute schon festgelegten konventionellen Anflugverfahren.



Quelle: Luftfahrthandbuch (AIP) Deutschland DFS

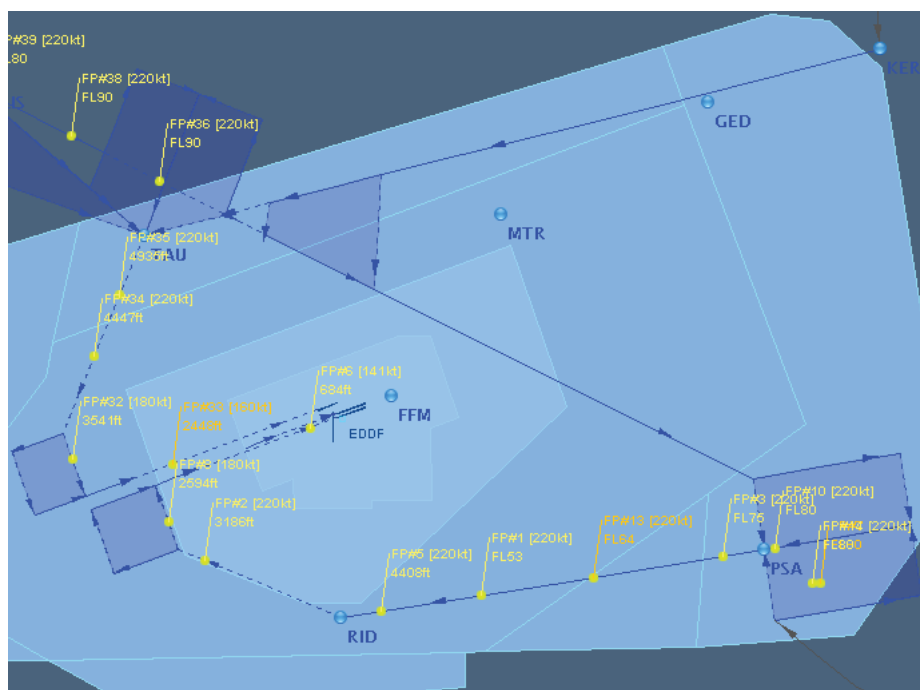
Die Grafik zeigt das konventionelle Anflugverfahren für Frankfurt.

Bei der Simulation der „Trombone“-Verfahren wurden die Einflughpunkte RIED im Süden für die Landebahn 07R und TAU im Norden für die Landebahn 07L genutzt. An diesen Punkten erreicht das Luftfahrzeug die erforderliche Höhe, um die unabhängigen

parallelen Anflüge zu gewährleisten. Diese Höhen sind abhängig von den gewählten Anflugpunkten, an denen der Sinkflug mit ILS erfolgt.

Der Vorteil der „Trombone“ im Gegensatz zu den Holding-Warteverfahren ist die Möglichkeit, die Luftfahrzeuge in einer Höhe zu halten (im Vergleich zu verschiedenen Höhen im Holding) und damit einen flexibleren und kontinuierlicheren Anflugstrom zu erzeugen.

Ab den Punkten RIED und TAU erfolgt der Sinkflug. Erforderliche Kurs- oder Geschwindigkeitskorrekturen können mit Radar durchgeführt werden. Dies erfolgt allerdings in einer näheren Entfernung zum Flughafen, als mit den derzeitigen Radarverfahren in niedrigeren Höhen. Die „Trombonen“ können darüber hinaus räumlich an verschiedenen Standorten flexibel in die bestehenden Verfahren im Luftraum integriert werden.



Quelle: Radarbild AirTop

Die Luftfahrzeuge fliegen über die Einflugpunkte UNOKO, ROLIS und KERAX im Norden sowie über den Einflugpunkt PSA im Süden ein, wobei die Höhe hier mindestens FL80 (8.000 ft) beträgt. In Abhängigkeit von den durch die Luftraumstruktur vorgegebenen Rahmenbedingungen kann auch eine größere Flughöhe eingeplant werden.

Die Luftfahrzeuge werden in den „Trombonen“ gestaffelt, d.h. das Einfädeln erfolgt nach den Radarverfahren, wobei eine entsprechende Wirbelschleppenstaffelung gewährleistet wird.

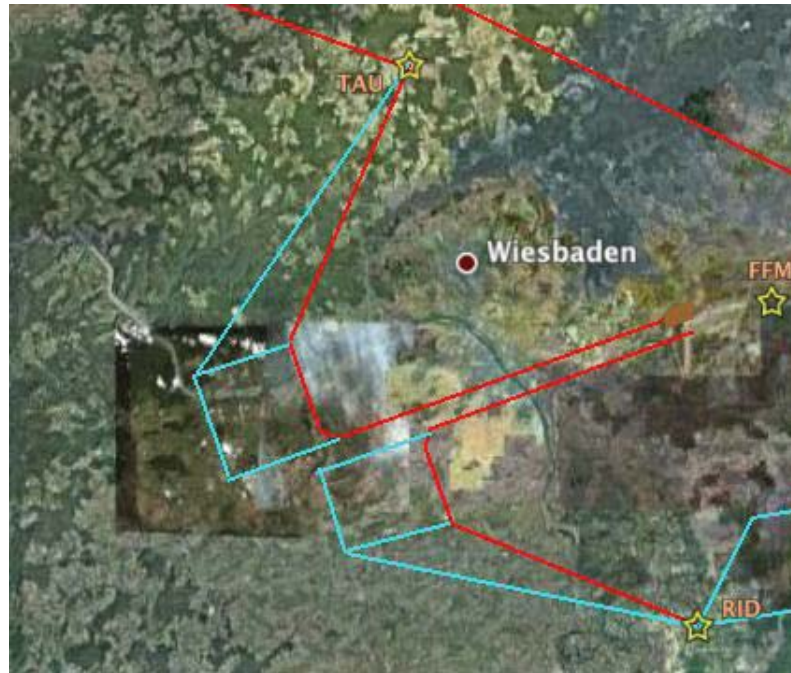
Das „Trombone“-Verfahren erkennt man bei ROLIS (Dreieck), bei TAU (Vierecke nach Norden) und PSA (Vierecke nach Osten). In diesen Gebieten geschieht das gleiche wie bei den Radarverfahren, allerdings in größeren Höhen. Die Luftfahrzeuge werden zu den Punkten TAU und RID geleitet und beginnen hier den Sinkflug, der so ausgelegt ist, dass ein CDA-Verfahren möglich ist.

Sofern es notwendig werden sollte, eine weitere Staffelung vorzunehmen, können zusätzliche kleinere „Trombonen“ vor dem Endanflug eingerichtet werden.

Über die Punkte RID oder TAU verlassen die Luftfahrzeuge die Flughöhe der Trombone und sinken mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit entsprechend einem CDA-Verfahren zum FAF. Dies gilt für alle Luftfahrzeuge und ist notwendig, um deren Staffelung aufrecht zu halten.

Hinsichtlich des FAF wurden die derzeitigen Flughöhen beibehalten. Es sind bei entsprechender Modifizierung der Anflugrouten aber auch größere Flughöhen möglich; dies hat jedoch insbesondere eine Verlängerung der Flugwege zur Folge.

Das vorgestellte Trombone-Verfahren kann mit vergleichsweise geringem Aufwand in die heutigen Verfahren integriert werden.



Die roten Linien von RID und TAU stellen die optimierten Anflugwege dar. Die blauen Strecken sind mögliche "Ausweichstrecken", um die Staffelung im Sinne einer "Feinjustierung" aufrecht halten zu können. Anfliegende Luftfahrzeuge von den Punkten RID oder TAU können dabei - sofern erforderlich - zwischen der roten und blauen Linie geführt werden und auch westlich des roten Queranfluges, dies sollte aber der Ausnahmefall sein.

Nachdem die Luftfahrzeuge den Endanflug erreicht haben, erfolgt der Sinkflug mit dem Instrumentenlandesystem. Eine „Feinjustierung“ der geforderten Staffelungskriterien kann durch den Fluglotsen noch vor dem Endanflug in „kleinen“ Trombonen (blau) erfolgen.

Das Trombone-Verfahren ist sehr flexibel und kann den jeweiligen flugbetrieblichen Gegebenheiten angepasst werden.

Auch wenn es zunächst als ein „gerades“ konventionelles Verfahren konzipiert ist, können auch zukünftige Verfahren (curved approaches) sofort nach Implementierung der entsprechenden Verfahren, wenn diese als durchführbar angenommen werden und durch entsprechende Verordnungen verankert sind, in diese Verfahren übernommen werden. Es ist insoweit möglich, eine Verlegung der Endanflugstrecken auch über vergleichsweise gering besiedeltem Gebiet vorzunehmen.

Eine räumliche Verlegung der Einflugpunkte RID und TAU ist ebenfalls möglich.

Ziel der Simulation war es, die Luftfahrzeuge so hoch wie möglich zu halten, in dieser Höhe zu staffeln, die Luftfahrzeuge auf direktem

Wege auf den FAF zu führen, so spät wie möglich in den Endanflug übergehen zu lassen und dabei die bestehenden lärmoptimierten Landeverfahren so weit wie möglich zu nutzen.

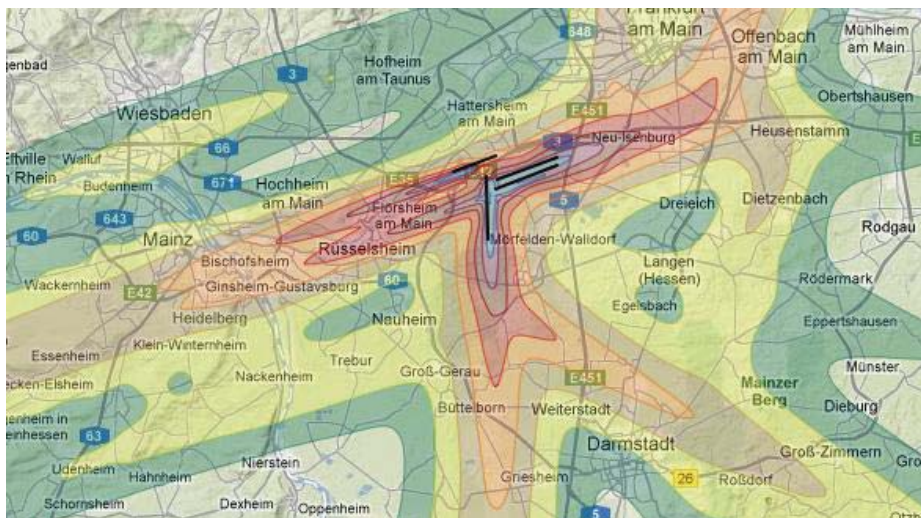
9. Dokumentation der Simulationsergebnisse mit AirTop

Bei den Simulationen wurden generell 61 Anflüge je Stunde und der entsprechende „Flugzeugmix“ auf der Basis der Angaben in den Planfeststellungsunterlagen der FRAPORT AG zugrunde gelegt.

Die Simulationen mit dem Schnellzeitsimulator AirTop zeigten bei allen Verfahren die Durchführbarkeit auch unter den Bedingungen der prognostizierten Verkehrsmenge für das Prognosejahr 2020. In der als Anlage beigefügten tabellarischen Übersicht sind die Simulationsergebnisse dokumentiert.

10. Auswirkungen der alternativen Verfahren auf Kapazität und Lärmbelastungen

Nach den Simulationen erreichen die geänderten Verfahren die mit dem Ausbau des Flughafens Frankfurt am Main angestrebte Kapazitätsausweitung. Es ist also möglich, ohne Einbuße der Kapazität Anflugverfahren in größeren Flughöhen zu entwickeln. Die größeren Flughöhen, die in diesem Gutachten gewählt wurden, sind Beispielhöhen, welche die Lärmbelastung und die von Fluglärm betroffene Flächen nicht unerheblich reduzieren.



Quelle: Umwelthaus

Der innere Konturenwert um den Flughafen zeigt 70 dB(A) nach außen verringern sich die Werte um jeweils 5 dB(A) je Farbzonen auf 40 dB(A).

Die Karte zeigt die Lärmkonturenkarte für den Planungsfall 2020. Deutlich zu sehen ist, dass der Lärm umso höher ist, je näher das Luftfahrzeug am Boden ist. Bei einem ILS Anflug, bei dem das Luftfahrzeug zwar optimiert mit 3° sinkt, ist dennoch eine geringe Triebwerksleistung notwendig, da dieser Gleitweg eingehalten werden muss und das Luftfahrzeug in Landekonfiguration fliegt. Das bedeutet, dass die Landeklappen gesetzt und das Fahrwerk ausgefahren ist.

Bei einem Anflug mit bordeigenen Mitteln wird die Anfluggeschwindigkeit vorgegeben und der Punkt, an dem die Anflughöhe erreicht werden muss, dabei errechnet das FMS (Flight Management System) des Luftfahrzeuges den optimalen Sinkwinkel. Das bedeutet, die verringerte Leistung bleibt während des gesamten Anfluges bestehen.

Der Horizontalflug dient dann dazu, dass Luftfahrzeug auf die Landegeschwindigkeit zu reduzieren, das bedeutet, dass auch dieser Teil mit verringerter Triebwerksleistung geflogen werden kann.

Eine B747 verursacht im Horizontalflug in 5.000 ft (1.500 m) einen Lärmpegel von 68 dB(A), ein A320 von 65 dB(A). Nur 1.000 ft (300 m) tiefer liegen diese Werte bereits bei 71 bzw. 68 dB(A). Es handelt sich insoweit um eine vom menschlichen Gehör wahrnehmbare Pegelveränderung.

Als Faustregel für die Wechselbeziehung zwischen Geräuschpegel und Lärmstärkeempfinden gilt dabei, dass die Zunahme bzw. Abnahme eines Geräusches um 10 dB(A) in etwa einer Verdoppelung der empfundenen Lautstärke entspricht.

Dabei ist zu beachten, dass modifizierte Flugverfahren Auswirkungen auch auf andere Gebiete, die bislang nur vergleichsweise gering von Fluglärm betroffen waren, hervorrufen können.

Sind die Flughöhen bei einem Sinkflug ab 10 NM in ca. 4.000 ft, müssen die Luftfahrzeuge 2 NM davor die Höhe erreicht haben und fliegen mit Triebwerksleistung in 4.000 ft. Verlegt man den Sinkflug auf 5 NM sind es nur noch 2.000 ft. Der Vorteil liegt hier bei einem Sinkflug ohne oder mit verringerter Leistung nach 2.000 ft, erzeugt aber dann mehr Lärm im „Nahbereich“ da bei den festgelegten Anflugverfahren die anfliegenden Luftfahrzeuge mindestens 2 NM in der festgelegten Höhe fliegen müssen.

Eine detaillierte Gegenüberstellung der gegenwärtigen Flugverfahren mit den vorgestellten alternativen Anflugverfahren bezüglich der Lärmsituation bleibt einer separaten Studie vorbehalten.

11. Kurzbewertung von Vorschlägen der Fluglärminitiativen

Von einigen Fluglärminitiativen wurden verschiedene Ansätze zur Verbesserung der Anflugverfahren vorgeschlagen, die nachfolgend kurz beschrieben und einer Bewertung unterzogen werden:

Anhebung der Rückenwindkomponente

Von Fluglärminitiativen wird vorgeschlagen, die Rückenwindkomponente von 5 auf 6 kt anzuheben. Dies könnte eine verstärkte Nutzung der Landebahnen 25 L und 25 R und damit eine Vermeidung der Anflüge über das Stadtgebiet von Mainz und Rheinhessen ermöglichen.

Der Start und die Landung eines Luftfahrzeuges erfolgt aus flugbetrieblichen Gründen in der Regel gegen den Wind. Die maximal zulässige Rückenwindkomponente beträgt für die meisten aktuell eingesetzten Flugzeugmuster beim Start 10-15 kt. Hiervon können die Luftfahrtgesellschaften abweichen und ihren Piloten auch eine geringere Rückenwindkomponente vorgeben.

Im ICAO-Dokument 4444 ist bei Landungen die maximal zulässige Rückenwindkomponente derzeit mit 5 kt vorgegeben. Es handelt sich bei den Vorgaben insoweit um eine sehr konservative Festlegung. Unter technischen Gesichtspunkten dürfte eine Anhebung der Rückenwindkomponente von 5 kt auf 6 kt bei den meisten eingesetzten Flugzeugmustern unproblematisch sein.

Bei einer eventuellen Erhöhung der Rückenwindkomponente ist aber zu beachten, dass die Landung der schwierigste und auch gefährlichste Teil des gesamten Fluges ist. Die Aufsetzgeschwindigkeit ist so gewählt, dass das Luftfahrzeug sicher den Boden berührt und genügend Strecke zum Ausrollen hat. Die berechnete Landerollstrecke muss sich dabei innerhalb von 60% der verfügbaren Landebahnlänge befinden. Bei Rückenwind erhöht sich die Aufsetzgeschwindigkeit und damit die benötigte Landerollstrecke.

Zudem bewegt sich das Flugzeug näher an einem Geschwindigkeitsbereich, in dem das Luftfahrzeug nicht mehr ausreichenden Auftrieb erzeugt und die Gefahr eines Strömungsabrisses besteht. Dies hat zur Folge, dass auch bei kleinen Änderungen der Windgeschwindigkeit, mehr Leistung der Triebwerke erforderlich sein kann und die Lärmemissionen des Luftfahrzeuges in dieser letzten Flugphase vor der Landung ansteigen können.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass bei einem Rückenwind von mehr als 5 kt die maximal zulässige Rückenwindkomponente von 10 kt bei Luftfahrzeugen sehr viel schneller erreicht werden kann. Im Ergebnis muss damit gerechnet werden, dass sich die Anzahl der erforderlichen Fehlanflugverfahren erhöht und damit zusätzlicher „Lärm“ aufgrund eines neuen Anfluges erzeugt wird.

Die Verteilung der Landebahnnutzung liegt in Frankfurt derzeit bei ca. 25% in der Betriebsrichtung 07 und bei ca. 75% in der Betriebsrichtung 25. Eine Erhöhung der Rückenwindkomponente nur bei Betriebsrichtung 25 (Westrichtung) hätte mehr Anflüge auf den Landebahnen 25R und 25L zur Folge, eine Erhöhung in Ostrichtung mehr Anflüge auf 07L und 07R. Eine Anhebung der Rückenwindkomponente ist insoweit lediglich eine Frage der Betriebsrichtungsverteilung für ein Start- und Landebahnsystem, es erfolgt im Ergebnis somit konzeptionell keine Optimierung der Anflugverfahren.

Innerhalb der ICAO wird derzeit abschließend geprüft, ob die Anweisung, als Rückenwindkomponente höchstens 5 kt zu erlauben, auf 7 kt angehoben werden kann.

Einführung von CDA-Verfahren

Von Fluglärminitiativen wird vorgeschlagen, die Flugzeuge in einem kontinuierlichen Sinkflugverfahren (CDA-Verfahren) auf die Landebahn zu leiten. Dies könnte zu einer Reduzierung der benötigten Triebwerkleistung und damit zu einer Lärminderung führen.

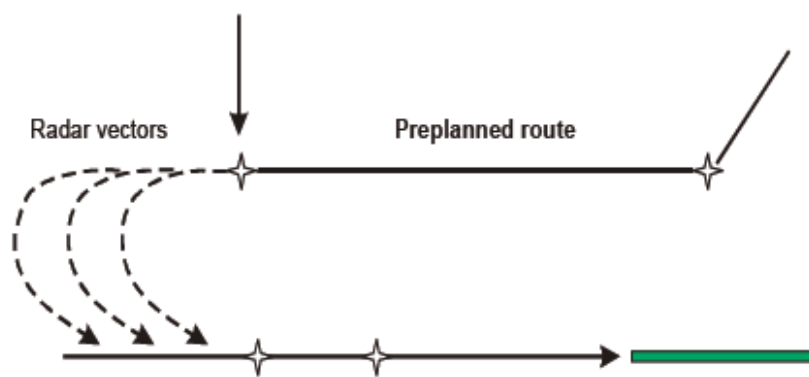
In einem Standard-Anflug wird ein Flugzeug in mehreren Schritten und Horizontalflugabschnitten zur Landung geführt. Im Unterschied hierzu ermöglichen es CDA-Verfahren durch einen kontinuierlichen Sinkflug die Fluglärmbelastung im Zuge des Landeanfluges zu vermindern. Die ICAO spricht in ihrem DOC 9931 CDO (Continuous Descent Operations) von einem Verfahren, welches durch entsprechende Verfahren und Luftraumstruktur mit Unterstützung der Flugsicherung die anfliegenden Luftfahrzeuge in die Lage versetzt, mit einem kontinuierlichen Sinkflug mit so wenig Schub und Widerstand wie möglich den Punkt zu erreichen, an dem der Instrumentenanflug beginnt (FAP). Das Verbleiben in einer Höhe über lange Strecken, wie in dem konventionellen Verfahren praktiziert, wird dabei vermieden.

Dabei muss dieser Anflug nach dem CDA-Verfahren nicht bis zum Aufsetzen des Flugzeuges auf der Landebahn durchgeführt werden (das wäre der anzustrebende Zustand), bereits die Umsetzung auf Teilstrecken des Landeanfluges führt zu einer Verbesserung im Vergleich zu den konventionellen Verfahren.

Jede Optimierung, auch wenn noch Elemente der „Level flights“ verbleiben, ist zu ermöglichen.

Das bedeutet, dass ein CDA-Verfahren, das bis zu einer bestimmten Höhe geführt wird, auch Phasen der gleichen Höhe mit einer Verringerung der Geschwindigkeit beinhalten kann.

Dabei können auch Punkte festgelegt werden, an denen ein CDA-Verfahren endet und sich ein Radarverfahren anschließt.



Quelle: ICAO DOC 9931

Flugsicherungsorganisationen, wie z.B. am Flughafen London-Heathrow, nutzen diese Verfahren, um Luftfahrzeuge aus einer Warteschleife zu einem Punkt zu leiten, an dem dann der Endanflug mit einer Anflughilfe und nicht mehr selbständig erfolgt. Die Verfahren stellen jedoch keine reinen Sinkflugverfahren dar, weil in der Regel eine Geschwindigkeit während des Anflugverfahrens vorgeschrieben wird.

Die Kapazität hat sich seit Einführung der Verfahren kontinuierlich erhöht. Dabei ist zu beachten, dass sich, wie bei allen anderen neuen Verfahren, die Lotsen zunächst auf diese Verfahren einstellen müssen. Dafür sind Schulungen und auch Nachschulungen notwendig. Je mehr Lotsen ausgebildet und trainiert werden, desto leichter werden diese Verfahren anwendbar sein, weil sie auch weniger Anweisungen enthalten und weitgehend „automatisch“ erfolgen. Die Arbeitsbelastung der Fluglotsen wird dadurch sogar geringer.

Ähnliche Verfahren wurden im Rahmen der Simulationen auch für den Flughafen Frankfurt am Main untersucht und sind mit den

beschriebenen Einschränkungen grundsätzlich auch in diesem Luftraum möglich.

Mit Blick auf den FAF in einer Entfernung von rund 10 NM vom Flughafen Frankfurt am Main wird eine wahrnehmbare Verbesserung der Fluglärmsituation im Wesentlichen westlich des FAF möglich sein.

Einführung von „curved“ und „segmented“ approaches

Von Fluglärm-initiativen wird vorgeschlagen, die Flugzeuge im Rahmen des Anfluges auf die Landebahn 07R zunächst in einer auf rund 2 km nach Süden verschobenen Anflugachse auf die Landebahn zu leiten und erst kurz vor der Landung durch eine Verschwenkung auf die Landebahn zu führen. Hierdurch könnten die Anflüge über Gebiete mit geringerer Bevölkerungsdichte geführt und damit eine Verminderung der vom Fluglärm betroffenen Menschen erzielt werden.

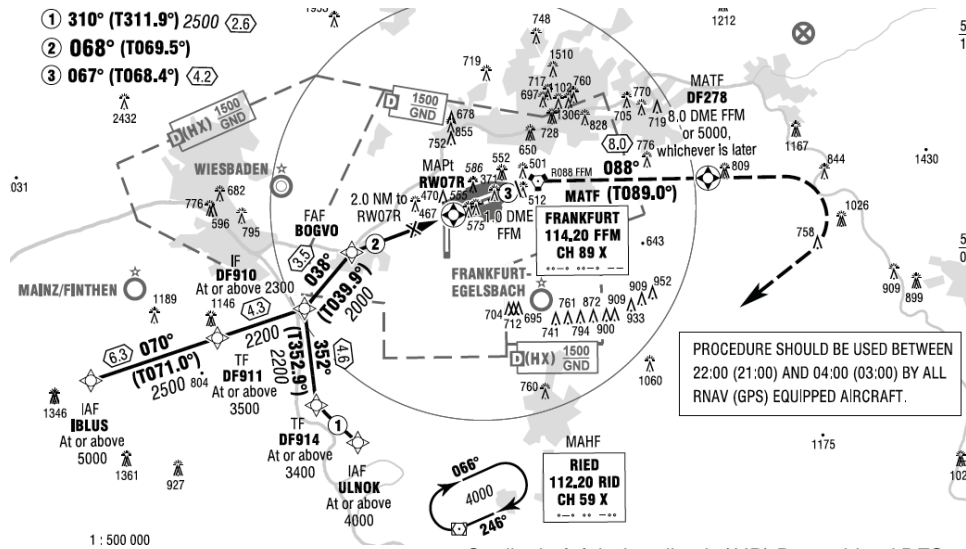
Die Bestimmungen der ICAO lassen derartige Verfahren grundsätzlich zu. Die Konzipierung derartiger Verfahren ist möglich und wird bereits an vielen Flughäfen aus unterschiedlichen Gründen - z.B. wegen der Hindernissituation oder zur Lärmvermeidung - praktiziert, jedoch ist die erfolgreiche Einführung der Verfahren von der technischen Ausstattung der eingesetzten Flugzeugmuster abhängig.

Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Flugzeuge am Ende des "gekrümmten" Anfluges wieder rechtzeitig auf die üblichen Anflugverfahren geführt werden. Damit auch ein paralleler Anflug zur Endanfluglinie erfolgen kann, muss das Flugzeug gemäß Anforderung der ICAO spätestens bei einer Entfernung von 3 NM den ILS-Leitstrahl erreichen.

Um diese Verfahren einzurichten, wäre eine Ausrüstungsverpflichtung für alle Luftfahrzeuge, die den Flughafen Frankfurt am Main anfliegen, erforderlich. Darüber hinaus müsste auch der Luftraum nach den Erfordernissen des "segmented approach" angepasst werden.

Das bedeutet, dass die Navigationsgenauigkeit des heutigen Luftraumes von 5 NM auf 1NM erhöht werden müsste.

Es würde auch bedeuten, dass die Luftfahrzeuge in niedrigeren Höhen als heute anfliegen, dann möglicherweise aber über weniger bewohntem Gebiet.



Das vorstehend veröffentlichte Anflugverfahren war in den Nachtstunden zwischen 22:00 und 04:00 Uhr erlaubt und ermöglichte ein CDA-Verfahren bis zum FAF BOGVO. Nach dem aktuellen Nachflugverbot wird das Verfahren nicht mehr praktiziert.

Unter Zugrundelegung einer Sinkrate von 300 ft pro NM und einer Flugstrecke RIED – ULNOK von 6NM, ULNOK – DF914 von 2,6 NM, DF914 – DF910 von 4,6 NM und DF910 – FAF von 3,5 NM, ergibt dies eine Gesamtstrecke von 16,7 NM. Da im Zuge der Flugstrecke somit eine Höhe von 5.000 ft abgebaut werden kann, könnte das Anflugverfahren bei dem Einflugpunkt RIED in 7.000 ft beginnen.

Durch die Festlegung von Geschwindigkeiten ist es für jedes Luftfahrzeug möglich, auf dieser Strecke einen kontinuierlichen Sinkflug beizubehalten.

Einführung von Holdings

Von Fluglärminitiativen wird vorgeschlagen, Flugzeuge in größerer Höhe in Wartezonen zu führen, bevor diese zum Landeanflug ansetzen. Hierdurch sollen Flugzeuge, die noch keine Freigabe zur Landung erhalten haben, in einer größeren Höhe gehalten und damit eine Lärminderung am Boden erzielt werden.

Wie bereits beschrieben, sind derzeit an jedem Einflugpunkt (IAF) bereits Holdings eingerichtet und veröffentlicht. Sie dienen dazu, Luftfahrzeuge zu „halten“, bis sie in den Verkehrsfluss integriert werden können.

Verschiedene Anflugverfahren (z.B. in London-Heathrow) verfügen über eine Vielzahl dieser Holdings und benutzen sie, um eine Anflugreihenfolge herzustellen.

In einem Holding wird für jedes Luftfahrzeug eine bestimmte Höhe festgelegt, wobei zwischen den Luftfahrzeugen eine vertikale Staffelung von 1.000 ft eingehalten werden muss. Die am Flughafen Frankfurt am Main definierten Holdings haben eine Mindesthöhe von 4.000 ft bzw. 5.000 ft. Da ab einer Höhe von 14.000 ft Überflugverkehr abgewickelt wird, und nur ein Luftfahrzeug pro 1.000 ft im „Holding“ geführt werden darf, steht letztlich nur ein Höhenband von 4.000/5.000 ft bis 13.000 ft zur Verfügung, das heißt, dass nur 8 oder 9 Luftfahrzeuge gleichzeitig in Holdings gehalten werden können. Nach den Simulationen ist diese Anzahl zu gering, um die im Jahr 2020 angestrebte Anzahl der Flugbewegungen abwickeln zu können.

Da ein allein auf Holdings basierendes Verfahren nicht ausreichend ist, um die angestrebten Kapazitätserweiterungen zu realisieren, wurde im Rahmen der Simulation deshalb mit dem Trombone-Verfahren ein leistungsfähigeres Verfahren gewählt, welches die Anflugreihenfolge in einer Höhe von mindestens 8.000 ft ermöglicht und damit Verfahren mit Holdings kapazitativ überlegen ist.

Anhebung des Gleitwinkels auf 3,2°

Von Fluglärm-initiativen wird vorgeschlagen, den Gleitwinkel beim Endanflug von derzeit 3° standardmäßig auf 3,2° anzuheben. Hierdurch sollen eine größere Anflughöhe über Mainz und Rheinhessen und damit eine Verminderung der Fluglärmbelastung erzielt werden.

Nach den Vorgaben der ICAO (Dokument 8168 PANS-OPS) ist der optimale Gleitwinkel im Zuge von Instrumentenlandeverfahren mit 3° angegeben; der maximal zulässige Wert beträgt 3,5°. Hierbei gilt es zu beachten, dass die ICAO eine Gleitwinkelanhebung im Regelfall nur aufgrund von schwierigen Geländebedingungen vorsieht, nicht aber aus Gründen der Lärmreduzierung.

Bei der Anhebung eines Gleitwinkels von heute 3° auf zukünftig $3,2^\circ$ gilt es darüber hinaus zu berücksichtigen, dass die modernen Luftfahrzeuge für einen Gleitwinkel von 3° konstruiert sind und damit bei dieser Anflugkonfiguration auch den geringsten Lärm erzeugen, da alle Systeme (Landeklappen; Fahrwerk etc.) darauf abgestimmt sind.

Wird der Gleitwegwinkel angehoben, erhöht sich hierdurch die Sinkgeschwindigkeit; darüber hinaus kann es erforderlich werden, dass das Setzen der Landeklappen und das Ausfahren des Fahrwerkes früher erfolgt. Damit ist gleichzeitig eine Erhöhung der Lärmbelastung verbunden, weil ein Flugzeug in dieser Konfiguration mehr Lärm erzeugt.

Als „Faustformel“ kann ein strahlgetriebenes Luftfahrzeug seine Geschwindigkeit pro NM um 10 Knoten (ca. 18 km/h) reduzieren. Das bedeutet, dass bei Erreichen einer Flughöhe von 10.000 ft und einer Geschwindigkeit von 250 kt eine Flugstrecke von 9 NM notwendig ist, bis die Geschwindigkeit im Endanflug auf rund 160 kt vermindert werden kann.

Im Übrigen ist zu bedenken, dass der Höhenunterschied zwischen einem Gleitwinkel von 3° und einem von $3,2^\circ$ im Bereich des FAF in Entfernung von 10 NM von der Landebahnschwelle lediglich rund 200 ft beträgt; bei einer Entfernung von 20 NM somit rund 400 ft.

Vor diesem Hintergrund gilt es sorgsam abzuwägen, ob mit einer Anhebung des Gleitwegwinkels eine nachhaltige Verbesserung der Fluglärmsituation erzielbar wäre. Schließlich ist darauf hinzuweisen, dass eine Kombination aus der Erhöhung des Gleitwinkels mit einer Erhöhung der Rückenwindkomponenten unter flugbetrieblichen Aspekten kritisch zu sehen ist.

Verschieben der Aufsetzzone in östlicher Richtung

Von Fluglärminitiativen wird vorgeschlagen, die Landebahnschwelle auf den Landebahnen 07 L und 07 R in Richtung Osten zu verschieben. Hierdurch sollen größere Flughöhen im Bereich von Mainz und Rheinhessen und damit eine Verminderung der Fluglärmbelastung erzielt werden.

Dies ist nur für solche Luftfahrzeuge möglich, welche die entsprechende Länge der Landebahn nicht benötigen. Eine Umsetzung dieses Vorschlages setzt voraus, dass die

Landebahnschwelle verlegt und ein zweites ILS installiert wird, das bei Bedarf eingesetzt werden kann.

Der Verfahrensvorschlag wurde schon erprobt (HALS – DTOP), dieser erbrachte am Flughafen Frankfurt am Main aber nicht den gewünschten Erfolg. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass der erzielbare Höhengewinn - in Abhängigkeit vom Flugzeugmuster und der Länge der zur Verfügung stehenden Landebahn - bei einer Verschiebung des Aufsetzpunktes um beispielsweise 300 m lediglich rund 50 ft beträgt.

Verkürzung des Endanfluges auf 8 km (4 NM)

Von Fluglärminiativen wird vorgeschlagen, den Endanflug auf eine Länge von 8 km (4 NM) zu verkürzen. Hierdurch sollen das Eindrehen nach dem Gegenanflug in östliche Richtung verschoben und damit Flugbewegungen über Rheinhessen vermieden werden.

Eine Verkürzung des Endanfluges auf 8 km (4 NM) ist nach den ICAO-Regeln möglich und wurde in der Simulation als eine der Möglichkeiten untersucht. Der umsetzbare Vorschlag verursacht allerdings je nach Ausgestaltung des Verfahrens eine erhöhte Lärmbelastung im Bereich des Eindrehens auf den Endanflug.

Die ICAO empfiehlt einen Endanflug von 5 NM, dabei befinden sich die Luftfahrzeuge schon in 2.000 ft. Da diese Höhe 2 NM vor dem Erreichen des Sinkfluges erreicht und mit Schubkraft der Triebwerke die Flughöhe gehalten werden muss, ist bei diesem Verfahren mit mehr Lärm als bei den bestehenden Anflugverfahren zu rechnen, die das Endanflugverfahren in 4.000 ft vorsehen.

Unter Lärmaspekten könnten mit einer Verkürzung des Endanfluges somit zwar für Rheinhessen Vorteile verbunden sein, für den Nahbereich um den Flughafen sind jedoch nachteilige Veränderungen zu erwarten.

Verschieben des Eindrehpunktes zum Endanflug

Von Fluglärminitiativen wird vorgeschlagen, die im Rahmen der Gegenanflüge erforderlichen Eindrehbereiche in Gebieten vorzusehen, die möglichst gering besiedelt sind.

Ein Verschieben der Eindrehpunkte ist Bestandteil der Simulation und in verschiedenen Ansätzen simuliert und möglich. Die Eindrehpunkte sind bereits in den heutigen Verfahren flexibel nutzbar.

Anhebung der Verfahren um 1.000 ft

Von Fluglärminitiativen wird vorgeschlagen, die Anflugverfahren um 1.000 ft anzuheben, um hierdurch die Flugzeuge lärmindernd länger in einer größeren Höhe zu halten.

Da mit den Simulationen Verfahren untersucht werden sollten, welche die Belastung der Bevölkerung durch Fluglärm verringern, ist die Anhebung der Flughöhen einer der wesentlichen Bausteine der untersuchten alternativen Verfahren.

Eine Anhebung der Flughöhen ist generell möglich, findet aber ihre Grenzen in der Entfernung zum Flughafen und damit der Belastung des Umfeldes.

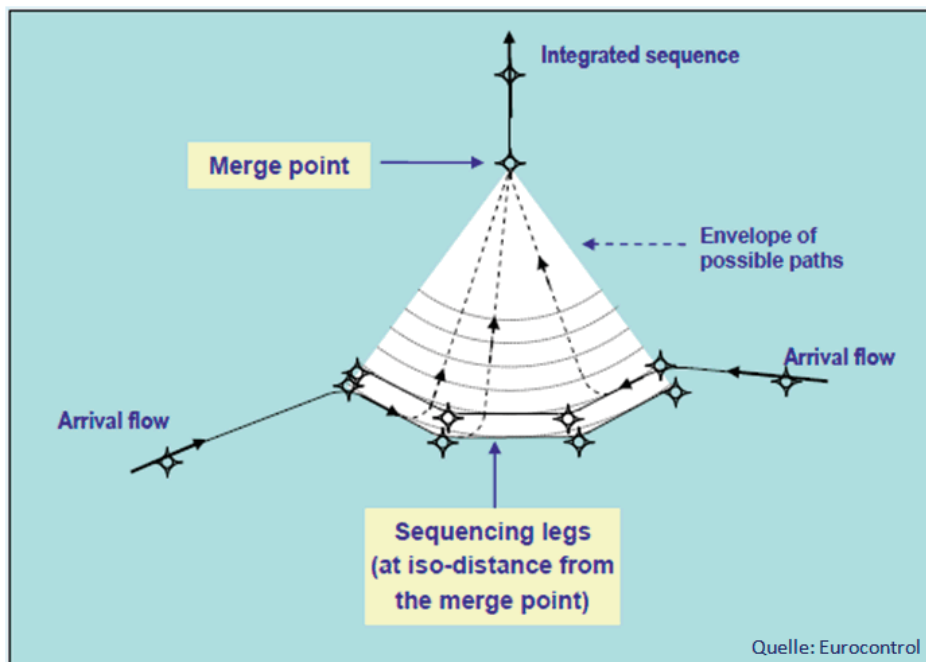
Darum wurden auch Verfahren entwickelt, die den Luftverkehr in einer Flughöhe von mindestens 8.000 ft staffeln und erst möglichst spät zum Sinkflug übergehen lassen.

Da sich über dem An- und Abflugsektor von Frankfurt am Main Flugstrecken für den Überlandverkehr in 14.000 ft befinden, ist eine Anhebung der Anflugverfahren derzeit bis auf 11.000 ft möglich.

12. Point Merge Verfahren

Das Point Merge Verfahren führt die Luftfahrzeuge auf einen Kreisbogen und dann auf einen Punkt, an dem der Endanflug erfolgt. Point Merge enthält, wie auch die untersuchten Verfahren dieser Studie einen Anteil von CDA-Verfahren. Das Verfahren Point Merge ist dem der „Trombone“ ähnlich, verspricht aber eine weitere Reduzierung der Arbeitslast der Fluglotsen.

Die Luftfahrzeuge fliegen in einem festgelegten Verfahren mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit in das System ein und werden dann zum „Merge Point“ freigegeben. Nach der Freigabe beginnt das CDA-Verfahren zum Endanflug und zur Landung.



Das Verfahren wurde in dem europäischen Programm SESAR simuliert und in Oslo eingeführt.

Im Rahmen von FABEC, einem Zusammenschluss von mehreren europäischen Flugsicherungsorganisationen, zu denen auch die DFS gehört, wurde das Verfahren durch Eurocontrol in Zusammenarbeit mit der französischen Flugsicherung DSNA simuliert.

Ausgelöst durch eine politische Vorgabe hat die französische Flugsicherung beschlossen, diese Verfahren ab 2012 bis 2014 in dem Nahverkehrsbereich um Paris mit 2.500 Flugbewegungen pro Tag einzuführen. Darüber hinaus wurden dort als „Sofortmaßnahme“ alle Flugrouten ab dem 17. November 2011 um 1.100 ft angehoben und ein CDA-Verfahren installiert.

Für die Bevölkerung in diesem Bereich bedeutet dies, dass nur noch 86.000 von zuvor 217.000 Menschen von Fluglärmbelastungen von mehr als 65 dB(A) betroffen sind.

Die DFS will dieses Verfahren nach der Erprobung im Pariser Luftraum auch im deutschen Luftraum einführen.

13. Zusammenfassung und Empfehlung

Die versetzte Anordnung der aktuell bestehenden zwei Start- und Landebahnen, einer Startbahn in einer Richtung und einer Landebahn des Flughafens Frankfurt am Main stellt konzeptionell eine suboptimale Lösung dar und erfordert daher technisch anspruchsvolle flugbetriebliche Verfahren.

Die von der DFS konzipierten aktuellen Anflugverfahren auf die Landebahnen 07R und 07L am Flughafen Frankfurt am Main entsprechen in verfahrenstechnischer Hinsicht zwar den flugbetrieblichen Vorgaben der ICAO für die Gestaltung von parallelen unabhängigen Landeverfahren.

Gleichwohl führt die Analyse der aktuellen Anflugverfahren zum Ergebnis, dass erhebliche Optimierungspotentiale zur Verbesserung der Anflugverfahren und insbesondere zur Verminderung der Lärmbelastung bislang nicht ausreichend genutzt werden.

Die stärksten Auswirkungen zeigen sich in den langen horizontalen Flugphasen in vergleichsweise niedrigen Flughöhen nach Verlassen der Einflugpunkte bis zum Erreichen des FAP. Hiermit sind neben langen Flugstrecken, hohem Kerosinverbrauch und CO₂-Ausstoß sowie hohem Koordinierungsaufwand der Fluglotsen und der Luftfahrzeugführer insbesondere hohe und damit vermeidbare Fluglärmbelastungen im Umfeld des Flughafens verbunden.

Ziel der Untersuchung war es daher, die Möglichkeit alternativer Anflugverfahren zu prüfen. Zentrale Ansatzpunkte waren dabei, die Luftfahrzeuge so hoch wie möglich zu halten, in größerer Höhe zu staffeln, die Luftfahrzeuge auf direktem Wege auf den FAP zu führen, so spät wie möglich in den Endanflug übergehen zu lassen und dabei die bestehenden lärmoptimierten Landeverfahren so weit wie möglich zu nutzen.

Die Simulationen alternativer Anflugverfahren mit Hilfe der Schnellzeitsimulation AirTOp haben ergeben, dass Verbesserungen bei den Anflugverfahren möglich sind. Hierzu sind folgende Lösungsansätze betrachtet worden:

1. Veränderung der Flughöhen bei den Gegenanflügen;
2. Verbesserungen bei der Höhenstaffelung und den Höhenprofilen;
3. Entwicklung eines Trombone-Verfahrens

Als Ergebnis der Simulationen ist festzuhalten, dass insbesondere mit der Einführung eines Trombone-Verfahrens ohne Kapazitätsbeeinträchtigungen eine deutliche Anhebung der Flugzeugstaffelung in größeren Höhen, erhebliche Verkürzungen der Anflugwege, Verminderungen der vom Fluglärm betroffenen Gebietsflächen und damit im Ergebnis deutliche Verbesserungen hinsichtlich der Fluglärmsituation insgesamt erzielbar sind. Die wahrnehmbare Fluglärmmentlastung wird dabei im Nahbereich des Flughafens geringer ausfallen als im weiteren Umfeld.

Der Vorteil der Trombone-Verfahren im Unterschied zu den Holding-Warteverfahren besteht in der Möglichkeit, die Luftfahrzeuge lateral einheitlich in einer größeren Höhe zu halten und damit einen flexibleren und kontinuierlicheren Anflugstrom auf den FAF zu erzeugen.

Im Zuge des Trombone-Verfahrens können insbesondere die von verschiedenen örtlichen Fluglärminitiativen geforderte Einführung lärmarmen kontinuierlicher Sinkflugverfahren (CDA-Verfahren), die für die Fluglärmbelastung in der Umgebung von Flughäfen von besonderer Bedeutung sind, integriert werden. Im Zuge der Implementierung eines Trombone-Verfahrens könnte dessen Konfiguration danach ausgerichtet werden, dass die Flugrouten in Gebieten mit möglichst geringer Bevölkerungsdichte geführt werden.

Das Gutachten schlägt daher im Ergebnis für den Flughafen Frankfurt am Main die Einführung eines Trombone-Verfahrens vor. Dieses Verfahren kann als Vorstufe eines "Point Merge Verfahrens" betrachtet werden.

Die Umsetzung des Trombone-Verfahrens könnte in folgenden Schritten erfolgen:

- Fachliche Erörterung des Verfahrens mit der DFS;
- Abschließende Qualitätssicherung des Verfahrens mit Flugsimulatoren;
- Förmliche flugbetriebliche Konzipierung des Verfahrens;
- Durchführung des Rechtssetzungsverfahrens;
- Schulung der Fluglotsen.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass zu den von der DFS derzeit praktizierten Anflugverfahren Alternativen bestehen, welche die zukünftige Lärmbelastung für rheinland-pfälzische Gebietsteile bei Anflügen mit Betriebsrichtung 07 (Ostwind) zumindest deutlich verringern könnte.

Anlage zur Dokumentation der Simulationsergebnisse mit AirTOP

Die Luftfahrzeuge werden im Rahmen der Simulation mit den gesetzlich vorgegebenen Werten gestaffelt. In der Regel beträgt die Radarstaffelung 3NM. Die Wirbelschleppenstaffelung wird dabei beachtet und der jeweils höhere Wert angewandt.

In der letzten Spalte ist der Abstand der Flugzeuge dargestellt, der über die erforderliche laterale Staffelung hinausgeht. Damit wird der Nachweis erbracht, dass die Staffelung eingehalten wurde.

Die Werte zeigen ein „plus“ an Staffelung, das dadurch zustande kommt, dass die Luftfahrzeuge unterschiedlich in den Luftraum einfliegen. Wie in der Realität wird dieser Wert nicht verringert, d.h. nachfolgende Luftfahrzeuge fliegen nicht schneller um „aufzuholen“.

Zwischen der Flugbewegung Nummer 1 und 2 beträgt der erforderliche Staffelnungsabstand 3NM, tatsächlich ist dieser aber 13,5 NM (3 + 10.5).

Flugbewegung	Luftfahrzeugtyp	Wirbelschleppen-kategorie L = Light M = Medium H = Heavy	Ankunftszeit	Länge über Staffelung
1	A320	M	20:04:29	Erstes Luftfahrzeug in der Simulation
2	A320	M	20:09:31	10.5NM
3	RJ50	M	20:14:12	5.1NM
4	RJ70	M	20:14:25	0.1NM
5	A330	H	20:16:24	5.8NM
6	A350	H	20:17:20	2.5NM
7	RJ70	M	20:19:32	0.2NM
8	A350	H	20:19:42	1.7NM
9	A320	M	20:20:55	9.5NM
10	A350	H	20:21:35	0.2NM
11	A320	M	20:23:24	3.2NM

12	RJ100	M	20:25:46	0.1NM
13	B737	M	20:25:53	0.1NM
14	A320	M	20:27:05	1.5NM
15	A340	H	20:27:13	0.4NM
16	A320	M	20:28:30	9.4NM
17	B737	M	20:28:54	1NM
18	A320	M	20:30:34	0NM
19	RJ70	M	20:31:52	0.1NM
20	A320	M	20:33:11	0NM
21	RJ70	M	20:33:25	0.1NM
22	A320	M	20:34:26	0.3NM
23	A320	M	20:34:57	0.1NM
24	A380	H	20:35:37	0NM
25	A320	M	20:36:27	0NM
26	A320	M	20:36:53	0.2NM
27	A320	M	20:38:15	1.1NM
28	A320	M	20:38:27	0.1NM
29	A350	H	20:39:48	0.2NM
30	RJ100	M	20:39:58	0.9NM
31	A320	M	20:41:10	0.1NM
32	A320	M	20:41:30	1.5NM
33	B737	M	20:42:27	0.1NM
34	A320	M	20:43:22	0NM
35	B737	M	20:43:46	0NM
36	B767	H	20:44:35	0NM
37	A330	H	20:45:02	0.1NM
38	B737	M	20:45:52	0.1NM
39	B777	H	20:46:15	0.2NM
40	A320	M	20:47:12	3.5NM
41	A320	M	20:48:20	0NM

42	A320	M	20:49:30	0.3NM
43	A320	M	20:49:46	0.4NM
44	A320	M	20:51:11	0.1NM
45	RJ100	M	20:51:35	11.8NM
46	A320	M	20:52:28	0.1NM
47	A320	M	20:53:45	0.1NM
48	A320	M	20:55:02	0.8NM
49	A320	M	20:56:32	2.5NM
50	A320	M	20:57:09	2.6NM
51	A320	M	20:58:46	1.1NM
52	GAJetM	M	20:59:15	0.5NM
53	B737	M	21:00:27	0NM
54	A320	M	21:01:23	2.8NM
55	A320	M	21:01:40	2.2NM
56	B737	M	21:03:41	4.2NM
57	RJ70	M	21:03:45	0.1NM
58	RJ100	M	21:05:02	7.1NM
59	GAJet	L	21:06:22	1.9NM
60	B777	H	21:08:54	0.7NM
61	A350	H	21:09:03	0.1NM
62	A320	M	21:10:17	0NM
63	A320	M	21:10:24	2.7NM
64	A320	M	21:15:55	0NM