

Februar 2012

to70 GER

**Untersuchung und Bewertung eines lärmindernden
Anflugverfahrens für die Landerichtung 25 Frankfurt am Main.
EDDF RWY 25**

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



39-34
113-37
113-3
583-
113-
731-
58-
1-
478-489
721-725



**Untersuchung und Bewertung eines lärmindernden
Anflugverfahrens für die Landerichtung 25 Frankfurt
am Main.
EDDF RWY 25**

Report
MKK Main-Kinzig-Kreis
Regionalkoordinator
Roland Rossa
Nürnberger Straße 41
63450 Hanau

To70 GmbH
to70 GmbH HRB 30781
Hauptstraße 78
67482 Altdorf/Pfalz
info@to70.de
+49 176 320 443 24
www.to70.nl

Autor:
Michael Morr
Altdorf, Februar 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 dem Flughafen Frankfurt/Main
 - 6.1. Endanflugverfahren
7. Analyse der Anflugverfahren
 - 7.1. Beschreibung nördlicher Anflug Piste 25R
 - 7.2. Beschreibung südlicher Anflug Piste 25L
 - 7.3. Bewertung
8. Aufgaben
 - 8.1. Airline Operator (Luffahrtgesellschaften)
 - 8.2. Flughafenbetreiber
 - 8.3. Flugsicherung (Deutsche Flugsicherung GmbH DFS)
 - 8.4. Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAF)
9. Optimierungsansätze
 - 9.1. Veränderung der Flughöhen bei den Gegenanflügen
 - 9.2. Verbesserte Höhenstaffelung/Höhenprofile
 - 9.3. Trombone
10. Dokumentation der Simulationsergebnisse mit AirTOP
11. Auswirkungen der alternativen Verfahren auf Kapazität und Lärmbelastungen
12. Gesamtergebnis
13. Umsetzungsmöglichkeiten

1. Einleitung

Der Flughafen Frankfurt rechnet mit einer Zunahme der Passagiere und der Luftfracht, die in Zukunft abgewickelt werden sollen. Sind es heute noch rund 56 Millionen Passagiere, sollen es nach dem Bau der neuen Landebahn Nordwest zukünftig bis zu 90 Millionen pro Jahr werden. Der erwartete Zuwachs erfordert eine Erhöhung der Anzahl 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 Osten des Flughafens sind hiervon insbesondere der Main-Kinzig-Kreis, sowie die Städte Frankfurt am Main, Offenbach und Hanau betroffen.

In der Umgebung eines Flughafens ist eine Lärmbelastung durch anfliegende und abfliegende Flugzeuge nicht zu vermeiden. Die von der DFS entwickelten, und vom Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung genehmigten Verfahren, haben beim Anflug von Osten (Betriebsrichtung 25) 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 prüft, ob alternative Anflugverfahren entwickelt werden können, mit denen die heutige bzw. die zukünftigen 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 Ost, d.h. die Landungen auf den Pisten 25R und 25L, 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 werden in einem ersten Schritt die Anflughöhen angepasst und der IAF verlegt.

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 freigegeben. Für das Anflugverfahren ist eine neue Freigabe des Fluglotsen nötig. Da diese nicht in jedem Fall zeitgerecht gegeben werden kann, und auch für Funkausfallverfahren, sind Holdings (Warteschleifen) an diesen Punkten (IAF) festgelegt. Innerhalb der Warteverfahren bekommt jedes Luftfahrzeug eine individuelle Flughöhe zugewiesen.

In einem weiteren Schritt wird untersucht, ob es möglich ist, eine Staffelung der Flugzeuge in größeren Höhen durchzuführen, und einen kontinuierlichen Sinkflug (CDA) 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 praxisgerecht 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 werden - ähnlich wie auf einem Radarsichtgerät - visuell dargestellt. Damit ist gewährleistet, dass die Ergebnisse und Prozessabläufe jederzeit quasi unter Realitätsbedingungen untersucht werden können. Die Simulationen der Verfahren wurden unter „Standard-Wetterbedingungen“ (Internationale Standard Atmosphäre) und ohne Berücksichtigung äußerer Abläufe, die den Normalablauf der Verkehrsentwicklung stören könnten, durchgeführt.

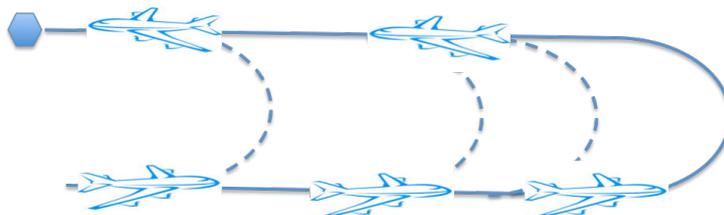
In der Simulationsphase wird dabei jedes Luftfahrzeug dynamisch durch folgende Funktionen überlagert:

- Berechnung der tatsächlichen Flugprofile aus dem Gesamtverkehrsaufkommen zur Einordnung in die Landefolge.
- Berechnung der tatsächlichen Startfolge durch Einordnung jedes Abfluges in „Start-Fenster“, die durch das Verkehrsaufkommen bestimmt werden (nicht in dieser Simulation, aber notwendig bei der Untersuchung der Abhängigkeiten durch abfliegende Luftfahrzeuge).
- 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 „Trombone“ ist eine Posaune, und wie der Zug der Posaune, kann die Flugstrecke im Gegenanflug je nach Notwendigkeit verlängert werden. Dieses Verfahren ermöglicht 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. Auch hier, wie bei der Posaune, ist der „Posaunenzug“ durch den größten, festgelegten Abstand, bestimmt.

FAP/Beginn des
Instrumentenanfluges



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

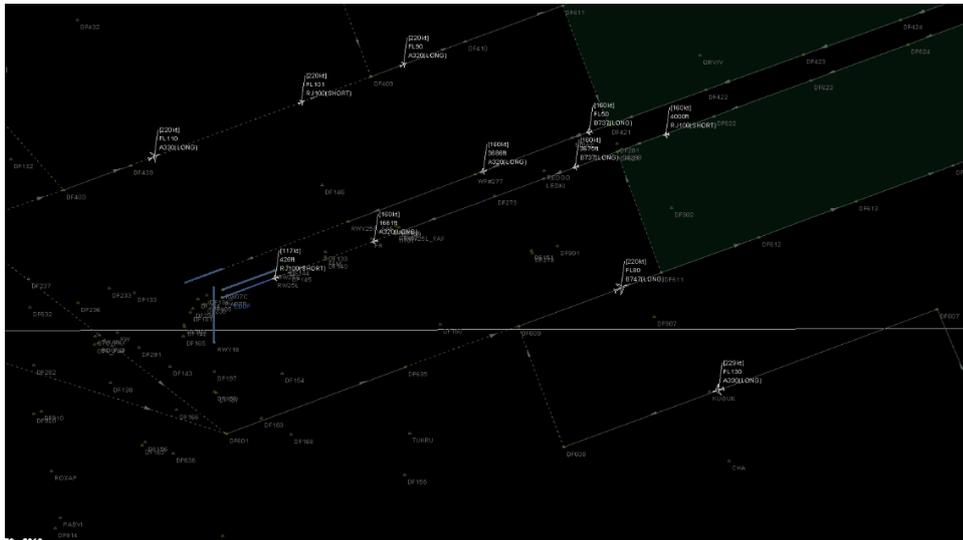
Die Luftfahrzeuge beginnen den Anflug in einer vorgegebenen Höhe (in der Grafik rechts unten) mit einer Geschwindigkeit von ca. 220 kt (408 km/h), werden dann auf einen 5NM (9,3 km) langen Queranflug geleitet, während dieses Fluges reduzieren sie die Geschwindigkeit auf ca. 180 kt

(333 km/h), um dann im Endanflug die Geschwindigkeit auf ca. 160 kt (296 km/h) zu reduzieren.

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

Bei den gültigen Verfahren liegt dieser weiteste Punkt bei ca. 35NM (65km) vor dem Aufsetzpunkt.

In der Simulation führt die „Software“ die Luftfahrzeuge selbständig innerhalb dieser festgelegten Gebiete (Trombone) nach den vorgegebenen Kriterien (Staffelung nach ICAO und Wirbelschleppenstaffelung) bis zum Aufsetzpunkt.



Ausschnitt aus einer Simulation

5. Vorgaben der ICAO

Die zentralen Grundlagen der ICAO für die Gestaltung von Anflugverfahren sind die Dokumente 4444 (Grundlage für alle Verfahren); 8168 (Betrieb von Luftfahrzeugen) und 9643 (Verfahren für parallele Pisten). Damit werden die betrieblichen Grundlagen gelegt, dass Luftfahrzeuge sicher operieren können.

Annex 14 des Dokuments erlaubt unabhängige parallele Anflüge bei Landebahnen, deren Mittellinien mindestens 1.035 m Abstand haben. Der Abstand der Pisten 25L und 25R in Frankfurt beträgt ca. 1.900 m und ermöglicht somit unabhängige parallele Anflugverfahren.

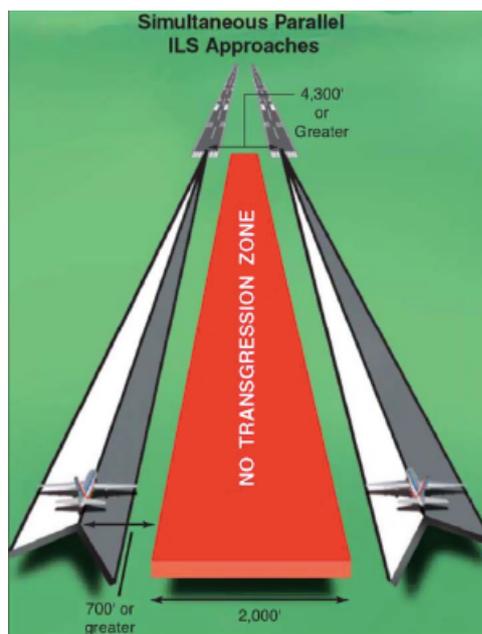
Die wesentlichen Vorgaben der ICAO für unabhängige parallele Anflugverfahren sind in drei Dokumenten der ICAO beschrieben. Diese Dokumente (DOC) haben den gleichen Stellenwert und müssen beachtet werden. Natürlich hat ein Staat auch das Recht, von diesen Verfahren abzuweichen, muss dies dann allerdings begründen.

DOC 4444	DOC 8168	DOC 9643
Instrumenten- Landesystem auf beiden Pisten.	Gleich, allerdings nur für Geradausflüge. Vorzugweise mit DME (Entfernungsmessgerät).	Gleich wie DOC8168.
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 1.000ft 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 1.000ft 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. Das bedeutet in Frankfurt einen Kurs von 250° im Gegenanflug, dann 340° (von Süden kommend) oder 160° (vom Norden), dann 040° (Süden) oder 100° (Norden), um dann mit weiteren 30° den Endanflug an zuschneiden.</p>	<p>Die Hauptaufgabe ist, die Staffelung von 1.000ft zwischen den Anflugverfahren beizubehalten bis sich die Luftfahrzeuge auf dem Endanflugkurs befinden. Sonst gleich.</p>	<p>Gleich wie DOC8168, allerdings wird hier noch eine Beibehaltung der 1.000ft oder 3NM Staffelung bis 10NM 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. Was bedeutet, dass das Flugzeug 2 NM vor dem Sinkflug auf der festgelegten Höhe im Endanflug sein sollte.</p>	<p>Gleich, das bedeutet, der Endanflugkurs muss 2NM vor dem eigentlichen Sinkflug in der vorgegebenen Höhe erreicht werden. Es wird eine „High“ und „Low“ Anflugspur eingeführt. Das bedeutet, der eine Queranflug ist um 1.000ft 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 3NM, oder 1.000ft, von den anderen parallelen Anflügen gestaffelt werden.</p>	<p>Gleich.</p>	<p>Gleich.</p>

<p>Auf dem gleichen Anflugkurs muss die Staffelung von mindestens 3NM, 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:



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 erfliert, in der Regel 2NM (3,7km) vor Beginn des Sinkfluges.

NTZ (No Transgression Zone/Nicht zu berührende Zone). In diese Zone darf ein Luftfahrzeug nicht einfliegen. Das ist auch einer der Gründe für einen separaten Fluglotsen für jeden Endanflug. Beide Luftfahrzeuge sind jeweils nur eine NM (1,8km) voneinander entfernt, und bei Abweichungen ist ein schnelles Eingreifen erforderlich.

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

6. Beschreibung der Anflugverfahren für den Flughafen Frankfurt/Main

6.1. Endanflugverfahren

Der Endanflug beginnt beim FAF (Final Approach Fix), und führt das Luftfahrzeug auf einem Leitstrahl zum Aufsetzpunkt. Der Leitstrahl hat einen Winkel von 3°. Dieser ist von der ICAO festgelegt und kann nur unter bestimmten Bedingungen (z.B. aufgrund topografischer Anforderungen) geändert werden. Die Flugzeuge sind außerdem auf die Einhaltung eines Gleitwinkels von 3° konstruiert, und haben bei diesem Winkel im Regelfall die geringsten Lärmemissionen beim Landeanflug. Die Anflugverfahren werden mit einer Sinkrate von 300ft pro NM (eine Nautische Meile entspricht 1.852 m) berechnet.

Das Endanflugverfahren beginnt in einer Entfernung von 10NM von der Landebahnschwelle, die erforderliche Höhe für den Sinkflug beträgt ca. 3.200ft (1.100m) über Grund. Unter Berücksichtigung der Höhenlage des Flughafens Frankfurt von 364ft ist insoweit von rund 3.500ft auszugehen. Die Angaben beziehen sich dabei auf Werte über dem Meeresspiegel (ü.NN). In Höhe der Landebahnschwelle im Abfangvorgang zur Landung ist das Luftfahrzeug noch 50ft hoch.

Eine Entfernung von 10 NM (18,5km) ist dabei der maximale Wert (gem. ICAO) für den Beginn des Landeanfluges.



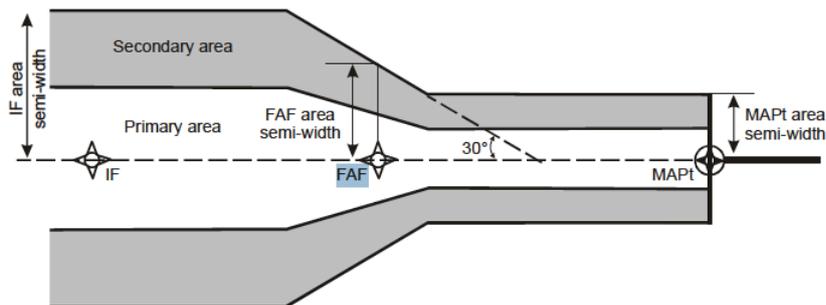
Die blauen Linien zeigen die Entfernung von jeweils 5NM (9,3km) bzw 10NM (18,5km) bis zur Landebahnschwelle, die grünen Linien zeigen den Bereich des 2NM (3,7km) Horizontalfluges, die weiteren blauen Linien zeigen die 30° Anschneidewinkel zum Endanflug und die Eindrehstrecken vom Gegenanflug .

Die optimale Entfernung, von der ICAO festgelegt, beträgt 5NM (9,3km), dann befindet sich das Luftfahrzeug in einer Höhe von 1.900ft (580m). Der Minimalwert (gem. ICAO) liegt bei 3NM (5,6km), die Höhe beträgt dann ca. 1.300ft (396m).

6.2. Führung zum Endanflug

Die Anflugverfahren für den Flughafen Frankfurt/Main sind als Radarverfahren festgelegt, und bei unabhängigen Parallelanflügen zwingend vorgeschrieben. Die unabhängigen Parallelanflüge müssen, bevor sie auf dem Endanflug dem Leitstrahl folgen, durch Radar gestaffelt werden. Im Nahbereich ist dies entweder eine Radarstaffelung von 3NM (5,6km), oder eine Höhenstaffelung von 1.000ft (300m). Weiterhin müssen die Luftfahrzeuge mindestens 2NM (3,7km) vor Erreichen des FAP die festgelegte Höhe des FAP (Beginn des Sinkfluges) erreicht haben, und sich entweder in Verlängerung des Endanfluges befinden oder in dieser Höhe auf den Endanflug eindrehen. Dabei muss mindestens noch eine NM (1,8km) Geradeausanflug gewährleistet sein.

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



Diese Darstellung dient lediglich der Illustration des Anschneidewinkels von 30°. Der eigentliche Anschneidepunkt liegt 2NM vor Beginn des Sinkfluges auf der Sinkflughöhe.

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

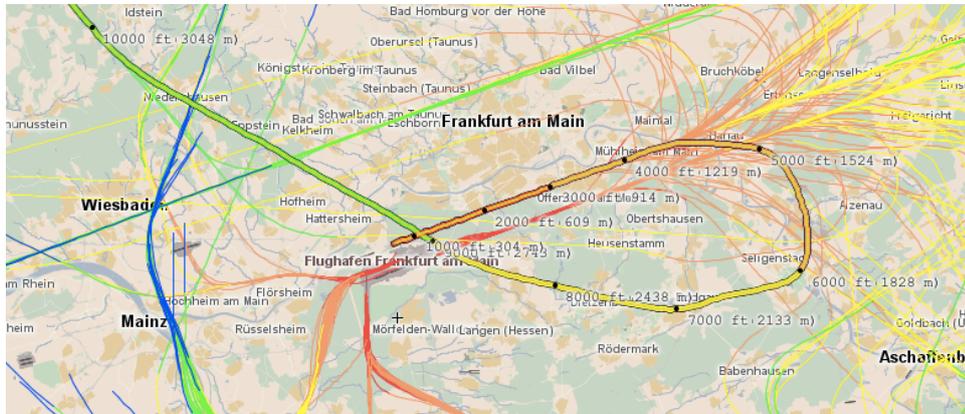
Jeder Endanflug muss von einem separaten Fluglotsen überwacht werden.

Dieser steht mit den Flugzeugen in Funkverbindung und achtet darauf, dass diese die vorgegebene Schutzzone nicht berühren. Die vorgeschriebene Staffelung beträgt dabei mindestens 3NM (5,6km), oder Wirbelschleppenstaffelung.

6.3. Radarverfahren

Die Radarverfahren ermöglichen dem Fluglotsen ein gezieltes Eingreifen auf den Flugweg. Die Steuerkurse, wie auch 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.

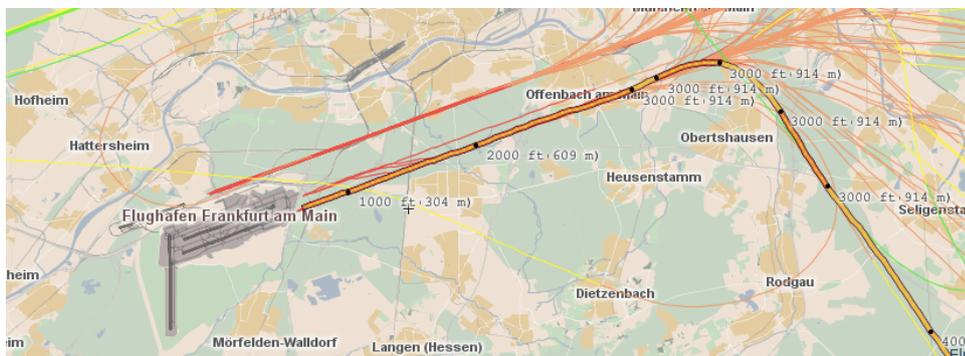
Die niedrigste Flughöhe wird dabei durch die MRVA (Minimum Radar Vectoring Altitude – Niedrigste Höhe zur Radarkursführung) bestimmt.



Beispiel der Radarführung

Aus diesen Gründen ist es auch möglich, Luftfahrzeuge schon vor den festgelegten FAP auf den Endanflug zu leiten, wenn es nicht unterhalb der MRVA liegt.

In diesem Beispiel erreicht das Luftfahrzeug die festgelegten 5.000ft (1.500m) schon vor dem FAP, führt allerdings einen kontinuierlichen Sinkflug durch und verursacht weniger Lärm.



Beispiel einer „verkürzten“ Radarführung. Eindrehen in den Queranflug bei 3.000ft und weiterer Sinkflug im Endanflug.

Das Luftfahrzeug wird schon sehr früh auf 3.000ft (1.000m) geführt und muss diese im Geradeausanflug mit hoher Triebwerkeleistung einhalten.

Beide Verfahren sind erlaubt und durch den Fluglotsenn angeordnet.