

**Ergebnispapier zu V11e: Auswirkungen der
Situation in der europäischen Flugsicherung
auf den Flughafen Frankfurt**

Beschluss der Mediationsgruppe am 17.12.1999

Öko – Institut e.V.

Auswirkungen der Situation in der europäischen Flugsicherung auf den Flughafen Frankfurt

Entwicklung am Flughafen Frankfurt

Am Frankfurter Flughafen wurde von 1996 bis 1999 der Koordinationseckwert von 72 Bewegungen pro Stunde auf 78 Bewegungen pro Stunde erhöht. Die Anzahl der max. Starts von 48 pro Stunde blieb dabei gleich, die Anzahl der maximalen Landungen wurde von 37 auf 43 erhöht. Die Möglichkeit, mehr Bewegungen am Flughafen Frankfurt durchzuführen, nahmen die Luftverkehrsgesellschaften an, und somit stiegen die Bewegungszahlen um 1,9 Prozent im Jahr 1997, um 6,2 Prozent im Jahr 1998 und um 5,4 Prozent von Januar bis Oktober 1999 (Quelle: FAG). Diese Zahlen führten den Flughafen Frankfurt in Spitzenstunden an seine Kapazitätsgrenzen und sie machen deutlich, dass 43 Landungen pro Stunde nur unter idealtypischen Verhältnissen, vor allem bei gutem Wetter, möglich sind.

Eine Auswertung der Regelungsmaßnahmen für den Flughafen Frankfurt im Juli 1999 hat gezeigt, dass Frankfurt nicht vorrangig von Verkehrsflussregelungsmaßnahmen ausländischer Organisationen betroffen ist, sondern flugsicherungsbedingte Verspätungen häufig aus Anflugregelungen für Frankfurt resultieren (siehe Anlage 1). Der koordinierte Eckwert für die Sommerflugplanperiode 2000 wurde nicht erhöht, er bleibt bei 78 Bewegungen pro Stunde.

Kapazität im deutschen Luftraum

Überlastsituationen im Luftraum führen nicht dazu, dass Verkehr nicht abgewickelt wird, sondern sie führen zu Beschränkungen, z.B. in Form von zeitlichen Vorgaben (Slots) oder Verspätungen.

Die Pünktlichkeitssituation im deutschen Luftraum hat sich im August / September 1999 stabilisiert und liegt sogar leicht unter den Werten des Vorjahres. Die deutsche Flugsicherung hat mit Abstand das beste Verhältnis zwischen Flugbewegungen und Verspätungen im Vergleich zu anderen hochbelasteten Lufträumen.

Engpasssituationen treten im Streckenbereich vor allem im Luftraum der Zentrale Karlsruhe auf. Weitere Engpässe sind die Flughäfen Frankfurt (Bahnkapazität), Düsseldorf (nutzbare Bahnkapazität) und München (Limitierung durch angrenzende Lufträume).

Gemeinsam mit den Kunden hat die DFS einen sogenannten „Capacity Enhancement Plan“ erarbeitet und veröffentlicht, der für das Jahr 1999 55 Maßnahmen umfasst. Sie betreffen vor allem die Frankfurter und Karlsruher Kontrollzentralen sowie Düsseldorf und München. Die wichtigsten Aktivitäten sind:

- Streckenparallelisierung („Einbahnstraßen“ in jeweils eine Richtung, kein Begegnungsverkehr), die eine Verdoppelung der Luftverkehrsstrecken in einigen Bereichen ermöglichen.
- Öffnung weiterer Sektoren in Lufträumen, wenn der Bedarf nicht mehr gedeckt werden kann (in Frankfurt gibt es für den südlichen Bereich, in München für den Bereich Kempten einen sog. Overflow-Sektor)
- Verlagerung von Sektoren in weniger belastete Kontrollzentralen (Sektoren, die bisher von der Zentralen Karlsruhe und Frankfurt bearbeitet wurden, werden von der Zentrale Berlin aus kontrolliert).

Auch für das Jahr 2000 wird es einen entsprechenden Plan geben, dessen Entwurf zur Zeit mit den Luftraumnutzern abgestimmt wird. Darüber hinaus plant die DFS bis zum Jahr 2002 eine neue Luftraumstruktur mit folgenden Kernelementen:

- Neues Streckennetz unter Nutzung von Flächennavigation (ARN Version 3) mit Tendenz zur Streuung des Verkehrs, auch durch individuelle Routenzuweisung).
- Neusektorisierung des deutschen Luftraums
- Neuansbindung der Flughäfen an das geänderte Streckennetz durch modifizierte An- und Abflugstrecken
- Neuorganisation der militärischen Übungs-lufträume
- Weniger Schnittstellen durch Anhebung der Grenze zwischen Unterem und Oberem Luftraum mit Anhebung der Trennfläche von Flugfläche 245 (acht km) auf ca. 290 (fast zehn km).

Diese Änderungen der aktuellen Luftraumstruktur sind Bestandteil des auf europäischer Ebene geplanten und in Teilen bereits umgesetzten Streckennetzwerkes des europäischen Air Navigation Plans (ANP) Teil IV, Air Traffic Services Routes and Associated Navigation Means (ARN) gem. ICAO Doc. 7754.

Die Aussagen zu militärischen Übungsfluträumen gelten auch für die TRA (Temporary Reserved Airspace) 204/304 im Norden Frankfurts. Hier findet zur Zeit die Überprüfung durch das Amt für Flugsicherung der Bundeswehr (AFSBw) statt. Der gegenwärtige Stand der Gespräche lässt erwarten, dass eine befriedigende Lösung für den zivilen Luftverkehr erreicht werden kann. Die An- und Abflugrouten müssen dann entsprechend angepasst werden.

Die DFS treibt mit Vehemenz die technologischen Entwicklungen voran. Ein Beispiel hierfür ist die Nutzung der oben angeführten Flächennavigation:

- Die neue Luftraumstruktur hat die Flächennavigation als Voraussetzung. Flächennavigation ermöglicht es dem Piloten, sein Flugzeug entlang frei definierter Punkte zu fliegen und sich von dem bisherigen bodengestützten Streckennetz zu lösen. Pilot und Lotse können so den Luftraum flexibler und damit effizienter nutzen. Die Ausrüstungsvorschrift (Flugsicherungs-ausrüstungsverordnung FSAV) ist in Kraft, die Umrüstung der Luftfahrzeuge im wesentlichen abgeschlossen.
- Nach der Inbetriebnahme des neuen Flugsicherungssystems P1 in Langen (Ende 1999) sind weitere Kapazitätsgewinne zu erwarten. Dieses neue System bietet auf der Grundlage konventioneller Hardware und speziell entwickelter Software eine erhöhte Genauigkeit und eine weitergehende Automatisierung der Datenverarbeitung, die das Betriebspersonal entlastet.
- Ein weiterer wesentlicher Schritt ist die Vernetzung der Daten von Flughäfen, Airlines und Flugsicherung, damit alle Beteiligten zeitnah über aktuelle Daten verfügen und so flexibel reagieren können.

Ursachen auf europäischer Ebene

Die Ursachen für die Kapazitätsengpässe liegen u.a. darin, dass der Kapazitätsbedarf falsch eingeschätzt wurde. Die Planungen gingen in der Vergangenheit von pauschalen Wachstumsraten für ganz Europa aus, ohne dass nach einzelnen Kontrollzentralen und den dort erforderlichen Maßnahmen differenziert wurde. Erst für 1998 wurde durch EUROCONTROL ein Modell entwickelt, das die Nachfrage für den Zuständigkeitsbereich der einzelnen Kontrollzentralen den angebotenen Kapazitäten gegenüberstellte und entsprechende Kapazitätssteigerungsmaßnahmen anmahnte. Der Verkehrsanstieg für den Zuständigkeitsbereich einzelner Kontrollzentralen lag dennoch höher als in der Prognose vorhergesagt, so dass die ergriffenen Kapazitätssteigerungsmaßnahmen nicht ausreichten. (Für Frankfurt stellte sich nach Optimierung der Luftraumkapazität die Betonkapazität als limitierender Faktor heraus.)

Teilweise war von vornherein bekannt, dass auch die vorgesehenen Maßnahmen zur Kapazitätssteigerung für die Abwicklung des zusätzlichen Verkehrs nicht ausreichend sein würden. Dies war zum einen darauf zurückzuführen, dass die Industrie mit der Lieferung neuer Flugsicherungssysteme in Verzug kam; zum anderen haben die Luftraumnutzer die für kapazitätssteigernde Maßnahmen erforderliche zusätzliche Bordelektronik nur zögerlich beschafft, so dass die Termine für die Einführung dieser Maßnahmen hinausgeschoben werden mussten. Die Verzögerung betrug ein Jahr, die Umsetzung ist jetzt im wesentlichen abgeschlossen. Der unerwartet schnelle Verkehrsanstieg erforderte in einzelnen Staaten zusätzliches Kontrollpersonal, das aufgrund der langen Ausbildungszeiten kurzfristig nicht zur Verfügung gestellt werden konnte.

Nicht außer Acht gelassen werden darf, dass auch die begrenzten Flughafenkapazitäten Rückwirkungen auf die Verkehrsabwicklungen im Luftraum haben und die Flugsicherung sich vor den daraus resultierenden Belastungen mit Verkehrsflussregelungsmaßnahmen, die als Verspätungen zu Buche schlagen, schützt.

Folgende großen Engpassbereiche bestehen im europäischen Luftraum:

- Im Balkan-Bereich besteht nicht die erforderliche Durchlässigkeit bzw. Verlässlichkeit. Wegen der politischen Unsicherheiten kann der Luftverkehr nur unter erschwerten Bedingungen durchgeführt werden.
- Die Engpässe im Schweizer Luftraum und dem Luftraum über Südfrankreich wirken sich auch auf den deutschen Luftraum (Zentrale Karlsruhe, Flughafen München) aus.

Erste Maßnahmen auf europäischer Ebene

Die Schwachstellen des bisherigen Vorgehens wurden erkannt. Das Kapazitätsmanagement in Europa hat bisher z. B. folgende Ergebnisse gebracht (siehe auch Anlagen 2a und 2b):

- Griechenland konnte durch die Einführung des Radars in der Athener Kontrollzentrale den Anteil der Verspätungen im Vergleich der ECAC-Staaten in den Monaten Mai bis August von 18,8 Prozent im letzten Jahr auf 6,5 Prozent in diesem Jahr senken.
- In Großbritannien hat sich der Anteil an ATFM-Verspätungen im Zeitraum Januar bis August von 15 Prozent in 1998 auf 7 Prozent in 1999 reduziert. Maßgeblich hierfür ist die Entzerrung von Luftverkehrsstrecken im Nahbereich London. Mit Einführung der neuen Streckenstruktur gem. ARN

Version 3 in England wird es in Zukunft keine strukturellen Engpässe und damit Verspätungen mehr für Nordatlantikflüge geben.

- Die Schweiz hat in diesem Sommer ihre Luftraumstruktur an die europäischen Standards angepasst. Die zivil-militärische Integration ist für 2001 geplant.

Weitere europäische Planungen

EUROCONTROL hat die Strategie „ATM (AIR Traffic Management) 2000 +“ entwickelt, wonach die Planung des europäischen Luftraums unter Beteiligung der nationalen Flugsicherungsorganisationen und der militärischen Partner verstärkt durch EUROCONTROL vorgenommen wird. Trotz der bestehenden nationalen Grenzen und der militärischen Luftfahrterfordernisse soll eine Luftraumstruktur entwickelt werden, die durch die nationalen Grenzen möglichst nicht beeinträchtigt wird. Verstärkt soll von dem heute schon vielfach angewandten Prinzip der möglichen „Delegation des Luftraumes“ Gebrauch gemacht werden. Die Initiative dazu geht in der Regel von den Flugsicherungsorganisationen aus, die Umsetzung erfolgt durch die beteiligten Staaten über Staatsverträge.

In einem „Europäischen Kapazitätsentwicklungsplan“ sollen genauere mittel- bis langfristige Prognosen über die Entwicklung der Verkehrsströme in Europa erarbeitet werden, denen die von den einzelnen Staaten zu treffenden Maßnahmen zur Bereitstellung der erforderlichen Flugsicherungskapazität gegenübergestellt

Aus dem Entwurf eines „ATC Capacity Assessment – Review of Existing National Plans“ von Eurocontrol lässt sich z. B. für die Zukunft entnehmen, dass die Kapazität im von der Londoner Kontrollzentrale kontrollierten Luftraum in den Jahren 1999, 2003, 2004 und 2005 um jeweils zehn Prozent gesteigert werden soll und kann. Die Schweiz geht von einem Kapazitätsgewinn für Zürich ACC in den Jahren 2002 und 2004 von je 10 Prozent aus. Holland etwa gibt für Amsterdam ACC für das Jahr 2000 eine vierprozentige Kapazitätssteigerung an, für die Jahre 2001 bis 2003 jeweils fünf Prozent. Auch für den französischen Luftraum wird durch nationale Maßnahmen von einer Steigerung der Kapazität von 15 Prozent der vier Kontrollzentralen Reims, Marseille, Brest und Bordeaux im Jahr 2002 ausgegangen (Paris zehn Prozent). Die Ergebnisse für Deutschland sind vorne im Kapitel „Kapazität im deutschen Luftraum“ dargestellt.

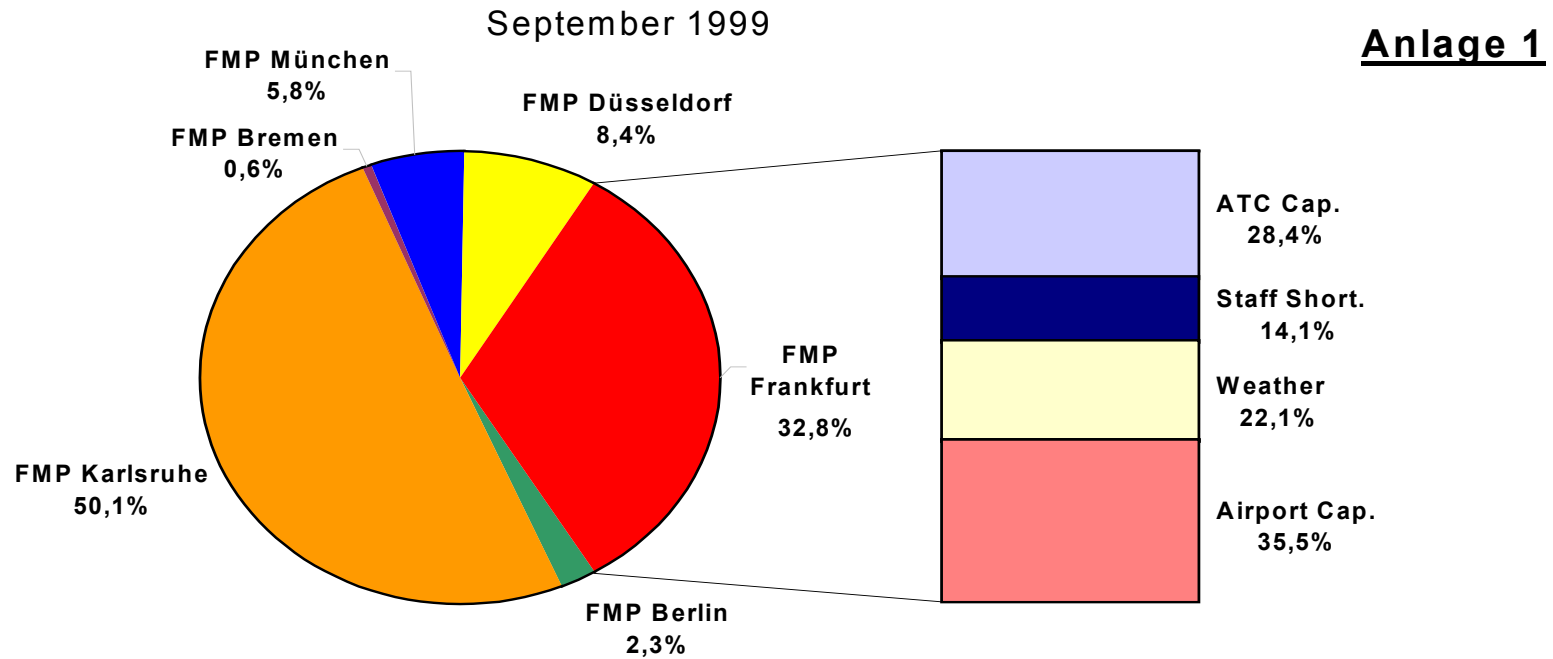
In einem europäischen „Regelungsprozess“, in dem von Beginn an alle beteiligten Staaten, Flugsicherungsorganisationen, Luftraumnutzer und die Industrie eingebunden werden, sollen die entsprechenden Vorgaben verbindlich festgeschrieben werden. Ziel ist nicht eine einheitliche europäische Flugsicherungsbehörde wie z. B. die US-amerikanische Federal Aviation Authority FAA. Es sollen vielmehr die regionale/nationale operative Umsetzung und die regulatorische Funktion (EUROCONTROL) mit einer zentralen Vorgabe von Maßnahmen getrennt werden. Die Verpflichtung zur Umsetzung dieser Maßnahmen soll gestärkt werden; der Beitritt der Europäischen Gemeinschaft zur Organisation EUROCONTROL, der zur Zeit verhandelt wird, soll hierzu einen wesentlichen Beitrag leisten. Damit würden die Beschlüsse von EUROCONTROL unmittelbar wirksam werden gegenüber den Staaten, Flugsicherungsorganisationen und Luftraumnutzern der Gemeinschaft.

Der EU-Verkehrsministerrat hat sich auf seiner Sitzung im Juni 1999 mit der Thematik befasst und die Kommission aufgefordert, bis Dezember 1999 konkrete Vorschläge für Maßnahmen zur Verbesserung der Flugsicherung in Europa vorzulegen. Die Minister der europäischen Zivilluftfahrtkonferenz (ECAC) werden voraussichtlich im Januar 2000 Beschlüsse zur künftigen Strategie fassen.

Bewertung

- Die Schwierigkeiten der europäischen Flugsicherung sind noch nicht beseitigt.
- Die Ursachen sind jedoch erkannt, Lösungsansätze definiert und die Umsetzungsprozesse eingeleitet worden.
- Auch ein weiterer gleichzeitiger Ausbau der Flughafenkapazität von Paris, London und Amsterdam wird nicht dazu führen, dass die erwartete Verkehrssteigerung in Europa von 3 bis 4 Prozent bis 2015 (siehe Ergebnispapier zu V 2) sich weiter erhöht, sondern zu verstärktem Wettbewerb der Flughäfen untereinander führen.
- **Die vorliegenden Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass der europäische Luftraum noch über Kapazitätssteigerungspotenziale verfügt, um die prognostizierten Verkehrssteigerungen aufzunehmen und kein limitierendes Element für eine Kapazitätssteigerung des Flughafens Frankfurt auf 120 Bewegungen pro Stunde darzustellen.**

Aufschlüsselung des ATFM-Delays



Anzahl der Regelungsmaßnahmen: 125

ATFM Delay in Min.: 104.472

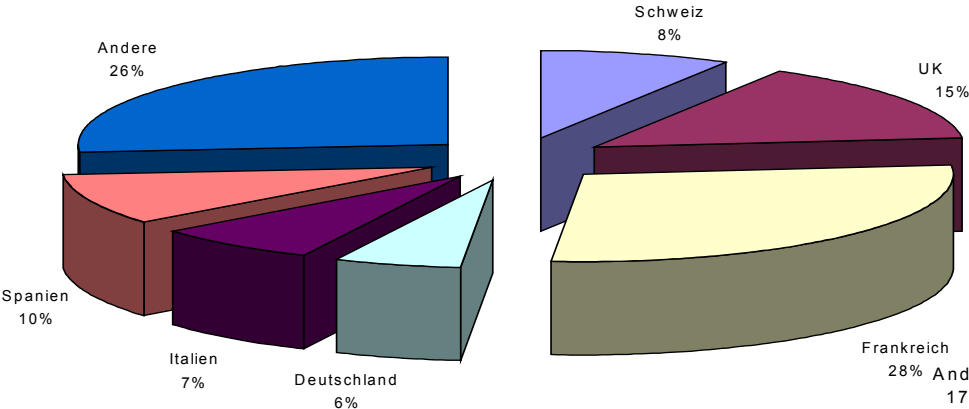
Avg. Delay / Delayed Flight in Min.: 18,7

Zuordnung für Flight Management Position Frankfurt ACC entspr. Meldungen der WL im Rahmen des Berichts- und Meldewesens auf Basis der CFMU Auswertungen

Anteil ATFM-Delay

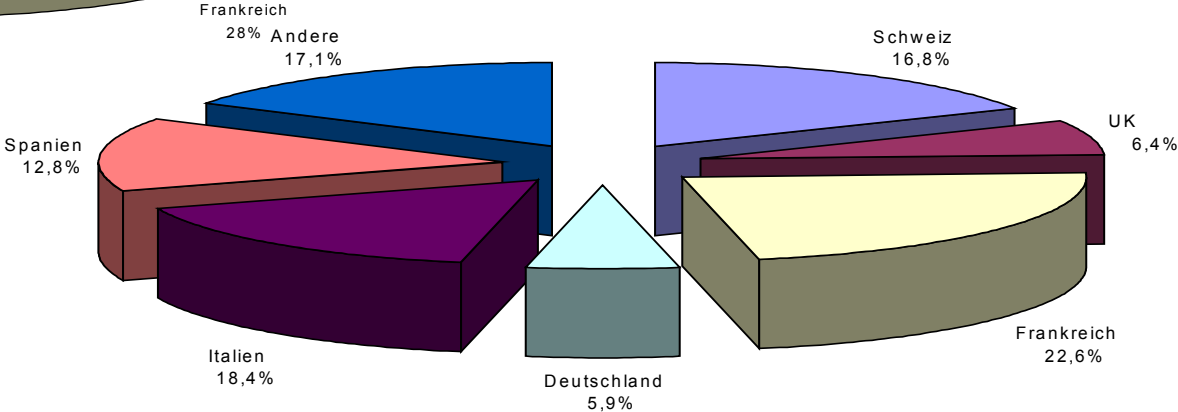
Januar - August 1998 und 1999

1998



Anlage 2a

1999



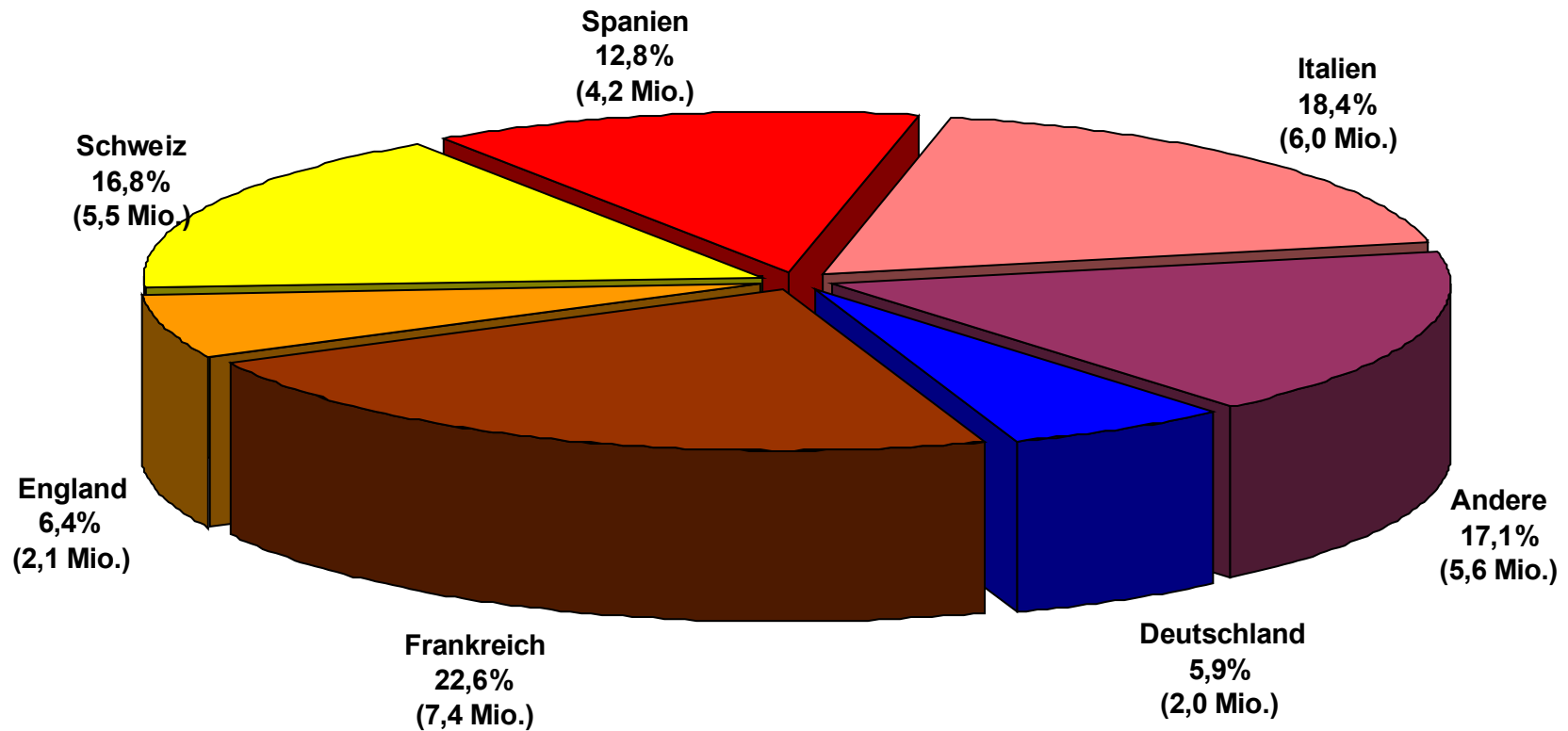
Quelle: Eurocontrol / CFMU

Anteil ATFM-Delay

Januar - August 1999

(Anzahl Minuten)

Anlage 2b



NIROS (Noise Impact Reduction and Optimization System)

System zur Bestimmung lärmminimaler Abflugrouten

"Erlaubter Fluglärm entspricht Trompetensignal". "Wenn ein Flugzeug Wecker spielt". Oder: "Immer mehr Klagen über die dröhnenden Jets". Dies sind ein paar ausgewählte Schlagzeilen, die man immer wieder in Zeitungen und Zeitschriften findet. Der Lärm von Flugzeugen ist ein Problem, mit dem sich auch die DFS auseinandersetzt. Das System NIROS (Noise Impact Reduction and Optimization System) zur Bestimmung von lärmminimalen Abflugrouten steht seit Beginn des Jahres 1997 zur Verfügung.

"On Runway track to 800 feet, via FR to 3 DME Frankfurt, right turn, on Radial 194 Metro to 11 DME Frankfurt, left turn to König, right turn on Radial 138 Frankfurt to Nördlingen". So ist eine der Abflugstrecken am Frankfurter Flughafen festgelegt. Bei ihrer "Schöpfung" achtete die DFS in Absprache mit dem Betreiber (FAG) und der Fluglärmkommission des Frankfurter Flughafens darauf, die Strecke aus Lärmschutzgründen um Gravenbruch herum und dann zwischen Dreieich und Dietzenbach durchzulegen.

Besonders beim Start entsteht durch den benötigten Schub ein beträchtlicher Schallpegel. Jeden Ort zu umfliegen, ist kaum möglich. Solche Schlangenlinien kann ein Verkehrsflugzeug nicht fliegen. Die Definition von Abflugstrecken gerät daher oft zu einer schier unlösbaren Aufgabe. Es sollte möglichst kein Ort vom Lärm betroffen sein. Aufgrund der Besiedlungsstruktur der Bundesrepublik ist dieses Ziel jedoch nicht erreichbar.

Der Schutz gegen Fluglärm ist gesetzlich geregelt. Lärmschutzbereiche werden genau festgesetzt (§ 2 Fluglärm-Gesetz). Das sind Gebiete, in denen der äquivalente Dauerschallpegel (Leq,24h) 67 dB(A) übersteigt. Dabei gibt es noch eine weitere Unterteilung: In Schutzzone eins liegt der äquivalente Dauerschallpegel über 75 dB(A) in Schutzzone zwei zwischen 67 und 75 dB(A). In Schutzzone zwei dürfen zum Beispiel keine Krankenhäuser oder Schulen gebaut werden.

Vor Inbetriebnahme von NIROS wurden die Departure Routes intuitiv per Hand mittels Landkarten skizziert und soweit wie möglich an Städten und Dörfern vorbeigeführt oder über dünnbesiedeltes Gebiet geleitet. Ein System mit Köpfchen sorgt seit Anfang 1997 dafür, die optimale Abflugroute in Punkto

geringster Lärmbelastung zu finden: NIROS (Noise Impact Reductions and Optimizing System). Das Prinzip ist eigentlich einfach: Ein Flugzeug fliegt auf einem computersimulierten Weg. Ein mathematisches Emmissionsmodell im Computer bestimmt den von den Triebwerken verursachten Schallpegel des Flugzeuges. Mit Hilfe eines physikalischen Modells der Schallausbreitung in Luft, läßt sich die Schallentwicklung am Boden, die Immission, berechnen. Zur Quantifizierung der Lärmimmission verwendet NIROS den äquivalenten Dauerschallpegel (Leq) nach dem Fluglärmgesetz. Mit NIROS kann somit für jeden Flugweg der Schallpegel am Boden modellhaft dargestellt werden.

Um ein Maß für die lokale Lärmbelastung zu ermitteln, werden die Daten der Schallimmission und der Bevölkerungsdichte miteinander verknüpft. Bevölkerungsdichtedaten zu bekommen ist nicht so einfach. Es existieren zwar Bevölkerungszahlen für die gesamte Bundesrepublik mit den dazugehörigen Grenzen der statistischen Erhebungsbezirke in größeren Städten und die Gemeindegrenzen, aber die genauen Bevölkerungsdichten gibt es nicht auf dem Markt.

Um aus den vorhandenen Angaben Bevölkerungsdichten zu bestimmen, war ein riesiger Arbeitsaufwand die Folge: Zunächst mußten topographische Karten in den Computer gescannt werden. Anschließend wurden um alle bewohnten Gebiete Polygone (Vieleck) gelegt. Ein Viereck oder Kreis reichte nicht aus, denn nur mit Hilfe von Polygonen können die Kanten der besiedelten Flächen genau erfasst und somit die Bevölkerung wirklich den bewohnten Gebieten zugeordnet werden. So kann zum Beispiel der unbewohnte Wald in einer Gemeinde mit Anwendung von Polygonen ausgegrenzt werden. Mit Hilfe der Zahlen aus Volkszählungen des statistischen Bundesamtes lässt sich dann die Bevölkerungsdichte errechnen. (Bevölkerungszahl pro Fläche ist die Dichte.)

Der am Boden ankommende Schall hängt von unterschiedlichen Parametern ab. Die Flughöhe und der Flugweg sowie der eingesetzte Schub spielen eine große Rolle dabei. Der Flugweg wird im Rechnermodell durch Geraden- und Kurvenssegmente dargestellt. Mit dieser Randbedingung wird sichergestellt, dass das Resultat der Optimierung flugbetrieblich eine möglichst sinnvolle Streckenführung ergibt. Wilde Kurven sind nun mal nicht fliegbar.

Wie sieht es nun aber mit dem Höhenverlauf aus? Die Simulation soll ja möglichst realitätsnah sein. In der Flugpraxis gibt es verschiedene Steigverfahren. Besonders häufig werden die Verfahren der IATA und das modifizierte ATA-Verfahren geflogen. Diese Prozeduren dienen dem Simulationsprogramm als Vorlage. Neben den Angaben über den Steigverlauf enthalten diese Verfahren auch Angaben über den verwendeten Schub.

Weiteres Hilfsmittel, um den Flugverlauf realistisch darzustellen, ist die Einbindung eines FMS (Flight Management System). Anhand vorgegebener Kommandos aus dem FMS berechnet das Computersimulationsprogramm den Flugverlauf mit Schub- und Geschwindigkeitsverlauf sowie Flugzeugposition.

Um der Vielzahl unterschiedlicher Flugzeugtypen gerecht zu werden, klassifizierte der Software-Lieferant sechs Flugzeugklassen. Antriebsart, maximales Startgewicht und Triebwerkszahl bestimmten die Eingruppierung. In jeder der definierten Klassen fand sich ein typischer Vertreter, von dem das Startverhalten und die akustischen Triebwerkscharakteristiken bekannt sind. Außerdem wurden die Höhen- und Geschwindigkeitsprofile für jede Flugzeugklasse fest definiert.

Flugzeug - klasse	Bedeutung
5 z.B. A320	Strahlflugzeuge mit einem Höchstabfluggewicht bis 100 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zu dem Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt entsprechen
7 z.B. B727	Sonstige Strahlflugzeuge mit einem Höchstabfluggewicht bis zu 100 t
9 z.B. A300	Strahlflugzeuge mit einem Höchstabfluggewicht von mehr als 100 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zu dem Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt entsprechen (zwei- oder dreistrahlige Flugzeuge der Auslastung <u>a</u>)
10 z.B. A300	Strahlflugzeuge mit einem Höchstabfluggewicht von mehr als 100 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zu dem Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt entsprechen (zwei- oder dreistrahlige Flugzeuge der Auslastung <u>b</u>)
12 z.B. B747	Strahlflugzeuge mit einem Höchstabfluggewicht von mehr als 100 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zu dem Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt entsprechen (vierstrahlige Flugzeuge der Auslastung <u>a</u>)
13 z.B. B747	Strahlflugzeuge mit einem Höchstabfluggewicht von mehr als 100 t, die den Anforderungen des Anhangs 16 zu dem Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt entsprechen (vierstrahlige Flugzeuge der Auslastung <u>b</u>)

Tabelle: Bedeutung der Flugzeugklassen

Die "Welt", in der die Modellrechnung stattfindet, ist wahlweise eine Fläche von 40 mal 40 oder 80 mal 80 Kilometern mit bekannter Bevölkerungsdichte und einem Flughafen in der Mitte. Außerdem werden die Bodennavigationsanlagen angezeigt.

Um überhaupt sagen zu können, welche errechnete Strecke die beste ist, muß ein Gütekriterium vorhanden sein, das den Vergleich verschiedener Routen im Hinblick auf die jeweilige Lärmbelastung der Bevölkerung ermöglicht. Zu diesem Zweck wurde ein Belastungsmaß definiert, das sich aus der Multiplikation der Immission mit der Bevölkerungsdichte (Wichtung) und anschließender Integration über die Fläche ergibt. Durch die Multiplikation geht die Anzahl der belasteten Personen proportional in das Maß ein. Das heißt, je mehr Personen in einem Gebiet belastet werden, desto höher die Belastung bei gleichem Schallpegel. Ziel des Optimierungsalgorithmus ist es, die Route mit dem minimalen Belastungswert innerhalb eines vorgegebenen Korridors zu finden.

Für eine Simulation wird erst einmal festgelegt für welchen Flughafen, welche Startbahn, welche Feldgröße (40 mal 40 km oder 80 mal 80 km) als Grundlage dient. Ferner muß dem System die Anzahl der Starts einer ausgewählten Flugzeugklasse (siehe Tabelle) tags (6:00 – 22:00 Uhr) und nachts (22:00 – 6:00 Uhr) mitgeteilt werden und das Startverfahren bestimmt werden. Dann wird der Zielpunkt oder die Endrichtung bestimmt. Aus den gewählten Parametern wird die optimale Flugroute bestimmt. Die Schallausbreitung ist durch ein theoretisches Modell beschrieben, das Luftfeuchtigkeit und Temperatur berücksichtigt. Somit errechnet der Computer auf den Schnittpunkten eines Gitters, das innerhalb der Modellwelt liegt, die Schallimmission.

In der Computersimulation ist auch ein Modul vorhanden, das die Funktion eines Flight Management Systems (FMS) darstellt. Entsprechend den Kommandos des FMS fliegt das Flugzeug die Kurve. Maximal 25 Grad Schräglage hat das Flugzeug in der Kurve. Aus Schräglage und Geschwindigkeit ergibt sich der Kurvenradius. Angaben über den frühesten Drehpunkt auf der Abflugstrecke können auch für die Berechnung eingegeben werden. Zum Beispiel ließen sich für Frankfurt folgende Angaben machen: Piste 07, mindestens vier nautische Meilen Geradeausflug, Endrichtung 350 Grad. In der Regel dauert es mehrere Stunden, bis sämtliche Routen durchgerechnet und die Belastungsmaße errechnet sind. Am Ende steht der lärmminimale Flugweg.

Die einzeln errechneten Flugwege stellt der Computer jeweils als Graphik dar. Als Ergebnis jeder NIROS-Berechnung erhält man drei Graphiken: Bevölkerungsverteilung, Lärmpegelverteilung und Wichtungsverteilung. In jede dieser Graphiken ist die Abflugroute eingezeichnet. Eine Erklärung der Farbgebung findet sich für jede Graphik links unten. Über den Abbildungen werden der Gesamtgütwert der Abflugroute und die Eingangsparameter angegeben.

Die mit NIROS ermittelten Abflugstrecken lassen sich nicht immer unmittelbar umsetzen. Betriebliche Randbedingungen machen hin und wieder einen Strich durch die Rechnung: Es ist sehr schwierig, die Strecken so zu gestalten, dass sie allein mit Hilfe von Funknavigation zu fliegen sind. Dies ist aber notwendig, da noch nicht alle Gesellschaften ihre Flugzeuge für die Streckennavigation ausgerüstet haben, mit dem alle NIROS-Strecken fliegbar sind.

Mit NIROS kann die DFS entsprechend den Unternehmensgrundsätzen und gesetzlichen Bestimmungen einen zusätzlichen Beitrag auf dem Gebiet Umweltschutz mit Schwerpunkt Lärminderung leisten. Bis jetzt kann NIROS für folgende Flughäfen angewendet werden: Frankfurt, Hamburg, Köln/Bonn, Düsseldorf, München, Nürnberg, Stuttgart, Hannover, Bremen, Leipzig. Im Laufe des Jahres 1999 wird das System um die Flughäfen Berlin-Schönefeld, Berlin-Tegel, Berlin-Tempelhof, Erfurt und Dresden erweitert. Besonders die Lärmschutzkommissionen können nun Informationen erhalten, die Aussagen über unterschiedliche Lärmbelastungen für die betroffene Bevölkerung durch alternative Abflugrouten ermöglichen. Eine Versachlichung der Fluglärmdiskussion ist mit NIROS näher gerückt.

Die Kontrolle, ob die festgelegten Strecken auch wirklich eingehalten werden, besteht bereits heute. FANOMOS, Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System, stellt Flugspuren auf topographischen Karten dar. In einem Gebiet mit einem Radius von etwa 45 Kilometern um den Flugplatz bis zu einer Höhe von 10000 Fuß zeichnet das System die Flugspuren auf. An allen deutschen Verkehrsflughäfen gibt es die Möglichkeit zur Kontrolle durch FANOMOS.

NIROS ergänzt jetzt FANOMOS durch ein konstruktives Werkzeug zur Erarbeitung von Lärminderungsstrecken.

Gesetzliche Grundlagen der Lärminderung Luftverkehrsgesetz § 29 b (2):

Die Luftfahrtbehörden und die für die Flugsicherung zuständige Stelle haben auf den Schutz der Bevölkerung vor unzumutbarem Fluglärm hinzuwirken.

Unternehmensgrundsätze der DFS:

Wir achten stets auf den effizienten Einsatz der Unternehmensressourcen und auf den Schutz der Umwelt. Der Schutz der Umwelt hat für unser Handeln einen hohen Stellenwert. Wir gestalten Flugsicherung so, dass der Luftverkehr so umweltverträglich wie möglich durchgeführt werden kann. Wir praktizieren aktiven Umweltschutz, indem wir möglichst umweltfreundliche Mittel und Methoden einsetzen.

In der Zukunft werden Flugzeuge von Satelliten navigiert

Vorhersagen für eine Zunahme des Luftverkehrs nach Instrumentenflugregeln (= IFR, Navigation der Fluggesellschaften nach Instrumenten im Gegensatz zu den meist nach den Sichtflugregeln fliegenden kleineren Privatflugzeugen) für Europa besagen, dass sich der Verkehr basierend auf der Situation 1995 bis zum Jahre 2015 mit einer Zuwachsrate von 121 Prozent mehr als verdoppeln wird. Um die daraus resultierenden Gefahren für die Flugsicherheit abzufangen, müssen alle Möglichkeiten in den verschiedensten Bereichen des Luftfahrtsystems bord- wie bodenseitig genutzt werden. In diesem Zusammenhang entwickelte die Internationale Zivile Luftfahrtorganisation (ICAO) das globale „Communications, Navigation and Surveillance/Air Traffic Management (CNS/ATM)“-Konzept. Als ein Bestandteil des Konzeptes befürwortet die ICAO langfristig die weltweite Einführung der Satellitennavigation.

1. DFS-Strategie zur Satellitennavigation

Für den globalen Einsatz dieser Technologie zur Positionsbestimmung sind jedoch Maßnahmen auf verschiedensten Ebenen notwendig. Neben internationalen Standardisierungs- und Harmonisierungsarbeiten sind auch entsprechende Aktivitäten der nationalen Flugsicherungsdienstleister gefordert. Eine der Gesellschaften, die sich dieser Aufgabe angenommen hat, ist die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Sie entwickelte eine dreistufige Strategie für den Einsatz von bodenunabhängigen Systemen, die es ihren Kunden ermöglichen soll, diese moderne Technik so früh wie möglich zu nutzen:

- Stufe 1: Einbeziehung von GPS-Positionssatelliten (GPS = Global Positioning System) als zusätzliches Navigationssystem neben den maßgeblichen konventionellen Navigationssystemen.
- Stufe 2: primäre Nutzung des GPS zur Navigation bei unbedingter Beibehaltung von konventionellen Systemen für regionale Störungen im GPS.
- Stufe 3: Reduzierung der konventionellen bodengestützten Systeme.

Mit ihrer Strategie hat die DFS nur einen der möglichen Wege eingeschlagen. Grundsätzlich finden sich im Interessenkonglomerat der Luftraumnutzer in Bezug auf die Navigationsmittel sehr unterschiedliche Präferenzen. Die Palette reicht von Trägheitsnavigationssystemen (Messung von Beschleunigungen und

Bremungen in allen Raumrichtungen und dadurch Verfolgung der Route) über das sogenannte Loran C (Hyperbelverfahren, basierend auf bodengestützten Funkfeuern) bis hin zur Nutzung des amerikanischen GPS (Global Positioning System) und dessen russischer Variante GLONASS (Global Navigation Satellite System) ergänzt durch das europäische EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service). Für die DFS gilt es, hier einen Weg zu finden, der den Interessen aller Nutzer einschließlich der DFS gerecht wird.

2. Stand der Umsetzung

Seit 1995 ist die Nutzung des GPS als zusätzliches Navigationsmittel auf Strecke, also entsprechend dem Flugplan, und auf den von der Flugsicherung individuell zugewiesenen Direktstrecken zugelassen. Zudem gelten seit Ende 1996 für alle deutschen IFR-Flugplätze GPS-gestützte Nichtpräzisionsverfahren (IFR-Overlay-Anflugverfahren), die den konventionellen Nichtpräzisions-Anflugverfahren (NDB/DME beziehungsweise VOR/DME) überlagert sind (siehe Kasten Seite 11). Um diese Verfahren nutzen zu können, muss an Bord gleichzeitig eine konventionelle Ausrüstung in Betrieb sein und ständig überwacht werden.

In Stufe 2 werden sich die Vorzeichen umkehren, was bedeutet, dass traditionelle Systeme nur noch eine Absicherungsfunktion haben. Im Streckenbereich ist dieser Planungsschritt bereits seit April 1998 realisiert: für die Basis-Flächennavigation (BRNAV) wird das Satellitensystem GPS inzwischen erfolgreich eingesetzt. Die Überwachung mit konventionellen Mitteln ist somit nicht mehr zwingend.

Mit der Einführung des Nichtpräzisionsanflugverfahrens allein mit Satellitenhilfe (GPS standalone NPA) wird dieses Jahr der nächste Schritt der zweiten Stufe erfolgen, nämlich die Erweiterung auf den Anflugbereich. Hat ein Flugplatz die Zulassung für den Instrumentenflugbetrieb, kann er dann auch ohne bodengestützte Landesysteme nach IFR angefliegen werden. Allerdings muss für den Fall, dass das Satellitensystem nicht zuverlässig zur Verfügung steht, ein Ausweichflughafen mit konventioneller Infrastruktur anfliegbar sein. Aus diesem Grund bleibt die Verpflichtung zur Ausrüstung des Luftfahrzeuges mit konventionellen Empfängern weiterhin bestehen.

Im Rahmen der Strategie zur Satellitennavigation hatte die DFS bereits 1998 erste, allein auf Satellitennavigation basierende Nichtpräzisionsanflugverfahren eingeführt. Diese Verfahren – in München, Augsburg und Braunschweig – stehen derzeit jedoch nur einem eingeschränkten Nutzerkreis zur Verfügung.

Sie sollen aber nach einem erfolgreichen Abschluss der Erprobung und zusätzlichen Untersuchungen allen Luftraumnutzern zugänglich gemacht werden.

3. DFS-Betriebskonzept Free Flight

Der deutsche Luftraum gehört zu den dichtest beflogenen Gebieten der Welt. Hinzu kommt eine komplexe Verfahrensstruktur. Der überwiegende Teil des Luftverkehrs startet und landet in Deutschland und befindet sich damit in Vertikalbewegungen, die weitgehend im Höhenband bis etwa 11 km (Flugfläche 335) stattfinden. Der wachsende Luftverkehr und beschränkte Leistungen der Flugsicherungssysteme haben die Luftverkehrsgesellschaften bei zusätzlich hohem Konkurrenzdruck veranlaßt, massiv eine wirtschaftlichere, flexiblere und dennoch sichere Flugdurchführung einzufordern. Im Gegensatz zu den Flugsicherungssystemen hat sich die Bordausrüstung der Luftfahrzeuge in einem erheblichen Umfang weiterentwickelt und läßt heute eine weitestgehend autonome Flugdurchführung zu. Folgerichtig fordern die Nutzer die Entwicklung und Einführung eines Free Flight-Konzeptes.

Free Flight ist die sichere und effiziente Flugdurchführung unter Instrumentenflugregeln, in der der Luftfahrzeugführer die Freiheit hat, die Entscheidungen über die Flugdurchführung eigenverantwortlich zu treffen. Flugsicherungsanweisungen sollen die Flexibilität nur einschränken in Situationen wie z.B. Verkehrsdichte an Flughäfen, in überlasteten Lufträumen.

Die Umsetzung eines Free Flight Konzeptes in unserer komplexen Luftraumstruktur mit Ihrer hohen Verkehrsdichte führt, ohne zentrale Vorplanung des Luftverkehrs, zu einer Kapazitätsbeeinträchtigung mit daraus resultierenden Verzögerungen. Dennoch können Gebiete und Zeiträume definiert werden, in denen eine teilweise Umsetzung des Konzeptes möglich ist.

Die DFS strebt die Einrichtung eines Free Flight Luftraumes in der BRD oberhalb der Flugfläche 335 an. Sie verfolgt den Lösungsansatz, wonach ein Free Flight-Luftraum (nur) für Flugzeuge mit entsprechender Bordausrüstung eingerichtet wird und ein Transition-Luftraum für alle Nutzer. In diesem Lösungsansatz erfolgt die Trennung von Flugzeugen mit den entsprechenden Bordsystemen zur Durchführung von „Free Flight“ und Flugzeugen ohne diese Ausrüstung nur im dem Teil des Luftraumes, in dem „Free Flight“ durchgeführt wird. Im Free Flight- und im Transition-Luftraum wird dem Piloten die alleinige Verantwortung für die Einhaltung der Staffelungsverpflichtung übertragen.

Dieser Lösungsansatz ist in einem Detailkonzept unter folgenden Aspekten durch die entsprechenden Fachbereiche konkreter untersucht worden:

- Erarbeitung der betrieblichen Verfahren insbesondere im Transition-Luftraum.
- Prüfung der rechtlichen Grundlagen und
- Erstellung einer Nutzwertanalyse

Zur Umsetzung des Free Flight-Betriebskonzeptes ist eine Änderung formeller Gesetze nicht erforderlich. Die Regelungen des Grundgesetzes und des Luftverkehrsgesetzes bedürfen keinerlei Anpassungen. Diese Pflicht für den Luftfahrzeugführer braucht nicht in einem formellen Gesetz verankert zu werden. Hierfür ist lediglich eine Änderung der Luftverkehrsregeln erforderlich.

Änderungsbedarf ergibt sich hinsichtlich der Luftraumordnung. Für den Transition Luftraum und den Free Flight Luftraum müssen jeweils neue Klassifizierungen vorgenommen und die Flugsicherungsbetriebsdienste definiert werden. Das Haftungssystem des Luftverkehrsrechts kann unverändert bestehen bleiben. Die Haftungsfolgen für Luftfahrzeughalter bzw. Luftfrachtführer einerseits und die Flugsicherung (Staatshaftung) andererseits sind klar geregelt. Eine schrittweise Umsetzung des Free Flight-Konzeptes kann nach heutiger Planung ab dem Jahre 2010 erfolgen.

4. Weitere Entwicklung in Deutschland

Damit wird dem Mosaik der DFS-Bemühungen zur Entzerrung des Luftraumes ein weiteres Steinchen hinzugefügt. Die zum Loslösen der Routen von den Bodenanlagen notwendige Flächennavigation (RNAV) kann dann bis hin zur Landung mit Hilfe der Satellitentechnik erfolgen – ein Schritt, der die DFS zum Vorreiter in Europa macht. Mit Einführung der Basis-Flächennavigation (BRNAV) in bestimmten Teilen des deutschen und europäischen Luftraumes werden seit 1998 keine bestimmten Systeme mehr verlangt, sondern Navigationsleistungen vorgeschrieben. In der gegenwärtigen sogenannten Stufe „Basic“ ist eine Leistung mit dem Wert „Required Navigation Performance (RNP) 5“ festgelegt. Das bedeutet, dass das Flugzeug während 95 Prozent seiner Flugzeit nicht mehr als fünf nautische Meilen von der vorgesehenen Strecke abweichen darf. Mindestens ein System muss diesen Wert garantieren. Die Kosten für Geräte, die diese Forderung erfüllen, sind heute bereits tragbar. Ob ab dem Jahr 2005 die Stufe „Precision“ (PRNAV) mit einer Toleranz von einer Meile (RNP 1) oder noch weniger in Teilen des deutschen Luftraumes vorgeschrieben werden soll, wird derzeit untersucht.

Die unter anderem durch die Satellitennavigation mögliche Flächennavigations-tauglichkeit – sei es in Form von BRNAV oder PRNAV – ist eine der Vorbedingungen für die Einführung des sogenannten „Free Route“-Konzepts. Dieses Konzept sieht vor, dass stufenweise in bestimmten Lufträumen die feste Streckenstruktur zurückgezogen wird. Der Pilot kann dann seinen Flug vom Anfangs- bis zum Endpunkt individuell planen und durchführen. Die Einführung dieser Technik wird jedoch nicht vor 2003 erwartet.

Neben den verschiedenen Möglichkeiten der Nichtpräzisionsanflüge hat die DFS heute noch eine andere Technik im Visier: die sogenannten Präzisionsanflüge. Die Bemühungen zielen bisher auf Verfahren der Betriebskategorie I (siehe Kasten Seite 11). Ein Schritt in diese Richtung soll durch die Verbindung der heute verfügbaren Systeme GPS und GLONASS mit geeigneten boden- und bordgestützten Ergänzungen wie SBAS (Satellite Based Augmentation System), GBAS (Ground Based Augmentation System) oder RAIM (Receiver Autonomus Integrity Monitoring) getan werden. Langfristig soll diese Technik jedoch nicht auf die Betriebskategorie I beschränkt bleiben. Nicht zuletzt deshalb unterstützt die DFS aktiv die Entwicklung von SBAS- und GBAS-Standards durch die ICAO. Diese sollen in Kürze verabschiedet werden. Danach will sich die DFS gezielt der Entwicklung entsprechender Verfahren für Anflüge widmen. Für die Schaffung der notwendigen Grundvoraussetzungen gilt das Jahr 2001 als Zeithorizont realistisch.

Mit welchem Ehrgeiz und Optimismus die deutsche Flugsicherung an das Thema herangegangen ist, zeigt Stufe 3 ihrer Strategie: Mit dem „Rückbau der Bodeninfrastruktur“ ist hier ein Ziel anvisiert, dessen Umsetzung nicht von jedem als realistisch eingestuft wird. Vor allem die geforderte Verfügbarkeit und die Qualität der Signale lassen Skeptiker daran zweifeln, dass das auf den militärischen Satelliten der Amerikaner und Russen basierende Navigationssystem GNSS (Global Navigation Satellite System) ohne konventionelle Absicherung funktionieren kann.

5. Weltweite Zukunft der Satellitennavigation

Ob und wann die Navigation mit Satellitenhilfe als alleiniges System ohne Absicherung funktionieren kann ist nach wie vor offen. Die amerikanische Flugsicherungsbehörde Federal Aviation Administration (FAA) hat zur Klärung dieser Frage eine unabhängige Studie in Auftrag gegeben. Als Ergebnis dieser Studie wurde Ende Januar 1999 nun die prinzipielle Tauglichkeit des Satellitensystems als einzige Navigationshilfe („sole means“) festgestellt. Allerdings ist diese Aussage an einige Bedingungen geknüpft. So müssen

beispielsweise die geplanten Maßnahmen zur Überprüfung der Signalqualität noch erweitert werden, um jede Gefahr durch eine wie auch immer geartete Verschlechterung der Sendeleistung auszuschließen. Auch gelten die getroffenen technischen Annahmen nur für den amerikanischen Luftraum und können nicht ohne weiteres auf europäische Verhältnisse übertragen werden.

Das Bewusstsein, dass das GPS mit den entsprechenden Erweiterungen das Navigationssystem des 21. Jahrhunderts sein wird, macht sich zunehmend auch in der Alten Welt breit. So drängte die Europäische Kommission kürzlich die Regierungen der Europäischen Union, bei der Entwicklung einer neuen Generation von Satelliten am Ball zu bleiben. Die Abhängigkeit von den USA und Russland müsse unbedingt reduziert werden. Der in Europa vorgesehene Weg zu einem eigenständigen Satelliten-Navigationssystem wird gegenwärtig unter dem Arbeitstitel „GALILEO“ innerhalb des ENSS (European Navigation Satellite System) vorbereitet.

6. Institutionelle Aspekte der Satellitennavigation

Um eine uneingeschränkte Nutzung der Satellitennavigation zu gewährleisten, müssen neben den technischen und operationellen Aspekten auch institutionelle Aspekte geklärt werden. So ist es zum Beispiel unabdingbar, national und international die benötigten Frequenzen zu schützen. Auf einen störungsfreien Empfang der GPS- und GLONASS-Frequenzen besteht in Deutschland bisher kein Rechtsanspruch. Während dies beim GPS als eher unkritisch angesehen wird, stellt sich beim GLONASS jedoch das Problem der Mitnutzung durch militärische Richtfunksysteme. Darüber hinaus liegen die Frequenzen relativ nahe an den Bereichen für die Systeme der mobilen Telekommunikation. Soll aus der Einführung von GNSS der volle Nutzen gezogen werden, müssen all diese Probleme gelöst werden – dies ist eine zwingende Voraussetzung für die Umsetzung von Stufe 3 der DFS-Strategie. Bis dieses Fernziel jedoch erreicht ist, will die DFS ihren Kunden den größtmöglichen Vorteil aus der Nutzung der bereits existierenden Satellitensysteme ermöglichen.

Trotz aller Prognosen, die von einer Verdoppelung der Flugbewegungen ausgehen, gibt es in Europa bis heute kein ATM-Konzept, das beantwortet, wie diese hohe Zahl der Flüge effizient durchgeführt und kontrolliert werden soll. Verbindliche Planungen reichen nur bis ins Jahr 2003.

Daher beauftragte das Generaldirektorat VII der Europäischen Kommission das TORCH-Konsortium, bestehend aus Unternehmen wie AENA, AIRSYS ATM, Eurocontrol Experimental Centre, DFS und Lufthansa, ein operationelles Konzept für die Jahre nach 2005 zu entwickeln. Dieses soll in technischer, ökonomischer und operationeller Hinsicht einer ersten Bewertung unterzogen werden. Es sollen die mit der Lufthansa im Programm JANE (Joint Air Navigation Experiments) erarbeiteten Forschungsergebnisse und, soweit schon vorhanden, DFS-eigene Konzepte und Planungen mit einfließen.

7. DFS-Schwerpunkte

Schwerpunkt der DFS-Interessen liegt in einer verbesserten und aktualisierten Planung sowie den Prozessen im Flughafennahbereich. So steht etwa die Koordination von An- und Abflügen genauso auf dem Programm wie gemeinsame Informations- und Entscheidungsfindung zwischen Flughäfen, Fluglinien und Flugsicherung. Auch Fragen neuer Systeme für die Flugverkehrskontrolle sind von Bedeutung, da eine stetige Verkleinerung der Sektorgröße teilweise schon heute an Grenzen stößt.

Kasten:

Das Prinzip der Flächennavigation (RNAV):

Bei der Flächennavigation handelt es sich um ein Navigationsverfahren, mit dem ein Luftfahrzeug auf jedem gewünschten Flugweg innerhalb der Reichweite von boden- oder raumgestützten Navigationshilfen oder innerhalb der Betriebsgrenzen von bordautonomen Navigationshilfen operieren kann. Auch eine Kombination beider Verfahren ist möglich.

BRNAV: basic area navigation, Genauigkeit von \pm fünf Meilen auf Strecke,

PRNAV: precision area navigation, Genauigkeit \pm eine Meile auf Strecke.

Anflugverfahren:

1. Nichtpräzisionsverfahren (NPA, ohne vertikale Führung)

1.1 konventionelle Anflugverfahren

NDB/DME Nondirectional radio beacon (ungerichtetes Funkfeuer) / Distance measurement equipment

Prinzip (NDB): Ein ungerichtetes Funkfeuer ist ein Sender, dessen Antennenanlage einen hochfrequenten Träger im Mittelwellenbereich mit vertikaler Polarisierung ohne Richtwirkung in der Horizontalebene abstrahlt.

Prinzip (DME): Ein Entfernungsmesssystem, das die Entfernungen mit Hilfe der Laufzeitmessung von Impulsen nach der Zweiwege-Methode bestimmt.

Verfahren: Das NDB / DME -Verfahren ist ein auf terrestrische Navigationsanlagen gestütztes Anflugverfahren, das ein NDB als Richtungsgebung und ein DME als Entfernungsmessung nutzt.

VOR / DME Very high frequency omnidirectional radio range / Distance measurement equipment

Prinzip: Das beim VOR angewandte Prinzip beruht auf dem Vergleich der Phasenwinkel von zwei Signalen, die von der Bodenstation abgestrahlt und im Bordempfänger empfangen und ausgewertet werden.

Verfahren: Das VOR / DME -Verfahren ist ein auf terrestrische Navigationsanlagen gestütztes Anflugverfahren, das ein VOR als Richtungsgebung und ein DME als Entfernungsmessung nutzt.

1.2 Satellitengestützte Anflugverfahren

GPS standalone NPA

Prinzip: Das NAVSTAR Global Positioning System (GPS) des US-Verteidigungsministeriums ist ein satellitengestütztes Funknavigationssystem. Mindestens 24 Satelliten befinden sich auf verschiedenen Umlaufbahnen in einer Höhe von ungefähr 11.000 nautischen Meilen. Jeder Satellit strahlt ein Zeitsignal und eine Datengruppe ab. Aus einem Teil der Datengruppe erhält ein GPS-Empfänger Informationen über die Umlaufbahn des Satelliten. Der Empfänger misst die Zeit, die das Signal von den sichtbaren Satelliten benötigt und ermittelt aus diesen Informationen Position und Geschwindigkeit.

Verfahren: Bei einem GPS standalone NPA handelt es sich um ein Nichtpräzisionsanflugverfahren, das ausschließlich auf GPS basiert und bei dem kein Bezug zu bodengestützten Navigationshilfen besteht. Die zur Positionsbestimmung notwendigen Informationen beruhen auf dem World Geodetic System 1984 (WGS84). Das Anflugverfahren definiert sich somit als festgelegte Abfolge von 2D-Koordinatenpaaren des WGS84-Systems.

2. Präzisionsanflugverfahren (PA, mit vertikaler Führung)

Instrumentenlandesystem (ILS)

Prinzip: Das Instrumentenlandesystem ist ein kooperativ arbeitendes Funkortungssystem. Die Bodenstationen liefern die Ortungsinformationen, die von den im Luftfahrzeug vorhandenen Bodengeräten ausgewertet werden. Da das System drei verschiedene Ortungsinformationen unabhängig voneinander liefert, enthält es auch drei voneinander völlig unabhängige Anlagen am Boden und an Bord:

- Landekursender / -Empfänger für den Landekurs
- Gleitsender / -Empfänger für den Gleitweg
- Einflugzeichen / -Empfänger für die Markierungen

Verfahren: Das Instrumentenanflugverfahren ist ein auf terrestrische Navigationsanlagen gestütztes Präzisionsanflugverfahren, das sich in die Betriebsstufen I, II, III (a-c) gliedert.

Betriebskategorien	Runway visibility range (RVR)	Decision Hight (DH)
I	≥ 550 m	≥ 200 ft
II	≥ 300 m	100 ft ≤ DH < 200 ft
III a	≥ 200 m	50 ft ≤ DH < 100 ft
III b	75 m ≤ RVR < 200 m	0 ft ≤ DH < 50 ft
III c	0 m	0 ft