

Autopilot / FMC

Schon seit langer Zeit verfügen Flugzeuge über Autopiloten. Anfangs konnten diese nur die aktuelle Fluglage halten; heute dagegen können moderne Flugzeuge fast den ganzen Flug automatisch absolvieren. Dazu dient der Boardcomputer (FMC).

Jeder Flugzeughersteller hat seine eigene Bedienphilosophie, sodass sich die Autopiloten und vor allem die Boardcomputer in ihrer Bedienung teils erheblich unterscheiden. Hinzu kommen die zeitlichen Entwicklungen und sich im Laufe der Jahre ändernden Konventionen. Die folgenden Seiten können daher nur eine Einführung darstellen und die Grundlage dafür bilden, sich in jedes komplexe Flugzeug wieder neu einzuarbeiten.

Die folgenden Lektionen habe ich vor längerer Zeit einmal in einem Forum als wöchentlich erscheinende Artikel verfasst, was hier und da noch ersichtlich sein könnte. Sie beziehen sich direkt auf den Microsoft Flight Simulator X, sind jedoch weitgehend komplett auch auf alle anderen Flugsimulatoren übertragbar.

Die Unterlagen sind darauf ausgelegt, eigenständig nacheinander durchgearbeitet zu werden. Sollten Fragen auftauchen, bitte ich einfach um Kontaktaufnahme per eMail - ich tue stets mein Möglichstes, schnell und ausführlich zu antworten (Lucas.Sichardt@posteo.de)

Lektion 1: Historisch

Wir kümmern uns erstmal um das Verständnis dessen, wie sich das System Autopilot entwickelt hat. Auf diese Weise kann man besser verstehen, wie der Autopilot funktioniert und was man erwarten darf, wenn man ihn einschaltet.

Der Autopilot war anfangs nur dazu gedacht, den Flugzustand zu halten (also geradeaus zu fliegen). Dafür braucht er eigentlich nur zwei Kanäle, die er steuert: Das Querruder und das Höhenruder.

Das Seitenruder ist eher nicht so wichtig, da das Flugzeug bei hoher Geschwindigkeit nicht so sehr auf ein sauberes Kurvenfliegen angewiesen ist wie ein Segelflugzeug. Nicht zuletzt zieht auch der Motor um die Kurve und ersetzt somit ein wenig die Funktion des Seitenruders im Reiseflug.

Auch die Kontrolle des Schubes ist nicht erforderlich - schließlich reicht es hier, wenn man den Hebel in eine vernünftige Position stellt und ab und zu überprüft, ob man beschleunigt.

Die ersten Autopiloten hatten also nur zwei Kanäle. Diese Kanäle wurden in verschiedenen Flugzeugen unterschiedlich umgesetzt. In der DC-3 zum Beispiel hängt die Querruderfunktion vom Kurs ab. Das heißt, dass man einen Kurs

anwählt und der Autopilot diesen hält - mit Hilfe des Querruders. Will man eine Kurve fliegen, muss man eben den angewählten Kurs ändern. Dieser Kurs wird eigentlich immer mit HDG (Heading) beschriftet und kann per Drehschalter eingegeben werden. Bei der DC3 dreht sich dabei ein zweiter Kompassring direkt über dem normalen Kompass auf den gewünschten Kurs. Der Autopilot hält dann also immer die beiden Kompasshälften in Deckung.

In neueren Flugzeugen dagegen ist der Kurs als Zahl in einem kleinen Display zu sehen - außerdem dreht sich eine Markierung auf dem Hauptkompass (HSI) entsprechend.



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Markiert sind jeweils die Drehschalter zum Wählen des Kurses und die Markierungen auf dem Kompass.

In anderen Maschinen (in russischen bis vor wenigen Jahrzehnten) wurde eine andere Philosophie umgesetzt: Der Autopilot flog immer geradeaus und wenn eine Kurve zu fliegen war, drehte man an einem Wählknopf, über den man eine bestimmte Querneigung wählte. In dieser Querneigung flog das Flugzeug dann dauerhaft weiter, bis man den Knopf wieder in die Mitte drehte.

Beim zweiten Kanal gilt ähnliches: Während man bei den meisten Flugzeugen (hat sich auch durchgesetzt) die gewünschte Flughöhe einstellt, die der Autopilot dann ansteuert und beibehält, gibt es Flugzeuge, bei denen man nur die Steig- bzw. Sinkrate wählt. Will man also auf 13000ft steigen und die Höhe beibehalten, so wählt man eine gewisse Setigrade an und muss aufpassen, wann die 13000ft erreicht sind. In diesem Moment wählt man dann die Steigrade von Null und das Flugzeug hält dann die Höhe. Nachteil ist aber zum Beispiel, dass bei einer Änderung des Luftdrucks der Höhenmesser angepasst wird, der Autopilot aber nicht reagiert, weil er einfach die Steigrade von Null beibehält.

Insgesamt hat sich das Wählen von Konkreten Werten (Kurs/Höhe) durchgesetzt, weil man damit nicht über die Zielhöhe oder den Zielkurs hinausschießt und wieder korrigieren muss. Bei der Wahl von Steig-/Sinkrate bzw. Querneigung muss man nämlich beim Ausleiten des Steig-/Sinkfluges bzw. der Kurve immer abschätzen und kurz vor Erreichen der Zielhöhe bzw. des Zielkurses Null anwählen.

Wie funktionieren also diese beiden Funktionen in heutigen Flugzeugen?

Man schaltet zunächst den Autopiloten an. Meist gibt es dafür einen Schalter "AP" bzw. in neueren Jets auch CMD A und CMD B (bei mehreren Autopiloten). Beim Einschalten wird der Autopilot meist im Modus "ALT" und "LVL" sein. Das heißt, dass die gewählte Höhe angesteuert wird (welche Höhe eben gerade eingestellt ist) und das Flugzeug geradeaus fliegt (LVL heißt Tragflächen auf einem Level - also in Waage). Man sollte das wissen, damit man z. B. unbeabsichtigtes Sinken durch eine falsch eingestellte Höhe verhindert!

Nun kann man in den Modus HDG wechseln und hat das Flugzeug nun über die Veränderung des gewählten Kurses und der gewählten Höhe voll unter Kontrolle.

Die modernen Autopiloten haben eigentlich alle auch einen dritten Kanal: Die automatische Schubkontrolle. Diese wird aber unabhängig vom Autopilot-Hauptschalter (AP oder CMD) mit dem Schalter AT (Auto Throttle) ein- und ausgeschaltet. Verfügt das Flugzeug über eine automatische Schubkontrolle, schaltet man diese ein, nachdem man den entsprechenden Wert "IAS" (Indicated Air Speed) oder "SPEED" eingestellt hat.

Nun sollte jeder mit diesen Funktionen etwas herumspielen. Man beachte, dass nicht alle Flugzeuge mit einer automatischen Schubkontrolle ausgestattet sind. Außerdem lassen sich alle Funktionen in modernen Jets auch mit dem FMC kontrollieren, was aber erst später zum Thema wird.

Nun noch ein Wort zum vierten denkbaren Kanal: Das Seitenruder wird von den meisten Autopiloten nicht gesteuert. Eine Kurve lässt sich bei angetriebenen Flugzeugen im Reiseflug auch per Querruder und Höhenruderunterstützung

fliegen. Das Höhenruder wird automatisch nach oben gezogen, wenn eine Kurve geflogen wird, weil der Autopilot die Höhe halten will, der Auftrieb aber bei einer Kurve abnimmt (Teil des Auftriebs wird zum Umlenken des Flugzeugs "verbraucht").

So kommt es, dass mir nur wenige Flugzeuge mit tatsächlich einzeln zu steuerndem Seitenrudderkanal bekannt sind. Als Beispiel nenne ich mal die IL-62.

Lektion 2: Simpler AP-Betrieb

Der Autopilot ist nun wirklich in jeder Maschine anders. Deshalb ist es eigentlich schwierig, allgemein gültige Aussagen zu machen und das System zu erklären. Doch im Grunde handelt es sich immer um die gleichen Funktionen, wenn man Flugzeuge der gleichen Generation vergleicht. Lediglich die Bedienung weicht leicht bis extrem ab.

Um den Einstieg leicht zu gestalten, kümmern wir uns nun erstmal um die Boeing 737 des Flight Simulators. Dieses Flugzeug hat eine ganz gute Mischung von Funktionen und die Bedienung orientiert sich weitgehend an allgemein gültigen Konventionen. Bekannt sollte aber sein, dass gerade Airbus von diesen Konventionen stark abweicht!

Sehen wir uns also den Autopiloten der 737 einmal an:



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Beginnen wir oben links. Zunächst ist da ein kleines Kontroll-Panel für die

Anzeige des Navigation Displays sowie die Steuerung der Höhenmesser. Hier kann man wählen, welcher Höhenmesser für die Minimum-Höhen relevant sein soll (MINS), zur Auswahl stehen RADIO, also Radarhöhenmesser und BARO, der Luftdruck-Höhenmesser, welcher die Höhe in Bezug auf den Meeresspiegel anzeigt.

Außerdem kann hier gewählt werden, ob auf der NAV-Nadel 1 bzw. 2 jeweils VOR oder ADF angezeigt werden soll. Die Schalter dazu erklären sich selbst. Die weiteren beiden Wähler bestimmen den Radius und die Anzeigeart der Kartendarstellung (GPS) auf dem NAV-Display. Die Taster darunter dienen zum Ein- bzw. Ausblenden der Flughäfen, VORs usw. Diese Taster sind aber im FS weitgehend funktionslos.

Gehen wir also zum Autopilot-Panel über. Die erste Zahl (COURSE) bestimmt das Radial, welches angewählt ist. In diesem Fall ist das das Radial 280 des VORs ERF (dieses wird im Funk-Panel eingestellt). Das Radial lässt sich auch anhand der Stellung des weißen Pfeiles im Navigation Display, dessen Mitte parallel nach rechts verschoben in Magenta erscheint abgelesen werden. Diese Figur dreht sich also bei Verstellen des Radials. Außerdem wird das angewählte Radial auch im Nav-Display oben rechts nochmal unter dem Titel CRS angezeigt. Man beachte, dass sich das Radial standardmäßig bei fast allen Flugzeugen auf VOR1 bezieht. Bei manchen Flugzeugen kann das verstellt werden.

Die zweite Zahl ist die gewählte Geschwindigkeit, hier 40Knoten IAS (Indicated Air Speed). Diese Geschwindigkeit wird auch im Primary Flight Display in Form des Magenta-Pfeils im Fahrtmesser angezeigt.

Um diese Geschwindigkeit vom Autopiloten halten zu lassen, muss lediglich der Schalter A/T (Auto Throttle) auf ARM gestellt werden und anschließend der Schalter SPEED angeklickt werden. Auch während diese Funktion aktiv ist, kann die gewählte Geschwindigkeit geändert werden - die Änderung ist sofort wirksam. Bei hohen Geschwindigkeiten kann die Anzeige der Geschwindigkeit auf MACH (entspricht Schallgeschwindigkeit) umgestellt werden. Dazu dient der Taster C/D (Change Display). Diese Geschwindigkeitsangabe macht aber tatsächlich nur in großen Höhen- und Geschwindigkeitsbereichen Sinn. Man beachte, dass die Schallgeschwindigkeit sich in hohen Höhen aufgrund des Luftdrucks quasi erhöht.

Bemerkenswert ist noch, dass die automatische Schubkontrolle (wer genau gelesen hat, hat es bemerkt) nicht mit dem eigentlichen Autopiloten zusammenhängt.

Als nächstes folgt dann die Anzeige HEADING. Hier wird der gewünschte Steuerkurs gewählt. Der Kurs wird auf dem NAV-Display durch die gestrichelte magentafarbene Linie mit dem "Heading-Bug" symbolisiert. Auch auf dem Kompass im Primary Flight Display ist der Heading-Bug zu finden. Hier wird außerdem nochmal der genaue Wert angezeigt (250°).

Nun folgt noch der Wert der gewählten Flughöhe, der wie auch die gewählte Geschwindigkeit im Primary Flight Display als Markierung auf dem Höhenmesser erscheint.

Zu guter Letzt noch die Anzeige für die Vertikale Geschwindigkeit. Hier kann man, sollte der Autopilot die Flughöhe kontrollieren, die Steig- bzw. Sinkrate wählen, wenn einem die Standardwerte nicht zusagen.

Will man nun den Autopiloten das Flugzeug steuern lassen, so muss man zunächst Flughöhe und Kurs wählen. Anschließend schaltet man den Autopiloten ein. Hier ist das durch den Schalter CMD A (erster Autopilot - viele Flugzeuge haben mind. zwei Autopiloten und entsprechend dann auch einen Schalter CMD B usw.) oder bei nur einem Autopiloten oft nur AP möglich. Anschließend schaltet man HDG SEL (Heading Select) und ALT HLD (Altitude Hold) ein. Nun kann man das Flugzeug in Kurs und Flughöhe kontrollieren. Jede Änderung der gewählten Flughöhe oder des gewählten Kurses wird sich sofort auswirken.

Übrigens gibt es noch eine kleine Feinheit: Steht der Schalter F/D (Flight Director) auf ON, so erscheint im künstlichen Horizont ein magentafarbenes Kreuz. Der vertikale bzw. horizontale Strich dieses Kreuzes wandern nun nach rechts/link bzw. oben/unten, wenn der Autopilot die Fluglage ändert. Man kann hier quasi ablesen, was der Autopilot gerade macht. Das Ganze sieht letztlich dann so aus, als würde das Flugzeugsymbol (die beiden L-Winkel mit dem kleinen Quadrat in der Mitte des künstl. Horizonts) dem magenta-Kreuz hinterher wandern. Das Ganze geht soweit, dass dieses Kreuz auch angezeigt wird, wenn der Autopilot aus, der Flight Director jedoch an ist. Nun zeigt das Kreuz, was der Autopilot machen würde, wenn er eingeschaltet wäre. Auf diese Weise kann man sich zum Beispiel anzeigen lassen, was nötig ist, um die eingestellte Höhe und den eingestellten Kurs zu halten. Man folgt einfach dem Kreuz (also den Anweisungen des Flight Directors) und hält so automatisch die eingestellten Höhen und Kurse. Dadurch wird einem das Fliegen durchaus erleichtert. Dazu müssen natürlich HDG SEL und ALT HLD angeschaltet sein, auch wenn der Autopilot aus ist. Nur so weiß der Flight Director, was er anzeigen soll. Er kann nämlich auch die Anweisungen zum Beispiel für eine ILS-Landung anzeigen.

Aber zu ILS-Landung und den weiteren Funktionen des Autopiloten dann mehr in den nächsten Lektionen.

Bis hier her sollte nun klar geworden sein, wie man das Flugzeug mit dem Autopiloten grundsätzlich unter Kontrolle hält und auch dort hin fliegen kann, wo man es haben will (allerdings eben noch durch manuelle Kursänderungen und -Korrekturen).

P. S.: Ich bitte übrigens durchaus darum, die gelernten Dinge auch mit anderen Maschinen auszuprobieren. Sollte es zu Transferproblemen kommen, bitte die Fragen stellen - mit direktem Bezug auf die Problemmaschine. Ich werde dann versuchen, die Unterschiede zu beleuchten.

Lektion 3: Simpler NAV/GPS & ILS-Landung

Nun kümmern wir uns mal um die weitere Automatisierung unseres Autopilot-

Betriebes. Es geht in dieser Lektion im Speziellen um den NAV- oder LOC-Modus des Autopiloten sowie um die automatische Landung.

Sehen wir uns eine Beispiel-Situation in einer 737 an:



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Das Flugzeug fliegt per Autopilot im ALT-Modus; hält also 4000ft, im SPEED-Modus; hält also 240kts und im HDG-Modus; hält also $360^{\circ}=0^{\circ}$.

Das erkennt man an den grünen Leuchten der entsprechenden Knöpfe im Autopilot-Instrumentenbrett. Außerdem kann man die aktiven Autopilot-Funktionen immer im Primary Flight Display (PFD) direkt über dem künstlichen Horizont ablesen.

Sieht man genau hin, erkennt man aber auch, dass natürlich der Autopilot eingeschaltet ist (CMD A) und der Flight Director aus.

Außerdem leuchtet der Knopf für VOR LOC. Dieser Knopf heißt in anderen Maschinen auch oft NAV. Diese Funktion ist allerdings nur vorgewählt, daher erscheint kein entsprechender Schriftzug im PFD. Für den VOR LOC - Modus ist die Einstellung COURSE entscheidend. Man sieht, dass 270° eingestellt sind. Außerdem ist das VOR ERF im Funk-Panel eingestellt (lässt sich alles auch im Navigation Display nachvollziehen). Was bedeutet das nun?

Wir haben damit im Grunde einen virtuellen Pfeil (sog. Radial) mit der Richtung 270° durch das VOR Erfurt gelegt (siehe Kartendarstellung).

Ist der VOR LOC - Modus aktiv, so fliegt der Autopilot eine entsprechende Kurve und fliegt genau auf dem Radial in Richtung 270° - unabhängig von Windeinflüssen - diese werden ausgeglichen.

In unserem Beispiel fliegen wir gerade von Süden her auf das gewünschte Radial hinzu. Allerdings sind wir noch weit davon entfernt, sodass VOR LOC noch keine Funktion hat. Nur aus diesem Grund können HDG und VOR LOC gleichzeitig angewählt sein. Wären wir näher am Radial, sodass das VOR LOC die Kontrolle übernehme, würde HDG rausspringen. Andererseits sollte man immer zuerst HDG anschalten und dann VOR LOC, damit man sicher sein kann, dass das Flugzeug nicht einfach unkontrolliert herumfliegt. Wie gesagt deaktiviert sich HDG ja dann, wenn VOR LOC tatsächlich das Flugzeug kontrolliert.

Nähern wir uns also nun in diesem Beispiel dem Radial immer weiter, so wird irgendwann der magentafarbene Balken im HSI (ND) von seiner jetzigen Anschlag-Position nach links wandern. Etwa wenn der Balken die erste Markierung überschreitet (die vier weißen Kreise im HSI), schaltet sich HDG dann ab und VOR LOC übernimmt. Hier wird also dann eine Linkskurve eingeleitet. Das Flugzeug pendelt sich dann genau auf dem Radial ein und folgt diesem, bis der Empfang zum VOR abbricht.

Hinweis: Will man auf der selben gedachten Linie nach rechts schwenken, sollte man das Radial 90 einstellen.

In der Abbildung oben ist nun noch ein weiterer Kippschalter im Autopilot-Panel markiert. Mit diesem Schalter kann man im FS nun wählen, ob man einem Radial eines VORs folgen will (NAV) oder ob man dem im GPS eingespeicherten Flugweg folgen will (GPS). Im GPS-Modus reagiert das Flugzeug sofort; egal wie weit man vom Flugweg entfernt ist, schaltet sich HDG sofort ab.

Man sollte wissen, dass diese Nutzung des GPS nur im Flight Simulator so funktioniert. Im echten Flugzeug existiert kein Hand-GPS oder NAV/GPS-Schalter wie im FS. Vielmehr ist dort das GPS im Boardcomputer FMC enthalten und das

Fliegen nach GPS würde etwas anders aktiviert. Dazu kommen wir aber, wenn wir das FMC behandeln und eine entsprechende Maschine besprechen (iFly 747).

Kommen wir nun zur automatischen Landung:



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Momentan haben wir das selbe Bild. Der Autopilot fliegt im Modus ALT/HDG/SPEED. Allerdings ist nun APP zusätzlich angewählt.

Außerdem haben wir das ILS der Piste 28 in Erfurt (Kennung IERW, Frequenz 109,9, Pistenausrichtung 276°) eingestellt. Im Grund ist der Ablauf genauso wie

bei einem Radial. Die Wahl des COURSE 276 legt eine virtuelle Linie durch die Piste mit eben diesem Kurs. Man könnte durchaus auch mit dem VOR LOC - Modus direkt über die Piste hinweg fliegen. Doch das Gleiche macht eben auch APP. Sobald man nah genug am Localizer der Piste ist (also quasi im Radial 276), deaktiviert sich HDG und der Autopilot fliegt dann genau auf der Verlängerung der Pistenmittellinie auf die Landebahn zu (man muss den genauen Kurs der Piste eingestellt haben - die Angaben dazu finden sich immer bei den Daten eines ILS).

Zusätzlich wird aber durch den APP-Modus auch noch der Gleitpfad (Glideslope) beobachtet (magentafarbene Raute rechts im ND und links vom Höhenmesser im PFD). Nähert man sich diesem in der Höhe an, schaltet sich ALT ab und der Autopilot sinkt genau auf dem Gleitpfad gleichmäßig bis zur Piste.

Bei den ganz modernen Flugzeugen geht das sogar soweit, dass zum Schluss der Radarhöhenmesser zur genauen Überwachung der Höhe über Grund herangezogen wird und die Maschine sich automatisch weich auf die Piste setzt. Allerdings sollte man sich darauf nur verlassen, wenn die Maschine wirklich diese Fähigkeit hat - ansonsten kracht man mit dem Sinkwinkel des Gleitpfades auf die Piste - das Bugrad wirds danken.

Im Bild oben sieht man ein Beispiel, wie eine ILS-Landung per Autopilot nicht klappt: Ich fliege dort noch relativ weit vom Localizer entfernt, habe aber bereits fast den Glideslope durchbrochen. Eigentlich sollte nun ALT deaktiviert werden und die Flughöhe vom APP kontrolliert werden. Da ich aber noch nicht auf dem Localizer fliege, macht das der Autopilot nicht! Der Glideslope eines ILS ist nämlich nur direkt auf dem Localizer (also in der gedachten Pistenverlängerung) gültig, das heißt garantiert frei von Hindernissen, gegen die man fliegt.

Würde der Autopilot also jetzt schon dem Glideslope folgen, könnte ich in einen Funkturm o. ä. krachen, weil ich neben dem Localizer fliege.

Dem Glideslope wird nur gefolgt, wenn man ihn direkt auf dem Localizer von unten her durchbricht. Würde ich also nun auf 2500ft bleiben und später auf den Localizer geleitet, würde sich ALT trotzdem nicht abschalten - die dann nötige Sinkrate würde der Autopilot nicht einleiten. Daher muss ich in dieser Situation manuell weiter sinken, um unter dem Gleitpfad zu bleiben, bis ich den Localizer "einfange". Erst dann schaltet sich zunächst HDG ab und danach auch ALT.

Ganz gute Erfahrungen habe ich mit folgendem Vorgehen gemacht: Man schaltet SPEED, ALT und HDG ein, um das Flugzeug zu steuern. Man schaltet APP auch ein. Dann fliegt man das Flugzeug auf 3000ft mit einem Winkel von ca. 30° (Abweichung zum Landekurs) auf den etwa 20nm vom Flughafen entfernten Teil des ILS zu. Damit sollte eine automatische Landung klappen. Ganz genau geht man aber, wenn man sich das ILS auf den Karten genau ansieht. Man kann dort den genauen Sinkwinkel des Gleitpfades usw. ablesen. Diese Werte sind nämlich durchaus unterschiedlich bei verschiedenen Flughäfen.

Am besten kann der Autopilot die Maschine übrigens genau auf die Landebahn leiten, wenn man möglichst langsam (aber nicht am Rande des Strömungsabrisses) fliegt. Daher stelle ich bei einer 737 zum Beispiel so etwas um die 150, 160kts ein - je nach Beladung natürlich. Ist man ganz faul, so kann man noch Autobrake (meist der Schalter neben dem Fahrwerkshebel) ein. Dann

bremsst der Autopilot die Maschine nach dem Aufsetzen automatisch herunter bis zum Stillstand (allerdings werden NUR die Radbremsen bedient).

So, nun kann jeder automatisch landen lassen, wenn die Maschine selbst dazu in der Lage ist. Aber dass mir keiner das Landen verlernt! Bei Wind ist der Autopilot damit sowieso überfordert - außerdem hat nicht jeder Flughafen seine Pisten mit ILS ausgestattet!

Lektion 4: iFly747

Ich erkläre nun die Unterschiede der Grundfunktionen des Autopiloten der iFly747 zu bisher besprochenen Maschinen. Die iFly747 ist die beste mir bekannte Maschine auf dem FS2004/FSX Freeware-Sektor. Die Maschine des iFly Teams bildet die Systeme einer modernen Boeing 747-400 äußerst realistisch ab. Man findet den die Maschine bei den bekannten Anbietern wie www.flightsim.com oder www.avsim.com kostenlos zum herunterladen (eine kostenlose Registrierung ist bei beiden genannten Anbietern notwendig).

Nun also zur 747 von iFly und den Besonderheiten. Hier das Cockpit der Maschine:



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Sehen wir uns zunächst um: Ganz unten links findet man kleine Buttons, mit denen man die verschiedenen Fenster des Cockpits aufrufen kann. Darunter Overheadpanel, FMC oder die Schubhebel. Einfach mal rumprobieren! Doch widmen wir uns dem Autopilot-System. Sehr wichtig bei solch modernen Flugzeugen ist auch für das Autopilot-System das PFD (Primary Flight Display) mit dem künstlichen Horizont.

Hier, nämlich direkt oberhalb des künstlichen Horizonts kann man erkennen, in welchem Modus sich der Autopilot gerade tatsächlich befindet.

In der Mitte zunächst der Betriebsmodus. Hier steht in diesem Beispiel CMD, das heißt, dass der Autopilot an ist und das Flugzeug kontrolliert. Denkbar wäre auch zum Beispiel FD - dann wäre nur der Flight Director an, der Autopilot jedoch aus. Die drei Spalten darüber zeigen die Modi der drei Kanäle des Autopiloten an. Links der Status der Schubkontrolle, in der Mitte der Status der horizontalen Navigation (Kurs) und rechts der Status der vertikalen Navigation (Höhe).

Wenn nun wie auf dem Bild der jeweilige Modus des Autopiloten in grün angezeigt wird, so ist der Modus aktiv und hält das Flugzeug stabil. Ist um den Schriftzug ein grünes Rechteck angezeigt, so ist der Modus auch aktiv, allerdings ist die Vorgabe noch nicht erreicht (z. B. die eingestellte Höhe) und das Flugzeug ändert gerade gesteuert durch den Autopiloten seine Lage (steigt zum Beispiel). Ist dann die Vorgabe (Bsp. Flughöhe) erreicht, verschwindet das Rechteck.

Außerdem kann in der zweiten Zeile ein vorgewählter Modus (dann in weiß) angezeigt werden. Wenn also beispielsweise der Modus HDG SEL aktiv ist und APP angewählt wurde, man aber noch weit vom Localizer entfernt ist, sodass die Kontrolle noch beim HDG SEL liegt, so wird unterhalb von HDG SEL in weiß LOC angezeigt werden. Springt dann HDG SEL raus und LOC (also APP) übernimmt die Kontrolle, so springt auch der Schriftzug LOC nach oben und färbt sich grün, während HDG SEL verschwindet.

Die Anzeigen im PFD zeigen also ganz genau, was der Autopilot gerade steuert und welche Modi vorgewählt sind und bald die Kontrolle übernehmen.

Zum Verständnis noch ein Beispiel:

Ich fliege im Modus ALT und HDG SEL auf den Localizer eines Landeanflugs zu und habe APP bereits vorgewählt. Angezeigt wird also HDG SEL, darunter LOC und: ALT, darunter G/S (Glideslope). Wenn der Autopilot nun auf den Localizer einschwenkt, springt HDG SEL raus und an seine Stelle rückt LOC, während darunter in weiß ROLLOUT erscheint, weil das Flugzeug nach dem Aufsetzen im ROLLOUT-Modus auf der Mittellinie der Piste bleibt.

Im weiteren Verlauf werde ich den Gleitpfad erreichen, das Flugzeug beginnt zu sinken. Dabei verschwindet dann ALT und G/S springt nach oben, wird grün. Gleichzeitig erscheint darunter FLARE (der Modus, der per Radarhöhenmesser das Flugzeug zum Aufsetzen weich abfängt).

Kurz vor dem Aufsetzen dann springen ROLLOUT und FLARE nach oben und LOC sowie G/S verschwinden...

Hinweis: Die Modi Flare und ROLLOUT werden zwar nicht bei jedem Flugzeugmodell im FS angezeigt, funktionieren aber bei einigen Modellen trotzdem. Die Beschreibung trifft im Detail eben erstmal nur auf die 747 zu.

Wie wichtig die Anzeigen im PFD sind, zeigt auch die Situation im Bild oben: Ich fliege im Modus SPD, HDG SEL und ALT. Das heißt, dass die Geschwindigkeit von 250kts, der Kurs von 320° und die aktuelle Höhe von 5280ft gehalten werden. Man beachte, dass die Lampe im Schalter für HDG HOLD nicht leuchtet! Dieser Modus ist auch nicht aktiv. Der HDG HOLD - Modus hält nämlich immer nur den Kurs, den man beim Einschalten gerade fliegt. Man kann in diesem Modus keine Kurven fliegen. Der eingestellte Kurs oben im Autopilot-Panel ist nur für den Modus HDG SEL relevant und dieser Modus reagiert auch auf die Änderung des eingestellten Kurses. HDG SEL wird per Druck auf die schwarze Mitte des Kurswählers mit der Aufschrift SEL aktiviert.

Man merkt: Der Blick auf das Autopilot-Panel zeigt mir hier nicht, dass der Kurs durch den Autopiloten kontrolliert wird. Das zeigt mir nur der Blick auf das PFD! Ähnlich verhält es sich bei der Höhe: Der Modus ALT (hier aktiv, Knopf HOLD direkt unter der Höheneinstellung) hält immer die Höhe, die beim Aktivieren gerade geflogen wird. Um zu steigen oder zu sinken, muss man den V/S (Vertical Speed) - Modus verwenden und eine Steig- bzw. Sinkrate wählen. Erreicht das Flugzeug dann die eingestellte Höhe, springt automatisch der Modus ALT (eigentlich müsste es ALT HOLD heißen) rein und V/S raus. Eine Änderung der eingestellten Höhe jedoch bewirkt auch wieder nichts - man muss zum Ändern der Flughöhe wieder über den V/S Modus gehen.

Das sind nun also die Abweichungen der iFly 747 von den bisher besprochenen Autopiloten, wie sie im Simulationsbereich üblich sind. Da ich selbst nie eine echte 747 geflogen bin, kann ich nicht sagen, ob das alles so korrekt ist. Aber unwahrscheinlich ist das nicht. Die Autopiloten im Simulationsbereich (Standard-Flieger des FS und auch die meisten Addons) sind eben der Einfachheit halber vereinheitlicht. Jedes Flugzeug hat da in der Realität andere Systeme, reagiert anders, hat andere Autopilot-Modi. Vor allem deshalb machen Piloten ja das sogenannte Type-Rating. Nur mit dieser speziellen typenspezifischen Lizenz darf ein bestimmter Flugzeugtyp geflogen werden.

Mir ist aber an der iFly 747 dann doch noch ein Fehler aufgefallen: Der APP Modus kann leider (zumindest in der FSX-Version) nicht vorgewählt werden. Aktiviert man APP, schwenkt die Maschine sinnloserweise sofort auf irgendeinen komischen Schnittwinkel zum Localizer, egal wie weit man vom Localizer noch entfernt ist. Das führt u. U. dazu, dass man erst weit hinter der Landebahn den Anflugkurs schneiden würde und die Landung geht schief. Ich bin mit den Entwicklern in Kontakt, um nach einem entsprechenden Update zu fragen. Denn so kann man APP erst direkt vor dem Einschwenken auf den Localizer aktivieren...

So, nun hoffe ich, mal wieder einiges vermittelt zu haben, was für uns als Grundlage zum Umgang mit dem FMC-Autopilot - System unbedingt notwendig ist.

Viel Spaß beim Ausprobieren!

Lektion 5: FMC - Einführung

Beschäftigen wir uns erstmal mit dem FMC. Dabei geht es erstmal nur um nicht viel mehr als eine Einführung in die Bedienungsprinzipien. Das FMC ist quasi der Boardcomputer und wird über die sogenannte CDU (Control and Display Unit) bedient.

Die CDU befindet sich eigentlich immer in der Mittelkonsole eines Flugzeuges - also nahe den Schubhebeln. In der iFly 747 kann die CDU im 2D-Cockpit auch über ein kleines Symbol aufgerufen werden - wie auch im Bild ersichtlich:



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Die CDU (FMC und CDU sind oft in synonyme Verwendung - auch ich meine mit FMC meist die CDU) besteht aus einem Display mit sogenannten LSKs (Line Select Keys). Jede Zeile im Display hat also zwei Tasten, die man bedienen kann (je rechts und links eine). Auf diese Weise kann man (auch ohne Touchscreen) direkt auf Display-Anzeigen zugreifen. Will man ausdrücken, welcher LSK gedrückt werden soll, kann man darauf zurückgreifen, den Begriff zu nennen, der

daneben steht oder man benennt die Taste in der Form LSK2R (für die zweite Taste von oben auf der rechten Seite).

Jeder Menüpunkt, der auf eine neue Seite des FMC (also eine neue Anzeige) führt, ist mit einem Pfeil in Richtung des entsprechenden LSKs gekennzeichnet. Auch Befehle, die das FMC direkt zum Handeln bringen (Senden von Daten an eine Bodenstation der Airline via ACARS o. ä.), sind mit einem Pfeil gekennzeichnet. Im Bild oben sind alle angezeigten Begriffe Menüpunkte. Über diese Art und Weise kann man das komplette FMC durchforsten und der Menüführung folgen. Einige wichtige Seiten haben aber auch eigene Tasten, mit denen man sie direkt aufrufen kann - egal was das Display gerade anzeigt. Diese Taste befinden sich direkt unter dem Display. Ein Beispiel ist die Taste RTE, über die man direkt zur programmierten Route wechseln kann - zum Beispiel um diese zu ändern. Doch zurück zum Display selbst. Jede Seite des FMCs hat eine Überschrift, an der man erkennt, was man da gerade angezeigt bekommt. Alle Seiten, die keine Flugdaten enthalten, sondern nur der Menüführung dienen, enden mit dem Wort INDEX.



Auf diesem Bild habe ich über die Taste RTE einmal die entsprechende Route-Seite aufgerufen. Es handelt sich um die aktive Route 1 - denn das FMC kann auch

eine zweite Route speichern - die aber in diesem Fall gerade nicht aktiv ist. Ein Nutzen einer zweiten Route wäre zum Beispiel, dass man schon vor Abflug die Route zum Ausweichflughafen einprogrammiert oder vielleicht den Rückflug... Die Seite für das Programmieren der zweiten Route kann man unten links über LSK6L aufrufen.

In der oberen rechten Ecke kann man erkennen, dass diese Seite noch eine Fortsetzung hat. Diese Seite 2/2 lässt sich über die taste NEXT PAGE aufrufen. Mit PREV PAGE kommt man dann wieder auf Seite 1. Auf diese Weise kann die CDU auch lange Listen (zum Beispiel die ganzen Wegpunkte einer Route) anzeigen.

Die unterste Zeile im Display hat zwei Funktionen. Zum einen kann man hier Eingaben tätigen und zum anderen zeigt das FMC hier Meldungen an. Handelt es sich beim angezeigten Text um eine Nachricht des FMC, so leuchten die drei Buchstaben MSG rechts neben der Tastatur weiß (Markierung im Bild!). Diese Meldung muss man dann mit der Taste CLR löschen, bevor die CDU wieder Eingaben annimmt.

Ich habe hier eine Eingabe mit der Tastatur getätigt. Es handelt sich um den Code für meinen Startflughafen, Erfurt. Jeder Tastendruck erscheint sofort in der Eingabezeile. Hat man sich vertippt, kann man mit der Taste CLR das letzte Zeichen wieder löschen.

Ist nun in der Eingabezeile etwas eingegeben, so kann ich dies mit einem Druck auf einen LSK in die entsprechende Zeile einfügen. Ich werde also nun LSK1L drücken und sofort steht EDDE unter ORIGIN - damit habe ich dann den Abflugort festgelegt. Gleichzeitig wird die Eingabezeile geleert. Sollte ich ausversehen EDDE in die zweite Zeile eingeben (Druck auf LSK2L), so wird unten die Nachricht INVALID ENTRY erscheinen.

Umgekehrt kann man aber auch Einträge, die bereits im Display stehen in die Eingabezeile übernehmen. Ist nämlich die Eingabezeile leer wenn man auf einen LSK drückt, so wird der angezeigte Text in die Eingabezeile übernommen - bleibt aber auch in der Zeile stehen, aus der man ihn übernommen hat.

Will man einen Eintrag löschen, muss man in die Eingabezeile mit der Taste DEL "DELETE" eingeben und dann den entsprechenden LSK drücken. Der Eintrag wird dadurch gelöscht.

Ein Beispiel dazu:

Ich gebe wie hier erst EDDE ein und drücke LSK1L. Damit steht nun unter ORIGIN EDDE. Jetzt bemerke ich meinen Irrtum. Wir fliegen ja eigentlich von EDDP nach EDDE. Also drücke ich LSK1L, um EDDE wieder in der Eingabezeile stehen zu haben. Anschließend drücke ich einfach LSK1R und EDDE steht nun auch unter DEST (Destination - Zielort).

Nun kann ich EDDE unter ORIGIN löschen, indem ich erst DEL drücke (DELETE erscheint in der Eingabezeile) und dann LSK1L.

Nun ist ORIGIN wieder leer und ich gebe EDDC ein, drücke LSK1L - schon steht bei ORIGIN EDDC.

Nun merke ich, dass ich mich schon wieder vertippt habe und gebe EDDP in die Eingabezeile ein. Jetzt drücke ich LSK1L - dadurch wird EDDC durch EDDP ersetzt.

Hier das Beispiel als GIF-Film:



Noch eine Bemerkung zu den verschiedenen Darstellungsweisen der leeren Datenfelder: Normalerweise erscheinen in leeren Feldern einfache Striche (siehe RUNWAY, FLT NO und CO ROUTE in den Bildern oben). Diese Angaben sind jedoch für einen Flug mit FMC-Unterstützung auch nicht zwingend erforderlich. Zwar werden die Angaben für einige Funktionen des FMC natürlich benötigt - aber die anderen Funktionen stehen auch ohne diese optionalen Angaben zur Verfügung.

Die Felder jedoch, die für das FMC dringend erforderlich sind, werden (wenn sie noch leer sind) mit diesen vier Quadraten dargestellt (siehe ORIGIN und DEST in den Bildern oben). Ist auch nur eines dieser Felder (auf das ganze FMC bezogen) nicht ausgefüllt, arbeitet das FMC nicht. Man kann dann nur manuell und mit den Grundfunktionen des Autopiloten fliegen. Aber selbst TO/GA (automatische Startschubkontrolle) funktioniert nicht ohne die Pflichteingaben im FMC. Das FMC ist einfach nicht in Betrieb, wenn Pflichtangaben fehlen.

Eine Taste gilt es noch zu erklären. Die Taste EXEC ruft keine bestimmte Seite des FMC auf. Vielmehr ist diese Taste dazu da, in einer Seite vorgenommene

Änderungen zu aktivieren. Ändert man nämlich zum Beispiel während eines Fluges die Streckenführung, so wird diese Änderung nicht sofort wirksam. So kann man in Ruhe an der Route rumbasteln, ohne dass das Flugzeug sofort die Richtung ändert. Sobald man Änderungen vorgenommen hat, die einer Aktivierung per EXEC-Taste bedürfen, leuchtet die in die Taste eingebaute Leuchte weiß und in der es erscheint auch ein Menüpunkt ERASE neben LSK6L. Man kann dann entscheiden, ob man die Änderungen übernehmen und aktivieren will (EXEC) oder ob man die Änderungen verwerfen will (ERASE). Die beschriebenen Bedienungshinweise sind sehr wichtig. Man sollte diese verstanden haben und beherrschen, damit die nächsten Lektionen problemlos verfolgt werden können. Denn dann werde ich zum Beispiel nur noch davon sprechen, den Flughafen EDDE als ORIGIN einzutragen und setze voraus, dass alle wissen, wie man das macht.

Lektion 6: FMC - POS INIT

Wir wollen uns in den nächsten Lektionen genauer in das FMC einarbeiten und müssen uns zunächst die vorbereitenden Eingabeseiten des FMC ansehen, bevor wir uns die Routenplanung und Flugdurchführung ansehen können.

Gehen wir die Seiten der Flugvorbereitung der Reihe nach durch. Jede dieser Preflight-Seiten lässt sich direkt über die Taste INIT REF und anschließende Wahl von INDEX aus einer Liste anwählen. Die erste angezeigte Seite ist normalerweise die IDENT-Seite, auf der Grunddaten des Flugzeugs angezeigt werden. Diese Seite dient hauptsächlich der Verifizierung dieser Daten, weshalb nicht alle Werte hier geändert werden können.

Unten rechts kann man nun direkt in der richtigen Reihenfolge durch die Preflight-Seiten blättern.

Fehlen dem FMC essenzielle Angaben, so steht in der gestrichelten Linie direkt über dem Namen der Seite, auf die man unten rechts gelangt, die Bemerkung PRE-FLT. Damit wird daran erinnert, dass noch nicht alle Daten vorhanden sind. Hat man beispielsweise auf einer der ersten Pre-Flight - Seiten eine Angabe vergessen, so wird man alle Pre-Flight - Seiten durch drücken von LSK6R durchgeblättert und ausgefüllt haben - die Bemerkung PRE-FLT verschwindet jedoch nicht und auf der letzten Pre-Flight - Seite kann man dann unten rechts auf die Seite wechseln, auf der eben die benötigten Angaben noch fehlen. Sind schließlich alle Angaben komplett, verschwindet die Bemerkung PRE-FLT. Damit wird nur angezeigt, dass die essenziellen Daten vorhanden sind. Das heißt aber nicht, dass tatsächlich auch eine komplette Route einprogrammiert ist. Die Überwachung dient eben nur den wichtigsten Daten.

Von IDENT gelangen wir als nächstes zur POS INIT-Seite:



Zur Erklärung dieser Seite muss ich etwas ausholen. Das FMC der Boeing 747 bestimmt die Position des Flugzeugs ständig anhand zweier unabhängiger Systeme. Zum einen ist das das GPS, welches wohl jedem geläufig sein dürfte. Doch zum anderen ist das auch das Inertial Reference System (IRS, zu deutsch: Trägheits-Referenz-System). Dabei handelt es sich um Trägheitsinstrumente, die jede Beschleunigung, die das Flugzeug erfährt genau messen. Anhand einer Ausgangsposition und den gemessenen Beschleunigungen kann das System jederzeit die Position des Flugzeugs nachvollziehen.

Damit die Trägheitsmessungen exakt genug ablaufen, benötigt das IRS ganze zehn Minuten Zeit zur Ausrichtung und Kalibrierung (diese Zeit lässt sich in Simulationen für den FS oft verkürzen). In dieser Zeit darf sich das Flugzeug nicht bewegen - daher bricht die Ausrichtung zum Beispiel sofort ab, wenn der Starter für ein Triebwerk betätigt wird.

Das IRS wird übrigens im Overhead-Panel kontrolliert und liegt in dreifacher Ausfertigung vor. Einer der ersten Handgriffe nach dem Einschalten der Batterie und der APU ist das Starten der IRS-Ausrichtung.

Damit das IRS stets korrekte Werte anzeigt, muss die Position des Flugzeugs möglichst genau vorgegeben werden. Dazu dient die POS INIT-Seite des FMC. Unten rechts befindet sich das Feld "SET IRS POS". Hier müssen die Koordinaten des Flugzeugs möglichst genau eingegeben werden. Als Quelle können dazu die

Koordinaten dienen, die am Flughafengebäude direkt vor der Parkposition angebracht sind. Da diese Daten aber nur selten auch im FS verfügbar sind, muss man auf eine der anderen Quellen zurückgreifen.

Erstens kann man die letzte Position verwenden, die das FMC gespeichert hat. Dann sollte man den Eintrag oben rechts wählen (LSK1R). Da das IRS aber im Laufe eines Fluges durchaus von der tatsächlichen Position abtriften kann, wäre es aber verhängnisvoll, immer wieder auf die letzte gespeicherte Position zurückzugreifen. Somit könnte sich der Fehler von Flug zu Flug vergrößern. Eine bessere Quelle sind die Koordinaten, die in der Datenbank des FMC für den Flughafen gespeichert sind, auf dem man sich befindet. Dazu gebe man als REF AIRPORT den entsprechenden ICAO-Code des Flughafens ein und verwende dann die erscheinenden Koordinaten (LSK2R). Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass man keine Abweichungen des vorherigen Fluges übernimmt, also auf eine fehlerfreie Positionierung setzt. Allerdings ist sie recht ungenau, da ein Flughafen ja recht groß sein kann und man immer nur die Koordinaten des Flughafenzentrums zur Verfügung hat.

Aus diesem Grund kann man im realen Flugzeug die Nummer des Gates angeben, an dem das Flugzeug steht (LSK3L). In der iFly-Maschine ist diese Funktion allerdings nicht vorhanden.

Mein Tipp ist es daher, die letzte verfügbare Quelle zu verwenden. Das GPS empfängt die genaue Position und das auch noch fehlerfrei. Die entsprechenden Koordinaten kann man über LSK4R wählen und übernehmen.

Wie im Bild zu sehen, wird das Feld SET IRS POS mit Quadraten angezeigt. Diese Angabe ist also verpflichtend, damit das FMC überhaupt arbeitet. Die Eingabe der aktuellen Koordinaten (aus welcher Quelle auch immer) muss vor oder während des Ausrichtungsvorganges des IRS erfolgen! Nicht wundern übrigens: Die Koordinaten werden übernommen, aber nicht angezeigt - lediglich die Quadrate verschwinden.

Als kleiner Bonus zeigt diese Seite des FMC auch die aktuelle UTC-Zeit an (vierte Zeile links). Es handelt sich dabei um die Uhrzeit, die von den Satelliten empfangen wird. Diese Uhrzeit kann man stets als extrem exakt ansehen. Denn auf der genauen Zeitmessung basiert die Satellitennavigation.

So, das reicht erstmal für heute. Nächste Woche nehmen wir uns den nächsten Block der Flugvorbereitung vor.

Für die, die es interessiert, noch ein paar Details: Das reale IRS weicht im Laufe eines Fluges relativ stark von der tatsächlichen Position ab. Unter Umständen kann es dazu kommen, dass dieser Fehler so groß wird, dass er für die Flugdurchführung relevant wird. Dann gibt es die Möglichkeit, das IRS auch während des Fluges neu auszurichten - zum Beispiel auch mit Hilfe der Radionavigation - es wird dann ein bestimmtes VOR gewählt und anhand der empfangenen Daten die genaue Position errechnet. Diese Art der Ausrichtung ist mir von Airbus-Flugzeugen bekannt. Ob das bei Boeing auch möglich ist, weiß ich nicht. Bei der iFly-Maschine jedenfalls habe ich die Funktion noch nicht

gefunden.

Lektion 7: FMC - ROUTE / TAKEOFF

Sehen wir uns die Sieten ROUTE und TAKEOFF des FMC an.

Nachdem man die Seite POS INIT abgeschlossen hat, gelangt man direkt zur Seite ROUTE (LSK6R), genauer zur Seite der Route 1. Diese Seite lässt sich auch jederzeit direkt über die Taste RTE aufrufen.



Oben rechts kann man erkennen, dass dieser Abschnitt aus zwei Seiten besteht (1/2 in der oberen rechten Ecke). Mit den Tasten PREVIOUS PAGE und NEXT PAGE kann man zwischen den beiden Seiten wechseln. Allerdings sehen wir uns heute nur die erste Seite an, da nur diese für uns relevant ist. Die zweite Seite werden wir später bei der Streckenplanung und -programmierung kennen lernen.

Eine weitere Bemerkung zu Beginn: Das FMC der 747 ist dazu in der Lage, zwei verschiedenen Routen zu speichern. So könnte man zum Beispiel den Rückflug auch schon vor dem Hinflug mit einprogrammieren - oder eben die Route zum Ausweichflughafen usw.

Dazu dient LSK6L (RTE 2).

Sehen wir uns aber nun die Seite RTE 1 an. Diese Seite wird umbenannt in ACT RTE1 (wie im Bild), wenn Route 1 aktiviert ist. Wäre Route 2 aktiviert, so würde nur bei Route 2 der Vermerk ACT erscheinen. Eine Route lässt sich auf dieser Seite des FMC aktivieren (mit gleichzeitiger Deaktivierung der jeweils anderen Route). Ist die Route nämlich inaktiv, so erscheint an LSK6R anstatt TAKEOFF das Wort ACTIVATE. Betätigt man diesen Schalter, so leuchtet sofort die Taste EXEC auf; man muss sie erst als Bestätigung drücken, bevor die Änderung (Aktivierung der anderen Route) tatsächlich umgesetzt wird.

In der Phase des Fütterns des FMC mit den notwendigen Daten, geben wir lediglich den Abflughafen unter ORIGIN und den Zielflughafen unter DEST (ination) ein. Weiterhin kann man schon jetzt die Piste für den Start angeben (Feld RUNWAY).

Auf der rechten Seite sollte man nun noch die Flugnummer (FLT NO) eingeben. Außerdem kann man unter CO ROUTE den Firmeninternen Namen der zu fliegenden Route eingeben, sodass das FMC (sollten Routen eingespeichert sein) automatisch vorgefertigte Streckenführungen übernehmen kann. Diese Option lassen wir aber bewusst erstmal weg. Es handelt sich nur um eine zeitsparende Spielerei und ist nicht sonderlich wichtig.

Damit wäre die Seite RTE erst einmal abgearbeitet und wir gelangen über LSK6R auf die Seite TAKEOFF:



Auf dieser Seite werden die Daten erhoben, die das FMC für den Startvorgang benötigt. Dabei handelt es sich vor allem um Daten für die automatische Schubkontrolle.

Gehen wir die Felder von oben links an durch:

In Zeile eins gibt man zunächst an, mit welcher Flaps-Stellung man starten will und in welcher Höhe man die Flaps einfahren will. Achtung: Gültig sind nur Flaps-Stellung 10 und 20 sowie Höhen bis 9999ft. Die Flaps-Stellung ist natürlich entscheidend für die Berechnung des Startschubs!

In Zeile zwei folgt die Beschleunigungshöhe (Acceleration Height), an der die Flaps eingezogen werden sollen, wenn ein Triebwerk ausgefallen ist (E/O steht für Engine Off).

In Zeile drei gibt man nun an, wenn der Schub von Startschub auf Steigschub reduziert werden soll. Im Gegensatz zum Einziehen der Flaps, wird dieser Vorgang tatsächlich automatisch erfolgen.

Es gibt zwei Möglichkeiten: Entweder man gibt eine Höhe ein, bei deren Überschreiten der Schub reduziert werden soll, oder man macht es abhängig von

der Stellung der Flaps, indem man eine 5 eingibt. Dann wird der Schub bei Flaps-Stellung 5° reduziert. In dieser Maschine ist nur dieser Wert gültig. Eine andere Flaps-Stellung kann nicht angegeben werden.

Die vierte Zeile enthält Daten der Piste und des Winds. Man gebe für Gegenwind HXX ein, für Rückenwind TXX (Headwind, Tailwind), wobei die beiden X durch zwei Zahlen entsprechend der Windgeschwindigkeit ersetzt werden! Diese Geschwindigkeit muss natürlich der reine Gegen- oder Rückenwind sein - bereinigt von Seitenwindkomponenten.

Der zweite Wert (Slope) gibt die Neigung der Piste an. In diesem Beispiel ist die Piste eben, wie auch Windstille herrscht. Ist die Piste jedoch abschüssig oder ansteigend, ist es für die Wahl des Startschubs natürlich wichtig, wie stark die Piste geneigt ist. Auch hier das selbe Eingabeformat: U steht für eine ansteigende Piste (Upslope) und D für eine abfallende Piste (Downslope). Der Zahlenwert dahinter ist der Neigungswinkel in Grad (mit einer Dezimalstelle).

Kommen wir nun zur rechten Seite. Zunächst werden in den ersten drei Zeilen die sog. V-Geschwindigkeiten angezeigt (anhand der eingegebenen Daten berechnet). V1 ist die Geschwindigkeit, ab der der Start nicht mehr abgebrochen werden kann, VR ist die Geschwindigkeit des Hochziehens (Rotierens) und V2 die Geschwindigkeit, bei der man sicher in der Luft ist und eine ausreichende Steigleistung hat.

Diese Geschwindigkeiten werden in kleinen Zeichen angezeigt und sind mit einem kleinen Pfeil nach rechts versehen (im Bild siehe V2). Um die Geschwindigkeiten zu übernehmen, betätigt man den entsprechenden LSK. Man kann aber auch eigene V-Geschwindigkeiten eingeben. Sobald die Eingabe manuelle erfolgte, oder bestätigt wurde, werden die Zahlen in großen Zeichen dargestellt (siehe V1 und VR im Bild). Dieses Prinzip setzt sich im ganzen FMC fort. Jede errechnete FMC-Angabe oder -Annahme (z. B. Null-Wind) wird in kleinen Zeichen angezeigt. Wurde der Wert manuell eingegeben oder bestätigt, erscheint er groß.

In der Zeile TRIM CG gibt man den Scherpunkt des Flugzeuges ein (CG steht für Center of Gravity, also Schwerpunkt). Der Schwerpunkt wird in Prozent angegeben, wobei ein höherer Wert bedeutet, dass der Schwerpunkt weiter Richtung Heck der Maschine verschoben ist.

Entsprechend gibt das FMC unter TRIM den Wert der nötigen Höhenrudertrimmung aus. Anhand dessen sollte man die Maschine also austrimmen.

Die letzte Zeile dient zur Eingabe der Differenz zwischen Startbahnschwelle und der tatsächlichen Position des Flugzeuges bei Betätigen der TO/GA Taste in Fuß. Anhand dieser Position ändert sich natürlich die Pistenlänge, weshalb der Startschub angepasst werden muss. Allerdings ist dies meist eine geringe Abweichung, zumal das Flugzeug meist sehr nah an der eigentlichen Pistenschwelle steht.

Airbus-Flugzeuge haben übrigens auch die Möglichkeit dieser Eingabe, greifen aber bei Nichteingabe auf das GPS zurück und kennen somit die genaue Position

des Flugzeuges beim Startvorgang. Ob das auch für die Boeing 747 gilt, kann ich nicht sagen.

Lektion 8: FMC - THRUST LIM / PERF / APPROACH

Sehen wir uns die letzten drei Seiten der Pre-Flight - Konfiguration an.

Wir beginnen mit der Seite THRUST LIM:



In der ersten Zeile bekommen wir zunächst mittig die momentan gemessene Außentemperatur angezeigt (OAT - Outside Air Temperature). Links kann ich nun eine Temperatur eingeben, die die rechts angezeigte Drehzahl (N1 steht für die Drehzahl der ersten Verdichterstufe der Triebwerke) zu beeinflussen.

Ich denke, das muss ich erklären:

Ein Flugzeug benötigt bei höheren Temperaturen eine längere Startstrecke und auch eine höhere Startgeschwindigkeit, da die Luft bei Hitze quasi dünner ist und

der erzeugte Auftrieb daher geringer.

Um also bei großer Hitze zu starten, brauche ich auf der selben Piste mehr Schub. Das Triebwerk jedoch arbeitet bei höherer Außentemperatur effizienter. Der Verdichter braucht eine geringere Drehzahl, um die ohnehin schon warme Luft auf Zündtemperatur zu verdichten. Für den selben Schub benötigt der Verdichter und damit das Triebwerk also eine geringere Drehzahl, also weniger Sprit. Andererseits funktioniert das auch nicht unbegrenzt, da ein Triebwerk bei dünnerer Luft wieder weniger Schub umsetzen kann.

Lasse ich den Schub beim Start nun durch das TO/GA-System steuern (auf der Piste A/T einschalten und dann TO/GA drücken), wird der Startschub anhand der Temperatur, der zur Verfügung stehenden Pistenlänge und des Flugzeuggewichts berechnet, sodass man mit möglichst wenig Schub/Spritverbrauch noch sicher in die Luft kommt. Als Temperatur für diese Berechnungen wird normalerweise die Temperatur OAT, also die tatsächliche Temperatur verwendet. Damit jedoch die Piloten einen Einfluss auf diese Berechnung nehmen können, hat man die Temperatur als beeinflussbare Größe gewählt. Ist also eine Temperatur in Zeile eins unter SEL eingegeben worden, verändert sich entsprechend die rechts angezeigte Drehzahl N1 und somit der Startschub.

Die Piloten können so gezielt Einfluss auf den Startschub nehmen. Dabei bewirkt eine höhere Temperatur immer eine Reduzierung der Drehzahl und umgekehrt. Will ein Pilot also sicher gehen und mit größerer Reserve starten, so wird er eine Temperatur unter der tatsächlichen Außentemperatur eingeben. In der Realität wird meist eine höhere Temperatur eingegeben, um Sprit zu sparen. Es gibt genaue Tabellen, aus denen die Piloten ersehen können, welche Werte bei welchen Bedingungen noch zu sicheren Startvorgängen mit genügend Reserve führen!

Man beachte, dass nach jeder Beeinflussung der Drehzahl N1 die V-Geschwindigkeiten auf der TAKEOFF-Seite gelöscht werden!

Zusätzlich zur gerade dargestellten Form der stufenlosen Beeinflussung des Startschubs, kann man auch vorgewählte Stufen benutzen. Betätigt man also LSK3L oder LSK4L, so wird der Startschub um 5% bzw. 15% herabgesetzt. Die Änderung wird sofort wirksam und zeigt sich auch in der oben rechts angezeigten Drehzahl. Die Absenkung mit Hilfe dieser Stufen bezieht sich immer noch auf den Ausgangswert, der durch die eingegebene Temperatur gegeben ist! Der jeweils aktive Modus wird durch die Markierung <SEL> in der jeweiligen Zeile dargestellt. Will man wieder die volle Drehzahl erhalten, betätigt man LSK2L und löscht ggf. dann noch die Temperatur in der ersten Zeile.

Während man den Startschub über die vorgewählten Stufen verändert, springt auch die Markierung für den Steigflug-Schub mit (rechte Hälfte der THRUST LIM Seite). Auch der Steigflug wird also dann mit geringerem Schub geflogen. Allerdings kann man den Steigflug wieder manuell auswählen, sodass zum Beispiel die Markierung <SEL> für den Startschub bei -15% steht und die Markierung <ARM> für den Steigflug auf CLB1.

Kommen wir nun zur PERF-Seite (auch über INDEX zu erreichen):



Auf dieser Seite werden wichtige Daten zur Performance, also der Leistungsfähigkeit des Flugzeugs eingetragen und berechnet. Beginnen wir oben links. Zunächst wird das GR WT (Gross Weight), also das Gesamtgewicht des Flugzeuges abgefragt. Alle Gewichte sind Werte in Tonnen. Darunter folgt das Gewicht des Treibstoffes, welches durch das FMC anhand der Füllstände der Tanks berechnet wird (dann steht CALC dahinter) oder durch die Piloten auch manuell eingegeben werden kann (dann steht MANUAL dahinter). In Zeile drei folgt das ZFW (Zero Fuel Weight), also das Gewicht des Flugzeugs abzüglich des Treibstoffs. Das FMC braucht entweder die Eingabe des Gross Weights oder des ZFW durch die Piloten. Das jeweils andere Gewicht wird berechnet - kann aber auch manuell eingegeben werden.

In Zeile vier muss die gewünschte Reserve-Treibstoffmenge am Zielflughafen eingegeben werden. Anhand dieses Minimalwertes, werden die Berechnungen des FMC abgesichert. Sollte zu wenig Kerosin geladen sein, erscheint nach Abschluss der Routenplanung die Meldung INSUFFICIENT FUEL auf dem Display.

Die letzte Zeile dient der Eingabe des COST INDEX. Dieser Zahlenwert, der von 0 bis 9999 reicht, gibt die Prioritätenverteilung von geringem Spritverbrauch und hoher Geschwindigkeit an. Dabei bewirkt ein niedriger Wert einen langsamen, aber spritsparenden Flug, während ein hoher Wert die Flugzeit verkürzt, aber in geringerer Reichweite resultiert! Der Einfluss dieses Wertes bezieht sich nicht nur auf die vom FMC im automatischen Flug geflogene Geschwindigkeit selbst. Auch der Winkel von Steig- und Sinkflug wird beeinflusst!

Für all diese Berechnungen wird natürlich auch die angestrebte Reiseflughöhe benötigt. Daher wird diese in der ersten Zeile rechts abgefragt (CRZ ALT, Cruise Altitude).

In Zeile vier wird der (voraussichtliche) Schwerpunkt des Flugzeuges in Reiseflughöhe angezeigt. Dieser Wert kann manuell korrigiert werden. Darunter kann man den Standardeintrag ICAO löschen und einen manuellen Wert für die "Steigstufen" festlegen. Da jedem Wegpunkt in der Route eine Höhe zugewiesen wird, legt die Größe des eingegebenen Wertes fest, wie genau diese Höhe an das optimale Steigprofil herankommt. Ein Beispiel: Ein Wegpunkt liegt auf der Hälfte eines Aufstieges auf 10000ft. Bei einer STEP SIZE von 0 wird der Wegpunkt die Höhe 10000ft erhalten, die das Flugzeug dann versucht zu erreichen - es steigt also so schnell wie möglich und fliegt damit recht unwirtschaftlich. Ist eine STEP SIZE von 3000ft eingestellt, wird der Wegpunkt die Höhe 6000ft zugeordnet bekommen. Das Flugzeug wird vielleicht sogar in der Lage sein, diese Höhe zu erreichen, bevor der Wegpunkt erreicht wird. Ist 5000ft eingestellt, wird das Flugzeug den Wegpunkt genau auf 5000ft durchfliegen und somit den optimalen Steigpfad einhalten.

Kommen wir nun noch kurz zur APPROACH-Seite:



Diese Seite zeigt einem das aktuelle Gesamtgewicht des Flugzeuges (oben links) sowie die Landegeschwindigkeiten für die Klappenstellungen 25° und 30° an. Unten kann man die Klappenstellung und die Landegeschw. für die Landung eingeben. Dadurch wird zum Beispiel im Fahrtmesser dann bei der Landung eine entsprechende Markierung gesetzt.

Lektion 9: FMC - DEP / ARR

Nachdem wir uns die letzten Lektionen um die nunmal nötigen Datenfütterungen für das FMC gekümmert haben, wird es von nun an wieder spannender. Denn nun kommen wir langsam zur Programmierung der Route und dann schließlich zur Durchführung des Fluges selbst. Nur noch wenige Lektionen trennen uns also vom Ziel.

Verschwenden wir also keine Zeit und fangen gleich an. Und zwar kehren wir nun zurück zur bereits einmal erwähnten Seite RTE, die über die gleichnamige Taste erreichbar ist.

Hier geben wir nun Start und Ziel des uns in Zukunft begleitenden Beispielfluges von Leipzig (EDDP) nach Mallorca (LEPA) ein:



Nach Eingabe dieser Daten wählen wir natürlich Activate und drücken die dann aufleuchtende Taste EXEC. Damit ist die Route schonmal aktiv. Außerdem wird - sollte man wie ich eine Startbahn angegeben haben - die Startbahn auf dem Navigations-Display eingezeichnet, und zwar relativ zur Flugzeugposition (ich stehe in dieser Situation recht nah neben der Piste).

Die Flugnummer sparen wir uns nun mal und wechseln direkt zur Seite DEP/ARR über die entsprechende Taste. Nun sollte man entweder direkt die folgende Seite angezeigt bekommen oder auch nach einem Klick auf INDEX (dies wäre normalerweise nur der Fall, wenn die Route noch nicht aktiviert wurde):



Hier sind nun die beteiligten Flughäfen aufgelistet. Unter Route 2 ist kein Flughafen aufgelistet, da ich keine Route 2 einprogrammiert habe. Links finden sich die Menüpunkte zu allen Abflugprozeduren, rechts die zu den Anflugprozeduren. Auch für den Abflughafen kann man eine Anflugprozedur einprogrammieren - man denke an einen Triebwerkausfall ein paar Minuten nach dem Start und die dann nötige Rückkehr oder ähnliches.

Mit einem Klick auf den jeweiligen Menüpunkt erscheint eine neue Seite, auf der man die gewünschte Prozedur wählen kann. Hier die Auswahl für unseren Abflug von Leipzig (LSK1L):



Rechts kann man nun die zum Abflug zu nutzende Piste über den jeweiligen LSK auswählen. Momentan ist Piste 10 ausgewählt. Diese Einstellung ist notwendig, damit das FMC die nötigen Flugmanöver direkt nach dem Start auch schon genau planen und übernehmen kann. Das FMC kann bereits ab 1500ft über Grund die Kontrolle über das Flugzeug übernehmen. Außerdem wären bei anderen Pisten auch andere Abflugprozeduren relevant.

An dieser Stelle ist ein Exkurs nötig:

Es geht um die sogenannten SID/STARs (Standard Instrument Departure bzw. Standard Terminal Arrival Route). Dabei handelt es sich um feste An- bzw. Abflugrouten, die für jede einzelne Piste existieren.

Diese Routen gibt es für jede Piste zu Hauf. In jede erdenkliche Himmelsrichtung führen sie und enden teilweise erst recht weit entfernt vom Flugplatz. Sie enthalten oft einige Kurven und führen zu einem VOR oder einem Knotenpunkt von Luftstraßen. Nach diesen Zielpunkten sind die Routen dann auch benannt. So führt zum Beispiel eine Route BAMKI4W (Bamki Four Whiskey) zum

Knotenpunkt BAMKI, der höchstwahrscheinlich westlich liegt. Die Routen selbst bestehen aus fiktiven Punkten, die im GPS eingespeichert sind. Außerdem sind die Routen auf An- bzw. Abflugkarten der Flughäfen ersichtlich. Auf diesen Karten steht dann zu jeder Route auch eine Beschreibung der GPS-Punkte, aus der sie besteht sowie eine Beschreibung der Routenführung ohne GPS. Ohne GPS braucht man dann allerdings einiges an Geschick und muss sich die Punkte für die Kurveneinleitungen durch DME, Radiale von VORs und auch Zeitmessungen erarbeiten. Da hilft das GPS doch sehr weiter. Noch dazu kommt, dass die Route vom FMC automatisch geflogen wird, wenn sie denn einprogrammiert ist.

Nun aber kommen wir an die Grenze der Flugsimulation. Die Anflug- bzw. Abflugrouten SID/STAR sind sich ständig ändernde Prozeduren. Nach ein paar Jahren wäre jede Datenbank veraltet. So werden Flugzeuge für den Flugsimulator meist ohne diese Datenbank geliefert oder enthalten nur eine alte Datenbank, in der dann einige Routen noch aktuell sind, andere aber nicht mehr existieren oder geändert wurden. Die iFly 747 kommt leider gänzlich ohne SID/STARs. Daher steht nun trotz ausgewählter Piste 10 auf der linken Seite unter SIDS nur der Eintrag - NONE- (nichts). Früher hätte ich also geraten, sich eine aktuelle Datenbank aus dem Internet zu laden und zu installieren. Leider sind mittlerweile alle mir bekannten Quellen für diese Prozeduren versiegt. Man hat entdeckt, dass sich daraus Geld machen lässt.

Aber wir haben eine Alternative: Wie die Knotenpunkte der Luftstraßen haben auch die ganzen GPS-Punkte ("Fixes") der An- und Abflugrouten Namen. Diese Punkte kennt das FMC, sodass man einfach die gewünschten Punkte manuell als ganz normale Wegpunkte in der Route einprogrammieren kann. Die Punkte finden sich wie gesagt auf den Anflug- bzw. Abflugkarten der Flughäfen (zu beziehen zum Beispiel über IVAO). Die Namen der Fixpunkte in den SID/STARs bestehen normalerweise aus einem Buchstaben und zwei Ziffern (z. B. D20), während die Knotenpunkte der Luftstraßen (die auch nichts anderes als GPS-Punkte sind) aus einer längeren Buchstabenkombination bestehen (z. B. BAMKI oder ERSIL). Alle diese Punkte nimmt das FMC jedoch als Wegpunkt an. Zur Routenprogrammierung kommen wir jedoch später.

So erklärt sich also, dass wir auf der Seite DEPARTURES nichts weiter tun können als die Piste auszuwählen und dann zur INDEX-Seite zurückzukehren.

Sehen wir uns nun als analoges Beispiel nochmal die Seite für den Anflug auf Palma de Mallorca an (LSK2R):



Hier nun das Gegenbeispiel. Ich habe noch eine uralte Datenbank mit ein paar wenigen Prozeduren (anderer Ausdruck für die SID/STARs) - unter anderem für Mallorca. Hier kann ich also zunächst rechts die Piste und auch die Anflugweise auswählen (hier ILS06L). Ich fliege also mit ILS die Piste 06 an. Dabei handelt es sich jetzt natürlich nur um eine Voraussage. Es kann sein, dass mir kurz vor Mallorca eine andere Piste zugeordnet wird. Dann müsste ich einfach während des Fluges eine andere Piste und ein anderes verfahren auswählen. Das wäre allerdings kein Problem. Ich würde wie hier auch die selbe Auswahl vorfinden und per Klick die neue Piste und links dann die neue Anflugprozedur auswählen. Folglich wären die beiden ausgewählten Einträge in Zeile 1 zu finden und durch die Markierungen <SEL> gekennzeichnet. Alle anderen Einträge würden verschwinden.

Außerdem könnte man dann in den Zeilen 2 bis 5 eine passende Transition auswählen. Dabei handelt es sich um spezielle Sinkflugrouten, auf die man direkt beim Verlassen der Reiseflughöhe schwenken würde. Diese Routen enden dann auch direkt in einer STAR. Allerdings sind diese TRANSITIONS noch viel schwieriger für Simulationszwecke zu bekommen und die Liste ist dann wohl meist leer. Letztlich kann man auch so ganz gut anfliegen und in eine STAR münden.

Nachdem wir nun die richtige Piste und die richtige Anflugroute (STAR) gewählt haben, wechseln wir zurück zur INDEX-Seite. Hier kann man nun auf Activate klicken (danach EXEC) und die Änderungen werden übernommen. Daraus ergibt sich auch, dass die Route nun als rote Linie auf dem Navigationsdisplay erscheint. Außerdem wäre bei erneutem Aufruf der ARRIVALS-Seite der aktive Eintrag jeweils nicht mit <SEL>, sondern mit <ACT> gekennzeichnet (wie oben im Bild tatsächlich zu erkennen). Man könnte jedoch nach wie vor Änderungen vornehmen, die dann per Activate-Menüpunkt auf der Index-Seite übernommen würden - auch noch während des Fluges.

Das soll dann für heute erstmal reichen. Vielleicht noch zwei Bemerkungen am Rande.

1. Die Liste der Anflugrouten und -verfahren für Palma de Mallorca war natürlich nicht nur so kurz wie dargestellt. Es dürfte aufgefallen sein, dass für Piste 06R zum Beispiel keine Anflugvariante auszuwählen war. Der Eintrag müsste jedoch erscheinen - selbst wenn keine STAR verfügbar wäre. Auch eine Piste ohne ILS taucht hier auf. Dann natürlich ohne den Präfix ILS. Die Lösung des Rätsels liegt in der oberen rechten Ecke der Anzeige des FMC. dort ist erkennbar, dass die angezeigte Seite nur die Seite 1 von 3 ist. Man kann mit den Tasten PREV PAGE bzw. NEXT PAGE beliebig durch die drei Seiten blättern, die die Liste vervollständigen.

2. Vielleicht ist auch die Anflugvariante TCN06L in Palma de Mallorca jemandem aufgefallen. Dabei handelt es sich um eine Abwandlung des ILS, die vom Militär genutzt wird...

Lektion 10: FMC - ROUTE-LEGS

Nun machen wir den nächsten Schritt und kümmern uns um den ersten Teil der Routenplanung. Es handelt sich um die Planung der horizontalen Route, also der Wegpunkte.

Die Route auf unserem Beispielflug von Leipzig nach Mallorca wird folgende VORs als Wegpunkte enthalten:

DKB
ZUE
LUC
CDP

Die Route soll ja nur als Beispiel dienen - daher meine spärliche und auch willkürliche Auswahl. Alle Möglichkeiten, die wir heute besprechen, gelten in gleicher Form für alle anderen möglichen Wegpunkte wie NDBs oder auch GPS-Fixpunkte. Alle diese Navigationshilfen verfügen ebenfalls über eine Kennung wie auch die VORs (CDP beispielsweise steht eigentlich für das VOR Capdepera).

Für die Routenplanung begeben wir uns auf die Seite LEGS über die entsprechende Taste (Legs sind die einzelnen Wegpunkte im allgemeinen).



In dieser Liste finden sich nun alle Wegpunkte, die einprogrammiert sind. Man beachte, dass diese Liste auch über eine Seite hinaus geht und man mit den Tasten NEXT PAGE und PREV PAGE blättern muss! Links sieht man die Kennung, in der Mitte die Entfernung vom vorigen Wegpunkt und rechts die geplante Geschwindigkeit und Höhe für das Überfliegen des jeweiligen Punktes.

Hier sind bereits Punkte einprogrammiert - dabei handelt es sich um die Anflugroute (STAR), die wir das letzte Mal bereits einprogrammiert haben. Vor dieser zusammenhängenden Route wurde automatisch ein "ROUTE DISCONTINUITY", bestehend aus einer Zeile mit den typischen fünf Quadraten und dem Schriftzug "ROUTE DISCONTINUITY", eingesetzt. Solange eine oder mehrere dieser Unterbrechungen vorhanden sind, kann man nicht losfliegen! Das zeigt auch die erste Zeile mit den Quadraten an! Hier muss eben noch etwas rein.

Wir wollen aber nun zunächst unsere Wegpunkte eingeben. Dazu gibt man sie einfach über die Tastatur ein und setzt sie anstelle des Punktes eingeben, vor dem sie eingefügt werden sollen - der Rest verschiebt sich dann nach unten.

Ich habe also nun unseren ersten Punkt eingeben und LSK1L gedrückt:



Da es mehrere Navigationshilfen mit der Kennung DKB gibt, muss ich noch auswählen, welcher Punkt gemeint war. Ich wähle natürlich die erste Zeile; das VORD (=VOR/DME). Anschließend ist der Punkt eingefügt:



Man kann sehen, dass nun alle anderen Punkte (inkl. ROUTE DISCONTINUITY) nach unten gerutscht sind. Außerdem leuchtet die Taste EXEC auf, da ich die aktive Route geändert habe und diese Änderung erst nach Betätigen von EXEC tatsächlich übernommen würde. Und dann sieht man noch den Befehl ERASE (LSK6L), über den ich die Änderung verwerfen könnte.

Ich fahre aber nun fort und gebe die restlichen Wegpunkte auf die gleiche Weise ein (ich muss natürlich immer einen LSK weiter unten betätigen - immer da, wo die fünf Quadrate zu sehen sind) - dann zeigt sich dieses Bild:



Würde ich nun ERASE wählen, würden alle vier hinzugefügten Punkte wieder verschwinden. Sie werden als eine einzige Änderung angesehen.

Nun muss nur noch das ROUTE DISCONTINUITY entfernt werden. Dazu muss ich nun auf Seite 2 gehen und den nächsten Punkt nach dem ROUTE DISCONTINUITY per Klick auf dessen LSK in die Eingabezeile übernehmen:



Danach wechsele ich wieder auf die Seite 1 und setze diesen Wegpunkt anstelle des ROUTE DISCONTINUITY ein, indem ich den LSK der fünf Quadrate betätige. Dann ist die Unterbrechung behoben und auf CDP folgt direkt der erste Wegpunkt der Anflugroute (STAR):



Nun kann man nochmal alle Seiten der Streckenführung durchblättern, um weitere ROUTE DISCONTINIUTYs zu entfernen. In meiner Route sind aber nun keine mehr zu finden, sodass ich jetzt alle meine Änderungen per EXEC-Taste übernehme. Daraufhin wird nun auf dem Navigations-Display die Route (innerhalb des angezeigten Areals) als durchgezogene Linie in Magenta angezeigt. Außerdem erscheinen jetzt wieder die vom FMC automatisch errechneten Geschwindigkeiten und Höhen für die einzelnen Wegpunkte:



So, das wars dann auch schon wieder. Auf diese Weise kann man beliebige Wegpunkte an beliebiger Stelle im Flugplan einfügen oder auch löschen (Drücken der DEL-Taste und anschließend Betätigen des entsprechenden LSKs), wobei anstelle der gelöschten Wegpunkte ein ROUTE DISCONTINUITY eingefügt wird. Diese Änderungen an der Route können auch während des Fluges erfolgen - werden natürlich aber erst bei Betätigen von EXEC aktiv. Außerdem verschwinden die bereits überflogenen Wegpunkte aus der Liste, sodass man sinnvollerweise nur Änderungen an der noch zu fliegenden Route vornehmen kann.

In der nächsten Lektion widmen wir uns dann der Planung der vertikalen Navigation...

Lektion 11: FMC - VNAV

Nun widmen wir uns der vertikalen Navigation im FMC. Dazu drücken wir zunächst die Taste VNAV - es erscheint nun die Seite der aktiven Flugphase oder der Flugphase, die als nächstes aktiv werden wird. Vor dem Flug, noch am Boden stehend, ist das die CLB-Seite, die die Informationen

über den Steigflug enthält:



Auf dieser Seite bekommt man Informationen über den Steigflug und kann ihn beeinflussen.

Oben links bekommt man zunächst die geplante Reiseflughöhe - also das Ende des Steigfluges angezeigt. Diese Höhe kann geändert werden - ist jedoch während der Preflight-Programmierung schon eingegeben worden und wird hier übernommen.

In der zweiten Zeile erscheint dann die errechnete optimale Steigfluggeschwindigkeit. Diese wird das FMC beim Steigflug zu halten versuchen. Man kann den Wert einfach ändern, um dem FMC eine bestimmte Geschwindigkeit aufzuzwingen. Dann ändert sich gleichzeitig die Überschrift dieser Zeile in "SEL SPD" (Selected Speed).

Wichtig ist nun wieder Zeile vier: Dort kann man eine Geschwindigkeitsbegrenzung eingeben. Besteht also auf meiner Route zum Beispiel eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 230kt unterhalb von 8000ft, dann

gebe ich hier 230/8000 ein und das FMC hält sich automatisch daran!

Gehen wir nun zur rechten Seite:

In der ersten Zeile zeigt das FMC die nächste einzuhaltende Beschränkung an. Lässt man dem FMC seinen Lauf, so erscheint hier kein Eintrag. Doch gibt man für bestimmte Wegpunkte Geschwindigkeits- oder Höhenbegrenzungen an, so wird dies hier angezeigt. Das FMC wird also am Wegpunkt DKB eine Geschwindigkeit von 155kt und eine Höhe von 8000ft einhalten. Das heißt jedoch nicht, dass DKB unbedingt der nächste Wegpunkt sein muss. Es ist schlicht der nächste Wegpunkt mit einer Beschränkung. Bei allen anderen Wegpunkten vorher wird das FMC die errechneten Optimalwerte einhalten. Wie man solche Beschränkungen einprogrammiert, sehen wir uns später an.

Zunächst geht es weiter mit der TRANS ALT (Transition Altitude). Dabei handelt es sich um die vom Fluglotsen festzulegende Flughöhe, bei der der Höhenmesser aus Standard (1013hPa) umgestellt wird. Ab dieser Höhe wird der wetterbedingte örtliche Luftdruck nicht mehr berücksichtigt und die Höhen werden in Flight Level angegeben. Das Umstellen des Höhenmessers übernimmt das FMC automatisch, wenn hier ein Eintrag existiert.

Entsprechend gibt es im Sinkflug ein TRANS (Flight)LEVEL, bei dessen Unterschreitung der Höhenmesser auf das örtliche QNH (Luftdruck) eingestellt werden muss. Das allerdings erfolgt nicht automatisch!

Der letzte Eintrag auf dieser Seite zeigt die errechnete Geschwindigkeit an, die bei maximalem Steigwinkel gehalten wird. Dies ist wieder nur eine Information.

Nun gibt es unten rechts noch zwei Funktionen. Zum Einem kann man auf ENG OUT umschalten, also die Steigflugseite für den Fall eines Triebwerksausfalls aufrufen. Entsprechend legt dann das FMC andere Formeln zur Berechnung von Geschwindigkeiten und Steigwinkeln zu Grunde.

Weiterhin kann man über den Befehl CLB DIR einen direkten Steigflug einleiten. Man wird dann nach der Zielhöhe gefragt und das FMC steigt dann einfach direkt dort hin.

Über die Taste NEXT PAGE gelangt man nun zur nächsten Flugphase. Erreicht das Flugzeug die nächste Flugphase, so wird das FMC automatisch diese nächste Seite anzeigen. Die Steigflugseite ist dann nicht mehr erreichbar.

Die nächste Flugphase ist natürlich der Reiseflug (CRUISE oder CRZ):



Diese Seite ist recht simpel und hauptsächlich informativ. Zunächst bekommt man wieder die Reiseflughöhe angezeigt. Darunter erscheint die Geschwindigkeit, die das FMC halten wird. In diesem Fall ist sie in MACH angegeben (im Bild also Mach 0.671, was 67,1% der Schallgeschwindigkeit entspricht). Gibt man hier eine bestimmte Geschwindigkeit ein, ändert sich wie auch in der CLIMB-Seite die Überschrift der Zeile in SEL SPD.

Die nächste Zeile zeigt die angestrebte Drehzahl der Triebwerke in % an. STEP SIZE wurde bereits in einer früheren Lektion besprochen - kann auch hier geändert werden.

Kommen wir zur rechten Seite: Oben wird angezeigt, auf welche Höhe man optimalerweise als nächstes steigen sollte, sofern diese mehr als einen STEP oberhalb der aktuellen Höhe liegt. Die zweite Zeile (AT) gibt dann an, zu welchem Zeitpunkt diese Höhenänderung erfolgen sollte.

Interessante Informationen folgen in den nächsten Zeilen:

LEPA ETA/FUEL zeigt die Ankunftszeit (UTC) und die Restmenge an Treibstoff am

Zielort LEPA (Palma de Mallorca) an (ETA steht für Estimated Time of Arrival). Diese Werte ändern sich natürlich je nach Flugverlauf entsprechend und können einen beruhigen, wenn man zum Beispiel aufgrund eines Defekts die Flaps nicht ganz einfahren kann, wodurch man mehr Sprit verbraucht. Allerdings sollte man bedenken, dass dann der Resttreibstoff-Wert ständig sinken wird, weil das FMC bei der Berechnung immer von einem intakten Flugzeug ausgeht. (Das war der Denkfehler der Crew des damals in Wien bruchgelandeten A310 von Hapag Lloyd).

Die letzte Zeile zeigt die nach aktuellen Berechnungen (wetterabhängig!) für die optimale Flughöhe und für die maximal mögliche Flughöhe.

Die beiden Befehle unten rechts bringen uns jeweils auf CRZ-Seiten mit anderen Formeln als Berechnungsgrundlage. Einmal für den Fall eines Triebwerksausfalls (ENG OUT) oder für den Fall eines Langstreckenfluges (LRC für Long Range Cruise).

Die letzte Seite des Bereichs VNAV zeigt dann den Sinkflug. Standardmäßig wird auch hier ein möglichst treibstoffsparender Weg nach unten eingeschlagen. Die Seite enthält nichts neues, weshalb ich sie hier überspringe.

Wie versprochen gehen wir nun noch auf die Möglichkeit der manuellen Höhen- und Geschwindigkeitbeschränkungen an bestimmten Wegpunkten ein. Dazu rufen wir die LEGS-Seite auf:



Gibt man nichts weiter als die einzelnen Wegpunkte ein (wie in der letzten Lektion erklärt), so berechnet das FMC beim Aktivieren der Route (EXEC-Taste) die optimalen Geschwindigkeiten und Höhen für jeden Wegpunkt, ausgehend von Flugphase, Flugzeugdaten wie dem Gewicht, Reiseflughöhe und Cost Index. Diese Höhen und Geschwindigkeiten werden auf der LEGS-Seite rechts neben dem jeweiligen Wegpunkt angezeigt und wird vom FMC angestrebt, nicht jedoch strikt eingehalten.

Man kann nun eine Geschwindigkeit und/oder eine Höhe manuell ein, so wird dieser Wert in größeren Zahlen angezeigt (siehe 5000ft bei ADX) und vom FMC wenn irgend möglich strikt eingehalten. Dabei kann man übrigens auch Höhen in FL angeben. Dreistelligeangaben werden grundsätzlich als Flight Level angesehen. Zur Erinnerung: Will man zum Beispiel nur die Flughöhe festlegen, nicht jedoch die Geschwindigkeit, so gibt man zunächst ein /, gefolgt von der Höhe ein.

In diesem Beispiel habe ich also "/5000" eingegeben.

Auf diese Weise kann man auch den vertikalen Weg des Flugzeuges genau festlegen.

Nun möchte ich noch kurz die PROG-Seite erwähnen:



Diese Seite ist es, die man während des Fluges wohl angezeigt haben sollte. Man bekommt in der ersten Zeile (hier noch leer, da am Boden stehend) den letzten passiertsten Wegpunkt mit der entsprechenden Höhe, der Uhrzeit (UTC) des Überfliegens und dem damals aktuellen Treibstoffbestand angezeigt. Die zweite Zeile zeigt den nächsten Wegpunkt, auf den man sich gerade zubewegt, an. Zuerst dessen Kennung, dann die noch zu fliegende Strecke (Distance To Go), die errechnete Überflugzeit (Estimated Time of Arrival) und der dann noch an Board befindlichen Treibstoff.

Die nächste Zeile zeigt die selben Daten für den darauf folgenden Wegpunkt und die vierte Zeile für den Zielflughafen.

In der fünften Zeile links ist übrigens die aktuelle Geschwindigkeitsbegrenzung angezeigt.

Von dieser Seite aus kann man nun genaue Positionsangaben ansehen (die beiden Befehle in der letzten Zeile) und über die Taste NEXT PAGE Daten zu Wetter, genau verbrauchtem Treibstoff und Abweichung zwischen errechnetem und tatsächlichem Verbrauch ansehen.

All das sind zusätzliche Informationen und Funktionen des FMC, von denen es noch reichlich zu entdecken gibt.

In der nächsten Lektion beschäftigen wir uns noch mit dem praktischen Einsatz des FMC im Flug inkl. einiger zusätzl. Funktionen.

Lektion 12: FMC & Autopilot - Anwendung

Jetzt sehen wir uns noch an, wie man den Flug über das FMC steuern lässt.



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Zunächst muss ich die beiden ausgewählten Autopilot-Modi erklären: Bei LNAV handelt es sich um die laterale Navigation. Ist dieser Modus aktiv, wird der Steuerkurs vom FMC gesteuert. Dabei folgt das FMC dem jeweils aktiven Pfad, der einprogrammiert ist. Kurswechsel an Wegpunkten, im FMC aufgerufene Holding-Schleifen,... - alles steuert das FMC automatisch, sodass der Pilot nichts machen muss, als das Ganze zu überwachen und das FMC mit Daten zu füttern.

VNAV dagegen ist die vertikale Navigation. Dazu zählt sowohl die Steuerung der Höhe als auch die Steuerung der Geschwindigkeit über die automatische Schubkontrolle. Ist die Automatische Schubkontrolle (A/T) jedoch ausgeschaltet, kann das FMC nur die Höhe steuern.

Man muss hier noch beachten, dass das FMC die Höhe nur innerhalb der Vorgaben des Piloten steuert. Ist also während des Steigfluges im Autopiloten (wie im Bild) 10000ft eingestellt, so wird das Flugzeug nur bis 1000ft steigen und nicht darüber hinaus - auch wenn im FMC vielleicht 12000ft oder auch noch mehr programmiert sind. Allerdings wird das FMC bei Erreichen von 9000ft Alarm schlagen. Es wird die Meldung ausgeben, dass man die Flughöhe im Autopiloten anheben soll ("Set MCP Altitude" wird dann im FMC angezeigt). Auf diese Weise kann man dem FMC jeweils seinen Lauf lassen, wenn vom Lotsen erlaubt. Wird

man vom Lotsen jedoch angewiesen, erst einmal auf 1000ft zu bleiben, kann man das FMC dazu zwingen. Erst dann der Lotse einem das weitere Steigen dann erlaubt, schraubt man die Flughöhe im Autopiloten-Panel hoch und das FMC leitet sofort den weiteren Steigflug bis zur programmierten Höhe ein. Allerdings ist es auch so, dass eine im Autopiloten-Panel eingestellte Höhe von 30000ft nie erreicht wird, wenn das FMC nur eine Flughöhe von 29000ft einprogrammiert hat. Mit dem Wert im Autopiloten gibt man also nur die Grenzen vor, in denen sich das Flugzeug bewegen darf.

Sobald das FMC in die Sinkflugphase übergeht, funktioniert das Ganze umgekehrt. Dann sinkt das FMC nur so tief, wie im Autopiloten-Panel eingestellt. So kann man je nach Lotsenanweisung stufenartig sinken. Da sich dieses Limit beim Übergang in den Sinkflug umkehrt, sollte der Wert, der im Autopiloten-Panel für die Höhe eingestellt ist, während des Reisefluges immer gleich der tatsächlich geflogenen und im FMC einprogrammierten Flughöhe sein!

Man sieht auf dem Bild oben nun den Status der Maschine, wie er kurz vor dem Start aussehen kann.

Das FMC zeigt bereits die PROGRESS-Seite und der Autopilot wurde schon eingeschaltet (CMD). Wir erinnern uns an den Anfang der Schulung! Im Primary Flight Display kann man erkennen, dass der TO/GA-Modus aktiv ist, während LNAV und VNAV nur vorgewählt sind.

Das führt nun dazu, dass die Maschine über TO/GA gestartet wird und nach dem Abheben sofort in den LNAV-Modus springt. In einer Flughöhe von 400ft über der Pistenhöhe wird automatisch TO/GA komplett deaktiviert und VNAV aktiviert. Auf diese Weise wird das Flugzeug automatisch vom Startvorgang in die FMC-gesteuerte Flugroute überführt. Der Pilot braucht sich nur um Funk, Flaps und Fahrwerk kümmern...

ACHTUNG: Zunächst aktiviert sich nach dem Abheben VNAV SPD. Das heißt, dass man die Kontrolle über den Schub über die Schubhebel hat und das FMC die programmierte Geschwindigkeit über die Steigrate steuert. Man steigt also gerade so stark, dass die Geschwindigkeit konstant bleibt. Erst bei Ende des Steigfluges aktiviert sich dann VNAV ALT und SPD, sodass der Schub durch das FMC reduziert wird, während die Höhe gehalten wird.



(Per Klick auf das Bild vergrößern)

Nun kann man während des gesamten Fluges jederzeit den Autopiloten ausschalten und selbst die Steuerung übernehmen, oder über die Modi HDG SEL, HDG HOLD, ALT, LVL CH oder auch LOC den Autopiloten fliegen lassen, ihn aber selbst kontrollieren. Man kann dann aber auch während des Fluges wieder LNAV und VNAV aktivieren und das FMC übernimmt wieder alles.

Soweit zur Anwendung des FMC.

Nun folgen noch drei kleine Seiten des FMC, die zusätzliche, ganz nützliche Funktionen beschreiben. Beginnen wir mit der Seite FIX, die über die entsprechende Taste aufgerufen werden kann:



Hier kann man oben links die Kennung eines beliebigen Navigationspunktes der Luftfahrt eintragen (VORs, GPS Fixes, NDBs,...). Das FMC spuckt dann aus, in welche Richtung man fliegen müsste, um dort hin zu gelangen. Auch die Entfernung wird angezeigt. Betätigt man dann noch die Funktion Beam, bekommt man angezeigt, auf welchem Radial man sich im bezug auf diesen Punkt befindet. Diese Seite kann einem also ganz gute Informationen liefern.

Als nächstes möchte ich die Seite NAV RAD (auch über die gleichnamige Taste erreichbar) vorstellen:



Neben dem herkömmlichen Einstellungspanel für die Funknavigationsgeräte (VOR, ADF, ILS), kann man auch hier die Frequenzen und auch das Radial für das VOR, den Anflugkurs für ein ILS eingeben. Das ist ganz praktisch, weil man dann nicht an irgendwelchen Einstellrädern drehen muss, bis man den entsprechenden Course (Radial, ILS-Anflugkurs) eingestellt hat. Auch Frequenzen lassen sich einfach über die Tastatur des FMC eintippen.

Übrigens: Steuert das FMC das Flugzeug, so stellt es auch die Funknavigationsgeräte selbst sinnvoll ein (ILS oder im Reiseflug nahe VORs). Gibt man auf der NAVRAD-Seite manuell eine bestimmte Frequenz ein, so bleibt diese bestehen - das FMC ändert daran dann nichts mehr, bis man die Frequenz auf dieser Seite des FMC wieder löscht.

Zum Schluss nun noch die Funktion HOLD (auch über die entsprechende Taste erreichbar):



Man gibt hier zunächst die Kennung des Navigationspunktes in die Zeile mit den Quadraten ein, an dem man ein Holding (Warteschleife) drehen soll. Es erscheint dann ganz unten in der Eingabezeile der Befehl "HOLD AT [Kennung]". Diesen Befehl kann man dann in der obigen Liste der abzufliegenden Wegpunkte einfach an die richtige Stelle einfügen. Anschließend erscheint eine neue Seite, in der man das Holding spezifizieren kann. Man gibt dort den Einflugkurs in das Holding, die Länge oder Dauer des Holdings usw. ein. Anschließend drückt man die bereits aufleuchtende Taste EXEC und das Holding ist damit in den Flugplan aufgenommen.

Gleichzeitig wird hinter dem Holding im Flugplan ein ROUTE DISCONTINUITY eingefügt.



Ich habe hier ein Holding an ERF eingefügt.
Nun entfernt man auf gewohnte Weise die ROUTE DISCONTINUITY:



Entfernt man später nach ein paar Runden im Holding (oder auch schon vor dem Holding, falls es nicht mehr notwendig wird) den Eintrag "HOLD AT ERF", so wird wieder die Route fortgesetzt.

Hiermit habe ich nun die Grundlagen des Umgangs mit Autopilot und FMC vermittelt. Ich hoffe, alles war soweit verständlich und hat weiter geholfen. Die Schulung zu diesem Thema ist damit beendet. Trotzdem werde ich natürlich weiterhin die Fragen zu dieser Schulung beantworten.
Die Vorgehensweisen im Bereich FMC sind immer direkt auf die iFly 747 bezogen

gewesen. Andere Maschinen haben andere FMCs. Diese haben meist die selbe Funktionalität (wenn auch die ein oder andere unwichtige Funktion nicht vorhanden sein mag oder andere zusätzlich vorhanden sein mögen, die die 747 nicht hat) und lassen sich somit nach kurzem Studium der vielleicht anders gestalteten Menüführung oft schon schnell mit den hier erworbenen Kenntnissen bedienen.

Ich möchte dazu die Empfehlung aussprechen, sich jeweils kurz in überfliegender Art und Weise die Handbücher zu solchen Flugzeugen anzusehen. Wenn man sich mit FMCs auskennt, muss man nur wenige Abschnitte dieser Handbücher lesen und kann das FMC dann bedienen.

Der größte Unterschied stellt wohl die Bedienung eines Airbus dar. Denn dort gibt es keine Schalter für LNAV und VNAV. Viel mehr ist das dort dadurch gelöst, dass man den Schalter für zum Beispiel die Höhe in das Instrumentenbrett hineindrückt, um die Kontrolle an das FMC zu übergeben, während man den Schalter an sich heranzieht, um die Kontrolle mittels Autopilot selbst zu übernehmen (nicht jedoch, um per Sidestick direkt selbst zu steuern).

Fragen zu spezifischen Maschinen und deren FMC nehme ich gerne entgegen und versuche sie zu beantworten. Beim Thema Airbus kann ich gezielt mitreden, da ich die Airbus Series Vol.1 von Wilco besitze. Ansonsten kann ich bei anderen Payware-Maschinen nur Nachdenken und Vorschläge machen, aber nicht selbst ausprobieren. Bei Freeware-Maschinen kann ich natürlich jederzeit selbst das Flugzeug installieren und mitprobieren.

Zum Schluss noch etwas Grundsätzliches: Ein Flugzeug, was im FS so gut umgesetzt ist wie die 747 von iFly (ist erstens selten) kann man nur nach viel Einarbeitung wirklich beherrschen. Ich bin der Meinung, dass man insgesamt nicht viel mehr als zwei oder maximal drei so gut umgesetzte Maschinen beherrschen kann. Man muss sich also bei solchen herausragenden Simulationen damit abfinden, sich auf ein (oder einige wenige) Flugzeuge zu konzentrieren, die man dann ernsthaft fliegt.

Die Unterschiede zwischen den Flugzeugen im Bereich der Menüführung usw. bzgl. der FMCs sind so groß, dass man unmöglich alle beherrschen kann.

So, das wars dann also zu diesem Thema.

Vielen Dank fürs Mitlesen und viel Erfolg mit den Profi-Maschinen!