

VOR / NDB Navigation

Teil I: Die Basics

1. Verwendete Abkürzungen:

ADF	Automatic Direction Finder
AP	Autopilot
CDI	Course Deviation Indicator
DME	Distance Measuring Equipment
HSI	Horizontal Situation Indicator
NAV	Navigation
NDB	Non directional Beacon
OBS	Omni bearing selector
VOR	Very high frequency omnidirectional range
RMI	Radio Magnetic Indicator

2. Einführung

In den 50er Jahren wurde ein System entwickelt, mit dem Flugzeuge über Boden navigieren können. Dazu werden ein Sender auf dem Boden und ein Empfänger im Flugzeug installiert. Auch 50 Jahre nach der Einführung hat sich am Grundprinzip nichts geändert. Die Installationen wurden natürlich weiter entwickelt und haben heutzutage eine viel bessere Reichweite.

Es werden zwei verschiedene Systeme verwendet:

- einmal so genannte NDBs und
- zum zweiten VORs.

VORs können zusätzlich mit DMEs aufgerüstet werden, wodurch die Distanz zwischen Empfänger und Sender ermittelt werden kann (Bordseitig).

Die Zukunft der Radionavigation sieht eher düster aus. GPS und Trägheitsnavigationssysteme ersetzen die alten Anlagen. Der Abbau der NDB Anlagen hat zum Teil sogar angefangen und die VORs werden bestimmt folgen.

Also höchste Zeit diese Technik zu erlernen, bevor sie verschwindet!

3. Das NDB

Ein NDB ist ein ungerichtetes Funkfeuer, welches zwischen 100 und 1799,9 kHz funkt. Bordseitig kann man mittels eines ADF die Richtung zum Sender ermitteln. So ein ADF sieht folgendermaßen aus:



Der gelbe Pfeil zeigt in die Richtung vom NDB. In der Realität ist ein ADF allerdings recht unpräzise und wird nur noch selten benutzt.

Die Kompassrose, welche den Pfeil umgibt, kann man mittels des kleinen Drehknopfes drehen. Sie hat keine Auswirkung auf das ADF. Man kann dort den aktuellen Kurs eindrehen und somit den Kurs zum NDB ablesen. Wenn man sie auf N lässt, kann man nur eine relative Peilung ablesen.

Bei größeren (und teureren) Flugzeugen gibt es auch „slaved“ ADFs, bei denen automatisch der aktuelle Kurs eingedreht wird.

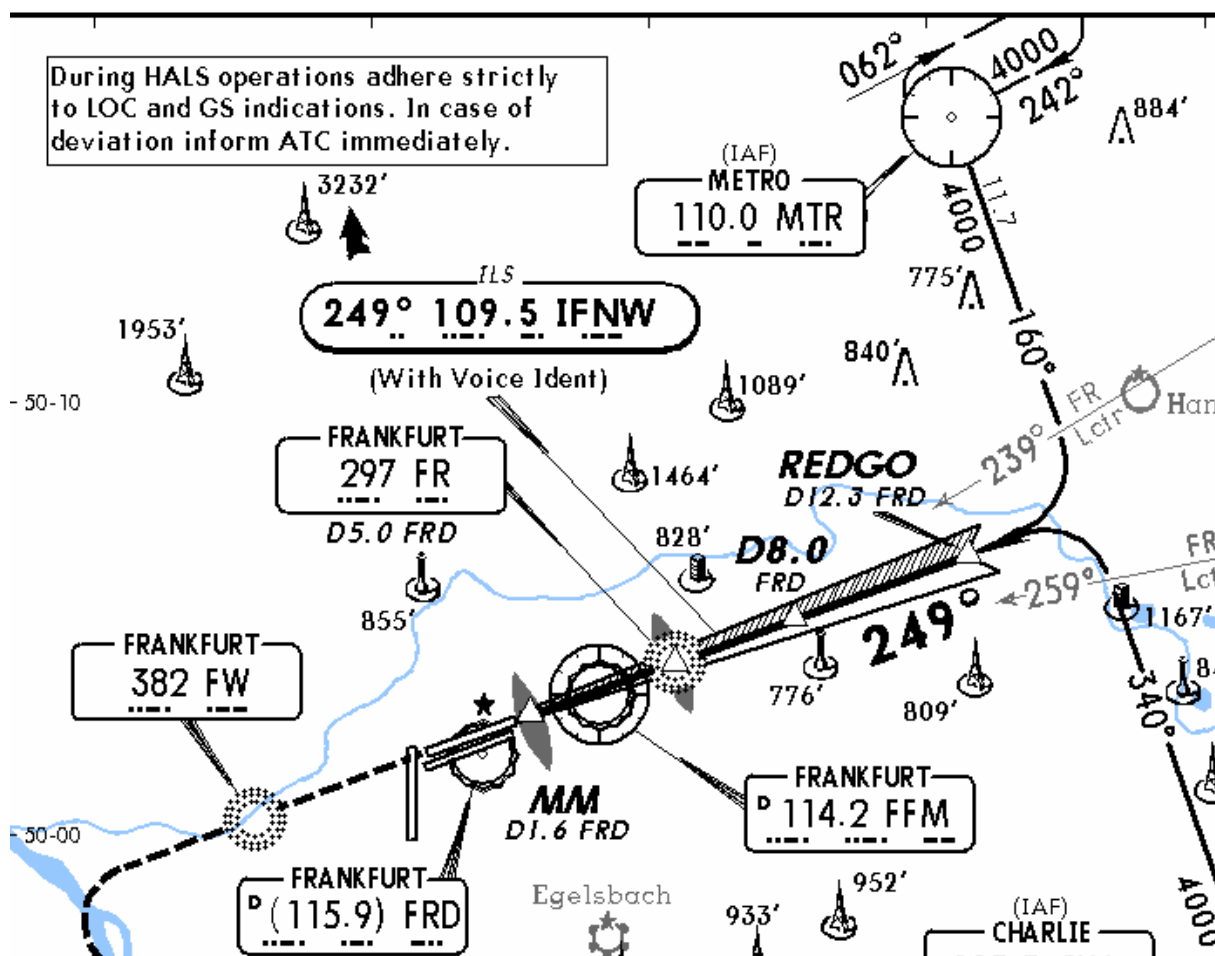
Jedes NDB sendet neben den Kursinformationen auch einen Morsecode, mit dem es eindeutig identifiziert werden kann. Dies ist sehr wichtig!! Solange ein NDB nicht identifiziert worden ist, ist keine Verwendung erlaubt!

Die praktische Anwendung eines NDB ist begrenzt – man kann nur ablesen, wo das NDB sich befindet und einen bestimmten Kurs von/zum ADF abfliegen. Man hat überhaupt keine Distanzinformationen. Außerdem ist die Reichweite eines NDB recht niedrig – ca. 40-70 nm (je nach Höhe). Schließlich ist auch die Präzision, wie bereits erwähnt, nicht sehr hoch (dies wird in FS leider nicht simuliert) – vor allem bei einem Gewitter kann die Nadel direkt in eine CB zeigen 😊.

Und so sieht ein NDB aus:



Und das entsprechende Symbol:



FR und FW sind typische NDBs.

4. Das VOR

Das VOR ist im gegensatz zum NDB ein gerichtetes Funkfeuer. Die Frequenz liegt auch weit höher – zwischen 108,00 und 117,95 MHz. Ein VOR hat den Vorteil, dass man einen genauen Kurs vorwählen und ablesen kann, wie weit (in Grad) man von diesem Wunschkurs entfernt ist. Man kann somit einen sehr genauen Kurs zum und vom VOR abfliegen.

Die Bestandteile eines VOR Empfänger sind:

- Eine Anzeige, auf der die Ablage angezeigt wird – CDI
- Ein Drehknopf, mit dem der Wunschkurs eingestellt werden kann – OBS
- Eine Anzeige, ob man zum VOR oder vom VOR wegfliegt – TO/FROM
- Eine Kompassrose
- Eine Fehlerflagge



In diesem Bild sieht man, dass ungefähr 087° mit dem OBS selector vorgewählt wurden. Der Pfeil unterhalb der CDI zeigt an, dass wir gerade von diesem VOR wegfliegen (er liegt hinter dem Flieger). Zudem ist die CDI zentriert, also sind wir genau auf diesem 087° Kurs vom VOR. (Also wenn wir uns jetzt um genau 180° drehen, auf Kurs 267, dann würden wir genau zum VOR hin fliegen).

Zusätzlich gibt es eine Fehlerflagge, die erscheint, wenn das VOR Gerät ausfällt. Es gibt aber noch einen weiteren ganz wichtigen Grund für die Flagge: wenn man sich genau über dem VOR befindet, erscheint die Flagge auch – das Gerät empfängt keine Signale und kann somit die Position nicht orten. Was das TO/FROM genau in diesem Augenblick macht, ist auch nicht definiert. Meistens bleibt es bei der alten Anzeige.

Was bei NDB galt, gilt hier auch:

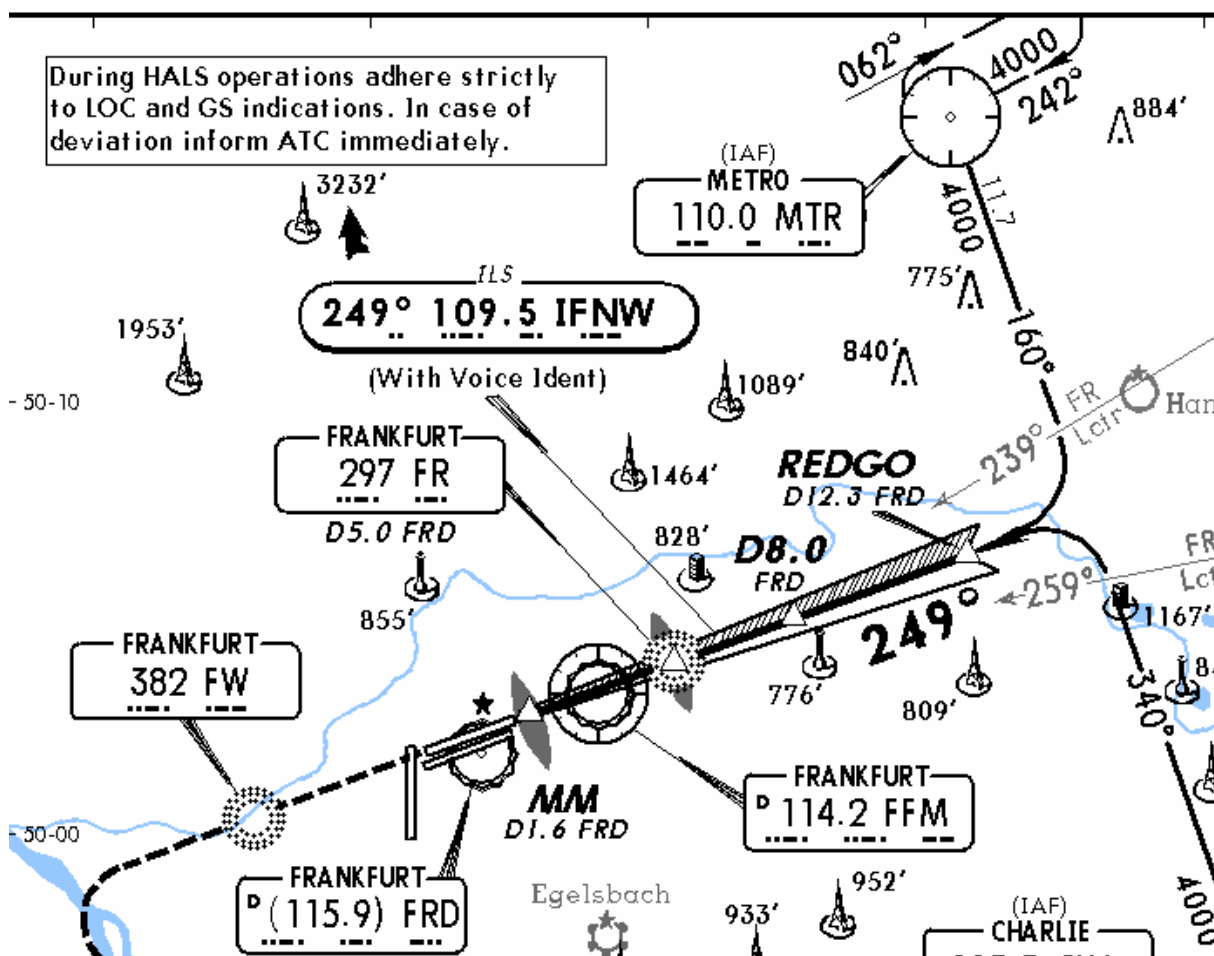
Jedes VOR sendet neben den Kursinformationen auch einen Morsecode, mit dem es eindeutig identifiziert werden kann. Dies ist sehr wichtig!! Solange ein VOR nicht identifiziert worden ist, ist keine Verwendung erlaubt!

Achtung: dieser VOR Empfänger enthält noch eine Gleitpfadinformation, mit der ILS Anflüge gemacht werden können. Ein normales VOR sendet keine Höheninformation!

Ein VOR, mitten im Feld



Und als Symbol:



Metro (MTR) ist ein VOR
 Frankfurt (FFM) ein VORDME

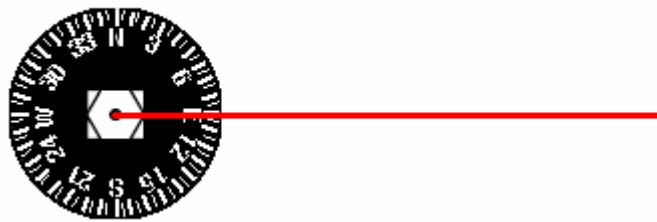
Es sollen noch ein paar Spezialbegriffe erklärt werden:

Manchmal wird gesagt, dass man einen speziellen „radial“ „tracken“ soll, und zwar entweder „inbound“ oder „outbound“.

Es kann auch gefragt werden, ob man auf einem „radial“ „established“ sei...

Ein Radial kann man sich so vorstellen:

Er ist eine Linie, die man vom Mittelpunkt eines VORs hinauszieht. Diese Linie bekommt eine Bezeichnung, und zwar genau den Winkel, den man vom VOR abfliegen müsste. Total verwirrt? Hier ein Beispiel:



Dieser Strich entspricht dem 090 radial.



Das wäre jetzt der 330er radial.

Soviel zum radial.

Angenommen man fliegt auf diesem radial – dann hat man die Möglichkeit, entweder zu dem VOR hinzufiegen oder davon wegzufiegen.

Und jetzt wirds etwas tricky: Wenn man auf dem 330er radial inbound fliegen will, muss man einen Kurs von (330-180) also 150° abfliegen!! Die entsprechende Phraseologie ist entweder „inbound“ oder „outbound“

Beispiel:

(1) Auf dem 330er radial vom VOR wegfliegen:

„track the 330 radial outbound from ABC VOR“

der Kurs wäre also 330°

(2) Auf dem 270 radial zum VOR hinfliegen:

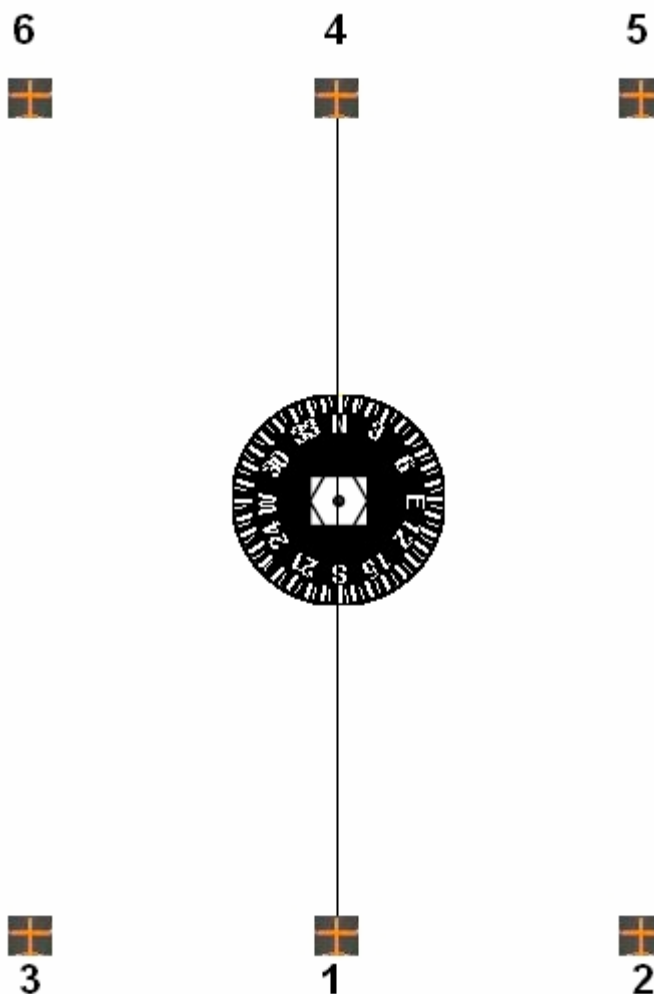
„track the 270 radial inbound to ABC VOR“

der Kurs wäre also 090

Das Wort “track” bedeutet einfach, man soll diesen Radial abfliegen.

„Established“ auf einem Radial heißt, dass die CDI Anzeige in der Mitte ist. Also wenn man einen Radial tracked, dann sollte man immer auf diesem Radial „established“ sein.

Jetzt kommen wir zum CDI: (und damit ist jetzt keine Einspritztechnik gemeint)
 Betrachten wir zunächst mal 6 unterschiedliche Fälle:



Fall 1)

Das Flugzeug ist südlich vom VOR und fliegt Richtung Norden zum VOR hin. Mit dem OBS haben wir den 360 Kurs vorgewählt und wir sind auf dem 180er Radial established.

Auf dem HSI sehen wir dann das folgende Bild:

(Hier ist die VOR Information direkt im Kurskreisel integriert – der gelbe Pfeil zeigt den OBS Kurs an, und der Gelbestrich in der Mitte entspricht dem CDI)



Das CDI ist schön mittig – also sind wir genau auf dem Radial established
-> wir fliegen direkt auf das VOR zu!

Fall 2)

Wir sind immer noch südlich vom VOR, diesmal aber auch etwas östlich davon. Der OBS Kurs bleibt auf 360° Jetzt sehen wir folgendes:



Der gelbe CDI Strich ist jetzt nach links gewandert. Klar – der 180er Radial befindet sich ja links von uns! Wir müssten jetzt etwas westlich fliegen, sagen wir mal 320°, dann würde der CDI Strich wieder „reinwandern“ bis wir wieder auf dem radial established wären.

Fall 3)

Genau wie bei Fall 2), nur dass wir jetzt etwas westlich sind. Aber schaut mal selbst:



Gar nicht sooo schwer oder? ;-)

Fall 4)

Wir haben das VOR überflogen und fliegen immer noch 360° auf dem 360er radial.. OBS ist weiterhin auf 360. Jetzt sehen wir also:



dass wir immer noch schön established sind (CDI in der Mitte). Achtet auf den weißen Pfeil! Der zeigt jetzt nach unten, da sich das VOR hinter uns befindet!

Fall 5)

Wieder östlich vom 360er radial.



Fall 6)

Und das gleiche noch mal westlich betrachtet:



Wie erwähnt, sind viele VORs mit DMEs ausgestattet. Um die Distanz zu einem VOR zu ermitteln, braucht man auch Bordseitig einen DME Empfänger. Dann kann man mittels eines einzigen VOR-DMEs die Position ermitteln! Wie geht das?

Man dreht solange am OBS Rad, bis das CDI mittig wird. Dabei unbedingt auf den TO/FROM Pfeil achten! Am besten so lange drehen, bis der Pfeil TO anzeigt und das CDI mittig ist. Jetzt weiß man, dass man genau den eingestellten OBS Kurs abfliegen müsste, um zum VOR zu gelangen. Also das Ganze um 180° gedreht, und man hat den radial, auf dem man gerade ist.

Falls man kein DME hat, braucht man 2 VORs (oder ein VOR und ein NDB) um die Position zu ermitteln. Man dreht bei beiden VORs so lange am Rad, bis beide CDIs zentriert sind. Jetzt kann man in der Navigationskarte die entsprechenden Radials ziehen, und wo diese sich schneiden, da ist die aktuelle Position. Oder zumindest war sie da bis vor kurzem... ☺

Bei einem NDB kann man ja kein Radial vorwählen – aber man sieht die relative Richtung zum NDB auf dem ADF...

5. Das DME

Sehr viele VORs sind heutzutage mit DME Sender ausgestattet. Die DME Frequenz ist in so einem Fall mit der eigentlichen VOR Frequenz verknüpft, so dass nur eine Frequenz gesetzt werden muss. Es gibt aber auch standalone DME Stationen. Bordseitig wird ein DME Empfänger eingesetzt. Die standard Cessna ist zum Beispiel nur mit einem DME Empfänger ausgerüstet. Man kann diesen allerdings zwischen beiden VOR Empfängern hin- und herschalten.

DMEs verschicken auch einen Morse Code, der zunächst identifiziert werden muss!

Das sieht dann so aus:



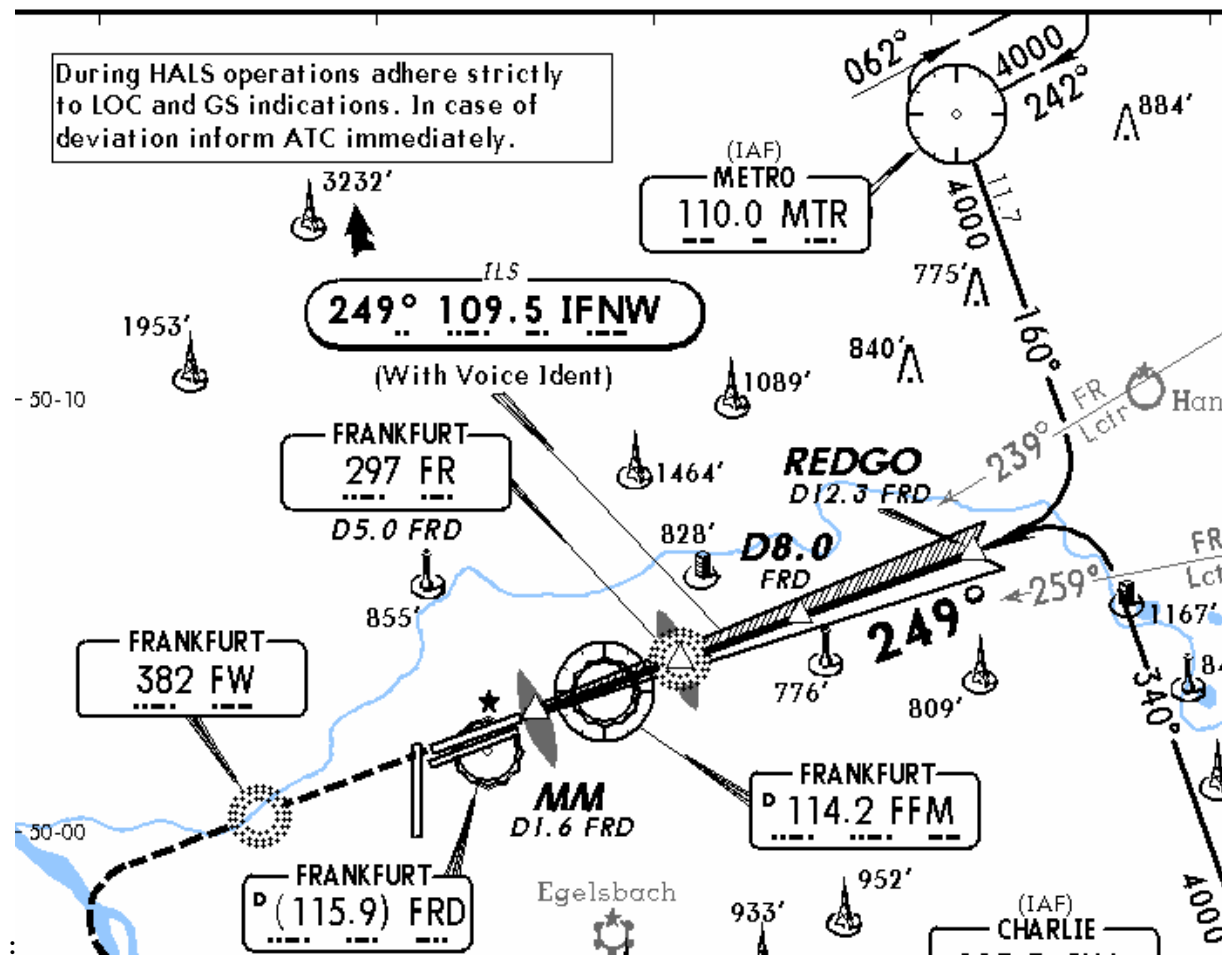
Links erscheint die Entfernung in nautischen Meilen. Rechts davon die eigene Groundspeed.

Achtung! Die Groundspeed ist nur dann genau, wenn man auf direktem Kurs zum VOR hinfliegt! Sobald man etwas „schief“ fliegt, wird die angezeigte Groundspeed immer kleiner. Wenn man einen genauen Kreis um einen VOR fliegen würde, so wäre die Groundspeed 0 (da die Entfernung konstant bleibt).

Es gibt auch andere DME Installationen, bei denen es einen so genannten DME Hold gibt – dabei kann man eine Station „tunen“, für die es DME Informationen gibt. Jetzt setzt man den DME auf Hold, und nun kann man eine andere Frequenz setzen. Der DME Empfänger speichert die alte Frequenz und zeigt immer noch die Distanzinformation an. Dies ist nützlich, wenn man einen ILS Anflug macht, wo die Höhenangaben einen VOR als Referenzpunkt haben. Das findet man meistens bei Geräten, bei denen man den DME Empfänger nicht umschalten kann.

Moderne Flugzeuge haben meist mehrere DME Empfänger.

Und so sieht ein DME (ohne VOR) auf der Karte aus:



Frankfurt DME (FRD) ist nur ein DME während FFM ein VORDME ist. MTR hat gar kein DME.

6. Bordseitige Anzeigen:

Nicht jedes Flugzeug ist gleich ausgerüstet. Jets haben meist verschiedene Anzeigen, mit denen VOR- und NDB-Informationen angezeigt werden. Zum einen die üblichen Instrumente, die auch hier aufgegriffen wurden. Aber dann gibt es noch so genannte RMIs. Diese zeigen einfach in die Richtung von einem NDB bzw. VOR. (man kann also kein Radial vorwählen!)

Manchmal kann man auch zwischen den Modi hin und her schalten, so dass man zwischen verschiedene Informationen wählen kann (z.B. 2 NDBs anzeigen, oder 2 VORs oder eine Kombination daraus).

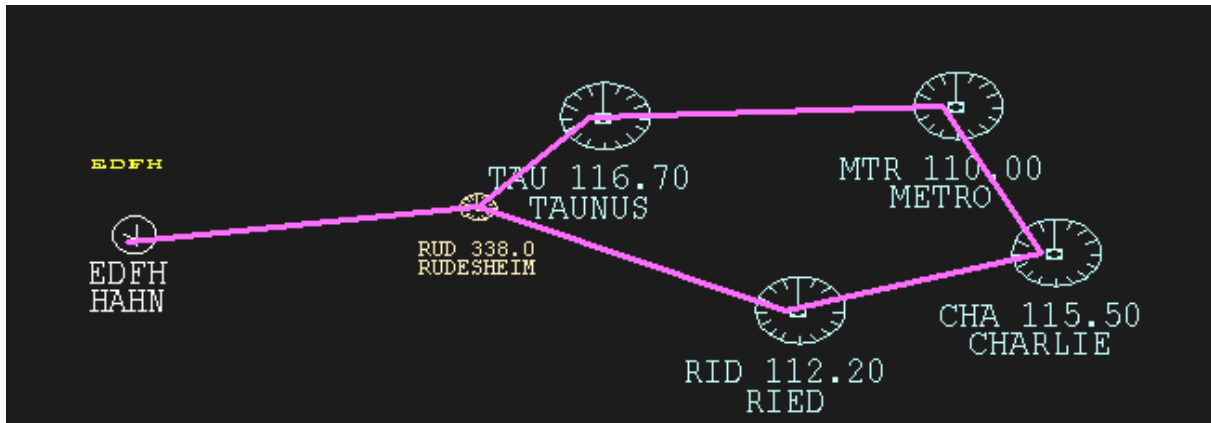
Das sieht dann, hier bei der B737-200, so aus:



7 Die Mission

So, nun aber genug Theorie gebüffelt. Jetzt wirds Zeit, das Erlernte in die Praxis umzusetzen.
Also los gehts mit der ersten Mission!

Mission 1: VORs und NDBs an- und abfliegen.
Zunächst die Route:



Wir starten ab Hahn (EDFH)
Dann gehts direkt zum Rüdesheim NDB (RUD)
Danach intercepten wir den 215 radial inbound to Taunus VOR (TAU)
Dann via 267 radial inbound to Metro VOR (MTR)
Via 340 radial inbound to Charlie VOR (CHA)
Via 067 radial inbound to Ried VOR (RID)
Und schließlich auf dem 303 radial outbound from Ried VOR (RID) nach Rüdesheim NDB

Enroute altitude: 5000 ft.

Vor jedem Flug empfiehlt es sich, einen Radio Management Plan zu erstellen – also wann welches Funkfeuer gesetzt wird. Das Ziel ist, so wenig wie nur möglich im Flug rumzudrehen und am Besten so viel wie möglich am Boden vorzubereiten. Natürlich soll man nicht mit den Radios sparen – man sollte immer ein Bild davon haben, wo man sich befindet!

Hier ist mein Vorschlag:

Für diesen Beispielflug hab ich die Standard Cessna genommen. Sie hat 2 VORs und 1 ADF.

Man kann jeweils eine aktive und eine standby Frequenz setzen.

Empfänger	Active	Standby
VOR1	TAU (116,70)	MTR (110,00)
VOR 2	MTR (110,00)	CHA (115,50)
ADF	RUD (338)	

Und so sah es bei mir aus:

Radios sind gesetzt:



Ready for departure



Auf dem Boden haben wir noch keinen Empfang. Nichtsdestotrotz habe ich die Kurse eingestellt.

Bei ca. 2400 ft können wir alle Stationen (bis auf Metro) empfangen!



Also müssen wir ca. 50 ° nach rechts damit wir zum RUD NDB kommen. Oben rechts sehen wir auch schon die DME Information für TAU – wir sind gerade 37,8 nm davon entfernt.

Langsam fängt der CDI von VOR1 an, sich zu bewegen – wir können also nicht mehr weit von RUD sein!



Die Berechnete Distanz zwischen RUD und TAU beträgt ca. 15 nm, also noch ca. 2 Meilen bis RUD... Mittlerweile können wir auch schon MTR empfangen (VOR 2).

Nach einer Linkskurve gehts dann nach TAU



Approaching TAU



Rechts rum nach MTR



Dabei ist VOR 1 immer noch auf TAU geschaltet...

Kurz nach TAU das neue Radio Management



MTR auf VOR1 (active), CHA auf VOR1 (standby)
CHA auf VOR2 (active), RID auf VOR2 (standby)

Das schöne an der VOR Navigation ist, dass der Autopilot das auch kann! ☺

Kurz vor MTR



Das erkennen wir daran, dass sich das CDI von VOR 2 bewegt.
MTR sowie MTR besitzen beide keine DMEs!

Inbound CHA



VOR 1 immer noch auf MTR...

Kurz vor CHA



Das DME haben wir auf VOR 2 (RID) geschaltet.

Auf dem Weg nach Ried



Jetzt sind wir wieder nah genug an RUD, damit wir es empfangen können. 7 nm to go...

Rechts rum nach RUD



Wir fliegen hier immer noch nach VOR1! Das ADF zeigt fast perfekt nach oben, also sind wir auf gutem Wege nach RUD.

8. Vorschau

VORs und NDBs können auch für Anflüge eingesetzt werden. Das wird dann bei Teil II besprochen