

Flugtraining – Grundlagen

Pilot Training Manual Edition 2008

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	3
2. DIE GRUNDPRINZIPIEN DER INSTRUMENTENFLIEGEREI	3
2.1 Pitch & Power.....	3
2.1.1 Definition.....	3
2.1.1.1 Pitch.....	3
2.1.1.2 Power	3
2.1.2 Zusammenhang von Pitch und Power	3
2.2 Das Scanning.....	5
2.2.1 Prinzip.....	5
2.2.2 T-Scan – Die primären und sekundären Instrumente	5
2.2.3 Scanning mit System.....	7
2.2.3.1 Stabiler Geradeausflug.....	7
2.2.3.2 Kurvenflug	8
2.2.3.3 Steig- und Sinkflug	9
2.2.3.4 Kombination von Kurven- und Steig-/Sinkflug.....	10
2.3 Allgemeine Grundregeln	11
2.3.1 Aviate – Navigate – Communicate.....	11
2.3.2 PPP Pitch Power Performance	11
2.4 Die drei Stufen der Automatisierung	12
2.4.1 Raw Data Hand-Flown.....	12
2.4.2 Flight Director Hand-Flown	12
2.4.3 Autopilot Coupled	13
3. IFR-NAVIGATION.....	14
3.1 VOR-Navigation	14
3.1.1 Einleitung.....	14
3.1.2 Funktion.....	14
3.1.2.1 VOR.....	14
3.1.2.2 DME.....	15
3.1.3 Einschränkungen	15
3.1.3.1 Signalreichweite	15
3.1.3.2 Cone of Silence	17
3.1.4 Anzeige.....	18
3.1.4.1 Frequenzauswahl	18
3.1.4.2 Navigationsanzeige	18
3.1.5 Navigation mit dem VOR	19
3.1.5.1 Radial	19
3.1.5.2 Track.....	20
3.1.5.3 Intercepts.....	23
3.1.5.3.1 30° – Intercept	24
3.1.5.3.2 45° – Intercept	25
3.1.5.3.3 90°/45° – Intercept.....	26
3.1.5.4 Windkorrektur	27
3.1.5.5 VOR-Überflug.....	28
3.1.5.5.1 Fly-By oder Smart Turn	28
3.1.5.5.2 Fly-Over.....	29
3.2 ILS – Instrument Landing System	30
3.2.1 Prinzip.....	30
3.2.2 Komponenten	30
3.2.3 Anzeige.....	32
3.2.4 Frontcourse und Backcourse.....	34
3.2.5 Anflugkategorien.....	34
3.2.5.1 Kategorie 1	35
3.2.5.2 Kategorie 2	35
3.2.5.3 Kategorie 3	35
3.2.6 ILS-Anflug.....	36
3.2.7 Phraseologie.....	37
3.3 ADF-Navigation.....	38
3.3.1 Einführung	38
3.3.2 Anzeige und Funktion	38
3.3.2.1 NDB.....	38

3.3.2.2	ADF	38
3.3.3	QDR und QDM	38
3.3.3.1	QDR.....	39
3.3.3.2	QDM	39
3.3.4	Navigation mit dem ADF	39
3.3.4.1	Relative Bearing – Relativ-Peilung.....	39
3.3.4.2	QDR/QDM ermitteln	39
3.3.4.3	Windkorrektur	42
3.3.4.4	Korrektur von QDM und QDR.....	44
3.4	Allgemeine IFR-Regeln.....	45
3.4.1	Windkorrektur	45
3.4.1.1	Die Drittel-Regel	46
3.4.1.2	Die 60er-Regel	47
3.5	Warteverfahren, Holding, Orbit.....	48
3.5.1	Prinzip	48
3.5.2	Regeln und Definitionen	48
3.5.3	Windkorrektur	50
3.5.4	Einflugverfahren, Entry-Procedures.....	52
3.5.5	Holding mit dem FMC	53
3.5.6	Phraseologie.....	53
3.5.7	Beispiel Holding über GIPOL bei Zürich	55
3.5.8	Orbit.....	55

1. EINLEITUNG

Das Kapitel *Grundlagen* behandelt die wirklich primär wichtigen Dinge der IFR-Fliegerei, weshalb es relativ allgemein gehalten ist, aber dann doch ins Detail geht.

Im Kapitel *Flugverfahren* geht es dann eher um konkretere Beispiele und Flugabläufe mit mehr Details, die dort angebracht sind.

Darum solltet ihr zunächst die *Grundlagen* lesen, danach könnt ihr euch den *Flugverfahren* widmen. Das heisst aber nicht, dass ihr das Kapitel *Grundlagen* dann nicht mehr benötigt: Einige Dinge werden bei den *Flugverfahren* nur kurz angeschnitten, mit Verweis auf dieses Dokument.

2. DIE GRUNDPRINZIPIEN DER INSTRUMENTENFLIEGEREI

Bevor wir konkret an die Besprechung von Flugverfahren gehen, müssen wir ein paar Grundlagen schaffen, Definitionen betrachten und Fakten verinnerlichen, auf die die gesamte Instrumentenfliegerei aufbaut. Der Mensch ist nämlich nicht für die Fliegerei gemacht. Er benötigt immer eine Referenz für die Lage im Raum, ansonsten wird er nach wenigen Minuten die Kontrolle über sein Flugzeug verlieren und mit hoher Wahrscheinlichkeit unsanft auf die Erde zurückkehren. Da wir ja unabhängig vom Wetter fliegen wollen benötigen wir als Ersatz für die Horizontlinie ein Instrument und einige Fertigkeiten, damit es auch wirklich mit dem Blindflug klappt.

2.1 Pitch & Power

2.1.1 Definition

2.1.1.1 Pitch

Der Ausdruck **Pitch** steht in der Fliegerei für Bewegungen um die Querachse, vereinfacht gesagt: Flugzeugnase runter oder rauf, der Anstellwinkel ist gemeint.

Auf dem **künstlichen Horizont (ADI, Attitude and Direction Indicator)** kann man den aktuellen Pitch-Wert auf der vertikalen Skala ablesen. Ist dieser **positiv** so redet man von einem **ANU**-Wert (**Attitude Nose Up**, z.B. 5° ANU = 5° Nase nach oben). Hat man einen negativen Pitch-Wert, so nennt man das **AND (Attitude Nose Down)**. Man kann aber selbstverständlich auch ganz simpel von +5° Pitch oder -3° Pitch reden, wobei jeweils das Vorzeichen (Plus oder Minus) mitgesagt wird.

2.1.1.2 Power

Power ist ganz einfach die Energie, die wir dem Flugzeug durch die Triebwerke hinzufügen oder wegnehmen.

Strenggenommen ist der Ausdruck Power für Flugzeuge mit Kolbenmotoren gültig, auch bei den meisten Turboprops redet man von **Power**. Handelt es sich um ein Strahltriebwerk, so nutzt man in der Regel den Ausdruck **Thrust**.

Beide Arten des Schubs werden aber im Rahmen der IFR-Fliegerei als Power zusammengefasst.

2.1.2 Zusammenhang von Pitch und Power

In der **IFR-Fliegerei kombiniert** man **Pitch und Power**, sie sind unzertrennlich! So manch ein Neuling in diesem Gebiet der Fliegerei muss hier evtl. alte und falsche Angewohnheiten ablegen und sich radikal auf Pitch und Power einstellen!

Zunächst müssen wir eine sehr wichtige Regel aufstellen, die zunächst nicht ganz Sinn macht:

- **die Geschwindigkeit regelt man mit dem Pitch**
- **die Sinkrate/Steigrate regelt man mit Power**

Als Autofahrer ist man ja gewohnt, dass man die Geschwindigkeit mit dem Gaspedal regelt, mit der Power. Allerdings haben wir beim Auto den Vorteil, dass wir nicht einfach vom Himmel fallen können, wenn wir zu langsam werden! Ein Flugzeug wird dies aber tun, wenn wir zu langsam werden. Es ist sicherer, wenn man die Geschwindigkeit mit Pitch regelt, denn der Effekt ist viel stärker, als wenn ich Gas gebe. Hat man zum Beispiel einen hohen Pitch-Wert, zeigt die Flugzeugnase also hoch in den Himmel, so wird die Geschwindigkeit abfallen. Wenn ich nun lediglich die Power erhöhe, so wird zwar das Absinken der Geschwindigkeit verlangsamt, aber irgendwann reicht auch Vollgas nicht mehr aus. Es ist darum sicherer, primär die Nase abzusenken, also die ANU zu verringern und dann Gas zu geben. Nur so kann man dem gefährlichen Geschwindigkeitsverlust entgegenwirken. Gewöhnt man sich diese Flugtechnik an, so ist man immer auf der sicheren Seite!

Will man z.B. einen Sinkflug gesteuert (mit einer bestimmten Sinkrate und IAS) durchführen, so verringert man den aktuellen Pitch-Wert um einen bestimmten Winkel und verringert die Power und einen bestimmten Betrag. Dazu muss man sein Flugzeug natürlich kennen und auch noch wissen, welche Pitch- und Power-Werte man vor Beginn des Sinkflugs hatte.

Bei der Bekanntmachung mit einem neuen Flugzeugtypen übt und merkt man sich darum gewisse Eckwerte, die eigentlich immer sehr gut brauchbar sind. So weiss man beispielsweise, dass Flugzeugtyp A mit 68% Schub und 2° ANU die Höhe halten und eine IAS von 250 kts haben wird. Natürlich ist dies nur ein Anhaltswert und je nach Gewicht, Höhe und Temperatur muss dann z.B. noch ein Prozent Schub hinzugegeben und die Pitch um 0.5° erhöht werden. Dies ist aber die nur die Feinjustierung, zunächst muss grob ein Wert gesetzt werden, der ungefähr stimmt.

Es gibt dafür spezifische Tabellen, die solche Werte enthalten. Solch eine Tabelle könnte wie folgt aussehen:

Standard FS2004 Boeing 737-400	Höhe halten 250 KIAS	Standard-Kurve	Steigflug 1500ft/min	Steigflug & Kurve 1500ft/min
Pitch	2°	4° - 5°	5°	7°
Power (% N1)	48%	50%	60%	62%

Solch eine Tabelle lässt sich für jeden Flugzeugtypen erstellen und wer regelmässig einen bestimmten Flugzeugtyp benutzt, sollte sich diese Werte einmal erfliegen und zwar auf Flughöhen zwischen 5000ft und 10000ft, da man erfahrungsgemäss gerade in diesen Höhen von Hand fliegt.

Hat man diese Werte parat, so kann man sein Manöver einleiten, die Fluglage stabilisieren und sich schnell wieder anderen Dingen mit mehr Aufmerksamkeit widmen (z.B. Flugfunk, Navigation).

Der Grund für eine Änderung dieser Werte im Kurvenflug liegt darin, dass der Auftrieb nicht mehr senkrecht entgegen der Gewichtskraft wirkt, weshalb diese Kraft, die ja gegen die Gewichtskraft wirkt, kleiner wird. Um die Höhe zu halten muss also mehr Auftrieb erzeugt werden und dies geht über die Erhöhung des Anstellwinkels. Eine Erhöhung des Anstellwinkels zieht aber auch einen höheren Energieverbrauch nach sich, sodass man ein wenig mehr Leistung geben muss, um nicht langsamer zu werden.

Sobald diese Zusammenhänge und die daraus resultierenden Änderungen von Pitch und Power ins Blut übergegangen sind, steht einem entspannten Flug selbst in widrigsten Bedingungen nichts im Wege.

Dazu benötigen wir aber ein weiteres Werkzeug, denn ich kann nicht einfach blind Pitch und Power ändern, ohne mich auf den Instrumenten zu vergewissern, dass dies nun die richtige Änderung war.

Dieses Werkzeug nennt sich Scanning und wird im nun folgenden Kapitel besprochen.

2.2 Das Scanning

2.2.1 Prinzip

Was versteht man unter Scanning? **Scanning** ist das **gezielte Abtasten** der Instrumente nach Informationen. Natürlich tastet man die Instrumente nicht mit den Händen ab sondern **mit den Augen**. Zentral wichtig ist dabei unser Ersatz für den echten Horizont der sogenannte **künstliche Horizont**, der **Attitude** and **Direction Indicator ADI**. Deswegen ist das auch der Ort, zu dem wir regelmässig beim Scanning zurückkehren, der ADI ist unser **Zentralinstrument!**

Beim Scanning vergleicht man die aktuellen Werte mit den geforderten Werten, **man vergleicht** also **Ist- und Soll-Werte miteinander**.

Der Sinn davon ist, dass man **Abweichungen** von den Soll-Werten so **früh wie möglich erkennt** und auch **so früh wie möglich Korrekturen einleiten** kann. Je schneller man nämlich Abweichungen beobachtet, desto kleiner sind sie zu diesem Zeitpunkt und desto kleiner fallen dann folglich die Korrekturen aus.

Der **häufigste** in der Fliegerei gemachte **Fehler** ist die **Fixierung auf einen Punkt oder auf einen Wert**. Konzentriert man sich über längere Zeit nur auf ein Detail, so verliert man die anderen Parameter aus dem Blick und stellt nach einiger Zeit erschreckt fest, dass riesige Korrekturen nötig sind, was dann wiederum zum Beispiel grosse Ruderausschläge zur Folge hat. Das ist nicht wirklich koordiniertes und konzentriertes Fliegen, sondern der Kampf des Piloten gegen die Maschine. Um dies zu vermeiden wird und muss das Scanning trainiert und angewendet werden.

Grundsätzlich gilt, dass man sich, **egal** ob nun **mit oder ohne** Flight Director, ob manuell oder mit Autopilot geflogen wird, im Cockpit die **Soll-Werte vor Beginn der Flugmanöver eindreht**.

Soll man zum Beispiel den Kurs von 260° auf 200° ändern, so setzt man vor Beginn der Kurve den neuen Kurs von 200°, damit man ein Ziel hat, auf das man gewissermassen zusteuern kann. Dieses Prinzip gilt natürlich auch für Flughöhe und Geschwindigkeit, sofern diese Werte im Cockpit einstellbar sind.

2.2.2 T-Scan – Die primären und sekundären Instrumente

Egal ob konventionelles Cockpit mit vielen mechanischen Uhreninstrumenten oder moderner Airliner mit Glascockpit – man findet immer das eine selbe System bezüglich der Anordnung der Instrumente: Der ADI ist das zentrale Instrument, auf gleicher Höhe findet man links davon den **ASI (Air Speed Indicator)**, rechts das **Altimeter (Höhenmesser)** und unter dem ADI den **Kompass (HSI)**. Wenn man dies so betrachtet erkennt man doch tatsächlich ein Schema, welches dem **Buchstaben T** ähnlich ist. Und wer hätte es gedacht: Man macht in der Regel einen sogenannten **T-Scan** oder **T-Scanning!** Innerhalb dieser T-Form sind die **Primary Flight Instruments (primäre Instrumente)** angebracht, die **Secondary Flight Instruments (sekundäre Instrumente)** befinden sich direkt am Rande des T.

Hier ein Vergleich verschiedener Panels mit dem immer wiederkehrenden T-Schema



Die primären Instrumente sind die Anzeigen, die am häufigsten überprüft werden müssen, während die sekundären Instrumente nicht so häufig gebraucht werden, weil sie prinzipiell nur zur Feineinstellung dienen.

2.2.3 Scanning mit System

Nun haben wir unser Instrumenten-T gefunden, fehlt uns nur noch ein Rezept für das korrekte Scanning dieses T's.

Zunächst müssen wir zwischen verschiedenen Situationen in der Luft unterscheiden: Man kann stabil geradeausfliegen, man kann eine Kurve fliegen, einen Steig- oder Sinkflug ausführen, oder beides kombinieren. Für jede Situation verbindet man einfach Pitch & Power mit einem korrekten und konzentrierten Scanning und schon bleiben alle Parameter innerhalb des grünen Bereichs.

Je nach Fluglage muss das Scanning ein wenig angepasst werden. Dabei wird nichts anderes gemacht, als die Frequenz der Überprüfung der einzelnen Instrumente zu ändern.

Ganz gleich in welcher Fluglage man sich gerade befindet: Das zentrale Instrument ist immer und unverrückbar der künstliche Horizont, der ADI!

2.2.3.1 Stabiler Geradeausflug

Will man einfach nur auf der aktuellen Höhe mit der aktuellen Geschwindigkeit geradeaus fliegen, hat man den einfachsten Fall des Scannings.

Zunächst stellen wir sicher, dass die Soll-Werte stimmen, die auf dem nebenstehenden Bild in violetter Farbe umkreist sind: IAS 240 kts, ALT 5000ft und HDG 339°.

Zusätzlich sind in dieser Version der Avionics auf den jeweiligen Skalen nochmals blaue Markierungen angebracht, welche ebenfalls unsere eingestellten Soll-Werte grafisch darstellen.

Die roten Kreise deuten die Orte/Instrumente an, die wir im Laufe dieses Flugabschnitts regelmässig überprüfen: ASI, ADI, ALT und HDG.

Beginnen wir mit dem ADI. Nun wandern der Blick zunächst nach rechts auf den Höhenmesser – denn wir wollen ja primär die Höhe halten. Ist hier alles korrekt, fällt unser Blick zurück auf den ADI. Da wir nicht nur die Höhe, sondern auch das Heading halten wollen, müssen wir kurz prüfen, ob Ist- und Soll-Kurs noch übereinstimmen, also wandert der Blick vom ADI runter auf die HDG-Anzeige. Ein kurzer Blick reicht und wir schauen schon wieder auf den ADI. Nun folgt ein kurzer Scan der Flughöhe, dann wieder der ADI und schliesslich geht es nach links auf den ASI, um zu sehen, ob wir noch die richtige Geschwindigkeit haben. Schliesslich wandert der Blick zurück auf den ADI und somit ist unser Scan-Schema für diesen Flugzustand beendet. Nebenher darf man natürlich auch mal kurz auf die Anzeige der Vertikalgeschwindigkeit schauen, allerdings ist deren Anzeige immer etwas zeitverzögert, sodass man nur wirklich am Höhenmesser eine Abweichung sofort erkennen kann.

Dies wiederholt man nun immer wieder, auch wenn es am Anfang anstrengend erscheint. Mit ein bisschen Übung verinnerlicht man dies langsam und die Augen machen es schon fast automatisch.

Das Scanning nochmals in der Reihenfolge der Schritte:

ADI→**ALT**→ADI→**HDG**→ADI→**ALT**→ADI→**ASI**→ADI

Die **Priorität** des Scannings liegt im **Geradeausflug** also ganz eindeutig bei **Höhe und Kurs**. Sekundär wird dabei die Geschwindigkeit gescannt, denn sobald einmal die korrekte Power eingestellt wurde und die Höhe konstant bleibt, sollte auch die Geschwindigkeit wie betont beim Soll-Wert bleiben. Die Power muss man eventuell trotzdem das eine oder andere Mal leicht nachjustieren, daher wird der ASI immer wieder, aber weniger häufig, geprüft.



Weicht nun einer der Ist-Werte vom Soll ab, so muss natürlich gegengesteuert werden. Dabei muss man sich natürlich die Einstellungen von Pitch und Power merken und diese dann geringfügig anpassen, um zu den Soll-Werten zurückzukommen.

Steigt der Flieger zum Beispiel ein wenig, so muss man den Pitch ein wenig verringern, aber wirklich nur um wenige Zehntelgrad. Zur Kontrolle kann man dann anhand der sekundären Instrumente ein wenig Feinjustierung betreiben: Der VSI (Vertical Speed Indicator) kann dafür benutzt werden.

2.2.3.2 Kurvenflug

Wie wir im Absatz *Pitch und Power* gelernt haben, müssen wir **in Kurven** die **Pitch und Power etwas erhöhen**, um Geschwindigkeit und Höhe konstant zu halten.

Optimalerweise erhöht man beim Einleiten der Kurve kontinuierlich beide Werte um den bekannten Betrag. **Ist man noch ungeübt**, setzt man die **Power** schon direkt **vor Beginn des Kurvenflugs**, weil dann die Konzentration voll und ganz beim Scanning der Primärinstrumente bleiben kann. Wenn man etwas **geübter** ist und das Scanning gut sitzt, kann man auch gerne den **Schub parallel** zur **Einleitung der Kurve anpassen**.

Das Scanning an sich erfolgt mit leicht **erweiterten** Prioritäten, denn wir müssen ja nicht nur die Höhe und die Geschwindigkeit im Auge behalten, sondern auch die **Querlage (Bank)** und unseren **aktuellen Kurs** im **Vergleich mit dem Soll-Kurs**.



Wir beginnen die Kurve also mit der Erhöhung der Power um wenige Prozent – wieviel das nun ist, hängt vom Flugzeugtypen ab. Danach drehen wir unser Flugzeug in die Kurve hinein und nehmen dabei die Querneigung ein, die für eine Standard-Kurve (Drehgeschwindigkeit 3° pro Sekunde, 180° pro Minute) nötig ist. Wir erinnern uns: **Querneigung = TAS dividiert durch 10, plus 7**. Im Beispiel hier haben wir eine TAS von ca. 250kts (grob geschätzt), was nach der Formel eine Querlage von $25 + 7 = 32^\circ$ benötigt. Natürlich darf man **nicht mehr als 30° Bank fliegen**, weil dies ausserhalb der Skala liegen würde (weisser Bogen mit Skala am oberen Rand des ADI. Darum fliegen wir einfach eine Querlage von knapp 30°, ist nicht schlimm wenn es nur 27° sind, es sollten aber nicht weniger als 25° sein. Also müssen wir diesen Wert ebenfalls mitscannen.

Während wir die Querneigung erhöhen, muss auch der Pitch ein wenig erhöht werden. Man kann sich jetzt schon denken, dass dabei natürlich leicht die Soll-Höhe verlassen werden kann, darum benötigt der Kurvenflug besonderer Übung, um die Feinheiten des Flugzeugs kennenzulernen! Was auf jeden Fall nicht getan werden soll ist die Höhe in einer Kurve mit Pitch-Trim zu halten, denn am Ende der Kurve müssten wir die Trimmung wieder zurück in die alte Stellung bringen – das ist zuviel Arbeitsaufwand. Da zieht man lieber ein paar Sekunden ein wenig am Steuerhorn.

Direkt mit der **Querlage** steht der Steuerkurs (HDG) in Verbindung, denn **je grösser** die **Querneigung** ist, **desto schneller drehen** und nähern wir uns dem Soll-Kurs. Aus diesem Grund muss beim Scanning nicht einfach nur das aktuelle Heading geprüft werden sondern dieses auch mit dem Ziel-Heading, also dem Soll-Kurs, verglichen werden. Hat sich der Ist-Kurs auf 10° zum Soll-Kurs angenähert leiten wir die Kurve gefühlvoll aus.

Mit ein wenig Übung kann man das so koordiniert machen, dass man die Querneigung auf 0° verringert hat wenn man genau auf dem Soll-Kurs ist. Dies ist aber nicht ganz so trivial, weil gleichzeitig noch **Pitch und Power angepasst** (verringert) werden müssen. **Hier zahlt es sich aus, wenn man sich diese beiden Werte vor Beginn der Kurve gemerkt** hat, weil man einfach zu ihnen zurückkehren muss. Das klingt simpel und das ist es auch – man muss es nur trainieren, immer wieder.

ADI→**BANK**→ADI→**ASI**→ADI→**ALT**→ADI→**HDG**→ADI

2.2.3.3 Steig- und Sinkflug

Nach diesem doch relativ anspruchsvollen Kurvenflug wenden wir uns dem deutlich leichteren Steig- und Sinkflug zu.

Zunächst beginnen wir mit dem **Steigflug**: Wir fliegen auf 5000ft und das Manöver beginnt damit, dass wir im **Altitude Selector** die **Zielhöhe** eindrehen: 6000ft. Die Aufgabe besteht nun darin, einen kontrollierten Steigflug mit exakt 1000 ft/min durchzuführen, dabei darf nicht vom **Kurs** abgewichen werden und auch die **Geschwindigkeit** darf nicht absacken!

Wir beginnen den Steigflug nun damit, dass wir wie ein Roboter unser **Pitch- und Powerprogramm abrufen**: Gleichzeitig die **Nase** des Flugzeugs um ein paar wenige Grad **anheben** und den **Schub** um ca. 10% N1 **erhöhen**. Ist dies getan beziehen wir den VSI (Vertical Speed Indicator, Variometer) in unser Scanning ein, um damit die Feineinstellungen vorzunehmen.

Konkret sieht das Scanning im Steigflug dann so aus: Zunächst heben wir die Nase um 2° bis 3° an, dafür müssen wir logischerweise auf den ADI schauen. Wichtig ist, dass wir dabei auch genug Schub geben, also schnell ein Blick zur N1%-Anzeige.

Woran sehen wir ob wir genug Schub gegeben haben? Die Geschwindigkeit muss trotz einer Steigrate von 1000 ft/min konstant bleiben, also schauen wir auf die IAS-Anzeige: Verlieren wir Geschwindigkeit, geben wir 1% oder 2% mehr Schub, nimmt sie dagegen zu, verringern wir die Triebwerksleistung um einen ähnlichen Betrag.

Nun haben wir eine stabile Geschwindigkeit bzw. wir haben eingegriffen und einen weiteren, ungewollten Trend der IAS verhindert. Wir haben also Zeit, um einen Blick auf das Variometer/VSI zu werfen und zu prüfen ob wir wirklich die gewünschte Steigrate haben. Ist dem so, dann passt alles, steigen wir stärker als gewollt müssen wir die Nase etwas absenken und auch ein wenig den Schub verringern. Zeigt uns der VSI, dass wir schneller steigen müssen, nehmen wir die Nase um 1° nach oben und erhöhen auch die Leistung der Triebwerke um 1% oder 2%.

Schliesslich haben wir Zeit, um auf unseren Steuerkurs und auf die Höhe zu schauen!

An diesem Punkt beginnt der Scan von vorne, hier der Ablauf:

ADI→**ASI**→ADI→**VSI**→ADI→**HDG**→ADI→**ALT**→ADI

Den **Steigflug leiten wir** gefühlvoll **aus**, sobald wir uns der **Zielhöhe** um einen bestimmten Wert **angenähert** haben. Dieser Wert errechnet sich aus **10% der Vertikalgeschwindigkeit**. Steigen wir also mit 1000 ft/min, so beginnen wir 100ft vor der Zielhöhe die Ausleitung des Steigflugs, in diesem



Beispiel bei 5900ft.

Der Abfangbogen sollte langsam und gefühlvoll bei 5900ft eingeleitet werden, ein konstanter Scan von ADI, ASI und VSI garantiert, dass wir keine gewünschten Parameter unter- oder überschreiben, nicht vergessen den Schub zu verringern!

Der Sinkflug läuft vom Scanning her exakt gleich ab, nur dass wir in diesem Fall den Schub entsprechend verringern und die Nase herunternehmen müssen. Der Sinkflug wird wieder an der, anhand der Daumenregel, errechneten Höhe ausgeleitet. Am Ende sollten wir wieder exakt den Pitch- und Powerwert wie vor dem Steig- und Sinkflug haben. Ein weiterer Grund, sich diese Werte für die Standardgeschwindigkeit von 250 KIAS einzuprägen.

2.2.3.4 Kombination von Kurven- und Steig-/Sinkflug

Nach diesem kleinen Entspannungsprogramm geht es ans Eingemachte: Die **Kombination von Kurven- und Steigflug** ist nicht ohne, denn man muss das aufwändige Scanning des Kurvenflugs mit der starken Schubänderung des Steig- bzw. Sinkflugs verbinden. Hier werden einige an ihre Grenzen stoßen – das ist ganz normal! **Wenn es nicht klappt, dann kehre zunächst zum reinen Kurven- und Steigflug zurück und übe diese** bis das Hirn raucht. **Erst wenn diese beiden Manöver sitzen, kann man auch diese dritte Aufgabe hier meistern:**

Wir beginnen zunächst mit der **Einstellung der Soll-Werte** für HDG und ALT, in diesem Beispiel HDG 270° und ALT 6000ft, die Ausgangswerte vor dem Manöver betragen HDG 360° und 5000ft.

Das Scanning ist nun sehr entscheidend und man muss wirklich bei allen Werten hinterher sein, um keinen Ausreisser zu verpassen. Wir müssen zunächst den Schub für den Steigflug erhöhen, allerdings muss noch für den Kurvenflug das eine oder andere Prozent hinzugegeben werden. Gleichzeitig wird die Nase angehoben und die Kurve eingeleitet – wir wollen 25°-30° Querlage sehen und eine VSI von 1000 ft/min. Die dafür **benötigte Pitch** ist – wer hätte es gedacht – die **Summe aus benötigter Pitch für Kurven- und Steigflug**. Daraus folgend müssen wir die Nase um ca. 3° für den Steigflug und dazu nochmal um ca. 2° für die Kurve anheben, macht dann 5°-6° Pitchkorrektur! Am Rande: Im **Sinkflug** müsste man natürlich die Nase nicht um 5°-6° absenken sondern nur um 1°-2°, denn der **Kurvenflug** muss ja durch eine **Pitcherhöhung ausgeglichen** werden!



Nun haben wir also unsere Pitch und Power aus dem Gedächtnis abgerufen und eingestellt, es kann an die Überwachung der Ist-Werte gehen. Dabei darf der Vergleich des aktuellen gegen den gewünschten Steuerkurs nicht vergessen werden! Im Prinzip macht man hier eine Art Sternflug im Cockpit: Immer wieder zum ADI zurückkehrend streicht der Blick über die Anzeigen von Pitch, Querneigung, ASI, HDG, VSI und ALT. Das ist komplex und bedarf einiger Übung, also nicht aufgeben.

ADI→**BANK**→ADI→**ASI**→ADI→**HDG**→ADI→**VSI**→ADI→**ALT**→ADI

Meist erreicht man das Ende der Kurve vor dem Ende des Steig- oder Sinkflugs – oder andersherum. Muss z.B. die Kurve ausgeleitet werden, reduziert man die Pitch und Power um den Kurvenaufschlag. Man befindet sich dann wieder im reinen Steig- oder Sinkflug – ein nun hoffentlich bekanntes Muster, mit dem wir umgehen können.

2.3 Allgemeine Grundregeln

2.3.1 Aviate – Navigate – Communicate

Dies ist die **Grundregel Nummer 1 der Fliegerei!** Oberste Priorität hat immer die Kontrolle über das Flugzeug. Egal was gerade geschieht: Bevor ich irgendeine andere Sache tue, stelle ich sicher, dass ich das Flugzeug unter Kontrolle habe.

Ist dies sichergestellt kann man sich der nächst niedrigeren Stufe widmen. Fliegen wir auch auf dem richtigen Weg?

Schliesslich steht der Punkt Communicate an dritter Stelle. Erst jetzt darf ich mir Gedanken um Kommunikation mit dem Fluglotsen machen. Es würde ja auch wenig Sinn machen bei einer abschmierenden Maschine zuerst mal dem Lotsen brav zu antworten und sich erst dann um den Flugzustand zu kümmern.

1. **AVIATE** – Fliege das Flugzeug, lass Dich nicht vom Flugzeug fliegen!
2. **NAVIGATE** – Habe immer den Überblick über die Navigation, lass Dich nicht vom Navigationscomputer irgendwohin fliegen!
3. **COMMUNICATE** – Rede mit dem Fluglotsen oder mit dem Cockpitkollegen!

Ein konkretes Beispiel dafür wäre eine Situation, in der das Flugzeug von Hand geflogen und gerade konfiguriert wird. Ruft mich jetzt gerade der Lotse mit einer Anweisung, die ich auf Grund der Arbeitsbelastung nicht sofort ausführen oder bestätigen kann, dann hat der Fluglotse Pech gehabt! Allerbeste Priorität hat die sichere Durchführung des Fluges.

2.3.2 PPP Pitch Power Performance

Eine der wichtigsten Regeln in der Fliegerei lautet **PPP – Pitch, Power, Performance**. Was soll man sich darunter vorstellen? Hält man PPP ein, so kann man sich aus eigentlich jeder Situation retten. Analog zur gerade beschriebenen Prioritätenverteilung **Aviate, Navigate, Communicate**, kann man sich PPP als die Verteilung der Prioritäten des Punktes **Aviate** vorstellen. Was muss ich eigentlich tun, um dem **Aviate** gerecht zu werden?

Egal ob Go-Around, Anflug, Reiseflug, immer wird einem das **PPP** helfend zur Seite stehen, denn es funktioniert wie folgt:

- | | |
|-----------------------|--|
| 1. PITCH | Stimmt mein Pitch? |
| 2. POWER | Stimmt die eingestellte Triebwerksleistung? |
| 3. PERFORMANCE | Stimmt die Konfiguration des Flugzeugs? Klappen? Fahrwerk? |

Beispiel: Go-Around, durchstarten! Wie wir noch lernen werden, hat jedes Flugzeug einen bestimmten **Pitch**, der zunächst für den Fall eines Go-Around vom Piloten eingestellt werden muss. Stimmt der Pitch, gilt unsere Aufmerksamkeit nun der **Power**. Haben wir wirklich den für einen Go-Around geforderten und benötigten Schub eingestellt? Liefern die Triebwerke wirklich soviel? Schliesslich, wir haben nun sichergestellt, dass der Flieger steigen sollte (denn Pitch und Power ergeben zwangsläufig einen bestimmten Flugzustand), prüfen wir, ob wir die Landeklappen auf die korrekte Stellung für das Durchstartmanöver gesetzt haben. Steigen wir definitiv, kann das Fahrwerk eingefahren werden. Diese Prüfung fällt unter den Punkt **Performance**.

Man darf das auch gerne als Anleitung nutzen: **Pitch** – zieh die Nase rauf! **Power** – setze Leistung! **Performance** – Klappen auf die richtige Stellung, Fahrwerk bei positiver Steigrate rein!

PPP funktioniert auch, wenn mal etwas schiefgehen sollte! Fällt ein Triebwerk aus, so ist meine oberste Priorität **AVIATE!** Also, PPP: Pitch OK? Power auf dem anderen Triebwerk OK? Performance stimmt, Klappen drin, Fahrwerk oben?

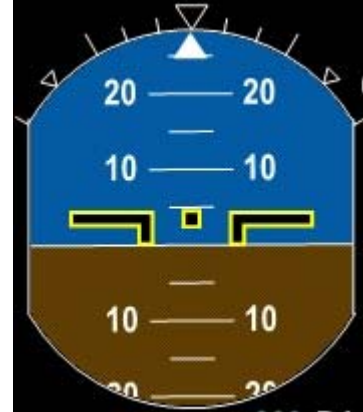
PPP hilft einem aus fast jeder Situation heraus!

2.4 Die drei Stufen der Automatisierung

2.4.1 Raw Data Hand-Flown

Dies ist die primitivste Art der Instrumentenfliegerei. Man arbeitet hier komplett ohne Hilfsmittel, kein Flight Director der einen durch die Manöver führt, kein Autopilot, der das Flugzeug steuert. **Zunächst sollte man diese Art der Fliegerei beherrschen**, bevor man sich auf die nächste Stufe der Automatisierung begibt. Was würde man sonst tun, sollten einem eines Tages Autopilot und Flight Director ausfallen?

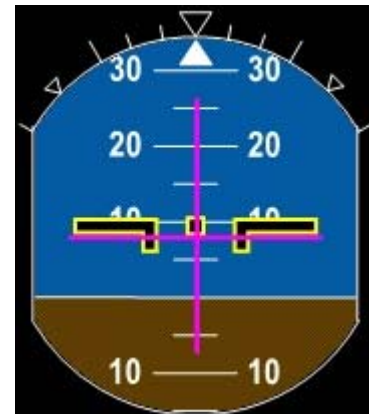
Raw Data hand-flown ist recht anspruchsvoll, wenn man nicht geübt ist und **hier ist** das **Scanning** wirklich **überlebenswichtig**, weil man alle **Abweichungen selbst erkennen** und die erforderlichen Schritte zu deren **Korrektur selbst einleiten** muss.



2.4.2 Flight Director Hand-Flown

Die nächsthöhere Stufe im IFR-Betrieb besteht darin, dass man zwar immer noch manuell fliegt, nun aber vom **Flight Director** vorgegeben bekommt welche **Bank (Querlage)** und **Pitch (Anstellwinkel)** man fliegen soll, um die **gewünschten Parameter** einzuhalten. Diese Werte müssen vorher vom Piloten über ein Interface/Panel eingegeben werden, welches meist MCP (Mode Control Panel) heisst. Ein Flight Director ist ein Kommandogerät, welches direkt im künstlichen Horizont angezeigt wird und es gibt davon verschiedene Ausführungen:

Zum einen das hier in der Grafik rechts gezeigte Modell "**Cross Bar**": Das violette Kreuz in der Mitte besteht tatsächlich aus zwei unabhängig bewegbaren Balken, die je Bank (vertikaler Balken, kann sich nach rechts oder links bewegen) und Pitch (horizontaler Balken, kann sich nach oben und nach unten bewegen) vorgeben.



Ein anderes bekanntes Modell ist der links dargestellte "**Single Cue**" oder "**V-Bar**" Flight Director.

Bei dieser Version kann sich das "V" gleichzeitig herauf oder herunturbewegen und nach links oder rechts neigen und so vorgeben in welche Richtung man drehen und/oder die Nase heben oder neigen soll, um den Soll-Wert zu erreichen.

Sofern ein FD (Flight Director) über ein Interface korrekt vom Piloten programmiert worden ist, gibt der FD (Flight Director) dem Piloten vor wie er zu fliegen hat.

Bilden die beiden Balken ein perfektes Kreuz (Cross Bar) bzw. liegt das grosse V direkt über unserem Pitch-Indicator (V-Bar), so befinden wir uns in diesem Augenblick im perfekten Flugzustand: Ist-Wert entspricht Soll-Wert. Sobald man von einem der Werte abweicht, wird einer der Balken in die entsprechende Richtung auswandern (Cross Bar) und er kann wieder zentriert werden, indem man ihm mit der Querneigung oder mit dem Pitch folgt. Sobald man die vom Flight Director angedachte Lage im Raum erreicht hat, wird er wieder genau in der Mitte stehen und ein Kreuz bilden.

Beim V-Bar Flight Director ist es noch einfacher, hier muss man einfach Flight Director und Pitch-Indicator zueinander bringen, er ist auf jeden Fall intuitiver zu bedienen. Dafür ist der Cross Bar Flight Director präziser in der Anzeige, man kann ihm viel präziser folgen, weil er die Kommandos für Bank und Pitch getrennt anzeigt.

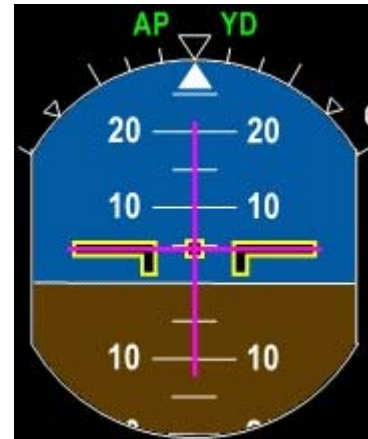
Was man aber nicht vergessen darf ist folgendes: ***Ein Flight Director kann nur dann korrekte Kommandos vorgeben, wenn man ihn korrekt programmiert hat!*** Ansonsten kann er einen stur wie ein Esel in den nächsten Berg führen! Also immer darauf achten, dass man den horizontalen UND den vertikalen Modus mit den korrekten Daten füttert.

2.4.3 Autopilot Coupled

Die dritte und letzte Stufe der Automatisierung nennt sich ***Autopilot Coupled***. Man fliegt nun nicht mehr manuell, sondern überlässt dem Autopiloten die Arbeit, dem Flight Director zu folgen. Dies entbindet einen aber nicht von der Aufgabe, die Einstellungen des Flight Directors genau zu überprüfen, denn der Autopilot folgt nur blind den Kommandos des Flight Directors und wenn die falsch sind, dann kann es selbst der beste Autopilot der Welt nicht richtig machen!

Es gibt für den Betrieb mit dem Autopiloten noch weitere Unterscheidungen, denn je nach Flugzeugtyp und Ausstattung ist der Autopilot auch in der Lage, automatische Landungen durchzuführen, die bei schlechten Sichten nötig sind. Weitere Angaben dazu findest Du im weiteren Verlauf dieses Dokuments und auch im Kapitel

LUFTRECHT.



3. IFR-NAVIGATION

3.1 VOR-Navigation

3.1.1 Einleitung

Die Abkürzung **VOR** steht für den sperrigen Ausdruck **Very high frequency Omni-directional Radio range** oder auf Deutsch **Drehfunkfeuer**. Das soll aber nichts anderes aussagen, als dass es sich um einen VHF-Sender handelt, der um sich drehend in alle Richtungen ein Signal abstrahlt. Solche VORs existieren in verschiedenen Varianten, manche haben eine starke Sendekraft, manche eine schwächere, was deren Reichweite beeinflusst. Meist steht mit solch einem VOR auch ein DME zur Verfügung. DME steht für **Distance Measuring Equipment** und ist nichts anderes als ein weiterer Sender, mit dem die aktuelle Distanz zwischen Sender und Flugzeug gemessen werden kann.

Das geniale an einem VOR ist, dass man als Pilot nicht nur einfach bestimmen kann in welche Richtung man fliegen muss, um zum VOR zu gelangen, sondern, dass man sehr genau messen und anzeigen lassen kann wo man sich genau in Relation zum Sender befindet. Man kann so also auch ganz gezielt und sauber auf einem bestimmten Kurs zur Station fliegen.

3.1.2 Funktion

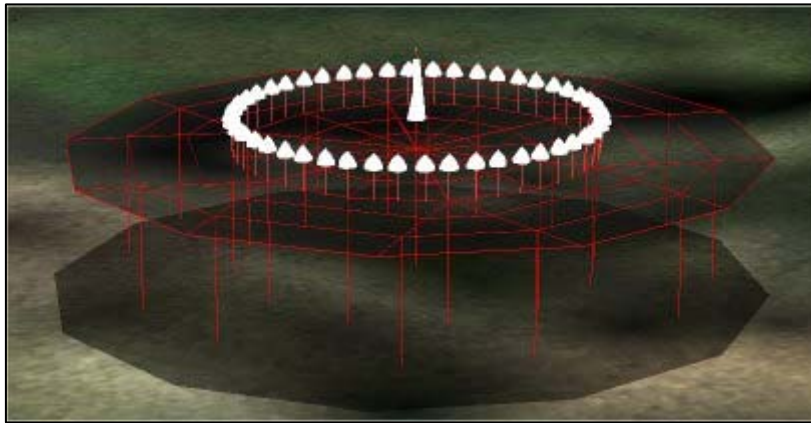
3.1.2.1 VOR

Wie geht das nun genau?

Prinzipiell kann man sich ein VOR wie einen **Leuchtturm** vorstellen: Auf einem Turm sind zwei Lampen montiert, eine **grüne Lampe**, die immer zu einem **bestimmten Zeitpunkt in alle Richtungen** strahlt und eine **drehbare weiße Lampe**, die einen **genau definierten Lichtstrahl** aussendet und im **Uhrzeigersinn gedreht** wird. Jedes Mal wenn die **weiße Lampe** genau durch die **Nordposition** (360°, magnetisch Nord!) kommt **leuchtet** auch die **grüne Lampe kurz auf**, um anzuzeigen, dass nun eine Umdrehung der weißen Lampe beginnt.

Der **Beobachter** benötigt nun noch eine Stoppuhr und muss zum Leuchtturm blicken. Die Messung **beginnt** beim Aufblitzen des **grünen** Lichts und **endet** beim Aufblitzen des **weißen** Lichts.

Für jeden Umlauf des weißen Lichtstrahls wird eine bestimmte Zeit benötigt, nehmen wir z.B. 60 Sekunden. Das heisst, dass 360° in 60 Sekunden zurückgelegt werden. Dies wären also 360° dividiert durch 60 Sekunden, was 6° pro Sekunde ergibt. Pro Sekunde Differenz zwischen grünem und weissen Licht befinden wir uns also um 6° mehr zwischen 0° und 359°. Befänden wir uns beispielsweise genau südlich des Leuchtfuers, so würden wir den weissen Lichtstrahl genau nach 30 Sekunden sehen, denn genau dann hat sich die weiße Lampe um 180° gedreht (30 Sekunden * 6° pro Sekunde = 180°).



Eine klassische VOR-Anlage

Ein VOR funktioniert sehr ähnlich: Hier dreht sich also keine Lampe, sondern es existieren ein Referenz- und ein gleichzeitig umlaufendes Signal, welche im Radiowellenbereich liegen. In Zusammenhang mit der Betrachtung des Leuchtturms ergibt sich nun ein Sinn für den Begriff **Drehfunkfeuer**. Die Umlaufgeschwindigkeit eines VOR ist allerdings viel schneller als die eines Leuchtturms und anstatt Licht werden hier Radiowellen auf einer festgelegten und veröffentlichten VHF-Frequenz ausgesandt. Der Frequenzbereich liegt zwischen 108.00 MHz und 117.95 MHz.

3.1.2.2 DME

Wie in der Einleitung kurz angeschnitten, steht die Abkürzung **DME** für die Bezeichnung **Distance Measuring Equipment**. Dabei handelt es sich um einen eigenständigen Sender, den man per DME-Gerät im Flugzeug auf einer fest definierten Frequenz ansprechen kann, worauf der DME-Sender am Boden unverzüglich mit einem Gegensignal antwortet, welches vom Bordempfänger gemessen wird. Dabei wird eine **Laufzeitmessung** dieses Radiosignals vorgenommen (welches sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, man kann also mehrmals pro Sekunde messen) und am Ende muss das Bordgerät nur die gemessene Zeit halbieren, um die aktuelle Distanz zur DME-Station korrekt anzuzeigen.

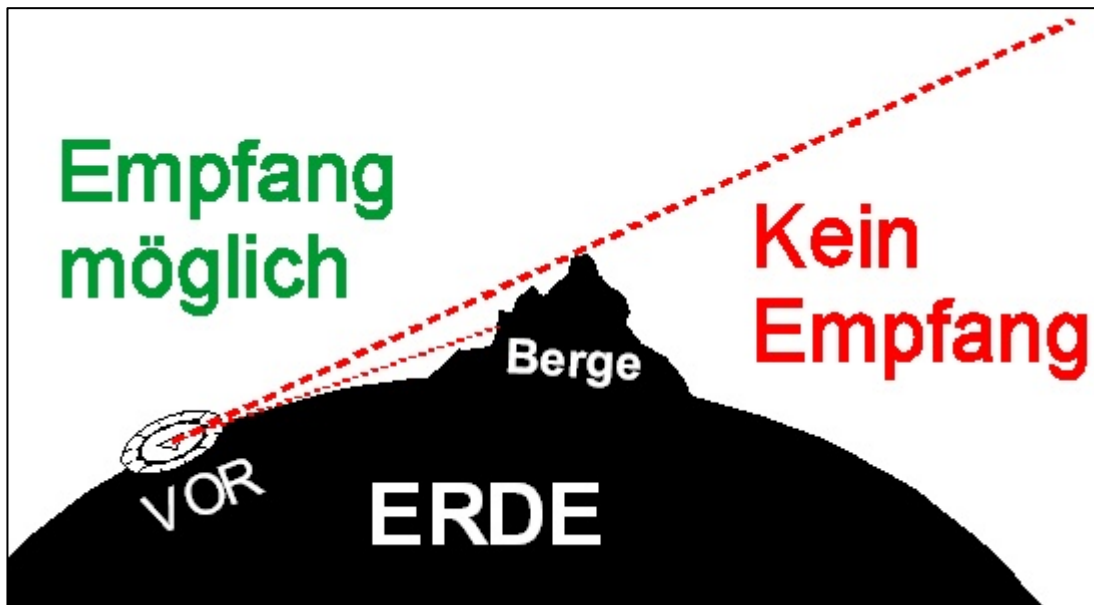
Solch ein DME ist meist mit einem anderen Navigationssender (VOR, NDB oder ILS) kombiniert (Englisch: **paired, co-located**) und es muss keine separate Frequenz eingedreht werden, um dessen Signale zu empfangen. An manchen Orten ist es allerdings so, dass am Flugplatz nur eine einzige DME-Station steht, die aber als Referenz für alle lokalen Anflugsysteme dient. Dieses DME hat dann eine separate Frequenz und muss parallel (im zweiten NAV-Empfänger oder mit der Funktion DME-Hold, falls im Flugzeug vorhanden) zum eigentlichen Anflugsystem (z.B. ILS) eingestellt werden.

3.1.3 Einschränkungen

3.1.3.1 Signalreichweite

VORs haben **zwei bedeutende Einschränkungen**, über die man sich im Klaren sein muss! Die erste Limitation besteht darin, dass VOR-Signale nur im Sichtbereich des VOR empfangen werden können. Durch die Kugelform der Erde kann man ein VOR also nicht unendlich weit empfangen, sondern nur bis zur Horizontlinie, vom Flugzeug aus gesehen. Je höher man fliegt, desto besser der Empfang.

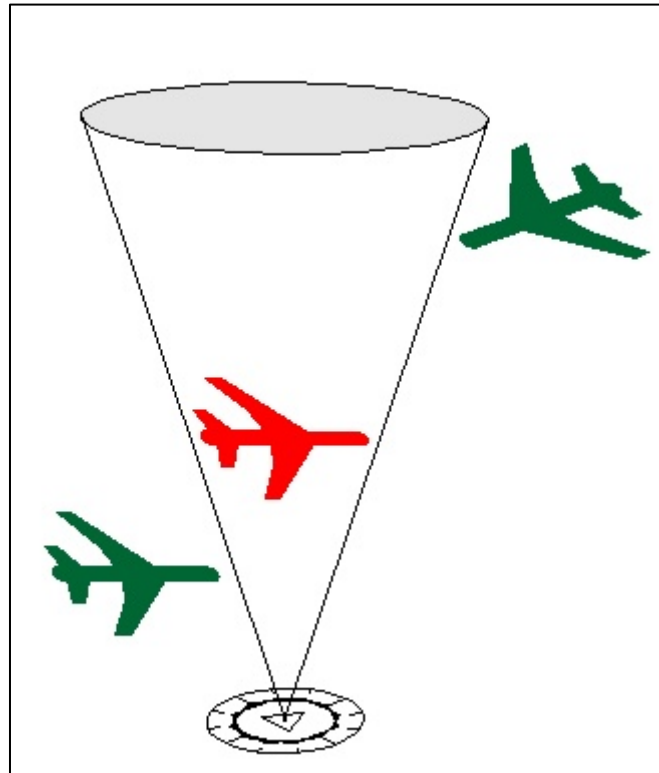
Dies rührt daher, dass sich die Radiowellen im VHF-Bereich nicht verbiegen können und ziemlich gerade von der Station abgestrahlt werden und dann irgendwann in der Atmosphäre verschwinden.



Anhand der Grafik kann man sich das auch recht gut vorstellen. Grundsätzlich ist der Empfang oberhalb der **dünn gestrichelten** Linie (Horizontlinie) möglich. Existiert allerdings ein Hindernis (in der Regel Berge), so muss man noch höher fliegen, um die VOR-Signale aus einer grösseren Distanz empfangen zu können (**dicke gestrichelte Linie**).

3.1.3.2 Cone of Silence

Die **zweite** bedeutende **VOR-Limitation** ist der sogenannte **cone of silence**. Dabei handelt es sich um einen Bereich genau über dem VOR, in dem keine oder keine zuverlässigen Signale empfangen werden können. Da das VOR ein sich drehendes Signal aussendet ist der Bereich von konischer Form, spitz am Boden zulaufend, nach oben hin sich öffnend. Es können dort deshalb keine Signale empfangen werden, weil das VOR-Signal primär seitlich abgestrahlt wird.



cone of silence

Die grün gefärbten Flugzeuge erhalten zuverlässige Signale des VORs, das rote Flugzeug kann diese nicht empfangen.

Merke: Je höher man fliegt, desto grösser ist der cone of silence.

Überfliegt man also ein VOR, so wird die Anzeige zunächst instabil werden, schliesslich fällt sie für eine gewisse Zeit aus. Man darf nun nicht den Fehler machen und jeder Bewegung korrigierend begegnen, sonst kommt nur Mist heraus. Am besten hält man den zuletzt gesetzten Steuerkurs (Heading) und wartet bis das VOR wieder empfangen werden kann.

3.1.4 Anzeige

3.1.4.1 Frequenzauswahl

Im Cockpit besteht die Anzeige des VOR prinzipiell aus **zwei Komponenten**. Zunächst benötigt man eine Möglichkeit, um die Frequenz des gewünschten VOR oder DME einzustellen. Meist hat es nicht nur einfach die aktive Frequenz sondern eine sogenannte **Pre-Select** oder **Standby Frequency**. Man kann bei solchen Geräten die gewünschte Frequenz nicht direkt eingeben, sondern man setzt zunächst in einer Art Zwischenspeicher die neue VOR-Frequenz. Es gibt dann auf dem Gerät eine Taste mit deren Hilfe man diese Frequenz aus dem Zwischenspeicher gegen die aktive Frequenz tauschen kann. In diesem Beispiel wird dies mit der weissen Taste mit dem Doppelpfeil getan. Meist hat man nicht nur einen NAV-Empfänger, sondern gleich deren 2 an Bord, die in der Regel NAV 1 und NAV 2 genannt werden.



3.1.4.2 Navigationsanzeige



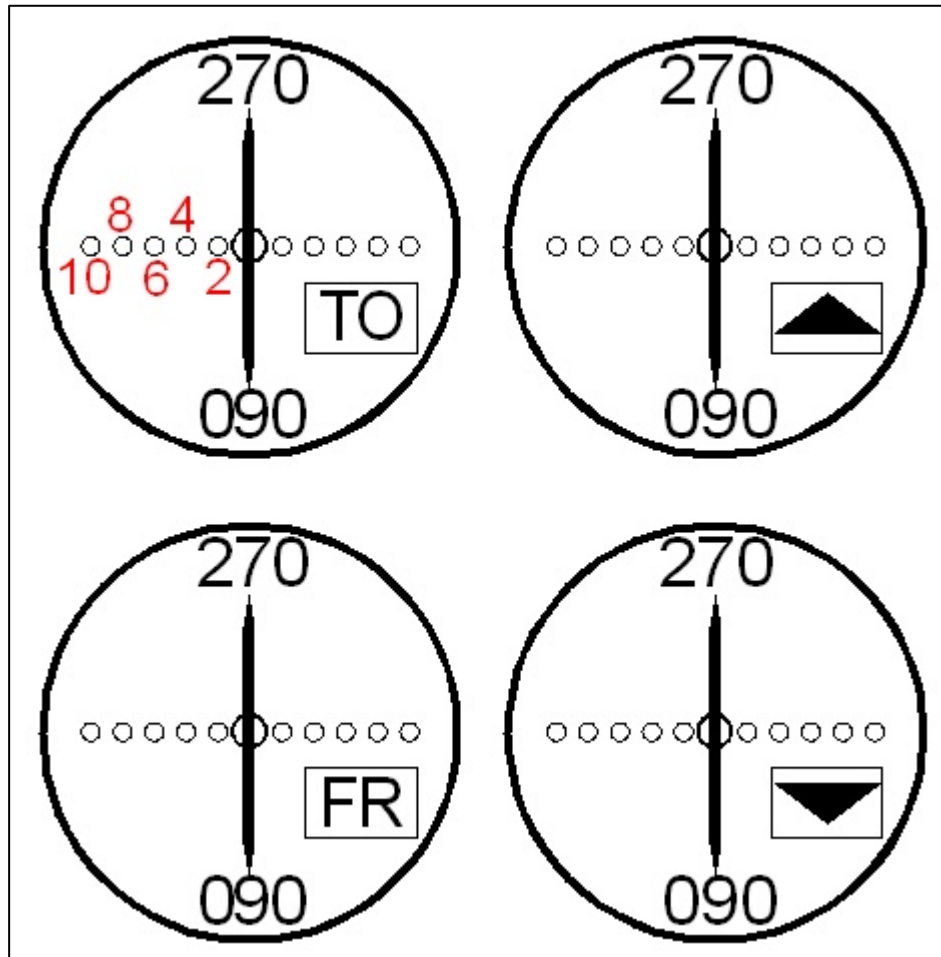
Um die empfangenen VOR-Signale überhaupt anzuzeigen, benötigt man ein zweites Gerät, den OBS: **Omnibearing Selector**. So ein OBS sieht wie eine **Kompassrose** aus, in deren Mitte eine **Skala** mit einem auf ihr **beweglichen Balken (Ablageanzeige, Course Deviation Indicator CDI)** zu finden ist. Weiterhin existiert eine **TO-FROM-Anzeige**. Der per OBS eingestellte Wert nennt sich **COURSE** (daher heisst der Ablagebalken auch Course Deviation Indicator).

Wird gerade kein VOR-Signal empfangen, so gibt es verschiedene Möglichkeiten wie die Anzeigebalken positioniert werden. Auf konventionellen Geräten, wie hier gezeigt, werden diese Balken zentriert und es erscheint zusätzlich eine deutlich markierte Anzeige, welche uns signalisiert, dass gerade kein Signal empfangen wird. Im Beispielbild kann man solch eine rot-weiss-gestrichelte **flag** für GS sehen. Das heisst, dass in diesem Moment kein Signal für die Funktion GS (= Glideslope, siehe Erläuterungen zum ILS-Anflug) empfangen wird und daher der horizontal liegende Balken zentriert ist.

In diesem Beispiel wird gerade ein VOR-Signal empfangen, was daran zu erkennen ist, dass neben dem Schriftzug NAV keine rot-weiße flag sondern eine gültige TO-FROM-Anzeige (weisses Dreieckssymbol) erscheint. Der weisse Querbalken ist zentriert, weil in diesem Beispiel gerade Soll- und Ist-Position zum VOR übereinstimmen.

Die Skala auf so einem OBS hat auch eine Bedeutung: Die darauf angebrachten Punkte geben die Ablage in Grad an. Befände sich die Nadel entweder ganz rechts oder ganz links, so hiesse das, dass wir uns 10° oder mehr Grad links oder rechts vom oben eingestellten Radial/Track befinden. Auf dem hier gezeichneten Gerät entspricht also jeder Teilstrich 2° Unterschied.

Auch kann man gut erkennen, wie die TO- und FROM-Anzeige jeweils mit Buchstaben und rechts daneben mit dem Dreiecksymbol angezeigt werden.



3.1.5 Navigation mit dem VOR

In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns nun damit, wie man mit einem VOR navigiert.

3.1.5.1 Radial

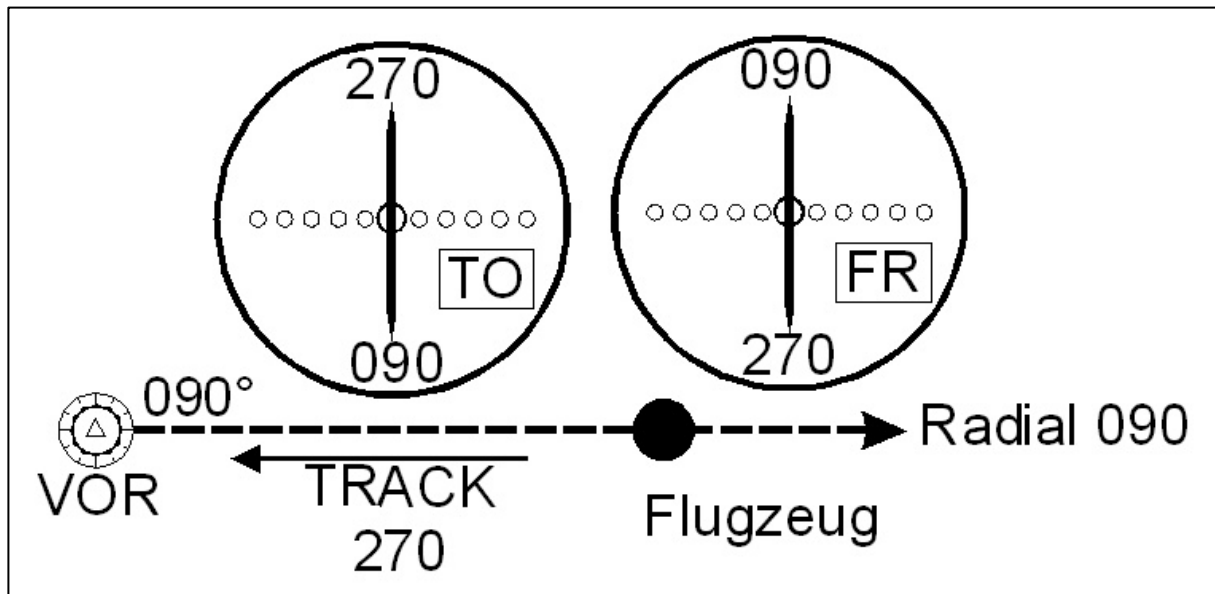
Ein VOR strahlt ein sich im Uhrzeigersinn drehendes Signal ab, also ein um 360° drehendes Signal. Der Bezugs- oder Ausgangspunkt ist immer magnetisch Nord und das Signal, welches das VOR in einem bestimmten Winkel sendet, nennt man ein **Radial**. Ein VOR hat also **360 Radiale**, jedes ist genau definiert und das **Radial 360/000** zeigt per Definition immer genau nach **magnetisch Nord**. Für die Radiale gibt es in Karten verschiedene Abkürzungen, die geläufigste besteht aus **R-** und dem **immer dreistelligen Radialwert**, beispielsweise Radial genau in Richtung Osten = R-090. Bei manchen Schreibweisen wird der Bindestrich ausgelassen, sodass nur noch Rxxx (z.B. R090) zu lesen ist. Auch ist immer genau definiert, zu welchem VOR ein Radial gehört. Darauf muss geachtet werden, um eine korrekte Navigation zu gewährleisten.

Auf einem Radial kann man grob gesagt nur zwei Zustände haben: Man fliegt entweder auf einem Radial von der Station weg – dies nennt sich **radial outbound**. Oder man fliegt auf einem solchen Radial zur VOR-Station hin – dies wird **radial inbound** genannt.

Die Anweisung *follow Sample VOR radial 090* heisst also, dass wir auf dem Radial 090° vom VOR Sample wegfliegen sollen. Will uns der Fluglotse auf dem Radial 090° zum VOR fliegen lassen, so muss er das Wort ***inbound*** hinzufügen. Er müsste dann *follow Sample VOR radial 090 inbound* anweisen. In beiden Fällen sollen wir also einer Standlinie des Sample VORs von der Station weg oder zu ihr hin folgen, die genau nach magnetisch Ost zeigt.

3.1.5.2 Track

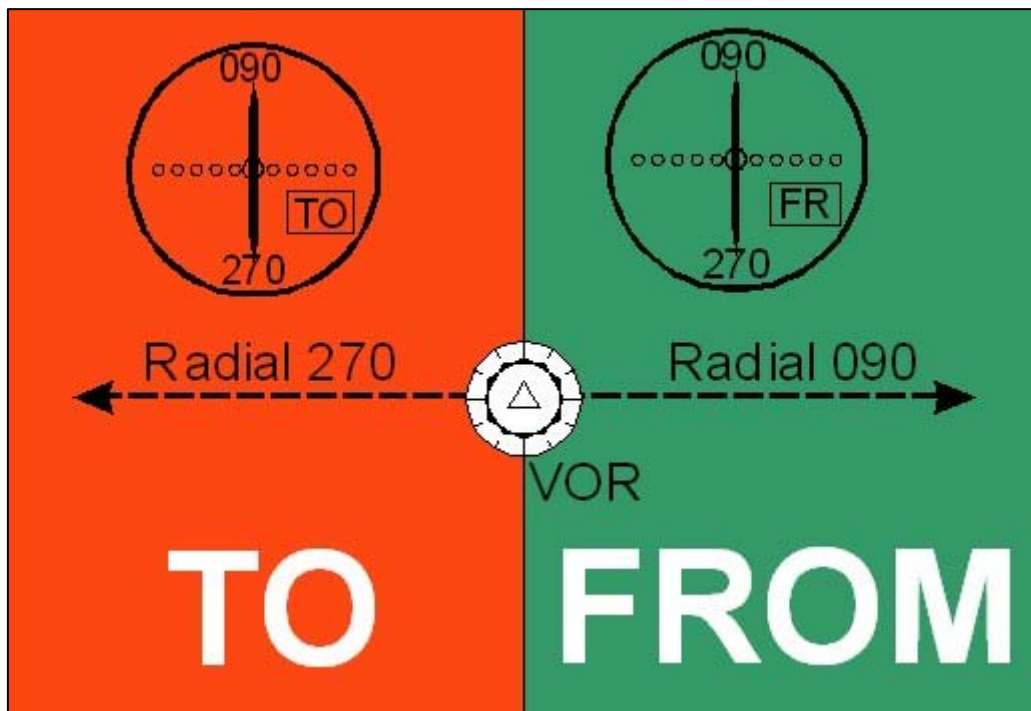
Der **Track entspricht immer dem radial inbound**, er ist also **immer zum VOR** gerichtet. Der Vorteil des Ausdrucks *Track* liegt auf der Hand: Man könnte Radial 090 inbound missverstehen und genau in die falsche Richtung, also nach Osten, fliegen. Der Track ist da eindeutiger, denn er gibt dem Piloten den korrekten Kurs an und nicht irgendein Radial, es muss nicht mehr gerechnet werden, denn der Track ist exakt der Gegenkurs zum Radial! R090 = Track 270.



Auf der ersten Grafik sehen wir im Westen ein VOR, die eingezeichnete Standlinie ist das Radial 090° und der schwarze Punkt auf dem Radial 090 ist unser Flugzeug. Darüber sind zwei VOR-Anzeiger dargestellt, die auf COURSE 270° bzw. COURSE 090° eingestellt sind.

Wie man gut erkennen kann, ist auf beiden Geräten die Anzeige für die Kursablage (der dünne schwarze, senkrecht stehende Balken) auf der Skala zentriert. Wir befinden uns also genau auf der eingestellten Standlinie. Der Hauptunterschied der beiden Geräte besteht darin, dass das eine *TO* und das andere *FROM* zeigt. Was bedeutet das aber für uns?

Ob uns die VOR-Anzeige den Wert *TO* oder *FROM* zeigt, hängt von genau **zwei Faktoren** ab: Vom durch den Piloten per **OBS** eingestellten Course und davon in welchem **Winkel** sich das Flugzeug in **Relation zum VOR** befindet.



Automatisch und fortlaufend stellt das Gerät fest in welchem Winkel zum VOR wir uns gerade befinden, indem es die empfangenen Signale der VOR-Station auswertet. Durch den OBS-Wählnopf stellt der Pilot ein, welcher Bezugswinkel für die Ablageanzeige (CDI) genutzt werden soll. Diesen Bezugswinkel denken wir uns nun als Standlinie, die durch das VOR führt.

In der Grafik ist dies mit dem Beispiel des Course 090° gemacht. Östlich des VOR ist dies das Radial 090, westlich des VOR nennt sich diese Linie Radial 270, sie ist dort also genau der Gegenkurs zum Radial 090 ($090^\circ + 180^\circ = 270^\circ$). Über dem VOR stellt man sich nun eine Trennlinie vor, die genau quer zum eingestellten Course verläuft, in diesem Beispiel also nach 360° bzw. 180° verlaufend.

Stellt der Pilot nun per OBS den Wert 090 ein und befindet sich im roten Bereich der Grafik, also in dem Bereich, in dem er auf Course 090 auch 090° als Steuerkurs fliegen müsste, um zum VOR zu gelangen, dann erscheint die Anzeige *TO*. Sieht man als Pilot also die Anzeige *TO* und ist der CDI zentriert, dann muss der eingestellte Course geflogen werden, um auf dem Track (oder radial inbound) zur Station zu fliegen. Nach Überflug der Station oder einer Position genau querab des eingestellten Course (also von rot zu grün) wechselt die Anzeige von *TO* auf *FROM*, denn nun fliegen wir, mit dem CDI zentriert und Steuerkurs gleich OBS-Einstellung, vom VOR auf dem gewünschten Radial weg.

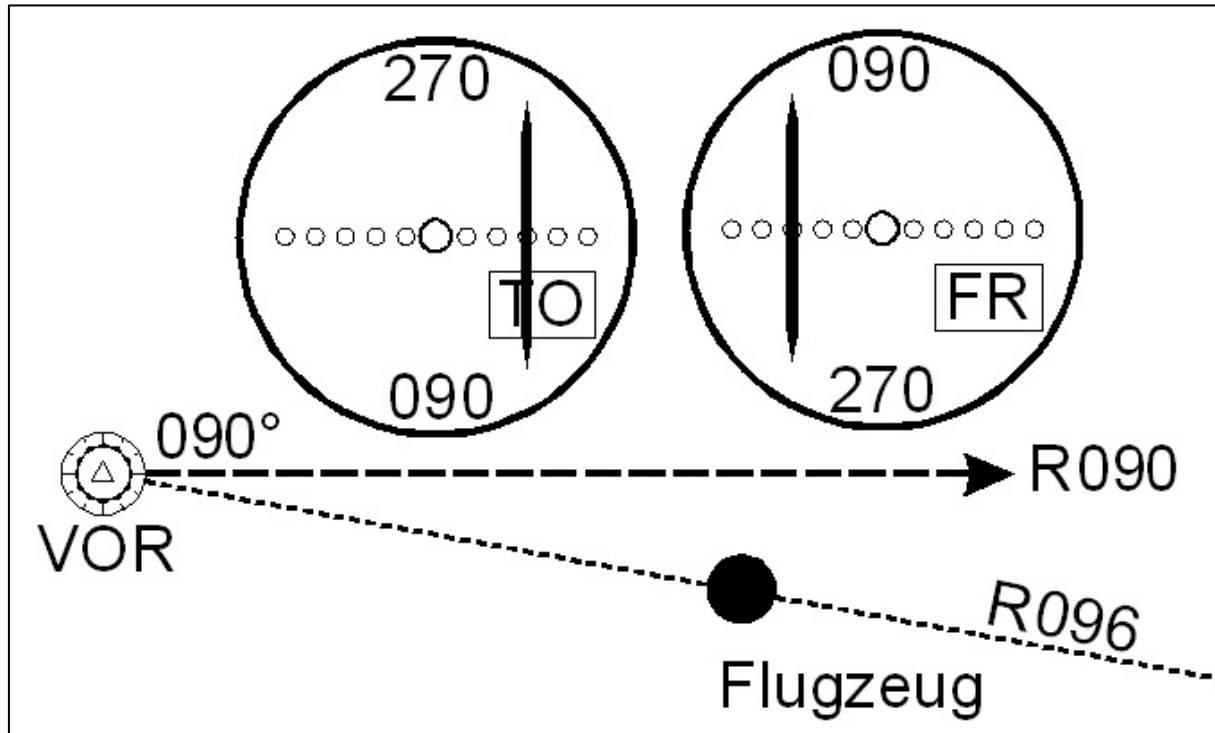
Befinden wir uns genau über dem VOR oder genau querab des eingestellten Course, so wird die VOR-Anzeige auf OFF springen, weil es in diesem Bereich kein Signal gibt bzw. kein Kurs angezeigt werden kann.

Der aktuelle Steuerkurs des Flugzeugs hat auf die Anzeige TO/FROM keinerlei Einfluss!

Um Verwirrung im Cockpit vorzubeugen sollte immer der Kurs per OBS eingestellt werden, den man am Ende fliegen will. Soll auf Track 270 zum VOR geflogen werden, was ja dem Radial 090 inbound entspricht, so setzt man nicht 090, sondern den Wert 270. Erhält man nun die Anzeige *TO* weiss man, dass man sich auf jeden Fall östlich des VOR befindet. Die genaue Position lässt sich dann per CDI bestimmen.

Warum will man das? Das liegt daran, dass man für den Flug **zum VOR** mit der **TO-Anzeige** und beim Flug **vom VOR weg** mit der **FROM-Anzeige** das VOR-Gerät als **Kommandogerät** nutzen kann. Der **Ausdruck Kommandogerät** kommt daher, dass die **erforderlichen Kurskorrekturen in Richtung des CDI** gemacht werden müssen!

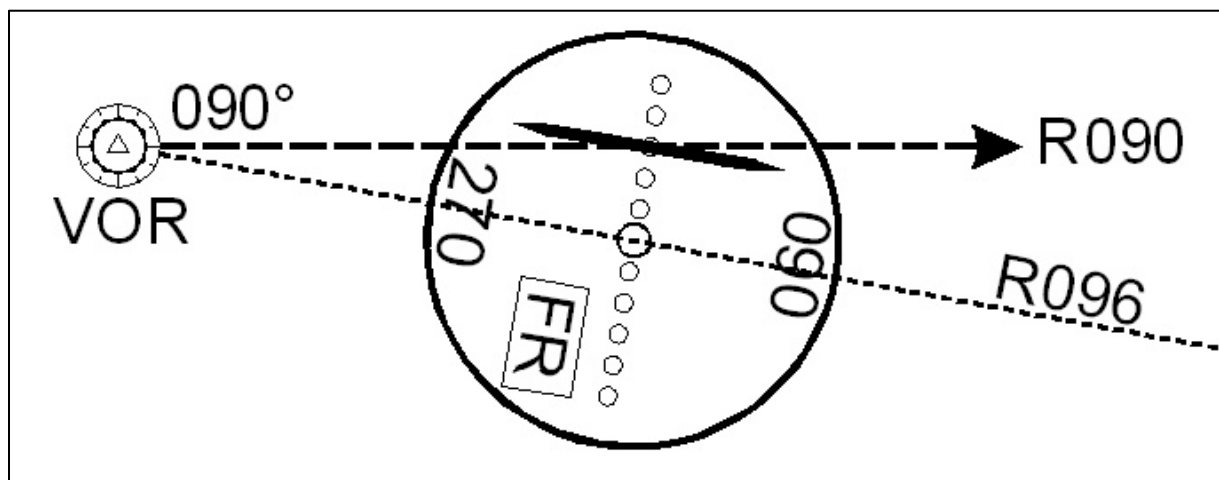
Befindet sich der CDI z.B. rechts vom Mittelpunkt der Skala, so müssen wir auch nach rechts korrigieren/drehen, um ihn wieder zu zentrieren, also wieder auf das gewünschte Radial bzw. den gewünschten Track zurückzukehren.



In diesem Beispiel ist am OBS der Course 090 eingestellt (rechtes Gerät). Unser NAV-Gerät zeigt uns FROM und der CDI/Ablagebalken ist nicht wirklich zentriert, er steht 3 Einheiten auf der linken Seite. Also haben wir aktuell eine Differenz von 6° zwischen dem Soll-Radial (OBS 090) und dem Ist-Radial (096°), denn pro Einheit müssen wir mit einer Ablage von 2° rechnen. Um zum Radial 090 zurückzukehren, müssten wir nun nach links kurven, um das Soll-Radial zu jagen, bis wir es wieder zentriert haben. Wichtig ist dabei die FROM/TO-Anzeige.

Genau anders sieht es bei der Anzeige aus, hätten wir am OBS den Wert 270 eingedreht (linkes Gerät)! In diesem Fall wäre die Ablageanzeige zwar auch um 3 Striche verschoben, allerdings nach rechts!

Wir können uns diese Situation vielleicht besser vorstellen wenn wir das Flugzeugsymbol gegen das OBS-Gerät tauschen, welches mit der Spitze in Flugrichtung zeigt! Nun sieht man eindeutig warum die Anzeige so ist wie sie ist und warum es sich um ein Kommandogerät handelt.



3.1.5.3 Intercepts

Wichtig ist, dass wir wissen wie wir ein bestimmtes Radial oder einen bestimmten Track anschneiden und dann auf diesem weiterfliegen. Hierfür gibt es verschiedene Prozeduren, die populärsten werden hier nun vorgestellt.

Generell folgt bei einem Radial-/Track-Intercept immer der gleiche Ablauf. Bevor wir überhaupt das Flugzeug in irgendeine Richtung drehen, müssen wir herausfinden wo wir uns in Relation zur Station befinden, welche Intercept-Prozedur wir nutzen wollen und in welche Richtung wir überhaupt drehen sollen!

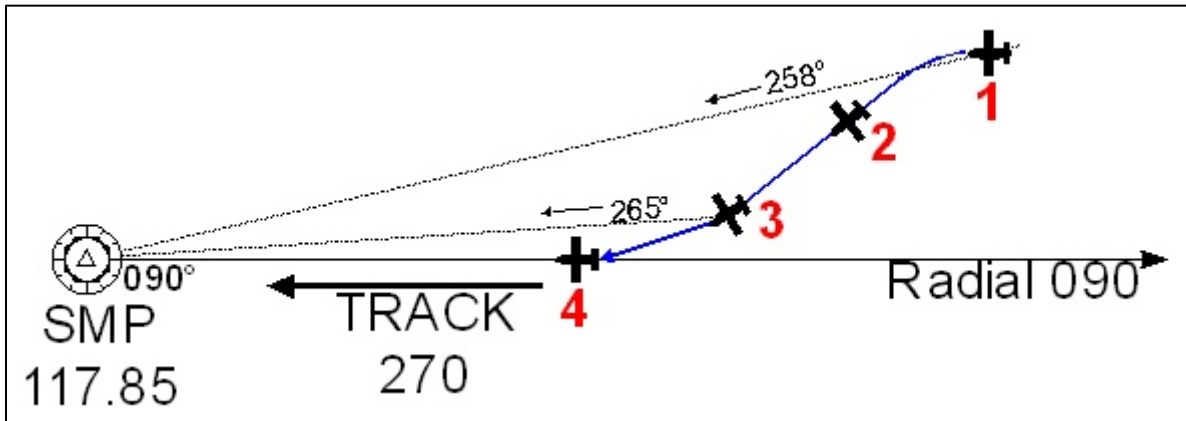
1. Das Ist-Radial bzw. den Ist-Track zu einem VOR bestimmen wir indem solange am OBS gedreht wird bis der CDI (Ablageanzeige) in der Skala zentriert ist. Sollen wir ein *radial outbound* einfangen, so zentrieren wir dafür den CDI mit der Anzeige *FROM*, damit wir den Course als Radial ablesen können. Sollen wir hingegen einen *track* bzw. ein *radial inbound* einfangen, so stellen wir den OBS so ein, dass der CDI in der Mitte der Skala steht und die *TO-Anzeige* erscheint. Nun können wir als Course den aktuellen track zur Station ablesen, den exakten Gegenkurs zum aktuellen Radial vom VOR.
2. Meist kriegt man hierfür eine Vorgabe, man soll das Radial xxx des VOR XYZ einfangen und diesem folgen (outbound!). Oder man soll den track yyy eines VOR einfangen und diesem folgen (zur Station hin, inbound).
3. Aus diesen beiden Werten können wir nun die Differenz zwischen aktueller Position (IST) und gewünschter Position (SOLL) errechnen. Wichtig ist, dass man hier wirklich track mit track und Radial mit Radial vergleicht und nichts vermischt, sonst kommen falsche Werte heraus!
4. Beträgt die Differenz zwischen Ist- und Soll-Radial **weniger als 15°**, so fliegen wir einen **30°-Intercept**. Bei einem errechneten Wert zwischen **15° bis 30°** fliegen wir ein **45°-Intercept** und ist die Differenz **grösser als 30°** kommt der **90°/45°-Intercept** zum Einsatz.
5. Aufgrund der gewählten Prozedur wird nun der nötige Steuerkurs bestimmt.
6. Schliesslich bestimmen wir noch in welche Richtung wir drehen müssen, um den geforderten Steuerkurs auf dem schnellsten Wege zu erreichen.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Ist-Radial bestimmen 2. Soll-Radial bestimmen 3. Differenz zwischen 1. und 2. errechnen 4. Intercept-Prozedur ermitteln 5. Intercept-Heading berechnen 6. Drehrichtung bestimmen |
|--|

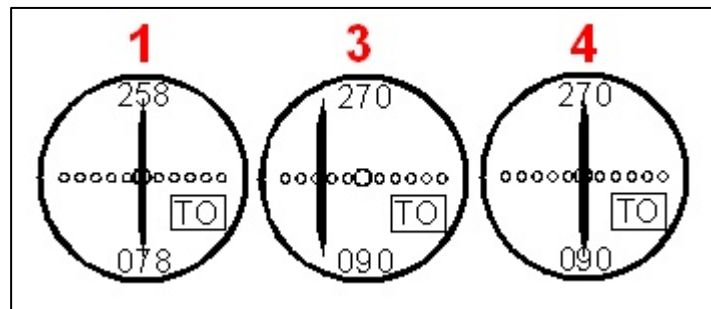
Erst jetzt darf überhaupt der Steuerkurs des Flugzeugs geändert werden!

3.1.5.3.1 30° – Intercept

Bei diesem Manöver schneidet man den Soll-Kurs unter einem Winkel von 30° an. Dies ist ein relativ flacher Winkel und sollte wirklich nur bei kleinen Abweichungen vom Soll-Radial oder –Track (bis maximal 15°) angewandt werden, da es bei grösseren Differenzen doch einige Zeit dauert, bis man den Soll-Kurs erreicht.



In diesem Beispiel befindet sich das Flugzeug am **Punkt 1**. Von dort soll der Track 270° zum SMP VOR angeschnitten werden. Zunächst bestimmt man die aktuelle Position zum SMP VOR, der OBS-Drehknopf wird solange gedreht bis der CDI zentriert ist und das VOR-Gerät dabei TO zeigt. Der Pilot liest in diesem Fall einen Course von 258° aus. Wir merken uns diesen Wert und setzen per OBS den anzuschneidenden Soll-Kurs von 270°.

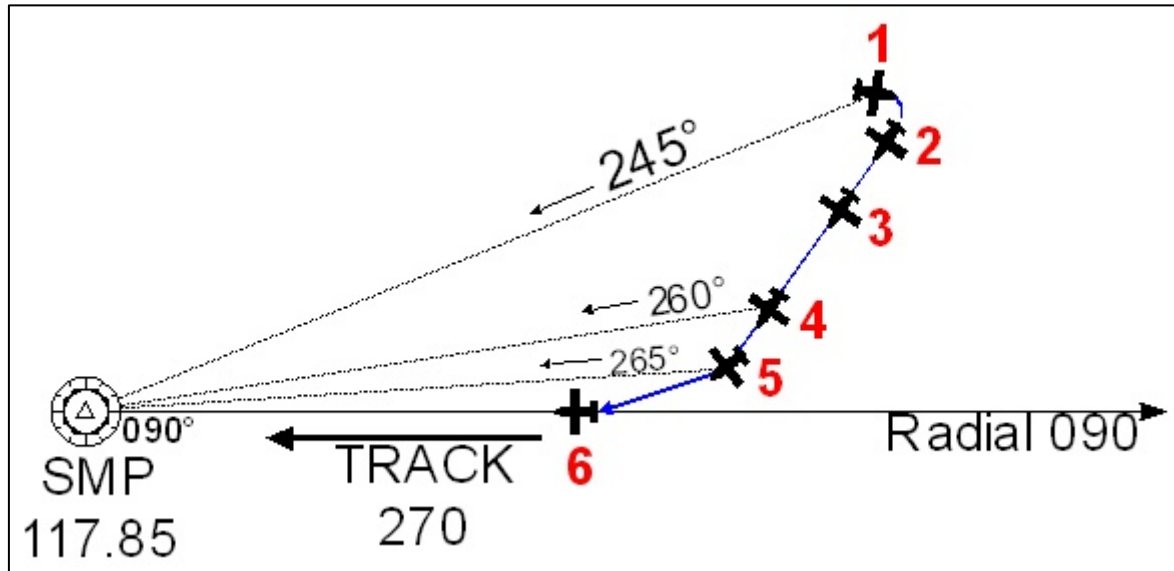


Die Differenz zwischen aktuellem Track (258°) und gewünschtem Track (270°) beträgt also 12°. Wir sollten daher einen 30°-Intercept ausführen, bei dem wir den gewünschten Track unter einer Winkeldifferenz von 30° anschneiden werden. Der Soll-Kurs beträgt 270°, wir ziehen in diesem Fall 30° davon ab und erhalten einen Intercept-Steuerkurs von 240°. Vom aktuellen Steuerkurs am **Punkt 1** drehen wir links ein, um so den neuen Steuerkurs von 240° am schnellsten zu erreichen. Circa 5° vor Erreichen des Soll-Kurses von 270°, also bei 265° (**Punkt 3**), drehen wir langsam nach rechts in Richtung Soll-Kurs, sodass wir diesen am **Punkt 4** genau erreichen und ihn auch einhalten.

Tipp: Als Faustregel kann man sich merken, dass zum CDI hin gedreht werden muss.

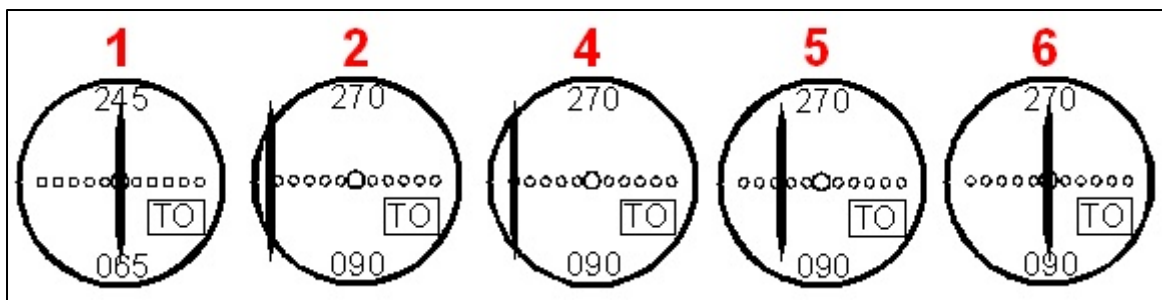
3.1.5.3.2 45° – Intercept

Beträgt die **Winkeldifferenz 15° bis 30°**, so wenden wir den **45°-Intercept** an, um den Soll-Kurs etwas schneller zu erreichen, ohne ihn am Ende zu überschneiden, weil wir nicht schnell genug eindreihen können, wenn wir den Soll-Kurs erreichen!



Am **Punkt 1** erfahren wir wieder, dass der Track 270 zum SMP VOR angeschnitten werden soll. Wir bestimmen im ersten Schritt wieder die aktuelle Position. Nach Zentrierung des CDI mit gleichzeitiger TO-Anzeige lesen wir einen Track von 245° ab und setzen gleich wieder den Soll-Kurs von 270° per OBS.

Die Differenz zwischen Ist- und Soll-Track beträgt 25°, also fliegen wir einen 45°-Intercept. Dabei fliegt man den Soll-Kurs unter einem Winkel von 45° an, was in diesem Fall einen Intercept-Steuerkurs von 225° ergibt ($270^\circ - 45^\circ = 225^\circ$). Mit dem am **Punkt 1** anliegenden Steuerkurs ist eine Rechtskurve der kürzeste Weg zum neuen Steuerkurs von 225°. Am **Punkt 2** sehen wir auf dem VOR-Gerät, dass sich der CDI links der Skala befindet, wir sind also noch mehr als 10° rechts vom eingestellten Track.

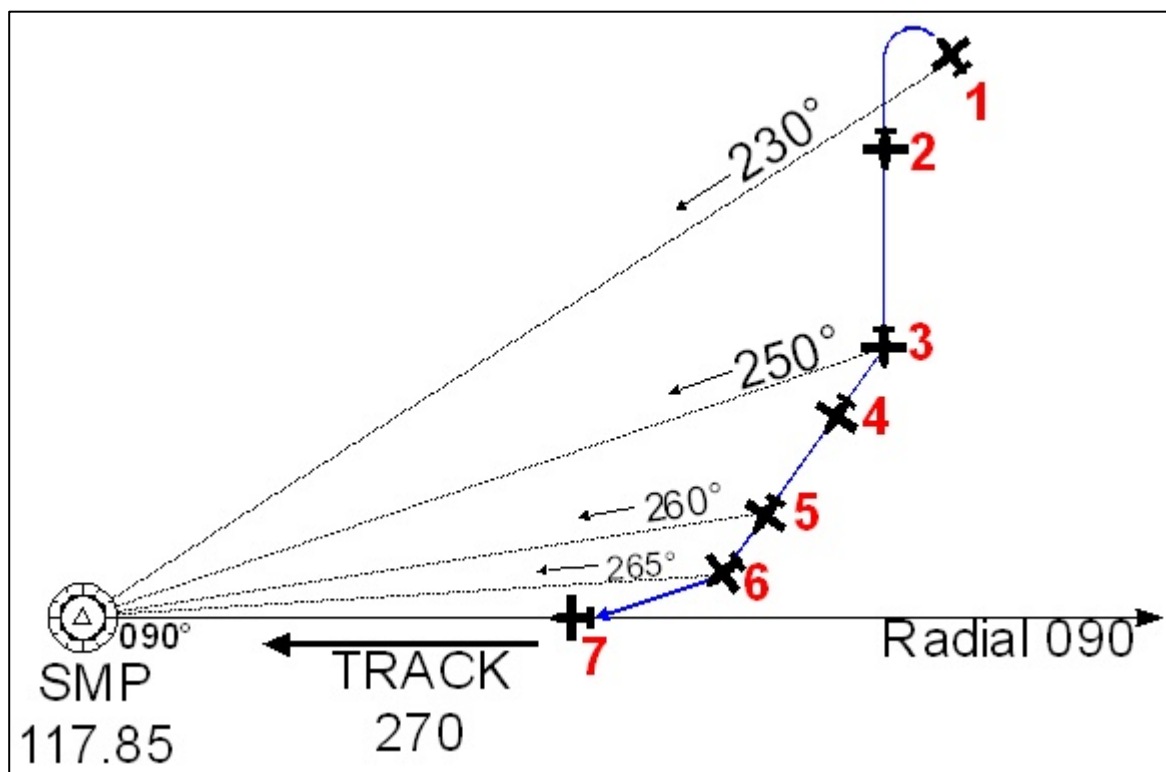


Am **Punkt 4** durchfliegen wir den Track 260° zum SMP VOR, weshalb sich der CDI nun langsam in die Skala hineinbewegt. Am **Punkt 5** ist der CDI genau mittig zwischen Zentrum und linkem Rand der Skala, wir sind also nur noch 5° rechts des Soll-Track. Wir beginnen hier eine flache Rechtskurve in Richtung Soll-Kurs, sodass wir einen Steuerkurs von 270° anliegen haben wenn der CDI zentriert ist (**Punkt 6**).

3.1.5.3.3 90°/45° – Intercept

Bei Radialdifferenzen von **mehr als 30°** wird der **90°/45°-Intercept** angewandt.

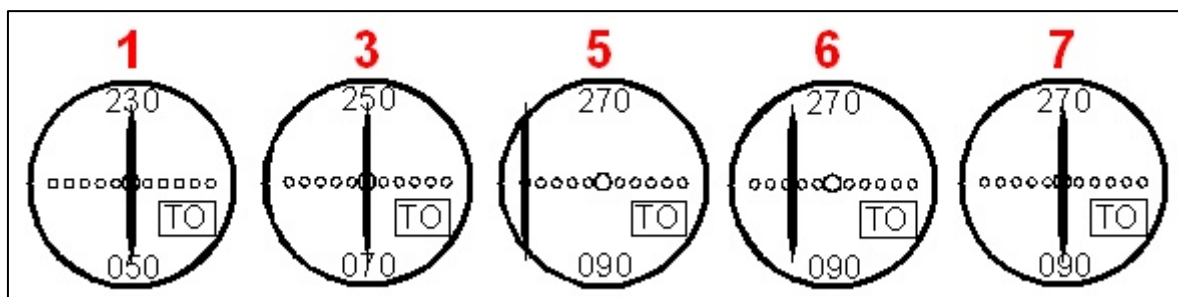
Dabei fliegt man zunächst genau quer zum Soll-Kurs (also genau quer auf den CDI zu!). Sobald man sich innerhalb von 20° zum Soll-Kurs befindet, verringert man den Anschneidewinkel auf 45°, damit man den Soll-Kurs am Ende nicht überschießt. Prinzipiell fliegt man also zunächst in einem Winkel von 90° auf den Soll-Kurs zu und 20° vor Erreichen von diesem führt man einen 45°-Intercept durch.



Es wird nun langsam zur Gewohnheit: Am **Punkt 1** erhält der Pilot die Anweisung, den Track 270 zum SMP VOR anzuschneiden.

Zunächst wird die Position bestimmt: Der aktuelle Track zum VOR ist 230°. Die Differenz zwischen Ist und Soll ergibt sich aus $270^\circ - 230^\circ = 40^\circ$. Also fliegen wir einen 90°/45°-Intercept. Steuerkurs für den Intercept: $270^\circ - 90^\circ = 180^\circ$. Der kürzeste Drehwinkel vom Steuerkurs am **Punkt 1** zum Intercept-Kurs ist eine Linkskurve.

Im Gegensatz zum 30°- und 45°-Intercept wollen wir hier ja den Intercept sozusagen in zwei Zügen ausführen. Befinden wir uns innerhalb von 20° zum Soll-Track beginnen wir einen 45°-Intercept. Um zu wissen, wann wir vom 90°-Intercept zum 45°-Intercept wechseln müssen, stellen wir uns per OBS nicht den Soll-Kurs von 270° ein, sondern den 20° davor liegenden Track 250°, an dem wir vom 90°-Intercept zum 45°-Intercept wechseln müssen. Dies geschieht dann mit dem zentrierten CDI am **Punkt 3**, wo wir um 45° nach rechts drehen, der neue Steuerkurs beträgt nun 225° und am OBS drehen wir den Zieltrack von 270° ein. Am **Punkt 5** erwacht der CDI zum Leben, denn wir befinden uns genau 10° vor dem Soll-Track. Bei einem Track von 265° (**Punkt 6**), also 5° vor dem anzuschneidenden Track, beginnen wir eine flache Kurve in Richtung VOR und fliegen dann hoffentlich genau auf Steuerkurs 270°, wenn der CDI für den Track 270 in der Mitte der Skala steht (**Punkt 7**).

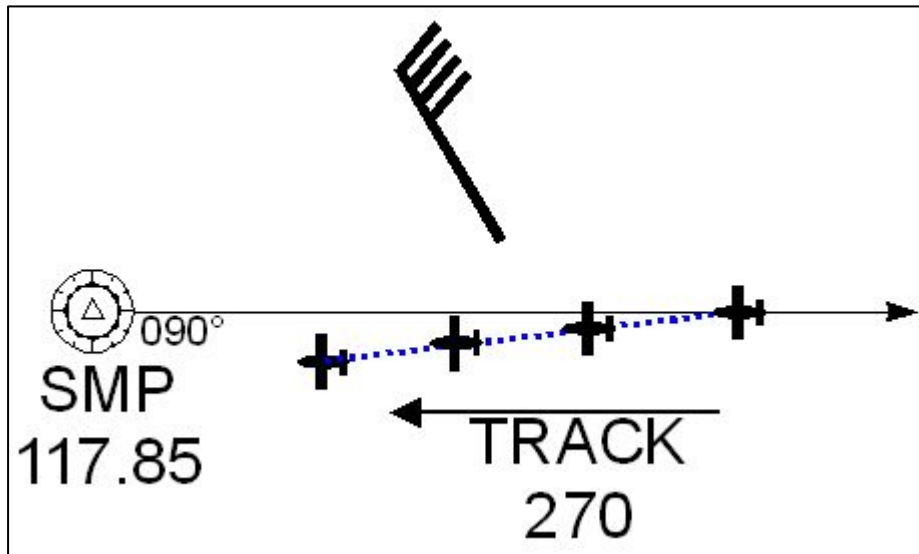


3.1.5.4 Windkorrektur

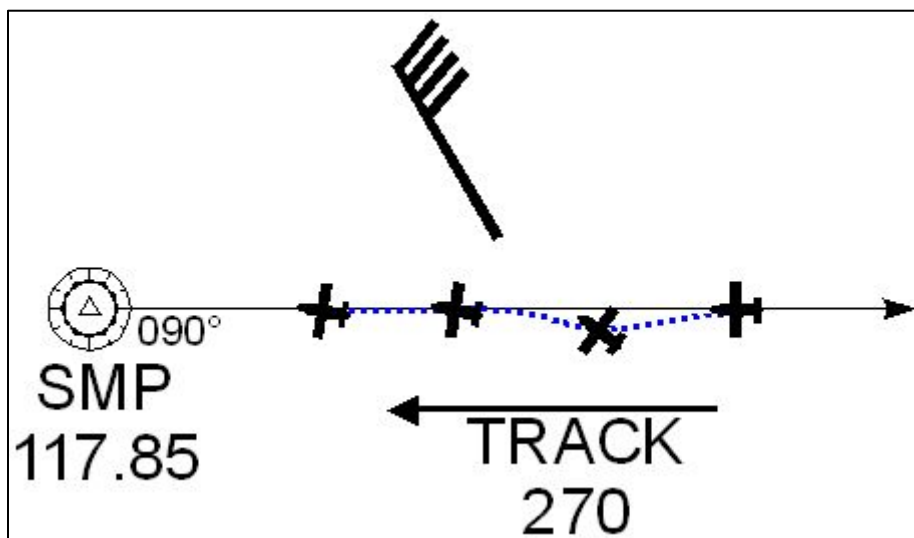
Nun haben wir in all diesen Situationen keinerlei Störungen durch Wind hinnehmen müssen. In der Realität hat man allerdings immer den Wind, der einem mehr oder weniger Arbeit beschert. Anhand der **Drittel- und der 60er-Regel** (siehe **Allgemeine IFR-Regeln**) können wir innerhalb kurzer Zeit im Kopf einen passenden WCA berechnen und diesen dann anwenden.

Ganz konkret ein Beispiel, unsere Situation: Wir wollen mit einer TAS von 150kts auf Track 270 zum SMP VOR fliegen. Dabei herrscht aber dummerweise Wind aus Nord-Nordwest mit ca. 40kts.

Würden wir nichts dagegen tun und einfach Steuerkurs 270° setzen, so würden wir einfach vom Soll-Track abdriften, das wollen wir aber nicht!



Darum müssen wir, nachdem wir ja schon ein wenig abgedriftet sind, diesen Fehler ausgleichen und danach den passenden WCA einstellen, um nicht wieder vom gewünschten Track abzukommen. In der Regel korrigiert man mit dem **doppelten WCA**.



Unser **erster Schritt** besteht nun darin die **Seitenwindkomponente** anhand der Drittel-Regel zu **bestimmen**. Über den Daumen gepeilt kommt der Wind aus dem 3-Drittel-Sektor, wir gehen also von 40 kts Seitenwind aus.

Im **zweiten Schritt** errechnen wir den **WCA**:

- TAS : 60 Grad = 150 kts : 60 Grad = 2.5 kts/Grad
- Seitenwindkomponente : vorher errechneten Wert = 40 kts : 2.5 kts/Grad = 16 Grad

Der WCA beträgt also ca. 16 Grad, das ist der Winkel um den wir unseren Steuerkurs in den Wind hinein korrigieren müssen. Der Soll-Track beträgt 270°, der Wind kommt von rechts, also müssen wir um 16° nach rechts drehen: $270^\circ + 16^\circ = 286^\circ$. Unser, um den WCA korrigierter, Steuerkurs wird also ca. 286° betragen, sobald wir uns auf dem Soll-Track zum VOR befinden.

Zunächst muss aber solange der doppelte WCA geflogen werden, bis wir wieder auf dem Track 270 nach SMP angekommen sind: $270^\circ + 32^\circ = 302^\circ$.

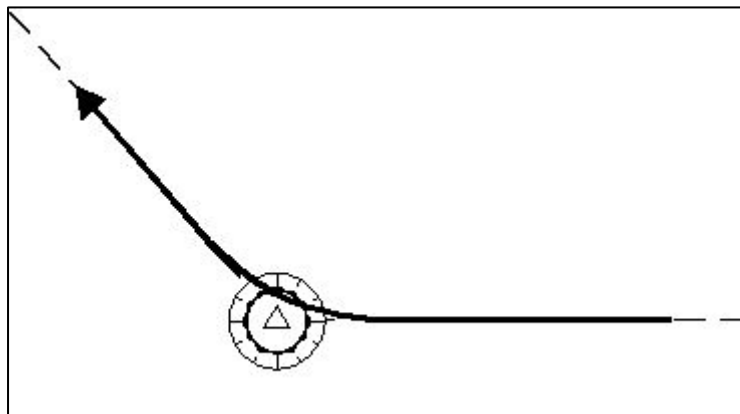
Nach diesem Prinzip kann man auch einen normalen 30°-, 45°- oder 90°/45°-Intercept fliegen, weil man ja auch da nicht vom Wind verblasen werden will.

3.1.5.5 VOR-Überflug

Soll man ein VOR auf einem bestimmten Track anfliegen und danach auf einem vorgegeben Radial wieder verlassen, so hat man **zwei Optionen**, wie man beim Überflug der Station verfährt.

3.1.5.5.1 Fly-By oder Smart Turn

In der Regel nutzt man das sogenannte **Fly-By-Verfahren**, auch **Smart Turn** genannt. Dabei dreht man nicht erst über dem VOR (im Cone of Silence) auf das neue Radial ein, sondern man **beginnt** diese **Kurve** schon **ein wenig vor Erreichen des VOR**. Logischerweise kann man dies nur tun, wenn



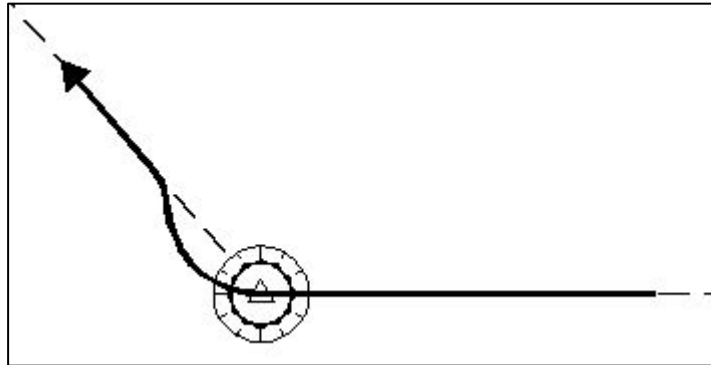
man eine DME-Anzeige zur Verfügung stehen hat!

Ist die Differenz zwischen Track vor der Station und Radial nach der Station grösser als 30°, so kann man die Kurve bei einer Distanz vor dem VOR beginnen, die sich aus ca. 1/100 der Groundspeed errechnet. Beträgt die GS zum Beispiel 400 kts, so dreht man bei DME 4.0 langsam auf das Intercept-Heading ein, um das Radial nach der Station einzufangen. Ein FMC macht das natürlich perfekt und dreht sanft in einem Stück auf das Soll-Radial, das ist nicht so einfach.

Bei Winkeldifferenzen unter 30° dreht man ca. 1 NM vor dem VOR auf den Intercept-Kurs.

3.1.5.5.2 Fly-Over

Nutzt man ein VOR ohne DME-Ausrüstung oder wird man vom Lotsen ausdrücklich angewiesen, das VOR zu überfliegen und erst dann ein bestimmtes Radial zu intercepten, so nutzt man das **Fly-Over-Verfahren**.



Wie man in der Grafik sehen kann, muss man dann allerdings mit etwas grösserem Aufwand das Wunsch-Radial anschneiden, aber das haben wir ja schon gelernt.

3.2 ILS – Instrument Landing System

3.2.1 Prinzip

Ein **Instrument Landing System** liefert einem durch **Funksignale** sowohl eine **horizontale**, als auch eine **vertikale** Flugführung, die einen sicher zur Aufsetzzone der zugehörigen Landebahn leitet.

Instrumentenlandesysteme werden in verschiedene Kategorien eingeteilt (Kategorien 1, 2 und 3, wobei 3 nochmals unterteilt wird). Je höher die Kategorie ist, desto präziser ist es und kann für sehr geringe Minima genutzt werden, sofern Crew und Flugzeug ebenfalls dafür zugelassen sind.

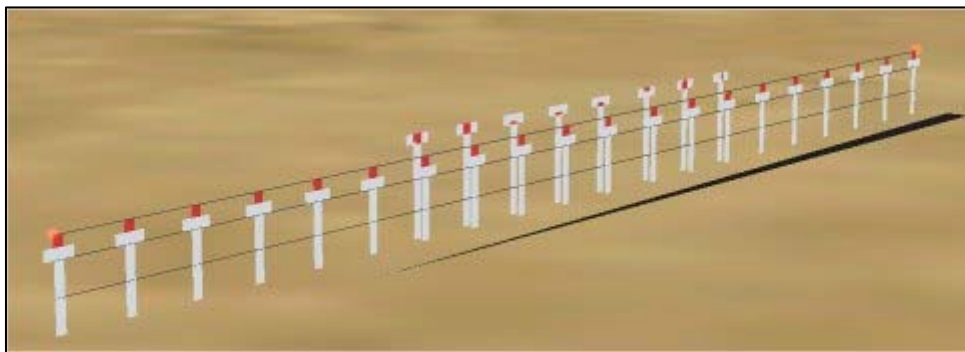
Ein Anflugsystem mit horizontaler und vertikaler Führung darf nur dann als ILS bezeichnet werden, wenn sowohl horizontale, als auch vertikale Führung innerhalb fest definierter Werte liegen. Weicht also die horizontale Führung über einen bestimmten Wert von der Landebahnrichtung ab und/oder überschreitet die vertikale Führung eine gewisse Neigung so reden wir von einem **IGS – Instrument Guidance System**.

Berge im Anflugsektor, die einen direkten Anflug auf die Landebahn oder einen 3°-Sinkflug (bis maximal 4° Sinkwinkel) nicht zulassen sind der meistgefundene Grund für solche Abweichungen von der Norm. Gute Beispiele dafür sind Lugano (sehr steiler Anflug, über 6°) und Sion (steiler als die Norm, horizontale Führung bringt einen nicht direkt zur Landebahn), beide in der Schweiz.

3.2.2 Komponenten

Zum einen existiert ein Leitstrahl, der von einer Reihe Antennen **am Ende der Landebahn** ausgesendet wird.

An ihm orientiert sich der ILS-Empfänger für die horizontalen Informationen. Dieser **horizontale Leitstrahl** nennt sich **LOCALIZER** und wird oft mit **LOC** abgekürzt.



Die zweite Komponente eines Instrumentenlandesystems ist die **vertikale Führung**, die ebenfalls durch einen Leitstrahl sichgestellt wird. Dieser sogenannte **GLIDESLOPE**, oft auch als **GS** abgekürzt, wird von einem Antennenmast kurz nach dem Beginn der Landebahn ausgestrahlt.

Das bedeutet für uns, dass uns der Glideslope genau in die Landebahn an den korrekten Aufsetzpunkt hineinführt, während uns der Localizer genau auf der Mittellinie hält.



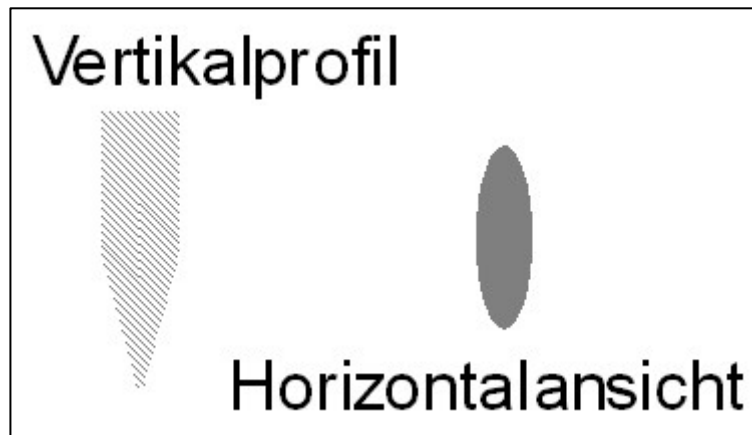
Schliesslich gibt es noch sogenannten Marker Beacons. Dies sind Sender, die an bestimmten Stellen entlang der Anfluggrundlinie angebracht sind und ein immer gleiches Signal nach oben abstrahlen. Dieses Signal wird von unseren Navigationsgeräten empfangen und dargestellt.

In den Anflugkarten werden Marker Beacons in der Regel als Fächer (Vertikalansicht) und Linsen (Horizontalansicht) dargestellt, siehe Grafik.

Das wichtigste Signal ist dabei das Outer Marker Beacon. Es steht ca. 4 NM vor der Landebahnschwelle und wird im Cockpit als **blaues O** (wie Outer Marker) dargestellt, begleitet durch einen **regelmässigen Ton** (Tüüt – Tüüt – Tüüt).

Weiterhin gibt es noch den Middle Marker kurz vor der Landebahn und den Inner Marker unmittelbar an der Landebahnschwelle.

Praktisch gesehen sind diese Marker Beacons Überbleibsel aus der guten alten Zeit der Luftfahrt, als es noch nicht viele DME-Stationen gab, den die Beacons dienten hauptsächlich der Verifikation der korrekten Höhe an einem bestimmten Punkt während des Anflugs. Heutzutage gibt es sie immer seltener, denn an ihre Stellen sind die Outer Marker Substitutes getreten – anhand einer DME-Station am Flugplatz prüft man die Flughöhe auf Korrektheit.



3.2.3 Anzeige

Im Cockpit sehen die Anzeigen dafür prinzipiell immer gleich aus, es gibt auf dem NAV-Empfänger einen vertikalen und einen horizontalen Strich, der die aktuelle Lage von LOC und GS getrennt darstellt, bezogen auf unsere aktuelle Position in Relation zu LOC und GS. Die Darstellung kann aber analog in Uhrenform erfolgen oder ganz modern auf einem Bildschirm. Bei vielen Flugzeugen kann man so die LOC- und GS-Anzeigen auch direkt neben dem künstlichen Horizont darstellen lassen, was das Instrumentenscanning stark erleichtert.

Der rot eingekreiste Bereich auf der Grafik stellt die Anzeigeskala des Localizer dar, der grüne Kreis markiert die Skala des Glideslope.

Jeweils in der Mitte der Skalen sehen wir einen gelben Strich, der die Mittelstellung des LOC- bzw. des GS-Anzeige markiert. Im hier vorliegenden Beispiel sieht man diese Indicators noch nicht!

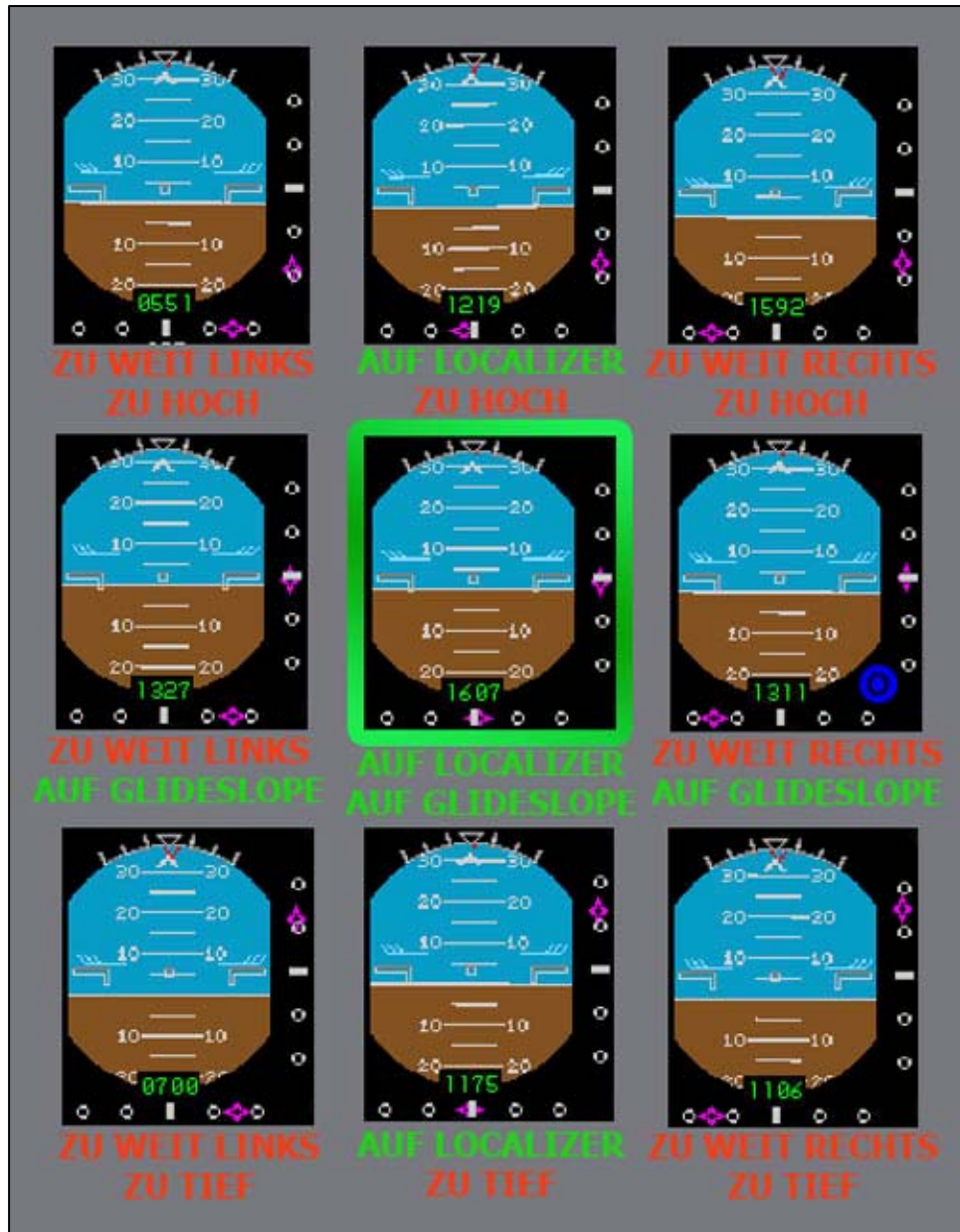


In der Grafik links sind die Ablage-Anzeigen für LOC und GS nun sichtbar. Diese kleinen Diamanten zeigen uns an, ob der LOC links oder rechts von unserer aktuellen Position ist oder ob wir, in Relation zum GS, zu tief oder zu hoch fliegen.

Sind die Indicators von Localizer und Glideslope genau in der Mitte ihrer jeweiligen Skala, so befinden wir uns zum einen genau in der Mitte des Localizers und zum anderen genau auf dem vorgeschriebenen Gleitpfad, mit dem wir der Landebahn entgegenschweben sollen.

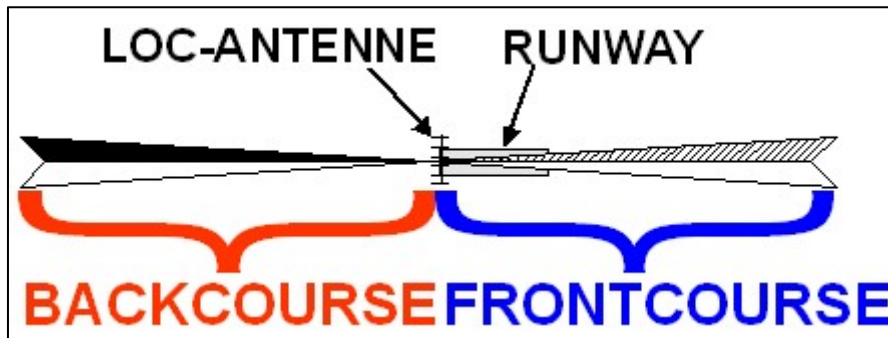
Im Prinzip ist die ILS-Anzeige im Cockpit eine **Kommandoanzeige**, sie ist entfernt mit dem Flightdirector verwandt: Wandert die GS-Anzeige nach oben, so heisst dies, dass wir zu tief sind und nach oben korrigieren müssen – was uns diese Anzeige allerdings **nicht zeigen kann**, ist, **wie stark** wir korrigieren müssen. Verbindet man dies allerdings mit einem Flightdirector wird es perfekt, denn er weiss wie stark korrigiert werden muss, um zum Soll-Wert zurückzukehren.

Hier ein paar Beispiele, wie sich eine ILS-Anzeige im Cockpit darstellen kann:



3.2.4 Frontcourse und Backcourse

Das von einer LOC-Antenne ausgesandte Signal kann man sich wie eine Keule vorstellen, die sich entlang der Landebahnachse ausbreitet und die Flugzeuge so zur Landung leitet. Diese Keule, die sich vor der Piste befindet, nennt man **Frontcourse**, auf dem Frontcourse führen wir unsere ILS-Anflüge aus.



Ein Nebeneffekt dabei ist, dass automatisch eine zweite Keule ausgesandt wird, die allerdings in der Verlängerung der Piste hinter der LOC-Antenne liegt. Diese wird **Backcourse** genannt und darf normalerweise **nicht verwendet** werden, es sei denn es gibt explizit eine Anflugkarte dafür! In Europa gibt es dafür eigentlich keine Verfahren, in den USA noch vereinzelt.

Der Anflug über den Backcourse ist ein wenig aufwändiger als über den Frontcourse, vorallem ist man dann alleine auf die Informationen des Backcourse-Localizer angewiesen, einen Glideslope steht in diesem Fall nicht zur Verfügung. Wichtig zu wissen ist, dass man bei einem Anflug über den Backcourse-Localizer **trotzdem den Kurs des Frontcourse als COURSE im NAV-Gerät** setzt, ansonsten erhält man widersprüchliche LOC-Anzeigen. Nur wenn man den Frontcourse-Kurs setzt, kann das NAV-Gerät als Kommandogerät genutzt werden.

3.2.5 Anflugkategorien

Für jeden Instrumentenanflug, egal mit welchen Hilfsmitteln, gibt es vorgeschriebene **Mindestwetterbedingungen**. Diese sogenannten **minimum weather requirements** sind rechtlich bindende Werte: Liegt das aktuelle Wetter unter diesen Werten, so darf der Anflug nicht ausgeführt werden. Dazu passt das Stichwort **approach ban**, welches im Dokument FLUGVERFAHREN besprochen wird.

Bei einem ILS-Anflug gibt es als Mindestwetterbedingung nur eine **Pistensichtweite**, auch **RVR (Runway Visibility Range)** genannt.

Die nun aufgelisteten Werte sind die absoluten Minimalwerte! Viele Flughäfen haben für die jeweiligen Anflüge leicht höhere Grenzwerte angesetzt und diese sind dann schlussendlich in den Anflugkarten veröffentlicht!

ILS – Typ		Minimale RVR	Minimale Entscheidungshöhe
Kategorie 1	CAT I	550 Meter	200ft
Kategorie 2	CAT II	300 Meter	100ft
Kategorie 3a	CAT IIIa	200 Meter	50ft – 100ft
Kategorie 3b	CAT IIIb	125 Meter	weniger 50ft
Kategorie 3c	CAT IIIc	75 Meter	keine Höhe

3.2.5.1 Kategorie 1

Die niedrigste und einfachste Stufe eines ILS-Anflugs ist die **Kategorie 1 (CAT I)**. Hierbei gilt eine absolute Mindest-RVR von **550 Metern**.

Die Entscheidungshöhe liegt hier bei mindestens **200ft über Grund** (AGL, above ground level), kann aber auch höher liegen. Auf jeden Fall wird diese **Entscheidungshöhe primär** durch eine **barometrische Höhe** (über Meer) definiert – das heisst, man fliegt CAT I noch nach dem normalen Höhenmesser – eine **korrekte Einstellung des QNH** ist daher **wichtig**.

Darum nennt man dieses Minimum im Englischen auch **Decision Altitude (DA)** und nicht Decision Height (DH).

Diese Anflüge **können** mit dem Autopiloten durchgeführt werden, müssen aber nicht.

3.2.5.2 Kategorie 2

Die nächste Stufe ist die **Kategorie 2 (CAT II)** mit einer absoluten Mindest-RVR von **300 Metern** und einer minimalen Entscheidungshöhe von **100ft über Grund**. Da man hier in solch niedrige Höhen herunterkommt wird das Minimum auch nicht mehr durch den normalen barometrischen Höhenmesser bestimmt sondern durch den **Radiohöhenmesser**. Die **Entscheidungsgrundlage** ist bei einem CAT II-Anflug also der Radiohöhenmesser, an dem vor dem Anflug auch das veröffentlichte Minimum eingestellt werden muss.

Dieses Minimum nennt man daher auch **Decision Height (DH)**, weil es eine Höhe über Grund ist.

Bei einem Anflug nach CAT II **muss** der **Autopilot** solange **eingeschaltet** bleiben, bis man die Landebahn in Sicht hat oder am Minimum wegen fehlender Pistensicht durchstartet.

3.2.5.3 Kategorie 3

Die **ILS Kategorie 3 (CAT III)** ist in drei weitere Stufen unterteilt, die mit den Buchstaben **a, b und c** bezeichnet werden. Von a nach c nehmen die zu erfüllenden Minima noch weiter ab.

- ⇒ Bei **CAT IIIa** muss eine minimale RVR von **200 Metern** herrschen, die Decision Height (DH) liegt zwischen **50ft und 100ft** und ist den Anflugkarten zu entnehmen.
- ⇒ Bei **CAT IIIb** darf die minimale RVR **125 Meter** betragen, die DH darf **niedriger als 50ft** liegen!
- ⇒ Schliesslich gibt es noch **CAT IIIc**: Hier ist eine minimale RVR von **75 Metern** vorgeschrieben, es ist **keine DH** vorgesehen!

Nicht jedes Flugzeug ist für CAT III brauchbar, denn nicht alle sind in der Lage automatische Landungen auszuführen.

Um es einfach zu erklären darf nur ein Flugzeug mit **drei voneinander unabhängigen Autopilot-Systemen** solch einen Anflug mit automatischer Landung durchführen. Da sich diese drei Systeme ständig gegenseitig überwachen und ihre Daten vergleichen, gelten sie als **fail-safe**: Fällt ein Autopilot aus, können sich immer noch die verbliebenen zwei Systeme gegenseitig überwachen. Es ist also einfach eine Frage der Redundanz – denn rein theoretisch kann auch ein einzelner Autopilot das Flugzeug landen – nur woher weiss er, dass er gerade alles richtig macht?

Zusätzlich müssen noch so schöne Dinge wie automatische Schubkontrolle, Flare-Computer (Abfang- oder Ausschwebkontrolle) und Seitenruder-/Bugradsteuerung durch den Autopiloten möglich sein (denn er soll ja nach der Landung die Maschine auf der Landebahnmitte halten).

Heutige Airliner sind entsprechend ausgerüstet, in unserer FS-Welt zählen die PMDG 737 Reihe, die PMDG747-400 und die Level-D 767 dazu. (Die Liste ist aber nicht vollständig und soll hier in kleinster Weise eine Produktwerbung darstellen, sondern nur eine Feststellung sein!)

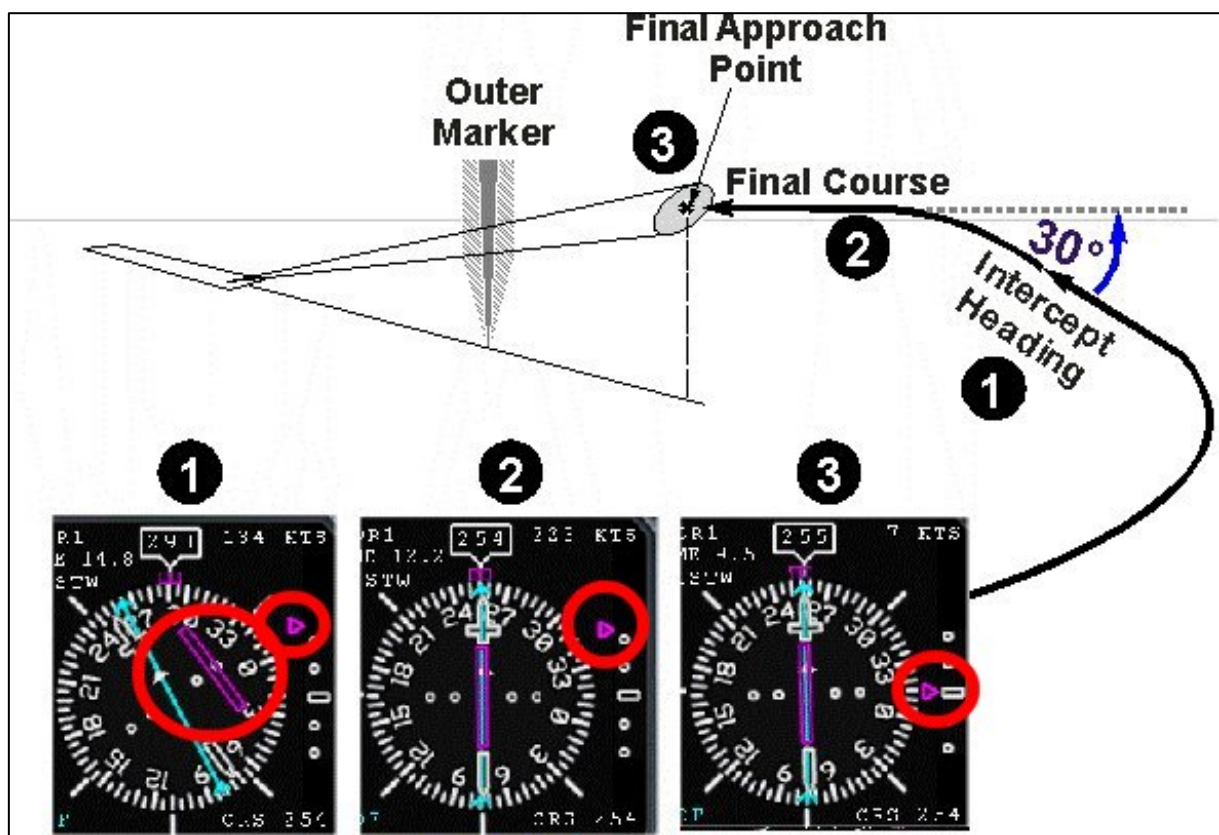
Es gibt allerdings auch hier Ausnahmen! Man kann die hinsichtlich der Automatisierung etwas schlechter ausgestatteten Maschinen (keine automatische Schubkontrolle, kein dritter Autopilot, keine Bugradsteuerung), meist Regionalflugzeuge wie Dash 8, Canadair RJs (100, 200, 700, 900) und Embraer RJs (135, 145, Legacy) mit einem HUGS (Headup Guidance System, dabei werden die wichtigsten Flugdaten auf ein Visier in Blickrichtung der Cockpitscheibe projiziert) aufwerten. Da dies nun eine dritte, unabhängige Datenquelle für unser Gesamtsystem Cockpit darstellt und man per

HUGS immer nach Draussen schaut ist man nicht mehr auf Anflüge der Kategorie 2 beschränkt. Die Piloten müssen zwar immer noch manuell den Schub kontrollieren und die Maschine selbst auf der Landebahnmitte halten, aber ansonsten haben sie alles im Blick und ein sehr präzises HUGS zur Hand.

So sind dann doch Anflüge der Kategorie 3a möglich – allerdings komplett von Hand, denn der einzelne Autopilot kann sich ja nicht selbst überwachen.

3.2.6 ILS-Anflug

Wie bei jedem IFR-Anflug gilt vor dem weiteren Sinkflug zur Landebahn, dass man sich zunächst auf der Grundanfluglinie befinden muss. Beim ILS wäre dies der Localizer. Den Localizer sollte man standardmässig mit einer Winkeldifferenz von 30°, maximal aber 40° anschneiden. Fliegt man steiler darauf zu ist die Gefahr gross, den LOC komplett zu überschliessen, bis hin zur "Full Scale Deflection" der ILS-Anzeige: Die LOC-Anzeige wandert komplett von der einen zur anderen Seite, bis zum Anschlag der Skala.



Erst wenn man **auf dem Localizer** fliegt darf man **am FAP mit dem Glideslope sinken**! Beachtet man dies nicht, läuft man Gefahr nicht mehr in der **hindernisfreien Zone** des Anflugsektors zu verbleiben, mit unter Umständen katastrophalen Folgen!

Die meisten mittleren bis schweren Verkehrsflugzeuge **bremsen** im Flug wegen geringem Luftwiderstand **schlecht** ab. Noch schlimmer kommt es wenn man sich im Sinkflug befindet und abbremsen bzw. nicht beschleunigen will, darum sollte man immer versuchen, **den Glideslope von unten** anzuschneiden.

Die **korrekte Taktik** ist also, **ein paar Meilen vor dem FAP** auf den Localizer zu kommen, dort bereits **auf der Final Approach Altitude** zu fliegen und dann am FAP dem Glideslope zu folgen. Versucht man nämlich den GS von oben zu erwischen, muss zunächst einen sehr rasanten Sinkflug einleiten (deutlich über 1000 ft/min) und kriegt unter Umständen den Flieger nicht mehr rechtzeitig abgebremst, um auf dem Anflug stabilisiert zu sein.

Genau nach diesem Prinzip arbeiten die Anfluglotsen: Sie führen die Flugzeuge ein paar Meilen vor dem FAP auf den LOC und geben sie auf die Final Approach Altitude frei. Wir Piloten müssen uns aber **selbst um die korrekte Sinkrate kümmern**, um diese Höhe noch vor dem FAP zu erreichen.

Die 3D-Illustration zeigt schön, wie sich die Anzeigen von LOC und GS zunächst voll im Anschlag befinden (**Punkt (1)**). Auf dem Final Intercept Heading fangen wir den LOC ein und folgen ihm, wir sind noch weiter unter dem Glideslope (**Punkt (2)**). Diese Situation nennt sich *established on localizer runway XY*.

Wenn wir uns dem FAP nähern, in der Grafik entspricht dies dem **Punkt (3)**, sollte der GS von oben in die Skala einlaufen, schliesslich folgen wir ihm, wir sind nun *established on ILS runway XY*.

Am Outer Marker oder am Marker Substitute vergleichen wir die aktuelle Flughöhe gegen die in der Karte veröffentlichte Sollhöhe an diesem Ort. Gibt es keine signifikante Differenz ist alles OK und wir setzen den Anflug zum Minimum fort.

3.2.7 Phraseologie

⇒ Freigabe für den ILS-Anflug

Arrival	SAG001, turn left heading 280, cleared ILS approach runway 25.
SAG001	Turn left heading 280, cleared ILS approach runway 25, SAG001.

Der Lotse dreht uns auf das Intercept Heading für das ILS 25, wir haben also ca. 30° Winkeldifferenz zum Localizer, der Anfluggrundlinie.

Steht nur ein LOC zur Verfügung und müssen wir einen LOC- oder LOC/DME-Anflug durchführen, dreht uns der Lotse auf das Final und gibt uns für den Anflug frei:

Arrival	SAG001, turn left heading 280, cleared Localizer DME approach runway 25.
SAG001	Turn left heading 280, cleared Localizer DME approach runway 25, SAG001.

⇒ Positionsmeldungen im Anflug

Der Lotse kann verlangen, dass man ihn ruft sobald man auf dem ILS fliegt:

Arrival	SAG001, cleared ILS approach runway 25, report established.
SAG001	Cleared ILS approach runway 25, will report established, SAG001.

Er will also, dass man sich auf dem ILS, welches ja aus LOC und GS besteht, meldet. Wir müssen also warten bis wir LOC und GS eingefangen haben:

SAG001	Established ILS approach runway 25, SAG001.
--------	---

Der Lotse kann auch verlangen, dass man ihn ruft, sobald man den LOC eingefangen hat:

Arrival	SAG001, cleared ILS approach runway 25, report established on the localizer.
SAG001	Cleared ILS approach runway 25, will report established on the localizer, SAG001.

Sobald wir auf dem Localizer fliegen melden wir uns:

SAG001	Established localizer runway 25, SAG001.
--------	--

Der Lotse kann verlangen, dass wir uns am Outer Marker melden:

Arrival	SAG001, report passing Outer Marker.
SAG001	Will report passing Outer Marker, SAG001.

Was wir dann auch brav tun:

SAG001	Passing Outer Marker, SAG001.
--------	-------------------------------

Der Fluglotse kann uns bitten zu melden, wenn wir den Outer Marker überflogen haben:

Arrival	SAG001, report Outer Marker inbound.
SAG001	Will report Outer Marker inbound, SAG001.

Sobald wir den Outer Marker überflogen haben, melden wir:

SAG001	Outer Marker inbound, SAG001.
--------	-------------------------------

Achtung: Der Ausdruck *inbound [POINT]* unterscheidet sich von *[POINT] inbound*! Ersterer steht für den Zustand, bei dem man tatsächlich auf den [POINT] zufliegt. Der zweite Fall beschreibt den

Zustand, bei dem man [POINT] überflogen hat und nun auf dem Weg zum Minimum ist, man ist also inbound zur Landebahn.

⇒ Durchstartmanöver / Go-Around

Haben wir am Minimum keine Sicht auf die Anflugbeleuchtung oder die Landebahn müssen wir durchstarten, was wir melden sobald wir den Flieger im Anfangssteigflug stabilisiert haben:

SAG001	Going around, SAG001. oder Missed approach, SAG001.
Tower	SAG001, continue on standard missed approach procedure. oder SAG001, maintain runway heading, climb altitude 5000ft.

Der Lotse hat hier also mehrere Optionen frei: Er kann uns auf der veröffentlichten Standard Missed Approach Prozedur fliegen lassen oder eigene Anweisungen geben.

3.3 ADF-Navigation

3.3.1 Einführung

Neben dem VOR steht uns noch das NDB zur Navigation zur Verfügung und fällt auch in die Kategorie der Non-Precision Navigationsgeräte. Das NDB ist der Urahn des VOR und unterscheidet sich doch sehr, da es viel simpler funktioniert und dem Piloten weniger Komfort bietet.

3.3.2 Anzeige und Funktion

3.3.2.1 NDB

Der Ausdruck **NDB** steht für **Non Directional Beacon**.

Beacon bedeutet **Funksender**, manche nennen sie auch **Locator**, bitte nicht mit Localizer verwechseln! NDBs strahlen ein Signal im gleichen Bereich wie Radio Mittelwellensender ab.

Die Bezeichnung **Non Directional** bedeutet nichts anderes, als dass diese Funksender ein Signal auf einer bestimmten Frequenz in alle Richtungen gleichzeitig absenden. Die Signale sind also nicht wie beim VOR in eine bestimmte Richtung gehend definiert.

3.3.2.2 ADF

ADF steht für **Automatic Direction Finder**.

Es handelt sich hierbei um ein Gerät, welches die NDB-Signale empfangen und darstellen kann. Im Cockpit stellt sich ein ADF als eine Kompassrose mit einer drehbaren Nadel in der Mitte dar, deren Spitze in die Richtung des empfangenen NDB zeigt.

Um ein NDB empfangen zu können muss man natürlich dessen Frequenz eindreuen und sich in Signalreichweite befinden.

Wird gerade kein Signal empfangen, wird die ADF-Nadel in der Regel automatisch in die 3-Uhr-Position gedreht und verbleibt dort wie festgeklebt, egal wie stark man seinen Steuerkurs ändert. Also nicht darauf hereinfallen und drehen bis der Arzt kommt!



3.3.3 QDR und QDM

Analog zum Radial und Track beim VOR gibt es auch beim NDB Ausdrücke für diese Relativrichtungen, die hier aber den sogenannten Q-Gruppen entspringen. Der Grund dafür, dass man eben nicht dieselben Bezeichnungen wie beim VOR verwendet ist, dass man Verwechslungen vermeiden will. Ein QDR/QDM hat immer etwas mit einem NDB zu tun, ein Radial/Track immer mit einem VOR.

3.3.3.1 QDR

Was beim VOR als Radial bezeichnet wird nennt sich beim NDB **QDR**. Man kann sich dies mit dem Buchstaben R am Ende merken: **R = Radial**.

Befände man sich genau östlich einer NDB-Station, also gewissermassen auf R090, so befände man sich auf einem QDR von 090. Folgen wir nun dem QDR 090 auf Ostkurs, würden wir vom NDB genau östlich wegfliegen.

Grundsätzlich nimmt man Positionsbestimmungen mit einem NDB immer mit dem Ausdruck QDR vor.

3.3.3.2 QDM

Will man nun aber nicht auf dem QDR von der Station wegfliegen, so müsste man gewissermassen dem QDR Inbound folgen. Dafür gibt es aber einen Fachausdruck: Das **QDM** gibt den Kurs an, den man fliegen muss, um **zur** Station zu gelangen, ähnlich dem Track beim VOR.

Befände man sich auf dem QDR 090, so wäre das QDM 270, also genau der Umkehrkurs des QDR. Auf dem QDR 090 müsste man einen Steuerkurs von 270° fliegen, um zum NDB zu gelangen, und diese Peilung zur Station nennt man QDM.

3.3.4 Navigation mit dem ADF

Es mag auf den ersten Blick einfach erscheinen mit Hilfe eines ADF zu navigieren, aber es gehört schon ein wenig Übung dazu, um es wirklich korrekt zu nutzen, weil man eben nicht wie beim VOR einen Soll-Radial oder Soll-Track einstellen und per CDI anzeigen lassen kann.

3.3.4.1 Relative Bearing – Relativ-Peilung

Es gibt zwei Typen von ADF-Geräten. Die einfachste Version ist einfach eine ungekoppelte Kompassrose mit einer Nadel in der Mitte. Diese Kompassrose kann manuell durch den Piloten mittels Bedienknopf gedreht werden.

Das ADF liefert prinzipiell nur eine **relative Winkelanzeige**, es zeigt einem das **RB – Relative Bearing**, die **Relativ-Peilung**. Dies ist der **Winkel zwischen Flugzeugnase und Peilrichtung zum NDB**. Ein Relative Bearing kann z.B. 35° *links* oder 110° *rechts* sein.

Dreht man an der Kompassrose nicht manuell den aktuellen Steuerkurs ein, so erhält man auch keine direkte QDM- oder QDR-Anzeige. Darum lässt man die Kompasseinstellung am ADF am besten auf Nord bzw. 0° stehen, so lässt es sich leichter rechnen, weil das Bild normaler aussieht, schliesslich kennt man ja Norden instinktiv als sich oben befindend.

Die fortgeschrittene Version einer ADF-Anzeige ist der RMI: Der Radio Magnetic Indicator. Hier ist die ADF-Kompassrose an den Kurskreisel gekoppelt und dreht immer automatisch zum aktuellen Steuerkurs, hier kann man nun automatisch an der ADF-Nadelspitze das QDM ablesen!

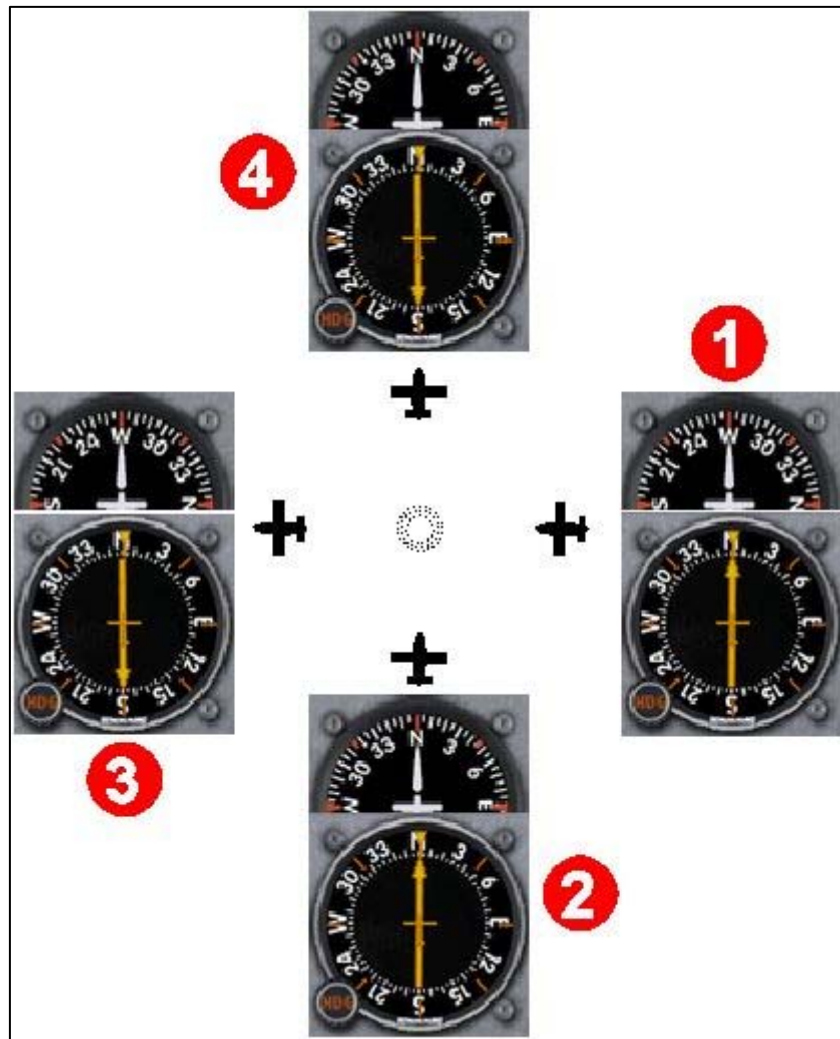
3.3.4.2 QDR/QDM ermitteln

Wie bestimmt man nun das aktuelle QDR oder QDM mit der manuell nachzudrehenden ADF-Anzeige?

Der einfachste Fall ist derjenige, bei dem man die ADF-Nadel auf dem ADF-Gerät genau nach oben zeigen hat, also auf die Nordposition. Wenn die ADF-Nadelspitze auf Nord zeigt, dann heisst das aber nur in einem einzigen Fall, dass das QDM auch 360 beträgt: Wenn wir gerade einen Steuerkurs von 360° anliegen haben! Wir erinnern uns, dass ja eine ADF-Anzeige von 0° nur bedeutet, dass das NDB genau vor uns liegt. Der tatsächliche Steuerkurs dorthin lässt sich, außer am RMI, nur am Kurskreisel ablesen!

Merke: **Das QDM liest man an der Nadelspitze ab, das QDR am Nadelende!**

Die folgende Grafik soll dies illustrieren:

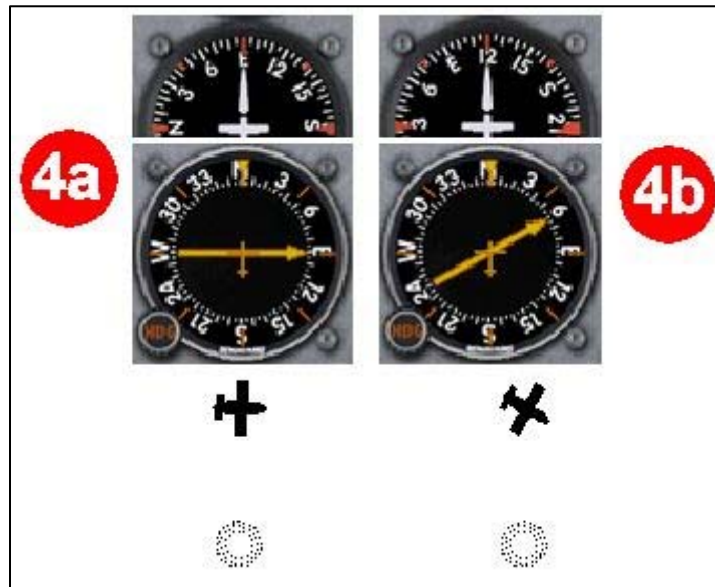


Das Flugzeug östlich des NDBs (**Position 1**) fliegt genau auf Kurs 270° und hat ein RB (Relative Bearing) von 0°, also ist das QDM 270°, das QDR 090° (Nadelende).

Auch an **Position 2** liest der Pilot im Cockpit ein RB von 0° ab – erst durch einen Blick auf den Kurskreisel sieht er aber, dass nun ein QDM von 360° anliegt. Dies entspräche einem QDR von 180°. Schauen wir mal was der Pilot an **Position 3** erkennt: Diesmal zeigt die Nadelspitze des ADF genau auf Süd bzw. 180°. Ein Blick auf den Kurskreisel zeigt einen Steuerkurs von 270°, wir befinden uns also auf dem QDR 270° (Nadelende), unser QDM beträgt 090° (Nadelspitze).

Schliesslich widmen wir uns dem vierten Piloten (**Position 4**), der mit Nordkurs fliegt, aber ein RB von 180° abliest: Das QDR ist also 360° und das QDM 180°.

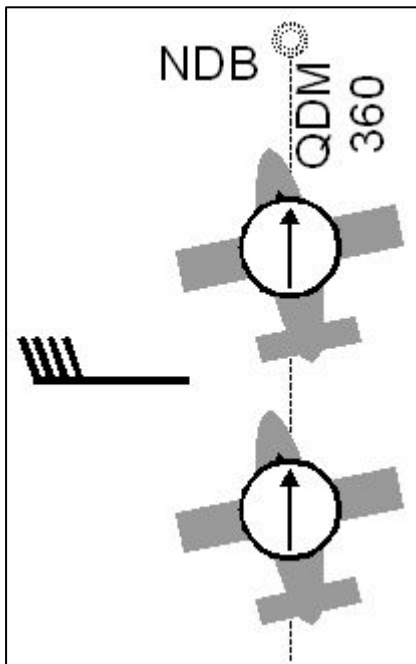
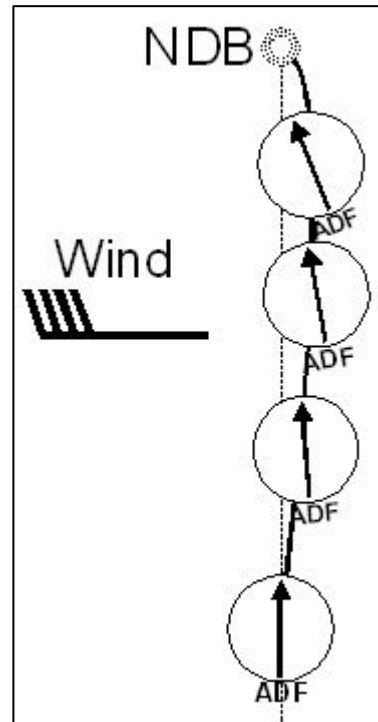
Wir betrachten nochmals den Piloten an **Position 4**:



Der Pilot befindet sich immer noch auf dem QDR 360 vom NDB und fliegt nun mit Steuerkurs 090° (**Position 4a**). Seine ADF-Nadel zeigt nun nicht mehr 180° sondern ein RB von 90° rechts an. Addieren wir nun Steuerkurs und RB so erhalten wir wieder ein QDM von 180°, was ja dem QDR von 360° entspricht. Eine andere Möglichkeit wäre nun am HDG-Knopf des ADF-Geräts unseren aktuellen Steuerkurs von 090° einzudrehen. Stellen wir uns das mal vor: Die Skala des Kompass würde nun gegen den Uhrzeigersinn gedreht werden und wenn dann 090° oben am Gerät anliegt, steht Süd bzw. 180° genau dort wo sich gerade die ADF-Nadespitze befindet, das ist unser QDM! Abschliessend üben wir das noch mit einem krummen Steuerkurs von 120°. Die ADF-Nadel zeigt nun ein RB von 60° rechts an (**Position 4b**). Addieren wir doch 120° und 60°: Das Ergebnis ist wieder 180°. Es scheint zu funktionieren!

3.3.4.3 Windkorrektur

Fliegt man ein NDB mit Seitenwind an, ohne diesen zu kompensieren, droht einem die berühmte **Hundekurve** wie die Grafik rechts deutlich macht. Weht zum Beispiel ein Wind aus Westen, so wird man nach rechts vom QDM 360 abgetrieben. Würde man nun einfach die Nase immer weiter nach links drehen, um die ADF-Nadel genau nach oben zeigen zu lassen, so würde dies zu einer endlosen Kurve in Richtung NDB führen, die uns aber nicht auf dem QDM 360 ankommen lassen würde.



Wollen wir allerdings gezielt auf dem QDM 360 zum NDB fliegen, so müssen wir den Wind mit einem Wind Correction Angle WCA auskorrigieren.

Sind Richtung und Stärke des Winds bekannt, so ist das Spiel recht einfach: Mit der Drittelregel bestimmen wir die Seitenwindkomponente, in diesem Fall 3/3 des Windes, also 40 kts. Nun errechnen wir anhand der 60er-Regel den erforderlichen WCA, um diese 40 kts Seitenwind zu kompensieren.

Die TAS durch 60 teilen. Das Ergebnis ist die Anzahl an Knoten Seitenwind, die wir mit einem Grad WCA ausgleichen können.

Nehmen wir beispielsweise ein TAS von 180 kts.

$180 \text{ kts} : 60 \text{ Grad} = 3 \text{ kts/Grad}$. Bei einem Wind von 40 kts müssen wir also $40 \text{ kts} : 3 \text{ kts/Grad} = \text{ca. } 13^\circ$ eindrehen. Wie wir sehen können zeigt die Flugzeugnase nun leicht nach links während die ADF-Nadel leicht nach rechts ausgeschlagen ist – und zwar um 13° . Im Cockpit zeigt die ADF-Nadel also nach rechts weg von der Mitte der Anzeige, denn wir haben ja nach links gedreht, um den WCA einzustellen.

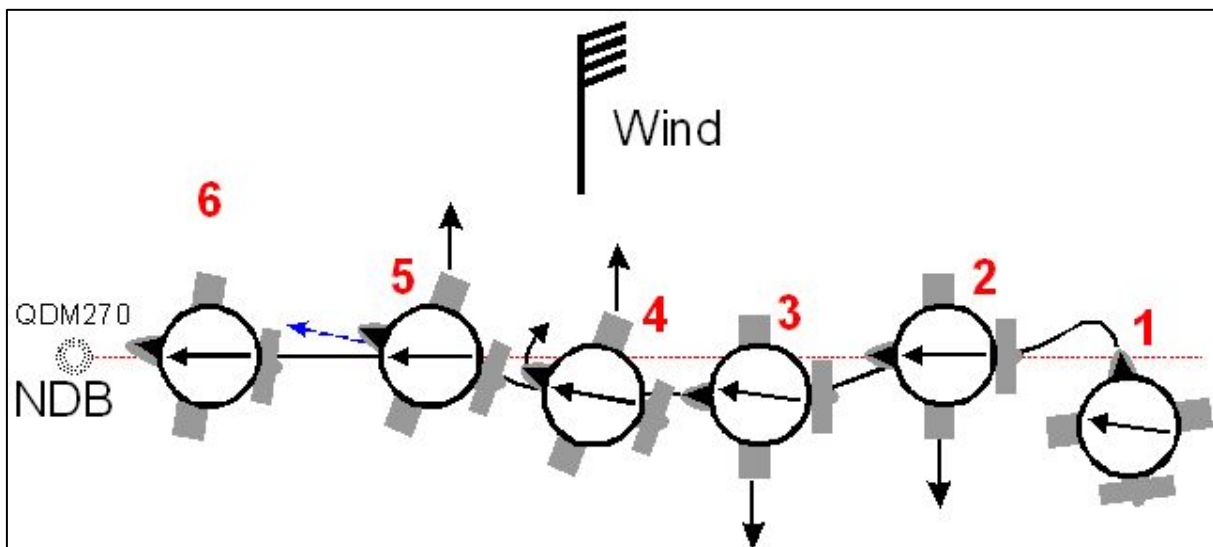
Was machen wir nun, wenn der Wind unbekannt ist und wir uns den Vorhaltewinkel erfliegen müssen? Nun, zunächst fliegen wir mal genau auf das NDB zu, zentrieren also die ADF-Nadel und merken uns das Heading, denn das ist in diesem Moment unser QDM.

Nun warten wir ein oder zwei Minuten und beobachten die Reaktion der Nadel. Bleibt sie in der Mitte, so ist entweder Windstille oder wir haben genau Rücken- oder Gegenwind. Bewegt sich die Spitze nach rechts werden wir nach links vom vorher gemessenen QDM abgetrieben, der Wind kommt also von rechts. Wir drehen nun einfach mal um den doppelten Wert der Drift gegen die Drift, also in diesem Fall nach rechts und beobachten wieder was die ADF-Nadel tut. Bewegt sie sich nicht mehr weiter, also weder nach rechts noch nach links, haben wir schon den erforderlichen Vorhaltewinkel gefunden! Bewegt sich die Nadel weiter nach rechts, dann hat diese

Korrektur noch nicht gereicht, um den Wind zu kompensieren und wir drehen weiteres Mal um den doppelten Driftwert der ersten Beobachtung gegen die Driftbewegung, hier also nach rechts. Hat es wieder nicht gereicht drehen wir ein weiteres Mal. Falls die ADF-Nadel sich aber nach links bewegt haben wir vorher zuviel korrigiert und wir müssen zurück nach links drehen. Dieses Mal aber nur um die Hälfte der letzten Korrektur. Diese Halbierung der Korrekturkurven kann man nun solange fortführen bis man den richtigen Vorhaltewinkel eingekreist und erwischt hat. Man fliegt also gewissermassen ein Annäherungsverfahren. Das Gute dabei ist, dass es völlig egal ist wie stark der Wind ist und welche TAS wir fliegen.

Man muss nun immer wieder überprüfen, ob sich die ADF-Nadel nicht bewegt wenn sich der Wind ändert und dann dementsprechend korrigieren. Bei der ganzen Sache dürfen wir allerdings nicht vergessen, dass wir ja das Ausgangs-QDM einhalten wollen und nicht einem anderen QDM folgen wollen!

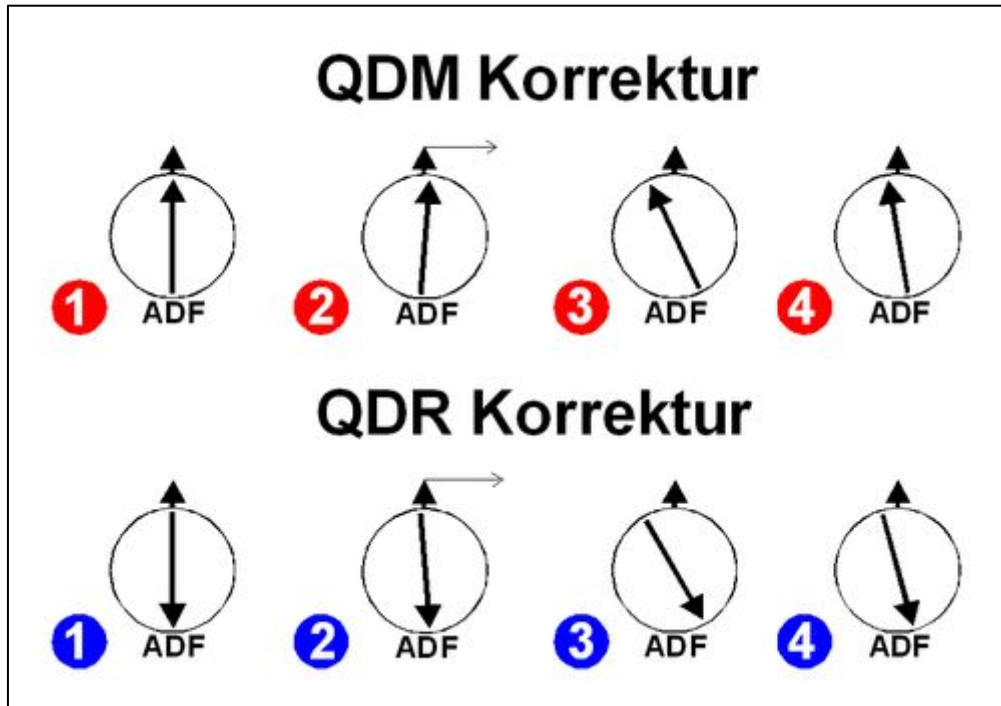
Ein Beispiel, siehe auch die Grafik unter diesem Text: Wir befinden uns irgendwo östlich eines NDBs (1). Zunächst drehen wir zum NDB und bestimmen unser aktuelles QDM, in diesem Fall QDM 270 (2). Nun treibt uns der Nordwind nach Süden ab, die ADF-Nadel zeigt nach wenigen Minuten bereits 5° nach rechts (3). Im Cockpit würde die ADF-Nadel auf den Wert 005° anstatt 000° zeigen, denn wir haben ja nur eine Relativpeilung im ADF. Wie gerade gelernt drehen wir um den doppelten Driftwert – also 10° – nach rechts und kommen auf Steuerkurs 280° heraus, die ADF-Nadel zeigt nun um ca. 5° nach links von der Mittelstellung, also eine Peilung von 355° (4). Wir beobachten nun die ADF-Nadel und sie bewegt sich in der Tat ein wenig nach links, das heisst wir kehren langsam aber sicher auf das Soll-QDM zurück. Würden wir aber nun einfach mit Steuerkurs 280° weiterfliegen so würden wir das QDM 270 überfliegen und nach Norden abdriften, weil der WCA zu gross ist (blaue Linie bei Schritt (5)). Darum muss bei Erreichen des Soll-QDM der WCA ein wenig verkleinert werden bis die Nadel brav ein QDM von 270 anzeigt und dort verharret (6).



Bleibe die ADF-Anzeige bei Schritt (4) konstant, so können wir davon ausgehen, dass dieser WCA von 10° schon ausreicht, um den Seitenwind voll zu kompensieren. Dummerweise wurden wir aber in Schritt (3) um 5° vom Soll-QDM 270 abgetrieben, was wir korrigieren müssen! Um zum Soll-QDM zurückzukehren drehen wir nochmal um die vorher angebrachte Korrektur von 10° nach rechts in den Wind hinein, also auf Steuerkurs 290°. Die ADF-Nadel sollte nun 5°+10° = 15° nach links zeigen. Steuerkurs 290° abzüglich 15° (Relativpeilung zum NDB) ergibt ein aktuelles QDM von 275°, wir sind also noch leicht südlich vom Soll-QDM. Wann sind wir dann wieder auf QDM270? Wenn die ADF-Nadel um 20° nach links zeigt befinden wir uns wieder auf dem Soll-QDM 270 und wir kurven kurz vor Erreichen dieses QDMs zurück auf unseren vorher erfolgten Steuerkurs von 280°, der den passenden Wind Correction Angle enthält.

3.3.4.4 Korrektur von QDM und QDR

Womit viele Piloten auch Mühe haben ist das finden der richtigen Richtung, in die korrigiert werden muss, falls ein bestimmtes QDM/QDR erreicht werden soll. Hier kann man sich eine simple Faustformel merken:



Korrekturen immer zur ADF-Nadelspitze hin ausführen!

Beispiel QDM:

Wir fliegen zum NDB hin, das ADF zeigt genau nach oben (1). Nach einer Weile wandert die Nadel langsam nach rechts weg, was bedeutet, dass wir nach links vom vorherigen QDM abdriften (2). Wir korrigieren nun nach rechts gegen die Drift, gegen die Nadelspitze. Nur dann können wir zum gewünschten QDM zurückkehren, indem wir die Nadel überholen und wieder nach links zurückdrehen (3). Kurz vor dem gewünschten QDM geht es zurück zum erfliegenen Kurs mit Windkorrektur (4).

Also: **Beim QDM die Nadelspitze überholen**

Beispiel QDR:

Wir fliegen vom NDB weg auf einem bestimmten QDR (1). Die Nadel wandert nach rechts weg, wie korrigiere ich nun? (2) Machen wir uns die Situation klar: Wir werden nach links abgetrieben, wir müssen also nach rechts korrigieren und das passt auch genau mit der Faustformel, denn die Nadelspitze des ADF befindet sich auf der rechten Hälfte, der Weg dorthin ist kürzer, wir korrigieren in die Richtung nach Grossmutter's Rezept (3). Kurz vor dem Soll-QDR drehen wir auf das ursprüngliche Heading, korrigiert um den Wind (4).

Wer genau hinsieht entdeckt bei der QDR-Korrektur, dass bei der Korrektur die Nadelspitze nicht mehr die Seiten wechselt, sondern der Ausschlag der ADF-Nadel grösser wird. Während wir nun langsam auf das Soll-QDR zurückkehren, wird die Nadel wieder langsam nach unten wandern, der Ausschlag wird kleiner bis wieder HDG – relative ADF-Peilung = QDR ist. Wobei hier als relative ADF-Peilung nicht die Anzeige der ADF-Spitze benutzt wird, sondern das stumpfe Ende der Nadel!

Die Navigation mit dem ADF ist anspruchsvoll und benötigt Übung, also ran an die Sache und kräftig Seitenwind erzeugen!

3.4 Allgemeine IFR-Regeln

3.4.1 Windkorrektur

In der Fliegerei sind wir auf Vereinfachungen angewiesen. Dies gilt auch für das Bestimmen der aktuellen Windstärke. Da wir im Flug vor allem an den einzelnen Komponenten des Windes interessiert sind, muss dafür ein Verfahren her, wie wir diese schnell berechnen.

Überlegen wir uns mal nach welchen Regeln wir den Wind in seine Komponenten zerlegen können. Zum einen gibt es den Seitenwind und es gibt den Rücken- bzw. Gegenwind. Wie man sich vorstellen kann ist meist der Seitenwind entscheidend, denn er bestimmt wie schnell wir zum Beispiel von unserem gewünschten Kurs abdriften, wenn wir nichts dagegen unternehmen.

Kommt der Wind genau von der Seite, relativ zum gewünschten Flugweg, so entspricht die gesamte Windstärke der Seitenwindkomponente, wir haben aber keinerlei Gegen- bzw. Rückenwind. Kommt der Wind genau aus der Richtung, in die wir fliegen wollen, so ist es genau entgegengesetzt: Die Seitenwindkomponente beträgt nun Null, wir haben aber vollen Gegenwind.

Das riecht stark nach Sinus und Cosinus!

Als kleiner Refresher:

- Beim Sinus ist das Ergebnis 0 wenn der Winkel 0° beträgt, bei 90° ist das Ergebnis 1.
- Beim Cosinus ist es genau umgekehrt: Der Cosinus von 0° beträgt 1 und der Cosinus von 90° beträgt 0.

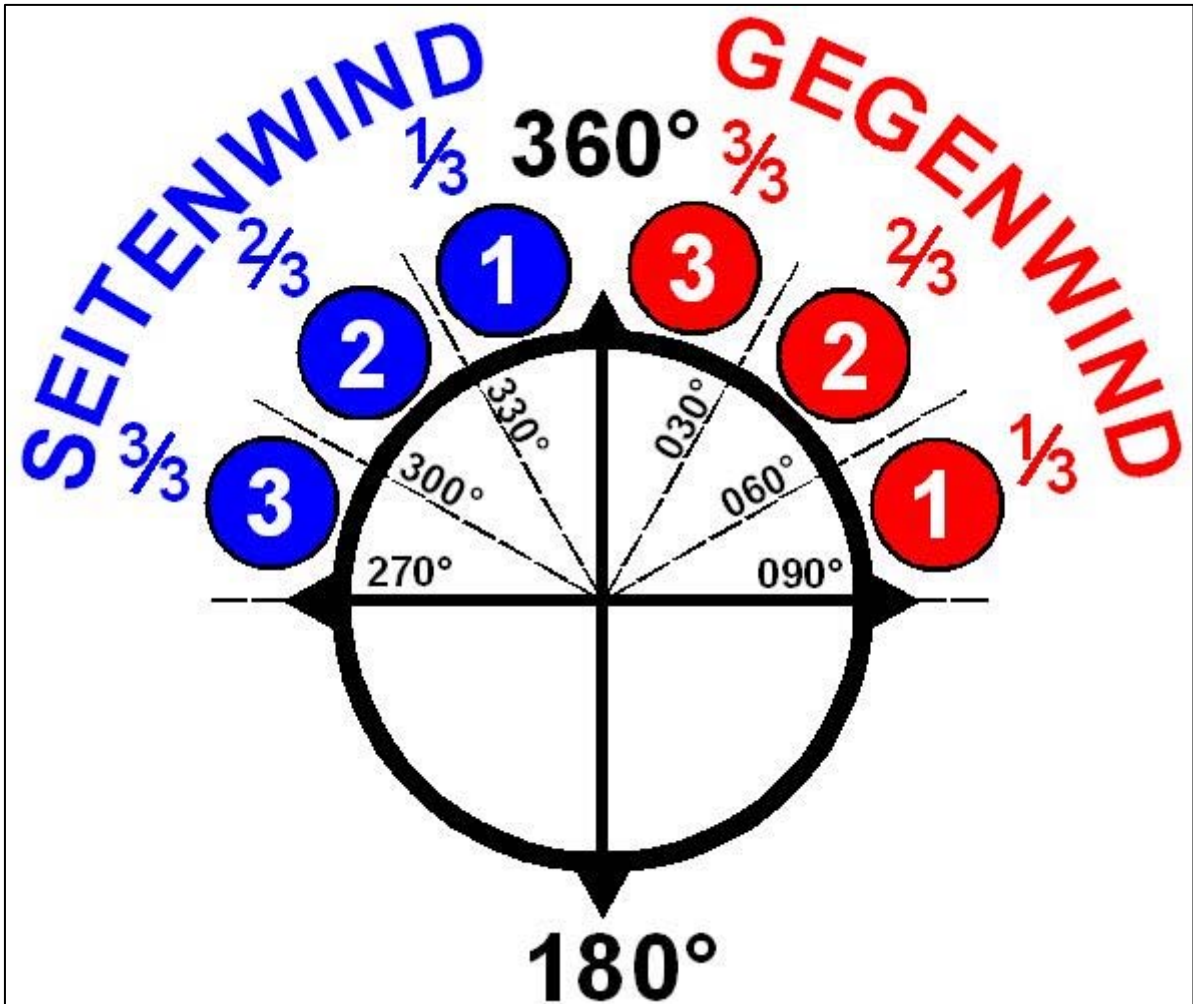
Lesen wir doch den oberen Absatz nochmals durch: *Die Seitenwindkomponente entspricht genau der vollen Windgeschwindigkeit wenn der Wind genau 90° zum gewünschten Track/Radial entspricht.*

Das ist doch der Sinus, denn $\sin(90^\circ) = 1$! Wenn wir also das Ergebnis dieser Rechnung mit der Windstärke multiplizieren, erhalten wir die Seitenwindkomponente in Knoten. Beim Gegen-/Rückenwind es dann also der Cosinus: $\cos(90^\circ) = 0$. Weht der Wind genau von der Seite, haben wir keinerlei Gegen- oder Rückenwind.

Nun können wir im Flugzeug nicht dauernd im Taschenrechner diese Werte errechnen, darum wurde die Drittel Regel erfunden.

3.4.1.1 Die Drittel-Regel

Stellen wir uns dafür die Kompassrose vor: Sie hat eine Skala von 0 bis 360 Grad. Wir betrachten davon nur die obere Hälfte, also von 270° über 360° bis 090°. Man kann nun jede Hälfte davon in drei gleich grosse Abschnitte teilen, in Drittel-Kuchenstücke, also 270°-300°, 300°-330°, 330°-360°, 360°-030°, 030°-060° und 060°-090°. Unsere Bezugsrichtung ist dabei 360°.



Für den Seitenwind betrachten wir in der Grafik den blauen Bereich von 270°-360°. Es sind dort drei Sektoren mit blauen Textblasen bezeichnet.

Käme der Wind aus dem **Sektor 3**, also aus 270°-300°, so müssten wir drei Drittel des Winds, also die volle Windstärke, als Seitenwindkomponente annehmen. Im **Sektor 2**, also zwischen 300° und 330°, nutzen wir zwei Drittel der Windstärke als Seitenwindkomponente. Weht der Wind aus **Sektor 1** (330°-360°), dann nutzen wir ein Drittel der Windstärke als Seitenwindkomponente.

Natürlich muss man hier seinen Kopf eingeschaltet lassen: Weht der Wind genau entgegengesetzt, so haben wir keinen Seitenwind!

Beim Gegenwind ist es genau entgegengesetzt (roter Bereich): Im **Sektor 3** wird mit drei Dritteln des Windes gerechnet, hier haben wir vollen Gegenwind. Im **Sektor 2** rechnet man immer noch mit zwei Dritteln des Winds und erst im **Sektor 1** wird nur noch ein Drittel der Gesamtwindstärke als Gegenwind betrachtet. Auch hier gilt: Kommt der Wind genau von von der Seite (090°), so haben wir keinen Gegenwind mehr.

Kommt der Wind aus der unteren Hälfte der Kompassrose, so muss man das Verfahren analog nutzen, die Drittel-Regel ist recht einfach, malt es euch mal auf.

Natürlich fliegt man nicht immer mit Kurs 360° durch die Gegend, weswegen diese Winkel immer als relativ zum tatsächlich gewünschten Track/Radial zu betrachten sind. Fliegt man also zum Beispiel auf Kurs 210°, so wäre der Seitenwind maximal, käme er aus 120° oder 300°.

Nun haben wir die Windkomponenten bestimmt, was fangen wir damit an?

3.4.1.2 Die 60er-Regel

Wir benötigen nun noch eine Faustregel, mit der wir den sogenannten **WCA**, den **Wind Correction Angle**, berechnen. Der WCA ist nichts anderes als die Anzahl Grad, um die man in den Seitenwind eindrehen muss, um ihn auszugleichen.

Grundsätzlich gilt: Bei 60 Knoten an Eigengeschwindigkeit (TAS, True Airspeed), gleicht ein Grad WCA einen Knoten an Seitenwind aus. Sprich: Fliegt man mit genau 60kts TAS und dreht um ein Grad in den Wind, kompensiert man damit einen Knoten der Seitenwindkomponente.

Also gilt: TAS durch 60 teilen. Das Ergebnis ist dann die Anzahl Knoten, die man pro Grad WCA ausgleicht.

Beispiel:

- TAS: 420 kts
- Seitenwindkomponente 50 kts

TAS 420 kts dividiert durch 60° ergibt 7 kts Windkompensation für ein Grad WCA.

Wie oft passt nun dieser Wert in die Seitenwindkomponente hinein? Dividiere 50 kts durch 7 kts/Grad = 7°. Wir müssen also um ca. 7° in den Seitenwind eindrehen, um diese auszugleichen und nicht vom gewünschten Kurs (über Grund) abzudriften.

3.5 Warteverfahren, Holding, Orbit

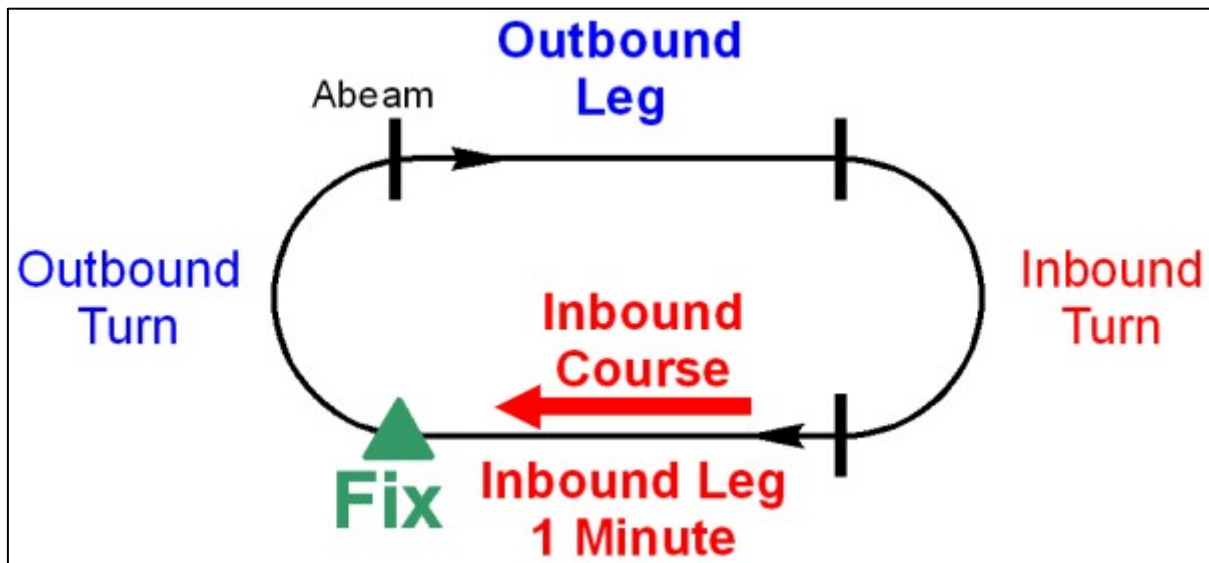
3.5.1 Prinzip

In manchen Situationen kann oder will man den Flug nicht direkt fortsetzen. Da man mit einem Flugzeug nicht einfach rechts heranfliegen und stehenbleiben kann, wurden sogenannte **Holding Patterns**, also **Warteverfahren**, eingeführt.

Solche Holdings sind eigentlich nichts anderes als eine Art Parkplatz für Flugzeuge. Dabei fliegt man **selbständig** Kreise in einem bestimmten Raum, sodass sich der Controller auf andere Flugzeuge konzentrieren kann. In einem Holding können sich mehrere Flugzeuge in unterschiedlichen Höhen befinden, die aber mindestens vertikal um 1000ft gestaffelt werden.

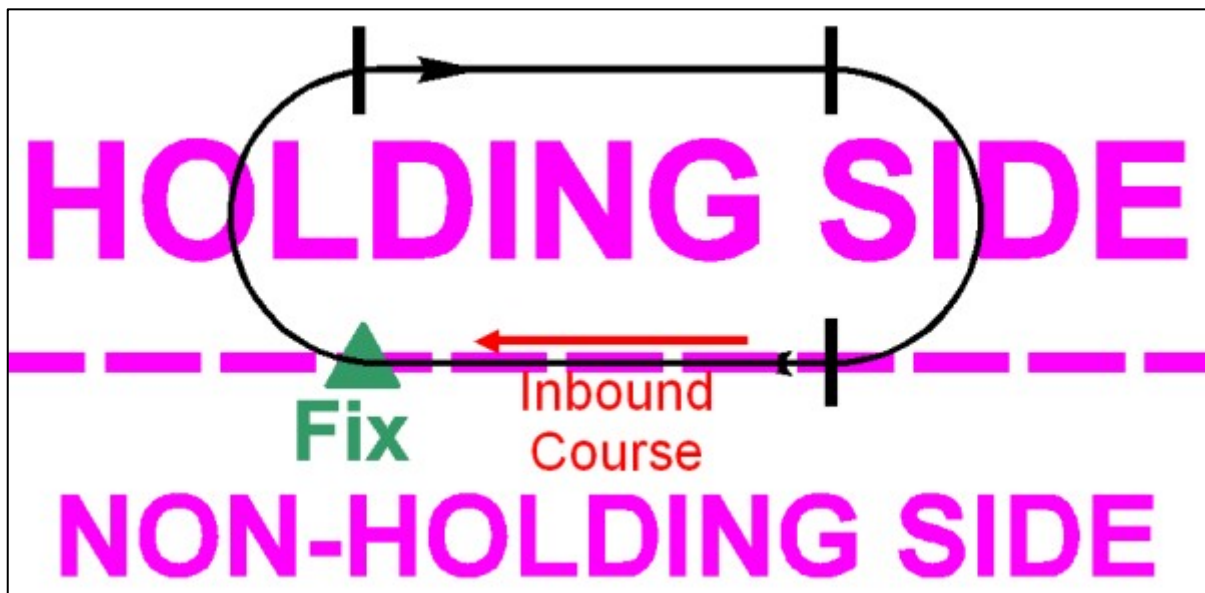
Diese Holdings nutzt man zum Beispiel in folgenden Situationen: Wird die Kapazität eines Flugplatzes überschritten (es wollen mehr Flugzeuge anfliegen, als im selben Zeitraum eigentlich anfliegen können) oder ist ein Flugplatz komplett geschlossen oder kann ein Flugzeug nicht stark genug steigen, um Hindernisse auf der Abflugroute zu überfliegen oder befindet man sich in einer Notsituation und muss erst die Probleme an Bord lösen, so wird man zunächst in ein Holding einfliegen.

3.5.2 Regeln und Definitionen



- ⇒ **Holding Fix:** Über dem Holding Fix beginnt und endet ein Holding. Solch ein Holding Fix kann ein VOR, NDB, eine Intersection oder ein Waypoint sein.
- ⇒ **Inbound course:** Das ist der Kurs, auf dem das Holding Fix innerhalb des Holdings angeflogen werden muss.
- ⇒ **Outbound Turn:** Nach dem Überflug des Holding Fix dreht man um 180° nach rechts (Standard) oder links (Non-Standard). Am Ende dieser Kurve befindet man sich auf dem...
- ⇒ **Outbound Leg:** Es beginnt am **Abeam-Point**, an dem man sich genau querab vom Holding Fix befindet und endet nach einer gewissen Zeit oder Distanz (**siehe timing**).
- ⇒ **Inbound Turn:** Nun dreht man wieder um 180° nach rechts oder links, um den **Inbound Course** zum Holding Fix zu intercepten.
- ⇒ **Inbound Leg:** Man fliegt auf dem Inbound Course zum Holding Fix.

- ⇒ **Turning direction:** Es ist immer eindeutig definiert, ob ein Holding mit Links- oder Rechtskurven zu fliegen ist. Laut ICAO ist die **Standard Turning Direction** in einem Holding **RECHTS**, ein **Non-Standard Holding** besteht demnach aus **Linkskurven**.
 - ⇒ **Timing:** Entscheidend für ein Holding ist die Zeit bzw. Distanz, die man auf dem Inbound Leg zurücklegt. **Standardmässig** beträgt die Zeit für das **Inbound Leg exakt eine Minute**. Ist auf einer Karte kein Hinweis für das **timing** angegeben, so gilt automatisch der Standard von einer Minute!
Ausnahme: Über **FL 140** beträgt das timing auf dem Inbound Leg **1½ Minuten** statt nur 1 Minute!
- Holdings können aber nun nicht nur durch Zeitangaben definiert sein, sondern es kann auch eine **Distanz** für das Outbound Leg vorgeschrieben sein.
Zum Beispiel kann an einem Holding **ABC D18/24** angeschrieben sein, was für uns bedeutet, dass wir beim Holding-Fix eine DME-Anzeige von 18 NM zum Funkfeuer ABC haben werden. Drehen wir nun rechts auf das Outbound-Leg, so beenden wir dieses bei einer DME-Anzeige von 24 NM, unabhängig von der Zeit, die wir bis dorthin brauchen.
- Ohne Windeinfluss ergibt sich daraus eine **Zeit von 4 Minuten**, die man für ein komplettes Warteverfahren benötigt. Dies liegt daran, dass man die Kurven mit der Standard-Rate fliegen soll, was für 180°-Kurven eine Zeit von jeweils einer Minute ergeben. Auch das Outbound Leg wäre in dem Fall genau eine Minute lang.
- ⇒ **Minimum Holding Altitude (MHA):** Die minimal zulässige Flughöhe in einem Warteverfahren. Sie ist direkt am Holding angegeben, entweder in Fuss (z.B. 7000' = 7000ft) oder als Flightlevel (z.B. FL90) und sie muss eingehalten werden.
 - ⇒ **Holding Side** und **non-holding side:** Auf der non-holding side darf **nicht** geflogen werden, beim Einflugverfahren muss man nach Überflug des Holding Fix auf der holding side verbleiben!



⇒ Für jede Flugzeugkategorie ist eine **Maximalgeschwindigkeit für Holdings** vorgeschrieben.

Propeller-Flugzeuge

- bis 14000ft maximal 170 KIAS
- über 14000ft maximal 175 KIAS

Jets

- bis 14000ft maximal 230 KIAS
- über 14000ft bis 20.000ft 240 KIAS
- über 20000ft bis 34.000ft 265 KIAS
- über 34000ft M 0.83

Anmerkung 1: Bei turbulenten Bedingungen darf die Geschwindigkeit auf 280 KIAS oder M0.80, je nachdem welcher Wert die kleinere Geschwindigkeit (TAS) ergibt, geflogen werden.

Anmerkung 2: Flugzeuge, die aus aerodynamischen Gründen schneller als die angegebenen Geschwindigkeiten geflogen werden müssen, sollen dies und ihre Min Speed beim Fluglotsen melden.

EAT – Expected Approach Time: Vor dem Einflug in das Holding oder wenn man sich bereits im Holding befindet kann einem der Controller eine Information geben wann der eigentliche Beginn des Landeanflugs zu erwarten ist. Entweder gibt er uns die Anzahl an Holdings bekannt, die wir voraussichtlich fliegen sollen oder er gibt uns einen genauen Zeitpunkt, an dem er erwartet, dass unser Anflug beginnen wird. Dieser Zeitpunkt nennt sich **EAT, Expected Approach Time** (**nicht** verwechseln mit ETA, Expected Time of Arrival!). Die Zeitangabe der EAT beinhaltet lediglich den Zeitpunkt in Minuten unter Auslassung der Stunde! Liegt die EAT nicht mehr in der aktuellen Stunde, so wird noch der Ausdruck *of the next hour* angefügt.

⇒ **Sinkflug im Holding:** Man sollte darauf achten, dass man mit einer VS von **minimal 1000 ft/min** und **maximal 1500 ft/min** absinkt, damit die aktuelle Flughöhe zum einen relativ schnell frei wird und gleichzeitig der nächst tiefer fliegende Pilot keinen TCAS-Alarm erhält, denn im Holding kommt man sich ganz schön nahe!

3.5.3 Windkorrektur

Wie wir bereits zur Kenntnis genommen haben, dürfen wir den für das Holding reservierten Luftraum nicht verlassen. Ausserdem ist die **Länge des Inbound Leg festgeschrieben** (standardmässig ist es 1 Minute lang), welche wir so gut wie möglich einhalten müssen. Darum muss man den Wind auskorrigieren, was nicht sehr schwer ist.

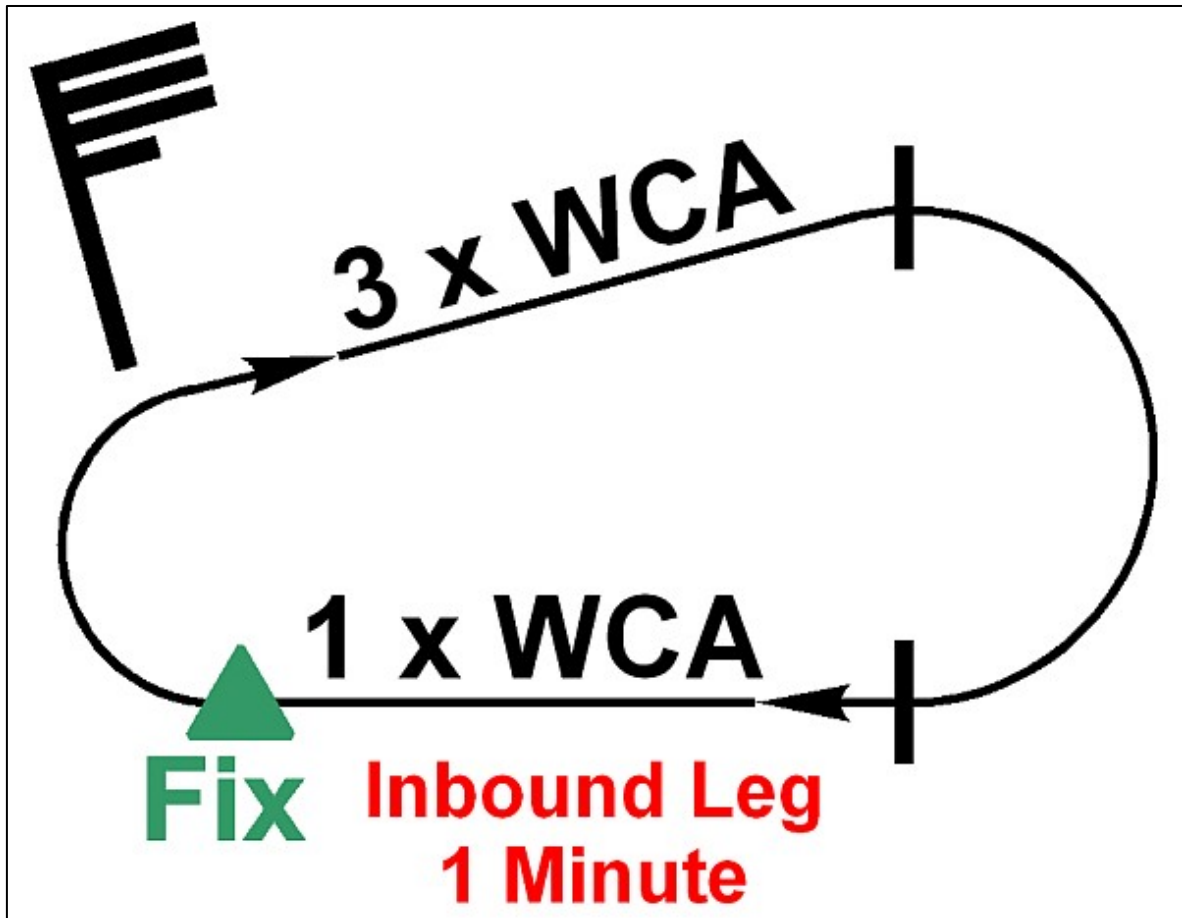
Während man auf dem Inbound Leg den Windvorhaltewinkel einfach erfliegen kann (benötigter Flugkurs, um nicht vom Radial/QDM/Track versetzt zu werden), geht dies auf dem Outbound Leg nicht mehr, da hier im Normalfall keine Referenz zur Verfügung steht!

Der Trick: Man fliegt den **dreifachen WCA (Wind Correction Angle) vom Inbound Leg** (natürlich müssen wir mit diesem WCA in den Wind hineindrehen...).

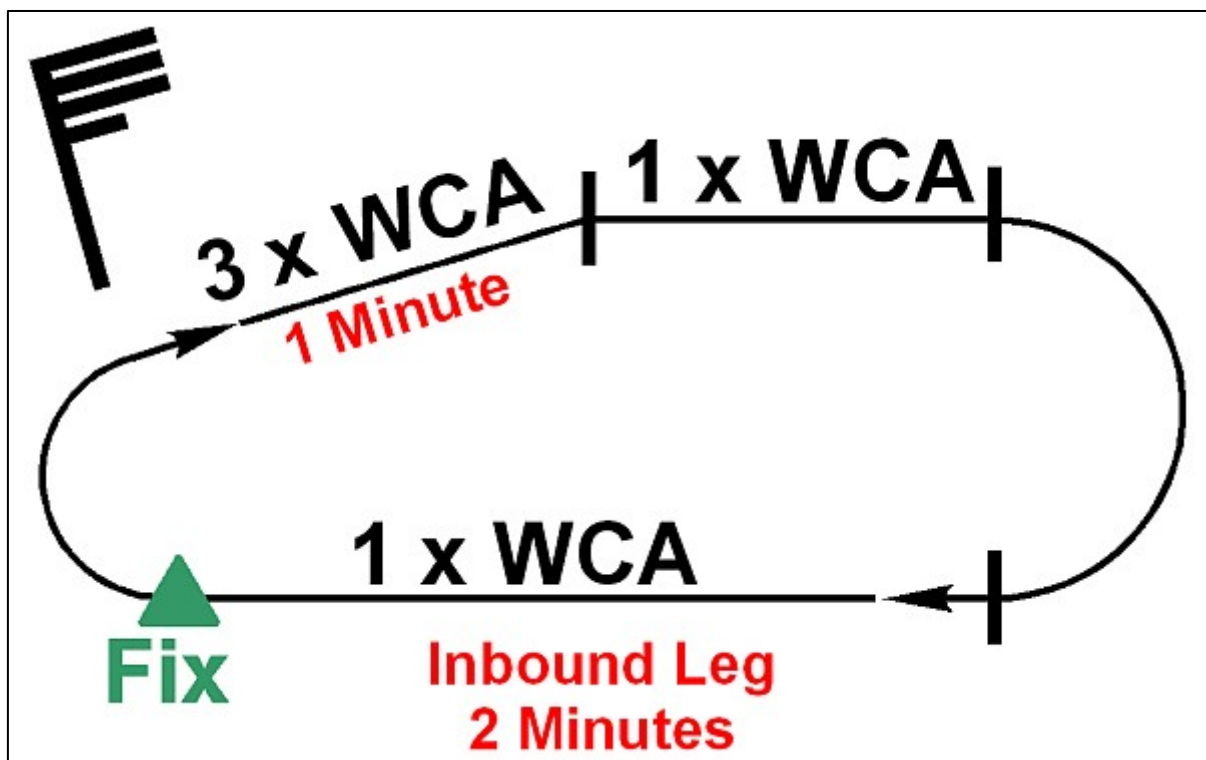
Der Faktor Drei rührt daher, dass wir dem Wind drei Minuten ausgesetzt sein werden, den wir aber nur auf dem Outbound Leg ausgleichen können, welches nur eine Minute dauert!

Warum können wir denn den Wind nur auf dem Outbound Leg ausgleichen? Ganz einfach: Während des Outbound Turns und des Inbound Turns fliegen wir eine Standard-Kurve und haben keine zuverlässige Möglichkeit der Einflussnahme auf den Kurvenradius. Der Wind quetscht bzw. streckt diese Kurven, bei Rückenwind müssten wir die Kurve enger fliegen, bei Gegenwind etwas flacher. Um die Dinge nicht zu sehr zu komplizieren, fliegt man ganz normale Standard-Rate Kurven (180° Drehwinkel in 1 Minute) und korrigiert die Winddrift lieber auf dem Outbound Leg.

Darum also **verdreifachen wir den WCA!**



Ist das timing des Holdings grösser als eine Minute, so reduziert man auf dem Outbound Leg den dreifachen WCA auf den einfachen WCA, sobald man die erste Minute zurückgelegt hat, denn nach dieser ersten Minute haben wir ja bereits die Korrektur für Outbound und Inbound Turn erfolgt.



Wer genau aufgepasst hat, wird sich nun fragen: Der Wind wird doch auch unser Outbound Leg verlängern bzw. verkürzen, wenn wir strikt eine Minute auf diesem verbleiben. Das ist korrekt und auch das muss ausgeglichen werden!

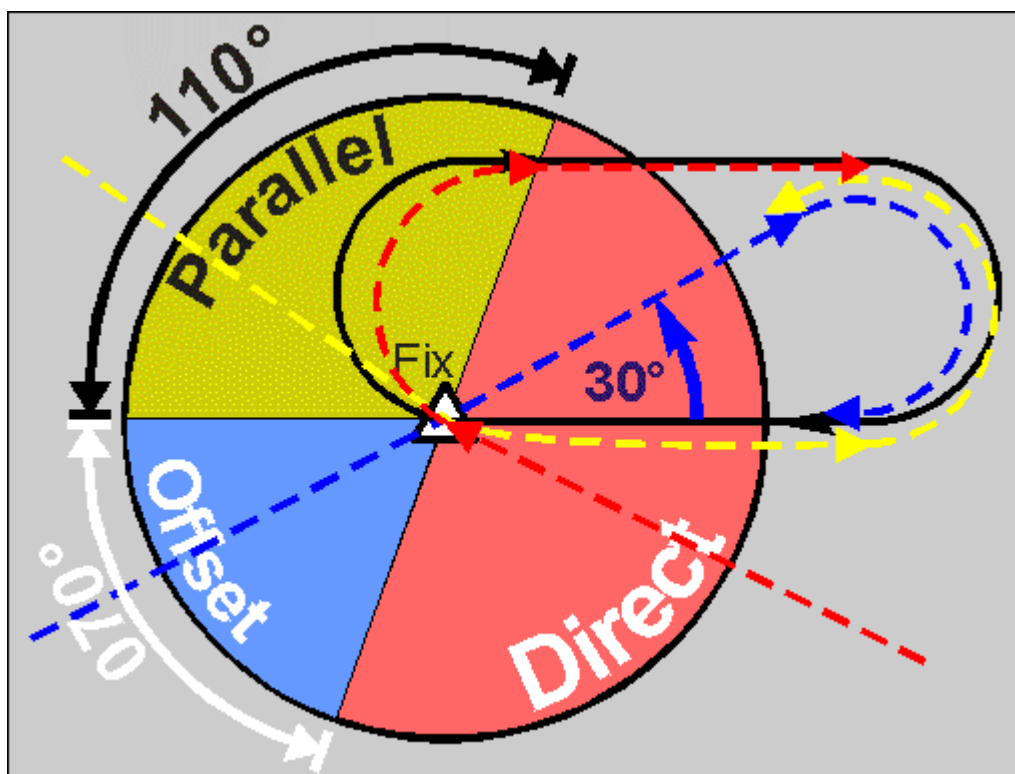
⇒ **Pro 10kts Rückenwind** die Flugzeit auf dem Outbound-Leg um **5 Sekunden verkürzen**

⇒ **Pro 20 kts Gegenwind** das Outbound Timing um **5 Sekunden erhöhen**

Wichtig: Der ausschlaggebende Wert für diese Berechnungen ist die jeweilige Gegen- oder Rückenwindkomponente, also mit der Drittel-Regel arbeiten!

3.5.4 Einflugverfahren, Entry-Procedures

Da man bereits beim Einflug in ein Holding-Pattern auf der Holding Side (innerhalb seines geschützten Luftraumes) bleiben muss, wurden **3 Einflugverfahren** definiert:



⇒ **Direct Entry**

Fliegt man das Holding Fix vom **roten Sektor** aus an, so darf man direkt nach dem Überflug des Fixes nach rechts auf das Outbound Leg drehen.

⇒ **Tear Drop/Offset Entry**

Nähert man sich allerdings aus dem **blauen Sektor**, der 70° weit geöffnet ist, so verlässt man das Holding Fix auf einem Kurs, der um 30° kleiner ist als das Outbound Leg und behält diesen Kurs für eine Minute bei. Ist diese Zeit verstrichen dreht man nach rechts zurück zum Holding Fix und fliegt dann in ein normales Warteverfahren ein.

⇒ **Parallel Entry**

Die dritte Variante ist der Parallel Entry: Will man in das Holding aus diesem um 110° geöffneten „Fenster“ einfliegen, so dreht man einfach auf das Outbound Heading, sobald man das Fix überflogen hat und dreht nach einer Minute zurück zum Holding Fix, um das Warteverfahren zu beginnen.

Durch Offset und Parallel Entry gelangt man in den roten Sektor und kann dann einen Direct Entry fliegen, **das ist der Sinn dieser zwei Manöver. Alle Kurven** und Manöver beim Holding Entry müssen so geflogen werden, dass man innerhalb des Holding-Luftraums bleibt, also immer nach innen einkurven (**holding side**). Windkorrektur nicht vergessen!

3.5.5 Holding mit dem FMC

Die einfachste Methode ein Holding zu fliegen ist ganz klar die Eingabe im FMC und die Kopplung des Flightdirector/Autopilot mit diesem.

Die Vorteile liegen auf der Hand: Man hat eine starke Entlastung, weil man nicht ständig den Wind berechnen und ausgleichen muss, man muss keine Zeit nehmen und das Holding wird viel genauer geflogen.

Ein FMC ist in der Lage, die Winddrift zu berechnen und dementsprechend die Kurve für den Outbound bzw. Inbound Turn enger oder weiter zu fliegen.

Ganz wichtig ist natürlich die korrekte Eingabe des Holdings in das FMC – wenn hier ein Fehler passiert, wird evtl. in die falsche Richtung gedreht, auf dem falschen Inbound Course zum Holding Fix geflogen etc..

Im FMC müssen daher folgende Daten eingegeben werden:

1. Inbound Course
2. Turning Direction
3. Holding Timing
4. Holding Speed (Berechnung der Kurvenradien)

3.5.6 Phraseologie

Für Holdings gibt es spezifische Sprechgruppen, die uns anweisen, in ein Holding einzufliegen, dieses zu verlassen und wir können Positionsmeldungen abgeben.

⇒ Anweisung, in ein Holding einzufliegen

Über einem VOR, NDB oder WAYPOINT

Radar	SAG001, hold at SMP.
SAG001	Hold at SMP, SAG001.

Über einem Punkt, der durch den Lotsen definiert wird

Radar	SAG001, hold on radial 100 inbound to SMP VOR at DME 10, right hand pattern.
SAG001	Hold on radial 100 inbound to SMP VOR at DME 10, right hand pattern , SAG001.

In diesem Beispiel sollen wir das Radial 100 des SMP VOR als Referenz nehmen, auf diesem inbound zur Station (Gegenkurs zu Radial 100 ist 280°) Holdings mit Rechtskurven fliegen.

⇒ Aufhebung eines Holdings

Die angefangene Runde im Holding beenden und danach das Holding Fix auf einem bestimmten Steuerkurs verlassen

Radar	SAG001, holding is cancelled, leave SMP on heading 080 degrees.
SAG001	Holding is cancelled, will leave SMP on heading 080 degrees, SAG001.

Direkt zum Holding Fix drehen und danach dieses auf einem bestimmten Steuerkurs verlassen

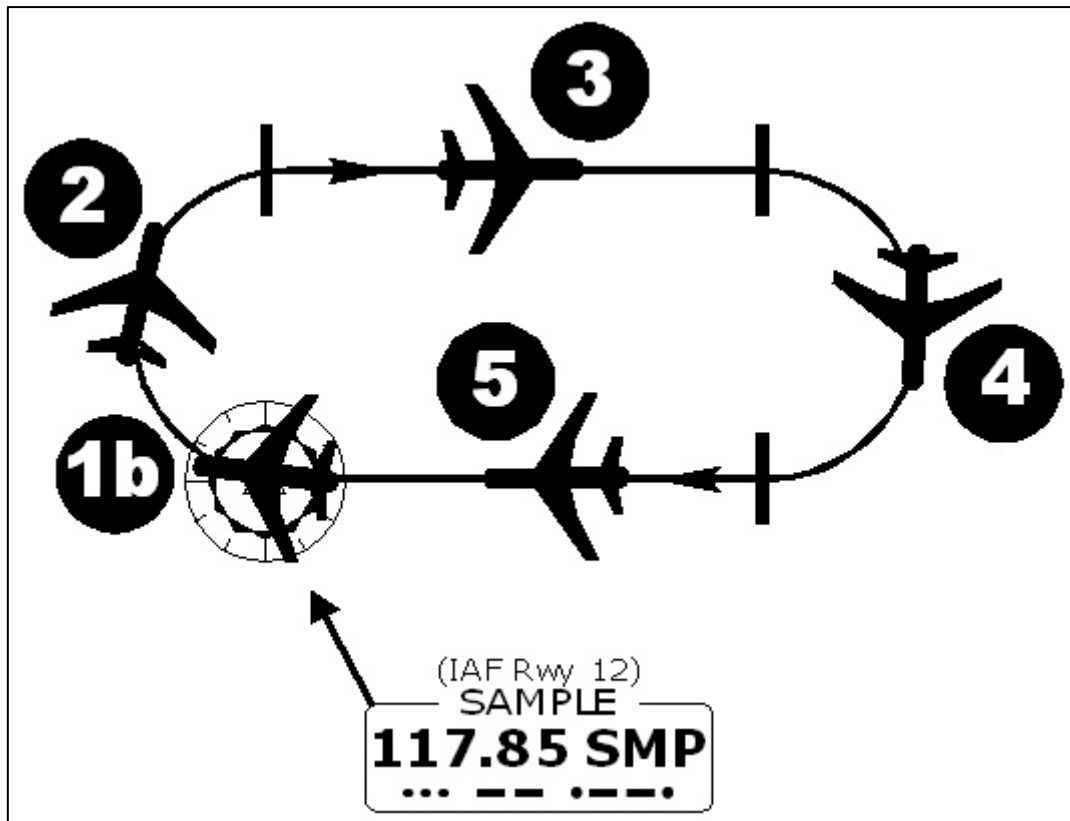
Radar	SAG001, holding is cancelled, turn right direct to SMP, leave SMP on heading 080 degrees.
SAG001	Holding is cancelled, turning right direct to SMP, will leave SMP on heading 080 degrees, SAG001.

Das Holding sofort beenden und den angegebenen Steuerkurs sofort erfliegen

Radar	SAG001, holding is cancelled, turn left heading 080 degrees.
SAG001	Holding is cancelled, turn left heading 080 degrees, SAG001.

⇒ Positionsmeldungen im Holding

Positionsmeldungen im Holding werden generell **nur nach Aufforderung** durch den Losten gemacht. Den **Einflug in das Holding** muss man **in Deutschland** seit Anfang 2008 **nicht mehr** melden, es **kann** aber gemacht werden. Sinnvoll wäre dies zum Beispiel, wenn bei Erreichen des Clearance Limits noch keine weiteren Instruktionen vorliegen und man den Lotsen darauf hinweisen will, dass man nun ins Holding geht.



(1a) Überflug des Holding Fix, Einflug in das Holding über Offset bzw. Parallel Entry (diese Position ist in der Grafik **nicht** dargestellt), optional in Deutschland

SAG001	SAG001, SMP, entering the holding.
--------	------------------------------------

(1b) Überflug des Holding Fix, Drehung auf Outbound Turn

SAG001	SAG001, SMP, turning outbound.
--------	--------------------------------

(2) Im Outbound Turn

SAG001	SAG001, turning outbound.
--------	---------------------------

(3) Zwischen Ende des Outbound Turns und Beginn des Inbound Turns befinden wir uns auf dem Outbound Leg

SAG001	SAG001, outbound leg..
--------	------------------------

(4) Inbound Turn

SAG001	SAG001, turning inbound SMP.
--------	------------------------------

(5) Inbound Leg

SAG001	SAG001, inbound SMP.
--------	----------------------

Achtung: Der Ausdruck *inbound [POINT]* unterscheidet sich von *[POINT] inbound*! Ersterer steht für den Zustand, bei dem man tatsächlich auf den [POINT] zufliegt. Der zweite Fall beschreibt den

Zustand, bei dem man [POINT] überflogen hat und nun auf dem Weg zum Final Approach ist, man ist also inbound zum Final Approach.

Würden wir in diesem Beispiel *SMP inbound* melden, so würde der Fluglotse denken, dass wir gerade SMP überflogen haben und bereits den Anflug gestartet haben!

⇒ **Expected Approach Time – EAT**

EAT innerhalb der aktuellen Stunde

Es ist gerade 1825Z, die uns zugeteilte EAT ist um 1845Z:

Radar	SAG001, your expected approach time is 45.
SAG001	Expected approach time 45, SAG001.

Der Lotse darf auch die Abkürzung nutzen, dies spricht sich wie *Ih, Ey, Ti* aus

Radar	SAG001, your EAT is 45.
SAG001	EAT 45, SAG001.

EAT in der folgenden Stunde

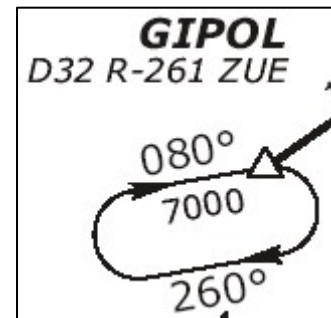
Es ist gerade 1252Z, die uns zugeteilte EAT ist um 1312Z:

Radar	SAG001, your expected approach time is 12 of the next hour.
SAG001	Expected approach time is 12 of the next hour, SAG001.

3.5.7 Beispiel Holding über GIPOL bei Zürich

Ganz konkret betrachten wir mal das Holding über dem IAF GIPOL, welches wir in den Anflugkarten von Zürich/LSZH finden.

Zunächst wollen wir den Punkt GIPOL lokalisieren: Er befindet sich bei DME 32 auf dem Radial 261 vom VOR ZUE. Der Inbound Course des Holdings wurde mit 080° definiert, es müssen Rechtskurven geflogen werden (Standard Holding) und die MHA (Minimum Holding Altitude) beträgt 7000ft. Da es keine weiteren Angaben bezüglich Länge der Holding Legs gibt nutzen wir den Standard: 1 Minute bis einschliesslich FL140, 1½ Minuten über FL140.



3.5.8 Orbit

Die unkomplizierteste Version des Warteverfahrens ist das Orbiting. Dabei dreht man einfach einen Vollkreis an der aktuellen Position, weshalb es ohne aufwändige Programmierung oder Vorbereitung genutzt werden kann. Man für einen **right-hand orbit** oder **left-hand orbit** angewiesen, teilweise wird es auch **right-hand 360** oder **left-hand 360** genannt, wobei die Zahl 360 als **three-sixty** ausgesprochen wird.

Bitte einen Vollkreis nicht mit einem Circling verwechseln!

