

Funknavigation

Im Gegensatz zur VFR-Navigation liefert **Funknavigation** mittels **Radiowellen** (UKW, Mittelwelle) Richtungs-, Kurs- und Standort-Information. Nötig sind dazu **externe** und **interne Sender** und **Empfänger**).
→ **Instrumentenflug (IFR)**



Funknavigation

Verwendete Frequenzbänder

Deutsch

English

Lang-/Mittelwelle	LW/MW	LF/MF	Low/Medium Frequency
Kurzwelle	KW	HF	High Frequency
Ultrakurzwelle	UKW	VHF	Very High Frequency
Mikrowelle	X-/L-/S-Band	EHF	Extreme High Frequency

Amplituden- / Frequenz- / Puls-Modulation

Funknavigation

Verwendete Frequenzbänder

Deutsch

English

Lang-/Mittelwelle	LW/MW	LF/MF	Low/Medium Frequency
Kurzwelle	KW	HF	High Frequency
Ultrakurzwelle	UKW	VHF	Very High Frequency
Mikrowelle	X-/L-/S-Band	EHF	Extreme High Frequency

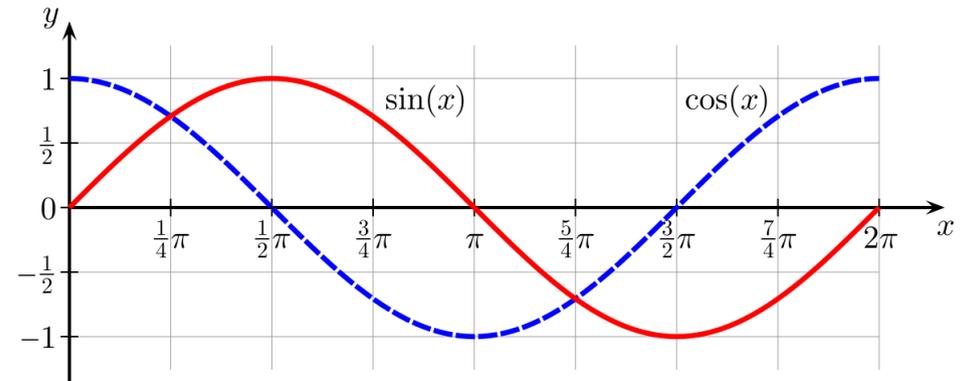
Es gilt:

T Schwingungsdauer

f Frequenz

c Lichtgeschwindigkeit $c \approx 300000 \text{ km/sec}$

λ Wellenlänge (griech. *Lambda*)



$$\lambda = c \cdot T \quad c = \lambda \cdot f \quad \text{da } f = \frac{1}{T}$$

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

- 1.) Die **Peilung** (auch **Standlinie**; Richtung von einer Position zu einer anderen, engl. *Bearing*).

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

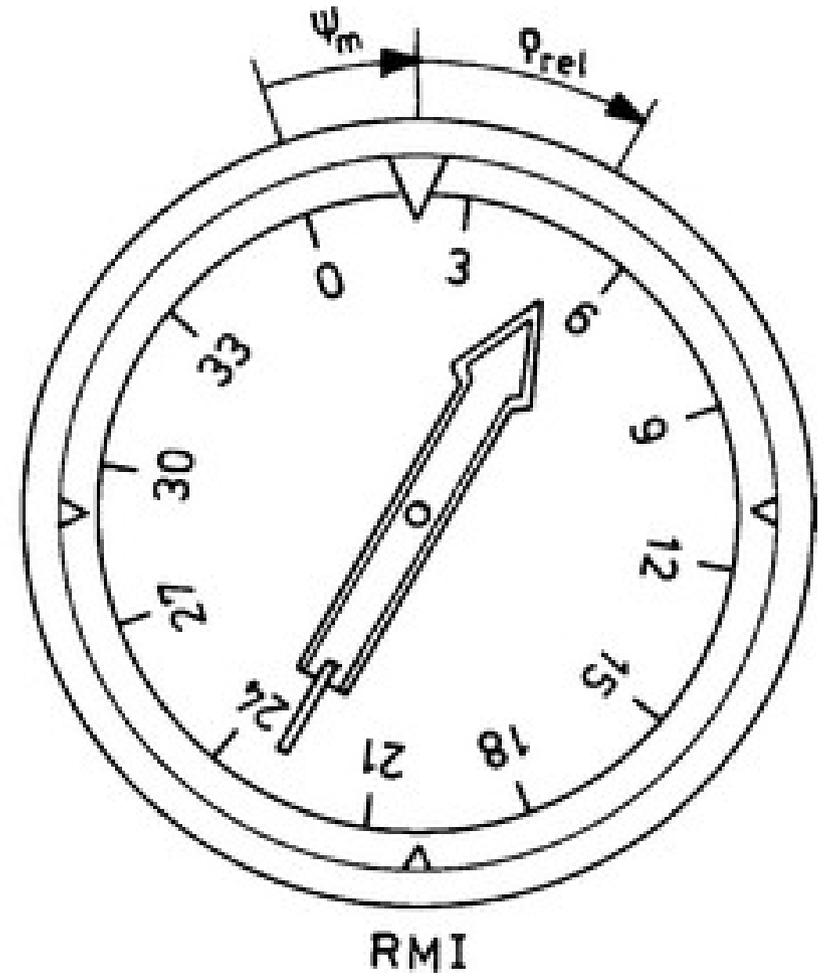
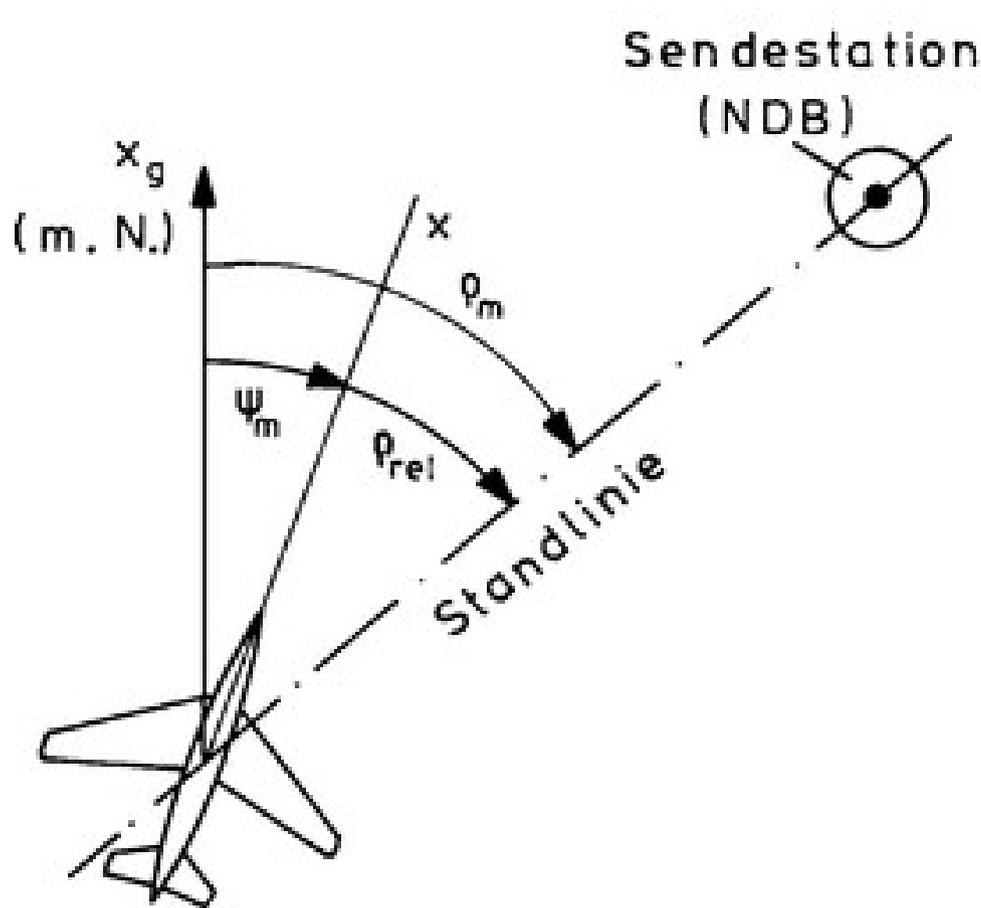
- 1.) Die **Peilung** (auch **Standlinie**; Richtung von einer Position zu einer anderen, engl. *Bearing*).

Alles spielt sich in der **Horizontalebene** ab.

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

- 1.) Die **Peilung** (auch **Standlinie**; Richtung von einer Position zu einer anderen, engl. *Bearing*).



Es gilt MN am Ort der Messung.

Die Peilung wird als MB_{TO} (**QDM**) oder MB_{FROM} (**QDR**) angegeben.

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

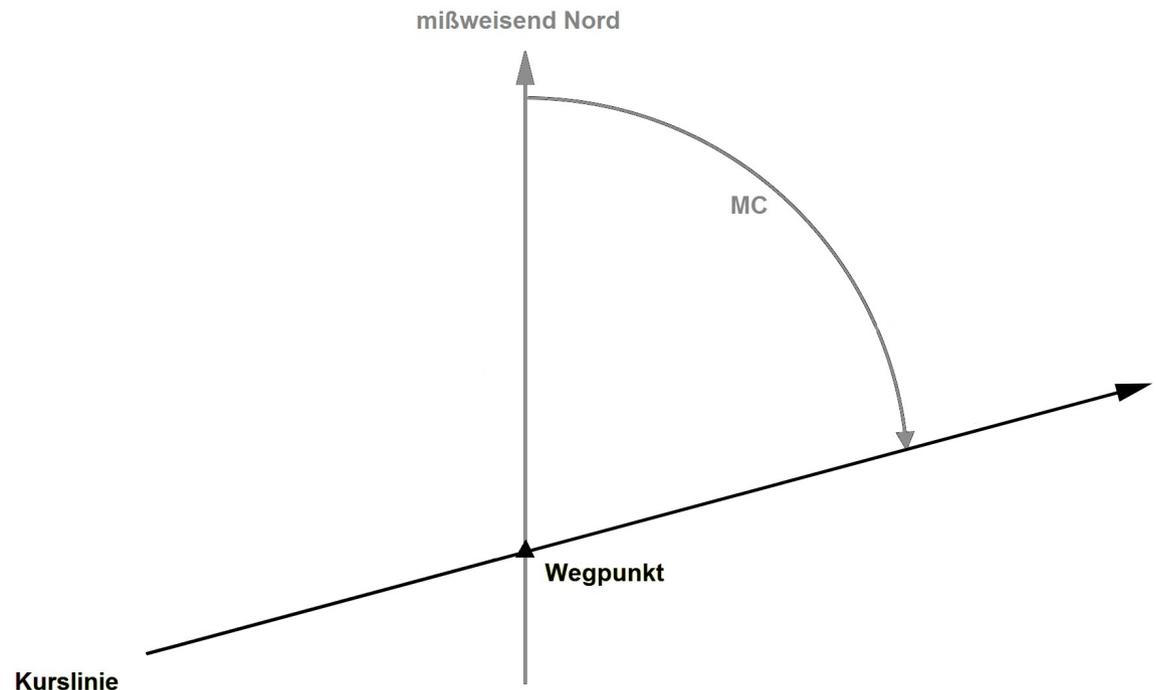
2.) Die **Kurslinie**.

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

2.) Die **Kurslinie**.

Die Kurslinie (MC) führt über einen **Wegpunkt**



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

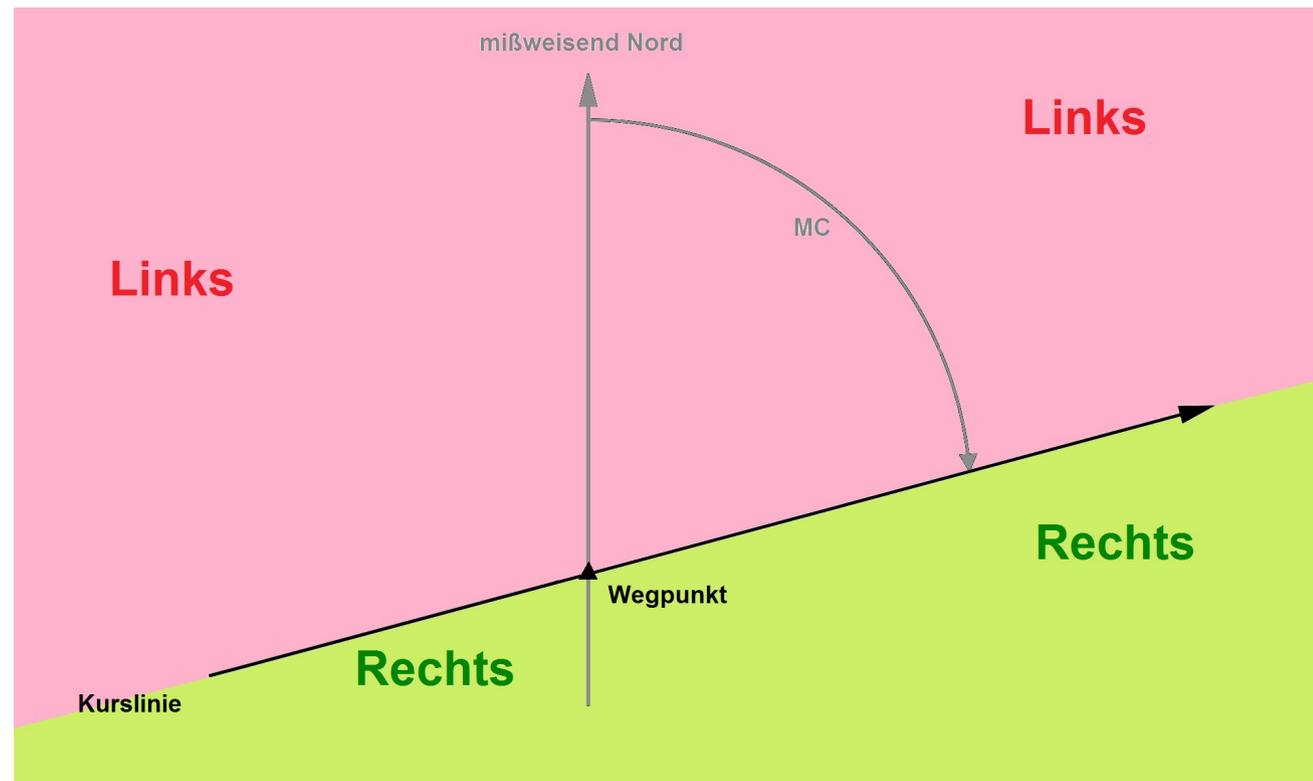
Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

2.) Die **Kurslinie**.

Die Kurslinie (MC) führt über einen **Wegpunkt** und teilt die Horizontalebene in zwei Halbebenen parallel dazu:

Eine **rechts** von der Kurslinie

Eine **links** von der Kurslinie



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

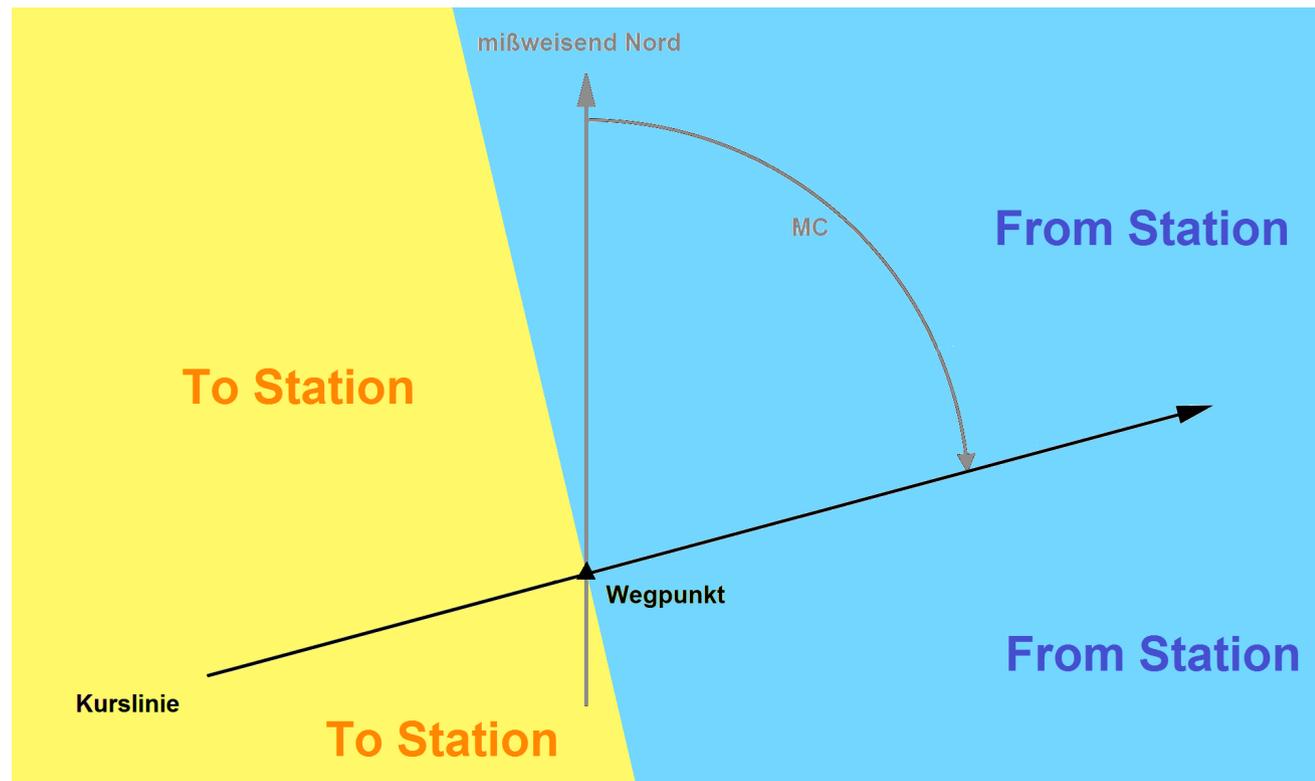
Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

2.) Die **Kurslinie**.

Die Kurslinie (MC) führt über einen **Wegpunkt** und teilt die Horizontalebene in zwei weitere Halbebenen lotrecht zu sich:

Eine **To Station**

Eine **From Station**



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

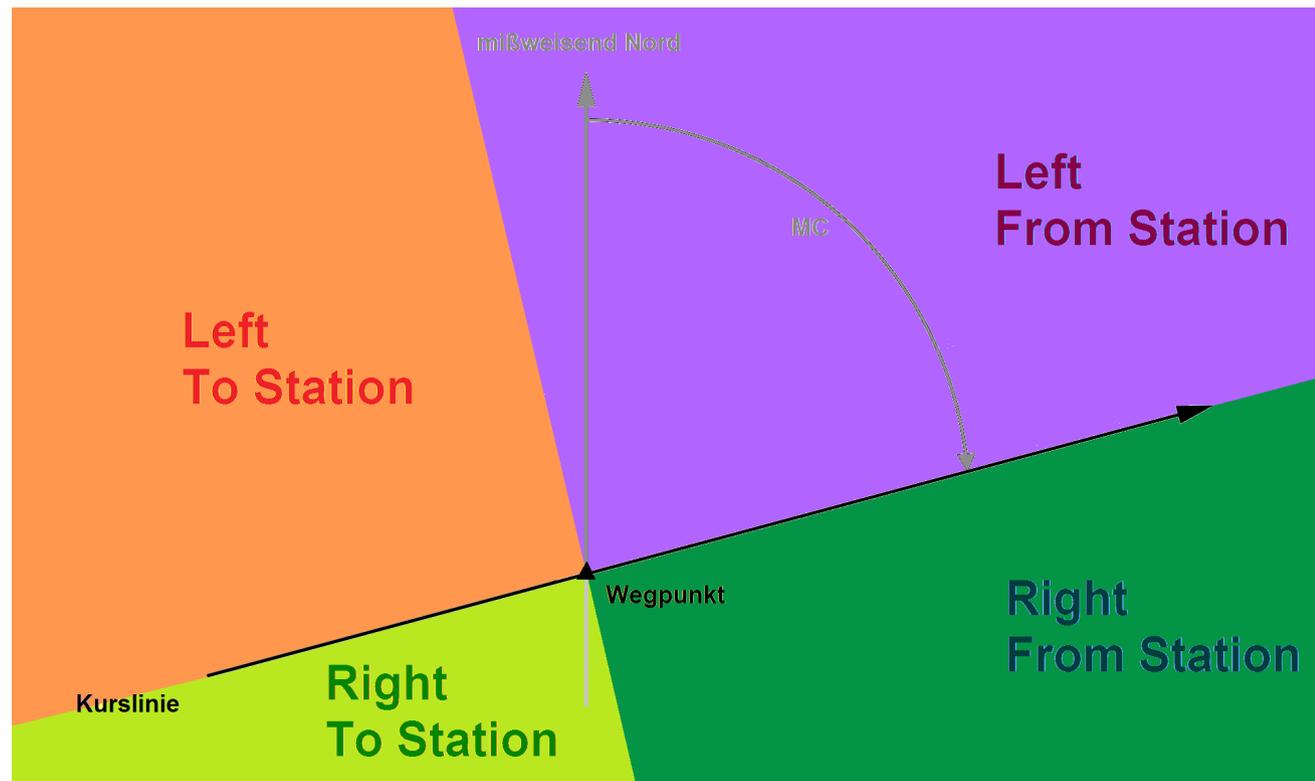
Es gibt in der Funknavigation zwei grundlegende Konzepte:

2.) Die Kurslinie.

Die Kurslinie (MC) führt über einen **Wegpunkt** und teilt die Horizontalebene somit in **vier Quadranten**:

Left, To Station
Left, From Station
Right, To Station
Right, From Station

Mittelpunkt unserer Navigationswelt ist hier der Wegpunkt!



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Die folgenden Systeme haben alle **bodengestützte** Sender und/oder Empfänger:

Bord

Kursiv: Anzeigen/Messungen

VHF-COM QDM/QDR

ADF *RMI Peilung*

NAV *CDI/HSI Kurslinie*

DME *DIST/Speed/ETA*

NAV *CDI/HSI MARKER*

Radar Vectors

XPDR

Boden

VDF

NDB

(D)VOR

DME/TACAN

ILS LOC/GP

RADAR

Primär-SR

Sekundär-SR

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Die folgenden Systeme sind **Airborne** (Luft-Luft, von Flugzeug zu Flugzeug):

VHF-COM	Notfrequenz 121.500 A/C-A/C 122.800
TCAS/TCAD	<i>Kollisions-Warnung/-Verhütung</i>

Autonome Systeme ohne externe Einrichtungen:

INS	<i>Koppelnavigation</i>
FMS	<i>Bahnführung, Flugmanagement</i>

Weltraumgestützte Satelliten-Navigation

z.B. GPS	<i>4D Position</i>
(Smartphone!)	

Eigenes Kapitel!

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Das einfachste System zur Bestimmung der Peilung vom *Flugplatz zum Flugzeug* ist der **UKW-Funkpeiler** (engl. *Direction Finder*, VHF-DF oder **VDF**) am Boden. **Fremdpeilung**

Jeder **Funkspruch** wird gepeilt und der Pilot kann **QDM** (oder **QDR**) zum Flugplatz erbitten.

Entfernung R maximal bis zum Horizont (*Line of Sight*):

$$R \approx 1.25 \cdot (H + h)$$



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Das einfachste System zur Bestimmung der Peilung vom *Flugplatz zum Flugzeug* ist der **UKW-Funkpeiler** (engl. *Direction Finder*, VHF-DF oder **VDF**) am Boden. **Fremdpeilung**

Jeder **Funkspruch** wird gepeilt und der Pilot kann **QDM** (oder **QDR**) zum Flugplatz erbitten.

Flugplätze mit VDF sind in der ICAO-Karte durch **unterstrichene Funkfrequenz** gekennzeichnet:



Gibt's kaum noch!



Funknavigation

Ungerichtetes Funkfeuer NDB (*Non-Directional Radio Beacon*)

Funknavigation

Das Ungerichtete Funkfeuer NDB (LW/MW)

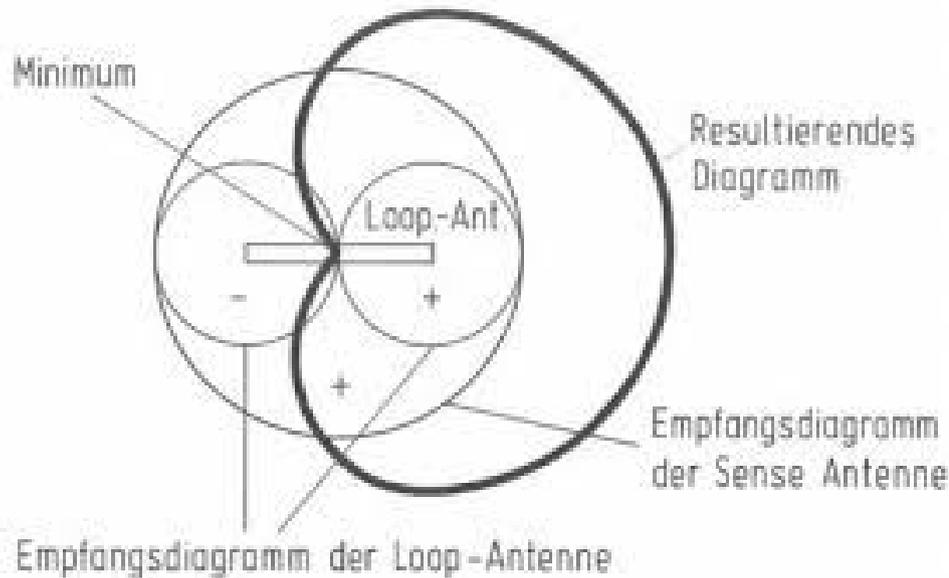
in der ICAO-Karte ...



Funknavigation

Das Ungerichtete Funkfeuer NDB (LW/MW)

wird in Flugzeug vom automatischen Funkpeiler ADF empfangen (Eigenpeilung),



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Das Ungerichtete Funkfeuer NDB (LW/MW)

wird in Flugzeug vom automatischen Funkpeiler ADF empfangen (Eigenpeilung),

ausgewertet,

und auf dem „Radio Magnetic Indicator“ **RMI** das QDM durch einen Zeiger dargestellt:



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Das Ungerichtete Funkfeuer NDB (LW/MW)

wird in Flugzeug vom automatischen Funkpeiler ADF empfangen (Eigenpeilung),

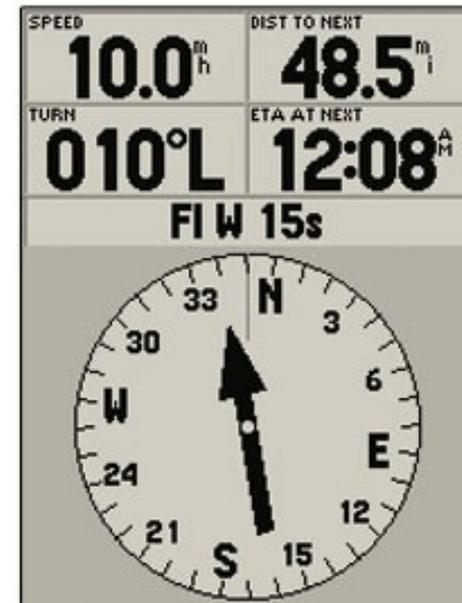
ausgewertet,

und auf dem „Radio Magnetic Indicator“ **RMI** das QDM durch einen Zeiger dargestellt:



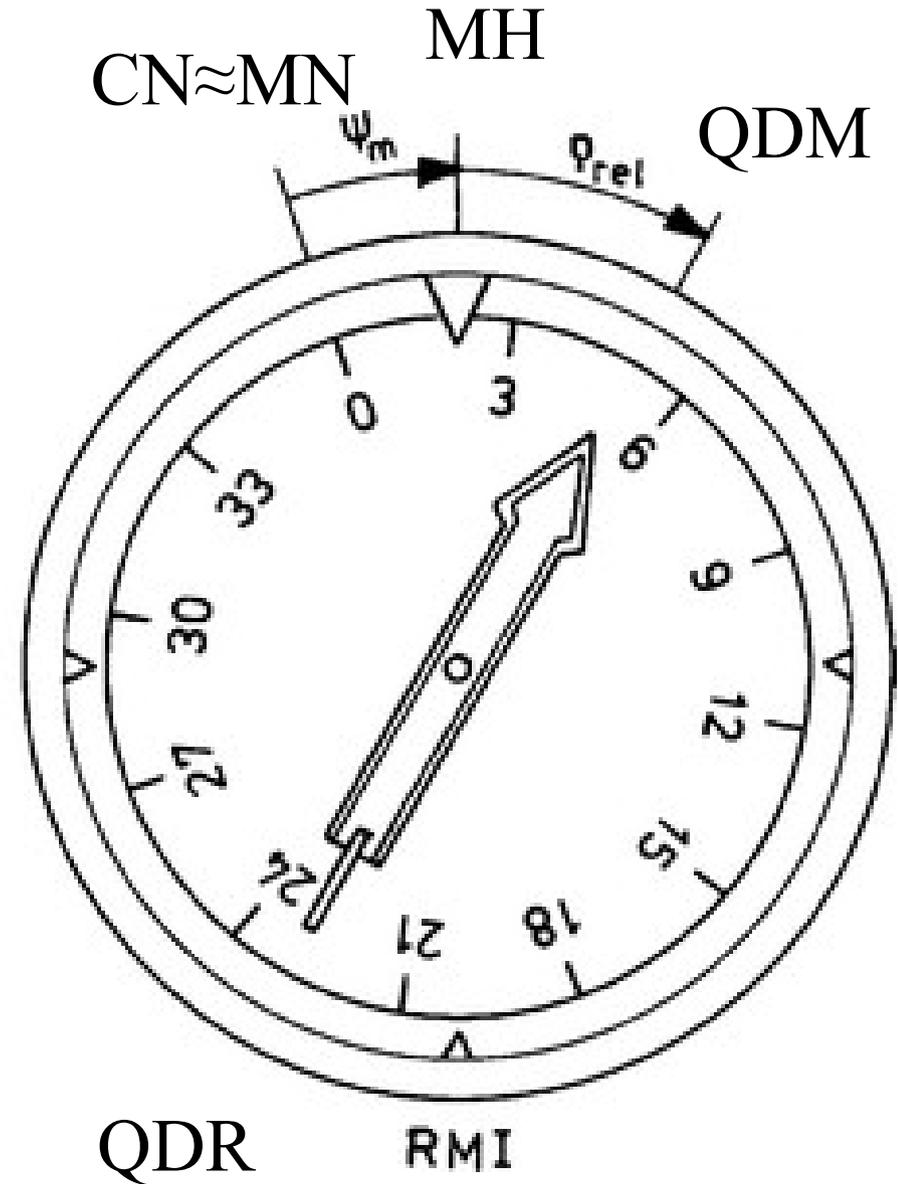
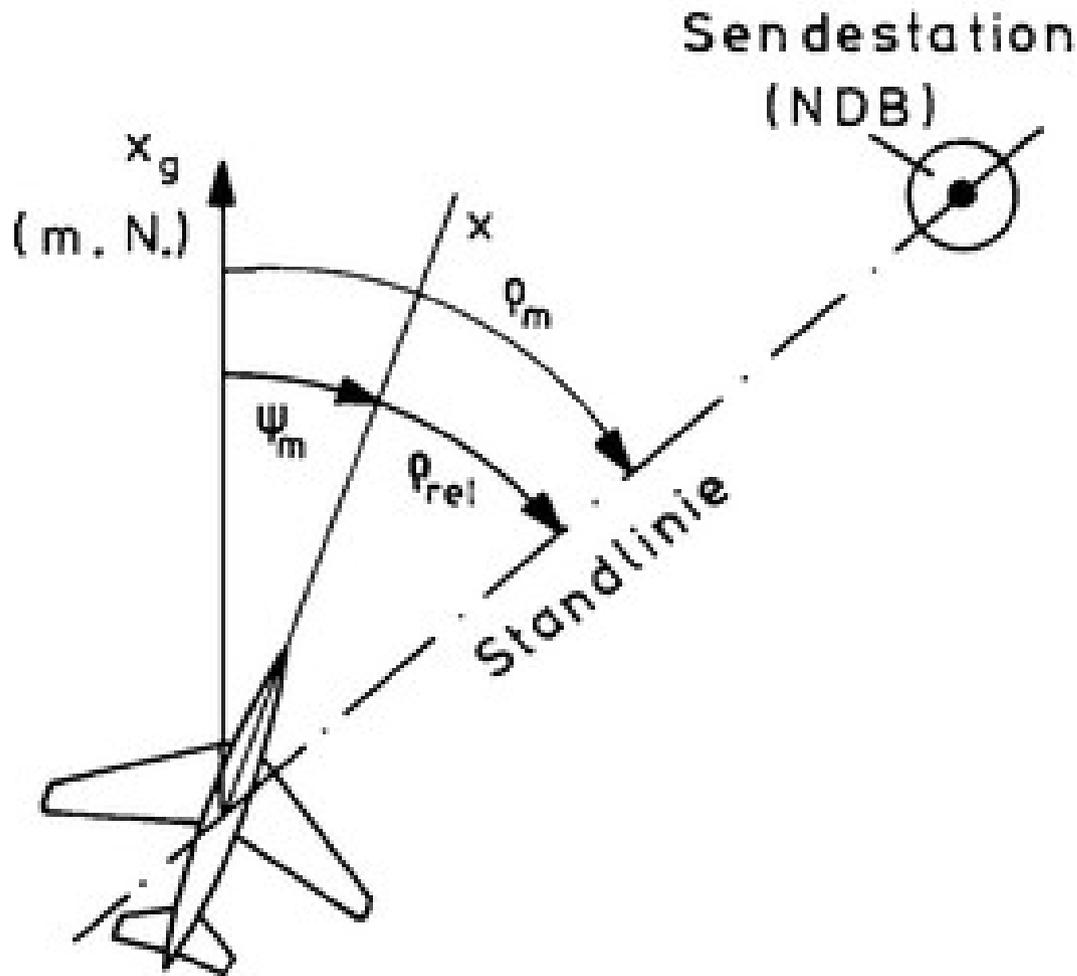
Dieses Konzept der Darstellung der **Peilung** begegnet uns auch anderswo:

z.B. **GPS**



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Prinzip des RMI

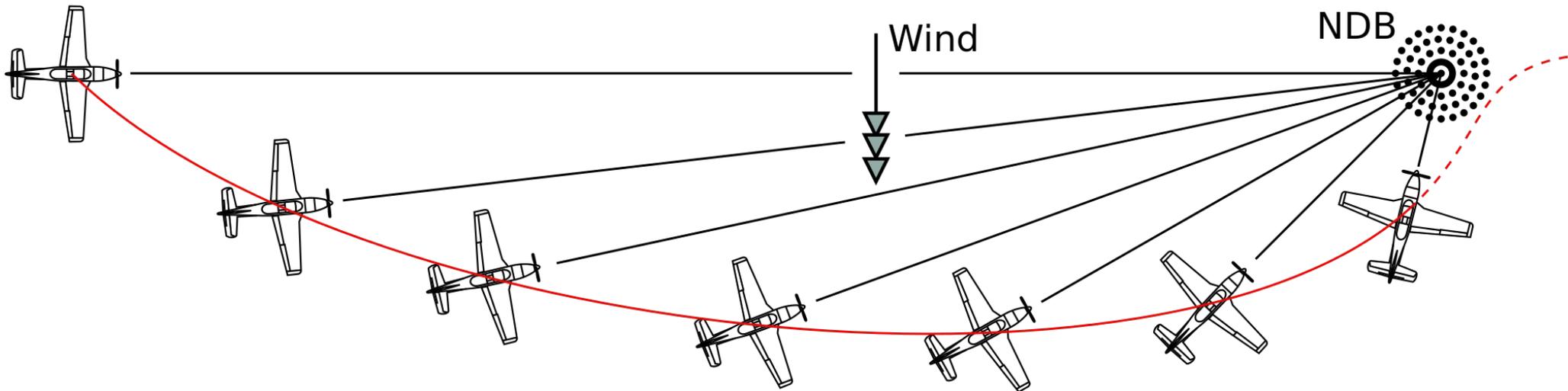


Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Verwendung der **Peilung zur Station:**

Im **Notfall** („Verfranzt“) finden wir damit unseren Wegpunkt:

Folge der Nadel!

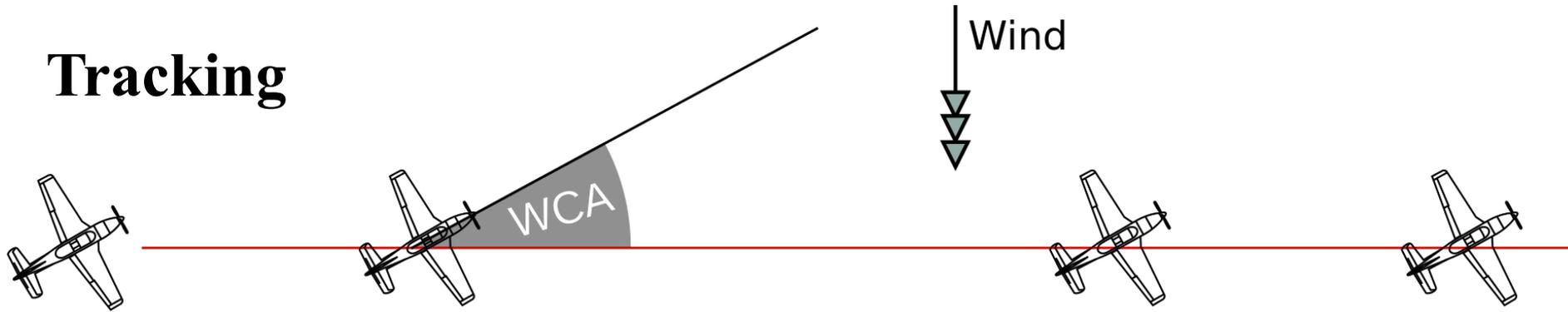


Hundekurve

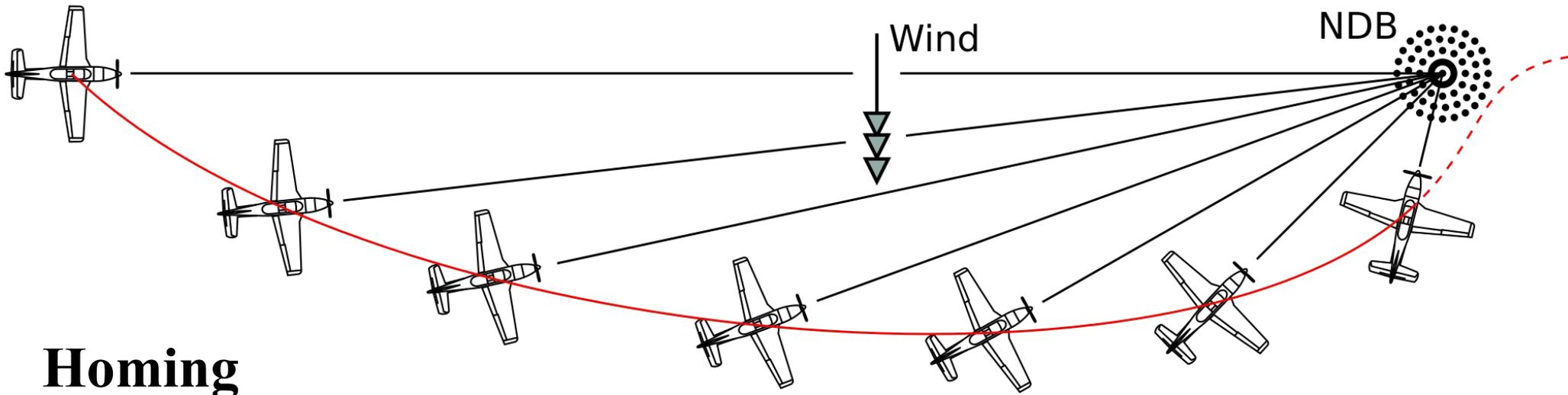
Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Weitere Verwendung der Peilung zur Station:

Tracking



Homing



Mehr dazu bei den Flugverfahren!

Funknavigation

Übungen zur RMI-Anzeige: immer von der Station ausgehen!



Funknavigation

Drehfunkfeuer VOR/DVOR

Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Drehfunkfeuer VOR/DVOR

in der ICAO-Karte



DVOR



VOR

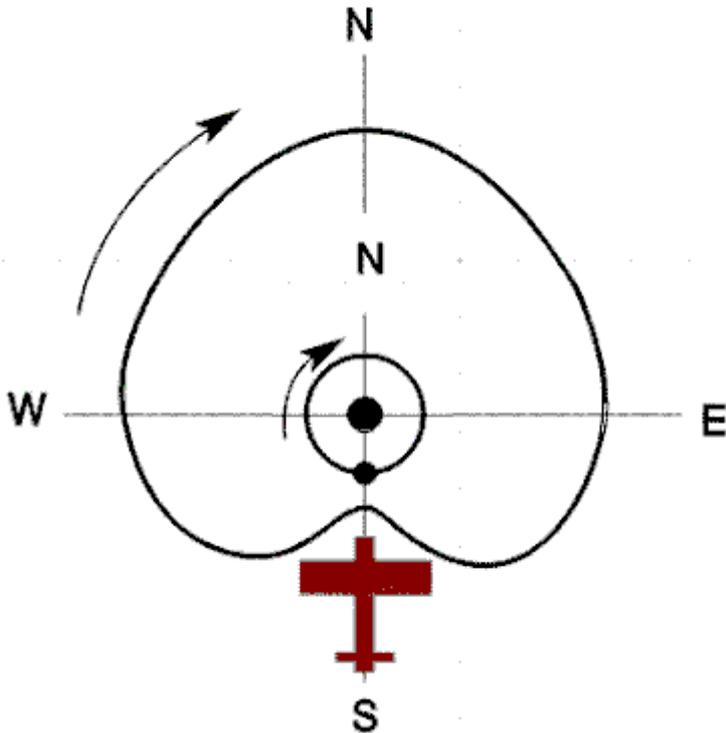


Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Drehfunkfeuer VOR/DVOR Funktionsprinzip



Bodenanlage



Referenzphase – variable Phase

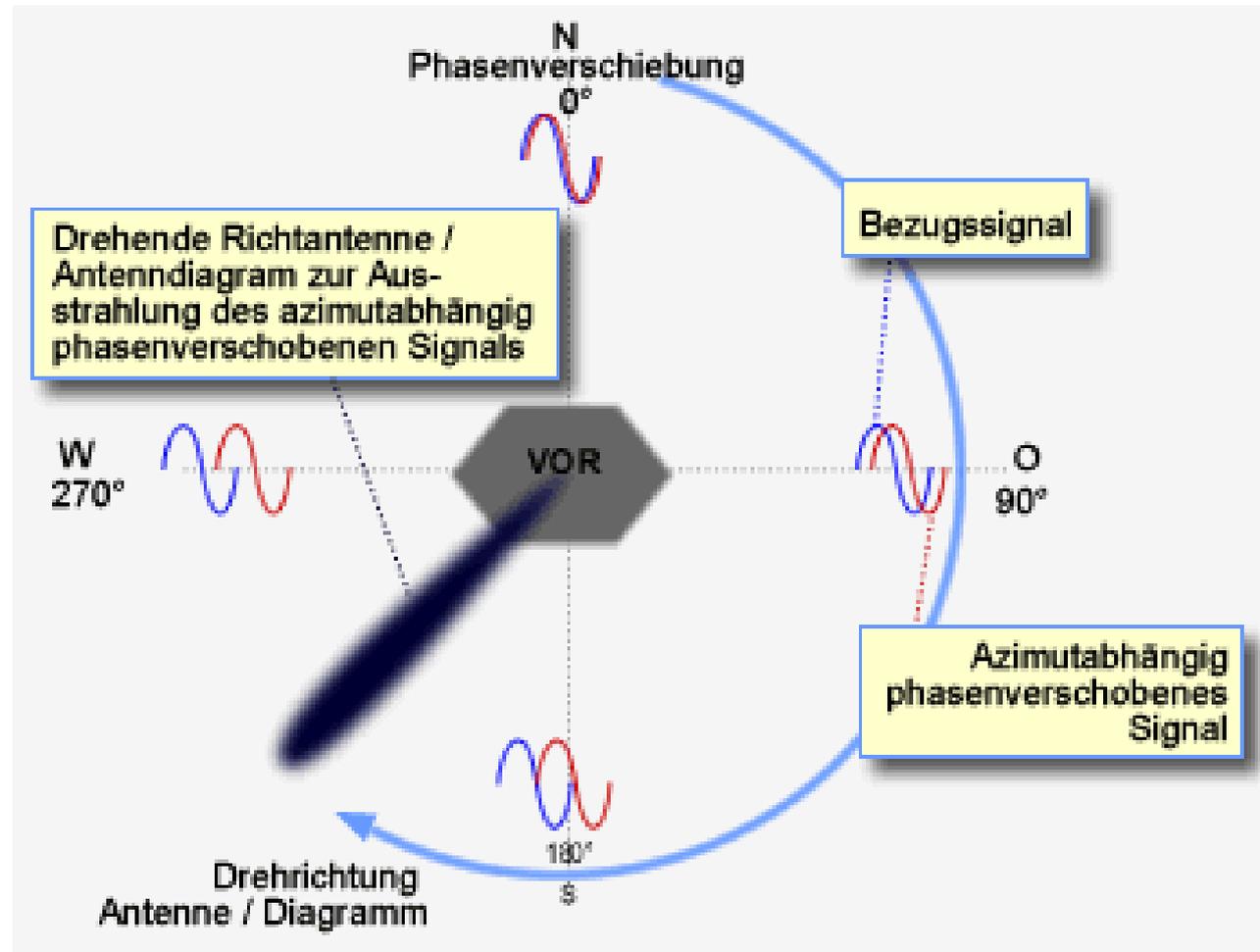
VHF: amplituden- und frequenzmoduliert.

Standlinie: *Radial*

Genauigkeit:

Boden 2°

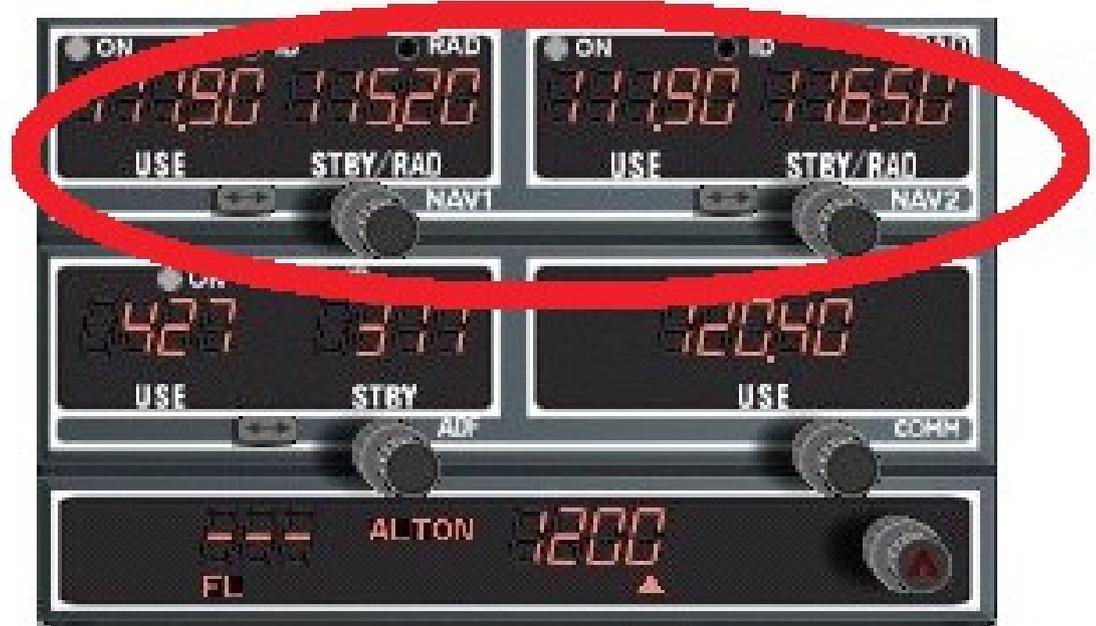
Bord 1°



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Drehfunkfeuer VOR/DVOR Bordanlage

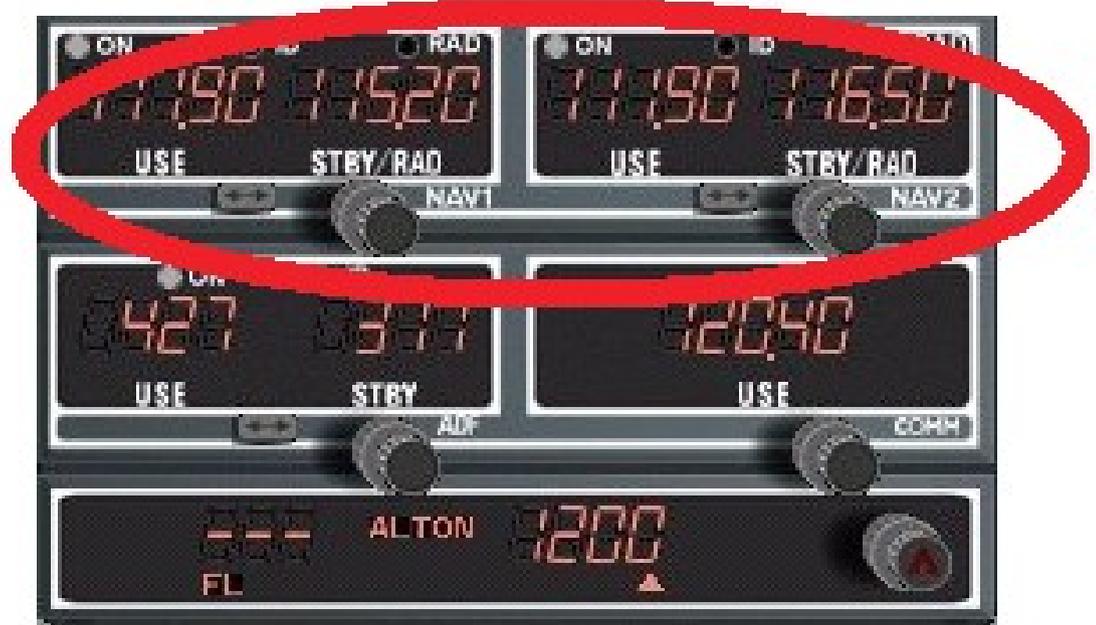
Zwei NAV-Empfänger



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Drehfunkfeuer VOR/DVOR Bordanlage

Zwei NAV-Empfänger



Zwei Anzeigen:

CDI



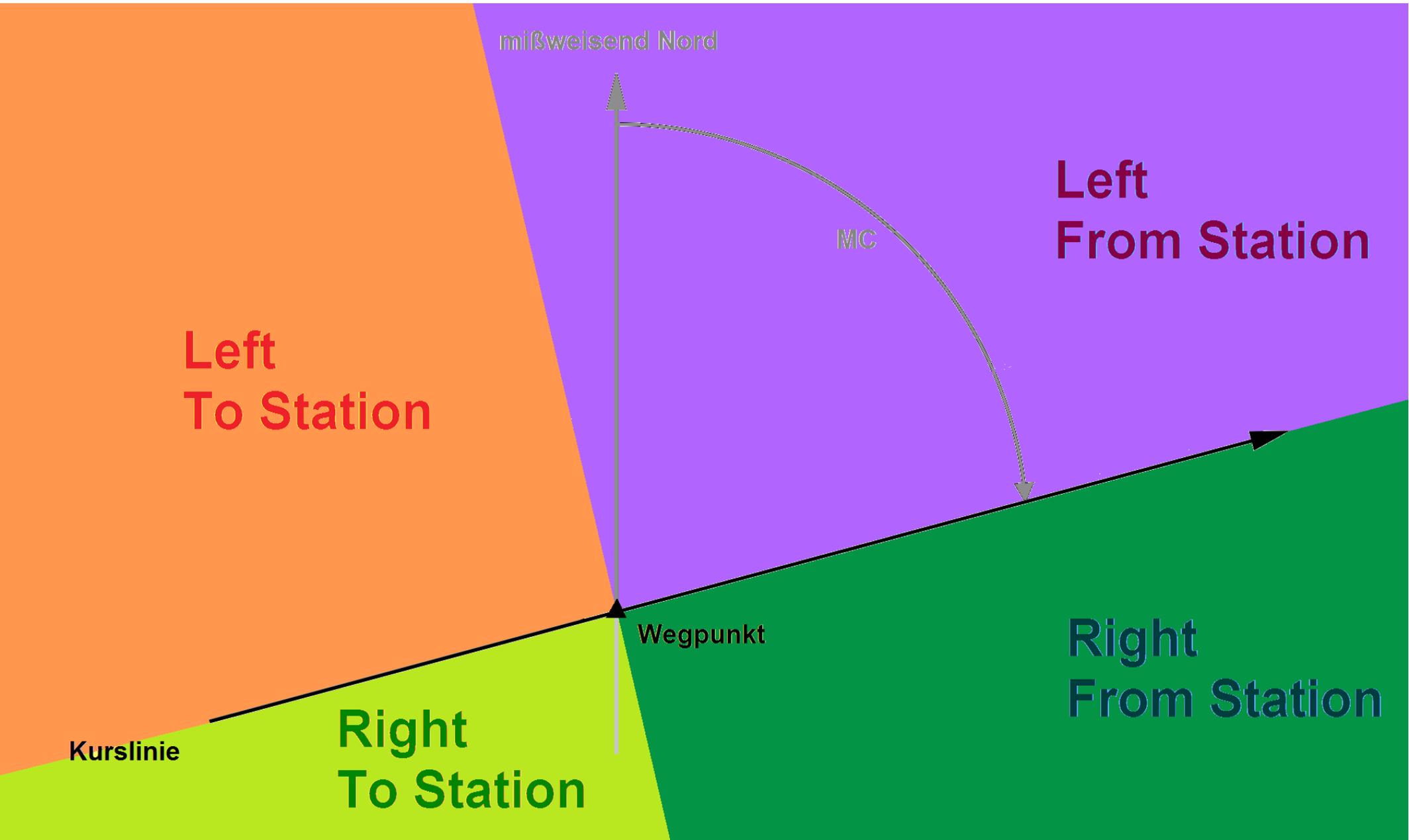
HSI



hier
beide INOP

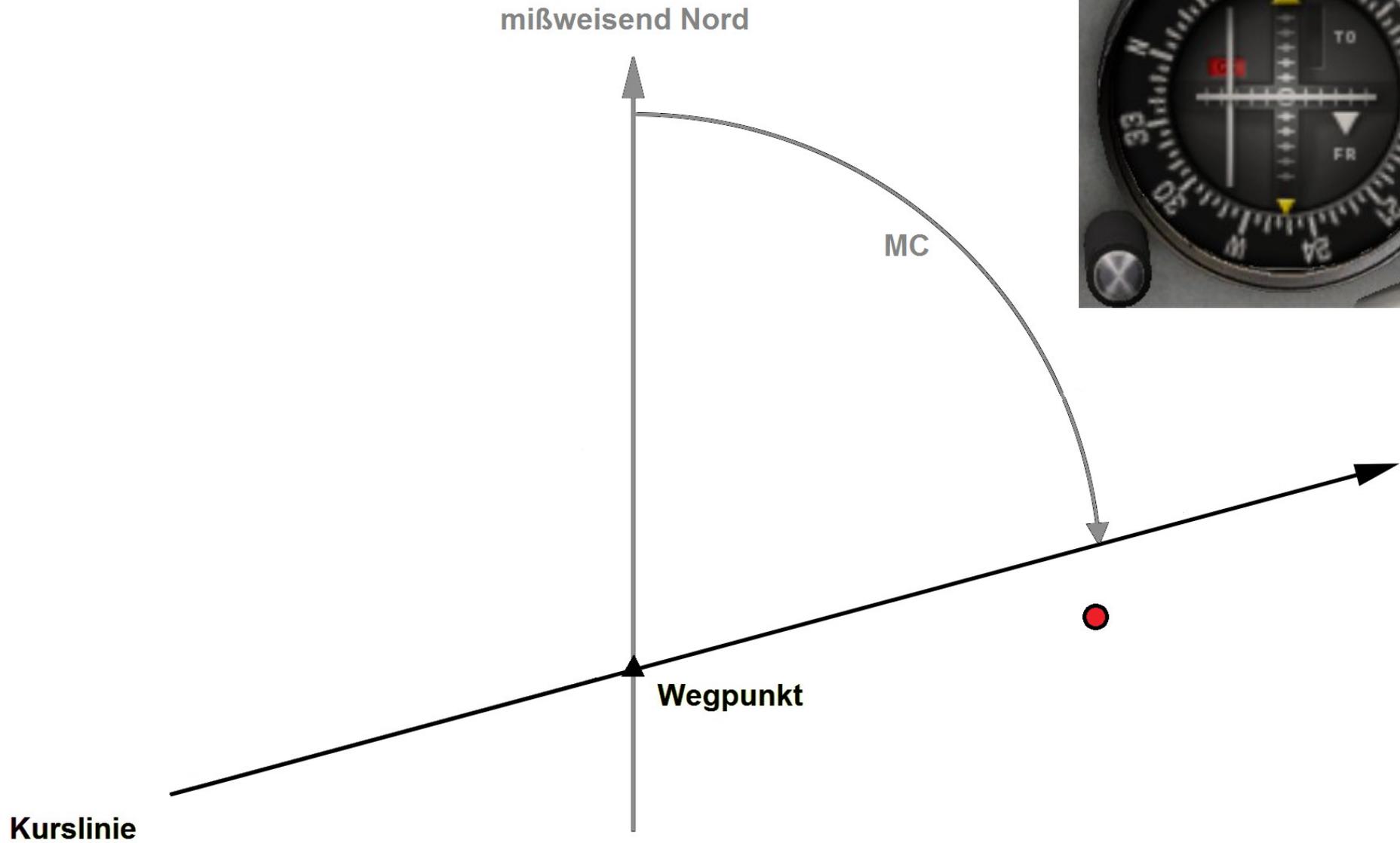
Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Damit läßt sich die Kurslinie darstellen und in welchem der vier Quadranten wir uns befinden:



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

CDI Anzeige

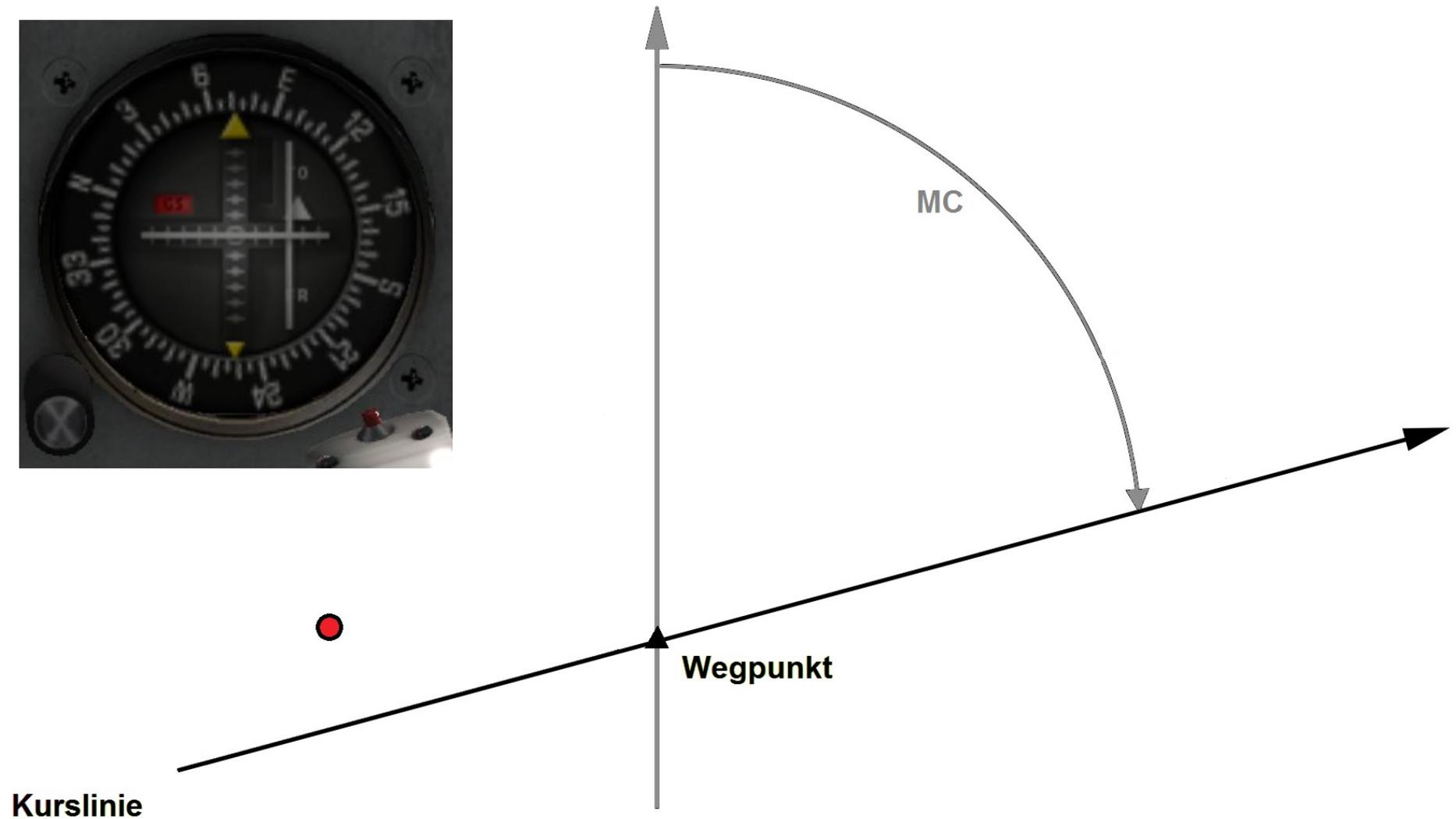


Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

CDI Anzeige



mißweisend Nord



Funknavigation

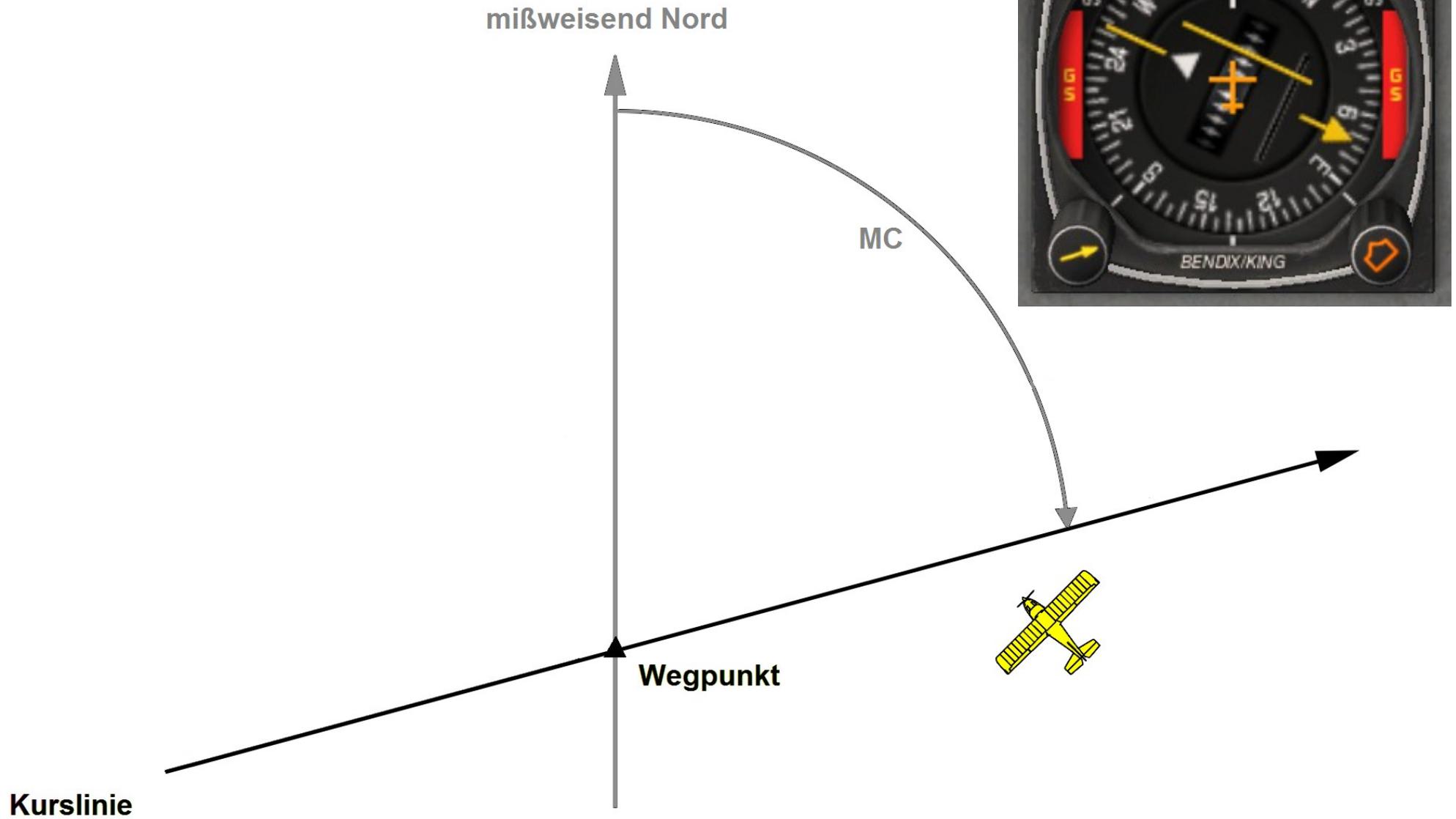
Übungen zur CDI-Anzeige:

immer von der Station und dem Kurs ausgehen!



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

HSI Anzeige

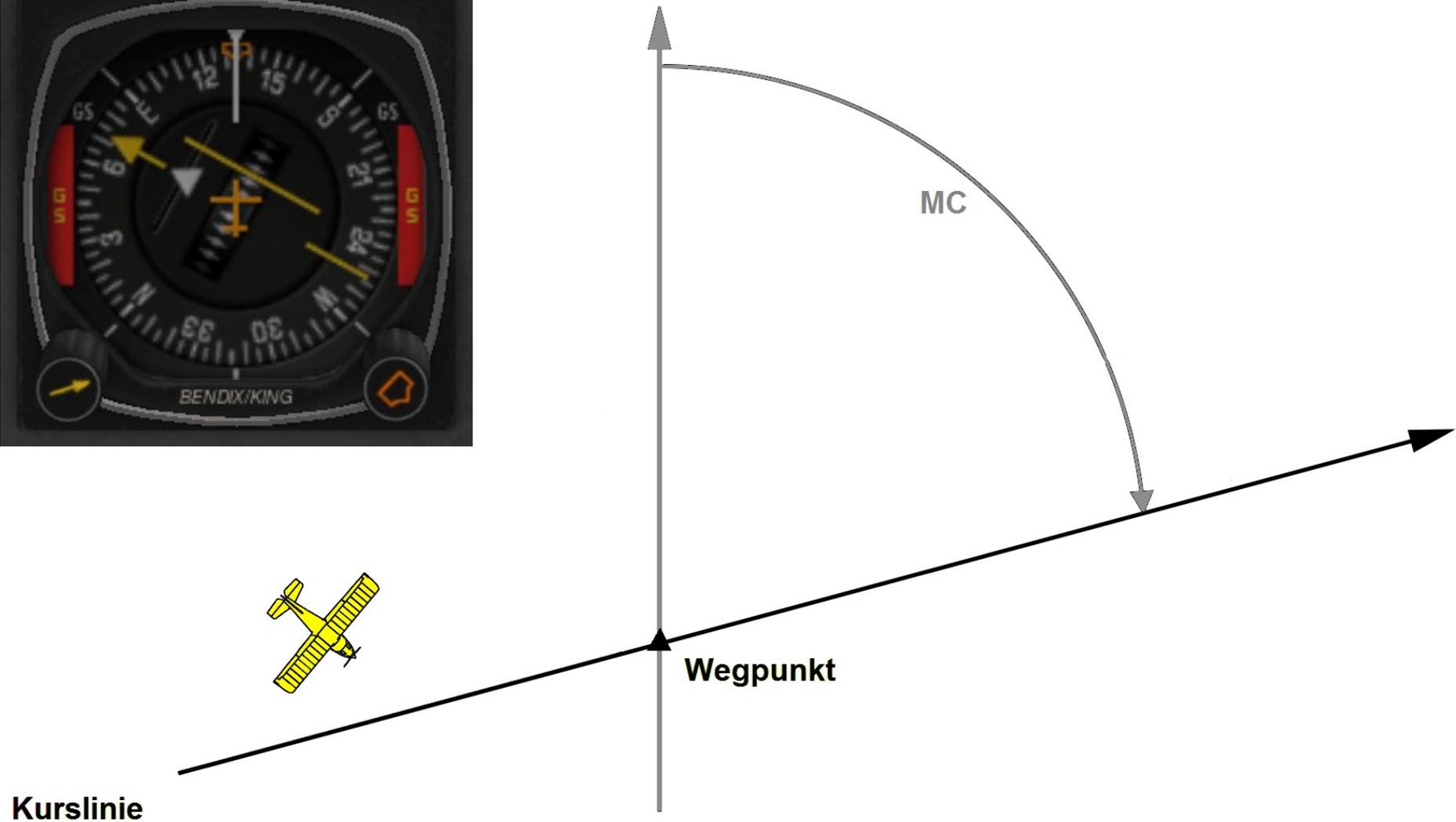


Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

HSI Anzeige



mißweisend Nord



Kurslinie

Wegpunkt

MC

Funknavigation

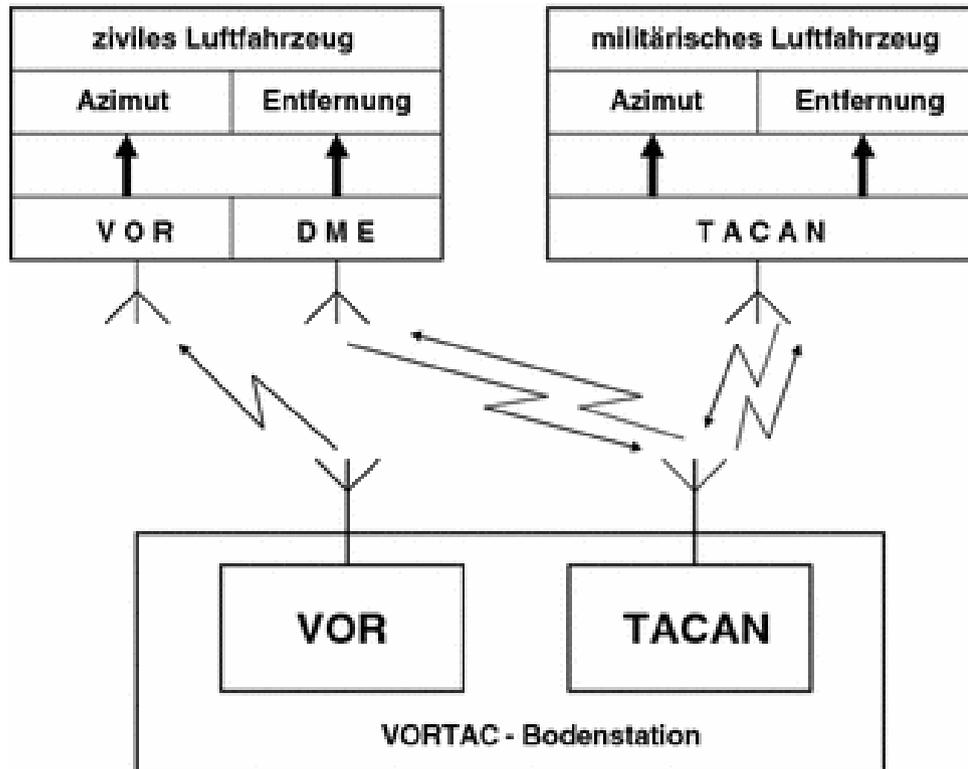
Übungen zur HSI-Anzeige:

immer von der Station und dem Kurs ausgehen!



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Mit VOR kommt oft DME (**D**istanz **M**easuring **E**quipment)
(VOR/DME, VORTAC, TACAN)



Pulsmodulation

Funknavigation

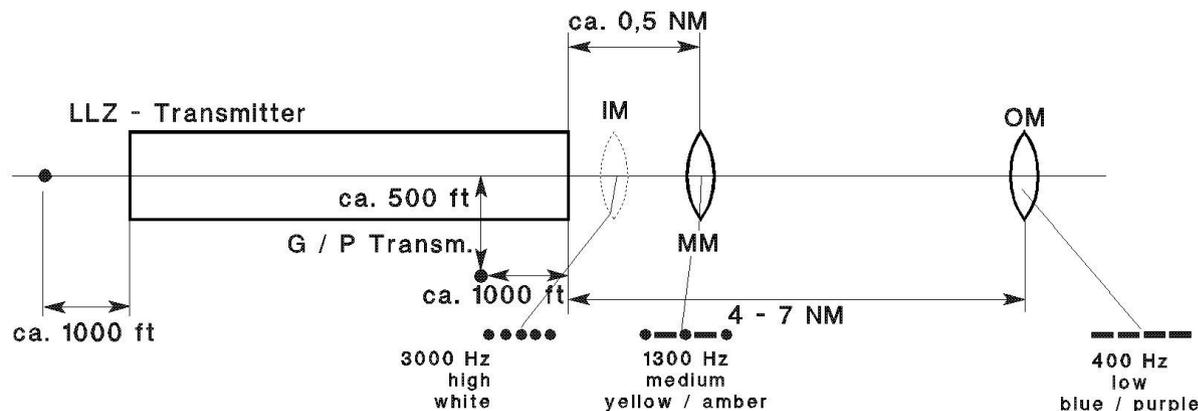
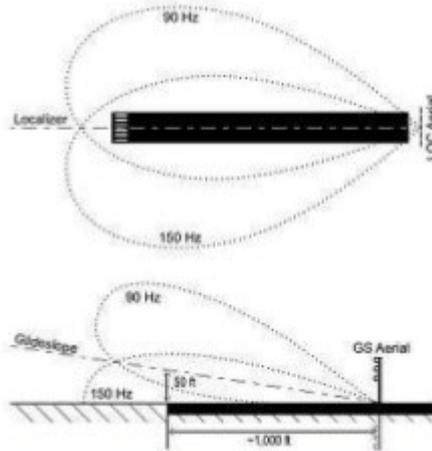
Instrumenten-Landesystem (ILS)

ILS Approach

- ▶ ILS: Instrument Landing System.
- ▶ Each runway that provides ILS has a specific ILS frequency.
- ▶ The pilot, while approaching the airport places the ILS frequency in the NAV.

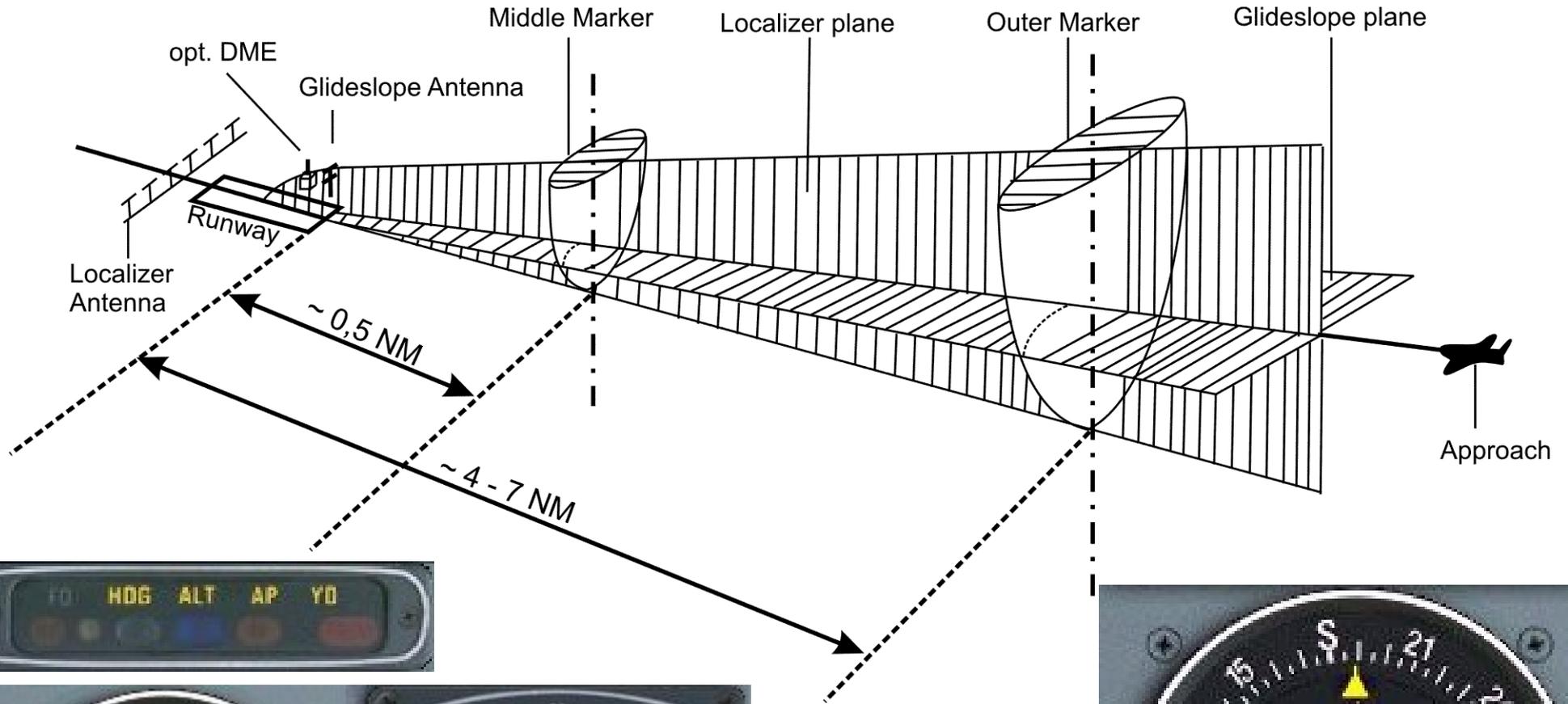


- ▶ **Localizer** indicates the correct position to land to the runway.
- ▶ **Glideslope** indicates the correct altitude.



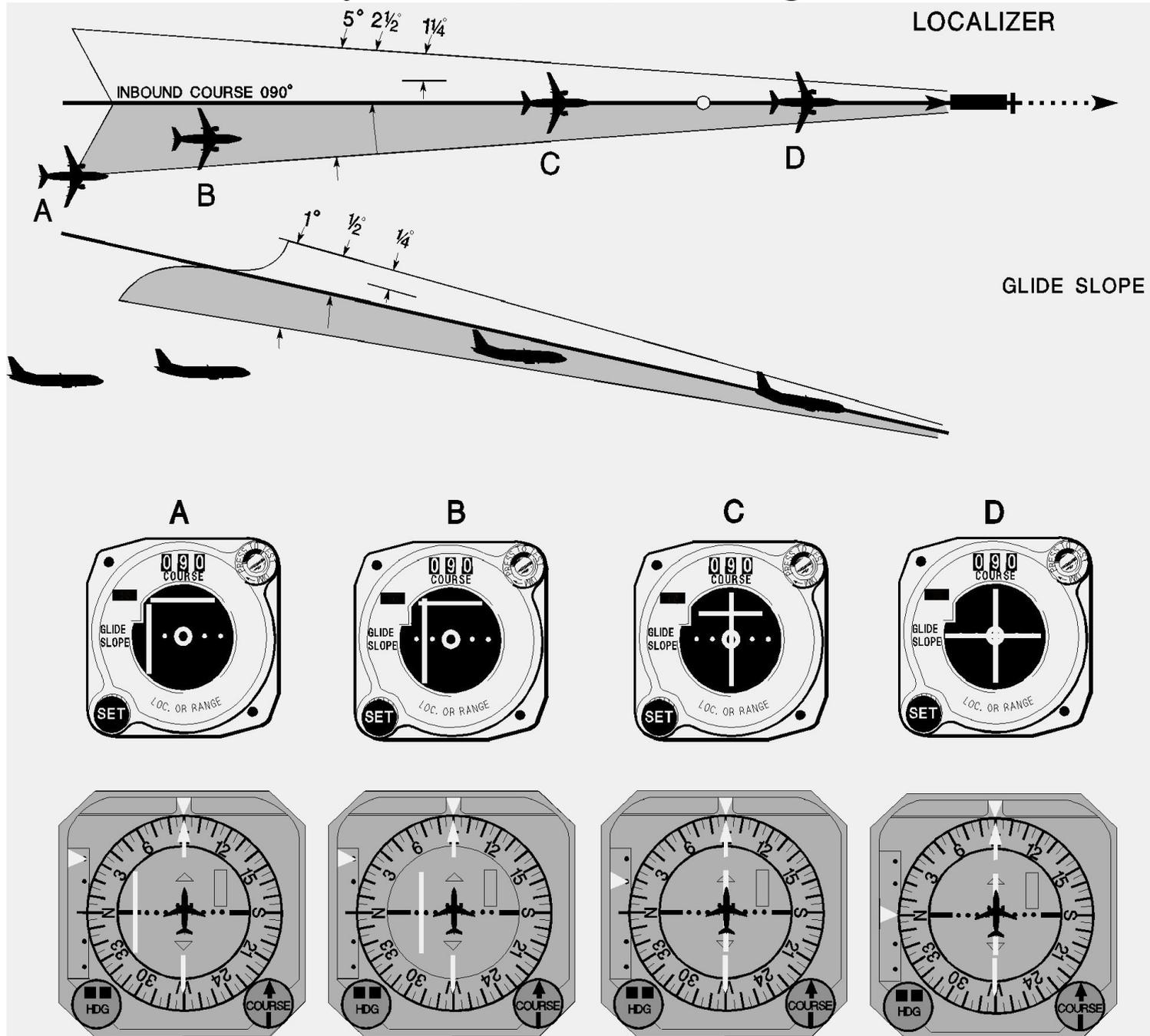
Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Instrumenten-Landesystem (ILS) Anzeigen:



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Instrumenten-Landesystem (ILS) Anzeigen:



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Übungen zu ILS Anzeigen:



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

RADAR:

Bestimmung von Distanz und Peilung

Primärradar (SR)

Echos der Radarimpulse werden ausgewertet



Funknavigation

Standard-IFR-ausgerüstete Flugzeuge haben dieses Instrumentenbrett:

„Uhrenladen“



Funknavigation

Sehr gut ausgerüstete Flugzeuge haben

INS



Glasc cockpit

FMS



Funknavigation (Fett: im UL verfügbar)

Ultraleichtflugzeuge haben (vielleicht) ein Smartphone

mit offline Apps

