

## 2. Funknavigationsverfahren

In diesem Kapitel werden alle wichtigen Funknavigationsverfahren beschrieben, soweit das Verständnis ihrer Funktion für das vorgestellte Empfängerkonzept notwendig ist. Bild 2 ordnet die Funknavigationsverfahren zunächst in die Systematik der Navigation ein.

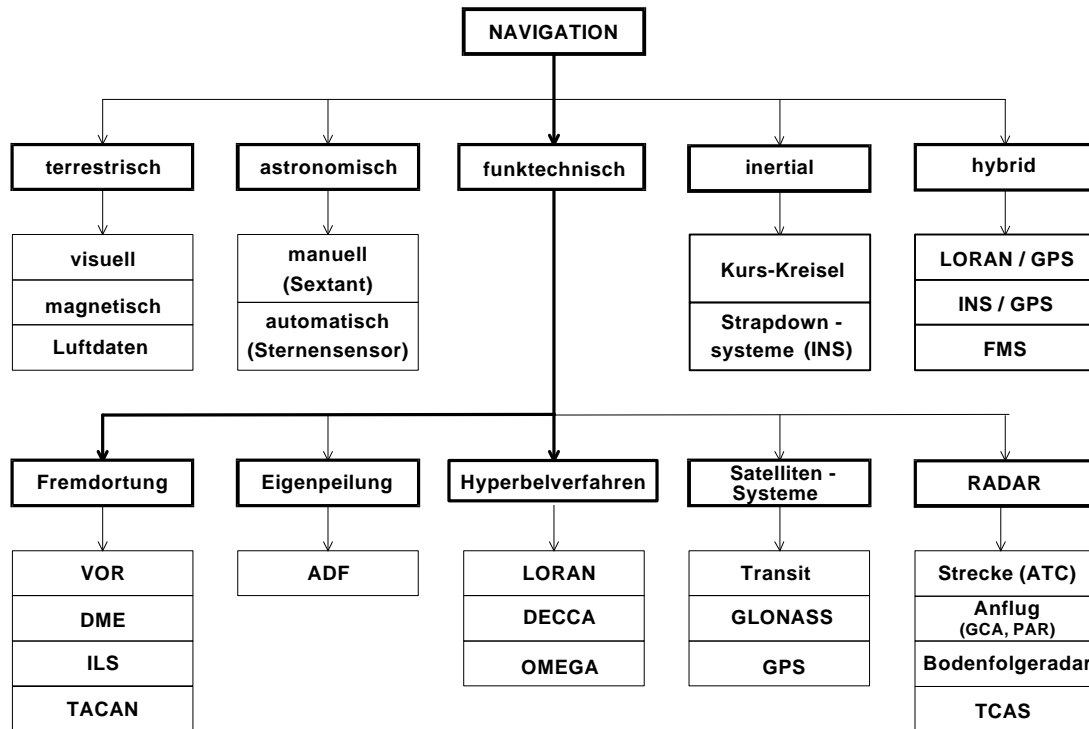


Bild 2: die Systematik der Navigationsverfahren <sup>1</sup>.

Die Funknavigation kann auch nach anderen Kriterien eingeteilt werden :

- Gruppe 1: Messung der Einfallsrichtung einer elektromagnetischen Welle oder auch Peilung. Diese Verfahren benötigen zusätzlichen mechanischen Aufwand bei der Auslegung der Antennen.
- Gruppe 2: Messung der Laufzeit eines Signals bzw. Messung der Laufzeitdifferenz zweier Signale. Zeitmessungen werden in einigen Verfahren auch durch Phasenmessungen ersetzt. Grundsätzlich sind Verfahren dieser Gruppe besser zur Navigation geeignet, da die Zeit mit hoher Präzision meßbar ist.

Die Aufteilung der funktechnischen Navigationsverfahren in Bild 2 wurde unter Berücksichtigung der wesentlichen gemeinsamen Merkmale vorgenommen. Bis auf das NDB/ADF-Verfahren gehören alle Verfahren direkt oder indirekt zur zweiten Gruppe. Neben der gewählten verfahrenstechnischen Unterteilung könnte die Funkortung auch in Eigen- und Fremdpeilung oder Unterscheidungen nach den verwendeten Frequenzbereichen erfolgen.

<sup>1</sup> In Zusammenarbeit mit M. Schlingelhof ([ 83]).

## Verfahren der Funknavigation

Tabelle 1 gibt einen direkten Überblick über standardisierte Funknavigationshilfen in der Luftfahrt. In der Tabelle sind aber auch andere erwähnenswerte HF-Quellen angegeben, um deren Einordnung und Vergleich zu ermöglichen

Name des Verfahrens	Typ	Übliche Reichweite <sup>2</sup>	Frequenzen	verwendete Modulationsart	Im digitalen Empfänger realisierbar ?
OMEGA	Hyperbelnavigation	globale Abdeckung	10.2 - 13.6 kHz	A1, (Bursts)	Ja, im VLF-Pfad, Direktempfang
Stormscope	Gewitter-Ortung	max. 500 NM	11 - 50 kHz	Impuls-Auswertung	Ja, mit Modifikation des VLF-Pfades
DECCA	Hyperbelnavigation	Bodenwelle ca 240 NM	70.2 - 128.6 kHz	Modulation nur zur Grob-ortung, Phasenvergleich	Ja, im VLF-Pfad, Direktempfang
LORAN-C	Hyperbelnavigation	max. 1400 NM	100 kHz	Impulsgruppen	Ja, im VLF Pfad, Direktempfang
NDB / ADF	Relativpeilung zur Flugrichtung	bis zu 400 NM	200 - 535 kHz	Nur modulierter Träger mit Morsekennung	Ja, durch Modifikation des LF-Pfades um mehrere Ferritantennen
NAVTEX	Infodienst Wetter und Nav.-Daten	ca. 500 NM	518 kHz	FSK (RTTY), SITOR	Ja, mit zusätzlicher Software
Marker	Punktmarkierung im ILS-Endteil	nur senkrecht bei Überflug	75 MHz	Nur modulierter Träger mit Morsekennung	Ja
ILS Localizer	Anflug Bahnverlängerung	ca. 25 NM	110.3 - 111.9 MHz	AM, Subträger, Amplitudenvergleich	Ja
VOR / DVOR	Absolutpeilung bez. Mwnord	Quasioptisch, höhenabhängig, ca. 130 NM	108 - 118 MHz	Phasenvergleich von AM mit Subträger	Ja, wichtigstes Verfahren
COM	Kommunikation mit Bodenstation (ATC)	Quasioptisch, höhenabhängig, bis zu 150 NM	118 - 136 MHz	AM, Sprache	Nur zum Vergleich aufgeführt.

<sup>2</sup> *Nautische Meile, 1 NM » 1.852 km*

## Verfahren der Funknavigation

Transit, sekundärer Kanal	Doppler- verfahren	alle 1-6 Stunden, glo- bale Abdeck.	150 MHz	sym. NRZ Phasen- modulation	u.U. möglich
MET. - Satelliten	Wetterbilder im WEEFAX Format	alle 1-6 Stunden, globale Ab- deckung	135 - 137 MHz, ± Dopplerver- schiebung durch Sat.	AM	Ja
ILS Glideslope	Anflug Gleit- winkel	ca. 25 NM	335 - 331.1 MHz	AM, Subträ- ger, Amplitu- denvergleich	Ja
Transit, primärer Kanal	Doppler- verfahren, Ionosphären- komp	alle 1-6 Stunden, globale Ab- deckung	400 MHz	sym. NRZ Phasen- modulation	u.U. möglich
DME	Schräg- Entfernung	Quasioptisch, höhenab- hängig < 200 NM	100 Kanäle, 960 -1215 MHz	Laufzeitmes- sung von Impulsen	Nein, Duplexver- fahren, benötigt Sender
TACAN	Rho-Theta- Messung	Quasioptisch höhenab- hängig < 200 NM	962-1213 und 1025- 1150 MHz	Kombination aus Laufzeit und Phasenw. Messung	Entfernung : Nein, da aktiv; Winkel : u.U. ja, da passiv
GPS (USA)	>4 Pseudo- Entfernungen aus Zeit- differenzen	globale Ab- deckung, dreidimen- sional	1575.42 MHz (CA- Code) und 1227.6 MHz (P-Code)	Zeitdifferen- zen durch Korrelation von PRN- Folgen	Nein, aufwendige HF-Vorver- arbeitung
GLONASS (GUS)	>4 Pseudo- Entfernungen aus Zeit- differenzen	globale Ab- deckung, dreidimen- sional	1602.5625- 1615.5 MHz 24 Kanäle im 562.5- kHz-Raster	Zeitdifferen- zen durch Korrelation mit <u>einer</u> PRN-Folge	Nein, aufwendige HF-Vorver- arbeitung, aufwendiger als GPS.

Tabelle 1: Navigationsverfahren, nach Frequenz aufsteigend sortiert