

2.3. TACAN

(*Tactical Air Navigation*)

TACAN ist ein vollständiges Rho/Theta-Navigations-System, das auf DME aufbaut und auf den DME-Kanälen im 1-GHz-Bereich arbeitet. Es ist dementsprechend ein aktives Verfahren und erfordert eine Sendeeinrichtung auf der Bordseite. TACAN ist ein Verfahren für militärische Anwender. In der Praxis sind meist VOR, DME und TACAN an einem Standort kombiniert. Das entsprechende Kartensymbol des VORTAC zeigt das nächste Bild.

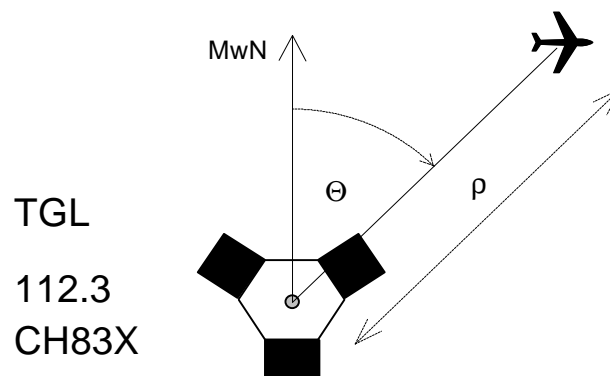


Bild 18: Kartensymbol des VORTAC mit Kennung, Frequenz, Winkel und Entfernung

Die TACAN-Entwicklung ging auf den Wunsch zurück, die Genauigkeit der Azimut-Information eines Drehfunkfeuers zu verbessern. Bei TACAN wird am Grundkonzept festgehalten, die Azimut-Information durch die Abhängigkeit des Empfänger-Standortes zu einem rotierenden Antennensystem zu übermitteln. Die notwendige Winkelmessung wird indirekt wieder auf eine Phasenmessung zurückgeführt.

Die TACAN-Aussendung besteht zunächst aus einer sinusförmigen 15-Hz-Hüllkurve, die (analog dem VOR) durch ein im Uhrzeigersinn rotierendes Antennendiagramm erzeugt wird. Dem nur der Grobortung dienenden 15-Hz-Sinus wird ein 135-Hz-Sinus überlagert. Die 'räumliche' Modulation des Sendesignals wurde in TACAN-Systemen der ersten Generation durch ein mechanisch rotierendes Antennensystem realisiert. In modernen TACAN-Anlagen wird ein Array mit elektronischen Antennen-Multiplexern eingesetzt. In Bild 19 ist das vollständige Strahlungsdiagramm der Antennenanlage für einen Momentanwinkel von 0° dargestellt.

Verfahren der Funknavigation

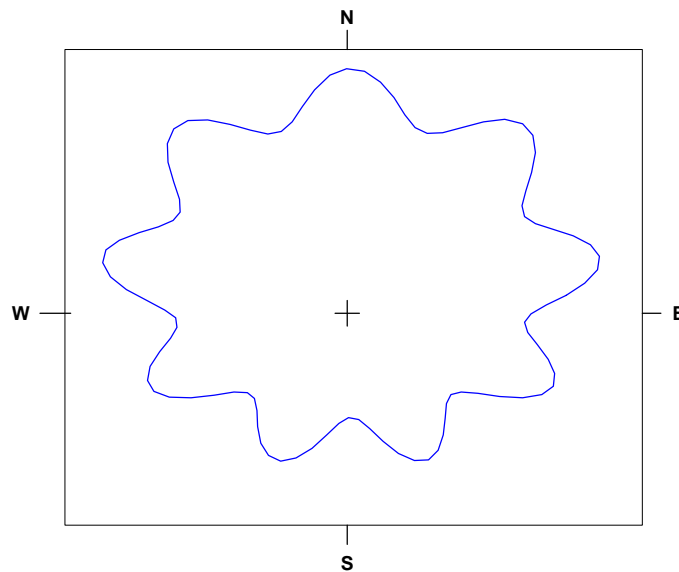


Bild 19: Das rotierende Strahlungsdiagramm einer TACAN-Station erzeugt am Empfänger-Standort eine Hüllkurve, die der Amplitudenmodulation mit zwei überlagerten Sinus-Schwingungen entspricht.

Verwendet der Empfänger für die Auswertung einen Phasendiskriminator wie beim VOR-Verfahren, so ist bei gleicher Winkelmeßgenauigkeit schon durch die Verwendung des Feinortungssignals (135 Hz) eine Verbesserung der Azimutauflösung um fast eine Größenordnung - verglichen mit dem VOR - möglich.

$$\frac{135 \text{ Hz (Feinortung)}}{15 \text{ Hz (Grobortung)}} = 9 \quad (2.11)$$

Der zweite Unterschied zum VOR ist die Form der Nordreferenzübertragung und die Tatsache, daß TACAN keine harmonische Trägerschwingung verwendet. Die Hüllkurve (Bild 19) wird auf Impulsgruppen moduliert. Im TACAN/DME X-Mode¹⁴ werden ca. 3600 Impulspaare pro Sekunde gesendet, die sich folgendermaßen zusammensetzen :

- In der Zeit zwischen den Bezugspulsgruppen sendet der TACAN-Sender DME-Antwortdoppelimpulse, oder
- falls wenige anfliegende Luftfahrzeuge den DME-Service anfordern, werden durch die TACAN-Anlage statistisch gleichverteilte Doppelimpulse eingefügt.
- Die DME-Antwortdoppelimpulse und die statistisch gleichverteilten Füllimpulse bilden den Trägerersatz.
- Die Nordreferenz wird in einer 'Hauptbezugspulsgruppe' codiert, die aus 12 Impulsgruppen mit 30 µsec. Abstand (X-Mode) besteht.
- Jeder der 40°-Sektoren wird durch eine 'Nebenbezugspulsgruppe' referenziert (6 Impulspaare mit 24 µsec. Abstand im X-Mode). Die neunte Nebenbezugspulsgruppe fällt mit der Hauptbezugspulsgruppe zusammen und wird deshalb unterdrückt.
- Die Bezugspulsgruppen werden mit konstanter Amplitude, also mit kreisförmigem Strahlungsdiagramm gesendet.

¹⁴ Siehe auch Bild 16 und Tabelle 2, Seite 17.

Verfahren der Funknavigation

Die Morsekennung der TACAN-Station wird alle 30 Sekunden mit den Bezugspulsgruppen synchronisiert übertragen, damit die Phasenreferenz nicht verlorengehen kann. Für die Dauer der Kennungspulspaare werden die DME-Antwort- und Füllimpulspaare unterdrückt.

Dieses Verfahren der Impulserzeugung stellt im statistischen Mittel eine konstante Zahl von ausgesendeten Impulsen sicher, um dem TACAN-Bordgerät eine zuverlässige Demodulation der 15-Hz- und 135-Hz-Umlaufkomponente zu ermöglichen. Streng genommen, handelt es sich also um eine Substitution des harmonischen HF-Trägers durch ein schmalbandiges Rauschsignal. In Bild 20 ist das TACAN-Signal im Zeitbereich qualitativ dargestellt.

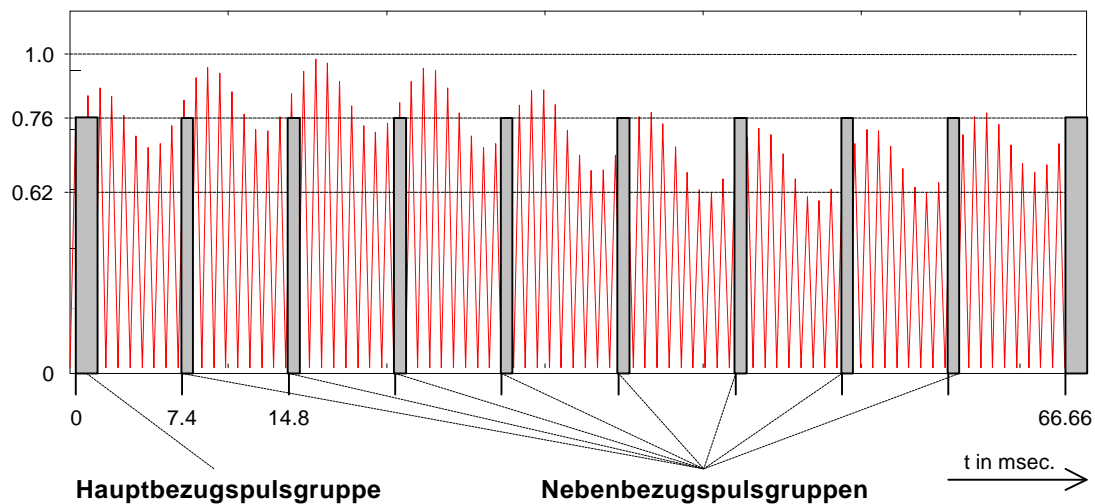


Bild 20: TACAN-Signal im Zeitbereich, qualitativ

Die in Bild 20 grau unterlegten Pakete stellen die Impulsgruppen konstanter Amplitude der Haupt- und Nebenbezüge dar.

Eine kurze Bewertung von TACAN wird in Kapitel 'Auswahl der Verfahren' (S. 46) vorgenommen.