

# Drehfunkfeuer

aus Wikipedia, der freien Enzyklopädie

Wechseln zu: [Navigation](#), [Suche](#)



VORTAC TGO (TANGO)- Deutschland



Doppler-VOR (D-VOR) Bodenstation in Verbindung mit einem DME



Standard-VOR Nienburg



Container-VOR am Standort von DVOR DLE in Sarstedt

Das **Drehfunkfeuer** dient der Funknavigation für Luftfahrzeuge.

Das heute in der Luftfahrt übliche Verfahren wird in der Piloten-Fachsprache als **VOR** bezeichnet (ausgesprochen: [Vie Ou Ar]) – die Buchstaben werden auch unter deutschen Piloten einzeln englisch ausgesprochen. Das VOR hat seinen Namen von

VHF Omnidirectional Radio Range Beacon. VHF wiederum heißt Very High Frequency – zu Deutsch: **UKW**. VOR bedeutet also übersetzt "UKW-Drehfunkfeuer".

Das eigentliche VOR ist eine Bodenstation, deren Signal vom VOR-Empfänger im Flugzeug ausgewertet und als Richtungsinformation auf einem Anzeigengerät abgelesen werden kann.

## Inhaltsverzeichnis

[Verbergen]

- 1 Funktionsprinzip
  - 1.1 Analogie zum Leuchtturm
  - 1.2 VOR
  - 1.3 DVOR (Doppler-VOR)
- 2 Geschichte
- 3 Entfernungsmessung
- 4 Radial
- 5 Schweigekegel
- 6 VOR-Namen
- 7 Kartendarstellung
- 8 Test-VOR
- 9 TVOR
- 10 VOR-Empfänger
  - 10.1 Frequenzeinstellungen
  - 10.2 Morsekennung
  - 10.3 Grundaufbau
  - 10.4 Kommandogerät
- 11 VORTAC
- 12 Container-VOR
- 13 GPS
- 14 Luftstraßen
- 15 Weblinks

## Funktionsprinzip [\[Bearbeiten\]](#)



VOR auf der US-Sichtflugkarte (Sectional Aeronautical Chart)

### Analogie zum Leuchtturm [\[Bearbeiten\]](#)

Als Analogie kann man sich einen [Leuchtturm](#) vorstellen, der einen rotierenden Lichtstrahl aussendet – mit einer Umlaufzeit von 360s für 360°. Immer wenn der Lichtstrahl genau nach Norden leuchtet, blinkt zusätzlich eine rote Lampe in alle Richtungen. So kann man durch Laufzeitmessung zwischen roter Lampe und Sichtbarwerden des Lichtstrahls die genaue Himmelsrichtung zum Leuchtturm bestimmen.

### VOR [\[Bearbeiten\]](#)

Beim VOR ist dieses Prinzip mit UKW-Wellen umgesetzt. Die VOR-Bodenstation strahlt auf einer veröffentlichten Frequenz ab ([Luffahrtkarten](#)). Diese Frequenz liegt prinzipiell im Bereich von 108,000 MHz bis 117,975 MHz (gemäß [ICAO Annex 10](#)). Die Drehgeschwindigkeit beträgt 30 Umdrehungen pro Sekunde. Aber im Prinzip wird auch hier der Zeitunterschied zwischen zwei Signalen gemessen und in einen Winkel umgerechnet. Genauer gesagt handelt es sich um eine [Phasenverschiebung](#) zwischen zwei Signalen, die in alle Richtungen ausgestrahlt werden.

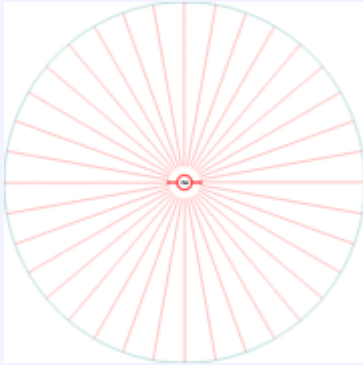
Beispiel: Befindet sich das Flugzeug östlich (90°) vom VOR, so beträgt die Phasendifferenz zwischen dem (in diesem Augenblick nach Osten) gerichteten und dem ungerichteten Signal  $\pi/2$  (entspricht 90°). Beim einer Position vom VOR in Westrichtung (270°) beträgt die Phasendifferenz  $3\pi/2$ .

### DVOR (Doppler-VOR) [\[Bearbeiten\]](#)

[DVOR](#) ist Abkürzung für Doppler Very High Frequency Omnidirectional Radiobeacon = Doppler-UKW-Drehfunkfeuer. Der Unterschied zum VOR liegt in der Form der Erzeugung des umlaufenden, phasenverschobenen Signals: Durch schnelles, zyklisches Umschalten zwischen 48 auf einem Kreis angeordneten Rundstrahlantennen entsteht das Signal einer mit 30 Umdrehungen pro Sekunde auf einem Kreis laufenden Einzelantenne. Die Phasenverschiebung ist ein Ergebnis des [Dopplereffekts](#) dieser im Kreis bewegten virtuellen Antenne.

Der Zusatz Doppler- beim DVOR hat nichts mit der Dopplerverschiebung durch die Fluggeschwindigkeit zu tun, sondern mit der Form der Signalerzeugung.

## Geschichte [\[Bearbeiten\]](#)



Prinzip des ersten Drehfunkfeuers, des "Telefunken-Kompass-Senders" von 1908  
Das erste Drehfunkfeuer war der Telefunken-Kompass-Sender (1908).

Der **HF**-Generator und die jeweils aktiven Dipole sind rot dargestellt, die Richtcharakteristik blau.

Der Sender beginnt mit der omnidirektionalen Aussendung seiner Kennung. Nach dem letzten Buchstaben der Kennung wird eine spezielle Stoppuhr gestartet. Beim Signalmaximum wird die Uhr gestoppt. Später wurde das Signal um  $90^\circ$  versetzt und das Signalminimum ausgewertet, da die Richtwirkung eines **Dipols** eine sehr breite "Keule" erzeugt.

In Westeuropa existierten während des ersten Weltkrieges zwei Stationen in **Cleve** und **Tønder**. Das Drehfunkfeuer diente der Navigation von Luftschiffen. Flugzeuge waren noch nicht mit Empfängern für dieses System ausgerüstet.

Zur Vereinfachung stellt das nebenstehende Bild nicht die korrekte Umlaufzeit des Strahls dar. Die Kennung ist CLE für Cleve. Dem Autor ist nicht bekannt, ob das **Goniometer** während der Sendung der Kennung in Nordposition (omnidirektionale Sendung) stoppte. Es ist davon auszugehen, dass das Kontaktpaar zum Ansteuern der Dipole zumindest außerhalb der Nordrichtung kontinuierlich umlief (im Bild nicht dargestellt).

## Entfernungsmessung [\[Bearbeiten\]](#)



VOR –  $0^\circ$  ist nach magnet. Nord ausgerichtet – nicht nach geograph. Nordrichtung;  
Stationsname: HNW; Frequenz: 115,5 MHz

Die Entfernungsmessung ist mit dem VOR nicht möglich. Aber mittels einer Peilung zu zwei VOR's (Kreuzpeilung) kann man trotzdem seine Position und somit seine Entfernung vom VOR bestimmen.

Außerdem ist fast immer das VOR mit einer Funknavigationsanlage zur Entfernungsmessung – dem DME – kombiniert. DME (distance measuring equipment – Entfernungsmessgerät) zeigt uns die Entfernung zum DME-Sender in NM an, aber nicht die Richtung.

Beides zusammen – VOR und DME – gibt uns eine genaue Position an: Kursinformation vom VOR, Entfernungsinformation vom DME. Diese Sender heißen VOR/DME. Für die DME-Anzeige im Flugzeug gibt es ein zweites Gerät. Praktischerweise muss man nur die richtige Frequenz für das VOR einstellen. Daran gekoppelt ist automatisch die richtige Einstellung der zweiten Frequenz für den DME-Empfang. Sollte der VOR-Sender kein DME haben, dann bleibt das DME-Gerät im Flugzeug ohne Anzeige.

Nur noch ganz selten gibt es DME-Sender, die ohne VOR senden. Genauso gibt es in Flugzeugen nur noch wenige Empfangsgeräte, die separat auf ein DME-Frequenz eingestellt werden können.

Weitere Einzelheiten zu DME siehe im [Hauptartikel DME](#)

## Radial [\[Bearbeiten\]](#)



VOR Gradangaben – abgekürzt auf die Zehnerstellen

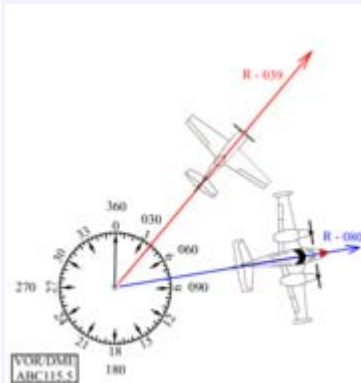
Ein Radial ist eine [Funkstandlinie](#), die vom VOR-Sender weg gerichtet ist. Es gibt genau 360 Radiale. Es wird nicht mit Dezimalstellen gearbeitet, nur mit ganzen Zahlen. Wie alle Kursangaben und Kompassangaben werden auch die Richtungsangaben der Radiale immer dreistellig geschrieben und gesprochen. Dabei werden alle drei Ziffern einzeln ausgesprochen. Die Worte Hundert oder Zehn, Zwanzig, Dreißig usw. werden dabei nicht verwendet. Beispiel: 40° ist R-040 und wird ausgesprochen: Radial Null-vier-Null. Radial 0° (also Nord) wird üblicherweise nur als R-360 (Radial drei-sechs-null) bezeichnet.

Ein Radial ist also ein gerichteter Vektor mit der Richtung vom Funkfeuer weg. Und damit fängt das anfängliche Chaos in den Köpfen der Flugschüler an. Denn im Gegensatz zu einem Lichtstrahl vom Leuchtturm funkt unsere Funkstandlinie (z.B. R-040) auch noch über den Mittelpunkt hinaus genau in die andere Richtung (also Richtung 220° = 40° + 180°). In diese andere Richtung wird sie aber definitionsgemäß als R-220 bezeichnet.

Um das Chaos in den Köpfen noch zu vergrößern kann das Flugzeug auf einem Radial von der Station weg fliegen (out-bound) oder zur Station hin (in-bound).

Deshalb muss die Benutzung des VOR-Gerätes vom Piloten für die Instrumentenfluglizenz (IFR-Lizenz) gelernt und geübt werden, damit es dann auch fehlerfrei klappt – nachts in einem wackligen, lauten Flugzeug zwischen den Wolken und weiteren Arbeitbelastungen wie Funk und Bedienung der Flugzeugsysteme.

## Schweigekegel [\[Bearbeiten\]](#)

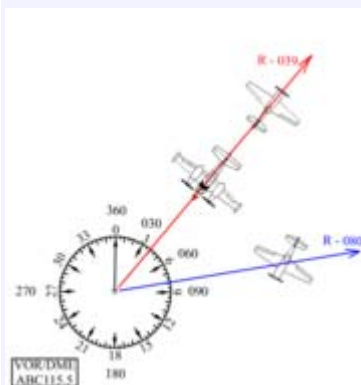


Ein Radial führt definitionsgemäß vom VOR weg.

Wenn man sich mit dem Luftfahrzeug direkt über der VOR-Station befindet, hat man keinen Empfang. Dieser **Schweigekegel** (cone of silence) hat einen Winkel von ca. 10°. Bei hoch fliegenden Verkehrsflugzeugen hat er einen Durchmesser von einigen NM.

Im Schweigekegel ist die Anzeige des VOR-Instrumentes nicht zuverlässig. Das wird durch eine rote Warnflagge im Instrument ([VOR-Empfänger](#)) angezeigt.

## VOR-Namen [\[Bearbeiten\]](#)



Die VOR-Anzeige ist ausschließlich von der Flugzeugposition abhängig, nicht von der Flugrichtung. Auch im Heißluftballon hat man die gleiche Anzeige.

VORs haben einen Klarnamen und einen Code aus drei Buchstaben.

Beispielsweise: Gardermoen-VOR oder GRD (das ist der internationale Flughafen von Oslo/Norwegen). Die drei Buchstaben sind mehr oder weniger deutlich vom Klarnamen abgeleitet. Man spricht die drei Buchstaben üblicherweise im [internationalen Fliegeralphabet \(ICAO-Alphabet\)](#) aus – also Golf-Romeo-Delta. Im

Flug-Sprechfunk wird immer nur einfach VOR gesagt und nicht VOR/DME oder VORTAC. Wenn es klar ist, dass es sich um ein VOR handelt, wird meist nur einfach der Name gesagt – ohne den Zusatz "VOR". Beispiel: "cleared to Frankfurt via Nienburg and Hannover".

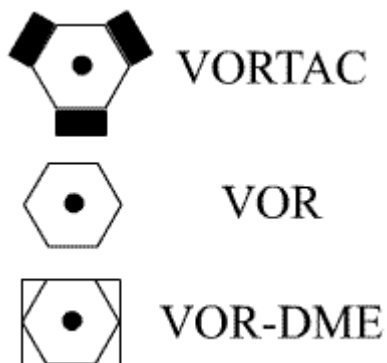
Der Name von [Intersections](#) wird mit 5 Buchstaben angegeben, um sie deutlich von VOR's zu unterscheiden. Beispiel: die Flugstrecke BUDDA-DERFA-VISLA-PRG-WERLA führt also über genau ein VOR.

Namensdoppelungen kommen nur selten vor, und dann meist nur auf verschiedenen Kontinenten. Das wird also erst ein Thema, wenn man Flugrouten aus weltweiten Datenbanken von Navigationsanlagen erstellt. Dann erfolgt meist eine Zwischenabfrage, indem die Art und die Koordinaten der beiden gleichnamigen Funkanlagen angezeigt werden. Es gibt auch Namenskollisionen mit [NBSs](#)

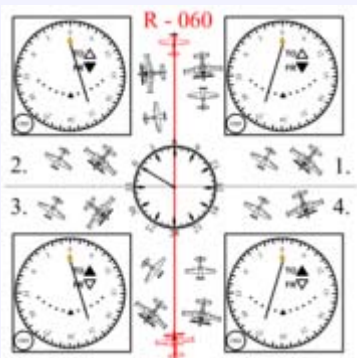
## Kartendarstellung [\[Bearbeiten\]](#)

Auf Luftfahrtkarten gibt es separate Symbole für

- VORTAC
- VOR und
- VOR/DME



## Test-VOR [\[Bearbeiten\]](#)

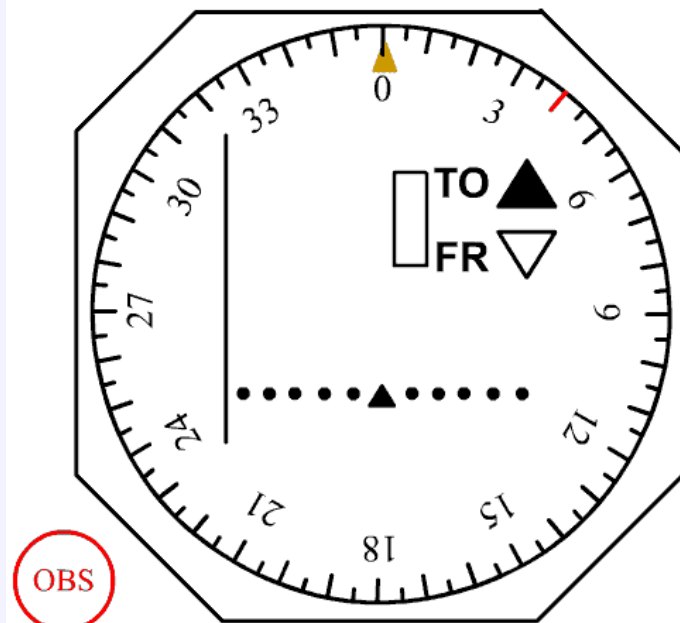
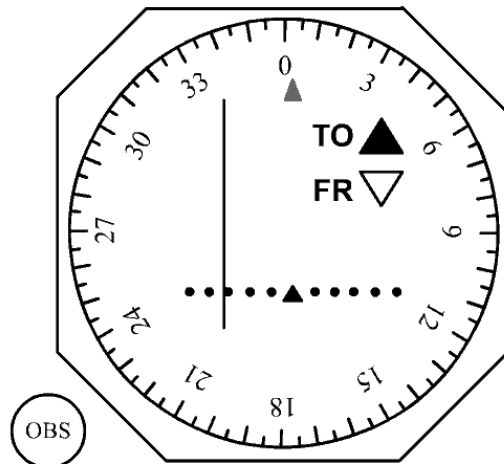
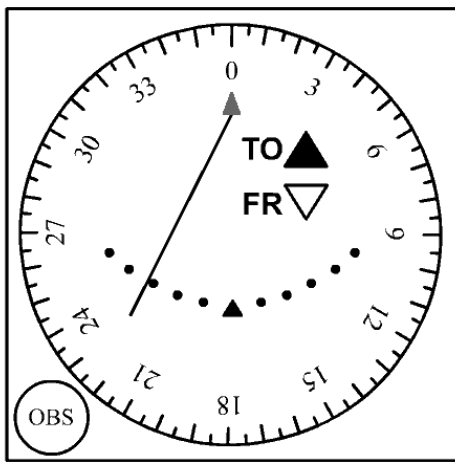


Wenn die CDI seitlich auf Anschlag ist, kann man seinen Quadranten ermitteln – rechts oder links von Radial; vor oder hinter dem VOR.

Die Funktionsfähigkeit der VOR-Empfänger muss in regelmäßigen, vorgeschriebenen Abständen geprüft werden. Das kann einerseits häufiger an Flugplatz-Positionen durchgeführt werden, deren Koordinaten bekannt sind, andererseits muss es auch ganz genau überprüft werden, indem am VOR-Empfänger die Frequenz eines Test-VORs eingestellt wird. Das VOR-Instrument zeigt dann konstant Radial 360 an und die gemessene Abweichung darf höchstens 1° betragen.

## TVOR [\[Bearbeiten\]](#)


Terminal VOR; T-VORs dienen nur zum An- oder Abflug eines Flughafens. Von einer TVOR-Station kann meistens auch [ATIS](#) empfangen werden.





## VOR-Empfänger [\[Bearbeiten\]](#)



 VOR-Instrument (Anzeigegerät) im Flugzeug – in FROM-Position

Der VOR-Empfänger (VOR-Anzeigegerät) zeigt an, in welche Richtung die angepeilte **VOR-Bodenstation** (Drehfunkfeuer) liegt. Die Richtung von der VOR-Bodenstation zum Flugzeug wird als **Radial** bezeichnet. Der **Gegenkurs** ist die Richtung, in die der Pilot fliegen muss, um zum VOR zu fliegen. Die Richtungsmessung zu zwei VOR-Stationen erlaubt dem Piloten eine **Kreuzpeilung** und damit genaue **Positionsbestimmung**.

Der VOR-Empfänger zeigt die Abweichung vom eingestellten Anflugkurs bzw. Abflugkurs. Wenn der Anflug in der TO-Einstellung und der Abflug in der FROM-Einstellung erfolgt, dann fungiert es als Kommandogerät.

Der VOR-Empfänger ist für den Instrumentenflug als Pflichtausrüstung vorgeschrieben. Es ist in Flugzeugen oft in doppelter Ausführung vorhanden.

### Frequenzeinstellungen [\[Bearbeiten\]](#)

Der Frequenzbereich für VORs ist weltweit einheitlich geregelt. Die Frequenz des gewünschten VORs entnimmt man amtlichen Veröffentlichungen, zum Beispiel der [Luftfahrtkarte](#).

Bessere VOR-Empfänger haben die Möglichkeit zwei Frequenzen einzustellen. Die eine Frequenz ist dabei die "aktive Frequenz" und die andere ist die "vorgewählte Frequenz" (stand-by Frequenz). Durch einen Knopfdruck tauscht man dann im richtigen Moment den Platz der beiden Frequenzen. Das reduziert die Arbeitsbelastung für den Piloten.

### Morsekennung [\[Bearbeiten\]](#)

Der Pilot muss die Morsekennung der VOR-Bodenstation abhören, bevor er der Anzeige vertrauen kann. Die drei Buchstaben des VORs werden langsam und deutlich in einer Endlosschleife gesendet. Dazu muss der Pilot nicht das [Morsealphabet](#) beherrschen, da die Punkte und Striche in den Luftfahrtkarten für jedes VOR eingetragen sind. Komfortable VOR-Sender senden den VOR-Namen auch in Klartext mit einer freundlichen Frauenstimme - z. B. "Nienburg-VOR, Nienburg-VOR, Nienburg-VOR, ...". Die Morsekennung bzw. Stimmansage ist auf das VOR-Signal aufmoduliert. Allerdings muss der Pilot den Ton für das VOR-Instrument auf seinen Kopfhörer schalten, bzw. lautdrehen. Nach der

Identitätskontrolle des VORs wird der Ton aber wieder abgeschaltet, da die Daueransage sonst sehr nervt.

Über einige VORs werden auch andere Textnachrichten gesendet - z. B. die Flugplatzinformationen für Piloten. In den USA wird über einige VORs auch der Sprechfunkverkehr der Flugsicherung mit den Piloten abgewickelt.

### **Grundaufbau** [\[Bearbeiten\]](#)

Links unten hat das VOR-Instrument einen Drehknopf, der mit **OBS** (Omni Bearing Selektor - Kurswahlknopf) beschriftet ist. Mit diesem Knopf wird die gesamte Kompassrose des Instruments gedreht, bis der Pfeil am oberen Rand auf den gewünschte Kurs zeigt. Je nach Bauart dreht sich die Anzeigennadel um den obersten Punkt, beziehungsweise wandert sie durch Parallelverschiebung nach rechts oder links.

Die Nadel wird CDI (Course Deviation Indicator) genannt.

Die Anzeigennadel zeigt auf eine Skala mit einem mittleren Punkt und je 5 Punkten rechts und links. Je Punkt wird eine Kursabweichung von  $2^\circ$  angezeigt. Größere Abweichungen können nicht mehr angezeigt werden - die Nadel steht dann bewegungslos am rechten oder linken Anschlag.

Bei gestörtem Empfang erscheint eine deutliche rote Warnflagge auf der Skala.

### **Kommandogerät** [\[Bearbeiten\]](#)

Für die **TO/FROM**-Flagge gelten folgende Regeln:

**TO** (Flagge oben) wird angezeigt, wenn man sich ausserhalb des Halbkreises befindet, für den der eingestellte Radial die Halbierende bildet.

**FROM** (Flagge unten) wird angezeigt, wenn man sich innerhalb des Halbkreises befindet, für den der eingestellte Radial die Halbierende bildet.

### **MERKREGEL**

Ist die Differenz zwischen Steuerkurs und eingestelltem Radial **kleiner  $90^\circ$**  so fungiert die Nadel als Kommando-Zeiger, d.h. sie repräsentiert den Radial und das Flugzeug muss in Richtung der Nadel gesteuert werden.

Ist die Differenz **größer  $90^\circ$** , so ist die Nadel das Luftfahrzeug, d. h. es muss von der Nadel weg korrigiert werden.

## VORTAC [\[Bearbeiten\]](#)



Direkt über dem VOR empfängt man im Schweigekegel kein Signal. Der fehlende Funkempfang wird am VOR-Gerät durch eine rote Warnflagge angezeigt.

**TACAN** (Tactical Air Navigation) ist ein militärisches Drehfunkfeuer und funktionieren so ähnlich wie ein VOR, ist aber um den Faktor 1,2 bis 2 präziser. TACAN sendet im UHF-Bereich (962 bis 1213Mhz auf insgesamt 126 X-Kanälen und 126 Y-Kanälen). Befinden sich VOR/DME und TACAN-Bodenstation an der selben Stelle, werden sie als VORTAC bezeichnet, wobei sich eine reine TACAN-station auch an Bord eines anderen Luftfahrzeuges befinden kann und z.B. für Tankanflüge benutzt wird.

## Container-VOR [\[Bearbeiten\]](#)

Wenn ein VOR längere Zeit ausfällt (z.B. Umbau, Erneuerung), wird von der DFS ein Container-VOR aufgestellt, das den Betrieb während der Ausfallzeit übernimmt. Das Container-VOR bekommt in Regelfall eine eigene Frequenz und sendet daher nicht auf der Frequenz des zu ersetzenden VORs. Die Ersatzfrequenz und die Dauer des Ersatzes sowie evtl. Einschränkungen in Reichweite und Genauigkeit wird durch **NOTAM** veröffentlicht.

## GPS [\[Bearbeiten\]](#)

**GPS** (Global Positioning System) verdrängt allmählich das VOR/DME. Allerdings sind VOR/DME nach wie vor für die Instrumentennavigation gesetzlich vorgeschriebenen Primärsensoren.

## Luftstraßen [\[Bearbeiten\]](#)

Airways (**Luftstraßen**) werden meist über VORs geführt und ihr Verlauf wird von diesen definiert. Die Verzweigung von Luftstraßen erfolgt meist nur an VORs.