

Basiswissen PPL / Faustformeln

Metrologie

Abkühlung der trockenen Luft: 1,0 °C / 100 m
Abkühlung gesättigter Luft: 0,6 °C / 100 m

Spread (Temperatur - Taupunkt) * 400 ft (123 m) = Wolkenuntergrenze der Quellbewölkung (Cumulus)

Barometrische Höhenstufe (Standard):

Abnahme um 1 hPa alle 30 ft (8 m)
ab 5500 m (18.000 ft) um 1 hPa alle 60 ft (16 m)
ab 11000 m (36.000 ft) um 1 hPa alle 120 ft (32 m)
5500 m (18.000 ft) Hälfte des Luftdruckes

Standardatmosphäre:

Temperatur in MSL 15 °C
Temperaturgradient -2°C / 1000 ft (-0,65° / 100m)
Tropopause zwischen 11 und 20 km, -56,5°C konstante Temperatur
Luftdruck MSL 1013,25 hPa
relative Luftfeuchte 0%
Luftdichte 1,226 kg/qm

Beispiel Temperatur in 5000 ft:
am Boden 15°C, Abnahme 2°C / 1000 ft
 $5 * 2 = 10°C$, $15°C - 10°C = 5°C$

Beispiel Druck in 5000 ft:
am Boden 1013,25 hPa, Abnahme 1 hPa / 30 ft
 $5000 \text{ ft} / 30 \text{ ft} = 166$, $166 * 1 \text{ hPa} = 166 \text{ hPa}$ Druckabnahme
 $1013,25 \text{ hPa} - 166 \text{ hPa} = \text{ca. } 850 \text{ hPa}$ in 5000 ft

in Meereshöhe: +15°C, (1013,25hPa)
in 5.000ft : + 5°C, (850hPa)
in 10.000ft : - 5°C, (700hPa)
in 18.000ft : -21°C, (500hPa)
in 30.000ft : -45°C, (300hPa)

Barisches Windgesetz:

Bläst der Wind in den Rücken, dann liegt links voraus das Tief und rechts hinten das Hoch.

Boden- und Höhenwind

Ausgehend vom Bodenwind (Wind in 10m Höhe) ist die Windrichtung:
ca. 500 m über Grund + 20° (bis 30°) (Winddrehung nach rechts), Wind nimmt um den Faktor 2 zu.
ca. 1500 m über Grund + 30° (bis 40°) (Winddrehung nach rechts), Wind nimmt um den Faktor 3 zu.

Ausgehend vom Höhenwind dreht der Bodenwind nach links (-20° bzw. -30°). Die Windstärke ist um den Faktor 2 bzw. 3 kleiner.

GAFOR (General Aviation Forecast)

Erneuerung alle 3 Stunden, für VFR bis FL 100 (10.000 ft), gültig bis 6 Stunden, über Anrufbeantworter des Deutschen Wetterdienstes

C (Charlie) = CAVOK, Sicht min. 10 km, keine Bewölkung unter 1500m (5000 ft) GND
O (Oskar) = Open (offen), Sicht 8 km oder mehr, Wolkenuntergrenze min. 2000 ft bis unter 5000 ft
D (Delta) = Difficut (schwierig), Sicht min. 5 km, Wolkenuntergrenze 4/8 oder mehr, 1000 ft bis 2000 ft
M (Mike) = Marginal (kritisch), Sicht min. 1,5 km, weniger als 5 km, Wolken 500 ft bis unter 1000 ft
X (Xray) = Closed (geschlossen), Sicht weniger als 1,5 km, Wolken 4/8 unter 500 ft

NOSIG

Keine wesentliche Wetteränderung in den nächsten 2 Stunden.

METAR und Trend

(Meteorological Aerodrom Routine Report), gilt für 2 Stunden, halbstündliche Verbreitung über Fernschreiber oder VOLMET-Sender

SIGMET sind Wetterwarnungen über das Vorkommen oder über das voraussichtliche Vorkommen von signifikanten meteorologischen Erscheinungen, die Luftfahrzeugen gefährlich werden können. Folgende signifikante Wettererscheinungen werden in SIGMETs aufgenommen und in Kürzelform mit einer Gültigkeitsdauer von maximal 4 Stunden ausgegeben:

AIRMET

Neben den SIGMET-Warnungen, die ganz bestimmte Wettererscheinungen umfassen, werden für die Allgemeine Luftfahrt sog. AIRMETs ausgegeben. Das sind Hinweise auf gefährliche Wettererscheinungen, die jedoch nicht unter die SIGMET-Kriterien fallen. Im Aufbau und in der Verwendung von Kürzeln entsprechen sie dem METAR-System.

TAF

(Terminal Aerodrom Forecast), für Streckenflugvorbereitung, gültig 9 Stunden, Aktualisierung alle 3 Stunden

VOLMET

Auf bestimmten reservierten Frequenzen werden für Luftfahrzeuge im Flug rund um die Uhr die Wettermeldungen der Flughäfen (METAR) und der Trend in englischer Sprache ausgestrahlt. Diese sog. VOLMET-Sender informieren über das Platzwetter von etwa 10 bis 15 Flughäfen in ihrer Region mit Hinweisen für die Allgemeine Luftfahrt.

	Wichtige Wettersymbole ≡ Nebel ● Regen ▽ Schauer △ Hagel ⦿ Sprühregen Nieseln ✱ Schnee ⚡ Gewitter und Kombinationen daraus
Luftdruck und Luftdruckänderung werden in Zehntel hPa angegeben, beim Luftdruck nur die letzten drei Stellen. Beispiel: 025 bedeutet 1002,5hPa; 925 bedeutet 992,5hPa (QFF)	Wind: Mast zeigt in die Windrichtung, jede Fahne 10kt, jede halbe Fahne 5kt. Im Beispiel: Nordost, 20kt
Schlüssel für die Sichtweite: Bis 50: ein Zehntel in km, darüber Schlüsselzahl minus 50 (km) Beispiel: 60 bedeutet 10km Sicht.	
Bedeckungsgrad in Achteln: ○ ◐ ◑ ◒ ◓ ◔ ◕ ◖ ◗ ◘ ◙ ◚ ◛ ◜ ◝ ◞ ◟ ◠ ◡ ◢ ◣ ◤ ◥ ◦ ⊗ Himmel nicht erkennbar	

Hauptwolkenuntergrenze

niedrigste Wolkengrenze über Grund und über Wasser, mehr als 4/8 unterhalb 6000 m (20.000 ft)

Bewölkungsangaben in METAR- und TAF-Meldungen

Die Bewölkung wird in fünf Stufen gegliedert:

OVC = Overcast (bedeckt)

BKN = Broken (durchbrochen, 5 bis 7 Achtel)

SCT = Scattered (aufgelockert, 3 bis 4 Achtel)

FEW = Few clouds (gering bewölkt, 1 bis 2 Achtel)

SKC = Sky clear (wolkenlos)

Wolkenklassen

Tiefes Stockwerk bis 2000/2500m ca. 7000 ft

Cumulus (Cu), Haufen-, Quellwolke

Stratus (St), Schichtwolke

Stratocumulus (Sc), Schichtwolke mit eingelagerten Quellungen

Mittleres Stockwerk 2000/2500m (7000 bis 16.500 ft)

Altostratus (As)

Altostratus (As)

Hohes Stockwerk oberhalb 2000/2500m (16.500 ft bis 40.000 ft)

Cirrus (Ci), Federwolken

Cirrocumulus (Cc)

Cirrostratus (Cs), Schleier

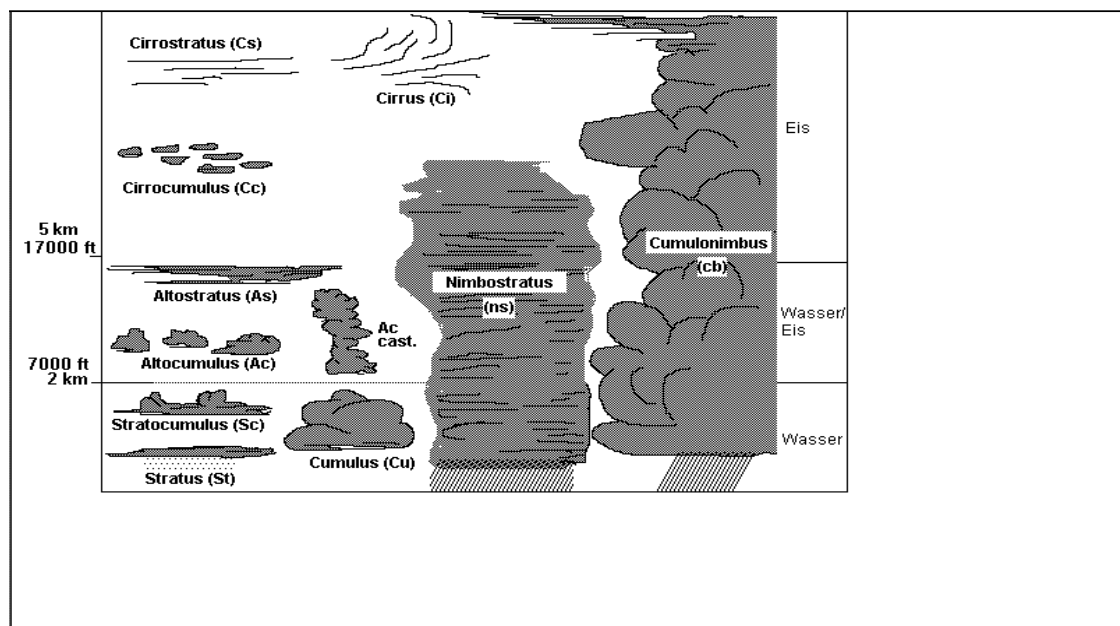
Stockwerk übergreifend

Nimbostratus (Ns), hochreichende Schichtwolke

Cumulonimbus (Cn), Gewitterwolke

Quellwolken selbstaufsteigende Luftschichten in labiler Schichtung.

Schichtwolken entstehen durch Hebungsvorgänge bei stabiler Schichtung.



Nebel

Strahlungsnebel (Erdboden strahlt Wärme ab, die darüberliegende feuchte Luft kühlt sich ab. Tau, Nebelschwaden)

Advektionsnebel (warme, feuchte Luft überströmt eine kalte Fläche)

Mischungsnebel (warme, feuchte Luftmassen begegnen kalten Luftmassen)

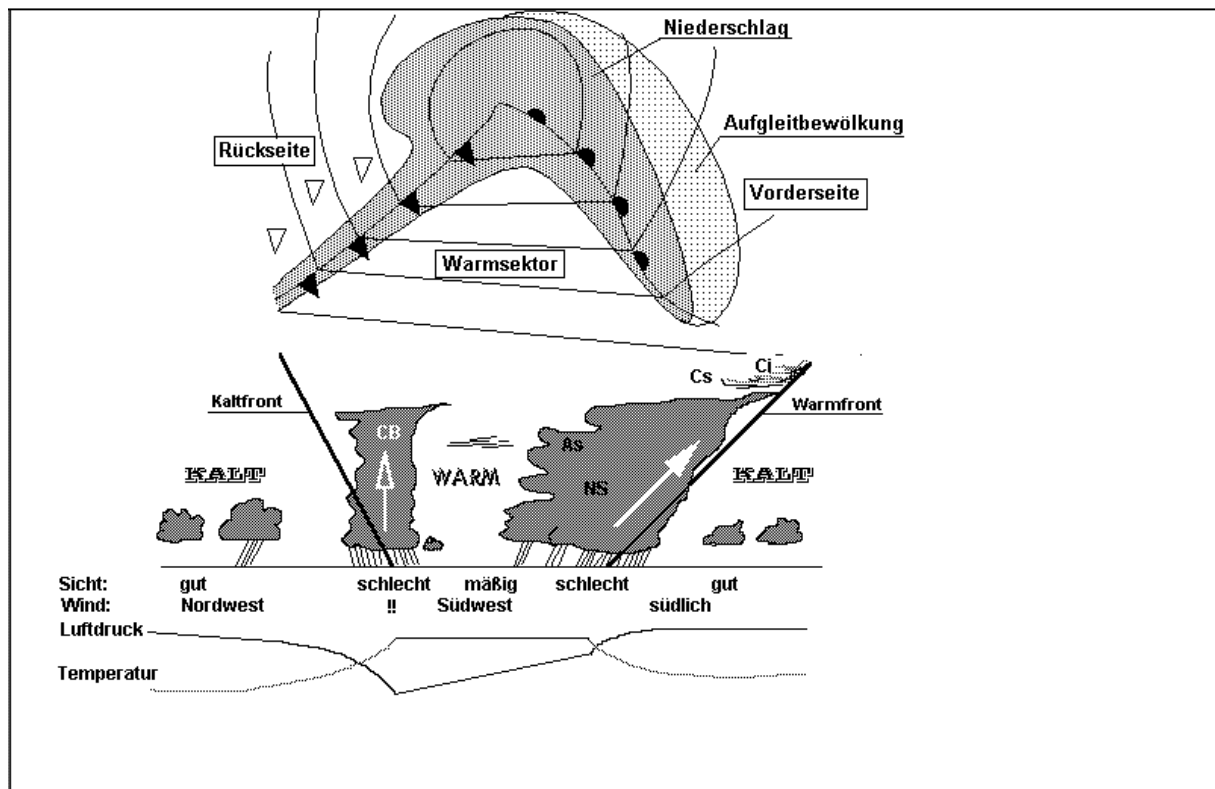
Inversion

Temperatur nimmt mit der Höhe zu. Luftschicht ist für vertikale Bewegungen stabil. Wirkt als Sperrschicht für selbstaufsteigende Luftmassen (Deckel).

Stabile Luftschicht wird labil durch Abkühlung oben Erwärmung unten.

Eine Luftschicht wird stabilisiert durch Erwärmung oben und Abkühlung unten

Durchzug einer Kaltfront: Druckanstieg und Temperaturrückgang.



Technik

Druckhöhe und Dichtehöhe

Die Höhe, die man mit einem Höhenmesser feststellt, heißt Druckhöhe und ist unter Annahme von Standardbedingungen ermittelt.

Je nach Temperatur weicht die Dichte in einer bestimmten Druckhöhe mehr oder weniger vom Standardwert ab. Je höher die Temperatur, desto geringer ist die Luftdichte. Damit sinken sowohl die Triebwerksleistung als auch der Auftrieb. Die Startstrecke erhöht sich.

Die Dichtehöhe hat entscheidenden Einfluss auf die Flugleistungen.

Dichtehöhe

Zur Ermittlung der Dichtehöhe korrigiert man die Druckhöhe pro 10° Temperaturabweichung von der Standardtemperatur um 1200 ft.

Beispiel: Platzhöhe 2000 ft, 35°C

Standardwert in 2000 ft: (2°C Temperaturabnahme pro 1000 ft) 15°C - 2 * 2°C = 11°C

Temperaturabweichung = 35°C - 11°C = 24°C

Dichtehöhe = 2000 ft + 2,4 * 1200 ft = 4880 ft

Höhenmesserfehler

Die Fehlanzeige beträgt etwa 2% pro 5°C Temperaturabweichung von der Standard-Atmosphäre. Ist es wärmer zeigt der Höhenmesser weniger an. Ist es kälter, mehr.

Seitenwind (Gegenwindkomponente)

30° Seitenwind halbe Windstärke

45° Seitenwind 0,7-fache Windstärke

90° Seitenwind volle Windstärke

Überziehungsgeschwindigkeit im Kurvenflug

Querneigung	0°	30°	45°	60°	75°
Faktor Geschw. Erhöhung;	1	1,1	1,2	1,4	2,0

Beispiel: 70 kn, 60° Kurve: 1,4 * 70 = 98 kn ca. 100 kn

Lastvielfaches bei Querneigung

Querneigung in °:	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Lastvielfaches:	1	1,01	1,06	1,15	1,31	1,51	2	2,92	5,76

Wahre Eigengeschwindigkeit

Zur Berechnung der wahren Eigengeschwindigkeit (TAS) addiert man zur angezeigten Fahrt (IAS) pro 1000 ft Höhe 2% der Anzeige.

Beispiel:

Anzeige 100 kt in 5000 ft

TAS = 100 kt + 5*2 kt = 110 kt

Zündfähiges Gemisch

Ein Benzin-Luft-Gemisch, das zu einer explosionsartigen Verbrennung kommen soll, muss ein bestimmtes Mischungsverhältnis aus Luft und Treibstoff aufweisen.

Für die üblichen Flugbenzinsorten ist das etwa 1 : 15. Das bedeutet, dass 1 Teil (Masse) Benzin mit 15 Teilen (Masse) Luft gemischt werden muss, damit das Gemisch zündfähig ist.

Startstreckenberechnung

Sofern nicht anders im Flughandbuch vermerkt, werden die unter Standardbedingungen ermittelten Startstrecken wie folgt korrigiert:

- Höhenzuschlag: bis 1000 ft: 10% pro 1000 ft Höhe
bis 3000 ft: 13% pro 1000 ft Höhe
darüber : 18% pro 1000 ft Höhe
- Temperaturkorrektur:
± 1% pro °C Abweichung von der Standardtemperatur

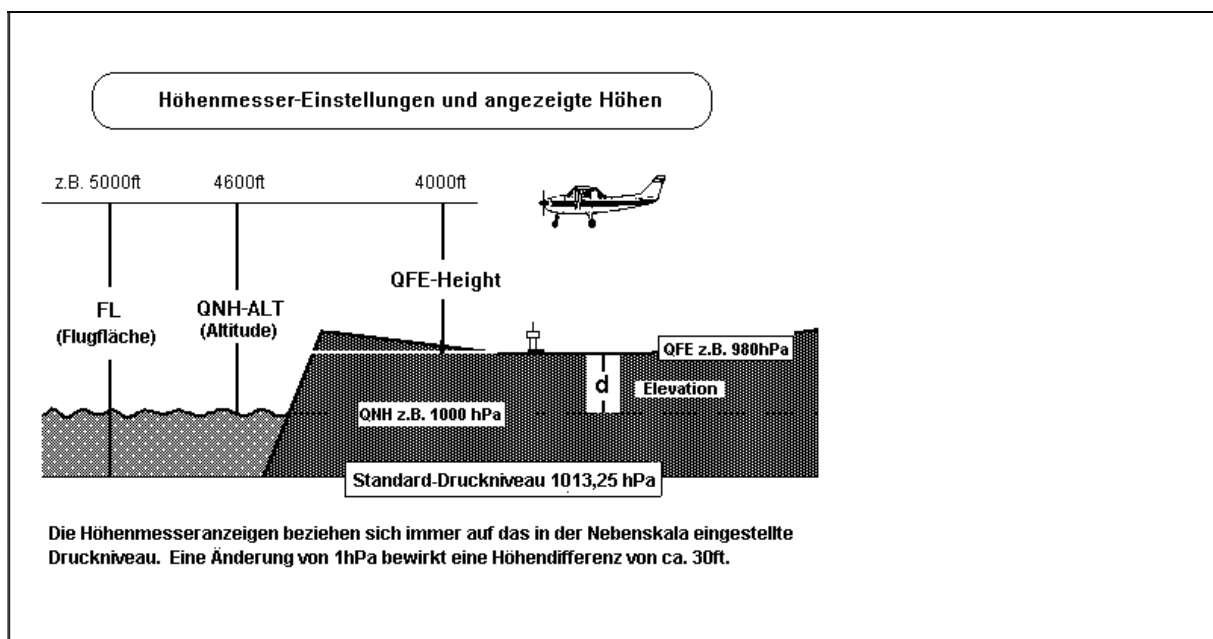
3. Neigung der Startbahn:
+ 10% pro 1% Steigung, -10% pro 1% Gefälle
4. Grasbahn:
20 % für trockene, ebene, kurze Grasbahn
zusätzlich 10% für feuchtes Gras
zusätzlich 50% für aufgeweichten Untergrund
zusätzlich 10% für beschädigte Grasnarbe
zusätzlich 20% für hohes Gras (höher als 8 cm)
5. Zuschläge für störenden Belag auf der Bahn
30% für Pfützen, Schneematsch
50% für normalen Schnee bis ca. 5cm Höhe
25% für Pulverschnee bis 8cm Höhe.

Höchstzuladung

Die maximale Zuladung (Personen, Gepäck, Treibstoffe) ist ein musterbedingter Grenzwert, der nicht überschritten werden darf.

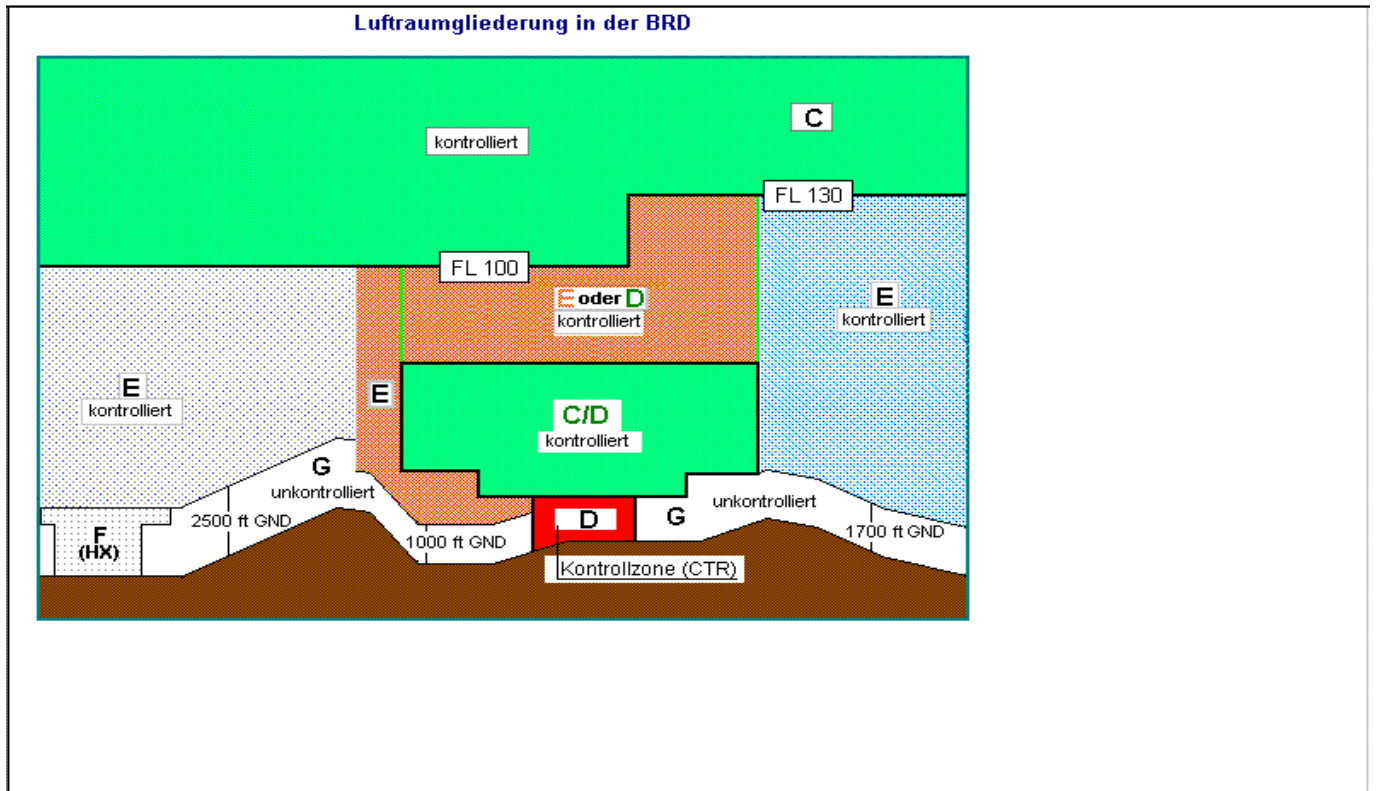
Es gibt keine Maßnahme, mit der eine Überladung des Flugzeugs kompensiert werden könnte.

Wie hoch die maximale Zuladung ist und wie sie auf das Flugzeug verteilt werden darf, entnimmt man dem Flughandbuch .



Luftrecht

Lufträume



Mindesthöhen nach §6 LuftVO

Über dichtbesiedelten Gebieten und Menschenansammlungen eine Höhe von 300m (1000ft) - über bestimmten Großstädten eine Höhe von 600m (2000ft) - über dem höchsten Hindernis in einem Umkreis von 600m, in allen übrigen Fällen eine Höhe von 150m (500ft) über Grund oder Wasser.

Darüber hinaus haben motorgetriebene Luftfahrzeuge, die sich im Reiseflug befinden, eine Mindesthöhe von mindestens 600m (2000ft) über Grund einzuhalten, sofern dies die Wetter- und Luftraumbedingungen erlauben.

VMC-Minima in den Klassen C bis G

In den Luftraumklassen C bis F gelten folgende Sichtflugmindestbedingungen:

- im Luftraum E der BRD: Flugsicht immer 8km,
- in C, D und F unterhalb 10.000 ft MSL: Flugsicht 5 km
- in/über 10.000 ft MSL: Flugsicht 8 km
- Wolkenabstände (vertikal/horizontal): 300m/1500m

Ausnahme in Kontrollzonen (Klasse D) der BRD:

- Flugsicht 5 km
- Bodensicht 5 km
- Hauptwolkenuntergrenze 1500 ft
frei von Wolken (AIP VFR ENR1-11)

Sonder VFR Bedingungen

- Sicht kleiner als 5 km. Bodensicht kleiner als 5 km. Hauptwolkenuntergrenze ab / unter 1.500 ft.

Im Luftraum E gelten:

- Flugsicht 8 km
- Wolkenabstände (v/h): 300m/1500m

Im Luftraum G (unkontrolliert) gelten:

- Flugsicht 1,5 km
- frei von Wolken
- Navigation nach Erdsicht muss möglich sein

Nach den ICAO-Empfehlungen, von denen die Mitgliedstaaten allerdings abweichen dürfen, gilt:

Im Luftraum der Klasse A sind VFR-Flüge nicht gestattet.
(Beispielsweise um Paris herum)

Im Luftraum der Klasse B gelten folgende VFR-Bedingungen:

- frei von Wolken
- Flugsicht unter FL 100: 5km
- Flugsicht in/über FL 100: 8km
- dauernde Hörbereitschaft
- Flugverkehrskontrollfreigabe

Luftraum-Darstellungen auf der ICAO-Karte 1:500.000

Luftraum D (Kontrollzonen): rote Fläche mit blau gestricheltem Rand, Kennbuchstabe D mit Angabe der Obergrenze in ft MSL. Steht (HX) dabei, dann bedeutet das, dass dieser Luftraum keine festgelegten Betriebszeiten hat und in der Regel an den Wochenenden und an Feiertagen nicht aktiviert ist.

Luftraum D (nicht Kontrollzone): grün schraffierter Rand, Kennbuchstabe D mit Angabe der Obergrenze in Flugfläche, Untergrenze in ft MSL. Angabe der FIS-Frequenz am Luftraumrand.

Luftraum E mit 1000ft-Untergrenze: rote Umrandung, Kennbuchstabe E mit Angabe der Untergrenze in ft GND. Steht (HX) dabei, dann bedeutet das, dass dieser Luftraum keine festgelegten Betriebszeiten hat. Ob er aktiv ist oder nicht, erfährt man über Funk vom Fluginformationsdienst (FIS). Liegen darüber keine eindeutigen Informationen vor, dann ist er als aktiv anzusehen

Luftraum E mit 1700ft-Untergrenze: blaue Umrandung, Kennbuchstabe E mit Angabe der Untergrenze in ft GND.

Luftraum E mit 2500ft-Untergrenze: keine Kennzeichnung, kein Kennbuchstabe angegeben, automatisch in Klasse E eingestuft.

Luftraum F(HX): blauer Rand mit Angabe der Unter- und Obergrenze. Nur aktiv, wenn IFR-An- oder Abflüge stattfinden, sonst Klasse G (unkontrolliert).

Luftraum C unterhalb FL 100: grüne Umrandung, Kennbuchstabe C mit Angabe der Untergrenze in ft MSL.

Beschränkungsgebiete: blau schraffierter Rand mit ED-R Nummer und Angabe der Ober- und Untergrenze in ft bzw. Flugfläche. Steht Bezeichnung TRA dabei, dann handelt es sich um ein zeitweilig reserviertes Gebiet.

Tieffluggebiete: rot punktierte Linie, Bezeichnung AREA plus Nummer.

Ausweichregeln (§13 LuftVO)

Luftfahrzeuge im Gegenflug: Beide nach rechts ausweichen.

Kreuzende Luftfahrzeuge in gleicher Höhe: Wer von links kommt, weicht aus.

Außerdem weichen stets in folgender Reihenfolge aus:

Motorgetriebenes Luftfahrzeug, Luftschiff, Segelflugzeug, Ballon. Motorsegler mit abgestelltem Triebwerk gelten dabei als Segelflugzeug.

Motorgetriebene Luftfahrzeuge den Luftfahrzeugen, die erkennbar andere Luftfahrzeuge oder Gegenstände schleppen. Ein Schleppzug muss aber einem antriebslosen Luftfahrzeug ausweichen.

Luftfahrzeuge im Endteil oder beim Landen haben Vorrrecht, das tiefer fliegende vor dem höheren. Antriebslose Luftfahrzeuge sind jedoch immer bevorzugt.

Mitführung von Bordpapieren

Folgende Unterlagen sind beim Betrieb (Rollen und Fliegen!) eines Luftfahrzeugs an Bord mitzuführen:
Eintragungsschein

- Lufttüchtigkeitszeugnis
- gültiger Nachprüfschein
- Haftpflicht-Versicherungs-Nachweis
- Flughandbuch
- Bordbuch

Gehören nicht zu den Bordpapieren, sind aber mitzuführen:

- gültige Erlaubnis des Luftfahrzeugführers
- persönliches Flugbuch

Bei Ausbildungsflügen genügt es, wenn die Papiere am Flugplatz und zugänglich sind.

Beauftragte für Luftaufsicht dürfen die Vollständigkeit und die Gültigkeit der Bordpapiere prüfen.

Kennzeichen eines Luftfahrzeugs

Deutsche Luftfahrzeugkennzeichen beginnen mit einem D. Dahinter folgt das Eintragungszeichen. Flugzeuge erhalten als erstes Eintragungszeichen folgenden Buchstaben:

- A (über 20t Höchstmasse)
- B (14 bis 20t)
- C (5,7 bis 14t)
- E (einmotorig bis 2t)
- F (einmotorig 2 bis 5,7t)
- G (mehrmotorig bis 2t)
- I (mehrmotorig 2 bis 5,7t)

Motorsegler-Eintragungszeichen beginnen mit K.

Außerdem gehört zur Kennzeichnung die auf beiden Seiten des Leitwerks angebrachte Bundesflagge.

Regeln für den Flugbetrieb am Flugplatz

1. Veröffentlichte Anordnungen und Regelungen zum Flugplatzverkehr beachten.
2. Anweisungen der Luftaufsicht bzw. des Flugplatzunternehmers beachten.
3. Flugplatzverkehr beachten, um Zusammenstöße zu vermeiden.
4. In den Verkehrsfluss einfügen oder heraushalten.
5. Platzrunde in Linkskurven fliegen, wenn nicht anders geregelt.
6. Im Normalfall gegen den Wind starten und landen.
7. Auf Funkanweisungen, Licht- und Bodensignale und Zeichen achten.
8. Vor dem Start und nach der Landung bei der Luftaufsicht bzw. der Flugleitung melden.
9. Beim Rollen andere Bahnen rechtwinklig kreuzen, ohne Gefährdung des startenden oder landenden Verkehrs.
10. Landebahn so schnell wie möglich verlassen.
11. Rechts neben dem Landezeichen aufsetzen, wenn nicht anders geregelt.
12. Nach dem Start bzw. Durchstarten so rasch wie möglich Höhe gewinnen.
13. Flugplatzverkehrszonen meiden, wenn dort nicht gelandet werden soll.

Aus eigener Kraft rollende Luftfahrzeuge sind auf Flugplätzen gegenüber anderen Fahrzeugen oder Fußgängern bevorzugt.

Höhenmessereinstellungen

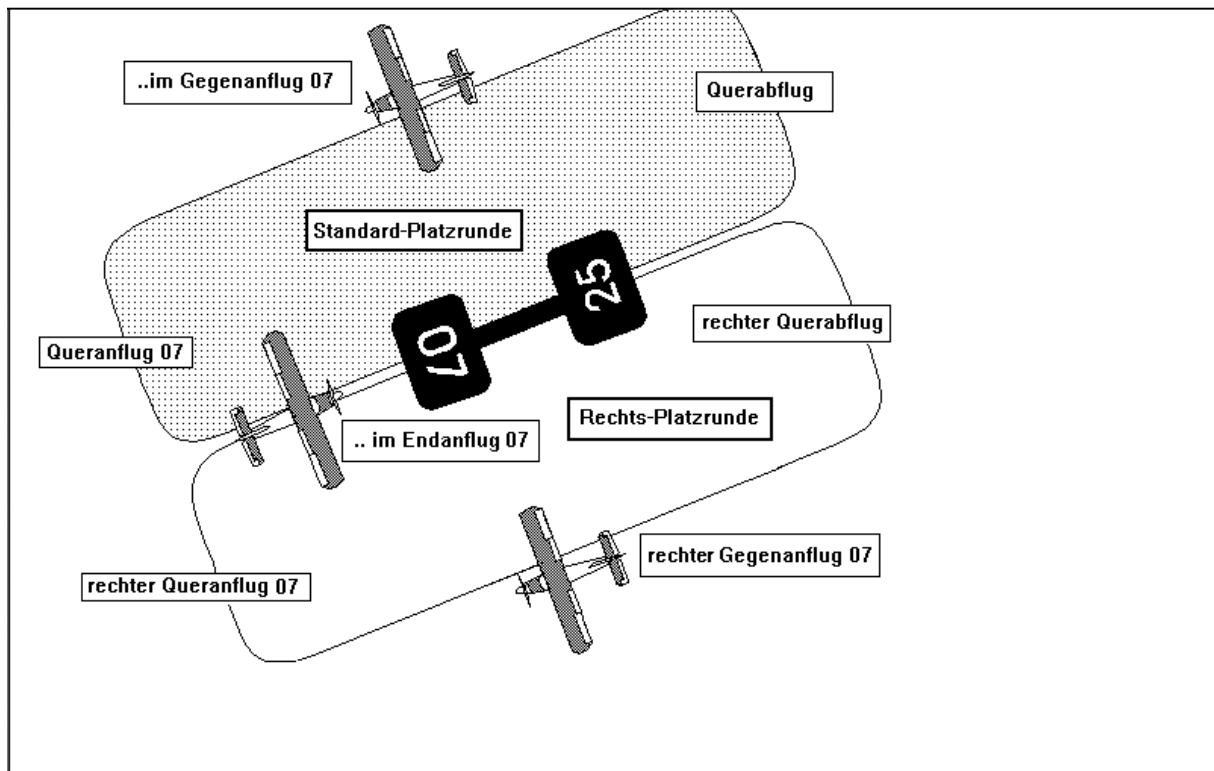
Bei allen Überlandflügen nach Sichtflugregeln, die in und unterhalb 5000ft MSL durchgeführt werden, ist der Höhenmesser auf das QNH des nächstgelegenen Flugplatzes mit Flugverkehrskontrolle einzustellen. Das gleiche gilt (in gebirgigem Gelände) für Flüge oberhalb 5000ft MSL aber unterhalb 2000ft GND.

Werden Flüge oberhalb 5000 ft MSL oder 2000 ft GND durchgeführt, ist der Höhenmesser auf die Standardeinstellung 1013,2 hPa zu bringen.

Halbkreisflughöhen

Zur Verminderung der Zusammenstoßgefahr bei Flügen nach Sichtflugregeln ist nach § 31 der LuftVO, sofern es die Sichtflugbedingungen zulassen,

- bei missweisenden Kursen über Grund von 0 bis 179° eine Höhe einzuhalten von 3500ft, 5500ft, 7500ft usw. bei QNH-Einstellung, bzw. FL 35, 55, 75, usw. bei Standard-Höhenmesser-Einstellung.
- bei missweisenden Kursen von 180 bis 359° ist folgende Höhe bzw. Flugfläche einzuhalten: 4500ft, 6500ft, 8500ft usw. bei QNH-Einstellung, bzw. FL 45, 65, 85 usw. bei Standard-Höhenmesser-Einstellung.



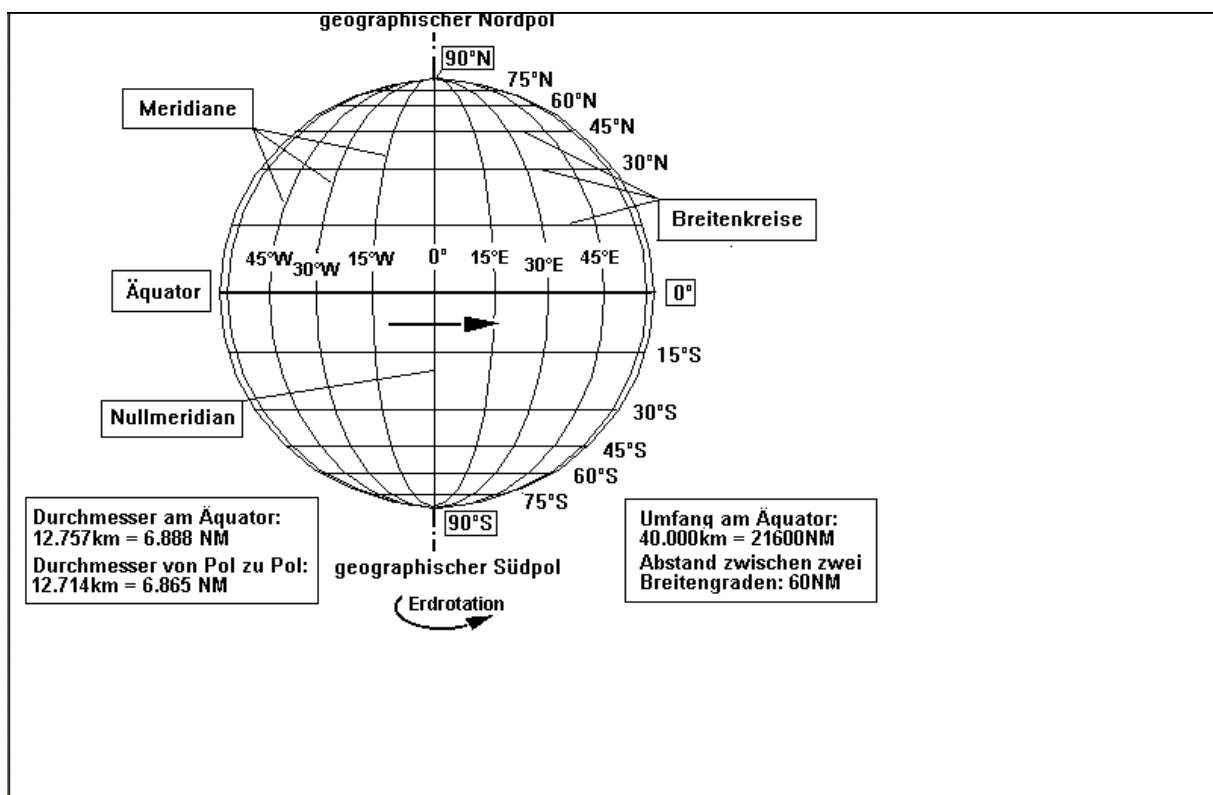
Navigation

Entfernungsangaben

1 NM = 1,852 km
NM * 2 - 10% = km
km / 2 + 10% = NM

Abstand zwischen zwei Breitengraden beträgt 60 NM oder 111 km.
1' beträgt 1 NM

Der Äquator ist der 0-te Breitengrad (180 nördliche und 180 südliche)
Die Meridiane (Längengrade) sind Großkreise (180 östliche, 180 westliche).



Geschwindigkeiten

1 kt = 1 NM pro Stunde
kt * 2 - 10% = km/h
km/h / 2 + 10% = kt
1 m/s = 3,6 km/h
(km/h + 10%) / 4 = m/s
m/s * 4 - 10% = km/h

Höhenangaben

1 ft = 30,5 cm
ft / 10 * 3 = m
m * 3 + 10% = ft

Vertikalgeschwindigkeiten

ft/min

ft/min / 200 = m/s

m/s * 200 = ft/min

Kraftstoffmenge

1 US gal = 3,78 l

1 US gal * 4 - 5% = 1 Liter

US gal = (1 Liter + 5%) / 4

UTC

Sommer: UTC + 2 Stunden = lokale Zeit

Winter: UTC + 1 Stunde = lokale Zeit

Lokale Zeit - 2 Stunden = UTC (Sommer)

Lokale Zeit - 1 Stunde = UTC (Winter)

Sonnenstand und Uhrzeit

24 Std. = 1440 Min. = 1 Tag

1 Tag = 360°

1 Std. = 15 Längengrade

20 Min. = 5 Längengrade

12 Min. = 3 Längengrade

4 Min. = 1 Längengrad

Die Erde dreht sich von West nach Ost.

Die Sonne läuft scheinbar von Ost nach West.

Erdmaße

Die Erde hat keine exakte Kugelform, sondern ist an den Polen etwas abgeplattet:

Durchmesser der Erde am Äquator: 12.756 km

an den Polen: 12.714 km

Differenz: 42 km

Umfang der Erde am Äquator: 40.076 km (21.600 NM)

an den Polen: 40.009 km

Streckenlängen in den Karten

ICAO Karten 1: 500.000

1 cm entspricht 5 km

1 km entspricht 2 mm

Transponder

Oberhalb 5000 ft MSL oder 3500 ft GRD Transponder auf 0022 schalten

Kursbezeichnungen

Hinter den Bezeichnungen steht, welche Linien den betreffenden Winkel bilden:

rwK (TC) = (GN/Kartenkurslinie)

rwKüG (TT) = (GN/Flugweg)

mwK (MC) = (MN /Kartenkurslinie)

mwKüG (MT) = (MN/Flugweg)

KK (CC) = (KN/Kartenkurslinie)

rwSK(TH) = (GN/Längsachse)

mwSK(MH) = (MN/Längsachse)

KSK (CH) = (KN/Längsachse)

Englische Bezeichnungen und Abkürzungen

TN = True North (geographisch Nord)

TC = True Course (rwK)

TT = True Track (rwKüG)

TH = True Heading (rwSK)

MN = Magnetic North (MN)
 MC = Magnetic Course (mwK)
 MT = Magnetic Track (mwKüG)
 MH = Magnetic Heading (mwSK)
 CC = Compass Course (KK)
 CH = Compass Heading (KSK)
 VAR = Variation (Mw)
 DEV = Deviation (Dev)
 WD = Wind Direction (W)
 WS = Wind Speed (Vwind)
 WCA = Wind Correction Angle (L)
 WA = Wind Angle (WW)
 RWA = Relative Wind Angle (WE)
 AP = Air Position (WSP)
 GS = Ground Speed (Vg)
 TAS = True Air Speed (Ve)
 Air vector >
 Ground vector >>
 Wind vector >>>

Missweisung (Variation, Deklination)

Die Kompassnadel zeigt nicht zum geographischen, sondern zum magnetischen Nordpol. Diese Abweichung heißt Ortsmissweisung oder kurz Missweisung Mw (auch Variation oder Deklination) und ist abhängig vom Standort auf der Erde.

Die Größe der Missweisung wird in Grad mit dem Zusatz West (W) oder Ost (E) angegeben. Sie kann zwischen 0 und 180°W bzw. 0 und 180°E betragen.

Es gilt:

westliche Mw ---> Kompass zeigt zu wenig an (-)

östliche Mw ---> Kompass zeigt zu viel an (+)

Berechnung der Missweisung Mw

Die Missweisung ($Mw = VAR$) ist immer die Differenz zwischen einem rechtweisenden und dem entsprechenden missweisenden Kurs:

$Mw = rwK - mwK$; oder $Mw = rwSK - mwSK$

Beispiel 1: $mwK = 029^\circ$; $rwK = 023^\circ$;

====> $Mw = 023^\circ - 029^\circ = -6^\circ = 006^\circ W$

Beispiel 2: $mwSK = 002^\circ$ (362°); $rwSK = 358^\circ$;

====> $Mw = 362^\circ - 358^\circ = +004^\circ = 4^\circ E$

Berechnung eines missweisenden Kurses

Missweisende Kurse lassen sich aus rechtweisenden Kursen und der Missweisung Mw berechnen. Es gilt:

$mwK = rwK - Mw$ oder

$mwSK = rwSK - Mw$

Beispiel 1: $rwK = 358^\circ$; $Mw = 5^\circ W$;

====> $mwK = 358^\circ - (-5^\circ) = 363^\circ = 003^\circ$

Beispiel 2: $rwSK = 002^\circ$; $Mw = 3^\circ E$;

====> $mwSK = 002^\circ - 3^\circ = -1^\circ = 359^\circ$

Deviation

Die aus der Abweichung der Kompassanzeige gegenüber der auf magnetisch Nord bezogenen resultierenden Anzeige nennt man Deviation. Sie wird für jedes Luftfahrzeug in Abhängigkeit vom missweisenden Kurs in einer Deviationstabelle erfasst.

Merke:

Der Kompass zeigt immer eine Richtung an, die auf die momentane Lage seines Magnetsystems bezogen ist. Diese Bezugsrichtung heißt Kompass-Nord KN (CN=Compass North).

Berechnung von Kompass- und Kompasssteuerkursen

Kompasskurse sind missweisende Kurse, die um die Deviation korrigiert wurden. Es gilt daher:

$KK = mwK - DEV$ oder

$KSK = mwSK - DEV$;

Beispiel 1: mwK = 029°; DEV = +2°;
 ==> KK = 029° - 2° = 027°
 Beispiel 2: mwSK = 358°; DEV = -4°;
 ==> KSK = 358° - (-4°) = 362° = 002°

Kursschema zur Berechnung des KSK

Ein Hauptziel der Überlandflugvorbereitung ist es, den Kompasssteuernkurs KSK (CH=Compass Heading) zu ermitteln. Dazu sind folgende Daten notwendig:

- rechtweisender Kurs rwK aus der Karte
- Missweisung Mw aus der Karte (Isogone suchen)
- Luvwinkel L aus dem Winddreieck
- Deviation DEV aus der Deviationstabelle

Man berechnet den Kompasssteuernkurs KSK (CH) nach folgendem Schema:

$$\begin{aligned} \text{rwK} - \text{Mw} &= \text{mwK} \\ \text{mwK} + \text{L} &= \text{mwSK (MH)} \\ \text{mwSK} - \text{DEV} &= \text{KSK (CH)} \end{aligned}$$

Beispiel: rwK=030°; Mw=5°E; L=12°; DEV=-2°

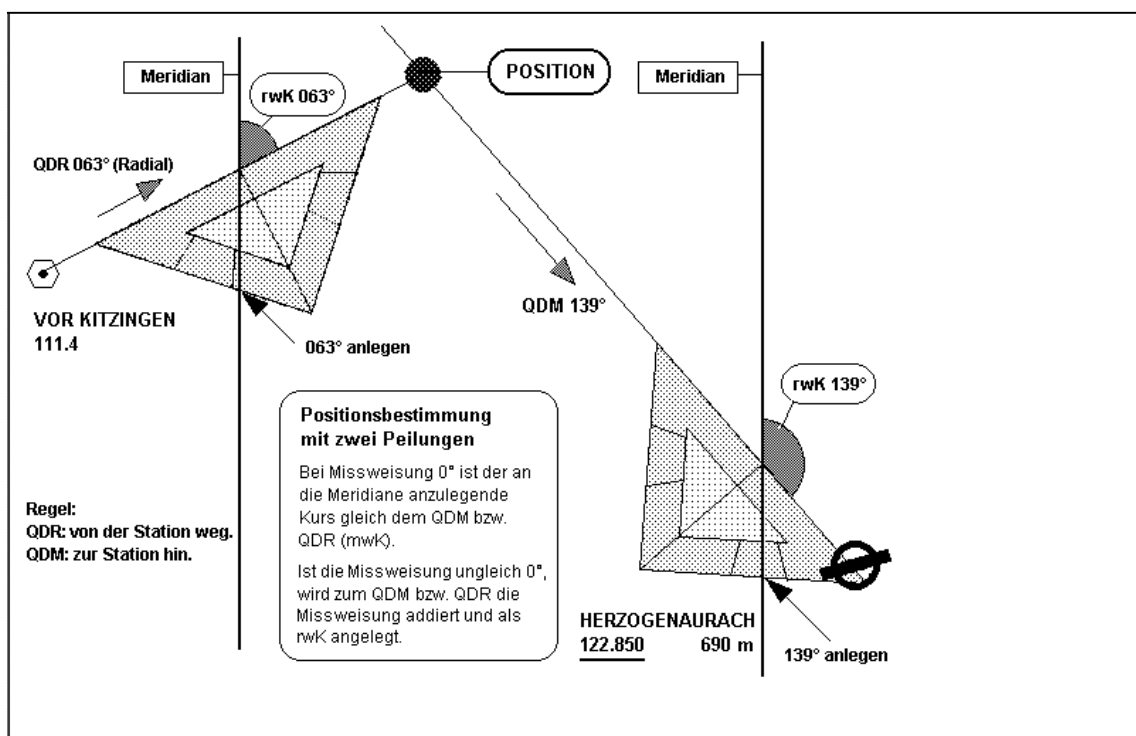
Kursschema:

rwK	030°
- Mw	-5°

mwK	025°
+ L	+12°

mwSK(MH)	037°
- DEV	+2°

KSK(CH)	039°



Die Inklination

Die Kraftlinien des erdmagnetischen Feldes bilden mit der Erdoberfläche unterschiedliche Winkel, die man Inklination nennt. Nur in der Nähe des Äquators verlaufen sie parallel zur Erdoberfläche (Inklination 0° ----> magnetischer Äquator).

Mit zunehmender Polnähe verlaufen sie immer steiler gegenüber dem Erdboden. In unseren Breiten bilden sie einen Winkel mit der Erdoberfläche von ca. 60° bis 65° , an den magnetischen Polen treten sie senkrecht ein bzw. aus (Inklination 90°).

Magnetisches Feld

Die Achse des erdmagnetischen Feldes ist gegenüber der Drehachse der Erde um ca. 11° geneigt und verlagert sich im Laufe der Zeit langsam, aber ständig. Zur Zeit rechnet man mit einer Veränderung von ca. $0,1^\circ$ pro Jahr.

Isogonen und Agone

Werden Punkte gleicher Missweisung miteinander verbunden, so entstehen scheinbar zufällig geschlängelte Linien, die sog. Isogonen. Sie sind auf der ICAO-Karte 1:500.000 als blaue, gestrichelte Linien dargestellt.

Die Linie mit der Missweisung 0° heißt Agone.

Beschleunigungsfehler Magnetkompass

Wird auf östlichem oder westlichem Kurs beschleunigt (Leistung erhöhen oder Bahnneigungsflug), so weicht die Anzeige nach Norden aus.

Wird der Flug verzögert (Leistung vermindern oder Steigflug), so weicht die Anzeige nach Süden aus.

Magnetkompass-Drehfehler

Entsprechende Kompassreaktionen treten beim Ausleiten auf Nord- und Südkurse ein. Daher gilt: Für Nordkurse ist die Kurve vor Erreichen der Anzeige zu beenden, für Südkurse ist über die Anzeige hinaus zu kurven.

Windangaben

Der Wind wird mit Richtung W und Stärke Vwind als Windvektor angegeben

Windrichtung W (W) = (GN/Windherkunft)

Windwinkel WW (WA) = (rwK/Windrichtung)

Windeinfallswinkel WE (RWA) = (W/rwSK)

Luvwinkel L (WCA) = (Längsachse/rwK)

Abdrift (DA) = (Längsachse/KüG)

Berechnungen der Windkomponenten

Es gilt:

Seitenwindkomponente = Windstärke * Sinus(Windwinkel)

Gegenwindkomponente = Windstärke * Cosinus(Windwinkel)

Merken sollte man sich:

30° -Seitenwind: halbe Windstärke

45° -Seitenwind: 0,7-fache Windstärke (ca. drei Viertel)

90° -Seitenwind: volle Windstärke als Seitenwindkomponente

und für die Gegenwindkomponente:

0° -Seitenwind: volle Windstärke

45° -Seitenwind: 0,7-fache Windstärke (ca. drei Viertel)

60° -Seitenwind: halbe Windstärke

Der Windvektor lässt sich zerlegen in eine Gegenwind- und eine Seitenwindkomponente. Unter der Seitenwindkomponente versteht man denjenigen Anteil der Windgeschwindigkeit, der im rechten Winkel zu der angenommenen Bezugslinie steht.

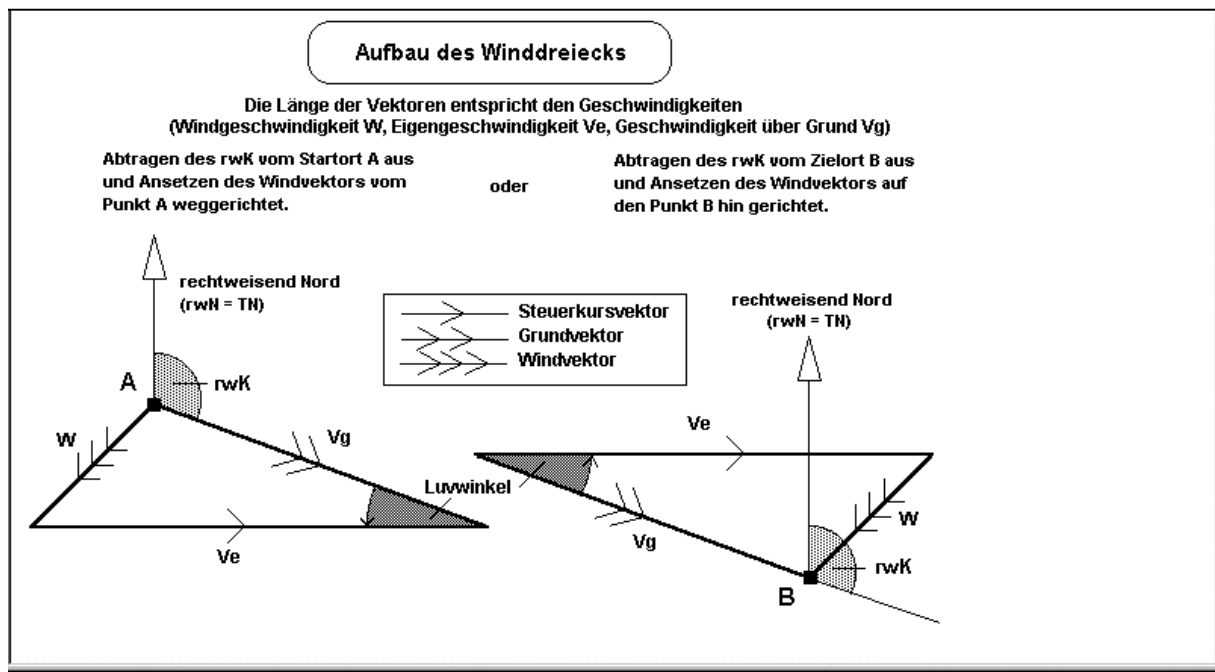
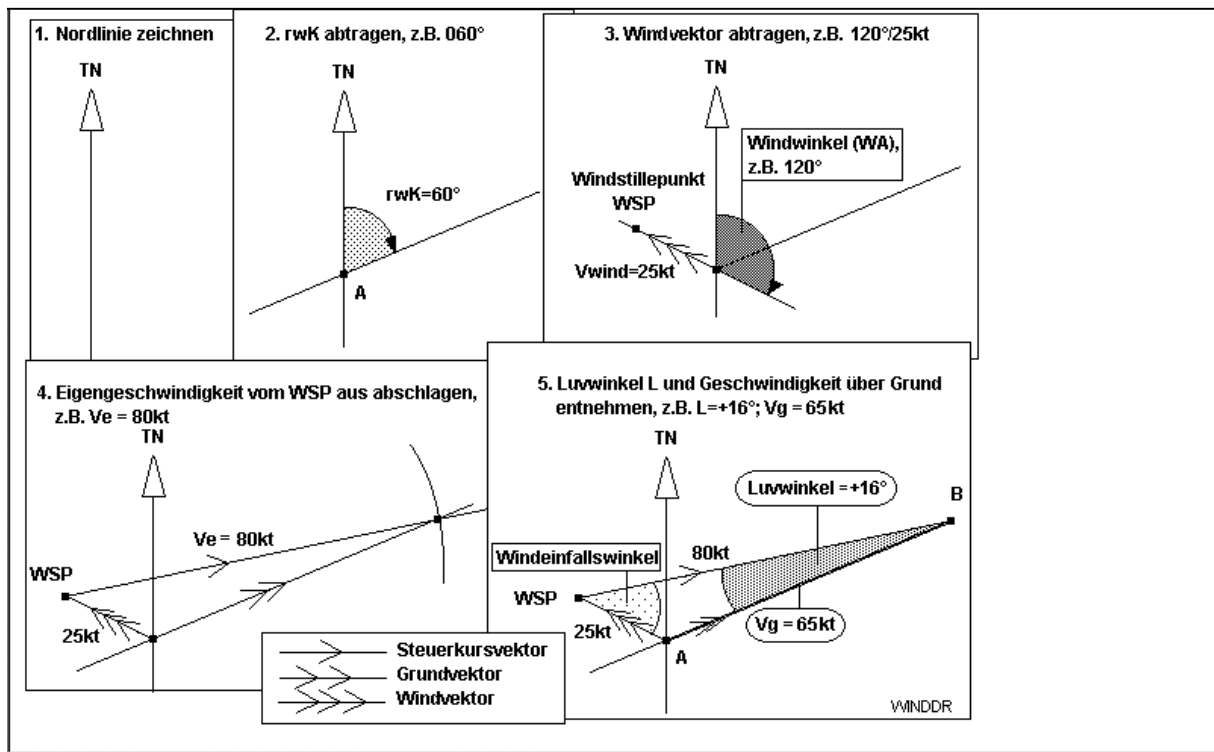
Die Größe der Gegen- bzw. Seitenwindkomponente hängt ab vom Winkel, den der Wind mit der Bahn bildet.

Luvwinkel

Kommt der Wind von rechts, so ist nach rechts vorzuhalten, der Luvwinkel wird zum Kurs addiert (+). Kommt der Wind von links, so ist der Kurs um den Luvwinkel zu vermindern (-).

Die neue Kursrichtung, bei der der Wind berücksichtigt wird, heißt Steuerkurs SK (engl. Heading H).

Bei Windstille sind folgende Kurse gleich: rwK, rwSK und Kurs über Grund.



Das Winddreieck

Der Luvwinkel L und die Geschwindigkeit über Grund V_g lassen sich zeichnerisch mit Hilfe eines Winddreiecks ermitteln.

Alle Geschwindigkeiten werden als Vektoren dargestellt:

Windgeschwindigkeit V_w als Windvektor (drei Fahnen)

Eigengeschwindigkeit V_e als Steuerkursvektor (1 Fahne)

Grundgeschwindigkeit V_g als Grundvektor (2 Fahnen)

Aufbau des Winddreiecks

Es gilt: Setzt man an die Spitze des Windvektors den Steuerkursvektor, dann erhält man den Grundvektor.

Die Längen der Strecken sind Maße für die Geschwindigkeiten, die Lage der Pfeile geben die Richtungen der Kurse an.

Berechnung des Umkehrkurses

Ohne Windeinfluss berechnet man den Umkehrkurs, indem man zum Kurs 180° addiert oder subtrahiert.

Beispiele:

$$rwK = 220^\circ \implies \text{Umkehr-rwK: } 220^\circ - 180^\circ = 040^\circ$$

$$mwK = 140^\circ \implies \text{Umkehr-mwK: } 140^\circ + 180^\circ = 320^\circ$$

Beim Fliegen mit Vorhaltungswinkel enthält der Steuerkurs den Luvwinkel. Nach dem Umkehren kommt der Wind aber von der anderen Seite. Um den neuen Steuerkurs zu erhalten, muss man daher nicht nur den Steuerkurs um 180° korrigieren, sondern auch den doppelten Luvwinkel subtrahieren.

1. Beispiel:

$$rwSK = 270^\circ; L = -10^\circ$$

$$\implies \text{Umkehr-rwSK: } 270^\circ - 180^\circ - 2 * (-10^\circ) = 90^\circ + 20^\circ = 110^\circ$$

2. Beispiel:

$$KSK = 85^\circ \text{ bei DEV } +3^\circ \text{ und } L = -14^\circ$$

$$\implies \text{Umkehr-rwSK: } 88^\circ + 180^\circ - 2 * (-14^\circ) = 268^\circ + 28^\circ = 296^\circ$$

3. Beispiel:

$$mwSK = 117^\circ; L = +9^\circ$$

$$\implies \text{Umkehr-mwSK: } 117^\circ + 180^\circ - 2 * (+9^\circ) = 297^\circ - 18^\circ = 279^\circ$$

Wichtige Formeln

$$L(WCA) = rwSK(TH) - rwK(TC)$$

$$L(WCA) = mwSK(MH) - mwK(MC)$$

$$L(WCA) = KSK(CH) - KK(CC)$$

$$KK(CC) = rwK(TC) - Mw(VAR) - DEV$$

$$L(WCA) = KSK(CH) - (rwK(TC) - Mw(VAR) - DEV)$$

$$L(WCA) = KSK(CH) - rwK(TC) + Mw(VAR) + DEV$$

$$mwSK(MH) = KSK(CH) + DEV$$

$$mwK(MC) = rwK(TC) - Mw(VAR)$$

$$Mw(VAR) = rwK(TC) - mwK(MC)$$

$$mwSK(MH) = rwSK(TH) - Mw(VAR)$$

$$mwSK(MH) = mwK(MC) + L(WCA)$$

$$KSK(CH) = mwSK(MH) - DEV$$

$$Mw(VAR) = rwK(TC) - mwK(MC)$$

$$mwK(MC) = rwK(TC) - Mw(VAR)$$

$$KK = mwK - DEV$$

westliche $Mw(VAR)$ = Minus (-)

östliche $Mw(VAR)$ = Plus (+)

Wind von links $L(WCA)$ = Minus (-)

Wind von rechts $L(WCA)$ = Plus (+)

Rechtweisende Kurse beziehen sich auf rechtweisend Nord.

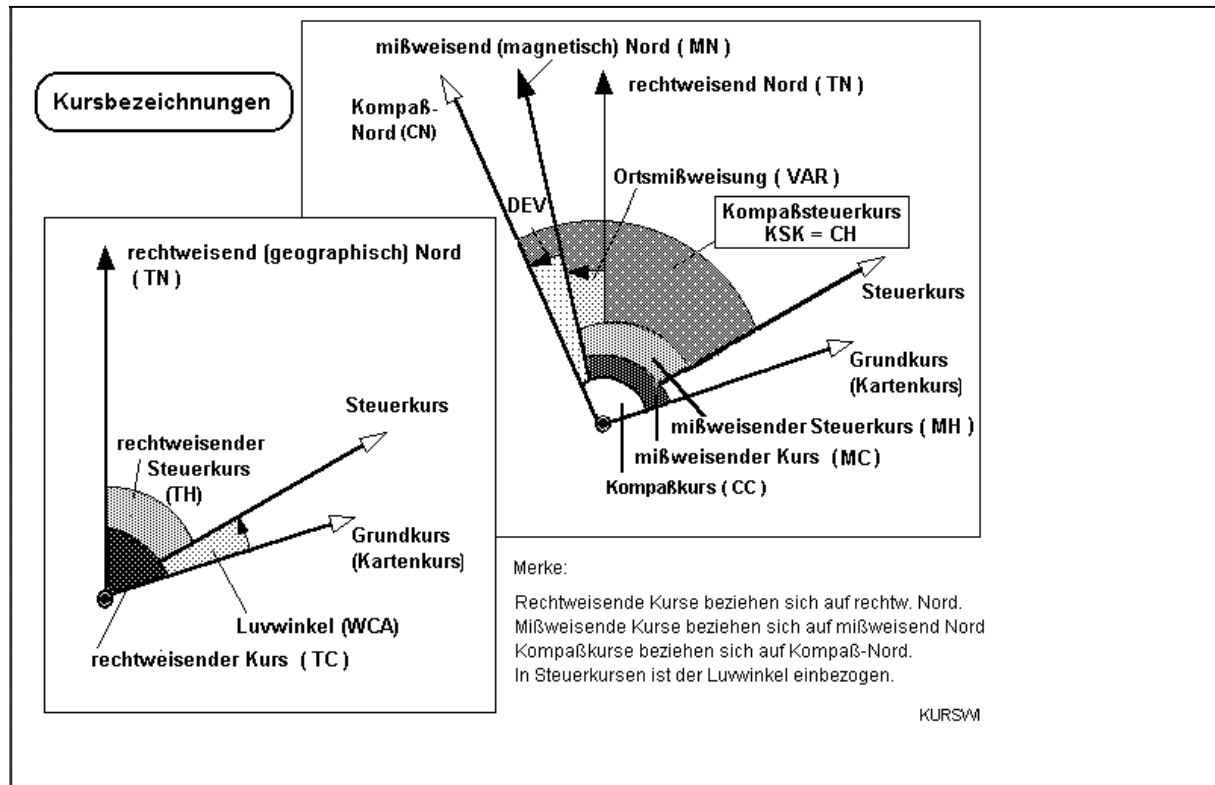
Mißweisende Kurse beziehen sich auf Kompaß-Nord (VAR enthalten).

Kompaßkurse beziehen sich auf Kompaß-Nord (VAR und DEV enthalten).

In den Steuerkursen ist der Luvwinkel enthalten.

Kursschema

TC	rwK
+ - WCA	+ - L
TH	rwSK
- VAR	- Mw
MH	mwSK
- DEV	- DEV
CH	KSK



Navigationsarten

In der Privatfliegerei werden folgende Navigationsarten meist in Kombination angewandt:

- Sichtnavigation = terrestrische Navigation:
 Navigation nach markanten Geländemerkmale
 vorwiegend am Tage
 vorwiegend bei gutem Wetter (Mindestsicht usw.)
- Koppelnavigation:
 rechnerische Standortermittlung aus Fluggeschwindigkeit und Flugrichtung, Zeit und Windeinfluss
- Funknavigation = Radionavigation:
 Ermittlung von Standort und Flugweg durch bordseitige und bodenseitige Peilungen
 Voraussetzungen sind Funknavigationseräte wie VOR oder ADF sowie Funknavigationskarten und ein Funksprechgerät.
- Satellitennavigation (GPS=Global Positioning System):
 Exakte Positions- und Flugwegberechnungen über ein weltweit benutzbares Satellitensystem

Maximum Elevation Figure

In den ICAO-Karten 1:500.000 sind zweistellige Zifferncodes in roter Farbe eingedruckt, welche einen Überblick über die Geländehöhen geben. Die erste große Zahl steht für volle tausend Fuß, die zweite kleinere für volle hundert Fuß bezogen auf MSL.

Die derart bezeichnete Höhe bezieht sich auf ein Rechteck mit 30 Breitenminuten auf 30 Längenminuten. Je nachdem, ob in diesem Gebiet eine Geländeerhebung oder ein Hindernis als größte Höhe auftritt, berechnet sich die Maximum Elevation Figure:

Ein Geländepunkt ist die größte Höhe in dem Bestimmungsrechteck:

Höhe in ft + 328ft (100m) für angenommenes Hindernis + 30ft Sicherheitsreserve, diese Summe gerundet auf volle 100 ft.

Beispiel: Geländehöhe 2850ft + 328ft + 30ft = 3208ft, gerundet 3300ft

====> Maximum Elevation Figure = 33

Ein Hindernis, befeuert oder unbefeuert, ist die größte Höhe im Bestimmungsrechteck:

Höhe in ft + 60ft Sicherheitsreserve, diese Summe gerundet auf volle 100ft.

Beispiel: Hindernishöhe 2850ft + 60ft= 2910ft, gerundet 3000ft

====> Maximum Elevation Figure = 30

Die größere Maximum Elevation Figure wird auf der Karte dargestellt.

Q-Gruppen (Peilungen)

QDM: missweisende Peilung zum Peiler, der Winkel zwischen Magnetisch Nord und der geraden Anfluglinie zum Peiler.

QDR: missweisende Peilung vom Peiler (beim VOR als Radial bezeichnet), der Winkel zwischen Magnetisch Nord und der geraden Abfluglinie vom Peiler weg.

QTE: rechtweisende Peilung vom Peiler (Standlinie, Line Of Position), der Winkel zwischen Geographisch Nord (TN = True North), also einem Meridian und der Richtung vom Peiler weg.

QUJ: rechtweisende Peilung zum Peiler (wird so gut wie nie verwendet), Bezugsrichtung Geographisch Nord

QTE

QTE ist die rechtweisende Standlinie (LOP=line of position) von einer Station weg und kann zur Positionsbestimmung direkt in die Karte eingezeichnet werden, wenn als Bezugslinie ein Meridian verwendet wird.

QDR

Das QDR ist der Umkehrkurs zum QDM , also die missweisende Richtung von der Station weg. Es gilt:

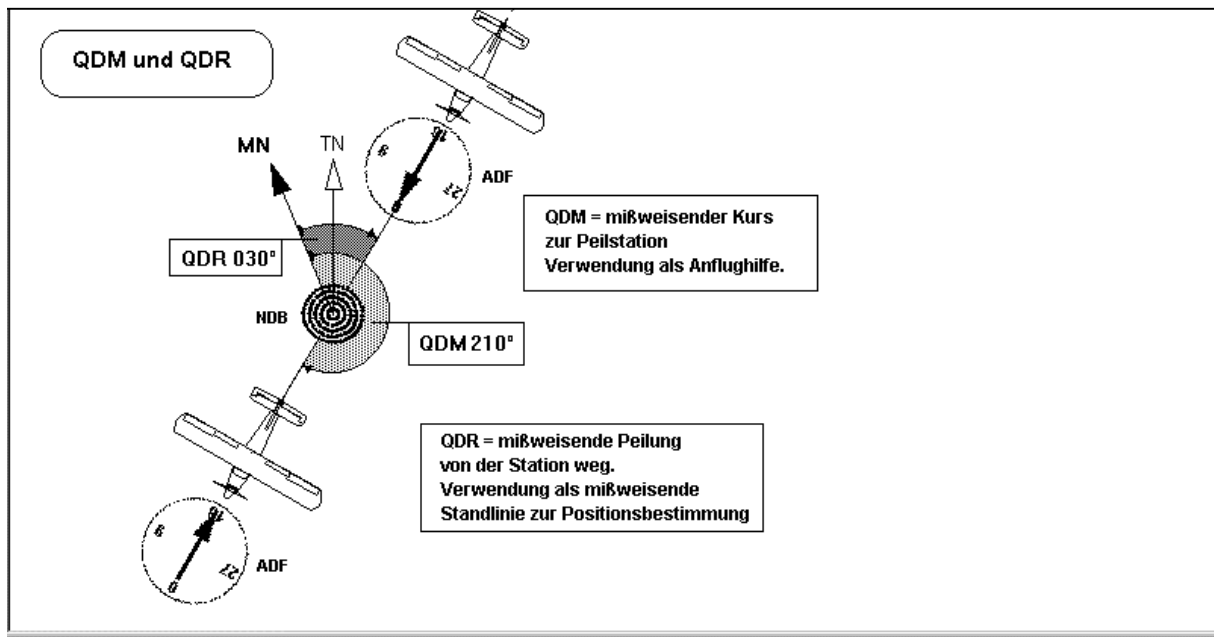
$QDM + 180^\circ = QDR$ bzw.

$QDM - 180^\circ = QDR$

und

$QDR + 180^\circ = QDM$ bzw.

$QDR - 180^\circ = QDM$



UKW-Peilstation (VDF)

Flugplätze, die über einen VDF-Peiler verfügen, sind in der ICAO-Karte dadurch gekennzeichnet, dass die Frequenzangabe, auf der der Peiler arbeitet, unterstrichen ist.

Man ruft den Peiler auf der angegebenen Frequenz und erbittet ein QDM. Über Sprechfunk wird man aufgefordert, einige Sekunden die Sendetaste zu drücken. Auf der Kompassrose der Bodenstation erscheint ein Signal, so dass sofort das QDM über Sprechfunk an die rufende Luftfunkstelle übermittelt werden kann.

Diese Art der Peilung ist Fremdpeilung, da das QDM von der Bodenstation ermittelt wird.

Höhencodierte Transponder

In der Stellung ALT gibt der Transponder mit dem Antwortimpuls einen Code für die momentane Höhe ab.

Voraussetzung ist, dass die Transponder-Bordanlage über einen Höhenmesser verfügt, der dem Transponder die verschlüsselte Höhe in Form eines elektrischen Signals liefert.

Je nach Typ des Encoding Altimeter bezieht sich der Höhenwert auf den Standardluftdruck 1013,2 hPa oder auf einen eingestellten QNH-Wert.

ADF-Empfangsanlage

Der ADF-Empfänger wird über ein Antennensystem gespeist, das aus folgenden Komponenten besteht: einer Peilantenne (Rahmenantenne=Loop), einer sog. Sense-Antenne und einer Korrekturereinheit zur Bestimmung des richtigen Quadranten, aus dem das Signal kommt.

Der Radiokompass (ADF, automatic direction finder)

Das ADF ist ein Funknavigationsempfänger, der im Mittel- und Langwellenbereich arbeitet und auf Sender eingestellt werden kann, die im Bereich von 190 bis 1750 kHz arbeiten.

Jede NDB-Station kann als Pol betrachtet werden, auf den sich die Anzeige des bordseitigen ADF bezieht. Die Anzeige des ADF ist abhängig von der Lage der Flugzeuglängsachse zum Sender.

Die Spitze der Nadel richtet sich nach oben (000°) aus, wenn die Längsachse des Flugzeugs auf das NDB zeigt. Liegt der Sender exakt hinter dem Flugzeug, dann zeigt die Nadel nach unten (180°).

Die Genauigkeit der ADF-Anzeige liegt im Bereich von $\pm 6^\circ$.

ADF-Bedienungsgerät

Der Betriebsartenschalter weist in der Regel vier Stellungen auf:

OFF: Gerät ausgeschaltet

ADF: Gerät läuft als Radiokompass

ANT oder REC: Teststellung zum Prüfen der Anzeige, Empfang nur über die Sense-Antenne, nicht über die Peilantenne

BFO oder CW: Schaltung zum Abhören unmodulierter Kennungen

Manche Geräte verfügen noch über eine zusätzliche Taste (TEST), mit der die Funktion der Peileinrichtung überprüft werden kann. Die Nadel des Anzeigegeräts wandert in diesem Fall auf 090° aus.

Der anzupeilende Sender wird über die Frequenzwahlschalter eingestellt. In der Anzeige des Bediengeräts erscheint eine Zahl, welche die Frequenz in Kilohertz anzeigt.

Anfliegen eines NDB bei Seitenwind

Die Nadel eines ADF-Anzeigegeräts zeigt immer zum Sender (NDB oder Rundfunkstation).

Fliegt man ein NDB an, dann steht die Nadelspitze exakt oben (Null-Lage). Ohne Windeinfluss kommt man dann mit gleichbleibendem Kurs zum Sender.

Will man bei Seitenwind ein NDB auf gerader Linie anfliegen, dann muss mit einem bestimmten Winkel gegen den Wind vorgehalten werden. Die Nadel des ADF schlägt dann nach links (Wind von rechts) bzw. nach rechts (Wind von links) aus. Der Luvwinkel lässt sich als Differenz zur Null-Lage ablesen.

Hält man bei Seitenwind nicht vor (sog. Homing -Anflug) und folgt nur der ADF-Nadel, dann ergibt sich eine leewärts gebogene Anfluglinie (Hundekurve).

NDB-Anlagen

NDB sind ungerichtete Funkfeuer (non directional beacon), die im Mittel- und Langwellenbereich senden. In der BRD liegen die Sendefrequenzen im Bereich von 200 bis 526,5 kHz.

NDB-Funkfeuer werden zur Streckennavigation verwendet, dienen aber vor allem als Positionsmarken für die Landeanflüge, sowie zur Markierung besonderer Navigationspunkte.

Je nach Sendeleistung erzielt man Reichweiten im Bereich von 25 bis 100 NM.

Zur eindeutigen Identifizierung einer solchen Funknavigationshilfe ist jedem Sender eine Kennung zugeordnet, die meist aus drei Buchstaben besteht. Diese Kennung wird im Morsecode mit der Trägerwelle abgestrahlt. Wird die Kennung auf die Trägerwelle aufgeprägt, dann geschieht das mit einer Frequenz von ca. 1020 Hz, also im hörbaren Bereich.

Um Peilungen mit Hilfe von NDB-Stationen vornehmen zu können, ist als Bordgerät ein ADF notwendig.

Modulationsarten

In der Luftfahrt werden folgende Modulationsarten für Navigationsanlagen unterschieden:

A0/A1 Unmoduliert getastete Trägerwelle (im Morsecode der Kennung unterbrochene Ausstrahlung)

A0/A2 Kennung auf Trägerwelle in Amplitudenmodulation

A2 Amplitudenmodulation auf nicht unterbrochenem Träger (Tonmodulation, VOR-Kennung)

A3 Sprache auf Träger als Amplitudenmodulation (VHF-Sprechfunk, NDB-Aufsprache)

A9 komplexe Amplitudenmodulation von Ton und Sprache (ATIS-Aufsprache auf VOR-Sender)

Boden- und Raumwellen

Elektromagnetische Wellen breiten sich nicht nur als Raumwellen, sondern auch entlang der Erdoberfläche aus, wenn sie eine bestimmte Frequenz (etwa 30MHz) nicht überschreiten.

Vorteil: Solche Bodenwellen können der Erdkrümmung folgen. Der Empfang eines solchen Senders ist nicht auf die quasi-optische Reichweite (etwa Sichtweite) beschränkt.

Bodenwellen werden praktisch nur unterhalb des UKW-Bereichs gebildet. Deswegen können Sender, die im Frequenzbereich des ADF liegen, auch noch in größerer Entfernung in Bodennähe empfangen werden, während VOR -Signale auf etwa Sichtweite beschränkt sind.

NDB-Modulationen

Die meisten NDB -Anlagen arbeiten mit einer A0/A2-Modulation, mit der die Kennung der Station im Morsecode abgestrahlt wird. Ein ADF- Empfänger macht diese Kennung ohne weiteres hörbar, wenn der Lautstärkeregel aufgedreht wird.

Einige ältere NDBs senden dagegen unmoduliert. Zur Identifikation des Senders wird aber die Abstrahlung im Morsecode unterbrochen. Um die Kennung abzuhören, muss jedoch das ADF in die Betriebsart BFO geschaltet werden.

VOR-Kennung und -Aufsprachen

Einige VOR-Stationen strahlen Start- und Landeinformationen für den betreffenden Flughafen auf der VOR-Frequenz aus.

Diese Sendart, die Tonmodulation (für die Kennung) und Sprachmodulation (für die Aufsprache) kombiniert, wird mit A9 bezeichnet.

Die Aufsprache ist zu hören, wenn das Empfangsgerät in die Betriebsart VOICE geschaltet ist, während die Kennung mit der Schalterstellung IDENT abgehört

VHF(UKW)-Geräte in der Luftfahrt

Für den normalen Funksprechverkehr werden UKW-Geräte verwendet, die im Frequenzbereich von 118,000 MHz bis 137,000 MHz arbeiten.

In diesem Band arbeiten auch die Sichtfunkpeiler (VDF).

Die VOR - und Localizer-Geräte arbeiten im Bereich von 108,000 MHz bis 117,975 MHz bzw. 108,1 MHz bis 111,9 MHz, also unterhalb des UKW-Sprechfunkbereichs, aber oberhalb des Rundfunkbereichs, dessen ungerichtete Sendungen ohnehin von VOR-Empfängern nicht verwertet werden können.

Einschalten von Funkgeräten

Funkgeräte werden immer erst nach dem Anlassen des Triebwerks eingeschaltet, um sie vor Beschädigung durch eventuelle Spannungsspitzen zu schützen, die bei der Betätigung des Anlassers auftreten können.

Gut ausgestattete Flugzeuge besitzen eigens für die Avionik (Sprechfunk- und Funknavigationsgeräte) einen eigenen Hauptschalter, der dem Bordnetz-Hauptschalter untergeordnet ist, mit der die gesamte Radioanlage ein- und ausgeschaltet werden kann.

UKW(VHF)-Empfang

Auf Grund der Erdkrümmung können Funksignale im UKW(VHF)-Bereich nur empfangen werden, wenn die Empfangsantenne in etwa auf der Sichtlinie zum Sender liegt.

Mit Hilfe einer Faustformel lässt sich diese quasi-optische Reichweite schnell ermitteln:

Reichweite(in NM) = 1,25 x Wurzel aus Flughöhe(in ft)

Beispiel: Flughöhe 6000ft NN, VOR auf 1000ft NN, Höhe über dem VOR: 5000 ft.

====> Theoretische Reichweite R:

$$R = (1,25 \times \text{Wurzel aus } 5000) \text{ NM} = \text{ca. } 88 \text{ NM}$$

Anzeige des RBI (Relative Bearing Indicator)

Die Nadel des ADF zeigt den Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse, also der Steuerkurslinie, und der Richtung zum eingestellten NDB-Sender an.

Dieser Winkel wird Relative Peilung (RB = Relative Bearing) genannt.

Regel: QDM = MH + RB

Berechnen eines Anflugkurses

Aus dem Steuerkurs (Heading) und der Relativen Peilung (Relative Bearing=RB) lässt sich der Anflugkurs errechnen:

Es gilt:

Anflugkurs = Steuerkurs + Relative Peilung

Für missweisende Kurse also:

QDM = Magnetic Heading + Relative Bearing (QDM = Missweisender Steuerkurs + Relative Peilung)

Beispiel:

MH = 320°; RB = 10° (Nadel des ADF 10° rechts);

====> QDM = 320° + 10° = 330°

Homing

Unter Homing versteht man das Anfliegen (wörtlich übersetzt Heimfliegen) einer Sendestation mit der aktuellen Peilung, also ohne Berücksichtigung des Windes.

Meist geschieht dieses Homing mit ADF -Hilfe, indem man einfach die Nadel des RBI-Indicators auf Null hält. Ohne Windeinfluss gelangt man auch direkt zum Sender. Bei Seitenwind jedoch ergibt sich eine gekrümmte Kurslinie (Hundekurve), die vom Wind "eingebeult" erscheint.

Schlägt die ADF-Nadel beim Homing nach rechts aus, dann kommt auch der Wind von rechts.

Beispiel:

Beim Homing-Anflug mit einem MH von 180° wandert die Nadel nach rechts aus. Es muss also nach rechts korrigiert werden, um wieder die Richtung zur Peilstation einzunehmen. Der Wind kommt also von rechts. In diesem Fall hat er eine westliche Komponente.

ADF-Anzeige bei einem MDI

Beim ADF mit verstellbarer Kursskala dreht man die Kompassrose so von Hand, dass der missweisende Steuerkurs (magnetic heading, MH) oben unter der dreieckigen Marke steht. Diesen MDI (moving dial indicator) erkennt man an der Rändelschraube mit der Aufschrift HDG (Heading).

Stimmt der eingestellte mwSK (MH), dann zeigt die Spitze der ADF-Nadel an der 360°-Skala das QDM an. Das Ende der Nadel zeigt auf der 360°-Skala das QDR, die missweisende Standlinie an. Korrigiert man sie um die Missweisung, dann erhält man die rechtweisende Standlinie, das QTE .

Beispiel:

Nadelende auf 240°, VAR=3°W,

MH unter der Kursmarke;

====> QDR = 240°;

QTE = 240° - 3° = 237°

VOR-Anzeige in der Nähe des Senders

Beim Anflug zu einem VOR-Sender oder beim Abflug von einem VOR-Sender steht der Ablagezeiger (CDI) normalerweise in der Mitte und der mit dem OBS eingestellte Bezugskurs entspricht dem missweisenden Steuerkurs (MH).

Je kleiner die Entfernung zur VOR-Bodenstation ist, desto empfindlicher reagiert der Ablagezeiger, weil der Abstand zwischen zwei benachbarten Radials um so kleiner ist, je näher man sich am Sender befindet.

In unmittelbarer Umgebung über dem Sender wird die Anzeige zunächst ungenau und später unbrauchbar. Das liegt an der Charakteristik der Sende-Antennen, die keine Abstrahlung nach oben vorsieht. Es entsteht daher eine kegelförmige Zone, in der keine VOR-Signale empfangen werden können (cone of silence = "Schweigekegel").

Ermittlung des momentanen Radials

Der VOR-Radial, auf dem man sich momentan mit seinem Luftfahrzeug befindet, lässt sich schnell bestimmen, indem man durch langsames Drehen am OBS den Kursablagezeiger (CDI) in die Mitte des Anzeigegeräts führt. Zwei Fälle müssen nun auseinandergehalten werden:

- 1) Erscheint die FROM-Flagge, dann muss der Radial am oberen Ende der Anzeigenadel (CDI) abgelesen werden.
- 2) Erscheint die TO-Flagge, dann kann man den Radial am unteren Nadelende ablesen.

Anschneiden eines VOR-Radials

Ist z.B. auf dem VOR die Bezugseinstellung Nord=000 mit dem OBS eingestellt worden und erscheint die TO-Flagge, dann fliegt man bei Windstille das VOR auch mit einem missweisenden Steuerkurs von 000° an, wenn der Ablagezeiger in der Mitte steht.

Liegt der CDI (Ablagezeiger) jedoch links der Mitte, dann liegt auch die Anfluglinie links von der momentanen Position. Um das VOR mit Nordkurs anfliegen zu können, muss man also solange nach links fliegen, bis man auf die eingestellte Anfluglinie kommt.

In der Praxis schneidet man je nach Größe der CDI-Ablage und Entfernung vom VOR den eingestellten Anflugkurs mit einem Winkel von 30 bis maximal 90° an. In unserem Beispiel müsste man also vom Nordkurs nach links abweichen und vielleicht mit einem missweisenden Kurs von 330° (der Anschneidewinkel wäre dann 30°) solange fliegen, bis der Ablagezeiger in die Mitte läuft. Jetzt kann man mit Nordkurs das VOR anfliegen. Eventueller Seitenwind ist mit einem Luvwinkel zu korrigieren.

Anzeigen am RMI

Direkt ablesbar am RMI (und am MDI) sind missweisende Kurse, also QDM und QDR. Die Spitze der Anzeigenadel weist immer in Richtung auf die eingestellte Bodenstation.

QDM ist an den Nadelspitzen als Anflugkurs direkt ablesbar.

QDR ist als Abflugkurs an den Nadelenden direkt ablesbar.

Eselsbrücke: Bei den VOR-Anzeigen denkt man sich die Spitze der Nadel als TO-Flagge.

VOR-Anzeigegerät

Das VOR -Anzeigegerät hat eine drehbare Kompassrose, mit deren Hilfe ein bestimmter Radial vorgewählt werden kann. Mit dem Kurswähler (OBS=omni bearing selector) stellt man den gewünschten Radial an die Einstellmarke. Eine nach rechts und links bewegliche Nadel (CDI=Course Deviation Indicator) zeigt die Ablage vom eingestellten Radial in Grad. Jeder Punkt (dot) entspricht einer Abweichung von 2°. Bei Vollausschlag der Nadel liegt die Abweichung über 10°, da nicht mehr als 5 Punkte (dots) markiert sind.

Ablage vom Radial:

Eine NAV- oder OFF-Flagge erscheint, wenn keine ausreichenden Empfangsbedingungen gegeben sind.

Die TO/FROM-Flagge gibt an, ob die Bezugseinstellung zum VOR oder weg von ihm führt.

