



Das folgende Skript stammt von der Seite www.PilotUndRecht.de, die Seite vom Verfasser des Buches [Luftrecht und Flugfunk](#)

Einige Formeln für die Luftfahrt und andere wichtige Dinge unter besonderer Berücksichtigung der CVFR-Berechtigung

Das Nachstehende soll lediglich zur Wiederholung und Erinnerung dienen – etwa kurz vor der theoretischen oder praktischen Prüfung. Die Lektüre genügt nicht (!) zum Erlernen der jeweiligen Thematik.

Anfänger sollten sich nicht abschrecken lassen. Vieles kann man ohne weitere Erklärung nicht verstehen. Aber das lernt man alles mit der Zeit.

Inhaltsverzeichnis

Umrechnungen

1. [Km - NM](#)
2. [Kts - Km](#)
3. [m - ft](#)
4. [m/s - ft/min](#)
5. [°C - °F](#)

Stationsan-/abflüge

6. [Luwwinkel berechnen, um beim Anflug auf eine Station auf den Soll-Radial zurückzukommen](#)
7. [Vorhaltewinkel zur Einhaltung des Sollkurses nach Rückkehr auf den vorgegebenen Radial](#)
8. [Stationsüberflug](#)

Entfernungen zur Station

9. [90°-Methode](#)
10. [30°-Methode](#)
11. [45°-Methode](#)
12. [Berechnung der räumlichen Entfernung](#)

Flugbetrieb

1. [Reichweite eines VOR](#)
2. [Querneigung beim Standardkreises ermitteln](#)
3. [Die 1-to-60-Regel](#)
4. [Abweichungen des Kurskreises](#)
5. [Transpondereinstellungen](#)
6. [Sinkflug einleiten](#)
7. [\(Seiten-\)Wind beim Landeanflug](#)

Wetter usw.

1. [Fahrtmesser](#)
2. [Startstreckenerhöhung](#)
3. [Bestimmung der Wolkenuntergrenze](#)
4. [Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit aus dem Spread oder umgekehrt](#)
5. [Barometrische Höhenstufe](#)
6. [Dichtehöhe](#)

Segelflug

1. [Schleppgeschwindigkeit](#)

Merksätze und Eselsbrücken in der Luftfahrt

1. [Kompaßdrehfehler kompensieren](#)
2. [Beschleunigungsfehler des Magnetkompasses](#)
3. [Halbkreisflugregeln](#)
4. [Vom Hoch ins Tief](#)
5. [Vom Warm ins Kalt](#)
6. [Vom wahren zum falschen Kurs](#)
7. [QDM = MH + RB](#)
8. [Hear more – stear more](#)
9. [Höhe](#)
10. [Funkverkehr mit Bodenstellen](#)
11. [Sonstiges](#)

1. Umrechnung Km – NM

Die Nautische Meile (NM) ist der 60te Teil (eine Bogenminute) des Abstands zweier Meridiane am Äquator. Da dieser Abstand 111,11 km beträgt entspricht die NM 1,852 km.

	Km in NM umrechnen	NM in Km umrechnen
Faustformel:	$\text{Km} : 2 + 10\% = \text{NM}$	$\text{NM} * 2 - 10\% = \text{Km}$
Beispiel:	$3 \text{ Km} : 2 = 1,5$ $1,5 + 0,15 = 1,65 \text{ NM}$	$3 \text{ NM} * 2 = 6$ $6 - 0,6 = 5,4 \text{ Km}$

[... zurück zum Seitenanfang](#)

2. Umrechnung Kts - Km/h

Entspricht der Formel für Umrechnung Km - NM

	km/h in Knoten umrechnen	Knoten in km/h umrechnen
Faustformel:	$\text{Km/h} : 2 + 10\% = \text{kts}$	$\text{kts} * 2 - 10\% = \text{Km/h}$
Beispiel:	$140 \text{ Km/h} : 2 = 70$ $70 + 7 = 77 \text{ kts}$	$65 \text{ kts} * 2 = 130$ $130 - 13 = 117 \text{ Km/h}$

[... zurück zum Seitenanfang](#)

3. Umrechnung m – ft

	Meter in Fuß umrechnen	Fuß in Meter umrechnen
Faustformel:	$\text{m} * 3 + 10\% = \text{ft}$	$\text{ft} : 3 - 10\% = \text{m}$
Beispiel:	$1.000 \text{ m} * 3 = 3000$ $3000 + 300 = 3.300 \text{ ft}$	$1.000 \text{ ft} : 3 = 333$ $333 - 33,3 = 300 \text{ m}$

oder

	Meter in Fuß umrechnen	Fuß in Meter umrechnen
Faustformel:	$m / 3 * 10 = ft$	$ft / 10 * 3 = m$
Beispiel:	$1.000 m * 3 = 330$ $330 * 10 = 3.300 ft$	$1.000 ft / 10 = 100$ $100 * 3 = 300 m$

[... zurück zum Seitenanfang](#)

4. Umrechnung m/s – ft/min

	m/s in Ft/min umrechnen	Ft/min in m/s umrechnen
Faustformel:	$m/s * 200 = ft/min$	$ft/min : 200 = m/s$
Beispiel:	$3 m/s = 600 ft/min$	$1000 ft/min = 5 m/s$

[... zurück zum Seitenanfang](#)

5. Umrechnung °C in °F

Die Fahrenheit-Skala wird überwiegend im angelsächsischen Sprachraum verwendet. Dort hergestellte Temperaturmesser sind mit dieser Skala geeicht. Nähere Informationen und einen Online-Umrechner finden Sie [hier](#)

	°F in °C umrechnen	°C in °F umrechnen
Formel:	$°C = 5/9 * (°F - 32°)$	$°F = (9/5 * °C) + 32°$

Beispiel:	68° Fahrenheit sind $5/9 * (68 \text{ °F} - 32 \text{ °}) =$ $5/9 * 36 = 20 \text{ °Celsius}$	35° Celsius sind $(9/5 * 35 \text{ °C}) + 32 =$ $(9 * 7) + 32 = 94 \text{ °Fahrenheit}$
------------------	---	---

[... zurück zum Seitenanfang](#)

6. Luvwinkel (Wind Correction Angle – WCA) berechnen, um beim Anflug auf eine Station auf den Soll-Radial zurückzukommen:

Dem Flugzeugführer wird vorgegeben, ein Funkfeuer auf dem Radial 160 anzufliegen. Er ermittelt, daß die Dauer des Fluges zur Station 12 Minuten sein wird. Nach 4 Minuten befindet sich das Flugzeug auf Radial 155. Um wieviel Grad muß er den Luvwinkel korrigieren?

Faustformel:	Verhältnis aus Restflugzeit und Versetzungsdauer mal Peilsprung
Genauer:	$WCA = \text{Restzeit zur Station (min)} / \text{Dauer der Versetzung (min)} * \text{Peilsprung}$
Beispiel (s.o.):	$8 / 4 * 5 = 10^\circ$
Ergebnis:	Da der Wind offensichtlich von links kommt (kleineres Radial!), muß das Heading somit um 10° reduziert werden.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

7. Vorhaltewinkel zur Einhaltung des Sollkurses nach Rückkehr auf den vorgegebenen Radial

Keht man beim Anfliegen einer Station bzw. beim Abfliegen von einer Station nach Feststellen eines Peilsprungs auf den ursprünglichen Sollkurs zurück, dann ist der Luvwinkel nach folgenden Faustregeln zu ermitteln:

- ✚ einhalbfacher Peilsprung, wenn die Zeit der Versetzung kürzer als die Hälfte (etwa ein Drittel) der Gesamtzeit zur Station beträgt.
- ✚ einfacher Peilsprung bei etwa halber Flugzeit.
- ✚ halber Peilsprung, wenn nur noch etwa ein Drittel der Gesamtflugzeit zum Peiler benötigt wird.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

8. Stationsüberflug

Ein **Stationsüberflug** (NDB oder VOR) geschieht in folgenden Schritten:

- Kommt man in die cone of silence oder cone of confusion, so wartet man einen Moment und dreht dann mit einer Standardkurve auf den neuen Kurs.
- Liegt der neue Kurs an, so wird die Stopuhr gedrückt.
- Jetzt fliegt man 30 sek. lang den neuen Kurs und stellt während dieser Zeit das neue (outbound-)Radial ein. Man fliegt also 30 sek. parallel zum eingestellten Radial.
- Dann schneidet man das eingestellte Radial mit 30° an.

Beispiel:

- Anflug auf die Station mit 360° (auf Radial 180)
- Überflug und Eindrehen auf Kurs 45°
- Drücken der Stopuhr und Fliegen mit 45° (parallel zum R045)
- Einstellen R045 auf VOR. 30 Sekunden lang Kurs 75° fliegen bis Radial 045 erreicht ist. Kurz vorher erneut 45°-Kurs eindrehen.

Der Überflug über ein NDB erfolgt im Prinzip gleich, nur das hier nicht R045, sondern das Interception-Heading (im Beispiel als 75°) eingedreht werden muß

[... zurück zum Seitenanfang](#)

9. 90°-Methode (Pilot will die Flugzeit zur Station ermitteln)

- Zunächst Kompaßkurs so ändern, daß ein RB von 80° oder 100° bzw. 260° oder 280° angezeigt wird.
- Dann Kurs und Geschwindigkeit beibehalten, bis sich RB auf 85°, 95° bzw. 265°, 275° ändert
- Zeit nehmen bis RB auf 95°, 85° bzw. 275°, 265° steht.
- Formel anwenden: Abstand zur Station in Min = gestoppte Zeit (sek) / Peilsprung

Beispiel:

Kurs ist 50° (MH). Angezeigtes RB ist 345°. Flugzeug dreht (nach rechts) vom Kurs ab, bis RB von 280° angezeigt wird. Kurs und Geschwindigkeit (bspw. 140 km/h) halten bis Radiokompaß RB 275° zeigt. Jetzt Zeit bis zum Erreichen des RB 265° nehmen (in Sekunden). Beispiel: 150 Sekunden.

Ergebnis: Flugzeug ist $(150 / 10 =)$ 15 Minuten von der Station entfernt.

ggf. Entfernungszeit umrechnen in Entfernungsstrecke

Im Beispiel beträgt die Entfernung also 35 km (wenn $v = 140$ km/h).

[... zurück zum Seitenanfang](#)

10. Die 30°-Methode (Pilot will die Flugzeit zur Station ermitteln)

- Stehende Peilung erfliegen
- Steuerkurs um 30° nach links oder recht ändern (beim ADF werden logischerweise immer 30° oder 330° Relative Bearing angezeigt)
- Nach Ausleiten der Kurve auf neuem Kurs Zeit nehmen
- Mit gleichem Kurs und gleichbleibender Geschwindigkeit weiterfliegen
- Zeit nehmen, wenn Peilung mindestens $\pm 5^\circ$ (empfohlen $\pm 10^\circ$) weiter gewandert ist.
- Formel anwenden: Abstand zur Station (min) = gestoppte Zeit (sek) / 2 * Peilsprung

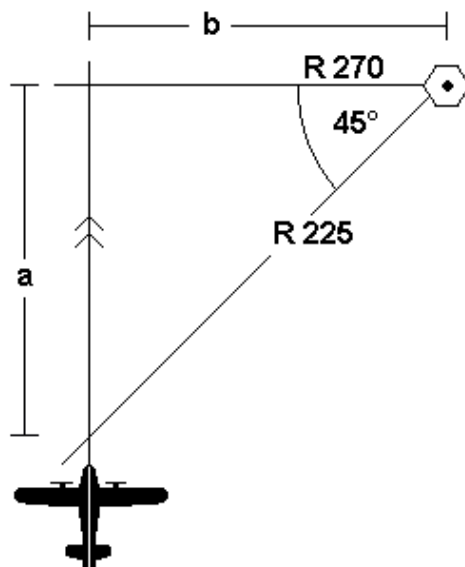
120 Sekunden Flugzeit für einen Peilsprung von 10° ergibt $[120 / (2 * 10) =]$ 6 Minuten. Daraus folgt bei 150 km/h eine Entfernung zur Station von 15 Km.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

11. 45°-Methode (Pilot will die Flugzeit zur Station ermitteln)

Beruhet auf der Tatsache, daß in einem Dreieck die beiden Katheten gleich lang sind, wenn zwei Winkel 45° betragen.

- Radial $\pm 135^\circ$ vom Kurs eindrehen (also bspw. bei Nordkurs R135 oder R225, vgl. Bild). Liegt die Station rechts der Kurslinie -225° , links der Kurslinie $+135^\circ$
- Zeit nehmen, sobald Flugzeug auf diesem Radial ist (Nadel des VOR-Anzeigers steht in der Mitte)
- Radial um $\pm 45^\circ$ verändern (bei Nordkurs also R090 oder R270 einstellen, vgl. Bild). Liegt die Station rechts der Kurslinie $+45^\circ$, links der Kurslinie -45°
- Kurs und Geschwindigkeit beibehalten
- Erneut Zeit nehmen wenn neu eingestelltes Radial erreicht ist



Zeitdifferenz entspricht der Entfernung zur Station. Hat man 90 Sekunden bei 150 km/h gestoppt, so ist man 90 Sekunden, also 3,75 km von der Station entfernt.

Beispiel:

mwK ist 325°. Station liegt links voraus. Einzustellen ist $(325^\circ + 135^\circ = 460^\circ =)$ R100. Beim Überflug des Radials wird die Stopuhr eingestellt und danach ein um 45° kleineres Radial eingestellt, also Radial 55. Sobald dieses Radial erreicht wird, kennt man die (zeitmäßige) Entfernung zur Station.

Die 45°-Methode ist sehr umständlich beschrieben. Besser ist es, man überlegt sich zunächst, welchen Radial man mit seiner Kurslinie senkrecht schneiden wird. Fliegt man mit 330° nördlich an der Station vorbei, so wäre das R060. Dann überlegt man sich, welche Radiale man vorher überfliegt. Dazu erhöht man R060 um 45° und erhält also R105°.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

12. Berechnung der räumlichen Entfernung

Nachdem man die Flugzeit zu einer Station mit der 30°-, 45°- oder 90°-Methode errechnet hat, kann man die Entfernung aus der Fluggeschwindigkeit TAS und der festgestellten Flugzeit ermitteln:

Entfernung (NM) = Geschwindigkeit (kt) * Zeit (Minuten) / 60

Folgende Eckdaten sollte man im Kopf haben:

Bei TAS=60 kt legt man 1 NM pro Minute zurück, bei 120 kt sind es 2 NM pro Minute, bei 90 kt 1,5 NM usw.

Ist das Flugzeug mit einem **DME (Distance measuring equipment)** ausgestattet, so kann die Entfernung zu einem voreingestellten VOR/DME vom DME angezeigt werden.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

F1. Reichweite eines VOR

Reichweiten bis zu 200 NM sind möglich.

$$\text{Reichweite (in NM)} = 1,25 * \sqrt{\text{Flughöhe (ft)}}$$

Beispiel: Bei einer Flughöhe 2025 ft beträgt die Reichweite des VOR $(1,25 * 45 =)$ 56,25 NM.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

F2. Berechnen eines Standardkreises

Bei einem Standardkreis beträgt die Drehgeschwindigkeit 3° pro Sekunde. Das heißt, ein Vollkreis (360°) dauert genau 2 Minuten, eine 90° -Kurve dauert 30 Sekunden usw. Die Faustformel zur Ermittlung der Querneigung, die das Flugzeug für den Flug eines Standardkreises einnehmen muß, lautet:

$$\text{TAS(kn)} : 10 + 7$$

Beispiel: Geschwindigkeit ist 100 kn. Querneigung des Standardkreises ist gesucht:

$$100 \text{ kn} : 10 + 7 = 17^\circ$$

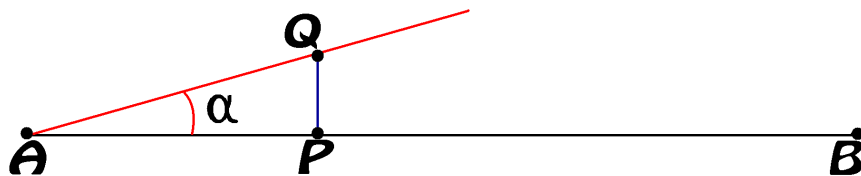
Die Querneigung muß also 17° betragen.

Anmerkung: Wichtig ist, daß man die richtige Maßeinheit (Knoten) kennt. Die entsprechende Frage in der Prüfung stellt genau darauf ab. Daß Punktrechnung vor Strichrechnung geht, sollte keiner gesonderten Betonung bedürfen.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

F3. Die 1-to-60-Regel

ermittelt einen Abweichungswinkel und basiert auf dem Umstand, daß der Tangens von α ungefähr $\alpha / 60$ beträgt, jedenfalls solange α kleiner als 15° ist. Auch der Sinus von α ist $\alpha / 60$, solange α kleiner als 35° ist.



Gewollte Kursstrecke ist A – B.

Tatsächlich geflogener Kurs ist A – Q.

Das Dreieck A-P-Q ist rechtwinklig. Winkel α kann man mit Hilfe der Formel

$$\tan(\alpha) = \text{Gegenkathete durch Ankathete}$$

ermitteln. Ersetzt man $\tan(\alpha)$ durch $\alpha / 60$, so erhält man die Formel

$\alpha / 60 = \text{Gegenkathete} / \text{Ankathete}$ | auf beiden Seiten multipliziert mit 60 ergibt:

$\alpha = \text{Gegenkathete} / \text{Ankathete} * 60$ | oder für die Berechnung der Korrekturwinkels

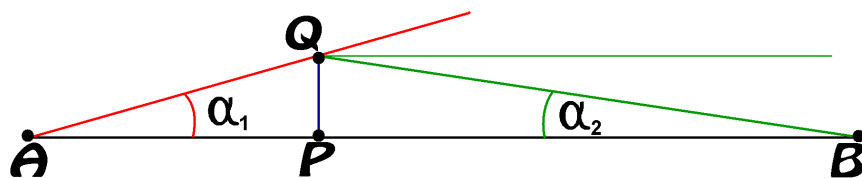
$\alpha = 60 * \text{Querablage} / \text{Teilstrecke}$

Beispiel:

Auf einer 80 Km langen Strecke merkt der Pilot querab von Punkt P, daß er statt bei Punkt P bei Punkt Q angekommen ist. Er ermittelt die Abweichung (P-Q) auf der Karte mit 5 Km und die Strecke A-P mit 30 Km. Eingesetzt in die vorgenannte Formel ergibt sich:

$$\alpha_1; = 60 * 5 / 30 = 10^\circ$$

Korrigiert der Pilot also um 10° , so fliegt er einen Kurs, der parallel zum geplanten Kurs verläuft. Will er unmittelbar Punkt B anfliegen, so muß er auch noch den Winkel β berechnen. Hier gilt Entsprechendes:



$$\alpha_2 = 60 \cdot \text{Querablage} / \text{Reststrecke}$$

hier also: $\alpha = 60 \cdot 5 / 50 = 6$ Lösung der Aufgabe: Um direkt das Ziel (B) anzufliegen, müßte der Pilot also um $(10^\circ + 6^\circ =) 16^\circ$ korrigieren.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

F4. Abweichungen des Kurskreisels

errechnet man mit der Formel

$$[15^\circ \times \sin(\text{geographische Breite})] \text{ pro Stunde}$$

Erklärung:

Ein schnell rotierender Kreisel will seine Lage im Raum beibehalten. Da die Kreiselachse des Kurskreisels parallel zur Erdoberfläche ausgerichtet ist, entsteht eine immer größer werdende Abweichung, wenn sich der Kreisel mit der Erde drehen muß. Eigentlich wandert also nicht die Kreiselachse, sondern das Bezugssystem Erdoberfläche.

Die Größe der scheinbaren Wanderung (Drift) hängt ab von der geographischen Breite. Am Äquator ist sie Null, an den Polen beträgt sie 15° pro Stunde. In unseren mittleren Breiten wandert der der Kurskreisel alle 15 Minuten um 3° und muss daher in Abständen von etwa 15 Minuten nach dem Magnetkompass nachgestellt werden.

Beispiel:

Bei einem auf dem Flugplatz Butzbach stehenden Flugzeug ist der eingeschaltete Kurskreisel genau auf Norden eingestellt. Welche Abweichung würde er nach zwei Stunden aufweisen?

$$2 \times 15^\circ \times \sin(50^\circ 20' 40'') =$$

$$30^\circ \times \sin(50,4^\circ) =$$

$$30^\circ \times 0,77 =$$

$$23^\circ$$

Das scheinbare Wandern des Kurskreisels muß von seiner wahren Drift unterschieden werden. Sie beruht auf mechanischen Umständen (Kreiselunwucht, mechanische Fehler, Herstellungstoleranzen, Bewegungen des Flugzeugs).

[... zurück zum Seitenanfang](#)

F05. Transpondereinstellungen

Situation	Transpondereinstellung
Grundsätzlich	7.000
früher:	In älteren Büchern liest man noch Unter 5.000 Fuß : 0021 (empfohlen) Über 5.000 Fuß : 0022 (vorgeschrieben) Beides gilt seit dem Jahr 2007 nicht mehr!
Highjacking	7500 (Eselsbrücke: sieben-fünf = Entführung oder auch seven five, man with knife)
Funkausfall	7600 (Eselsbrücke: seven six, hörst nix)
Notfall	7700 (Eselsbrücke: seven seven: next to heaven)

Für die zweite Eselsbrücke zur 7500 danke ich Fliegerfreund Ulrich Weber, Donzdorf, für die Eselsbrücken zu 7600 und 7700 ein Dankeschön an den Fliegerfreund Peter Breuer, München

[... zurück zum Seitenanfang](#)

F06. Sinkflug optimal einleiten

Wer nach einem Überlandflug (viel) zu früh mit dem Sinken beginnt, kommt weit ab von der Platzrunde auf Platzrundenhöhe an und fliegt dann i.d.R. deutlich unterhalb der Überlandflughöhe zum Platz. Wer hingegen zu spät mit dem Sinken anfängt, muss zu steil sinken, was auf die Ohren (der Mitflieger) gehen könnte.

Es ist deshalb sinnvoll, den Landeanflug so einzuleiten, dass man am Ende des Absteigens in Platzrundenhöhe in die Platzrunde einfliegen kann.

Wer bei V_G von 90 Kn mit 500 Fuß/Min (entspricht 2,5 m/sec) sinkt, kann sich einer Faustformel bedienen:

$$\text{Entfernung (in NM)} = \text{Höhe über Platzrunde (in Fuß)} : 1000 * 3$$

Wer (bei gleicher Sinkrate) mit geringerer V_G sinkt, muss pro 10 Kn Unterschied zwei NM abziehen (und umgekehrt).

Beispiel

Aktuelle Höhe: 8.000 Fuß,
 Platzrunde Zielflugplatz: 2.000 Fuß
 V_G : 70 Kn

Entfernung = $6.000 : 1000 * 3 = 18 \text{ NM}$

Korrigiert um 20 Knoten geringere V_G während des Sinkfluges, also 2 mal 2 NM subtrahieren.
 Ergebnis: Der Sinflug muss in 14 NM begonnen werden.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

F07. (Seiten-)Wind beim Landeanflug

Wir alle kennen Dialoge folgender Art:

Pilot:	"Endanflug Piste zwei fünf."
Boden:	"Piste frei; Wind zwei acht null Grad mit eins fünf Knoten."
Pilot:°	"Verstanden."

Aber mal ehrlich: Wer hat schon einmal aus einer solchen Windangabe etwas Sinnvolles abgeleitet. Tatsächlich fliegen wir Privatflieger doch meistens nach Gefühl, bestenfalls werfen wir noch einen Blick auf den Windsack. Wer will auch in den schwierigsten Momenten, die die Fligerei zu bieten hat, noch großartig rechnen (für das obige Beispiel): $\cos(300 \text{ minus } 250) * 15$.

Einfacher geht es mit einer kleinen Tabelle, die sich aus folgender Feststellung ergibt: Weicht die Windrichtung von der Landerichtung mehr als 15° ab, nimmt man eine Seitenwindkomponente von 25% der Windgeschwindigkeit an usw.

Winkel	% V_{Wind}
15°	25%
30°	50%
45°	75%
$\geq 60^\circ$	100%

Die so geschätzten Seitenwindkomponenten sind zwar leicht höher als bei präziser Berechnung, doch ist der Pilot mit ihnen auf der sicheren Seite. Zwischenwerte können interpoliert werden.

Beispiel (aus dem obigen Dialog): Der Winkel zwischen Landerichtung und Windrichtung beträgt 30° . Die Seitenwindkomponente beträgt damit 7,5 Knoten (50% von 15).

[... zurück zum Seitenanfang](#)

W1. Fahrtmesser

Mit zunehmender Flughöhe zeigt der Fahrtmesser zu kleine Eigengeschwindigkeiten an, m.a.W. die Eigengeschwindigkeit (TAS) ist höher als die angezeigte Geschwindigkeit (IAS). Grund: Mit der in der Höhe abnehmenden Luftdichte wird auch der Staudruck geringer.

(Faustformel:) Deshalb erfolgt je 1.000 ft Flughöhe ein Zuschlag von 2% zur IAS.

Beispiel: IAS = 110 kt, Flughöhe 3.000 ft, TAS = $110 + (2,2 * 3) = 116,6$ kt.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

W2. Startstreckenerhöhung

Die benötigte Startstrecke (Strecke bis zum Erreichen von 15 m Höhe) hängt stark von der Temperatur, der Platzhöhe und -beschaffenheit ab. Lesen Sie unbedingt auch die Ausführungen zur [Dichtehöhe](#).

Allgemein kann man folgende Faustregeln anwenden:

Die Startstrecke erhöht sich:

- a. pro 100 m (300 ft) Platzhöhe über NN um 2,5%
- b. (ab 15° C:) pro 1° C mehr Temperatur um 1%
- c. pro 1% Steigung um 10%

Bsp.: Für den Falken SF 25 C (Bj.: 1978) beträgt die Startstrecke laut Handbuch bei einer Platzhöhe von 0 m und 0° Außenlufttemperatur 330 m. Gestartet werden soll von Bad Berka (Platzhöhe: 305 m; Steigung der Betriebspiste zwei fünf: 2%; Temperatur 22° C). Berechnung der Startstrecke:

Startstrecke nach Flughandbuch (0 ft MSL, Piste eben, Temp 0° C):	330,00 m
Für die Platzhöhe sind 7,5% von 330 m = 24,75 m anzusetzen:	25,00 m
Zusammen:	355,00 m
Für die Steigung der Piste 20% von 355 m:	71,00 m
Für die Temperatur 7% von 426 m:	30,00 m
tatsächlich benötigte Startstrecke:	456,00 m

[... zurück zum Seitenanfang](#)

W3. Bestimmung der Wolkenuntergrenze

Spread (deutsch: Spreizung) ist die Differenz zwischen aktueller Temperatur und Taupunkt, also der

Temperatur, bei der eine Luftfeuchtigkeit von 100% erreicht wäre. Bei einer aktuellen Temperatur von 11° und einem Taupunkt von 7° ist der Spread also 4. Sinkt die Temperatur um 4° oder mehr, kommt es zur Kondensation des in der Luft enthaltenen Wassers (Nebel- oder Wolkenbildung).

Kennt man den Spread, kann man die Wolkenuntergrenze nach folgender Faustformel bestimmen:

$$\text{Wolkenuntergrenze (in Fuß)} = \text{Spread} * 400 \text{ Fuß}$$

oder

$$\text{Wolkenuntergrenze (in m)} = \text{Spread} * 122 \text{ m}$$

Beispiel:

Lufttemperatur 25° C; Taupunkt 15° => Spread = 10

Wolkenuntergrenze = 10 * 400 Fuß = 4.000 Fuß

[... zurück zum Seitenanfang](#)

W4. Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit aus dem Spread oder umgekehrt

Bis zu einem Spread (hierzu siehe [Bestimmung der Wolkenuntergrenze](#)) von 10° gilt folgende Faustformel: Pro Grad Spread zieht man 5% von 100% Luftfeuchtigkeit ab und erhält die relative Luftfeuchtigkeit.

Bsp.: Spread ist 7°. $100 - 7 * 5 = 65$. Rel. Luftfeuchte also 65%

Umgekehrt liegt bei einer relativen Luftfeuchte von bspw. 85% der Spread nur bei 3°.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

W5. Die barometrische Höhenstufe

gibt an, wie viele Meter man steigen (oder sinken) muß, um einen Druckunterschied von 1 hPa feststellen zu können.

Die barometrische Höhenstufe beträgt:

In NN	8 m/hPa
In 2.000 m MSL	10 m/hPa
In 4.000 m MSL	12,5 m/hPa

In 6.000 m MSL

15,5 m/hPa

Als Faustformel kann man bis zu einer Höhe von 6.000 m MSL annehmen:

$$\text{Höhenstufe} = 8 + \text{Höhe in Km MSL}$$

Bsp.: in 5.000 m über MSL (= 5 km MSL) beträgt die Höhenstufe $8 + 5 = 13$ m/hPa.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

W6. Dichtehöhe

Jeder weiß, dass die Steigkraft eines Lfz. mit zunehmender Höhe geringer wird. Die Luft wird "dünner", was insbesondere drei Konsequenzen nach sich zieht. (1) das Flugzeug wird nicht mehr so gut "getragen" (weniger Auftrieb). (2) der Propeller verliert an Wirkungskraft (weniger Vortrieb) und (3) das Triebwerk muss mit weniger Sauerstoff auskommen.

Die Dichte der aktuellen Luft(schicht) hängt aber nicht allein von der Höhe ab, in der man fliegt oder startet. Auch und vor allem der aktuelle **Luftdruck** und die aktuelle **Temperatur** bilden zwei wichtigen Einflussgrößen.

Ist der Luftdruck höher oder die Temperatur kälter, werden wir mit der ansonsten ausreichenden Startstrecke keine Probleme bekommen. Umgekehrt kann es aber so sein, dass wir auf diesem Platz mit diesem Flugzeug nicht mehr starten können. In diesem Fall wäre die aktuelle Dichtehöhe zu hoch. Das ist die Höhe in der Standardatmosphäre, die der in der Start- oder Flughöhe des Flugzeugs herrschenden Luftdichte entspricht oder mit andern Worten: Dichtehöhe ist die temperaturkorrigierte Druckhöhe.

Die Dichtehöhe berechnet man (grob) wie folgt:

Zunächst ermittelt man die Druckhöhe. Das geht am einfachsten, indem man auf dem Höhenmesser den Luftdruck der Standardatmosphäre (1013,2 hPa) einstellt. Der Höhenmesser zeigt dann die Druckhöhe an.

Umständlicher ist es, die Druckhöhe zu errechnen. Dazu benötigt man das QNH. Das kann man ebenfalls ablesen, man muß jetzt nur umgekehrt vorgehen und im Höhenmesser die Platzhöhe einstellen. Dem Justierfenster kann man dann das QNH entnehmen. Nun lautet die Formel zur Berechnung der Druckhöhe (etwa eines Flugplatzes):

$$\text{Druckhöhe}_{(\text{Platz})} = \text{Platzhöhe} + (1013 - \text{QNH}) * 30$$

Da das Problem grds. nur eintritt, wenn der aktuelle Luftdruck niedriger ist, kann davon ausgegangen werden, dass das QNH stets kleiner ist als 1013 hPa. Der in der Formel benutzte Faktor 30 entspricht einer [Barometrischen Höhenstufe](#). Ganz genau müsste man stattdessen zwar mit 27 rechnen. Aber für den Alltag reicht der leichter zu handhabende Faktor 30.

Nun müssen wir zur Ermittlung der **Dichtehöhe** noch die Temperatur berücksichtigen. Und zwar muss man für jedes Grad, um das die aktuelle Temperatur höher ist als 15° (das ist der Wert der Standardatmosphäre) 120 Fuß addieren. Liegt die aktuelle Temperatur also bei 25°, so erhöht sich die Druckhöhe um 1.200 Fuß. Die Formel lautet also:

120 * (aktuelle Temp. - 15)

Fasst man die beiden Formeln zusammen, liest sich das wie folgt:

$$\text{Dichtehöhe}_{(\text{Platz})} = \text{Platzhöhe} + [(1013 - \text{QNH}) * 30] + [120 * (\text{aktuelle Temp.} - 15)]$$

Da das ein bisschen schwer zu merken ist, sollte man sich die Formel in sein persönliches Flugbuch eintragen.

Beispiel: Bad Berka (Elev. 1.042 Fuß), 33 °C, QNH = 998 hPa

Der aktuelle Luftdruck liegt 15 hPa unter Standard, d.h. die Druckhöhe ist (15 * 30) 450 Fuß höher als die Platzhöhe (312 m). Die Druckhöhe beträgt also in Bad Berka aktuell (1042 + 450) = 1.492 Fuß.

Addiert man die Temperatureinwirkung (18 * 120) = 2.160 Fuß erhält man eine Dichtehöhe von **3.652 Fuß**. Die Dichtehöhe ist also mehr als drei mal so hoch, wie die wirkliche Höhe des Platzes.

Wie einleitend erwähnt, ist das nur die **grobe** Berechnung der Dichtehöhe. Weil ein Besucher meiner Homepage mich - zutreffend - darauf aufmerksam gemacht hat, dass die Formel noch einen Fehler enthält, möchte ich diesen auch nicht vorenthalten (vielen Dank an Martin H.).

Der Fehler liegt darin, dass die Temperatur nicht höhenbereinigt ist. Der Formelteil

120 * (aktuelle Temp. - 15)

stimmt ja nur in Meereshöhe (MSL). Genaugenommen muss man diesen Teil wie folgt korrigieren.

$$120 * (\text{aktuelle Temp.} - [15 - \text{Elevation} * 2^\circ\text{C} / 1000\text{ft}])$$

Im Beispiel für Bad Berka (s.o.) wäre also

$$\text{Dichtehöhe} = 1042 (\text{elevation}) + 450 (\text{Druckkorrektur}) + 120 * [33 - (15 - 1042 * 2 / 1000)]$$

$$\text{Dichtehöhe} = 1042 + 450 + 120 * [33 - (15 - 2)]$$

$$\text{Dichtehöhe} = 1042 + 450 + 2400$$

$$\text{Dichtehöhe} = 3892 \text{ Fuß}$$

Die Dichtehöhe läge damit noch um weitere 240 Fuß höher als das oben genannte grobe Ergebnis ausweist.

Dies veranlasst mich, nochmals auf meinen [Haftungsausschluß](#) hinzuweisen.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

S1. Schleppgeschwindigkeit

Nach einer Faustformel soll die Schleppgeschwindigkeit beim F-Schlepp im Bereich von

$$V_{\min} = V_{SO} \times 1,2$$

bis

$$V_{\max} = V_{SO} \times 1,5$$

des Schleppflugzeuges liegen. Der F-Schlepp ist also im konkreten Fall nur möglich, wenn das geschleppte Lfz. in diesem Bereich flugfähig ist.

Beispiel: Bei einer Wilga liegt die Überziehgeschwindigkeit (V_{SO}) bei 95 km/h.

Der Schlepp sollte sich also im Geschwindigkeitsbereich von 114 km/h und 143 km/h bewegen.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

Merksätze und Eselsbrücken in der Luftfahrt (nicht nur für CVFR-Berechtigung):

Die Feldlinien des Erdmagnetismus zielen in unseren Breitengraden mit etwa 65° in den Erdboden (Inklination). Damit die Nadel des Magnetkompasses nicht auch auf den Erdboden zeigt, wird ein kleines Gewicht auf der nach Süden zeigenden Nadel-Hälfte angebracht. Das Ungleichgewicht der beiden Nadelteile bewirkt aber wegen des Gesetzes über die Trägheit der Masse, daß der Magnetkompaß Drehfehler aufweist, und zwar bei Veränderungen von Richtung (1.) und Geschwindigkeit (2.).

1. Ausleiten einer (flachen) Kurve (Kompaßdrehfehler kompensieren)

Nach **N**orden **v**orher ausleiten

Nach **S**üden **ü**berkurven (später ausleiten)

(oder: Nach **S**üden **s**päter)

Beispiele:

- Kurs ist 90°. Neuer Kurs soll Nordkurs sein. Kurve muß ausgeleitet werden bei 30°
- Nordkurs. Rechtskurve auf Südkurs. Ausleiten bei 210°
- Kurs 250°. Gewollter Kurs Südkurs. Ausleiten bei 150°

Will man nicht genau auf Nord (360°) oder Süd (180°) eindrehen, so muß man entsprechend vorher oder später ausleiten:

Bei 330° bzw. 030°: 20° früher
 Bei 300° bzw. 060°: 10° früher
 Bei 150° bzw. 210°: 20° später
 Bei 120° bzw. 240°: 10° später

[... zurück zum Seitenanfang](#)

2. Beschleunigungsfehler des Magnetkompasses bei Ost-West-Kursen

Bei Nord-Süd-Kursen haben Änderungen der Geschwindigkeit keinen Einfluß auf die Bewegung der Kompaßnadel! Bei Ost-West-Kursen hingegen schon:

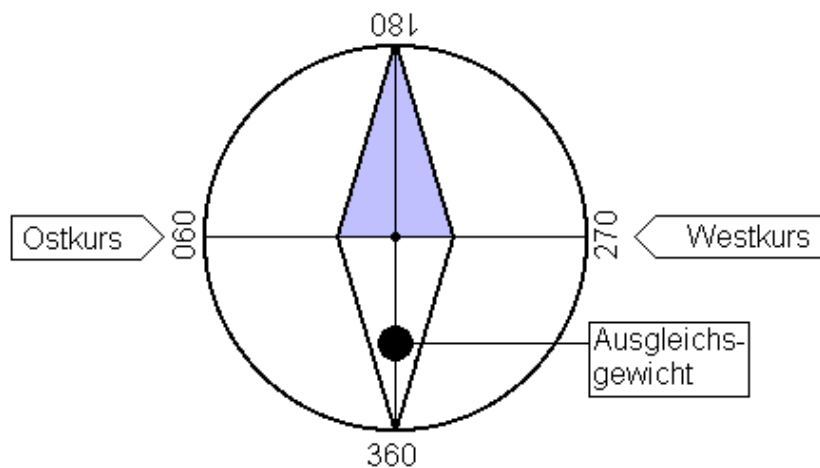
DRücken (beschleunigen) ⇒ Abweichung der Anzeige nach **NoRd**.

ZIEhen (verlangsamen) ⇒ Abweichung der Anzeige nach **SÜ**den.

Oder Merkwort **ANDS**. **A**cceleration => **N**ordabweichung; **D**eceleration => **S**üdabweichung.

Beschleunigt man auf Ostkurs (Kompaßanzeige 90°), so wird die Kompaßanzeige kleiner.

Beschleunigt man auf Westkurs (Kompaßanzeige 270°), so wird die Kompaßanzeige größer.



[... zurück zum Seitenanfang](#)

3. Halbkreisflugregeln (siehe auch Fliegertaschenkalender ENR 88)

IFR-Flugverkehr findet über 5.000 Fuß/MSL auf den Flugflächen 60, 70, 80, 90 usw. statt. Dem VFR-Verkehr sind die dazwischen liegenden Flugflächen 55, 65, 75, 85, 95 usw. zugewiesen. Welche von diesen Flugflächen man als VFR-Flieger zu benutzen hat, richtet sich danach, ob man eine (mißweisend) westliche oder östliche Richtung fliegt. Man kann folgende Merkformel verwenden:

Nach **O**sten **k**rumm, nach **W**esten **g**erade

Bei Kursen von 0° bis 179° (mißweisend), müssen die Flugflächen **55**, **75**, **95** gewählt werden, bei

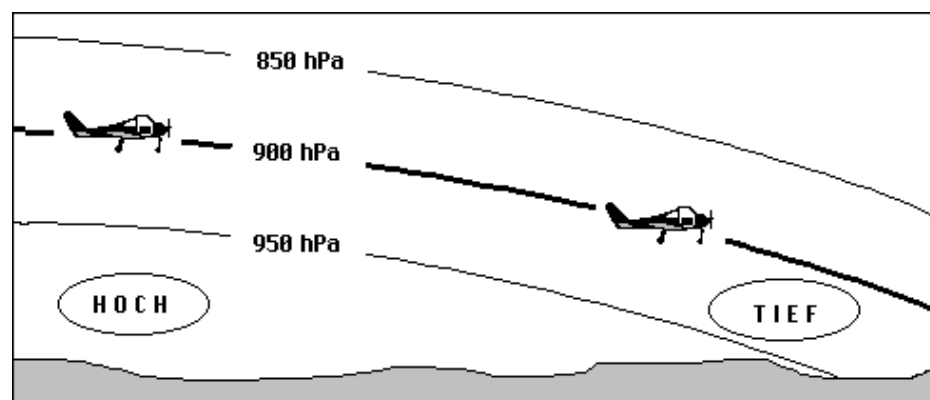
Kursen von 180° bis 359° die Flugflächen **65**, **85**, **105** usw.

Bsp.: Rechtweisender Kurs ist 178°. Mißweisung 3° West. Kann auf FI 65 geflogen werden?

Ja, da mißweisender Kurs 181° ist, also Westkurs geflogen wird, muß auf einer "geraden" Flugfläche geflogen werden.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

4. Vom Hoch ins Tief, geht schief



Bringt zum Ausdruck, daß der Höhenmesser zu große Höhen anzeigt, wenn man von einem Hochdruckgebiet in ein Tiefdruckgebiet fliegt, ohne den Höhenmesser zwischendurch nachgestellt zu haben (und zwar auf das QNH des nächstgelegenen Flugplatzes mit Verkehrskontrolle). Man fliegt also tatsächlich niedriger, als der Höhenmesser anzeigt. Das liegt – kurz erklärt – daran, daß eine Linie gleichen Luftdrucks, die zwischen einem Hochdruckgebiet und einem Tiefdruckgebiet liegt, vom Hochdruck zum Tiefdruck verlaufend sich dem Erdboden nähert. Im Schaubild zeigt der Höhenmesser beides Mal den gleichen Höhenwert an.

Bei unveränderter Einstellung der Bezugsgröße zeigt der Höhenmesser auf beiden Positionen des Flugzeugs die gleiche Höhe an. Hielte man die Höhe nur nach dem Höhenmesser (IFR), prallt man in der obigen Situation irgendwann auf dem Boden auf. Faustformel:

Pro hPa muß man mit ca. 30 ft Höhenunterschied rechnen. Fliegt man also bspw. mit einer Einstellung des Höhenmessers von 1020 hPa, herrscht aber tatsächlich ein Luftdruck von 993 hPa, so zeigt der Höhenmesser eine um $(27 * 30 =) 810$ ft bzw. 245 m zu große Höhe an.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

5. Vom Warm ins Kalt wird nicht alt

Bringt zum Ausdruck, daß der Höhenmesser zu hohe Höhen anzeigt, wenn man in eine Luftmasse einfliegt, deren Temperatur geringer ist als die Standardtemperatur. Man fliegt also tatsächlich niedriger, als der Höhenmesser anzeigt. Erklärung: Luft ist ein Gasgemisch. Die Moleküle eines Gases bewegen sich bei dessen Erwärmung schneller und erzeugen damit höhere Aufprallkräfte, wodurch zugleich der Druck erhöht wird. Fliegt man in ein Kaltgebiet, läuft der Vorgang umgekehrt.

Der Druck wird bei tatsächlich gleicher Höhe niedriger, das Flugzeug steigt scheinbar. Korrigiert man hingegen entsprechend dem Höhenmesser, sinkt das Flugzeug tatsächlich, während der Höhenmesser scheinbar eine stets gleiche Höhe anzeigt.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

6. Vom wahren zum falschen (Kurs) : falsches Vorzeichen

Vom falschen zum wahren (Kurs) : wahres Vorzeichen

Hat man den rechtweisenden (wahren) Kurs und will den falschen (mißweisenden) Kurs ermitteln, so muß man die Variation mit umgekehrten Vorzeichen addieren.

Bsp.: $rwK = 49^\circ$; Mißweisung $2^\circ W (= -2^\circ)$: $mwK = 51^\circ$ Will man aus dem falschen (mißweisenden) Kurs den rechtweisenden (wahren) Kurs ermitteln, so muß man die Variation mit dem richtigen Vorzeichen addieren.

Bsp.: $mwK = 49^\circ$; Mißweisung $2^\circ W (= -2^\circ)$: $rwK = 47^\circ$

Bsp.: Ein Luftfahrzeugführer erhält ein QDM von 320° . Bei einer Mißweisung (VAR) von $12^\circ W$ beträgt das QTE? Das QDR ergibt sich aus dem QDM $\pm 180^\circ$

$320^\circ - 180^\circ = 140^\circ$ (QDR)

Um vom QDR (falschen) zum QTE (wahren) zu kommen muß man also das wahre Vorzeichen benutzen.

$140^\circ - 12^\circ = 128^\circ$ (QTE)

[... zurück zum Seitenanfang](#)

7. Merkspruch zur Formel **QDM = MH + RB**

Queen **D**iana **M**öchte **g**leich (=) **M**arys **H**ut **u**nd (+) **R**ichards **B**atschkapp

Mit der Formel und ihren Ableitungen ($RB = QDM - MH$ bzw. $MH = QDM - RB$) kann man zahlreiche Aufgaben der theoretischen Prüfung rechnerisch lösen.

Zur Erläuterung:

Der Magnetkompaß zeigt den Winkel zwischen der Flugzeuglängsachse und Kompaßnord an.

QDM ist der mißweisende Kurs zur Station. QDM gibt also den Kurs an, den das Flugzeug zur Station fliegen müßte.

RB (Relative Bearing) ist der vom Radiokompaß angezeigte Winkel zwischen aktuell geflogenen mißweisenden Kurs (mwK) und dem mißweisenden Kurs zur Station (QDM)

MH ist der missweisende Steuerkurs (mwSK). Er enthält die Korrekturen zur Missweisung (VAR) und zum Luvwinkel (WCA).

Eselsbrücke: **Steuerkurs hat immer Wind**. Wenn von Steuerkurs die Rede ist, ist immer die Windkorrektur bereits enthalten. Das gilt also für die Kurse rechtweisender Steuerkurs, mißweisender Steuerkurs und Kompaßsteuerkurs.

Man erhält den MH, indem man die Variation vom rechtweisenden Kurs subtrahiert (mit dem entgegengesetzten Vorzeichen addiert).

Es gilt:

$$TC - VAR = MC$$

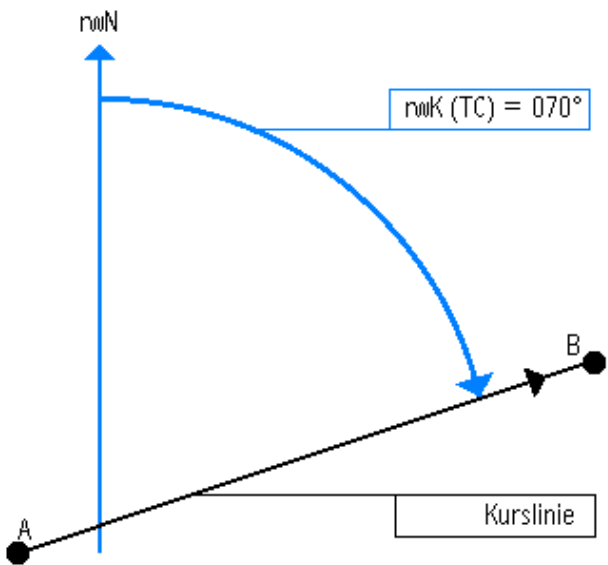
$$MC + WCA = MH$$

Aus einem gegebenem Kompaßsteuerkurs (CH=Compass Heading) ist nur die Deviation (DEV) zu entfernen (mit gleichem Vorzeichen addieren), um zum MH zu kommen.

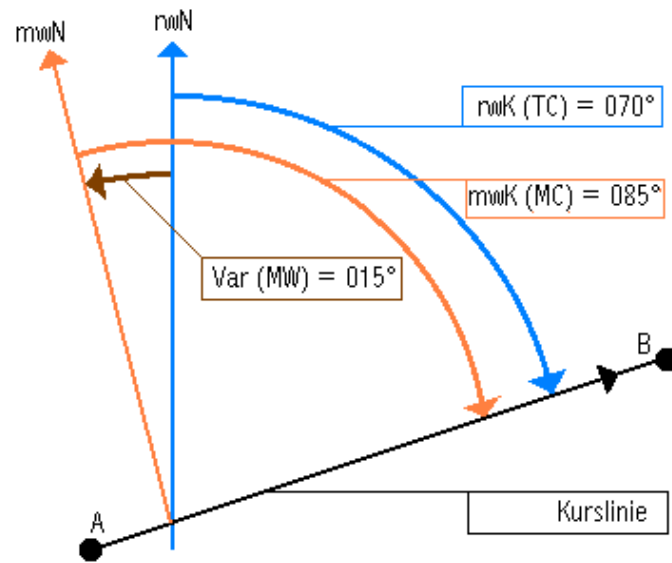
Ein **Steuerkurs** bzw. **Heading** berücksichtigt bereits den **Wind**

Ein **mißweisder** Kurs bzw. **magnetic** Kurs berücksichtigt bereits die **Variation**

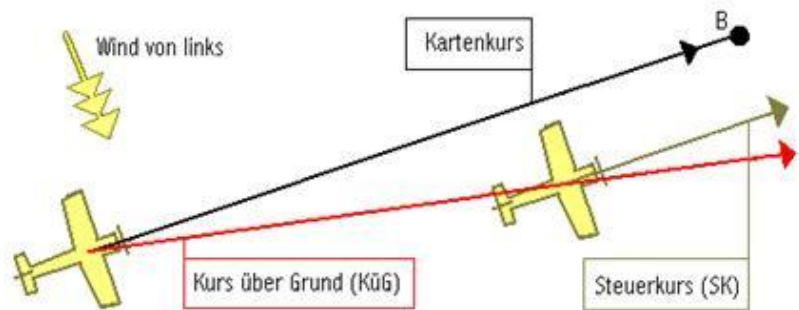
Ein **Kompaßkurs** bzw. **CompassCourse** berücksichtigt bereits die **Deviation**

<p>1. Name Deutsch (Abkürzung Deutsch)</p> <p>2. Name Englisch (Abkürzung Englisch)</p> <p>3. Enthält</p> <p>4. Erklärung</p>	<p>Abbildung</p>
<p>1. Rechtweisender Kurs (rwK)</p> <p>2. True Course (TC)</p> <p>3. Enthält: -</p> <p>4. Wird der Karte entnommen und gibt den Winkel zwischen der Kurslinie und rechtweisend Nord</p>	

1. Mißweisender Kurs (mwK)
2. Magnetic Course (MC)
3. Enthält: Variation (s. Anm. unten)
4. Ergibt sich, wenn man zum rechtweisenden Kurs die Mißweisung berücksichtigt.
 $MC = TC - Var$
 Beispiel: $TC = 70^\circ$, Variation $10^\circ W$
 $MC = 70^\circ - (-10^\circ) = 80^\circ$
 westliche Mißweisung ist negativ (der Winkel ist nach links geöffnet), östliche positiv. Wird der Karte entnommen und gibt den Winkel zwischen der Kurslinie und rechtweisend Nord



1. Kurs über Grund (KüG)
2. Track (T)
3. Enthält: -
4. Ist ein auf den Erdboden projizierter Kurs, den das Flugzeug tatsächlich fliegt, wenn der Pilot den Wind nicht berücksichtigt. Herrscht kein Wind oder nur Rücken- bzw. Gegenwind, so sind KüG und rwK gleich.



1. Steuerkurs (SK)
2. Heading (H)
3. Enthält: Wind
4. Ausrichtung der Flugzeugschiffachse, also der Kurs, den der Flugzeugführer steuert (um den Windeinfluß zu neutralisieren). Der von der Windrichtung und –geschwindigkeit abhängige Winkelbetrag, um den vorgehalten werden muß, heißt Luvwinkel (L) bzw. Wind Correction Angle (WCA)

Bild wie oben

Merkregel:

Wind von links, Luvwinkel nach links;
Rechnerisch: **negatives Vorzeichen**

Wind von rechts, Luvwinkel nach rechts;
Rechnerisch: **positives Vorzeichen**

1. Rechtweisender Steuerkurs (rwSK)
2. True Heading (TH)
3. Enthält: Wind
4. Der rechtweisende Steuerkurs ergibt sich, wenn der rechtweisende Kurs mit einem Luvwinkel verbunden wird.

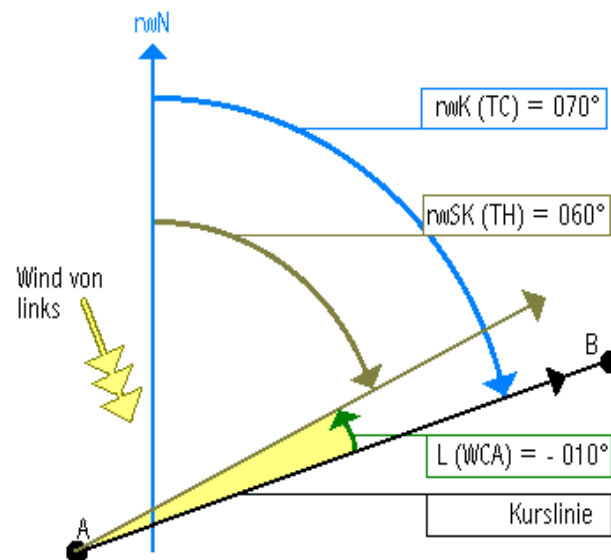
Der Windeinfluß muß genau an dieser Stelle berücksichtigt werden, da die Gradangaben zum Höhenwind rechtweisend erfolgen. Nur rechtweisende Größen können miteinander verknüpft werden.

$$\text{rwSK (TH)} = \text{rwK (TC)} + \text{L (WCA)}$$

Beispiel:

RwK = 70°; L = -15° (Wind von links)

$$\text{RwSK} = 70^\circ + (-15^\circ) = 55^\circ$$



<ol style="list-style-type: none"> 1. Mißweisender Steuerkurs (mwSK) 2. Magnetic Heading (MH) 3. Enthält: Wind, Variation; 4. Der rechtweisende Steuerkurs wird zum mißweisenden Steuerkurs, indem die Variation berücksichtigt wird. 	<p>Das Diagramm zeigt die Berechnung des Steuerkurses (H) aus dem mißweisenden Steuerkurs (mwSK). Ein blauer Pfeil zeigt den magnetischen Nord (mN) an, ein roter Pfeil den wahren Nord (wN). Ein grüner Pfeil zeigt den Steuerkurs (H) an, ein schwarzer Pfeil die Kurslinie. Ein gelber Pfeil zeigt den Wind von links an. Die Winkel sind wie folgt definiert: MW (Var) ist die Variation, mwSK (MH) ist der mißweisende Steuerkurs, mwSK (TH) ist der rechtweisende Steuerkurs, L (WCA) ist der Kurswinkel und die Kurslinie ist die gewünschte Flugrichtung.</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Kompasssteuerkurs (KSK) 2. Compass Heading (CH) 3. Enthält: Wind, Variation, Kompaßfehler 4. Zum KSK wird der mißweisende Steuerkurs, wenn auch die Deviation des Kompasses berücksichtigt (subtrahiert) wird. Ist die Deviation negativ, so wird der Kurswinkel größer. <p>Bsp.: mwSK ist 70°, Deviation -7° $KSK = 70^\circ - (-7^\circ) = 77^\circ$</p>	<p>Das Diagramm zeigt die Berechnung des Kompasssteuerkurses (KSK) aus dem mißweisenden Steuerkurs (mwSK). Ein blauer Pfeil zeigt den magnetischen Nord (mN), ein roter Pfeil den wahren Nord (wN) und ein gelber Pfeil den Kompassnord (KN). Ein grüner Pfeil zeigt den Steuerkurs (H) an, ein schwarzer Pfeil die Kurslinie. Ein gelber Pfeil zeigt den Wind von links an. Die Winkel sind wie folgt definiert: mwSK (MH) ist der mißweisende Steuerkurs, KSK (MH) ist der Kompasssteuerkurs, Dev ist die Deviation, L (WCA) ist der Kurswinkel und die Kurslinie ist die gewünschte Flugrichtung.</p>

Anmerkung: Variation = Deklination = (Orts-)Mißweisung. Die Variation ist die Differenz zwischen Geographisch Nord und Magnetisch Nord. Westliche Variation ist negativ (denn sie wird in einer Zeichnung nach links – gegen den Uhrzeigersinn – abgetragen), östliche Variation ist positiv. Die Variation wird der ICAO-Karte entnommen. Bei den in Funknavigationskarten angegebenen Kursen ist die Variation bereits berücksichtigt.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

8. Inbound: Hear more – stear more, hear less – stear less

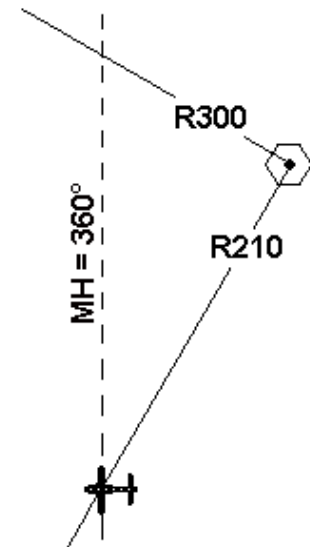
Outbound: Hear less – stear more, hear more – stear

less

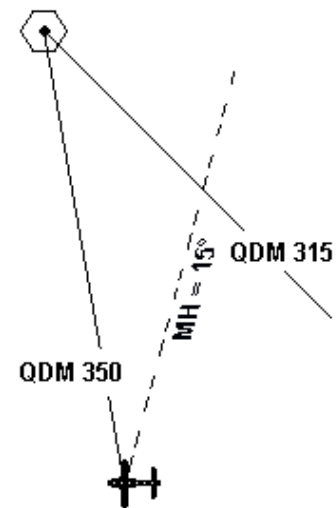
Hilft bei der Entscheidung, wie der Kurs zu wählen ist, wenn die Flugkontrolle ein Soll-QDM anordnet.

Beispiele:

Flugkontrolle ordnet an: "Intercept 300" (bedeutet "Nähern Sie sich dem Radial 300 an und folgen Sie dem Radial"). Pilot stellt fest, daß er sich derzeit auf Radial 210 befindet. Er will/soll von der Station wegfliegen (Radial!), ist also outbound. Da er weniger "hört" (nämlich 210), muß er hier mehr steuern (outbound: hear less, steer more), also das Soll-Radial + 60°. Das Intercepting Heading ist also 360°.



Flugkontrolle ordnet an: "Intercept QDM 315" (bedeutet "Nähern Sie sich dem QDM 315 an und folgen Sie dem QDM"). Pilot stellt fest, daß er sich derzeit auf dem QDM 350 befindet. Er ist auf dem Weg zur Station (QDM wurde angewiesen!), also inbound. Da er mehr "hört" (nämlich 350), muß er auch mehr steuern (here more, steer more), also das Soll-QDM + 60° (Radiale oder QDM werden möglichst mit 60° angeschnitten). Das Intercepting-Heading ist also $(315° + 60° =) 15°$.



[... zurück zum Seitenanfang](#)

9. Höhe

In Deutsch gibt es nur das Wort Höhe. Englisch kennt folgende Begriffe

Elevation	Höhe des Platzes über NN (Meeresspiegel)
------------------	--

Height	Höhe über dem Erdboden oder über dem Platz (QFE-Einstellung ergibt diesen Wert)
Altitude	Höhe über NN (wenn QNH eingestellt ist)

[... zurück zum Seitenanfang](#)

10. Funkverkehr mit Bodenstellen

Daten, die der zuständigen FVK-Stelle (etwa Frankfurt Radar, Berlin Radar oder Nürnberg Information – Frequenz jeweils in der ICAO-Karte) vor Einflug in den Luftraum C unterhalb Flugfläche 100 unaufgefordert übermittelt werden müssen:

	Beispiel
Luftfahrzeugkennung	Delta - Echo Kilo Charlie Echo
Luftfahrzeugmuster	Cessna eins sieben zwei
Position	5 NM südöstlich Leipzig
Flugstrecke	VFR nach Paderborn
Flughöhe oder Flugfläche	In 4000 (MSL)
Wunsch	Erbitte Durchflug durch Luftraum C mit Kurs drei zwei null Grad in viertausend Fuß

Achtung!!

Der Kontakt mit der FVK-Stelle ist mindestens fünf Minuten vor dem beabsichtigten Einflug aufzunehmen. Liegt der Startflugplatz unter C, so hat die Kontaktaufnahme unverzüglich nach dem Start zu erfolgen.

Daten, die der zuständigen Flugverkehrskontroll-Stelle (etwa Frankfurt Radar, Berlin Radar oder Nürnberg Information) vor Einflug in den Luftraum C oberhalb Flugfläche 100 unaufgefordert übermittelt werden müssen:

	Beispiel
Luftfahrzeugkennung	Delta - Echo Kilo Charlie Echo
Luftfahrzeugmuster	Cessna one seven two
Geschwindigkeit	one two zero knots

Position	5 Nautical Miles southeast of Erfurt
Zielflugplatz	VFR to Hamburg
Flugstrecke bezogen auf Funknavanlage	going to Erfurt VOR and further on Radial three six zero outbound
Flugfläche	flight level six five

Fällt der Funk vor Einflug in C aus, so darf man nicht in C einfliegen. Fällt er während des Fluges in C aus, so ist zu unterscheiden. In C unterhalb FI 100 muß entsprechend der Freigabe weitergeflogen werden, es sei denn, die VMC erlauben das nicht. In diesem Fall ist C auf dem kürzesten Weg zu verlassen und dabei entsprechend den VMC zu fliegen. In C oberhalb FI 100 muß der Luftraum C sofort verlassen werden.

Im kontrollierten Luftraum muß unter allen Umständen die Höhe eingehalten werden, für die eine Freigabe erteilt wurde. Notfalls muß man nach rechts oder links ausweichen.

Achtung !!

Für den Einflug in C oberhalb FF 100 gilt:

- ✚ Der Funkverkehr ist in englisch zu führen (Pilot muß mind. BZF I besitzen)
- ✚ Vor der Kontaktaufnahme mit der FVK-Stelle ist zunächst mit der zuständigen Fluginformationsstelle (FIS) Kontakt aufzunehmen, die den weiteren Sprechfunk einer Flugverkehrskontrollstelle übergibt.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

12. Sonstiges

Isogonen sind Linien, die Orte gleicher Mißweisung verbinden.

Agonen sind Isogonen mit der Mißweisung 0

NDB (Non-directional-Beacon) wird vom ADF (Automatic-Direction-Finder) empfangen. Dieses besteht aus drei Komponenten: Antenne (Empfangsantenne = Loop; Richtungsantenne = Sense), Bediengerät und Anzeigegerät. NDB strahlen auf Mittel- und Langwelle aus (international: 190 - 1750 KHz; in Deutschland 200 – 526,5 KHz)

Störfaktoren für NDB sind:

- ✚ Gewitter
- ✚ Nacht- und Dämmerungseffekt
- ✚ Fading (Anzeige schwankt. Grund: Raumwelle und Bodenwelle treffen sich)
- ✚ Küsteneffekt
- ✚ Bergeffekt

ADF ist nicht mehr gesetzlich vorgeschrieben und kann durch GPS ersetzt werden.

Es gibt drei Arten von Anzeigegegeräten: Beim billigsten bewegt sich nur der Zeiger, der – wie bei allen Geräten – immer in Richtung der NDB-Station zeigt. Den Winkel zwischen 0 (entspr. Flugzeuglängsachse) und dem durch den Zeiger angezeigten Wert nennt man Relative Bearing. Um den (mißweisenden) Kurs zur Station (QDM) zu ermitteln, muß man nach der Formel **QDM = Magnetic Heading + Relative Bearing** vorgehen ([vgl. oben](#)).

Ein etwas höher entwickeltes ADF nennt man **Moving Dial Indicator (MDI)**. Bei diesem Gerät kann die Kompaßrose gedreht werden. Stellt man hier den mißweisenden Kurs ein, so zeigt der Zeiger unmittelbar den mißweisenden Kurs zur Station (QDM) an.

Beim besten ADF, dem **Radio Magnetic Indicator (RMI)**, wird die Kompaßrose automatisch nachgestellt.

Schließlich gibt es noch Kombigeräte, die man zugleich auf ein zweites NDB oder ein VOR einstellen kann. Die dickere oder doppelte gezeichnete Nadel zeigt dann auf das NDB, die dünnere auf das VOR.

In Gebieten hoher Verkehrsdichte ist die hohe Ungenauigkeit des NDB-ADF-Systems nicht mehr akzeptabel. Es wird daher zunehmend durch VOR oder GPS ersetzt. Letzteres ist aber zur Primärnavigation (noch) nicht zugelassen.

Das **VOR (Very High Frequency – Omnidirectional Range)** oder UKW-Drehfunkfeuer funktioniert wie ein Leuchtturm. Der sendet jede volle Minute ein Blitzlicht aus. Außerdem dreht sich ein Lichtstrahl in einem einminütigen Kreis, und zwar im Moment des Lichtblitzes in Richtung Norden beginnend. Ist der umlaufende Lichtstrahl bspw. 20 Sekunden nach dem Blitz auf den Beobachter gerichtet, so weiß dieser, daß der Lichtstrahl in diesem Moment mit 120° auf ihn gerichtet ist. Der Beobachter müßte also einen Kurs von 300° einschlagen, um zur Station zu kommen. Beim VOR wird nicht die Zeit zwischen Lichtblitz und Umlaufstrahl, sondern die Phasendifferenz gemessen.

Freiheitsgrade und Kreiselachsen bei den Kreiselinstrumenten

Kreiselgerät	Stellung der Kreiselachse	Freiheitsgrade
Kurskreisel	Horizontal	3
Künstl. Horizont	Vertikal	3
Wendezeiger	Horizontal	2

Merke: Alle Kreiselinstrumente haben 3 Freiheitsgrade, außer dem Wendezeiger. Alle Kreiselinstrumente haben eine horizontale Kreiselachse außer dem Künstl. Horizont.

Beim **Tracking** erfliegt man sich ein Radial und fliegt auf diesem Radial – also mit Berücksichtigung des Windes – zur Station. Beim Homing fliegt man – ohne Berücksichtigung das jeweils aktuelle QDM (entweder durch INFO des angeflogenen Platzes angegeben oder durch ein Gerät angezeigt). Die Fluglinie zur Station ist dann eine Kurve, sog. Hundekurve.

Ist in der ICAO-Karte bei einem Flugplatz die Frequenz unterstrichen, so kann man von dessen Flugleitung ein QDM bekommen.

Alarmstufen

Bezeichnung	Inhalt	Bedeutung
-------------	--------	-----------

INCERFA	Uncertain Phase	Ungewissheitsstufe: Wenn sich ein Flug nach 30 Min. nicht meldet bzw. nicht angekommen ist
ALERFA	Alert Phase	Bereitschaftsstufe: wenn die in der Ungewissheitsstufe angestellten Versuche der Kontaktaufnahme erfolglos waren
DESTRESSFA	Not-Phase	Einsatzstufe: Wenn feststeht, daß ein Notfall eingetreten ist.

[... zurück zum Seitenanfang](#)

Ende des Textes (formeln.html - 14.02.22)