

Flugsicherheitsmitteilung (fsm) 2/86

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Flugbetrieb:
Kurse

Hrsg: Luftfahrt-Bundesamt,
Flughafen, 3300 Braunschweig

Braunschweig, 3. Auflage Okt. 1991
LBA III 511 —985.2/86

Abdruck, auch auszugsweise, nur mit Quellenangabe gestattet

Anmerkung: Da sich die meisten Leser (und sogar ich selbst) zwischenzeitlich an Teile der neuen Rechtschreibung so gewöhnt haben, dass ein "daß", "Kompaß" oder "mißweisend" den Lesefluss stören könnte, habe ich den Text zurückhaltend auf die neue Rechtschreibung umgestellt.

Dieses Kursbuch hilft zum Glück bei rwK und mwKüG!

Piloten haben es nicht leicht. Nicht so leicht jedenfalls wie der Wandersmann im antiken Römerreich, der nach Rom wollte, denn damals führten, wie es heißt, alle Wege nach Rom.

Navigation heißt das Zaubermittel, mit dem es dem Piloten möglich ist, ohne Wegweiser nicht nur Rom, sondern jeden gewünschten Zielort zu erreichen. Der Zugang zu diesem Zaubermittel ist jedoch dornig, wie wir alle im Theorieunterricht leidvoll erfahren müssen. Die Navigation ist fast eine Fremdsprache. Ein Begriff und drei Vokabeln oder drei Begriffe für eine Vokabel stiften Verwirrung. Wenn es doch wenigstens ein Wörterbuch gäbe oder besser noch: ein Wörterbuch, das die Begriffe mit ihren Zusammenhängen erläutert.

Genau das soll diese Flugsicherheitsmitteilung sein. Und wenn sie irgendwann einmal noch zu einem einheitlichen Sprachgebrauch führte, dann wäre viel erreicht. Man versteht sich besser, wenn man eine Sprache spricht.



Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Das Erdkoordinatensystem	2
1.1 Längenkreis (Meridian) und geographische Länge	2
1.2 Breitenkreis und geographische Breite	3
1.3 Das Koordinatensystem und die Beschreibung eines Ortes	4
2. Bezugsrichtungen und Beschickungen	4
2.1 Bezugsrichtungen	4
2.2 Beschickungen und Magnetfelder	5
3. Geschwindigkeiten und Richtungen	6
3.1 Wahre Eigengeschwindigkeit VE	6
3.2 Grundgeschwindigkeit VG	6
3.3 Windgeschwindigkeit VW	7
3.4 Windrichtung WR	7
4. Kurse und Windeinfluss	7
4.1 Kursplanung und Kurslinie	7
4.2 Windeinfluss	9
4.3 Flugrichtung und Steuerkurs	12
4.4 Aktuelle Beobachtung und Kurs über Grund	15
5. Winddreieck	16
5.1 Konstruktion des Winddreieckes	16
5.2 Winkel des Winddreieckes	17
5.3 Windkomponenten im Winddreieck	18
5.4 Eckpunkte des Winddreieckes	20
6. Abschließende Zusammenfassung	21
6.1 Vollständiges Kursschema	21
6.2 Alphabetische Tabelle der verwendeten Begriffe	21

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

1. Das Erdkoordinatensystem

Standort- und Richtungsbestimmungen gehören zu den grundlegenden Dingen der Navigation. Um diese präzise und unabhängig von Bodenmerkmalen durchführen zu können, muss ein Bezugssystem vorhanden sein. Zu diesem Zweck ist die Erde mit einem gedachten Koordinatennetz (Gradnetz) überzogen, welches aus Längen- und Breitenkreisen besteht.

1.1 Längenkreis (Meridian) und geographische Länge

Als Längenkreise oder Meridiane werden alle Halbkreise bezeichnet, welche die geographischen Pole miteinander verbinden. Der dabei durch die Sternwarte von Greenwich verlaufende Meridian wird willkürlich **Nullmeridian** genannt.

Als Maß für die geographische Länge eines Ortes wird daher der Winkel zwischen dem Nullmeridian und dem durch den Ort verlaufenden Meridian (Ortsmeridian) benutzt, gemessen in der Äquatorebene am Erdmittelpunkt.

Der Winkel wird angegeben in Grad ($^{\circ}$), Minuten ($'$) und Sekunden ($''$).
Dabei entspricht:

$$1^{\circ} = 60'$$

$$1' = 60''$$

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Gezählt wird vom Nullmeridian aus einmal in östlicher Richtung von 000° bis 180° Ost (E)
bzw. in Richtung Westen von 000° bis 180° West (W).

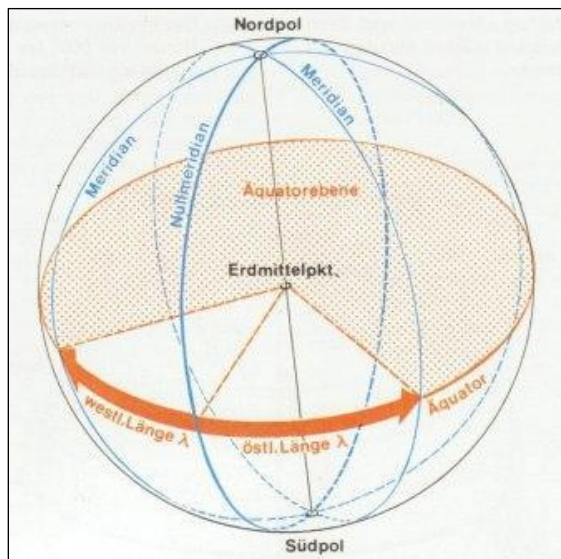


Abbildung 1: geographische Länge λ (Lambda)

1.2 Breitenkreis und geographische Breite

Die Breitenkreise stehen senkrecht zu den Meridianen und damit zur Erdachse und verlaufen parallel zueinander, deshalb nennt man sie auch „Breitenparallele“.

Als Maß für die geographische Breite dient der Winkel zwischen der Äquatorebene und einem Breitenkreis, gemessen am Erdmittelpunkt in der Ebene eines Meridians.

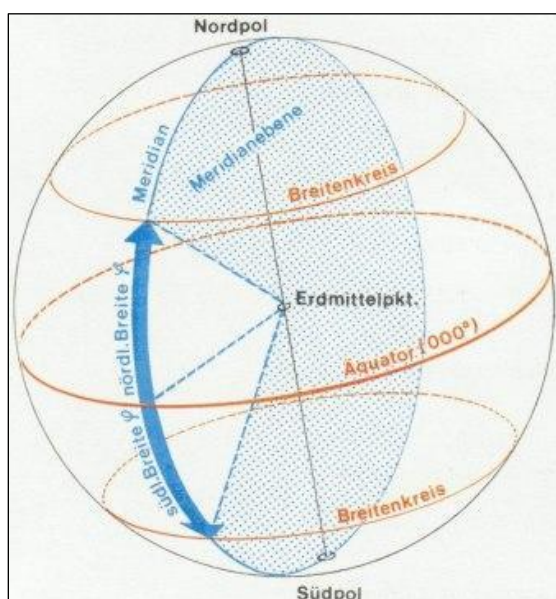


Abbildung 2: geographische Breite φ (Phi)

Wie die geographische Länge, so wird auch die geographische Breite in Grad, Minuten und Sekunden angegeben.

Gezählt wird hier vom Äquator aus in Richtung Norden von 000° bis 090° Nord (N) bzw. nach Süden von 000° bis 090° Süd (S).

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

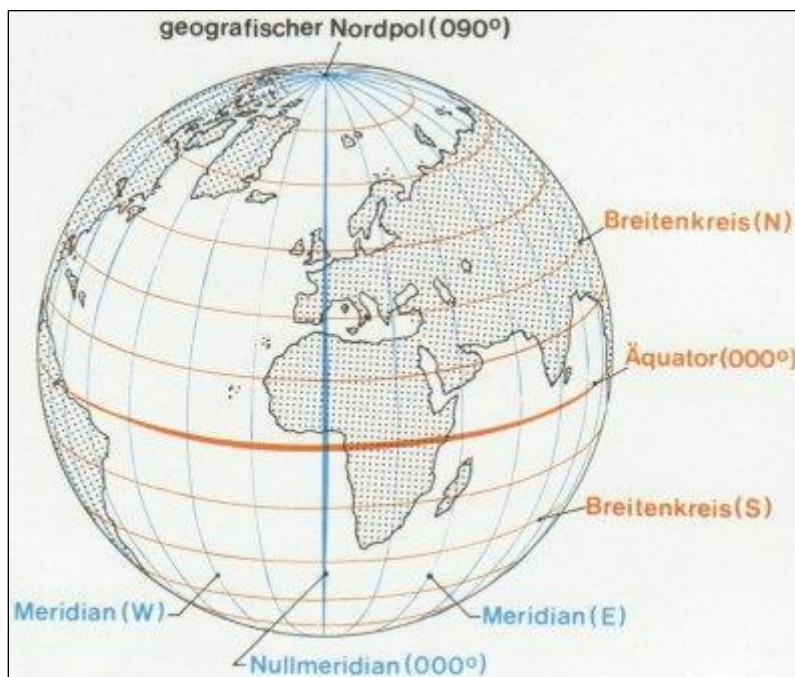


Abbildung 3: Gradnetz der Erde

1.3 Das Koordinatensystem und die Beschreibung eines Ortes

Die Abbildung 3 zeigt das vollständige Koordinatensystem der Erde.

Ein Ort wird beschrieben durch Angabe seiner geographischen Breite und seiner Länge, wobei die Breite immer zuerst genannt wird.

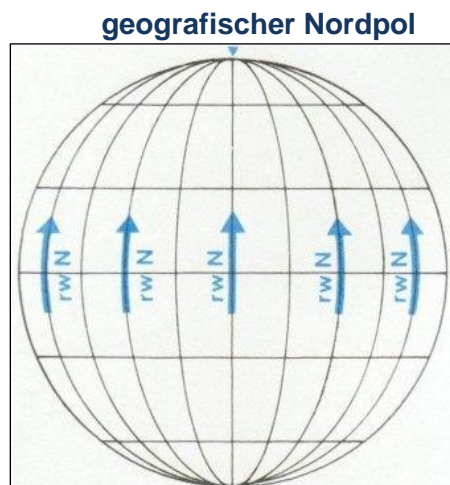
Beispiel: Flugplatz Braunschweig (EDVE)
 $52^\circ 19'14''$ N $10^\circ 33' 27''$ E

2. Bezugsrichtungen und Beschickungen

2.1 Bezugsrichtungen

Die Nordrichtung gilt in der Navigation ganz allgemein als die horizontale Bezugsrichtung. Leider gibt es drei Nordrichtungen, was uns, die wir unseren Weg finden wollen, die Navigation erschwert.

1. Rechtweisend Nord rwN (True North TN) Die rechtweisende oder auch geographische Nordrichtung ist die Richtung, die von den Meridianen bestimmt ist.



Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Abbildung 4: rechtweisend Nord rwN

2. Missweisend Nord mwN (Magnetic North MN)

Die missweisende Nordrichtung ergibt sich aus der Tatsache, dass das erdmagnetische Feld seinen Ursprung nicht in den geographischen Polen hat. Die magnetischen Pole liegen abseits der geographischen Pole.

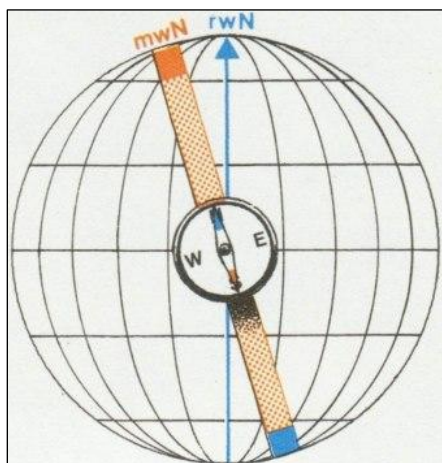


Abbildung 5a: Missweisend Nord mwN

Ihre magnetischen Feldlinien erzeugen eine eigene Bezugsrichtung. Entlang dieser Feldlinien aber richtet sich eine horizontal frei bewegliche Magnetnadel (Kompass) aus, sie nimmt die Richtung der Tangente zu den gekrümmten Feldlinien ein.

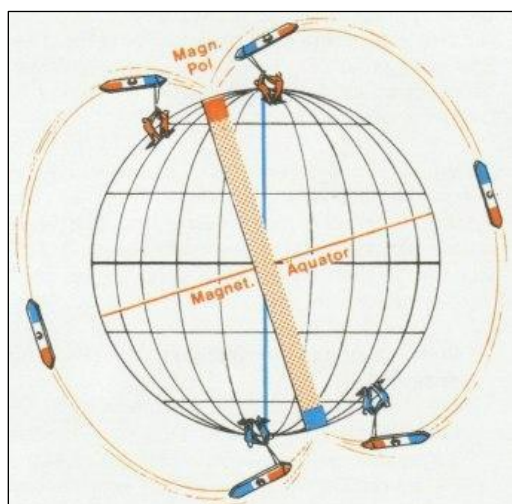


Abbildung 5b: Erdmagnetfeld

3. Kompass-Nord KN (Compass North CN)

Jedes Flugzeug, das u. a. auch aus magnetisierbarem Material besteht, besitzt einen gewissen Eigenmagnetismus. Diesen Eigenmagnetismus erhält das Luftfahrzeug in erster Linie durch die Einwirkung des erdmagnetischen Feldes. Besonders während der Bauzeit, in der das Flugzeug für längere Zeit eine bestimmte Richtung auf der Erdoberfläche einnimmt, werden Magnetpole induziert. Man spricht allgemein vom „Baukurs“ des Luftfahrzeugs.

Neben den induzierten magnetischen Polen, die ein eigenes magnetisches Kraftfeld erzeugen, bewirken auch die im Flugzeug fließenden elektrischen Ströme zusätzliche magnetische Felder.

Der Magnetkompass wird demnach nicht nur vom Magnetfeld der Erde beeinflusst, sondern auch von dem des Flugzeuges selbst.

Durch diese Einflüsse zeigt der Kompass eine Nordrichtung an, die sowohl von der geographischen als auch von der magnetischen abweicht. Diese Richtung wird Kompass-Nord KN genannt.

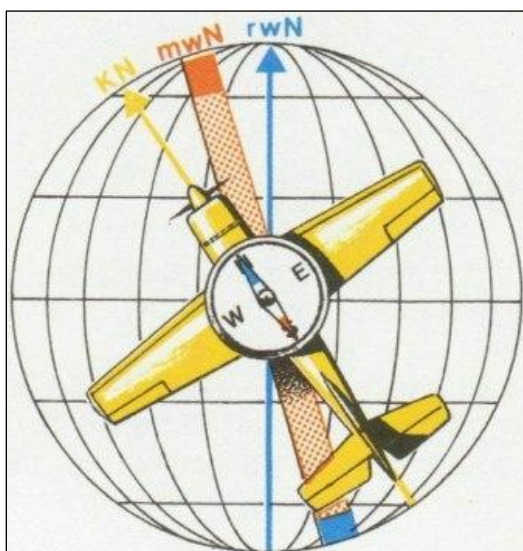


Abbildung 6: Kompass-Nord

2.2 Beschickungen und Magnetfelder

Um die vorab beschriebenen Nordrichtungen rechnerisch miteinander verknüpfen zu können, sind Korrekturwerte (Beschickungen) nötig. Den Genuß des Textes der DIN-Norm hierzu wollen wir Ihnen nicht vorenthalten:

„Beschickungen sind Korrekturen, um die die jeweils gemessenen Werte berichtigt werden müssen, um erfaßbare systematische Abweichungen auszuschalten. Die Vorzeichen der Beschickungen sind so anzugeben, dass die Summe aus Meßwert und Beschickung den richtigen Wert ergibt.“

Für die Praxis reicht erst einmal folgende Merkregel:

Nach rechts abgetragene Winkel haben immer ein positives (+), nach links abgetragene immer ein negatives (-) Vorzeichen.

1. Missweisung Mw (Variation Var)

Der Winkel zwischen rechtweisend und missweisend Nord wird Missweisung Mw genannt. Das Vorzeichen ist, ausgehend von rechtweisend Nord, wie folgt festgelegt:

- Missweisung nach Osten mit der Benennung E:
positives Vorzeichen (+)
- Missweisung nach Westen mit der Benennung W:
negatives Vorzeichen (-)

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

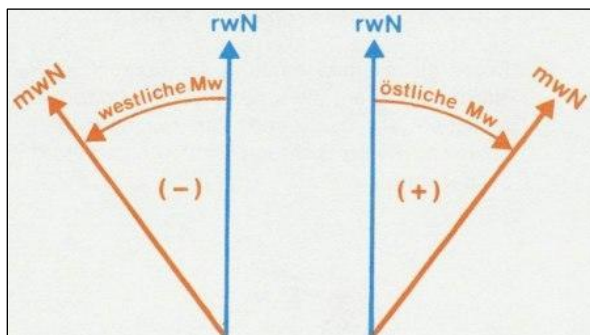


Abbildung 7: Missweisung

In der Bundesrepublik Deutschland schwankt die Missweisung zwischen etwa 1° bis 4° West.

Die Größe der Missweisung ist in Luftfahrtkarten dargestellt durch sogenannte Isogonen (Isogonen: Verbindungslinie zwischen Orten gleicher Missweisung).



Farbdarstellung meist
blau oder rot

Abbildung 8: Isogonen

Als Rechengröße in der Flugplanung wird die Missweisung benutzt, in deren Bereich die Kurslinie verläuft. Bei längeren Kurslinien müssen u. U. für Teilstrecken unterschiedliche Missweisungen entnommen werden.

Für Start-, Zwischenlande- und Zielflugplatz kann die Missweisung dem Luftfahrthandbuch (AIP, Band III) entnommen werden, in dem folgende Darstellung benutzt wird:

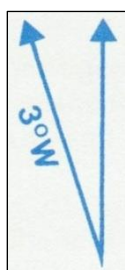


Abbildung 9:
Missweisungsangabe im Luftfahrthandbuch (AIP)

2. Deviation Dev (Deviation Dev)

Der Winkel zwischen missweisend Nord und Kompass-Nord wird Deviation Dev genannt. Für das Vorzeichen gilt, ausgehend von missweisend Nord:

- Deviation im Uhrzeigersinn: positiv (+)

- Deviation entgegen dem Uhrzeigersinn: negativ (-)

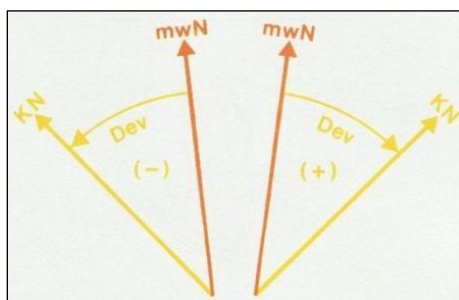


Abbildung 10: Deviation

Die Deviation ist eine flugzeugeigene Größe und somit bei jedem Flugzeug unterschiedlich. Sie ist keine feste Größe, sondern abhängig von der Richtung, in welche die Flugzeuglängsachse ausgerichtet ist.

3. Geschwindigkeiten und Richtungen

Die Grundelemente der Navigation sind Richtung, Entfernung und Zeit. Einen wichtigen Stellenwert haben aber auch die abgeleiteten Größen. z. B. die Geschwindigkeit.

Gerade für die Geschwindigkeit gibt es – bedingt durch die Methoden, sie zu messen – eine Anzahl unterschiedlicher Begriffe. Deswegen wollen wir an dieser Stelle noch einmal auf die Geschwindigkeitsbezeichnungen eingehen, die in der Navigation verwendet werden.

3.1 Wahre Eigengeschwindigkeit VE (True Airspeed TAS)

Die wahre Eigengeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, mit der sich ein Flugzeug gegenüber der es umgebenden Luft bewegt. Sie ist die Bezugsgröße in den entsprechenden Tabellen eines jeden Flughandbuches, die der navigatorischen Flugvorbereitung dienen.

Die wahre Eigengeschwindigkeit – dieses sei zur Erinnerung angemerkt – enthält Korrekturen der Einbaufehler des Fahrtmessersystems im Flugzeug sowie der von der Standardatmosphäre eventuell abweichenden Messgrößen Luftdruck und -temperatur.

3.2 Grundgeschwindigkeit VG (Ground Speed GS)

Die Grundgeschwindigkeit VG (oder auch Geschwindigkeit über Grund) beschreibt in der Navigation die Bewegung eines Flugzeuges gegenüber dem Erdboden.

3.3 Windgeschwindigkeit VW (Wind Velocity WV)

Als meteorologische Größe geht schließlich die Windgeschwindigkeit VW in die Navigation ein. Im Allgemeinen wird sie der Wetterberatung entnommen. Zweierlei sollte man dazu wissen:

Einmal ändert sich die Windgeschwindigkeit mit der Flughöhe, zum anderen wird der Höhenwind nach Stärke und Richtung aus relativ wenigen Messwerten – die durch Radiosondenaufstiege gewonnen werden – in einem Computerprogramm errechnet.

Es kommt also häufig vor, dass die tatsächliche Windgeschwindigkeit von der für die Flugplanung verwendeten Windgeschwindigkeit abweicht.

3.4 Windrichtung WR (Wind Direction WD)

Die Windrichtung hat in der Navigation eine besondere Bedeutung. Alle Richtungs-begriffe in der Navigation sind zielorientiert, d. h. sie weisen in die Bewegungsrichtung. Anders der Wind, er wird mit der Richtung bezeichnet, aus der er kommt. Dies muss auch in der zeich-

nerischen Darstellung bei der Lösung von Navigationsaufgaben berücksichtigt werden, wie später noch erläutert werden wird.

Zu beachten ist noch bei der Angabe der Windrichtung, dass der

- Höhenwind (zum Zweck der Flugplanung) **rechtweisend**
- Landebahnwind (als Information für Start und Landung) **missweisend**

angegeben wird.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

4. Kurse und Windeinfluss

4.1 Kursplanung und Kurslinie (Course Line)

Unter Kursplanung versteht man in der Luftfahrt das Festlegen der Kurslinie. Dazu gibt es im Regelfall zwei Möglichkeiten:

a) Terrestrische Navigation

Festlegung der Flugstrecke nach bodenbezogenen Merkmalen in einer für den Sichtflug geeigneten Karte, üblicherweise in der Luftfahrtkarte ICAO 1:500 000.

b) Funknavigation

Festlegung der Flugstrecke unter Benutzung von Funknavigationshilfen (VOR, NDB). Es bietet sich an, zusätzlich zur oben genannten Sichtflugkarte eine Funknavigationskarte zu Hilfe zu nehmen, weil sich aus ihr schnell die notwendigen Informationen entnehmen lassen. Für den VFR-Piloten sehr übersichtlich ist die Streckenkarte der Bundesanstalt für Flugsicherung im Maßstab 1:1 000 000. Sie umfasst aber nur den Luftraum der Bundesrepublik Deutschland, im Ausland muss dann auf andere Karten ausgewichen werden (z. B. Jeppesen Low Altitude Enroute Charts).

Es sollen zunächst die der Karte zu entnehmenden Kurse - üblicherweise Kartenkurs K (Course C) genannt - betrachtet werden.

A) Rechtweisender Kurs rwK (True Course TC)

Entnimmt man die Richtung der Kurslinie aus der Karte, so ist der Bezug die rechtweisende Nordrichtung. Den Winkel zwischen dieser Richtung der Kurslinie und rechtweisend Nord bezeichnet man als rechtweisenden Kurs rwK (auch Kartenkurs KaK genannt). Er wird stets im Uhrzeigersinn gemessen.

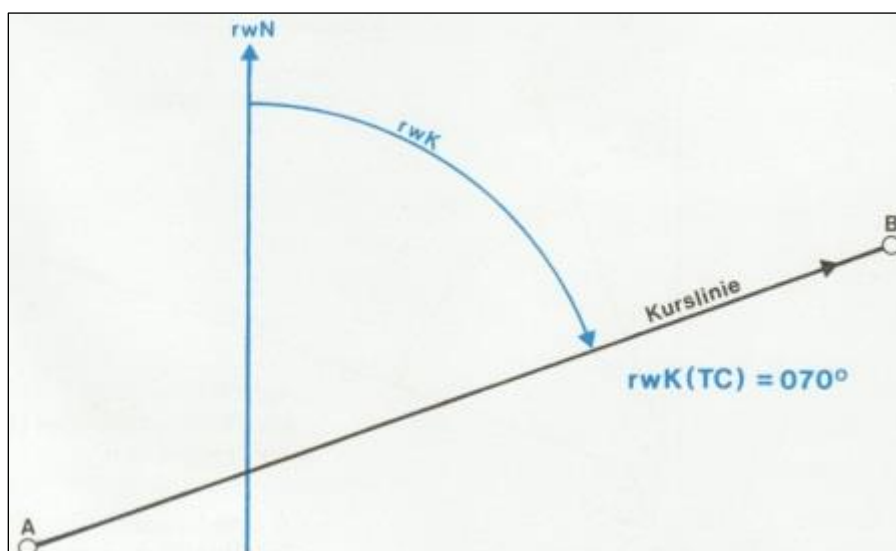


Abbildung 11: Rechtweisender Kurs

Mit diesem Kurs beginnt die Flugplanung für einen Flug nach terrestrischer Navigation, also mit Hilfe der Sichtflugkarte.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

B) Missweisender Kurs mwK (Magnetic Course MC)

Der missweisende Kurs mwK lässt sich aus dem rechtweisenden Kurs bestimmen, indem man die Missweisung berücksichtigt.

Die Missweisung wird aus der Karte entnommen, zweckmäßigerweise etwa in der Mitte der Flugstrecke, und entsprechend graphisch oder rechnerisch eingearbeitet.

Anmerkung: Der Zahlenwert für die Missweisung wird in den Beispielen absichtlich groß gewählt, um diese und folgende Zeichnungen übersichtlich zu gestalten.

Anmerkung: Bei den nachfolgenden Darstellungen sei A der Abflugort und B der Bestimmungsort

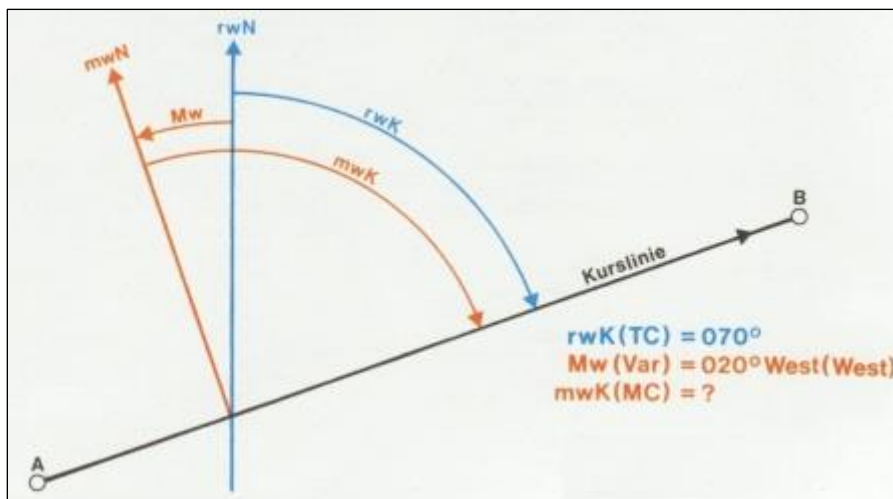


Abbildung 12a: Missweisung West

Der graphischen Darstellung ist folgender Zusammenhang zu entnehmen:

$$\text{mwK (MC)} = \text{rwK (TC)} - \text{Mw (Var)}$$

Der missweisende Kurs ergibt sich also, indem man vom rechtweisenden Kurs die Missweisung abzieht. Das überrascht zunächst etwas, denn aus dem Bild ergibt sich eigentlich deutlich, dass der missweisende Kurs größer als der rechtweisende ist.

Doch der Widerspruch löst sich rasch auf: Die Missweisung selbst wird hier nach Westen, d.h. nach links abgetragen und damit, wie vorab vereinbart, mit negativem Vorzeichen versehen. Damit ist also zu schreiben, unsere Zahlenwerte gleich eingesetzt:

$$\text{mwK (MC)} = 070^\circ - (-020^\circ)$$

Zur Erinnerung: Gleiche Vorzeichen miteinander multipliziert ergeben plus, ungleiche Vorzeichen ergeben minus.

$$\text{mwK (MC)} = 070^\circ + 020^\circ$$

$$\text{mwK (MC)} = 090^\circ$$

1. Abtritt A (Drift Angle DA)

Wird bei Windstille die Flugzeuggängsachse auf den Kartenkurs ausgerichtet, folgt das Flugzeug diesem ohne Abweichung. Bei einwirkendem Seitenwind tritt sofort eine andere Situation ein:

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

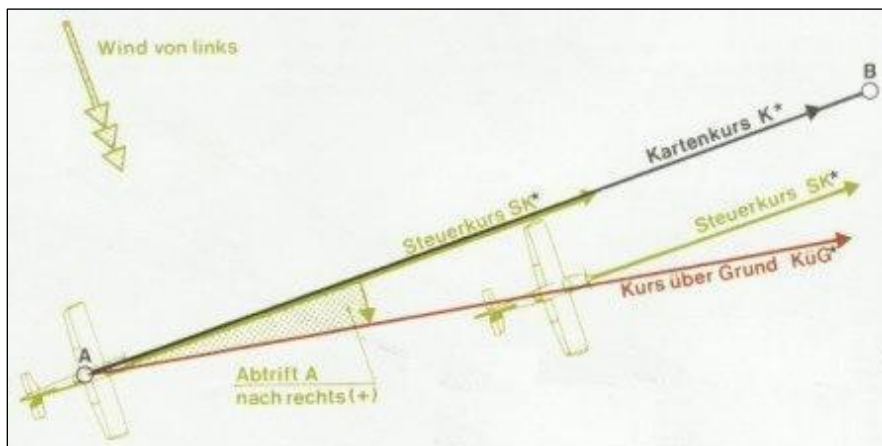


Abbildung 14a: Abtritt nach rechts

* Die saloppe Bezeichnung von Kursrichtungen ist strenggenommen falsch. Es handelt sich bei diesen Begriffen um Winkelbezeichnungen. Auf eine Darstellung als Winkel wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit und der einfachen Darstellung wegen verzichtet.

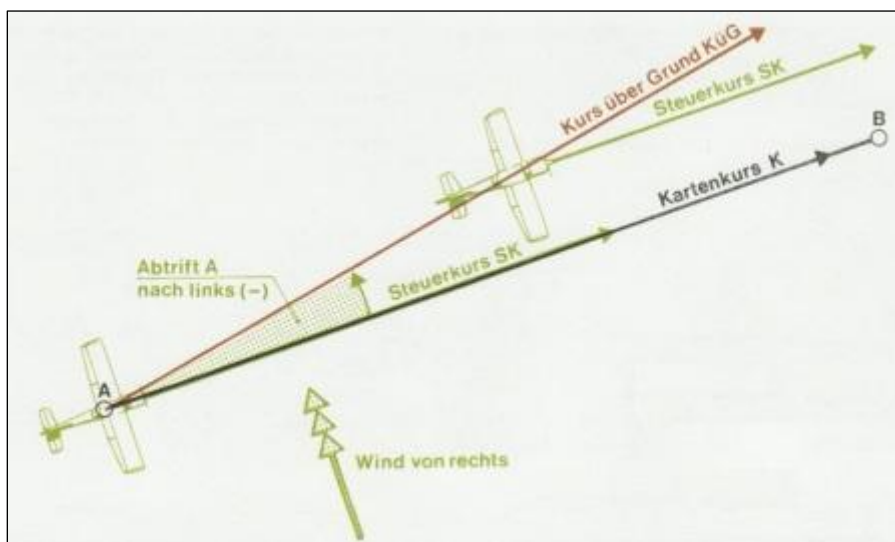


Abbildung 14b: Abtritt nach links

Das Flugzeug driftet, je nach Windrichtung und -geschwindigkeit, vom Kartenkurs ab. Es wird den Zielort B also nicht erreichen.

Der auf dem Boden projizierte Flugweg, der sich unter dem Einfluss des Windes einstellt, wird bezeichnet mit:

Kurs über Grund KÜG (Track T)

Die Ausrichtung der Flugzeuggängsachse nennt man:

Steuerkurs SK (Heading H)

Dieser Kurs bezeichnet also die Richtung, in die der Flugzeugführer steuert.

Der Winkel zwischen dem Steuerkurs (hier mit dem Kartenkurs zusammenfallend) und dem Kurs über Grund heißt:

Abtritt A (Drift Angle DA)

Abtritt entsteht also immer dann, wenn Wind von der Seite her auf die Flugrichtung einwirkt, und zwar zur windabgewandten Seite (Leeseite).

Abtrittwinkel können damit sowohl links als auch rechts des Steuerkurses liegen, es gilt die Regel:

Wind von links, Abtrittwinkel nach rechts rechnerisch: positives Vorzeichen (+)

Wind von rechts, Abtrittwinkel nach links rechnerisch: negatives Vorzeichen (-)

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

2. Luvwinkel L (Wind Correction Angle WCA)

Es ist das Interesse des Flugzeugführers, den geplanten Kartenkurs möglichst geradlinig abzufliegen. Darum bedarf es bei Seitenwind eines Vorhaltewinkels in den Wind (Luvseite), um seinen Einfluss auszugleichen, die vorher behandelte Abtritt also von vornherein zu vermeiden.



Abbildung 15a: Luvwinkel nach links

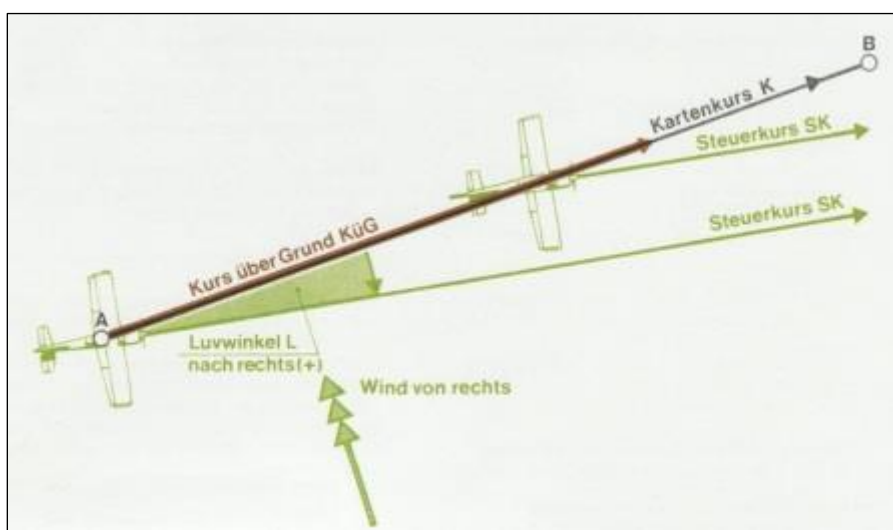


Abbildung 15b: Luvwinkel nach rechts

Der von Windrichtung und Windgeschwindigkeit abhängige Winkelbetrag, um den in den Wind vorgehalten werden muss, heißt:

Luvwinkel L (Wind Correction Angle WCA)

Der Luvwinkel beschreibt den Richtungsunterschied zwischen Steuerkurs und Kartenkurs. Er führt dazu, dass das Flugzeug – in den Wind gedreht – als projizierten Flugweg genau den Kartenkurs einhält, d. h. der Kartenkurs aus der Flugplanung entspricht auch dem tatsächlichen Kurs über Grund.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Dies gilt allerdings nur, wenn die Information über den Höhenwind richtig war, also den tatsächlichen Verhältnissen entspricht.

Für den Luvwinkel gilt folgende Merkregel:

Wind von links, Luvwinkel nach links rechnerisch: negatives Vorzeichen (–)

Wind von rechts, Luvwinkel nach rechts rechnerisch: positives Vorzeichen (+)

3. Zusätzliche Abdrift D_z (Drift additional D_a)

Bei der Flugvorbereitung wird der Luvwinkel im Allgemeinen aufgrund der Windangaben des Flugwetterdienstes errechnet. Sie weichen jedoch häufig von den tatsächlich herrschenden Windverhältnissen ab.

Das bedeutet für die fliegerische Praxis, dass sich unser Flugzeug trotz Einhaltung des errechneten Luvwinkels nicht entlang des Kartenkurses bewegt, sondern versetzt davon.

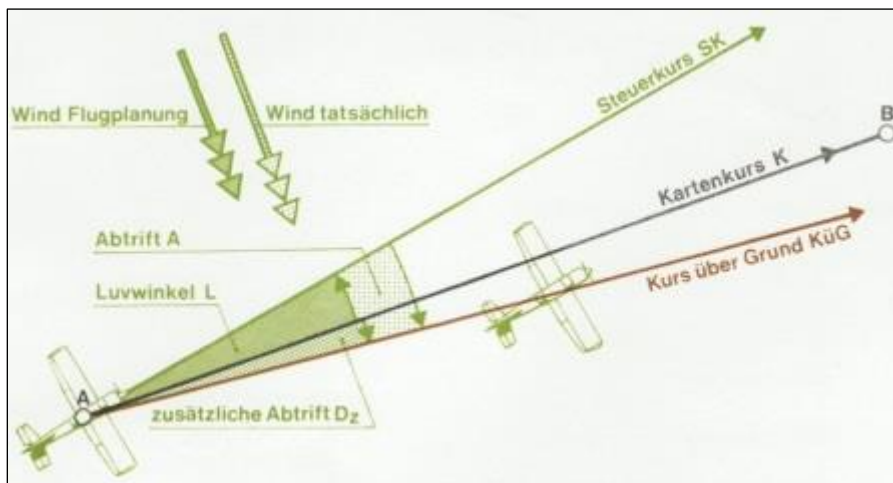


Abbildung 16: Kurs über Grund

Es lässt sich folgender Zusammenhang ablesen:

$$A (DA) = -L (WCA) + D_z (D_a)$$

Der projizierte Flugweg (Kurs über Grund) unterscheidet sich vom Kartenkurs um die zusätzliche Abdrift D_z .

Als Rechenregel gilt folgender Zusammenhang:

Zusätzliche Abdrift links vom Kartenkurs negatives Vorzeichen (–)

Zusätzliche Abdrift rechts vom Kartenkurs: positives Vorzeichen (+)

Stimmt der bei der Flugplanung angenommene Wind in Richtung und Stärke mit dem tatsächlichen überein, dann fallen Kartenkurs und Kurs über Grund zusammen.

4.3 Flugrichtung und Steuerkurs

Der Begriff Steuerkurs ist im vorherigen Unterkapitel als die Richtung der Flugzeuglängsachse, also als die Richtung, die der Flugzeugführer steuert, definiert worden.

Genau, wie es für den Kartenkurs notwendig war, muss nun auch der Steuerkurs auf eine Nordrichtung bezogen werden.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

1. Rechtweisender Steuerkurs rwSK (True Heading TH)

Der rechtweisende Steuerkurs rwSK ergibt sich, wenn der rechtweisende Kurs mit einem Luvwinkel verbunden wird.

Die Berücksichtigung des Windeinflusses hat genau an dieser Stelle zu erfolgen, da der Höhenwind – als Grundlage für die Flugplanung – rechtweisend angegeben wird. Nur rechtweisende Größen können miteinander verknüpft werden.

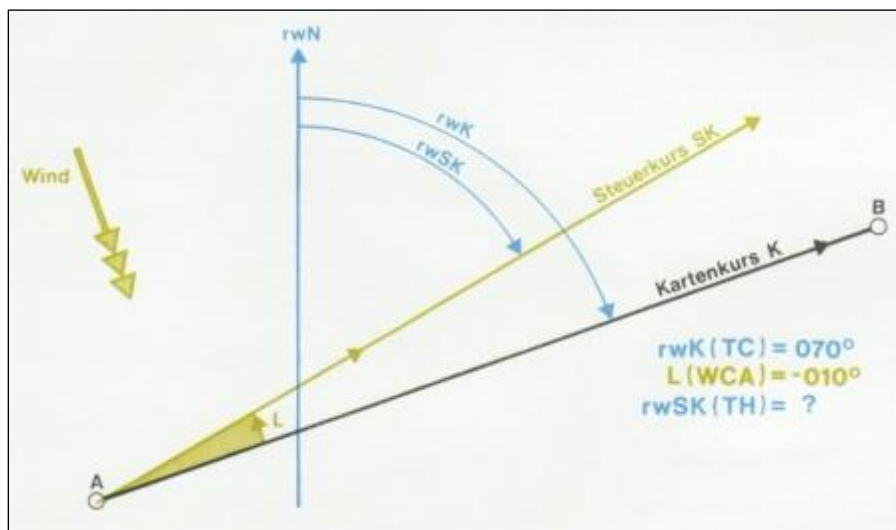


Abbildung 17: Rechtweisender Steuerkurs

Es gilt allgemein:

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

Hier kommt der Wind von links. Der Luvwinkel erhält also, wie im vorigen Kapitel gezeigt, ein negatives Vorzeichen.

Für unser Beispiel heißt das:

$$rwSK (TH) = 070^\circ + (-010^\circ)$$

$$rwSK (TH) = 060^\circ$$

2. Missweisender Steuerkurs mwSK (Magnetic Heading MH)

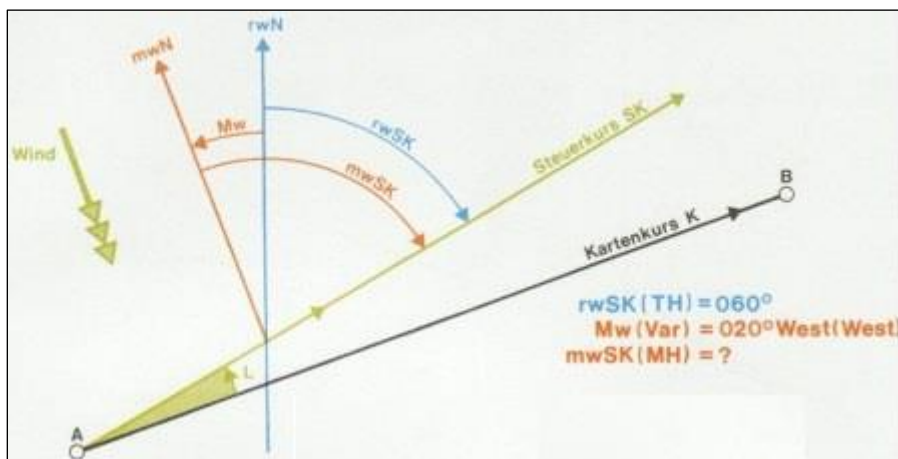
Entsprechend der Verwandlung des rechtweisenden Kurses in den missweisenden, wird der rechtweisende Steuerkurs zum missweisenden Steuerkurs durch Berücksichtigung der Missweisung,

Es gilt allgemein:

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

$$mwSK (MH) = 060^\circ - (-020^\circ)$$

$$mwSK (MH) = 080^\circ$$



Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Abbildung 18: Missweisender Steuerkurs

3. Kompass-Steuerkurs KSK (Compass Heading CH)*

* Der Begriff „Kompass-Steuerkurs KSK“ anstatt des normgerechten Begriffes „Kompasskurs KK“ wurde hier absichtlich benutzt, um die unterschiedliche Bedeutung der Begriffe: Kurs, Steuerkurs und Kurs über Grund hervorzuheben. Der englische Begriff Heading deutet auf diese Logik hin. Es wurde angeregt, die DIN 13312 entsprechend zu ändern.

Der Kompass-Steuerkurs KSK ergibt sich aus dem missweisenden Steuerkurs durch Berücksichtigung der Deviation. Die Größe und Richtung der Deviation wird entweder aus einer Deviations- oder Steuertabelle entnommen. Die Tabelle ist üblicherweise am oder in der Nähe des Magnetkompasses angebracht und kann folgendes Aussehen haben:

Soll											
N	30	60	O	120	150	S	210	240	W	300	330
Deviation											
-1	-1	-2	0	+1	+1	+1	+2	+3	+1	-1	-2
ELEKTRON. ANLAGE											
EIN		DATUM		PROFER		FL					

FOR											
N	30	60	O	120	150	S	210	240	W	300	330
STEUERE											
001	031	062	090	119	149	179	208	237	269	301	332
ELEKTRON. ANLAGE											
EIN		DATUM		PROFER		FL					

Abbildung 19: Deviations- und Steuertabelle

Der Unterschied der beiden Tabellen besteht darin, dass die Werte der Deviationstabelle rechnerisch verarbeitet werden müssen, während die Steuertabelle dem Piloten direkt die Zielinformation des zu steuernden Kurses gibt. Üblicherweise findet man in den Luftfahrzeugen heute Steuertabellen.

Anmerkung: Der Zahlenwert für die Deviation wurde – wie bei der Missweisung – in den Beispielen absichtlich groß gewählt, um diese und folgende Zeichnungen übersichtlich zu gestalten. In der Praxis sind Deviationswerte über $\pm 10^\circ$ unzulässig.

1. Rechtweisender Kurs über Grund rwKüG (True Track TT)

Der rechtweisende Kurs über Grund rwKüG wird bezogen auf die rechtweisende Nordrichtung rwN.

Aus der Abbildung lassen sich die folgenden Zusammenhänge erkennen:

$$(1) \text{ rwKüG (TT) = rwK (TC) + } D_z \text{ (D}_a\text{)}$$

$$(2) \text{ rwKüG (TT) = rwSK (TH) + A (D}_a\text{)}$$

Zum Vorzeichen der zusätzlichen Abtrift D_z und der Abtrift A s. Kap. 4.2.

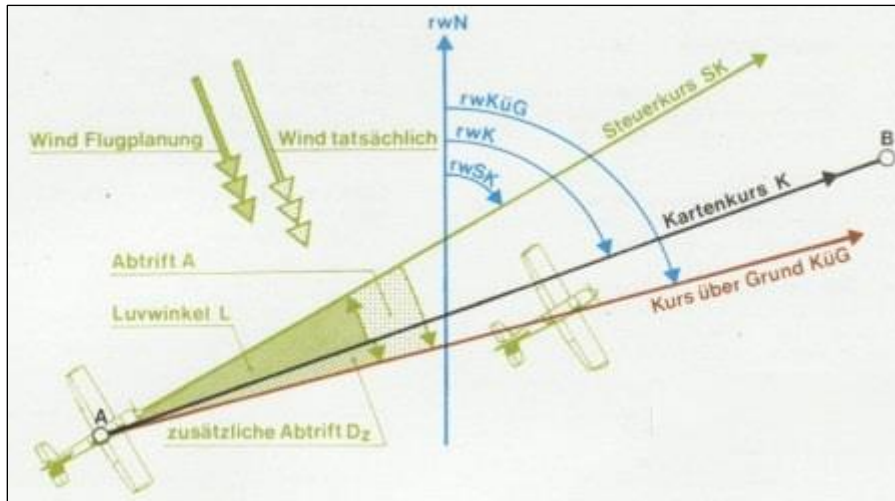


Abbildung 21: Rechtweisender Kurs über Grund

2. Missweisender Kurs über Grund mwKüG (Magnetic Track MT)

Der missweisende Kurs über Grund mwKüG wird auf die magnetische Nordrichtung bezogen. Es gilt allgemein:

$$\text{mwKüG (MT) = rwKüG (TT) - } M_w \text{ (Var)}$$

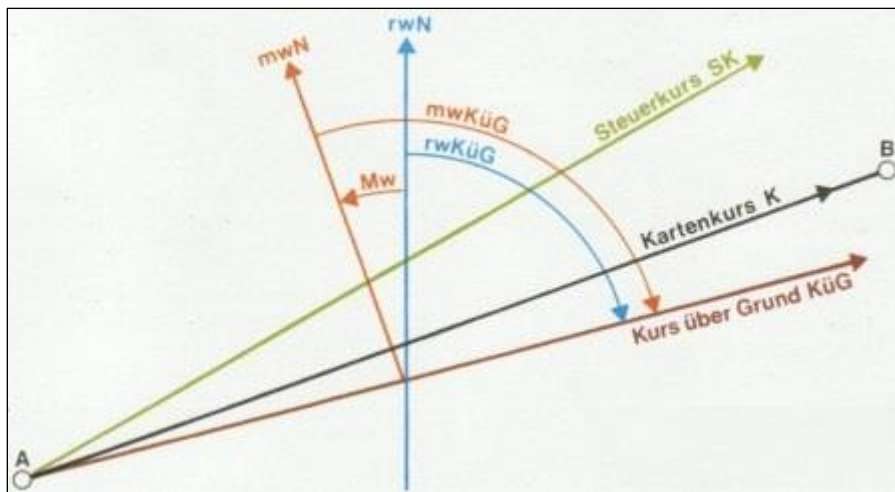


Abbildung 22: Missweisender Kurs über Grund

5. Winddreieck

Das sogenannte "Winddreieck" ist ein Darstellungsverfahren, mit dem sich Kursrichtungen und Fluggeschwindigkeiten bestimmen lassen. Es kann sowohl zeichnerisch als auch rech-

nerisch erfolgen. Insgesamt sechs Werte bestimmen Form und Lage des Winddreiecks. Drei davon sind Richtungen bzw. Winkel:

Rechtweisender Kurs rwK (TC)

Windrichtung W_R (WD)

Luvwinkel L (WCA)

Die anderen drei sind Geschwindigkeiten:

Wahre Eigengeschwindigkeit V_E (TAS)


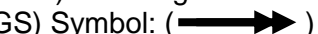

Grundgeschwindigkeit V_G (GS)

Windgeschwindigkeit V_W (WV)

Das Lösungsverfahren sowohl zeichnerisch als auch rechnerisch ist durchführbar, wenn jeweils vier Werte bekannt sind. Dann lassen sich die zwei unbekanntenen Werte bestimmen.

Die Seiten des Winddreiecks sind Vektoren. Sie enthalten somit zwei Informationen: die Pfeilspitze beschreibt die Richtung und die Länge der Seite, in diesem Fall maßstäblich die Geschwindigkeit.

Damit kann man die Seiten wie folgt bezeichnen:

1. Steuerkurs-Vektor (Air vector) Richtungsinformation: $rwSK$ (TH) Geschwindigkeitsinformation: V_E (TAS) Symbol: ()
2. Kurs über Grund-Vektor (Ground vector) Richtungsinformation: rwK (TC) Geschwindigkeitsinformation: V_G (GS) Symbol: ()
3. Wind-Vektor (Wind vector) Richtungsinformation: Windrichtung W_R (WD) Geschwindigkeitsinformation: V_W (WV) Symbol: ()

Es gibt, abhängig davon, welche Werte bekannt sind, sogenannte "Grundaufgaben der Navigation".

Die wichtigste von ihnen ist die „Flugplanungsaufgabe“.

Bekannt sind:

Windrichtung W_R (WD)

Windgeschwindigkeit V_W (WV)

Rechtweisender Kurs rwK (TC)

Wahre Eigengeschwindigkeit V_E (TAS)

Gesucht sind:

Luvwinkel L (WCA)

Grundgeschwindigkeit V_G (GS)

5.1 Die Konstruktion des Winddreiecks

Für diese Aufgabe soll hier das zeichnerische Verfahren zur Lösung beschrieben werden.

Wir geben uns vor:

rwK (TC) = 070°

V_E (TAS) = 100 kt

W_R (WD) = 300°

V_W (WV) = 20 kt

Anmerkung: Der Wind wird meist als zusammengefaßte Größe folgendermaßen angegeben: $W/V = 300^\circ/120 \text{ kt}$.

Eine Variante in den Prüfungsaufgaben, auf die Sie sicherlich nicht herfallen werden, besteht darin, die Geschwindigkeiten in unterschiedlichen Maßeinheiten vorzugeben.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

1. Schritte zur Konstruktion des Winddreieckes

- 1 Geschwindigkeitsmaßstab festlegen (es bietet sich an, um die Lösung noch auf einem DIN-A4-Bogen unterbringen zu können: $10 \text{ kt} = 1 \text{ cm}$)
- 2 Geographische Nordrichtung rwN (TN) festlegen
- 3 Rechtweisenden Kurs rwK (TC) einzeichnen
- 4 In Kursrichtung Hilfsmeridian einzeichnen
- 5 Im Schnittpunkt Hilfsmeridian/rechtweisender Kurs mit Windgeschwindigkeit Wind in Ursprungsrichtung abtragen (Wind-Vektor).
- 6 Um den Anfangspunkt des Windvektors Kreisbogen mit wahrer Eigengeschwindigkeit VE (TAS) auf rechtweisenden Kurs schlagen
- 7 Schnittpunkt Kreisbogen/rechtweisender Kurs mit Anfangspunkt des Windvektors verbinden (Steuerkurs-Vektor)
- 8 Auf rechtweisendem Kurs (Kurs über Grund-Vektor) Grundgeschwindigkeit VG (GS) ausmessen (Maßstab!)
- 9 Luvwinkel L (WCA) zwischen rechtweisendem Kurs rwK (TC) und rechtweisendem Steuerkurs $rwSK$ (TH) entnehmen

Anmerkung: Der Luvwinkel L (WCA) wird immer von rwK (TC) zum $rwSK$ (TH) gemessen (Vorzeichen!).

2. Graphische Darstellung des Winddreieckes

Lösung zu Abbildung 23:

- 8 VG (GS) = 112 kt
- 9 L (WCA) = -009°

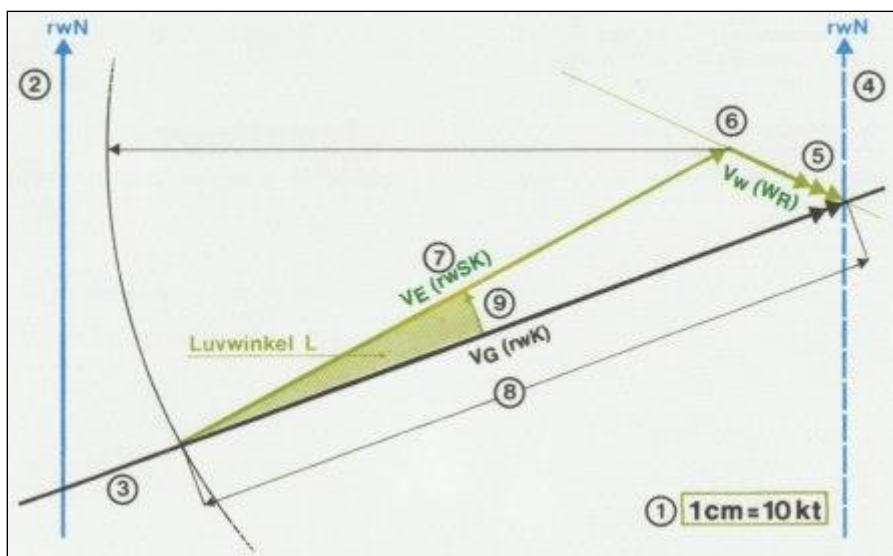


Abbildung 23: Winddreieck

5.2 Winkel des Winddreiecks

In der bisherigen Betrachtung wurde von den sich ergebenden Winkeln nur der Luvwinkel L behandelt. Verständlicherweise gibt es jedoch auch Bezeichnungen für die Winkel zwischen Kurs über Grund-Vektor und Wind-Vektor sowie zwischen Steuerkurs-Vektor und Wind-Vektor.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Der Vollständigkeit halber seien hier alle Winkel im Winddreieck mit den entsprechenden Definitionen aufgeführt:

1. Luvwinkel L (Wind Correction Angle WCA)

Winkel zwischen dem rechtweisenden Kurs rwK und dem rechtweisenden Steuerkurs $rwSK$. Er wird vom rechtweisenden Kurs rwK aus nach rechts als positiv (+), nach links als negativ (-) gemessen.

2. Windwinkel ww (Wind Angle WA)

Winkel zwischen der Richtung des rechtweisenden Kurses rwK und der Richtung, aus der der Wind kommt. Er wird vom rechtweisenden Kurs rwK aus nach rechts von 000° bis $+180^\circ$ positiv (+) gemessen, nach links von 000° bis -180° negativ (-).

3. Windeinfallwinkel we (Relative Wind Angle RWA)

Winkel zwischen der Richtung des rechtweisenden Steuerkurses $rwSK$ und der Richtung, aus der der Wind kommt. Er wird vom rechtweisenden Steuerkurs $rwSK$ aus nach rechts von 000° bis $+180^\circ$ positiv (+) gemessen, nach links von 000° bis -180° negativ (-) gemessen.

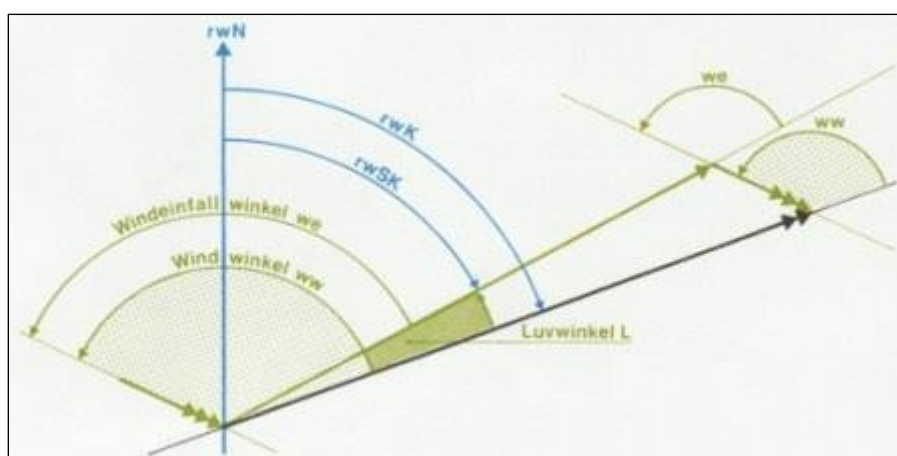


Abbildung 24: Winkel im Winddreieck

Aus der graphischen Darstellung lässt sich folgende Beziehung ableiten (zur Veranschaulichung wurden die Winkel zusätzlich zentral dargestellt):

$$ww = we + L$$

5.3 Windkomponenten im Winddreieck

Häufig ist es nützlich, den Wind in Komponenten zu zerlegen:

1. Querwindkomponente QWKp (Cross Wind Component CWC)

Bezeichnung der Komponente, die senkrecht zur Richtung des Weges über Grund wirkt (Abb. 25a + 25b)

2. Gegenwindkomponente GWKp (Head Wind Component HWC)

Bezeichnung der Komponente, die längs des Weges über Grund wirkt; sie gibt es bis zu einem Windwinkel von maximal $\pm 90^\circ$.

(Abb. 25a)

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

3. Rückenwindkomponente RWKp (Tail Wind Component TWC)

Bezeichnung der Komponente, die längs des Weges über Grund bei einem Windwinkel von $\pm 90^\circ$ bis $\pm 180^\circ$ wirkt.

(Abb. 25b)

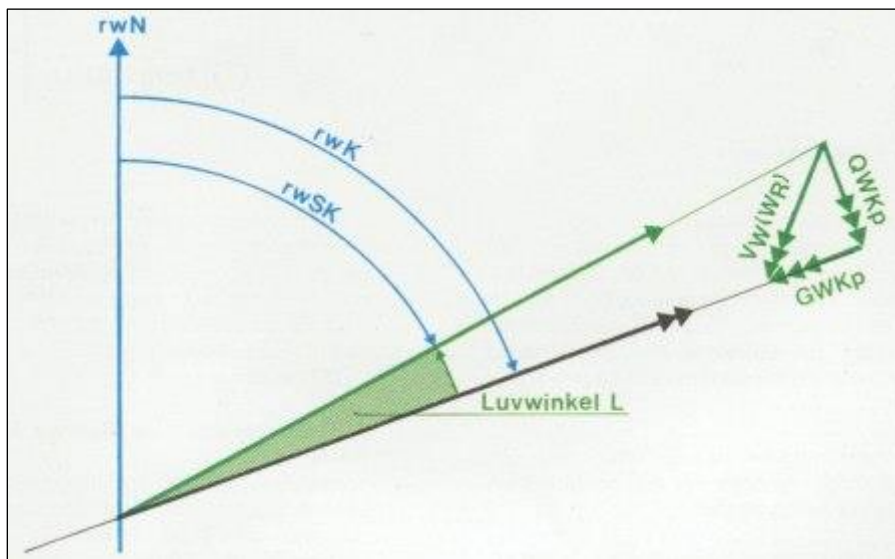


Abbildung 25a: Windkomponenten (Gegenwind)

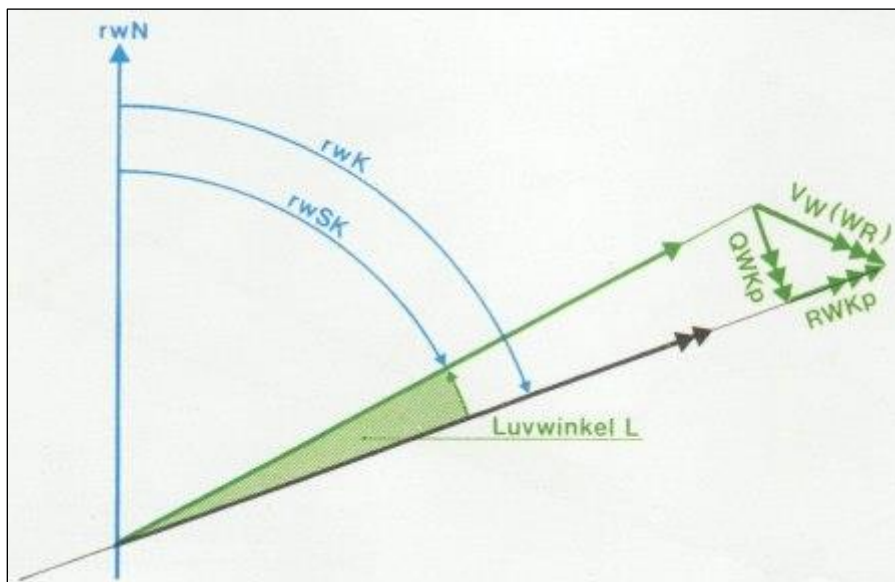


Abbildung 25b: Windkomponenten (Rückenwind)

4. Windkomponenten bei Start und Landung

Da die Zerlegung des Windes in Komponenten im Fluge weniger Bedeutung hat – sie fließt in die Kursberechnung ein, ohne gesondert ermittelt zu werden – sei hier noch auf die Ermittlung der Windkomponenten für Start und Landung hingewiesen. Es sei daran erinnert, dass

sowohl Landebahnrichtungen als auch der Landebahnwind missweisend angegeben werden.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

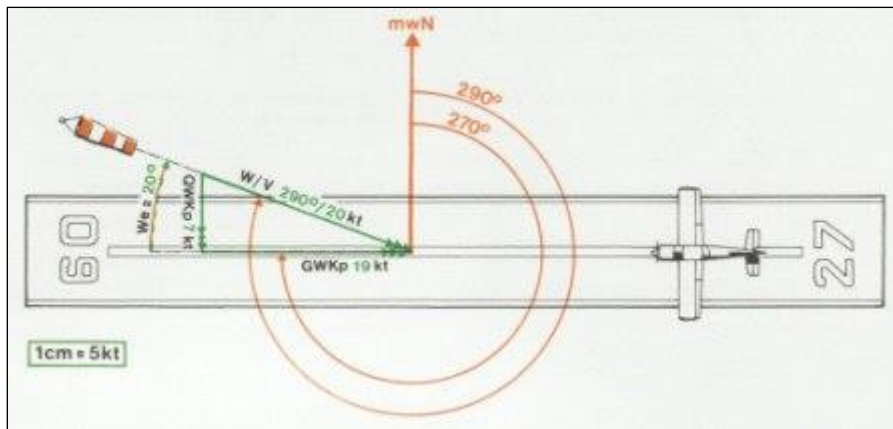


Abbildung 26a: Windkomponenten bei Start und Landung

Flughandbücher enthalten häufig ein Diagramm zur Ermittlung der Windkomponenten. Dazu ein Beispiel aus dem Handbuch der Cessna F 172 P. Die Zahlenwerte aus Abbildung 26a sind in das Diagramm eingezeichnet.

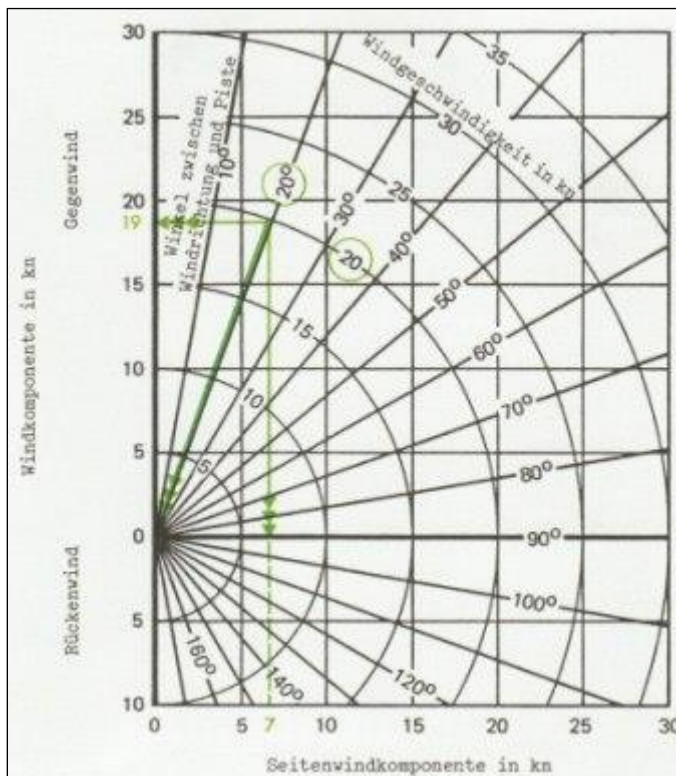


Abbildung 26b: Windkomponenten Flughandbuch


5.4 Eckpunkte des Winddreiecks

In der DIN 13312 und in der einschlägigen Literatur zur Navigation werden auch die Eckpunkte des Winddreiecks und die Position des Flugzeuges im Falle einer Kursablage definiert:

1. Windstillepunkt (Air Position)


Bezeichnung der Position, die das Flugzeug nach einer bestimmten Flugzeit relativ zur umgebenden Luft erreichen würde, einfacher gesagt: der Endpunkt des Steuerkurs-Vektors.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Symbol: 


2. Koppelort O_k (Dead Reckoning Position DR-Pos.)

Bezeichnung der voraussichtlichen Position über Grund nach einer bestimmten Flugzeit unter Berücksichtigung des angenommenen Windes. Es handelt sich um einen Begriff aus der Koppelnavigation. Dieses Navigationsverfahren setzt die wirkliche Bewegung des Flugzeuges aus Komponenten (Vektoren) zusammen. In der zeichnerischen Darstellung des Winddreiecks ergibt sich der Koppelort durch Aneinanderreihung des Steuerkurs-Vektors und des Wind-Vektors, also als Endpunkt des Kurs über Grund-Vektors.

Symbol: 

3. Beobachteter Ort/Standort O_b (Fix Position, abgek.: Fix)

Bezeichnung der beobachteten Position des Flugzeuges über Grund. Dieser Punkt bewegt sich, wenn angenommener und tatsächlicher Wind übereinstimmen, entlang des rechtweisenden Kurses. Stimmen die Windverhältnisse nicht überein, weist der Punkt eine entsprechende Ablage vom rechtweisenden Kurs (Einfluß der zusätzlichen Drift D_z) auf.

Symbol: 

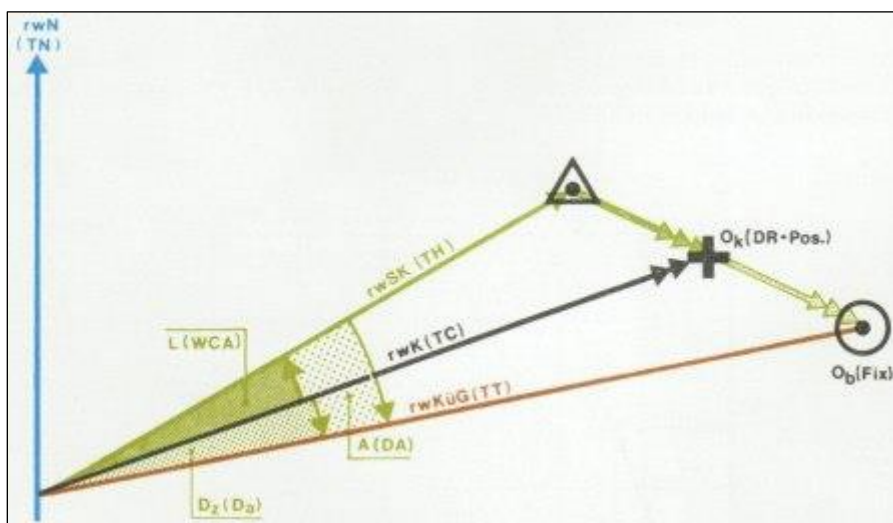


Abbildung 27: Eckpunkte des Winddreiecks

Die für den Windstillpunkt (Air Position), Koppelort O_k (Dead Reckoning Position DR-Pos.) sowie Beobachteten Ort O_b (Fix Position) verwendeten Symbole sind nach der DIN 13312 gewählt worden. Diese steht im Einklang mit ICAO Annex 6.

Dieser Text wurde
heruntergeladen von der Seite
www.PilotUndRecht.de

Daß in der Praxis die verwendeten Symbole in anderer Zuordnung gebräuchlich sind, ist bekannt. Im Sinne einer einheitlichen Bezeichnung sollten die Symbole DIN-gerecht verwendet werden. 20

6. Abschließende Zusammenfassung

6.1 Vollständiges Kursschema

Als Abschluß haben wir alle bisher erläuterten Kursbegriffe in einem Schema zusammengefaßt. Das bietet die Möglichkeit, die Zusammenhänge mit einem Blick (!?) zu erfassen:

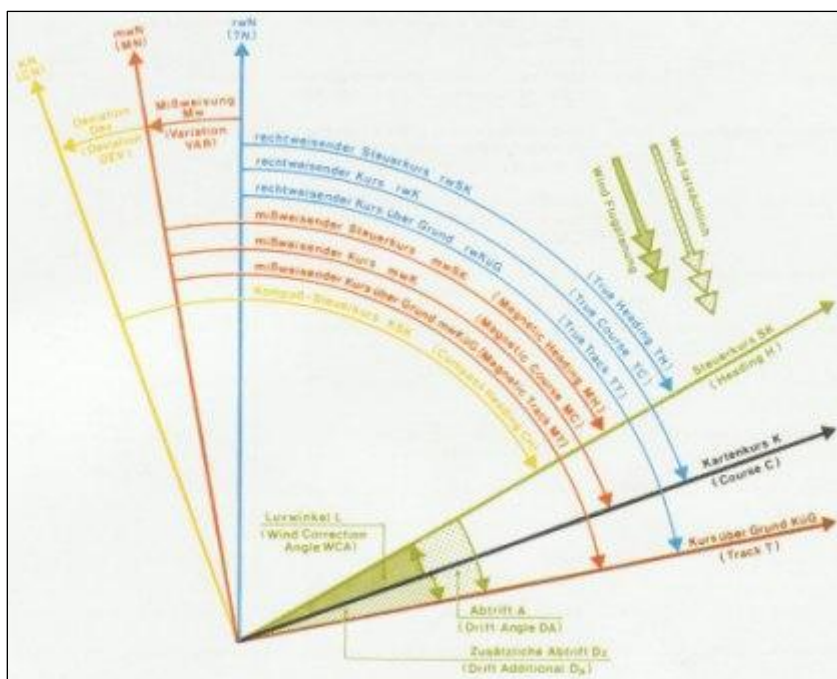


Abbildung 28: Vollständiges Kursschema

6.2 Alphabetische Tabelle der verwendeten Begriffe

Zum Nachschlagen haben wir alle Begriffe alphabetisch in einer Tabelle zusammengefaßt. Die Auflistung enthält auch die Begriffe, die nach DIN 13312 nicht gebräuchlich sind, mit einem Querverweis auf den normgerechten Begriff. (Die fett gedruckten Abkürzungen entsprechen der DIN 13312, die anderen sind in der Norm noch nicht enthalten.)

Deutsch		Englisch		
Benennung	Abkürz.	Erklärung	Benennung	Abkürz
Abtritt (-winkel)	A	Winkel zwischen der Vorausrichtung der Flugzeulängsachse und der tatsächlichen Richtung des Weges über Grund	Drift Angle	DA
Angenommener Wind		Windrichtung und Windgeschwindigkeit für die Flugplanung (Flugwetterdienst)	Wind Flight Planning	

Beabsichtigte Richtung	KaK	Bewegungsrichtung, die bei der Flugplanung vorgesehen ist (Kartenkurs)	Course	C
Beobachteter Ort	O_b	Tatsächliche Position des Flugzeuges über Grund	Fix Position	Fix
Breitenkreis		Verbindungsline aller Orte mit der gleichen geographischen Breite	Parallel of Latitude	
Deviation	Dev	Winkel zwischen missweisend Nord und Kompass-Nord, ausgehend von missweisend Nord	Deviation	Dev
Gegenwindkomponente	GWKp	Längs des Weges über Grund auf das Flugzeug wirkende Komponente des Windes bis zu einem Windwinkel von 000 bis maximal $\pm 090^\circ$	Head Wind Component	HWC
Geographische Breite		Winkel am Erdmittelpunkt zwischen der Äquatorebene und dem Erdradius des betreffenden Ortes	Latitude	Lat
Geographische Länge		Sphärischer Winkel an den Polen zwischen dem Nullmeridian und dem Ortsmeridian	Longitude	Lon
Geographische Nordrichtung	gN	Richtung zum geographischen Nordpol	True North	TN
Geschwindigkeit über Grund	V _G	Geschwindigkeit des Flugzeuges über Grund	Ground Speed	GS
Grundgeschwindigkeit	V _G	Kurzform von Geschwindigkeit über Grund (s. Geschwindigkeit über Grund)	Ground Speed	GS
Kartenkurs	KaK (K)	Winkel zwischen rechtweisend Nord und der, der Navigationskarte entnommenen beabsichtigten Richtung des Weges über Grund.	Course	C
Kompass-Kurs	KK	Winkel zwischen Kompass-Nord und der Richtung des Kartenkurses	Compass Course	CC
Kompass-Nord	KN	Kompass-Nordrichtung	Compass North	CN
Kompass-Steuerkurs	KSK	Anstatt des Normbegriffes Kompass-Kurs verwendet (s. S. 13)	Compass Heading	CH
Koordinaten		Beschreibung eines Ortes durch Geographische Breite und Länge Merke: Breite immer vor Länge	Coordinate System	
Koppelort	O_k	Voraussichtliche Position des Flugzeuges über Grund nach einer bestimmten Flugzeit unter Berücksichtigung des angenommenen Windes	Dead Reckoning Position	DR-Pos
Kurslinie		Verbindungsline zwischen 2 Streckenpunkten in der Karte	Course Line	

Kurs über Grund	KÜG	Beobachtete (tatsächliche) Richtung des Weges über Grund	Track	T
Längengrad		Verbindungsline aller Orte mit der gleichen geographischen Länge	Meridian of Longitude	
Luvwinkel	L	Winkel zwischen Kartenkurs (Richtung des beabsichtigten Weges über Grund) und Steuerkurs (Voraus-Richtung der Flugzeuglängsachse)	Wind Correction Angle	WCA
Meridian		andere Bezeichnung für Längengrad	Meridian	
Missweisend Nord	mwN	Richtung der Horizontalkomponente des erdmagnetischen Feldes	Magnetic North	MN
Missweisender Kurs	mwK	Winkel zwischen der magnetischen Nordrichtung und der beabsichtigten Richtung des Weges über Grund	Magnetic Course	MC
Missweisender Steuerkurs	mwSK	Winkel zwischen der magnetischen Nordrichtung und der Voraus-Richtung der Flugzeuglängsachse	Magnetic Heading	MH
Missweisender Kurs über Grund	mwKÜG	Winkel zwischen der magnetischen Nordrichtung und der tatsächlichen Richtung über Grund	Magnetic Track	MT
Missweisung	Mw	Winkel zwischen rechtweisend Nord und missweisend Nord, ausgehend von rechtweisend Nord nach Osten (E) mit positivem Vorzeichen, nach Westen (W) mit negativem Vorzeichen	Variation	Var
Nullmeridian		Willkürlich festgelegter Meridian, der als Ausgangsline für die Bezeichnung der Meridiane ausgewählt wurde (Verläuft durch die Sternwarte von Greenwich)	Greenwich Meridian (Prime Meridian)	
Ortsmeridian		Bezeichnung für den Meridian, der durch einen bestimmten Ort verläuft	Local Meridian	
Ortsmissweisung	OM	andere Bezeichnung für Missweisung	Variation	Var
Querwindkomponente	QWKp	Senkrecht zur Richtung des Weges über Grund stehende Komponente des Windes	Cross Wind Component	CWC
Rechtweisend Nord	rwN	Geographische Nordrichtung	True North	TN
Rechtweisender Kurs	rwK	Winkel zwischen rechtweisend Nord und der beabsichtigten Richtung des Weges über Grund (auch Kartenkurs)	True Course	TC

Rechtweisender Steuerkurs	rwSK	Winkel zwischen rechtweisend Nord und der Voraus-Richtung der Flugzeuglängsachse	True Heading	TH
Rechtweisender Kurs über Grund	rwKüG	Winkel zwischen rechtweisend Nord und der tatsächlichen Richtung des Weges über Grund	True Track	TT
Rückenwindkomponente	RWKp	Längs des Weges über Grund auf das Flugzeug wirkende Komponente des Windes bei einem Windwinkel von $\pm 090^\circ$ bis $\pm 180^\circ$	Tail Wind Component	TWC
Standort		andere Bezeichnung für den beobachteten Ort	Fix Position	
Steuerkurs	SK	Voraus-Richtung der Flugzeuglängsachse	Heading	H
Tatsächliche Richtung		Flugrichtung, die sich als Folge aller wirkenden Einflüsse ergibt (Kurs über Grund)	Track	T
Tatsächlicher Wind		Während des Fluges angetroffene Windrichtung und Windgeschwindigkeit	Wind actual	
Voraus-Richtung		In die Horizontalebene projizierte, nach vorn orientierte Richtung der Flugzeuglängsachse (auch Recht-voraus-Richtung genannt)	Heading	H
Wahre Eigengeschwindigkeit	V_E	Eigengeschwindigkeit des Flugzeuges gegenüber der umgebenden Luft (Einbaufehler und Dichtekorrektur sind berücksichtigt)	True Air Speed	TAS
Weg über Grund		Bewegungsrichtung des Flugzeuges, auf die Erdoberfläche projiziert	Track	T
Windeinfallwinkel	We	Winkel zwischen Steuerkurs (Voraus-Richtung der Flugzeuglängsachse) und der Richtung, aus welcher der Wind kommt	Relative Wind Angle	RWA
Windgeschwindigkeit	V_W	Bewegungsgeschwindigkeit des Windes	Wind Speed	WS
Windrichtung	W_R	Höhenwind: Winkel zwischen rechtweisend Nord und der Richtung, aus welcher der Wind kommt Bodenwind: Winkel zwischen missweisend Nord und der Richtung, aus welcher der Wind kommt	Wind Direction	WD
Windwinkel	Ww	Winkel zwischen Kurs über Grund (Richtung des Weges über Grund) und der Richtung, aus welcher der	Wind Angle	WA

		Wind kommt		
Windstillepunkt	*	Position des Flugzeuges relativ zur umgebenden Luft nach einer bestimmten Flugzeit * In der Norm mit L bezeichnet, Verwechslung mit Luvwinkel L möglich.	Air Position	WA
Zusätzliche Abtrift	D_z	Winkel zwischen rechtweisendem Kurs (Kartenkurs) und rechtweisendem Kurs über Grund	Drift additional	D_a

Nachwort zur 2. Auflage

Die FSM Kursbuch hat, obwohl sie sich mit sehr grundlegenden Dingen befasst, sehr viel Resonanz bei den Lesern erzeugt.

Lobend wurde von vielen die klare Gliederung und die Übersichtlichkeit der graphischen Darstellungen hervorgehoben.

Natürlich blieben wir von Kritik nicht verschont. Es hatten sich einige Fehler eingeschlichen. Eine Korrektur erschien für die 1. Auflage in der FSM 2187.

In der nun vorliegenden 2. Auflage sind diese Fehler korrigiert.

Es bedarf allerdings eines notwendigen Schlusswortes:

Einige Flugschulen nahmen Anstoß daran, dass Darstellungen dieser FSM mit den Ausbildungsverordnungen und Richtlinien nicht im Einklang sind.

Wenn man eine Vereinheitlichung des Sprachgebrauches herbeiführen will, muss man diese Widersprüche hinnehmen. Wir geben uns der Hoffnung hin, mit dieser FSM einen soliden Vorschlag zur Vereinheitlichung geleistet zu haben, beruhend auf dem ICAO Annex 6 und der Deutschen Industrie Norm (DIN).