

Navigation

für

den

Segelflieger

Erarbeitet von E. Straube

Herausgeber:

Zentralvorstand der GST, Abteilung Fliegerische Ausbildung

Einleitung

Das vorliegende Lehrmaterial soll, Hilfe bei der theoretischen Ausbildung zur Erlangung der Segelflugerlaubnis und bei der navigatorischen Vorbereitung von Streckenflügen im Segelflug sein. Es ist speziell der Navigation im Segelflug gewidmet und beschreibt Methoden und Verhaltensweisen, die die erfolgreiche Navigation unter den Bedingungen des Segelflugs sichern. Gleichzeitig wurde die weitgehende Übereinstimmung der Bezeichnungen, Begriffe und Methoden mit den im Motorflug üblichen, wie sie im „Lehrheft der Flugnavigation“ des Autorenkollektivs des Fliegerclubs Halle/Sa. verwendet werden, angestrebt. Damit soll zur Erleichterung der Weiterführung der fliegerischen Ausbildung im Motorflug beigetragen werden. Das Hauptanliegen dieses Lehrmaterials besteht darin, solche Mittel und Methoden der navigatorischen Flugvorbereitung und der Navigation während des Fluges zu lehren, die eine möglichst hohe Zuverlässigkeit und damit eine maximale Sicherheit für alle Luftfahrzeuge garantieren. Die Forderungen, die hier hinsichtlich der navigatorischen Flugvorbereitung und des Verhaltens während des Streckenfluges gestellt werden, sind unter dem Gesichtspunkt zu betrachten, dass bei Streckenflügen die Sicherheit der fliegerischen Ausbildung in der GST und damit verbunden des gesamten Luftverkehrs oft nur bei absolut zuverlässiger Navigation gewährleistet werden kann.

Navigation und Streckenflugtaktik sind eng miteinander verbunden. Im vorliegenden Lehrheft wird auf diese Verbindungen vielfach hingewiesen ohne auf die Fragen der Streckenflugtaktik im einzelnen einzugehen. Lediglich im letzten Abschnitt des Lehrmaterials werden zur Ergänzung einige, für die Durchführung der ersten Streckenführung besonders wichtige Fragen kurz behandelt. Alle Probleme der Flugzeugführung und der Streckenflugtaktik sowohl bei den Flügen zu den Segelflugleistungsabzeichen als auch im Leistungssegelflug werden umfassend in „Methodik und Technik des Leistungssegelflugs“ von G. Wissmann, herausgegeben vom Zentralvorstand der GST, erörtert. Hier wurde versucht, auf einige bei den ersten Streckenflügen neu auftretende Erscheinungen, Möglichkeiten für Fehler und auf das Verhalten bei einer Außenlandung hinzuweisen.

Inhaltsverzeichnis

1 Geographische und geophysikalische Grundlagen.....	5
1.1 Das Gradnetz der Erde.....	5
1.2 Karten und Kartenprojektionen.....	6
1.3 Das Magnetfeld der Erde.....	6
2 Die Aufgaben der Navigation, verwendete Begriffe und Bezeichnungen.....	7
2.1 Die Hauptaufgaben und Prinzipien der Navigation im Segelflug.....	7
2.2 Die Navigationselemente.....	8
2.3 Die Navigationsmittel.....	9
2.3.1 Die Navigationsausrüstung des Segelflugzeuges.....	9
2.3.2 Die Navigationsausrüstung des Segelflugzeugführers.....	9
2.3.3 Die Flugkarten.....	10
3 Die Bestimmung der Flugrichtung.....	10
3.1 Die Funktionsweise des Magnetkompasses.....	10
3.1.1 Die Deklination (Magnetabweichung).....	10
3.1.2 Die Deviation (Kompaßabweichung).....	11
3.2 Die Kurse.....	13
4 Der Einfluss des Windes auf den Flugweg.....	15
4.1 Der Wegwinkel.....	15
4.2 Der Flug bei Windstille bzw. Gegen- oder Rückenwind.....	15
4.3 Der Flug bei Seitenwind.....	15
4.3.1 Das navigatorische Geschwindigkeitsdreieck.....	15
4.3.2 Die Berechnung des Abdriftwinkels.....	20
4.3.3 Die Berechnung der Weggeschwindigkeit.....	21
4.4 Navigatorische Berechnungen im Segelflug.....	22
5 Die Sichtorientierung.....	25
5.1 Die Rolle der Sichtorientierung bei der Navigation im Segelflug.....	25

5.2 Die Orientierungsmerkmale und ihre Bedeutung.....	25
5.2.1 Orientierungsflächen.....	26
5.2.2 Orientierungslinien.....	27
5.2.3 Orientierungspunkte.....	27
5.3 Regeln und Methoden der Sichtorientierung.....	27
6 Die Vorbereitung des Streckenfluges.....	30
6.1 Das Kartenstudium.....	30
6.2 Anfertigung des Navigationsplanes.....	31
6.3 Die Vorbereitung der Flugkarte.....	33
6.4 Die Flugvorbereitung am Flugtag.....	34
6.4.1 Das Studium der Wetterberatung.....	34
6.4.2 Mit zuführende Dokumente.....	35
6.5 Die persönliche Vorbereitung.....	35
7 Die Navigation während des Streckenfluges.....	36
7.1 Erfüllung von Navigationsaufgaben im Geradeausflug und Kreisflug.....	36
7.2 Die Verbindung von Sicht- und Kompaßnavigation.....	37
7.3 Die Einhaltung der Flughöhe.....	38
7.3.1 Die Arten der Flughöhen.....	39
7.3.2 Die Fehler bei der Ermittlung der Flughöhe.....	40
7.3.3 Die Flughöhe nach Standarddruck.....	40
7.4 Die Navigation im Zielanflug.....	41
7.5 Maßnahmen bei Orientierungsverlust.....	42
8 Die ersten Streckenflüge.....	43
8.1 Die Voraussetzungen für den ersten Streckenflug.....	43
8.2 Der Thermikflug während des Streckenfluges.....	44
8.3 Der Abflug vom Platz bei den ersten Streckenflügen.....	45
8.4 Die Außenlandung.....	45

1 Geographische und geophysikalische Grundlagen

1.1 Das Gradnetz der Erde

Die Lage eines Punktes auf der Erdoberfläche wird durch seine geographische Länge und Breite bestimmt. Abbildung 1 zeigt die Bedeutung der als geographische Länge und Breite bezeichneten Winkel φ und θ . Die Linien $\varphi = \text{konstant}$ sind, Halbkreise, die die beiden Pole der Erde verbinden. Sie werden als Längenhalbkreise oder Meridiane bezeichnet. Der Meridian $\varphi = 0$ verläuft durch die Sternwarte Greenwich bei London. Von diesem Meridian aus werden jeweils, 180° nach Osten; und Westen gemessen. Die Meridiane 180° öL (öL - östliche Länge) und 180° WL (WL - westliche Länge) fallen zusammen, sie bilden die durch den, Stillen Ozean verlaufende Datumsgrenze.

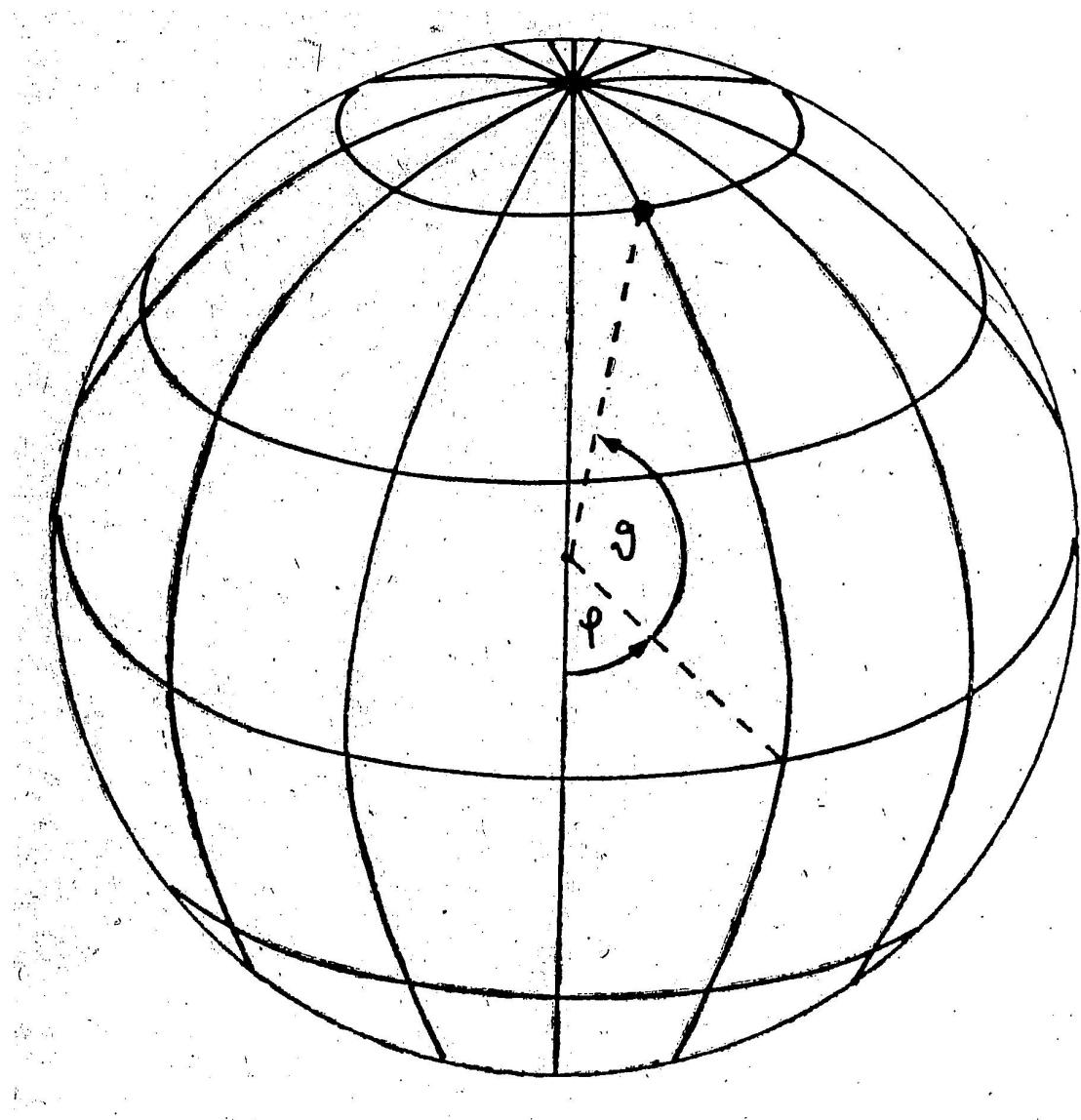


Abb. 1: Das Gradnetz der Erde

Die Breitenkreise $\theta = \text{konstant}$ sind Kreise; die die Meridiane unter einem Winkel von 90° schneiden. Der Breitenkreis $\theta = 0$ ist der Äquator. 90° nB (nB - nördliche Breite) und 90° sB (sB - südliche Breite) entsprechen Nord- bzw. Südpol.

In Abbildung 1 sind Meridiane und Breitenkreise mit dem Winkelabstand von jeweils 30° eingezeichnet. Der gekennzeichnete Punkt hat die Koordinaten $60^\circ \text{ nB } 30^\circ \text{ ÖL}$.

1.2 Karten und Kartenprojektionen

Karten sind verkleinerte, durch Kartenzeichen erläuterte Darstellungen der Erdoberfläche. Da Karten nur als ebene Flächen hergestellt werden können, müssen sie durch Projektion der kugelähnlichen Erdoberfläche auf Ebenen bzw. abwickelbare Flächen (z.B. auf Zylinder- oder Kegelmäntel) gewonnen werden. Zur Veranschaulichung solcher Projektionen stellt man sich einen durchsichtigen Globus mit einer punktförmigen Lichtquelle im Zentrum vor. Legt man dann einen Kegelmantel; einen Zylindermantel bzw. eine Ebene an den Globus, so erhält man eine ebene Projektion der Erdoberfläche. Diese Projektionen bezeichnet man nach der Art der Projektionsfläche als Kegel-, Zylinder- oder Azimutalprojektionen.

Die so gewonnenen Projektionen sind für die unmittelbare Verwendung bei der Flugnavigation jedoch meist ungeeignet, da sie die Forderung an eine Fliegerkarte, eine möglichst winkel-, längen- und flächentreue Darstellung zu liefern, nur sehr unvollkommen erfüllen. Deshalb gewinnt man näherungsweise winkel-, längen- und flächentreue Karten durch rechnerische Korrektur von Projektionen. Die in der fliegerischen Ausbildung gebräuchliche Fliegerkarte mit dem Maßstab 1:500 000 (1 cm auf der Karte sind 5 km in der Natur) basiert auf einer Kegelprojektion.

1.3 Das Magnetfeld der Erde

Die Erde ist von einem Magnetfeld umgeben. Der magnetische Südpol liegt dabei in der Nähe des geographischen Nordpols, der magnetische Nordpol entsprechend in der Nähe des geographischen Südpols. Abbildung 2 zeigt schematisch die die Erde umgebenden Feldlinien.

Die Bestimmung der Flugrichtung mit Hilfe des Magnetkompasses nutzt die Erscheinung, dass ein frei drehbarer Dauermagnet die möglichst vollständige Parallelstellung mit den magnetischen Feldlinien anstrebt. Für das Verständnis der bei der Bestimmung der Flugrichtung mittels des Magnetkompasses auftretenden Besonderheiten ist dabei wesentlich:

- Die Projektion der magnetischen Feldlinien auf die Erdoberfläche ist im allgemeinen nicht genau parallel zu den Meridianen (Deklination).
- Die magnetischen Feldlinien sind gegen die Horizontale geneigt (Inklination).

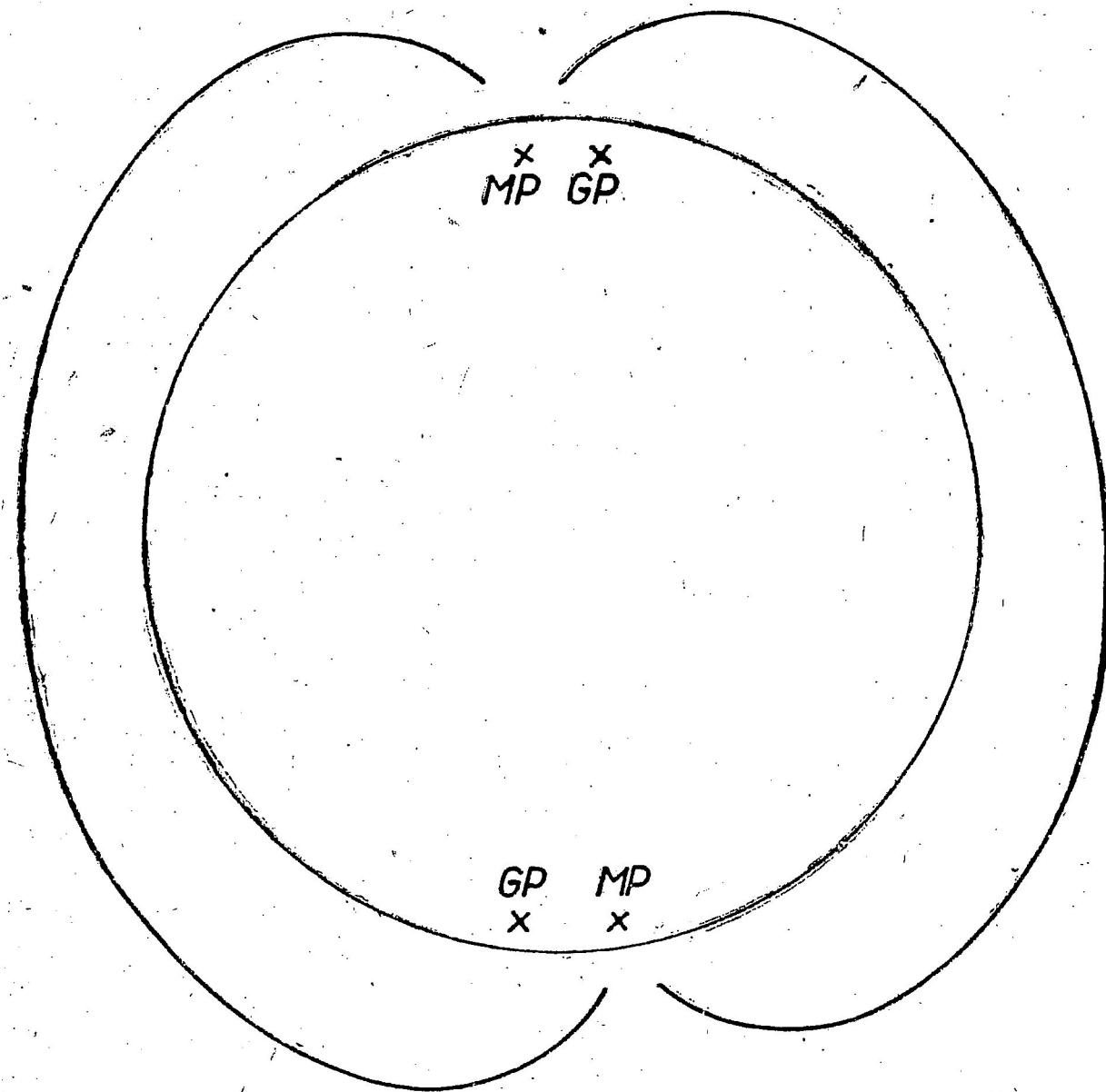


Abb. 2: Die magnetischen Feldlinien der Erde

GP - geographischer Pol

MP – Magnetpol

2 Die Aufgaben der Navigation, verwendete Begriffe und Bezeichnungen

2.1 Die Hauptaufgaben und Prinzipien der Navigation im Segelflug

Die Aufgaben der Navigation im Segelflug ergeben sich aus folgenden Forderungen:

- a) Die Flugsicherheit im gesamten Luftraum bedingt die strikte Einhaltung des zur jeweiligen Zeit vorgegebenen Luftraumes. Der Luftraum wird im allgemeinen entweder durch Begrenzungslinien (z.B. der Flugplatzzone) oder durch eine Trasse zu beiden Seiten (oft 5 km) einer durch die Verbindungsline einer Reihe von Wendepunkten gegebenen Flugstrecke und durch die jeweils erlaubte maximale, Flughöhe bestimmt.
- b) Die Regeln bei Wettkämpfen im Segelflug bzw. im Jahreswettbewerb erfordern den Anflug von Strecken-Abflug-, Wende- bzw. Endpunkten in bestimmten Höhen innerhalb bestimmter Zeiträume.
- c) Während des gesamten Fluges haben Flugzustand, Flughöhen und die Wettermindestbedingungen in Einklang mit den bestehenden Flugsicherheitsbestimmungen zu stehen.

Im Segelflug werden als Navigationsarten Sicht- und Kompaßnavigation gekoppelt angewandt. Dabei dient, die **Kompaßnavigation** der Wahl und der Kontrolle der notwendigen **Flugrichtung**, während die **Sichtnavigation** zur Kontrolle bzw. Feststellung des jeweiligen **Standortes** dient.

2.2 Die Navigationselemente

Die Navigationselemente sind die den Flugweg eines Flugzeuges bestimmenden Größen. Die wichtigsten sind:

- Kurs K
- Geschwindigkeit V
- Zeit t
- Höhe H.

In Verbindung mit der herrschenden Windgeschwindigkeit ergeben sich weitere Navigationselemente: Einige Beispiele:

- Abdriftwinkel AW
- Wegwinkel WW
- Weggeschwindigkeit W.

Unter dem Kurs K versteht man den Winkel zwischen der Nordrichtung eines Meridians und der Flugzeuggängsachse. Dabei wird im Uhrzeigersinn gemessen. Der Wegwinkel WW ist der Winkel zwischen der Nordrichtung eines Meridians und der Weglinie.

Der Abdriftwinkel AW ist die Differenz zwischen Wegwinkel und Kurs.

Die Weggeschwindigkeit W ist der Betrag der Geschwindigkeit des Flugzeuges gegenüber der Erdoberfläche.

Eine genauere Bestimmung dieser für die Navigation fundamentalen Größen und eine

weitere Spezifizierung wird- in den Abschnitten 3. und 4. gegeben.

2.3 Die Navigationsmittel

Unter dem Begriff Navigationsmittel versteht man alle Hilfsmittel, die der Flugzeugführer zur Lösung navigatorischer Aufgaben verwendet.

Zu den Navigationsmitteln gehören:

- a) Navigationsausrüstung des Segelflugzeuges
- b) Navigationsausrüstung des Segelflugzeugführers
- c) Flugkarte
- d) Navigationsbodenmittel.

Navigationsbodenmittel, zu denen künstliche Orientierungsmerkmale wie Scheinwerfer, farbiger Rauch, Leuchtfieber und Funknavigationsbodenmittel wie Funkfeuer, Funkpeiler oder Radarstationen gehören, werden z. Z. im Segelflug kaum verwendet.

2.3.1 Die Navigationsausrüstung des Segelflugzeuges

Die Geräteausstattung der innerhalb der GST verwendeten Segelflugzeuge besteht zumeist aus :

- Magnetkompaß
- Fahrtmesser
- Höhenmesser
- Variometer
- Wendezeiger mit Libelle

Vereinzelt sind künstlicher Horizont und Borduhr vorhanden.

Magnetkompaß, Fahrtmesser und Höhenmesser stellen mit einer zur Ausrüstung des Flugzeugführers gehörenden **Uhr** die **minimale Navigationsausrüstung** bei kombinierter Sicht- und Kompaßnavigation unter Sichtflugbedingungen dar.

2.3.2 Die Navigationsausrüstung des Segelflugzeugführers

Zur unbedingt notwendigen Navigationsausrüstung gehören:

- Kursdreieck bzw. Winkelmesser
- Maßstabslineal
- Schreibmaterial (insbesondere Fettstifte)
- Uhr.

Die Ausrüstung kann durch Navigationsrechenschieber und Zielanflugrechner vervollständigt werden.

2.3.3 Die Flugkarten

Im Segelflug werden als Flugkarten meist Karten im Maßstab 1:500 000 (1 cm auf der Karte entsprechen 5 km in der Natur) und 1:200 000 (1 cm entsprechen 2 km) verwendet. Im Maßstab 1:500 000 stehen näherungsweise längen-, winkel- und flächentreue Lufternavigationskarten zur Verfügung, die für alle navigatorischen Belange verwendet werden können. Als Karten 1:200 000, haben sich die Blätter der Verkehrskarte der DDR vom VEB Landkartenverlag Berlin bewährt. Ihre Längen-, Winkel- und Flächentreue hat sich als ausreichend erwiesen. Diese Karten zeichnen sich durch hohes Auflösungsvermögen und große Aktualität infolge häufiger Neuauflagen aus. Sie werden deshalb vor allem zur Feinnavigation bei sehr kurzen Strecken und zum genauen Anflug von Wendepunkten benutzt. Karten im Maßstab 1:200 000 zeigen mehr Einzelheiten als für die Navigation im Segelflug notwendig und meist auch zweckmäßig ist (siehe Abschnitt 5.3.).

Karten im Maßstab 1:500 000 sind deshalb vorzuziehen. Bei den ersten Streckenflügen sind sie grundsätzlich zu verwenden.

3 Die Bestimmung der Flugrichtung

3.1 Die Funktionsweise des Magnetkompasses

3.1.1 Die Deklination (Magnetabweichung)

Die Abweichung der Richtung der magnetischen Feldlinien N_M von der Meridianrichtung N_G , die Magnetabweichung oder Deklination ΔM , ist z. Z. im Gebiet der DDR sehr klein. Die Isogone (Linie konstanter Magnetabweichung) $\Delta M=0$ verläuft etwa entlang dem Meridian 13° öL und verschiebt sich langsam nach Westen, so dass die an der Westgrenze der DDR auftretende maximale Magnetabweichung $\Delta M=-1^\circ$ etwa jährlich um $0,15^\circ$ abnimmt.

Die Magnetabweichung ist damit für die nächsten Jahrzehnte in Mitteleuropa für die Belange der Segelfluginavigation unbedeutend.

Eine große Rolle spielt die Magnetabweichung dagegen in höheren geographischen Breiten sowie in der Nähe von Magnetfeldern der Erde beeinflussender Eisenerzlagerstätten (Magnetanomalien).

Die Vorzeichenwahl von ΔM veranschaulicht Abbildung 3.

3.1.2 Die Deviation (Kompaßabweichung)

Die vom Magnetkompaß angezeigte Richtung stimmt nicht mit der tatsächlichen Richtung der Flugzeuglängsachse relativ zu N_M überein. Die Ursachen der Kompaßabweichung oder Deviation ΔK sind unterschiedlicher physikalischer Natur. Ihre Wirkung kann teilweise durch Kompensierung des Kompasses ausgeschaltet bzw. vermindert werden.

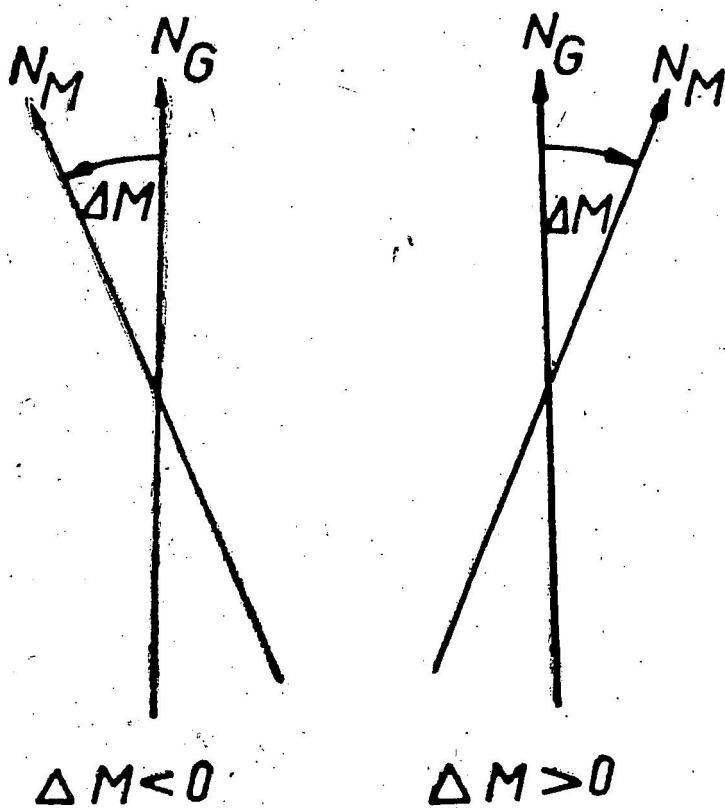


Abb. 3: Die Vorzeichenwahl von ΔM

Die Deviation kann vom Flugzustand abhängen oder von ihm unabhängig sein.

Die vom Flugzustand unabhängigen Beiträge zur Deviation werden durch Einbaufehler des Kompasses, hart- und weichmagnetische Teile im Flugzeug und durch Magnetfelder der Funk- und Geräteausstattung hervorgerufen. Diese Beiträge zur Deviation können durch Kompensieren ganz oder teilweise ausgeschaltet werden. Der Maximalwert von ΔK darf $\pm 5^\circ$ nicht überschreiten. In Segelflugzeugen ist ΔK meist so klein, dass ΔK in der Größenordnung der Ablesegenauigkeit des verwendeten Kompasses liegt und auf

die im Motorflug übliche Tabelle der nach dem Kompensieren verbleibenden Restdeviation verzichtet werden kann.

Quellen starker Deviationsarten können Lautsprecher von Funkausrüstungen und elektrodynamische Messgeräte (elektrische Variometer!) sein. Da diese Geräte meist nicht zur Standardausrüstung der Segelflugzeuge gehören, ist nach ihrem Einbau bzw. bei zeitweiliger Verwendung die Kompaßanzeige zu kontrollieren.

Weitere Deviationsarten treten in Abhängigkeit vom Flugzustand auf. Gegenüber der Kompaßanzeige im Geradeausflug bei Normalgeschwindigkeit werden folgende Abweichungen beobachtet:

a) **Die Wendungsdeviation tritt bei Kurvenflug auf.** Die in Segelflugzeugen benutzten Magnetkompassse sind bis zu Schräglagen von 15° verwendbar, bei größeren Schräglagen verklemmt sich die Kompaßrose im Gehäuse.

Das Aufrichten des Flugzeuges, aus dem Kurven- bzw. Kreisflug erfolgt deshalb grundsätzlich aus' dem Kurvenflug mit etwa 15° Schräglage (eine Pinselbreite des Wendezeigers). Bei größerer Schräglage wird der Kompaß unbrauchbar, bei geringerer wird die Winkelgeschwindigkeit zu klein.

Beim Kurvenflug mit 15° Schräglage treten folgende richtungsabhängige Fehlanzeigen auf:

- Beim Ausleiten in Flugrichtung 360° hängt der Kompaß um 30° nach
- Beim Ausleiten in Flugrichtung 180° geht der Kompaß um 30° vor.
- Die Anzeige beim Ausleiten in 90° bzw. 270° ist genau.

Für zwischen den genannten Richtungen liegende Kurse ergeben sich die entsprechenden Zwischenwerte.

Das Aufrichten auf Kurse zwischen 270° und 90° (d. h. von West über Nord nach Ost) erfolgt daher bei Kompaßanzeige um den Wert der Wendungsdeviation früher, das Aufrichten auf Kurse zwischen 90° und 270° entsprechend später. Dazu einige Beispiele:

Drehrichtung	Flugrichtung	Kompaßanzeige beim Aufrichten
rechts	360° bzw. 0°	330°
links	360° bzw. 0°	30°
rechts	180°	210°
links	180°	150°
rechts	45°	30°
links	45°	60°
rechts	210°	230°
links	210°	190°

b) **Die Neigungsdeviation tritt bei Längsneigung** (Abweichung von der Normalgeschwindigkeit) **und bei Querneigung** (Hängen einer Fläche) auf. Die

Längsneigungsdeviation verschwindet bei Kursen von 360° und 180° und ist bei Kursen von 90° bzw. 270° maximal. Die Querneigungsdeviation ist maximal bei Kursen von 360° und 180° und verschwindet bei den Kursen 90° und 270° .

Für die Richtung der Neigungsdeviation gilt die einfache Merkregel, dass sich die Kompaßanzeige vergrößert, wenn sich der höchste Teil des Flugzeuges östlich befindet.

Als Beispiele:

Flugzustand	Kurs	Anzeige
Schnellflug	90°	kleiner
linke Fläche hängt	360°	größer
rechte Fläche hängt	180°	größer
Schnellflug	270°	größer

Die Querneigungsdeviation wird durch sauberen Geradeausflug vermieden. Die Längsneigungsdeviation hat im Segelflug nur im Schnellflug Bedeutung. Ihre Auswirkungen werden vermieden, wenn die Einnahme bzw. Kontrolle der Flugrichtung in Normalfluglage erfolgt und dann die sich beim Übergang zum Schnellflug einstellende veränderte Kompaßanzeige gehalten wird.

3.2 Die Kurse

In 2.2. wurde der Kurs als Winkel **zwischen Flugzeuglängsachse und der Nordrichtung eines Meridians** eingeführt. Wegen des Auftretens von Deklination und Deviation weichen magnetisch Nord N_M und Kompaß Nord N_K von geographisch Nord N_G ab und es gibt dementsprechend drei Kurse.

Geographischer Kurs GK, Magnetkurs MK und Kompaßkurs KK sind dann die Winkel zwischen den Nordrichtungen des geographischen, magnetischen bzw. Kompaß-Meridians.

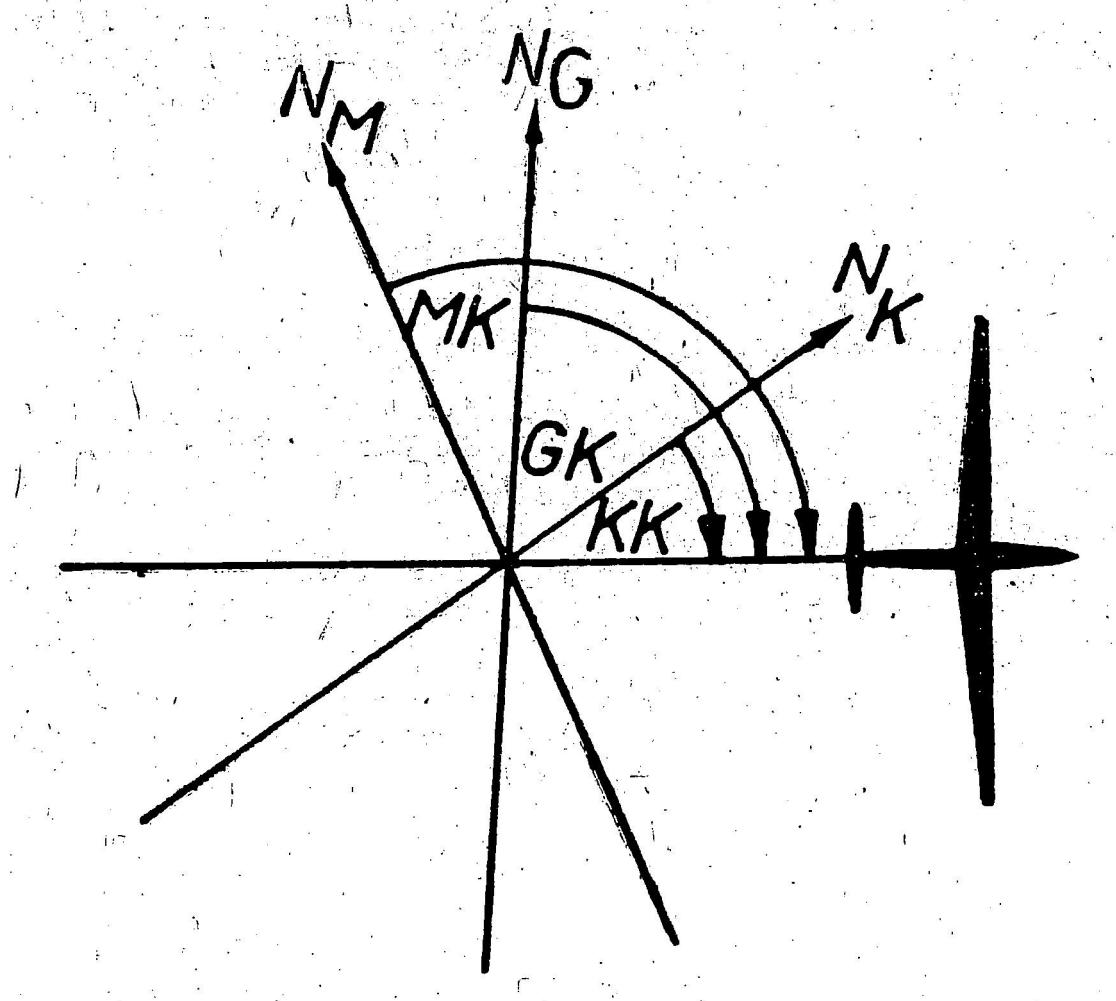


Abb. 4: Die relative Lage von GK, MK und KK bei $\Delta M < 0$, $\Delta K > 0$

Vereinbart man die Vorzeichenwahl von ΔM bzw. ΔK entsprechend Abbildung 3, so gelten die Beziehungen

$$GK = MK + \Delta M$$

$$MK = KK + \Delta K.$$

Abbildung 4 veranschaulicht die Bedeutung von GK, MK und KK. Der dargestellte Fall entspricht $\Delta M < 0$ und $\Delta K > 0$.

4 Der Einfluss des Windes auf den Flugweg

4.1 Der Wegwinkel

Der Wegwinkel WW ist der Winkel zwischen der Nordrichtung eines Meridians und der Weglinie. Soll sich ein Luftfahrzeug auf einer Geraden von einem Punkt der Erdoberfläche zu einem anderen bewegen (diese Gerade bezeichnet man als beabsichtigte Weglinie BWL), so muss ein bestimmter Wegwinkel eingehalten werden. Der tatsächlich erreichte Wegwinkel wird außer von Kurs und Fluggeschwindigkeit von Windstärke und Windrichtung beeinflusst. **Grundvoraussetzung der Kompaßnavigation ist deshalb die Bestimmung des Kurses, der zum Erreichen eines beabsichtigten Wegwinkels notwendig ist.** Dabei wird zunächst der Fall betrachtet, dass sich ein Luftfahrzeug mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Die Besonderheiten der Segelflugnavigation, die durch den Wechsel von Kreisen im Aufwind und Geradeausflug bestimmt werden, werden am Ende dieses Kapitels näher untersucht.

4.2 Der Flug bei Windstille bzw. Gegen- oder Rückenwind

Herrscht Windstille oder verläuft die Windrichtung parallel zur BWL, so fällt die Bewegungsrichtung des Flugzeuges mit der Richtung der Flugzeuglängsachse zusammen. Der zu wählende Kurs ist damit gleich dem beabsichtigten Wegwinkel.

Der Wind wirkt sich nur auf die Weggeschwindigkeit W , die Geschwindigkeit des Flugzeuges relativ zur Erdoberfläche, aus. Bezeichnet man den Betrag der Windgeschwindigkeit mit U , so erhält man

$$W = V \pm U.$$

Das Vorzeichen Plus gilt bei Rückenwind, Minus entsprechend bei Gegenwind.

4.3 Der Flug bei Seitenwind

Würde bei einem Flug, bei dem die Windrichtung nicht parallel zur BWL verläuft, der Kurs gleich dem Wegwinkel gewählt, so fiele die tatsächlich erreichte Weglinie TWL nicht mit der BWL zusammen. Ihre Richtungen würden voneinander abweichen. Soll trotz Seitenwind der Flug längs der BWL erfolgen, so muss ein Kurs gewählt werden, der sich um den Abdriftwinkel AW vom Wegwinkel unterscheidet.

4.3.1 Das navigatorische Geschwindigkeitsdreieck

Mit Hilfe des navigatorischen Geschwindigkeitsdreiecks werden der Abdriftwinkel AW und die sich ergebende Weggeschwindigkeit W graphisch ermittelt. Das navigatorische Geschwindigkeitsdreieck ist die einfachste und anschaulichste Möglichkeit für die

Ermittlung dieser Größen durch vektorielle Addition von Eigen- und Windgeschwindigkeit.
Abbildung 5 zeigt ein navigatorisches Geschwindigkeitsdreieck mit den üblichen Bezeichnungen der zugehörigen Größen.

Die drei seine Seiten bildenden Vektoren sind

V - Eigengeschwindigkeit

W - Weggeschwindigkeit

U - Windgeschwindigkeit.

Die eingezeichneten Winkel bezeichnen

AW - Abdriftwinkel

δ - Windrichtung (navigatorischer Wind - Wind in Richtung ...)

ϵ - Windwinkel.

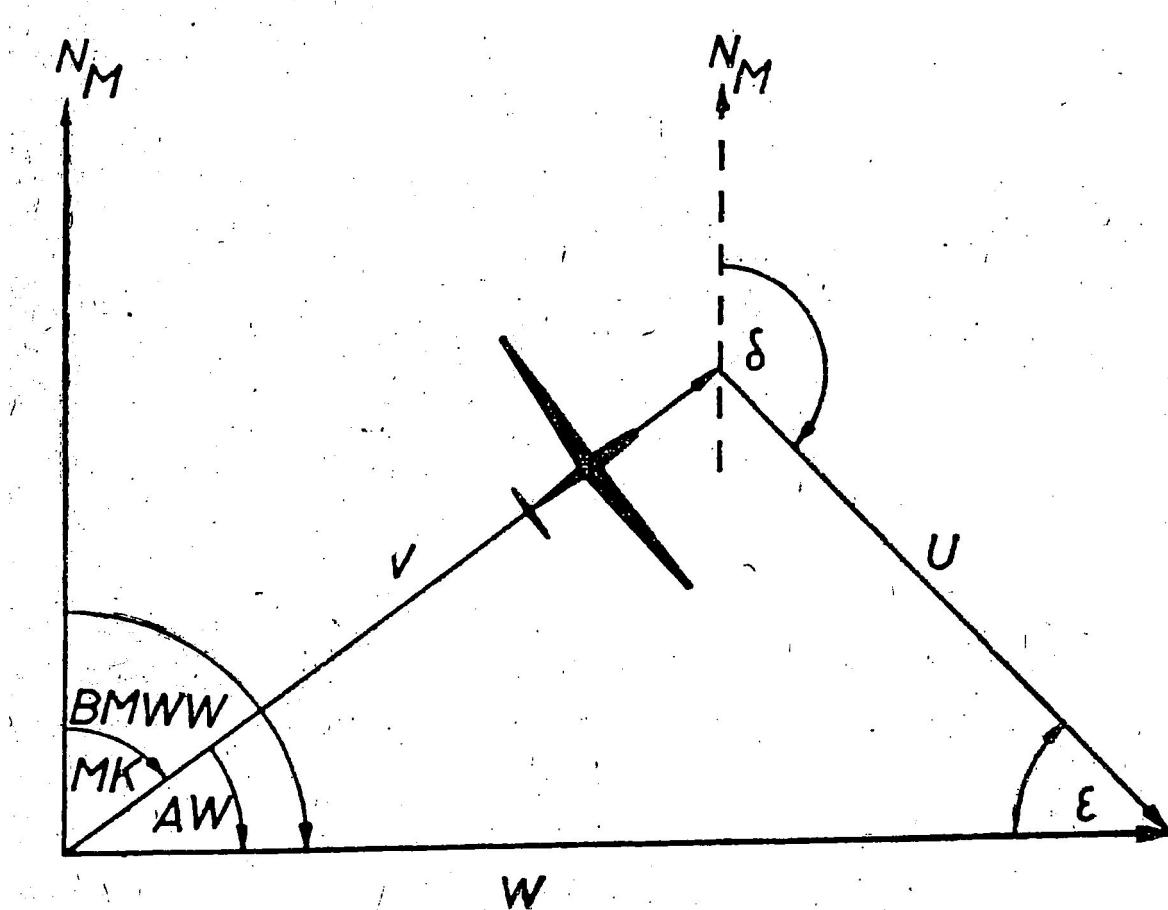


Abb. 5: Das navigatorische Geschwindigkeitsdreieck

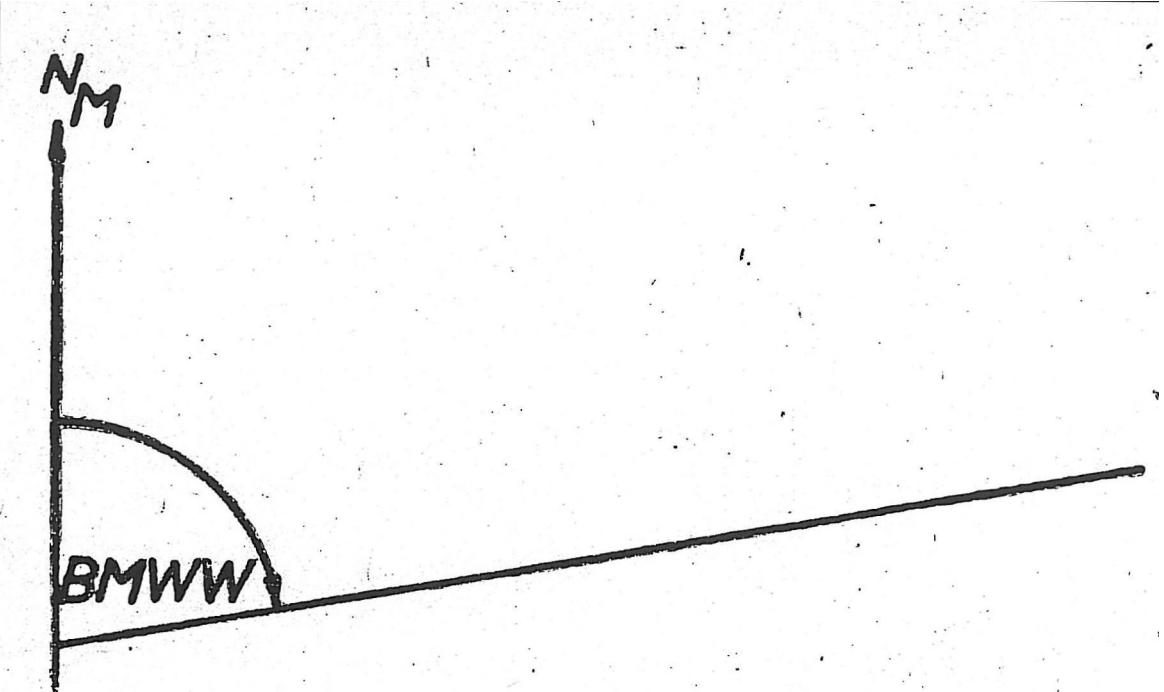


Abb. 6: Eintragen von NM und des BMWW

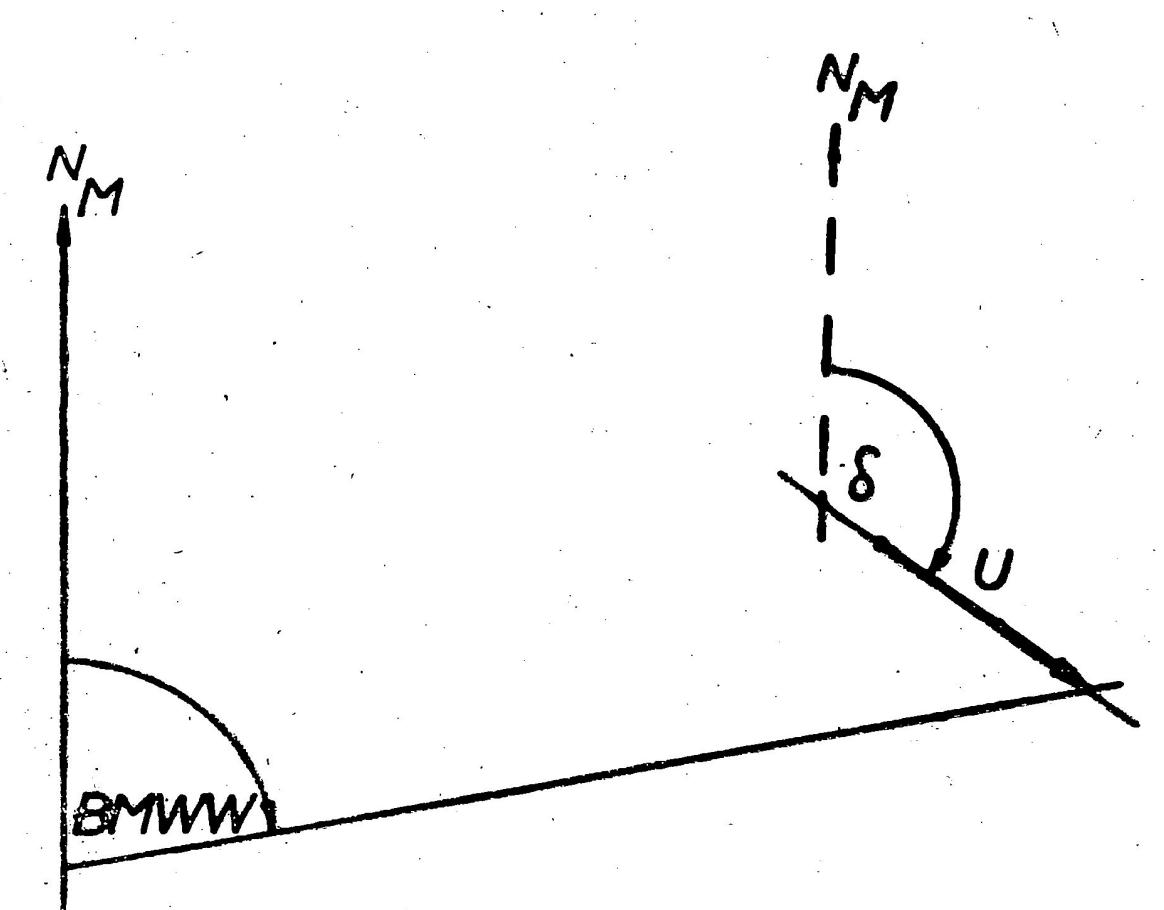


Abb. 7: Eintragen des navigatorischen Windes

Zur Veranschaulichung des navigatorischen Geschwindigkeitsdreiecks kann man die drei Vektoren V , W , U auch als die in einer bestimmten Zeit relativ zur Luft, relativ zur Erdoberfläche und die durch die Windabdrift zurückgelegten Strecken betrachten.

Zum Aufstellen des navigatorischen Geschwindigkeitsdreiecks werden zunächst **magnetisch Nord N_M** und der **beabsichtigte magnetische Wegwinkel BMW_W** aufgetragen (siehe Abb. 6).

Weiter trägt man, entsprechend Abbildung 7, in geeigneten Einheiten (z. B. 1 cm pro 10 km/h) den **navigatorischen Wind** ein. Die Länge des Vektors U wird dabei von der Windgeschwindigkeit bestimmt. Der Winkel δ entspricht der navigatorischen Windrichtung, d. h. der Richtung in die der Wind weht. Die navigatorische Windrichtung unterscheidet sich vom meteorologischen Wind, dem Wind aus ... Grad, um 180° .

Als letzten Schritt schlägt man um den Anfangspunkt des Vektors U einen Kreisbogen mit der Eigengeschwindigkeit V als Radius (siehe Abb. 8). Den Schnittpunkt des Kreisbogens mit der beabsichtigten Weglinie verbindet man den Anfangspunkt des Vektors U (siehe Abb. 8)

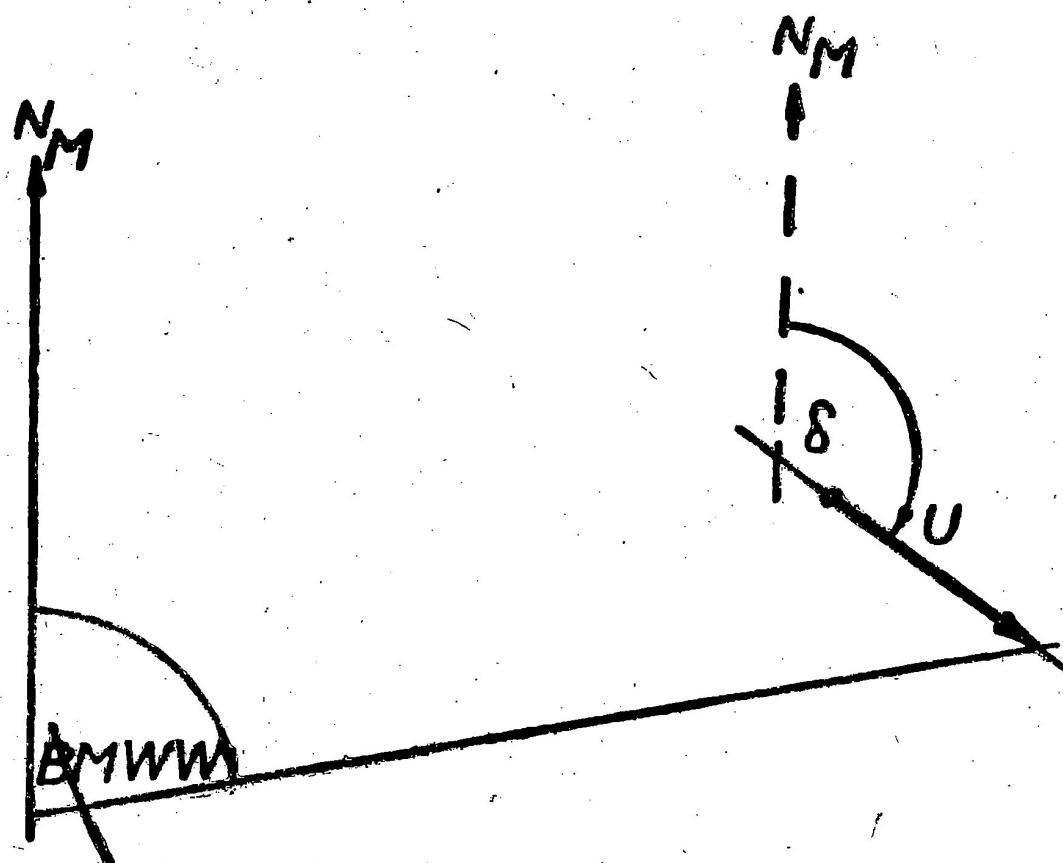


Abb. 8: Eintragen der Eigengeschwindigkeit

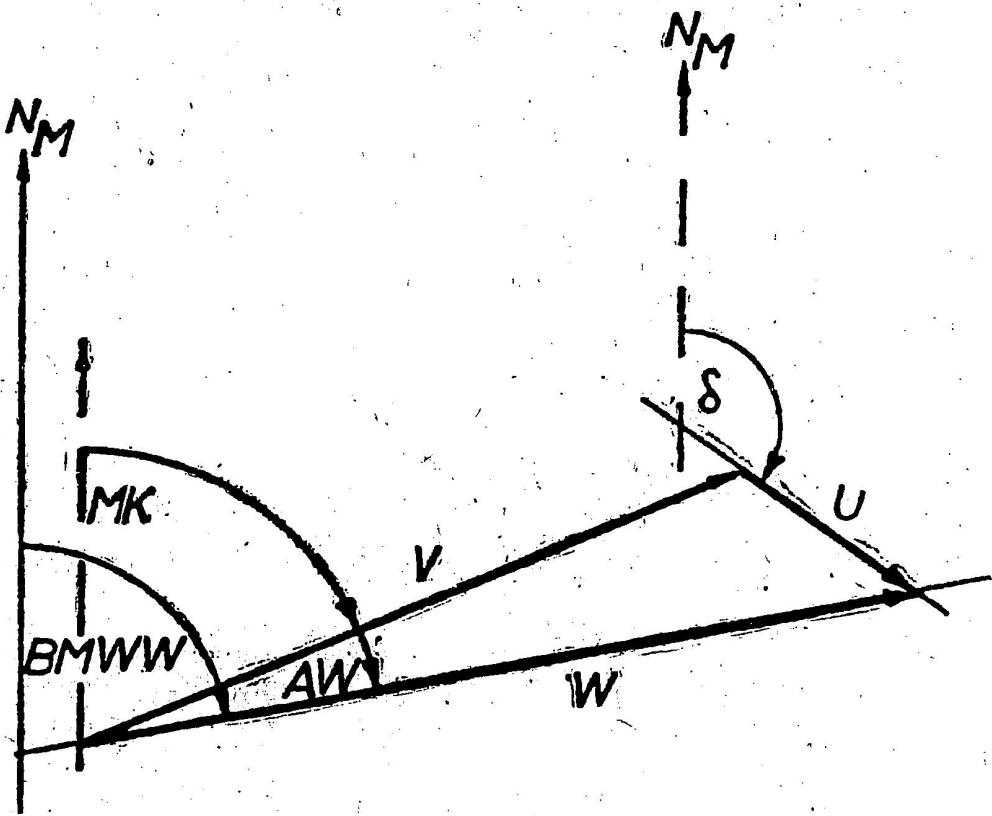


Abb. 9: Das erhaltene navigatorische Geschwindigkeitsdreieck

Die Seiten des entstandenen Dreiecks entsprechen nun den Vektoren V, W und U. Damit, ist die Aufgabe gelöst, den Kurs zu bestimmen, der einen Flugweg längs der BWL sichert.

Der sich ergebende Abdriftwinkel AW und der Magnetkurs MK sind in Abbildung 9 eingezeichnet. Zählt man den Abdriftwinkel vom Kurs aus in Uhrzeigerrichtung positiv, so gilt

$$MK = BMWW - AW \text{ bzw. } BMWW = MK + AW$$

Aus der Länge des Vektors W erhält man gleichzeitig die Geschwindigkeit des Flugzeuges relativ zur Erdoberfläche, den Betrag der Weggeschwindigkeit. In den Abbildungen 6 bis 9 zur Aufstellung des navigatorischen Geschwindigkeitsdreiecks wurden als Ausgangsgrößen gewählt:

$$BMWW=80^\circ$$

$$V=100 \text{ km/h}$$

$$U=30 \text{ km/h}$$

$$\delta = 125^\circ$$

und wir erhalten:

AW= +12°

MK= 68°

W = 119 km/h

4.3.2 Die Berechnung des Abdriftwinkels

Zur Berechnung des Abdriftwinkels führt man den in Abbildung 5 bereits eingezeichneten **Windwinkel** ϵ ein. Er wird von der BWL aus in Richtung des navigatorischen Windes in Uhrzeigerrichtung gemessen. Damit gilt

$$\epsilon = \delta - \text{BMW}.$$

Aus dem Sinussatz ergibt sich dann

$$U/\sin(\text{AW}) = V/\sin(\epsilon)$$

$$\sin(\text{AW}) = U \sin(\epsilon) / V.$$

Aus dieser Formel ergeben sich sowohl Betrag als auch Vorzeichen des Abdriftwinkels. Liegt ϵ zwischen 0° und 180° (der Wind weht von links), so sind $\sin(\epsilon)$ und damit auch der **Abdriftwinkel positiv**. Der **Magnetkurs**

$$\text{MK} = \text{BMW} - \text{AW}$$

ist kleiner als der **BMW**, da nach links vorgehalten werden muss. Liegt ϵ zwischen 180° und 360°, so sind $\sin(\epsilon)$ und entsprechend **AW negativ**.

Den einem bestimmten Winkel entsprechenden Wert der Sinusfunktion ermittelt man am zweckmäßigsten mit dem Rechenschieber, mit dem dann auch die notwendige Multiplikation und Division ausgeführt werden kann, oder man verwendet Tabellen. Für Abschätzungen kann die unten angegebene Tabelle verwendet werden:

ϵ, AW	$\sin(\epsilon), \sin(\text{AW})$
0°, 180°	0
15°, 165°	0,26
30°, 150°	0,5
45°, 135°	0,71
60°, 120°	0,87
75°, 105°	0,97
90°	1
270°	-1.

255°, 285°	-0,97
240°, 300°	-0,87
225°, 315°	-0,71
210°, 330°	-0,5
195°, 345°	-0,26
180°, 360°	0

Vielfach wird in Lehrbüchern der Navigation für die Berechnung des Abdriftwinkels die Näherung für kleine Winkel $\sin(\text{AW}) \approx \text{AW}$ und daraus

$$\text{AW} = U / V * 60^\circ \sin(\varepsilon),$$

die den AW in Grad liefert, verwendet. Diese **Näherung** ist jedoch für die Belange der **Segelflugnavigation** oft nicht geeignet, da sich wegen der relativ geringen Eigengeschwindigkeit der Segelflugzeuge Abdriftwinkel ergeben, die die Näherung $\sin(\text{AW}) \approx \text{AW}$ nicht erlauben.

4.3.3 Die Berechnung der Weggeschwindigkeit

Die Weggeschwindigkeit ergibt sich aus der Summe der Komponenten der Eigen- und der Windgeschwindigkeit in Richtung der BWL

$$W = V \cos(\text{AW}) + U \cos(\varepsilon)$$

Der Beitrag der Eigengeschwindigkeit zur Weggeschwindigkeit ist also stets um den Faktor $\cos(\text{AW})$ vermindert. Der Beitrag der Windgeschwindigkeit ist positiv für ε zwischen 0° und 90° (Wind von links hinten), ist negativ für ε zwischen 90° und 180° (Wind von links vorn) und 180° und 270° (Wind von rechts vorn) und wiederum positiv für ε zwischen 270° und 360° (Wind von rechts hinten).

Bei kleinen Abdriftwinkeln kann die Näherung $\cos(\text{AW}) \approx 1$ verwendet werden, und man erhält die im Motorflug übliche Formel

$$W = V + U \cos(\varepsilon).$$

Für Abschätzungen kann die angegebene Cosinus-Tabelle verwendet werden:

e, AW	cos (e), cos (AW)
0°	1
15°	0,97
30°	0,87
45°	0,71
60°	0,5
75°	0,26
285°	0,26

90°	270°	0,00
105°	255°	-0,26
120°	240°	-0,50
135°	225°	-0,71
150°	210°	0,87
165°	195°	-0,97
180°		- 1

4.4 Navigatorische Berechnungen im Segelflug

Ausschlaggebende Faktoren für die Genauigkeit bzw. Gültigkeit navigatorischer Berechnungen sind hinreichend genaue Kenntnisse der Ausgangsgrößen. Ist die Bestimmung der Eigengeschwindigkeit V nur mit den geringen Gerätefehlern behaftet, so sind die Unsicherheiten hinsichtlich der Windgeschwindigkeit bereits bedeutend größer. Die Windgeschwindigkeit und auch -richtung sind z.B. meist höhenabhängig, und die Flughöhe ändert sich im Segelflug ständig.

Die weitaus stärkste Unsicherheit wird jedoch dadurch verursacht, dass Segelflug aus Geradeausflug und Kreisflug besteht und zur Bestimmung des Abdriftwinkels, der im Mittel einen Flug längs der BWL sichert, die erzielte Reisegeschwindigkeit V_R bekannt sein muss. Man kann sich am leichtesten durch Betrachten eines Beispiels davon überzeugen, dass der Übergang

$$V \rightarrow V_R$$

bei navigatorischen Berechnungen gerade den Abdriftwinkel ergibt, bei dem die beim Geradeausflug „zu viel“ vorgehaltene Strecke genau der zusätzlichen Abdrift beim Kreisflug entspricht. Die Reisegeschwindigkeit ist vor allem von der genutzten Steiggeschwindigkeit abhängig. Bei Höhengewinn allein im Kreisflug gilt:

$$V_R = V_s W_{st} / (W_s(V_s) + W_m + W_{st})$$

mit den Bezeichnungen

V_s - Fluggeschwindigkeit zwischen den Steiggebieten
(Sprunggeschwindigkeit)

W_{st} - Steiggeschwindigkeit

$W_s (V_s)$ - Eigensinken bei der Sprunggeschwindigkeit V_s

W_m - meteorologisches Sinken im Geradeausflug, das meist mit 0,2 W angenommen wird.

Die mit einigen in der GST eingesetzten Segelflugzeugtypen erzielbaren Reisegeschwindigkeiten bei Wahl der Sprunggeschwindigkeit nach dem Scheibenkalkulator gibt die folgende Tabelle wieder.

W _{st} in m/s	Reisegeschwindigkeit der Segelflugzeuge in km/h		
	Bocian	Pirat	Foka 4
0,5	30	34,5	38
1,0	45	50,5	55
1,5	55	62	67
2,0	62	70	75
3,0		83	88
4,0	85	93	99
5,0		102	108

Die zur Zeit in der GST bereits in überwiegendem Maße eingesetzten polnischen Segelflugzeuge sind serienmäßig mit einem Scheibenkalkulator ausgerüstet, der als mit einer Geschwindigkeitsskala versehener drehbarer Außenring an dem als Totalenergievariometer (Tavar) eingerichteten Feinvariometer angebracht ist.

Seine Benutzung erfolgt so, dass der Minimalwert der Geschwindigkeitsskala - Geschwindigkeit des geringsten Sinkens des betreffenden Flugzeugtyps auf die im nächsten Steiggebiet zu erwartende Steiggeschwindigkeit eingestellt wird. Diesen Steiggeschwindigkeitswert bezeichnet man auch als Kalkulatorvorgabe. Während des Geradeausfluges zeigt der Zeiger des Variometers dann auf die Geschwindigkeit, die bei dem gerade angetroffenen meteorologischen Sinken die höchstmögliche Reisegeschwindigkeit ergibt.

Die Geschwindigkeit der größten Reichweite wird, vom Scheibenkalkulator angezeigt, wenn die Kalkulatorvorgabe gleich Null gewählt wird. Bei den ersten Streckenflügen ist eine Kalkulatorvorgabe nahe Null zu empfehlen. Der Kalkulator zeigt im Geradeausflug dann die notwendige Geschwindigkeitserhöhung an, die den geringsten Höhenverlust beim Durchfliegen von Sinkgebieten ergibt. Die erzielbare Reisegeschwindigkeit ist dann natürlich etwas geringer als die bei optimaler Sprunggeschwindigkeit. Abbildung 10 zeigt als Beispiel die Kalkulatorstellung bei einer Vorgabe von 1,5 m/s. Die einzunehmende Geschwindigkeit beträgt 115 km/h.

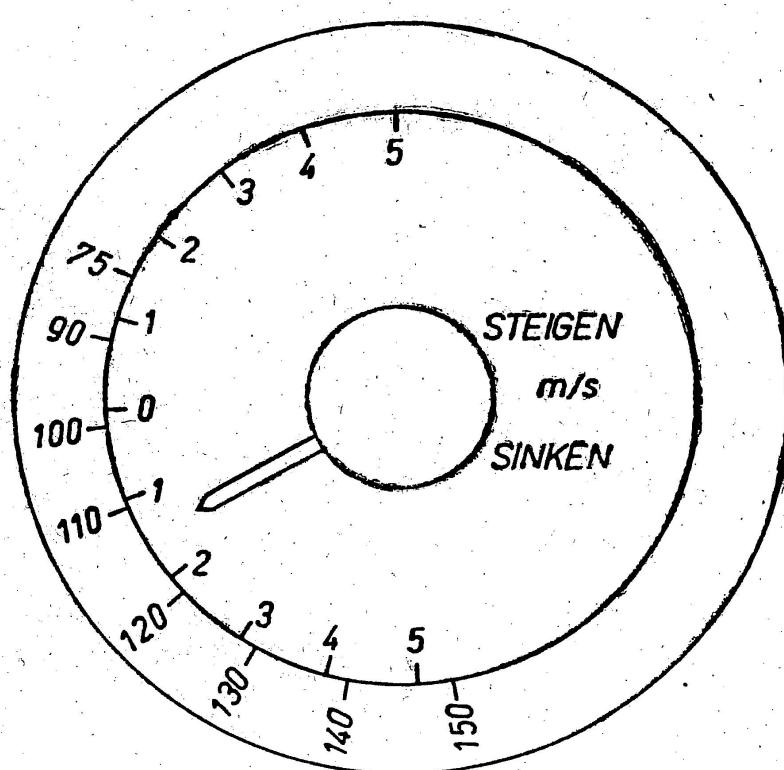


Abb. 10: Die Funktion des Scheibenkalkulators

Aus der Diskussion der Rolle der Reisegeschwindigkeit für die navigatorischen Berechnungen im Segelflug ergeben sich die Folgerungen:

- Navigatorische Berechnungen im Segelflug haben stets nur den Charakter von Abschätzungen, deren Genauigkeit mit den Mitteln der Sichtorientierung überprüft werden muss.
- Wegen der vor allem bei Streckenflug-Anfängern relativ geringen Reisegeschwindigkeiten können sich bei Windwinkeln in der Nähe von 90° bzw. 270° bereits bei schwachwindigen Wetterlagen Abdriftwinkel von 20° bis 30° ergeben.
- Wird der Abdriftwinkel nicht beachtet, so befindet sich der Segelflugzeugführer bereits nach geringem Höhengewinn im ersten Steiggebiet nach dem Abflug vom Platz an der Leeseite der zulässigen Flugtrasse: Eine starke Einschränkung der taktischen Handlungsfreiheit bzw. Luftraumverletzungen sind die Folgen.
- Die im Segelflug angebrachten Navigationsberechnungen können entsprechend ihrem Charakter als Abschätzungen mit einfachsten 'Mitteln' ausgeführt werden. Die Genauigkeit, die z.B. unter Verwendung von Fettstift, Lineal und- Winkelmaß auf der Rückenseite der Kartenhülle erzielt wird, reicht völlig aus.
- Erfahrene Segelflugzeugführer sollten die Abschätzung von Abdriftwinkeln allein auf der Lage von Windrichtung und BWL trainieren.

5 Die Sichtorientierung

5.1 Die Rolle der Sichtorientierung bei der Navigation im Segelflug

Auf die **Aufgaben der Sichtorientierung** im Segelflug, die **Standortbestimmung durch Vergleich der Karte mit dem Gelände**, wurde bereits in 2:1 und 4.4 hingewiesen. Welche Bedeutung Kompaß - bzw. Sichtnavigation bei einem Streckenflug besitzen, hängt von der konkreten Bedingung ab.

Ausschlaggebend sind insbesondere:

- Flugsicht
- Sichtbarkeit und Abstand der Orientierungsmerkmale
- Streckenkenntnis des Segelflugzeugführers.

Bei guten Sichtverhältnissen, markanten Orientierungsmerkmalen und guter Streckenkenntnis werden Streckenflüge zuweilen gänzlich nach Sichtorientierung durchgeführt: Der Segelflugzeugführer hat ständig mindestens ein markantes Orientierungsmerkmal im Sichtbereich und richtet sich in der Flugzeugführung weitgehend nach diesem.

Die Rolle und damit die Forderungen an die Genauigkeit der Kompaßnavigation wachsen mit abnehmender Flugsicht, bei weniger markanten Orientierungsmerkmalen, und beim erstmaligen Befliegen einer Strecke.

Die in den folgenden Abschnitten beschriebenen Methoden der Sichtorientierung beziehen sich auf den **Standardfall**, dass der **Kurs** mit den Mitteln der **Kompaßnavigation** kontrolliert und mittels der **Sichtorientierung** die **Einhaltung der BWL bzw. der zulässigen Flugtrasse** überwacht wird.

5.2 Die Orientierungsmerkmale und ihre Bedeutung

Orientierungsmerkmale OM sind Geländeobjekte, die sich von der umgebenden Landschaft abheben, sich eindeutig erkennen lassen und in den Flugkarten eingezeichnet sind. Die Sichtorientierung wird stets mit Hilfe von Orientierungsmerkmalen durchgeführt. Sichtbare Orientierungsmerkmale werden in der Karte aufgesucht bzw. die dem zu erwartenden Standort entsprechenden OM, die in der Karte verzeichnet sind, werden im Gelände gesucht.

Die OM werden nach ihren Abmessungen unterschieden, da diese für die Sichtbarkeit der OM und damit für die Verwendbarkeit in der Sichtorientierung ausschlaggebend sind.

5.2.1 Orientierungsflächen

Orientierungsflächen OF sind:

- Ortschaften
- einzelne Waldgebiete bzw. Lichtungen in ausgedehnten Waldgebieten
- Seen
- Baustellen bzw. sonstige Bauten größerer Flächenausdehnung

Bei der Auswahl der für die Sichtorientierung verwendeten Orientierungsflächen ist stets darauf zu achten, dass sie sich schnell und möglichst aus größerer Entfernung eindeutig erkennen und unterscheiden lassen.

Nachfolgend sollen einige Beispiele diskutiert werden:

Als Orientierungsmittel sind z. B. Städte geeignet, die sich durch ihre Größe von den umliegenden Dörfern deutlich abzeichnen. Befinden sich mehrere etwa gleich große Ortschaften in der Nähe der Flugstrecke, so ist bei Vorhandensein eines Neubaugebietes, weithin sichtbarer Gebäude (z.B. Speicherbauten der Landwirtschaft) oder ähnlicher Kennzeichen eine dieser Ortschaften eine geeignete Orientierungsfläche. Können dagegen mehrere Ortschaften nur durch den Straßenverlauf unterschieden werden, so wird bei ihrer Verwendung als OF wesentlich mehr Zeit und Aufmerksamkeit zur eindeutigen Standortbestimmung notwendig sein.

Waldgebiete sind nur in waldarmen Gelände gute OF. Die als OF verwendeten Waldgebiete sollten höchstens Ausdehnungen von einigen Kilometern haben, da sie bei allen zulässigen Flugsichten ganz im Sichtbereich liegen sollten.

In waldreichen Gegenden sind meist nur charakteristische Einzelheiten von Waldgebieten gute OM – z.B. breite Schneisen und charakteristische Formen der Grenzen der Waldgebiete.

Wasserflächen sind stets weithin sichtbar. Einzelne Gewässer sind immer gute Orientierungsflächen. Ihre Bedeutung ist besonders groß bei dunstigem Wetter beim Flug gegen die tiefstehende Sonne, da die Reflexe der Wasserflächen die unter diesen Bedingungen am weitesten sichtbaren Objekte sind. Die Orientierung nach Wasserflächen kann insbesondere die Navigation bei Zielanflügen mit geringer Höhenreserve wesentlich erleichtern. In seenreichem Gelände ist dagegen auf leicht unterscheidbare Kennzeichen zu achten (z.B. Inseln, markante Formen usw.) da erfahrungsgemäß mehrere kreisförmige oder ovale Seen oft schwer voneinander zu unterscheiden sind.

In Gegenden mit weniger markanten Orientierungsmerkmalen (waldarme oder waldreiche ländliche Gegenden mit kleinen Dörfern) sind landwirtschaftliche Neubauten wie Silos, Stallungen usw. sehr gute OF. Sie sind, wie auch industrielle Großbauten, jedoch oft nicht in den Flugkarten eingezeichnet, so dass sie in geeigneter Weise nachgetragen werden müssen.

5.2.2 Orientierungslinien

Orientierungslinien OL sind:

- Straßen
- Eisenbahnen
- Wasserläufe.

Für den Segelflug geeignet sind insbesondere Autobahnen, vierspurig ausgebauten Straßen sowie größere Flüsse und Kanäle. Diese OL sind aus großer Entfernung sichtbar und wegen ihrer Seltenheit unverwechselbar.

Eisenbahnen, Straßen und kleine Wasserläufe sind als OM wenig geeignet. Sie sind schwer voneinander unterscheidbar und in sehr großer Zahl vorhanden. Aus wenigen Kilometern Entfernung ist z.B. eine Fernverkehrsstraße kaum von einer baumbewachsenen Landstraße zu unterscheiden und kann sogar mit einem kleinen Kanal mit Uferbewachsung verwechselt werden.

Markante Orientierungslinien erleichtern die Navigation stark. Parallel zur BWL verlaufende OL verleiten zur Vernachlässigung der Kompaßnavigation. Dabei wächst die Gefahr des Orientierungsverlustes, wenn gleichartige OL verwechselt werden, und die Verwechslung nicht durch Kurskontrolle rechtzeitig bemerkt wird.

5.2.3 Orientierungspunkte

Orientierungspunkte OP sind Objekte geringer Flächenausdehnung, z.B. einzelne Bauwerke. **Für die Navigation im Segelflug sind nur Kreuzungen von Orientierungslinien als OP von Bedeutung.** Wegen der im Vergleich zu anderen OM geringen Sichtweite werden sie nur bei Fehlen von geeigneten OF oder OL verwendet. Eine Ausnahme bildet die Festlegung von Wendepunkten bei Wettbewerbsflügen, die im allgemeinen durch den Kreuzungspunkt von OL vorgenommen wird.

Gänzlich ungeeignete OP sind vom Boden aus markant erscheinende Bauwerke oder Geländeerhebungen, die sich aus den im Segelflug üblichen Flughöhen jedoch meist nicht ausreichend vom umgebenden Gelände abheben.

5.3 Regeln und Methoden der Sichtorientierung

Unbedingte Voraussetzung für eine erfolgreiche Sichtorientierung ist das richtige Einnorden der Flugkarte. Einnorden bedeutet, dass sich die Karte in der gleichen Lage befindet wie das Gelände: Das geschieht dadurch, dass sich die Kursrichtung des gerade

geflogenen Kurses auf der Karte parallel zur Fluglängsachse befindet. Im Geradeausflug wird das leicht dadurch erreicht, dass die Karte so gehalten wird, dass die eingezeichnete BWL etwa mit der Richtung der Flugzeuglängsachse zusammenfällt. Im Kreisflug belässt man die Karte in der dem jeweiligen Strecken-abschnitt entsprechenden Lage, sucht während des Kreisfluges nach OM, behält deren Lage, in der Vorstellung und vergleicht sie mit der Karte, wenn sich die Flugzeuglängsachse etwa in Richtung der BWL befindet.

Als Beispiel sei der Standort.-des Flugzeuges nach Abbildung 11 betrachtet. Die Stadt wird während des Kreisfluges als Stadt A erkannt, sie befindet sich bei Flugzeuglängsachse in Richtung der BWL rechts hinter dem Flugzeug. -Zusammen mit der geschätzten Entfernung ergibt sich aus der so erkannten Richtung der Standort des Flugzeuges.

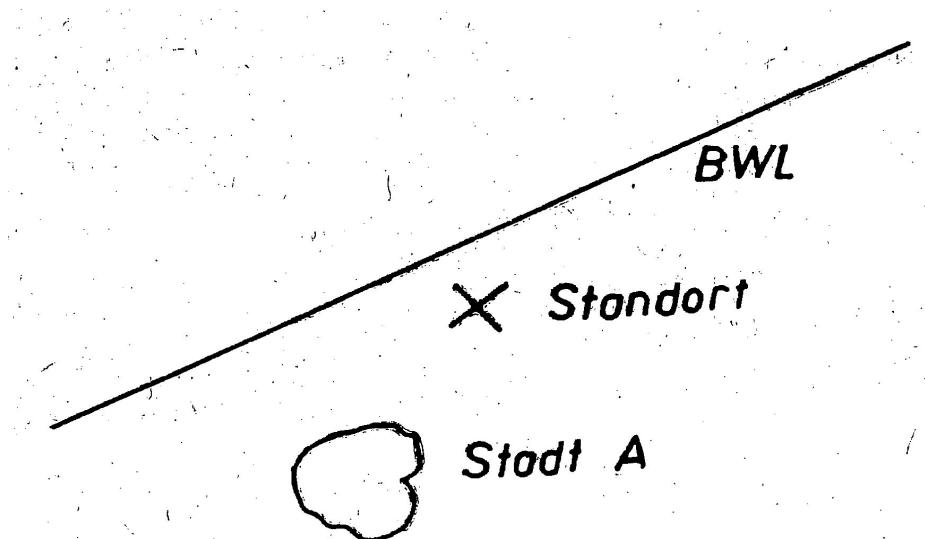


Abb. 11: Beispiel für die Sichtorientierung im Kreisflug

Für eine schnelle und sichere Standortermittlung im Kreisflug ist somit die ständige Vorstellung von der Richtung der BWL notwendig. Sichtorientierung mit nicht eingenordeten Karten ist sehr schwierig, da in diesem Fall in der Vorstellung ständig eine Drehung des Bildes der Karte bzw. des Geländes vorgenommen werden muss und dadurch stets die Gefahr von Fehlern und Verwechslungen besteht.

Eine wirksame Hilfe zur näherungsweisen Bestimmung der Richtung der Flugzeuglängsachse während des Kreisfluges -und beim Aufrichten aus dem Kreisflug ist das Einprägen der Richtung der Sonne während vorhergegangener Geradeausflüge in Kursrichtung.

Die Sichtorientierung kann je nach den jeweiligen Bedingungen nach zwei verschiedenen Verfahren vorgenommen werden:

a) Standortbestimmung nach OM im Gelände:

Im Sichtbereich befindliche OM werden erkannt. Aus der Abschätzung von Entfernung und Richtung zu diesen ergibt sich der Standort.

b) Standortbestimmung aus der Kalkulation des zurückgelegten Flugweges:

Dazu wird der von einem bekannten Standort aus zurückgelegte Flugweg bestimmt (aus Flugzeit und Weggeschwindigkeit) oder abgeschätzt, danach werden auf der Karte die

entsprechenden OM ermittelt, die dann im Gelände aufgesucht werden und eine Präzisierung des Standortes erlauben.

Die erste Methode wird bei guten Sichtverhältnissen und hinreichend markanten OM im Segelflug überwiegend verwendet. Bei Verwendung der zweiten Methode muss eine hinreichende Genauigkeit der Kompaßnavigation gesichert sein, denn die Abweichungen von dem vermutlichen Standort müssen so klein sein, dass die zu findenden OM sicher im Sichtbereich verbleiben.

Im Segelflug wird durchweg nur Groborientierung durchgeführt, d. h. **markante OM müssen sicher erkannt werden**, und die Lage relativ zu diesen wird abgeschätzt. Feinorientierung wird nur betrieben, wenn z.B. die Nähe der Grenzen des erlaubten Flugraumes, Wendepunktanflüge oder ähnliche Bedingungen die Feststellung des genauen Standortes erfordern. Würde eine ständige Feinorientierung angestrebt, so würde der Segelflugzeugführer so belastet, dass für taktische Belange wie Wetterbeobachtung und Beobachtung anderer Flugzeuge und des Funkverkehrs keine Zeit zur Verfügung stünde.

Bei den ersten Streckenflügen kann ein Streben nach ständiger Feinorientierung den Segelflugzeugführer verunsichern da die richtige Zuordnung einer Vielzahl von wenig markanten OM meist nicht sofort gelingt. Für einen unerfahrenen Segelflugzeugführer ist dieser Zustand ein Orientierungsverlust, der oft zum vorzeitigen Abbruch des Streckenfluges oder bei unbesonnener Handlungsweise zum Verlassen des zugelassenen Flugraumes führen kann. Die Beschränkung auf Groborientierung wird auch dadurch bedingt, dass beim Segelflug-Streckenflug die Flughöhen im Mittel bei etwa 1000 m liegen und die damit verbundene relativ große Sichtweite und Übersicht zur Vereinfachung der navigatorischen Tätigkeiten genutzt werden kann.

6 Die Vorbereitung des Streckenfluges

6.1 Das Kartenstudium

Das Kartenstudium unterteilt sich gewöhnlich in zwei Etappen. Zuerst werden die allgemeinen **fluggeographischen Charakteristika** der Flugstrecke und des benachbarten Geländes betrachtet. Danach werden die OM ausgewählt, mit deren Hilfe die **Sichtorientierung** durchgeführt werden soll.

Als Ziel der ersten Etappe soll eine Vorstellung vom Bild des zu überfliegenden Geländes gewonnen werden. Diese Vorstellung erlaubt dann die Auswahl der OM, die unter den jeweiligen Bedingungen die leichteste und sicherste Erkennbarkeit erwarten lassen.

Charakteristische Geländeformen für das Gebiet der DDR sind z.B.:

- waldarme ländliche Gegend mit kleinen Dörfern
- waldreiche, teilweise auch seenreiche Gegend mit wenigen Ortschaften
- Häufungen mittelgroßer Städte, die längs der Verbindungsstraßen ineinander übergehen
- Großstädte
- Großbetriebe mit Verkehrsanlagen
- Tagebaue.

Das Klassifizieren des Geländes im Verlaufe des Kartenstudiums liefert über die navigatorische Streckenvorbereitung hinaus die Basis für die Abschätzung der zu erwartenden meteorologischen Verhältnisse (Thermik bzw. Sichtweiten) und der Landemöglichkeiten zur betreffenden Jahreszeit. Gleichzeitig erhält man die ebenfalls für Außenlandungen wichtigen Kenntnisse über das Relief des Geländes.

Die ausgewählten OM sollten Abstände von etwa 5 bis 10 km haben. In diesen Abständen sind meist hinreichend markante OM zu finden, und auch bei minimaler zulässiger Flugsicht sind ständig mehrere OM im Sichtbereich. Sind auf längeren Flugstrecken sehr markante OM vorhanden (z.B: große Seen), so kann ihr Abstand auch noch größer gewählt werden.

Das Kartenstudium ist erfolgreich abgeschlossen, wenn der Segelflugzeugführer in der richtigen Reihenfolge die Charakteristika der zu befliegenden Flugstrecke und die gewählten OM kennt.

Nach dem Abschluss des Kartenstudiums ist die Konsultation von Ausbildern bzw. erfahrenen Segelflugzeugführern, die die betreffende Strecke schon oft beflogen haben, zu empfehlen. Dabei können wertvolle Informationen über eventuell auf den vorhandenen Karten nicht verzeichnete gute OM, insbesondere über gut sichtbare großflächige Neubauten, erhalten werden (siehe auch Abschnitt 5.2.1).

Die Streckenvorbereitung wird von erfahrenen Segelflugzeugführern in relativ kurzer Zeit durchgeführt. **Vor dem ersten Streckenflug erfordert sie das ständige Befassen mit der Flugstrecke**, damit beim Eintreten der notwendigen meteorolo-

gischen Bedingungen die notwendigen Kenntnisse tatsächlich vorhanden sind.

Eine wie oben beschrieben durchgeführte Streckenvorbereitung sichert eine zuverlässige Sichtorientierung bei minimalem Zeitaufwand während des Fluges.

6.2 Anfertigung des Navigationsplanes

Der Navigationsplan ist ein Mittel, das die erfolgreiche Durchführung der Streckenvorbereitung sichert. Seine Anfertigung ist für alle Segelflugzeugführer mit weniger als 500 Streckenflugkilometern Pflicht. **Der Navigationsplan ist eine Darstellung der Flugstrecke mit Angabe der Entfernung und der Wegwinkel auf allen Teilstrecken und der für die Sichtorientierung vorgesehenen OM.** Seine Anfertigung und sein Studium soll das Einprägen der Lage der OM relativ zur Flugstrecke und relativ zueinander erleichtern und sichern. Er wird während des Fluges **n i c h t** benutzt.

Abbildung 12 zeigt als Beispiel den Navigationsplan für eine 100-km-Zielstrecke mit Rückkehr von Oppin nach Mockrehna und zurück. Die wesentlichsten eingezeichneten OM sind die vierstrigige Straße Halle - Brehna, Autobahn, Autobahnauffahrt Brehna, Mulde, Flugplatz und Stadt Bitterfeld, Flugplatz Roitzschjora mit Waldgebiet südlich davon, Bad Düben, Wasserflächen der Sumpfgebiete im Waldgebiet zwischen Bad Düben und Mockrehna, gut sichtbare Gebäude im Wald bei Mockrehna, genauer Straßen- und Eisenbahnverlauf zur eindeutigen Identifizierung des relativ kleinen Ortes Mockrehna, Hinweis auf das Tagebaugebiet.

Ein Vergleich des Navigationsplanes mit der Karte dieses Gebietes zeigt, dass die ausgewählten OM den Forderungen des Abschnittes 6.1 völlig entsprechen. Bis Bad Düben sind die OM sehr markant und unverwechselbar. Da markante OL vorliegen, ist auch bei sehr schlechten Sichten stets mindestens eins der gewählten OM im Sichtbereich:

Das Waldgebiet zwischen Bad Düben und Mockrehna bietet wenig markante OM. Deshalb wurden die charakteristischen Verläufe der am Rande dieses Waldgebietes gelegenen Fernverkehrsstraße und Eisenbahn zur eindeutigen Kennzeichnung des kleinen Ortes Mockrehna benutzt. Zur Erleichterung der Sichtorientierung beim Anflug von Mockrehna wurden zusätzlich die deutlich sichtbaren Gebäude im Wald westlich Mockrehna vermerkt.

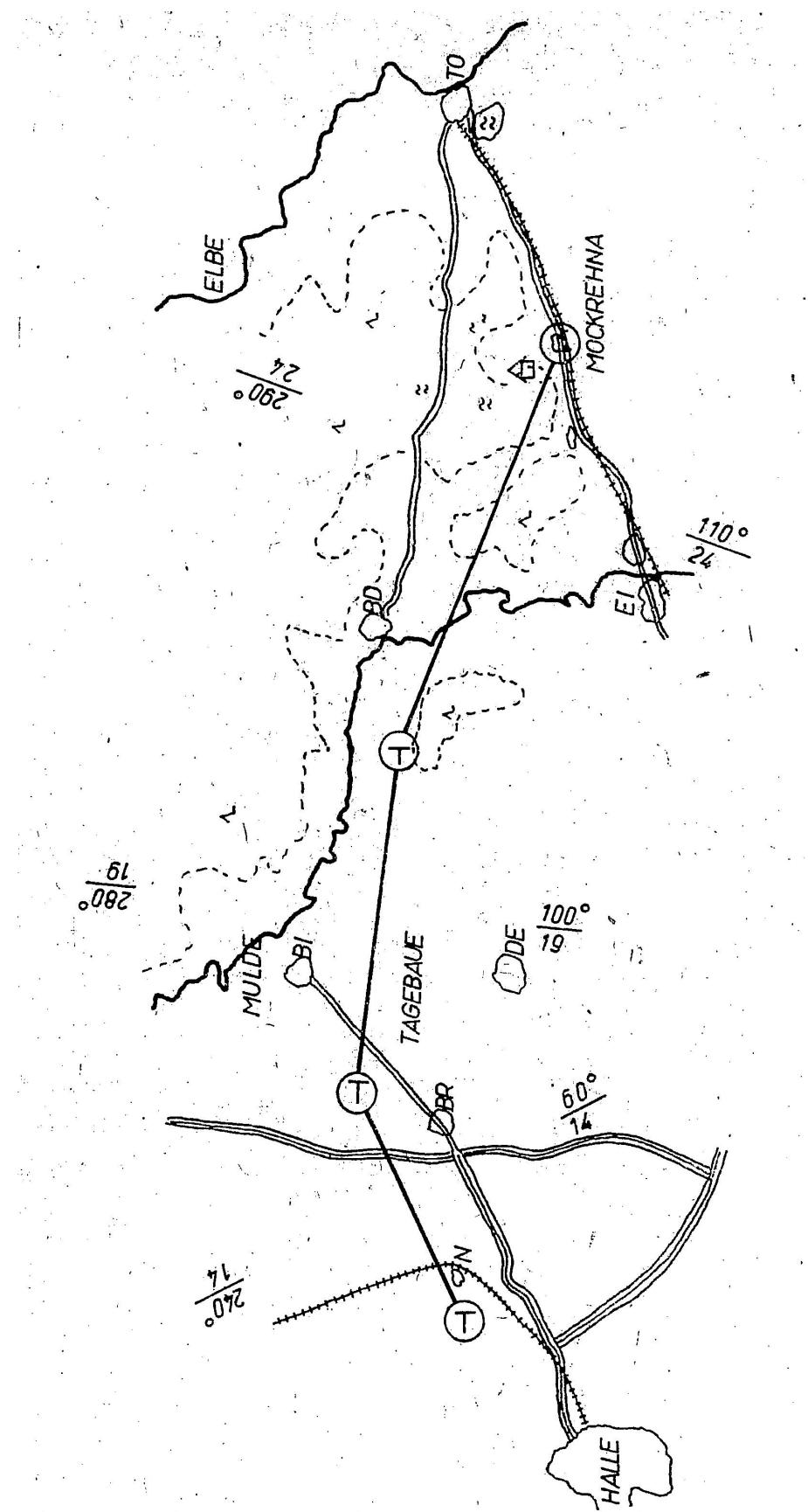


Abb. 12 Navigationsplan für den Streckenflug Oppin-Renneritz-Roitzschjora-Mockrehna und zurück

-  **Flugplatz**
-  **Stadt A**
-  **Straße**
-  **Autobahn, mehrspurige Straße**
-  **Eisenbahn**
-  **Wald**
-  **Wasser**
-  **einzelne Gebäude**

6.3 Die Vorbereitung der Flugkarte

Die Flugkarte wird stets so gefaltet, dass sie handlich ist und ihre Benutzung die Flugzeugführung nicht behindert. Meist wird die Flugkarte durch eine durchsichtige Hülle vom Format A4 geschützt. Dieses Format ist hinreichend handlich und erlaubt beim Kartenmaßstab 1:500 000 Strecken bis etwa 150 km Ausdehnung auf einer Seite der Karte unterzubringen.

Beim Falten ist darauf zu achten, dass neben der Flugstrecke auch das angrenzende Gelände sichtbar ist. Liegt die Flugstrecke in der Nähe von Kartenrändern, so müssen die Anschlußblätter angeklebt werden.

Grundsätzlich ist zu vermeiden, dass die Karte während des Fluges umgefaltet werden muss oder die Faltung nicht ausreichend fixiert ist, so dass der Teil der Karte, der die Flugstrecke zeigt, erst gesucht werden muss.

Ist die Karte entsprechend gefaltet, werden zuerst die Anfangs-, Wende- und Endpunkte der Strecke durch Einzeichnen von Kreisen mit etwa 1 cm Durchmesser markiert. Danach wird die BWL durch Verbinden dieser Kreise eingezeichnet: Weiterhin werden die Längen der Teilstrecken zwischen den markierten Punkten und die Wegwinkel bestimmt und in Flugrichtung rechts von der BWL eingezeichnet. Zur

Ermittlung des WW wird der Mittelpunkt des Winkelmessers an den Kreuzungspunkt der BWL bzw. ihrer Verlängerung mit einem in der Karte verzeichneten Meridian angelegt. Fallen 0° bzw. 360° mit der Meridianrichtung zusammen, zeigt die BWL bzw. ihre Verlängerung den WW der betreffenden Teilstrecke. Bei der Bestimmung des WW ist darauf zu achten, dass nur die für die Navigation bestimmten Winkelmesser oder Kursdreiecke in Uhrzeigerrichtung wachsende Winkelwerte besitzen.

Als letzte Eintragung wird entsprechend der Wetterberatung die Windrichtung durch einen Pfeil (Windpfeil) auf der Karte vermerkt und die mittlere Windgeschwindigkeit angegeben. Die Angabe des Windpfeils soll die Abschätzung der Abdriftwinkel aus der relativen Lage von Windrichtung und BWL erleichtern.

6.4 Die Flugvorbereitung am Flugtag

Sind alle bisher beschriebenen Tätigkeiten der Vorbereitung: eines Streckenfluges abgeschlossen, so verbleibt am Flugtag das Studium der Wetterberatung, die daraus folgenden navigatorischen Berechnungen bzw. Abschätzungen und die Bereitstellung der mitzuführenden Dokumente. Als Abschluss der Flugvorbereitung am Flugtag sollte im Rahmen des Flugspiels die **Kenntnis des Verlaufes der Flugstrecke und der Lage der Charakteristika der OM selbständig oder durch den Flugleiter überprüft werden.**

6.4.1 Das Studium der Wetterberatung

Die für den Segelflug-Streckenflug notwendige Wetterinformation enthält folgende Angaben:

- Sichtweiten
- Windgeschwindigkeiten und -richtungen in verschiedenen Höhen
- Höhe der Wolkenbasis
- mittlere Steiggeschwindigkeiten
- mögliche besondere Wettererscheinungen.

Für navigatorische Belange sind außer den Sichtweiten, die längs der gesamten Flugstrecke größer als das zulässige Minimum sein müssen, die sich aus den mittleren Steiggeschwindigkeiten ergebenden zu erwartenden Reisegeschwindigkeiten sowie Windgeschwindigkeiten sowie Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen von Interesse.¹¹

Eine Abschätzung des Abdriftwinkels nach den in Abschnitt 4 beschriebenen Methoden sollte generell bei stärkerem Seitenwind vorgenommen werden. Insbesondere darin, wenn geringe erzielbare Reisegeschwindigkeiten erwartet

werden müssen bzw. infolge der zu erwartenden Wetterentwicklung (z.B. Abschirmungen) zeitweilig geringe Reisegeschwindigkeiten auftreten können sollten die Abdriftwinkel abgeschätzt werden. Die Größe des sich ergebenden Abdriftwinkels ist ein Maß dafür, ob der Streckenflug so durchgeführt werden kann, dass die Einhaltung des zugelassenen Luftraumes stets gesichert ist.

Bei Abdriftwinkeln von um oder über 45° wird die Abdrift während des Kreisfluges so groß, dass eine zuverlässige Einhaltung der zulässigen Flugtrasse nur bei einer Wetterlage möglich ist, bei der das, zu erwartende mittlere Steigen bei jedem Höhengewinn im Kreisflug sicher angetroffen wird.

6.4.2 Mit zuf uhrende Dokumente

Neben der Navigationsausrüstung des Segelflugzeugführers sind bei einem Streckenflug folgende Dokumente' mitzuführen:

- a) Persönliche Dokumente: Personalausweis, Segelflugerlaubnis, GST-Ausweis, Ausbildungsnachweis, Flugfunksprecherlaubnis
 - b) Zulassungs- und Prüfschein des Flugzeuges mit Bordbuch, bei vorhandener Funkausrüstung, Funkdokumente
 - c) Fallschirmschirmsystemdokumente
 - d) schriftlicher Flugauftrag
 - e) Telefonnummern für die Rückmeldung nach einer Außenlandung bzw. einer Landung auf einem fremden Flugplatz.

6.5 Die persönliche Vorbereitung

Die persönliche Vorbereitung auf einen Streckenflug hat das Ziel, die volle Leistungsfähigkeit des Segelflugzeugführers während des gesamten Fluges zu gewährleisten.

Zur persönlichen Vorbereitung gehören:

- die Sicherung einer guten körperlichen Verfassung,
 - eine der Wetterlage und dem Flugzeugtyp angepasste Bekleidung,
 - eine geeignete Ernährung vor und während des Fluges.

Grundlage einer guten körperlichen Verfassung ist eine gesunde sportliche Lebensweise.. Bei Jugendlichen ist besonders auf ausreichenden Schlaf zu achten. Die Forderungen der SBO stellen dabei lediglich die Mindestforderungen dar. Faktoren, die die Leistungsfähigkeit, insbesondere beim Auftreten komplizierter Situationen, ungünstig beeinflussen können, sind z. B. nervliche Belastungen, extreme meteorologische Bedingungen oder nicht ausreichende Erholung nach langen Flügen,

Rückholfahrten, Reparaturen und ähnlichen Anstrengungen.

Geeignete Kleidung muss wärmend und luftdurchlässig sein, damit bei den Temperaturverhältnissen in 1000 bis 2000 m Höhe angepassten Kleidung auch bei Flügen in geringerer Höhe (d. h. in komplizierteren Situationen) und vor dem Start kein die Leistungsfähigkeit nachträglich beeinflussender Wärmestau auftritt.

Für die Ernährung vor einem Streckenflug gelten die gleichen Regeln wie für die Ernährung vor und während der gesamten fliegerischen Ausbildung. Während kurzer Streckenflüge (z. B. zum Segelflugleistungsabzeichen in Silber) ist Essen meist nicht nötig und zweckmäßig. Bei längeren Flügen sollte von den eigenen Erfahrungen ausgegangen werden. Zu vermeiden sind Nahrungsmittel, die einen erhöhten Flüssigkeitsbedarf hervorrufen (z. B. süße Backwaren oder stark salzhaltige Nahrungsmittel).

Abschluss der persönlichen Vorbereitung auf einen Streckenflug ist die ruhige und besonnene Durchführung aller Flug- und Startvorbereitungen entsprechend den geltenden Vorschriften ungeachtet des meist auftretenden Zeitdrucks. Hast und Oberflächlichkeit können zu schwerwiegenden Versäumnissen führen, bringen in den meisten Fällen Unruhe, Unsicherheit und Unkonzentriertheit während des gesamten Fluges.

7 Die Navigation während des Streckenfluges

7.1 Erfüllung von Navigationsaufgaben im Geradeausflug und Kreisflug

Die Sichtorientierung wird im Segelflug im Geradeaus- und im Kreisflug in der Thermik durchgeführt. Es ist anzustreben möglichst weitgehend navigatorische Aufgaben im Kreisflug in der Thermik zu bewältigen, da bei genügend automatisierter Flugzeugführung während des Kreisfluges mehr Zeit zur Verfügung steht als im Sprung zwischen den Steiggebieten. Im Verlauf des Sprungs muss eine Vielzahl taktischer Aufgaben gelöst werden für deren Behandlung nur dann genügend Zeit zur Verfügung steht, wenn während des Kreisfluges

- eine exakte Standortbestimmung erfolgte
- aus dem ermittelten Standort die Flugrichtung des nächsten Sprungs bzw. der zu fliegende Kurs abgeleitet wurde.

In der Regel werden bei den ersten Streckenflügen navigatorische Aufgaben zum großen Teil während des Geradeausfluges gelöst. Das ist dadurch bedingt, dass Segelflugzeugführer, die die ersten Streckenflüge durchführen, die Steuertechnik des Thermikfluges noch nicht vollständig automatisiert haben und der Kreisflug von ihnen beträchtliche Aufmerksamkeit erfordert: Andererseits erfolgt der Geradeausflug meist mit konstanter Geschwindigkeit, die in vielen Fällen die Geschwindigkeit des besten Gleitens nur wenig übersteigt. Unter diesen Bedingungen, erfordert die Flugzeugführung im

Geradeausflug und auch das Erkennen durchflogener Aufwindgebiete relativ wenig Aufmerksamkeit und lässt die Konzentration auf navigatorische Aufgaben zu.

Beim Geschwindigkeitsstreckenflug ist die Einhaltung der optimalen Sprunggeschwindigkeit bei der derzeit üblichen Geräteausstattung nur durch ständige Beobachtung von zwei Geräten, Variometer und Fahrtmesser, möglich. Außerdem erreichen die Sprunggeschwindigkeiten solche Werte, dass Steiggebiete in weniger als 5 s durchflogen werden, ihr Erkennen also große Aufmerksamkeit erfordert. Da während des Sprunges außerdem noch eine Vielzahl für den Erfolg entscheidender taktischer Entscheidungen getroffen werden müssen (Einkreisen oder Weiterfliegen, Wahl der anzufliegenden Wolke usw.), ergibt sich notwendig die zunehmende Verlagerung der Lösung navigatorischer Aufgaben auf den Kreisflug. Nach dem Zentrieren kann ein geübter Segelflugzeugführer den größten Teil der Aufmerksamkeit der Beobachtung des Luftraumes und des Geländes widmen, da zur Flugzeugführung allein die Beobachtung des Horizonts und ein gelegentlicher Blick auf die Geräte ausreichen.

7.2 Die Verbindung von Sicht- und Kompaßnavigation

Bereits in 5.1. wurde darauf hingewiesen, dass in Abhängigkeit von den konkreten Bedingungen während des Fluges, die Bedeutung von Sicht- und Kompaßnavigation für die Durchführung eines Streckenfluges verschieden ist. Zur Erläuterung der von Sicht- und Kompaßnavigation zu lösenden Aufgaben soll der charakteristische Fall betrachtet werden, dass im mittleren Abstand von etwa 10 km markante OM vorhanden sind. Die Sichtweiten sollen so groß sein, dass im allgemeinen nur ein OM klar erkennbar ist. In diesem Fall besteht die Navigation aus den sich stets abwechselnden Handlungen:

- a) Aus der relativen Lage zu einem OM wird mit der jeweils notwendigen Genauigkeit der Standort bestimmt.
- b) Aus der Lage des Standortes relativ zur Flugstrecke werden unter Berücksichtigung taktischer Überlegungen (basierend auf Wolkenbildung, Wind usw.) die notwendige Flugrichtung und der dazu notwendige Kurs durch Abschätzen von Wegwinkel und Abdriftwinkel bestimmt.
- c) Der Kurs wird mit dem Magnetkompaß eingestellt und kontrolliert.
- d) Aus der von dem bekannten Standort aus zurückgelegten Strecke in der gewählten Richtung wird der neue zu erwartende Standort ermittelt und durch Aufsuchen eines OM im Gelände präzisiert.

Die mit der Erfüllung von d) erreichte Situation ist mit der von a) identisch, und die Handlungen wiederholen sich zyklisch.

Die Ermittlung eines zu erwartenden Standortes aus der zurückgelegten Flugstrecke erfolgt im Motorflug gewöhnlich durch Multiplikation von Geschwindigkeit und Flugzeit von einem bekannten Standort aus. Da die Geschwindigkeiten vor Beginn des Streckenfluges festgelegt werden können, ist es dabei üblich, die Flugzeit zwischen zwei OM im Rahmen der Flugvorbereitung zu ermitteln und in die Flugkarte einzutragen.

Im Segelflug ist die gleiche Methode möglich, nur muss aus Flugzeit und Geschwindigkeit während des Fluges die Strecke im allgemeinen durch Kopfrechnen

ermittelt werden. Einfacher und ausreichend genau ist eine Abschätzung der zurückgelegten Strecke. Als einfaches Maß für die geflogene Strecke kann die abgeflogene Höhe verwendet werden. Dazu folgendes Beispiel:

In 1500 m Höhe wurde ein Steiggebiet verlassen, bei den herrschenden Windverhältnissen ergibt sich : bei der gewählten mittleren Sprunggeschwindigkeit ein Gleitverhältnis von etwa 1:25. Damit sind bei einer Flughöhe von 800 m bei Kontakt mit einem neuen Steiggebiet etwa 17,5 km zurückgelegt.

Das geschilderte Verfahren zur Abschätzung der zurückgelegten Strecke kann umständlich und ungenau erscheinen.. Es entspricht aber den tatsächlichen Verhältnissen im Segelflug. Im Steigen erreichte Flughöhen und damit erzielte Strecken werden vom Segelflugzeugführer gemerkt, und er kann mit diesen Größen ohne merkbare Belastung Abschätzungen durchführen.

Die beschriebene Methode der Navigation im Segelflug sichert eine zuverlässige Führung des Flugzeuges bei allen den Streckenflug nach Sichtflugregeln zulassenden Wetterbedingungen. In den meisten Fällen wird die Navigation dadurch erleichtert, dass von einem bekannten Standort aus in Richtung der gewählten und mittels Kompaß kontrollierten Flugrichtung ein oder mehrere OM sichtbar sind. Dann entfällt die Abschätzung der zurückgelegten Flugstrecke, und der Geradeausflug kann stets nach OM als Blickpunkte bei nur gelegentlicher Kontrolle durch den Kompaß gesteuert werden.

Ausschlaggebend für die Sicherheit der Navigation sind die absolute Zuverlässigkeit der Zuordnung von Kartenbild und OM im Gelände, die Einhaltung der zu fliegenden Kurse und die regelmäßige Überprüfung des Abdriftwinkels.

Eine hohe Zuverlässigkeit der Zuordnung von Kartenbild und OM wird erreicht, wenn während des Fluges stets alle zur eindeutigen Erkennung eines OM notwendigen, Kennzeichen ermittelt werden. Einhaltung der Kurse setzt. Aufmerksamkeit, saubere Flugzeugführung und Vertrauen zum Kompaß voraus. Ausfall des Kompasses bzw., Fehlanzeigen können durch Vergleich der Kompaßanzeige und der Lage der Flugzeuglängsachse zu OM (speziell OL) erkannt werden. Die Wahl des Kurses wird überprüft, indem regelmäßig die mittlere TWL mit der BWL verglichen wird. Beobachtet man, dass man sich der Lee- bzw. Luvseite der zulässigen Flugtrasse nähert, ist die Sichtorientierung zu intensivieren und der Kurs zu korrigieren.

Die geforderte Sicherheit der Navigation kann nur erreicht werden, wenn, keinerlei Unsicherheiten zugelassen werden. Ergeben sich Zweifel an der Standortbestimmung, der Wahl des Kurses oder ähnliche Unsicherheiten, so sind sie sofort bei möglicherweise notwendigem Zurückstellen des sportlichen Ziels des Streckenfluges durch sorgfältigen Karte-Gelände-Vergleich vollständig zu beseitigen.

7.3 Die Einhaltung der Flughöhe

Die Einhaltung der zulässigen Flughöhe ist für die Flugsicherheit ebenso bedeutsam wie die Einhaltung der zulässigen Flugtrasse. Die Einhaltung der maximal zulässigen

Flughöhe ist dabei entscheidend für die Sicherheit des kommerziellen Flugverkehrs, da sich zwischen der zugelassenen Maximalflughöhe und der niedrigsten Staffelungshöhe in einer Luftstraße gelegentlich nur einige 100 m Sicherheitsabstand befinden. Die Einhaltung der Sicherheitsflughöhen für die Vorbereitung einer Außenlandung, für den Kreisflug und für die Landekurve unter allen Gelände- und Wetterbedingungen ist vor allem für die sichere Durchführung von Außenlandungen bzw. Landungen auf fremden Flugplätzen ausschlaggebend.

7.3.1 Die Arten der Flughöhen

Als Flughöhe definiert man den Abstand des Flugzeuges von einer bestimmten Fläche. Je nach der Wahl dieser Fläche erhält man die verschiedenen Flughöhen.

- absolute Höhe H_{abs} , die Höhe über dem Meeresspiegel, als Abkürzung wird in der Flugsicherung ALT verwendet
- relative Höhe H_{rel} , die Höhe über dem Flugplatzniveau, Abkürzung AAL
- wahre Höhe H_w , die Höhe über dem jeweils überflogenen Gelände (über Grund), Abkürzung AGL.

Abbildung 13 veranschaulicht die Arten der Flughöhen.

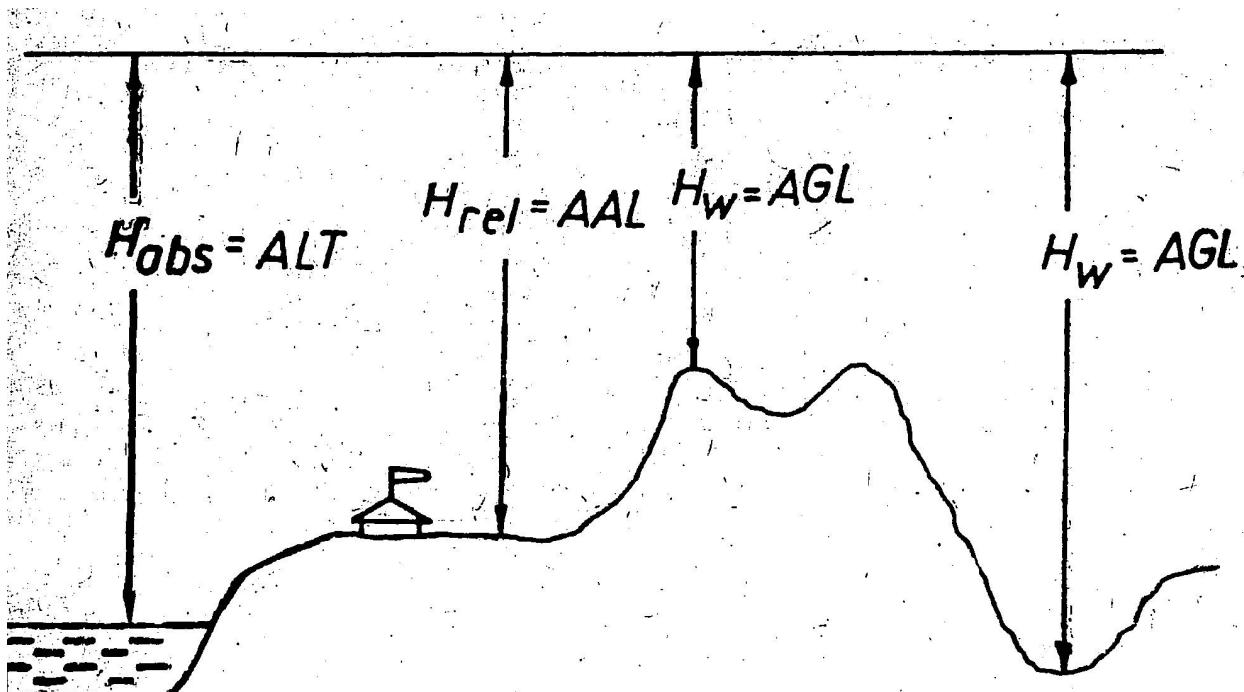


Abb. 13: Die Arten der Flughöhen

Segelflugzeuge sind mit barometrischen Höhenmessern ausgerüstet. Es erfolgt also stets eine Druckmessung. Die Zuordnung einer Höhenangabe ergibt sich aus der Druckabnahme, mit der Höhe in einer angenommenen Normalatmosphäre. Die Höhenangabe des, barometrischen Höhenmessers ist damit immer der Abstand zu einer Fläche konstanten Luftdrucks.

7.3.2 Die Fehler bei der Ermittlung der Flughöhe

Die vom Höhenmesser angezeigte Flughöhe kann infolge von Gerätefehlern, systematischen (methodischen) Fehlern und Luftdruck- bzw. Relieffehlern von der tatsächlichen Flughöhe abweichen.

Gerätefehler sind die Meßungenauigkeiten, die durch Alterung, Verschleiß und ähnliche Ursachen hervorgerufen werden, Liegen sie bei Einhaltung der bestehenden Kontroll- und Wartungsvorschriften in den zulässigen Grenzen, so sind sie ohne Bedeutung.

Systematische Fehler sind durch Abweichungen des aktuellen Zustandes der Atmosphäre von der Eichung des Höhenmessers zugrunde liegenden Standardatmosphäre bedingt. Der wesentlichste Einflußfehler ist dabei die Lufttemperatur. Systematische Fehler können bei größeren Flughöhen beträchtliche Abweichungen verursachen, sie sind für die Flugsicherheit jedoch, unbedeutend, da sie die barometrischen Höhenmesser aller Luftfahrzeuge gleichermaßen beeinflussen.,

Der Luftdruckfehler wird durch unterschiedliche Luftdrücke am Boden an verschiedenen Orten hervorgerufen. Es entsprechen:

- 1 mm Hg Druckänderung 10 m
- 1 mb Druckänderung 8 m.

Der Luftdruckfehler wird insbesondere bei starken Druckgradienten beim Flug in Richtung des fallenden Luftdrucks wesentlich. Die angezeigte Flughöhe ist dann größer als die tatsächlich vorhandene und die Fehler können die Größenordnung der Sicherheitsflughöhen erreichen. Sehr große Luftdruckfehler treten im Segelflug jedoch relativ selten auf. Starke Druckgradienten bedingen hohe isobarenparallele Windgeschwindigkeiten, sodass weite Flüge in Richtung des Druckgradienten kaum durchgeführt werden können.

Der Relieffehler ist die Differenz zwischen der relativen und der wahren Höhe. Die Berücksichtigung des Relieffehlers ist wichtig für die Einhaltung der Sicherheitsflughöhen die sich natürlich stets auf die wahre Höhe beziehen. Sehr große Relieffehler treten in gebirgigen Gegenden auf, aber auch im hügeligen Gelände (Gelände mit Erhebungen zwischen 100 und 500 m über NN), das im Gebiet der DDR vorherrscht, kann die Nichtbeachtung des Relieffehlers zu schwerwiegenden besonderen Vorkommnissen führen. In Abschnitt 6.1 wurde bereits darauf hingewiesen, dass den Auswirkungen von Relieffehlern am besten durch Beachtung des Reliefs der Flugtrasse schon beim Kartenstudium vorgebeugt werden kann. Weiterhin muss die Schätzung von Flughöhen im Höhenbereich zwischen 100 und 500 m bei Platzflügen geübt werden.

7.3.3 Die Flughöhe nach Standarddruck

Um die **Auswirkungen von Luftdruckfehlern** auf von der Flugsicherung vorgesehene Höhenabstände zwischen Luftfahrzeugen völlig auszuschalten, werden Flüge **oberhalb 600 m** über Grund bzw. über Flugplatzhöhe grundsätzlich nach **Standarddruck** (Abkürzung STD) durchgeführt. Die Höhenangabe erfolgt damit relativ zur Druckfläche 1013 mb bzw. 760 mm Hg.

Die beim Streckenflug im Segelflug zulässigen maximalen Flughöhen werden deshalb stets im Standarddruck angegeben. Die jeweils erlaubte absolute bzw. relative Höhe ist damit vom Bodenluftdruck abhängig.

Um einen Flug nach Standarddruck durchzuführen, ist gemäß Luftverkehrsordnung die Druckskala des Höhenmessers während des Streckenfluges auf STD umzustellen. Der Platzdruck muss dann notiert werden, damit bei Rückkehr zum Flugplatz bzw. bei der Vorbereitung einer Außenlandung der Höhenmesser wieder auf den Platzdruck eingestellt werden kann.

Wird der Höhenmesser bei der Vorbereitung einer Außenlandung auf den Platzdruck umgestellt, ist die Bestimmung der Höhe über Grund einfacher. Wurde bei der Streckenvorbereitung dem Relief der Flugstrecke genügend Aufmerksamkeit geschenkt, sind die Höhendifferenzen des zu überfliegenden Gebietes zum Startflugplatz dem Flugzeugführer bekannt. Aus der Höhenmesseranzeige ergibt sich dann sofort die wahre Höhe.

Zur Berechnung der relativen Höhe bei gegebener Höhe in STD (z. B. bei der Vorbereitung eines Zielanfluges) sind bei Bodenluftdruck größer bzw. kleiner als STD jeweils 10 m pro mm Hg oder 8 m pro mb zur Flughöhe nach STD hinzu zuzählen bzw. abzuziehen. Ein Beispiel: Die Höhe nach STD beträgt 1500 m und der Bodenluftdruck 750 mm Hg. Die Höhe über dem Flugplatzniveau beträgt dann

$$1500 \text{ m} - 10 \times 10 \text{ m} = 1400 \text{ m}$$

7.4 Die Navigation im Zielanflug

Die Navigation im Zielanflug erfordert vor, allem bei Anflügen mit geringer Höhenreserve große groÙe Genauigkeit, da Navigationsfehler im Zielanflug meist zu Landungen kurz vor dem Ziel führen. Die notwendige Genauigkeit ist bei genügend Sorgfalt meist zu erreichen. Der Zielanflug ist fast ausnahmslos ein Geradeausflug mit vorher bestimmter Geschwindigkeit. Der Kurs kann so relativ sicher bestimmt werden bzw. ist während des vorhergehenden Fluges erfolgen worden, so dass das Einhalten der BWL meist keine Schwierigkeiten bereitet.

GroÙe Bedeutung für einen sicheren (und auch schnellen) Zielanflug besitzt die Ermittlung der Entfernung zum Zielflugplatz zur Kontrolle des geplanten Gleitweges. Dazu markiert man auf der Karte aller 5 km die Entfernung zum Ziel. Mit Hilfe dieser Markierung ist eine Abschätzung der Entfernung zum Zielflugplatz mit einer Genauigkeit von 1 bis 2 km schnell und sicher möglich.

Die Endphase eines Zielanfluges erfolgt insbesondere beim Leistungssegelflug und beim Segelflug außerhalb der Platzrunde in ungewohnt geringen, Höhen. Dadurch ändert sich die Sichtbarkeit und damit die Eignung der OM für die Sichtorientierung im Zielanflug. In der Endphase des Zielanfluges sollten die OM nahe an der BWL liegen, da die Sichtweite wesentlich geringer als bei üblichen Segelflug-Flughöhen ist. Einzelne Gebäude (z. B. auch Türme) werden geeignete OM, da sie sich bei dem flachen:

Blickwinkel zum Zielflugplatz gegenüber dem Horizont abheben. Eine große Hilfe ist z.B. auch ein Getreidespeicher in Flugplatznähe.

Besondere Aufmerksamkeit ist der navigatorischen Vorbereitung des Streckenfluges zu widmen wenn erwartet werden, kann, dass nach langen Streckenflügen der Zielanflug gegen die tiefstehende Sonne erfolgt: Unsicherheiten, die sich einstellen wenn aus wenigen Kilometern Entfernung der Flugplatz noch nicht sicher erkannt werden kann, lassen sich durch intensives Studium der OM der letzten 5 bis 10 km der Flugstrecke während der Streckenvorbereitung vermeiden. Zur Sichtorientierung sollten beim Zielanflug gegen die Sonne OM Verwendet werden die etwa unter einem Winkel von 45° rechts und links der Flugrichtung sichtbar sind.

7.5 Maßnahmen bei Orientierungsverlust

Ein Orientierungsverlust liegt vor, wenn die dem zu erwartenden Standort entsprechenden OM im Gelände nicht aufgefunden werden können und das Gelände bzw. die im Gelände sichtbaren OM nicht durch den Vergleich mit der Karte erkannt werden können.

Die Segelflugbetriebsordnung schreibt für diesen Fall die sofortige Landung vor.

Ein Orientierungsverlust ist stets mit der Gefahr des Verlassens des zugelassenen Luftraumes verbunden. Eine sofortige Landung reduziert die damit verbundene mögliche Gefährdung des Luftverkehrs so weit wie möglich.

Der Begriff sofortige Landung bedarf keiner weiteren Präzisierung, wenn ein Orientierungsverlust bei einer Flughöhe in der Größenordnung der Sicherheitsflughöhe für die Vorbereitung einer Außenlandung festgestellt wird. Nach Feststellen eines Orientierungsverlustes wird am jeweiligen Standort ein geeignetes Landefeld ausgewählt und die Landung durchgeführt.

Erfolgt die Feststellung des Orientierungsverlustes bei größerer Flughöhe, so wird am jeweiligen Standort die Höhe abgeflogen und ebenfalls gelandet. Während des Abfliegens der Höhe kann durch Karte-Gelände-Vergleich versucht werden, die Orientierung wieder herzustellen. Das Abfliegen der Höhe geschieht dabei am zweckmäßigsten in Form kurzer Geradeausflüge, außerhalb von Steiggebieten von ca. 1 min Dauer jeweils in Richtung des Kurses und des Gegenkurses der Strecke bzw. Teilstrecke, auf der sich der Orientierungsverlust ereignet hat. Während der Geradeausflüge ist die Karte stets einzunorden, um den Karte-Gelände-Vergleich möglichst zu vereinfachen. Wurde ein Orientierungsverlust rechtzeitig bemerkt und wurden keine groben Fehler bei der Wahl und Kontrolle des Kurses gemacht, so befindet sich der Segelflugzeugführer stets in der Nähe des zu erwartenden Standortes im zulässigen Luftraum und die Orientierung kann mit großer Wahrscheinlichkeit, bis zum Erreichen der Sicherheitshöhe für die Vorbereitung der Außenlandung wieder hergestellt werden. Kann die Orientierung nicht wiederhergestellt werden, so wird nach Erreichen der Sicherheitshöhe die Außenlandung vorbereitet.

Aus den eben beschriebenen Maßnahmen folgt, dass es nicht statthaft ist, nach Feststellen eines Orientierungsverlustes nach Thermikanschluß zu suchen bzw. im Steiggebiet zu verbleiben oder die Höhe im Geradeausflug abzufliegen. Ein Abfliegen

der Höhe im Geradeausflug erhöht stark die Wahrscheinlichkeit, dass der Orientierungsverlust zu einer Luftraumverletzung führt und vermindert gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit für die Wiederherstellung der Orientierung. Ursachen eines Orientierungsverlustes sind oft falsche Wahl bzw. ungenügende Einhaltung des Kurses. Ein Weiterfliegen würde die Differenz zwischen angenommenem und tatsächlichem Standort deshalb meist vergrößern und zu den oben beschriebenen Folgen führen.

Rechtzeitig erkannte Orientierungsverluste führen oft zu Landungen innerhalb der zulässigen Flugtrasse oder erlauben die Wiederaufnahme der Orientierung. Sie werden deshalb vom Flugleiter meist nicht als solche erkannt, da vorzeitige Landungen oder Zeitverluste beim Streckenflug auch viele andere Ursachen haben können. Es ist deshalb Pflicht des Segelflugzeugführers, nach Beendigung des Fluges aufgetretene navigatorische Probleme dem Flugleiter zu melden, so dass die Ursachen festgestellt und bei künftigen Flügen mit geeigneten Maßnahmen vorgebeugt werden kann.

8 Die ersten Streckenflüge

Als Ergänzung sollen einige wichtige Fragen behandelt werden, die mit den ersten Streckenflügen, insbesondere dem 50-km-Flug zum Segelflugleistungsabzeichen in Silber, verbunden sind.

8.1 Die Voraussetzungen für den ersten Streckenflug

Vor dem ersten Streckenflug sollte ein Segelflugzeugführer folgende Bedingungen erfüllt, haben (bei; selbstverständlicher Erfüllung der Forderungen des Ausbildungsprogrammes)

- Sichere Beherrschung des verwendeten Flugzeugtyps bei Start, Thermikflug und Ziellandung.
- Der Segelflugzeugführer hat, mehrere Thermikflüge unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen durchgeführt. Er beherrscht weitgehend die Technik des Kontaktfindens mit der Thermik und er ist in der Lage, die in einem Steiggebiet mit dem betreffenden Flugzeugtyp erreichbare Steiggeschwindigkeit auszufliegen.

Als zweckmäßig hat sich die Forderung nach Absolvierung des 5-h-Fluges vor dem ersten Streckenflug erwiesen.

Geeignete meteorologische Bedingungen für den ersten Streckenflug sind:

- schwachwindige Wetterlage,
- Wolkenthermik,
- Höhe der Wolkenbasis bzw. zulässige Maximalhöhe nicht unter 1000 m,

- keine komplizierten Wettererscheinungen wie Abschirmungen, Schauer o. ä.,
- Flugsichten, die die Durchführung des Fluges weitgehend nach Sichtorientierung erlauben.

Unbedingt zu vermeiden sind Aufträge zum ersten Streckenflug bei starken Seitenwindkomponenten (siehe 4.4).

Rückenwind erleichtert einen Streckenflug außerordentlich, bei thermisch guten, schwachwindigen Hochdruckwetterlagen sind jedoch mit den in der fliegerischen Ausbildung der GST eingesetzten Segelflugzeugen auch von Streckenflug-Anfängern Streckenflüge bei Gegenwind mit Erfolg durchführbar.

8.2 Der Thermikflug während des Streckenfluges

Eine wesentliche Ursache für vorzeitige Außenlandung bei den ersten Streckenflügen ist das Fehlverhalten des- Segelflugzeugführers beim Thermiksuchen. Dieses Fehlverhalten wird oft durch die gegenüber vorhergehenden Platzflügen erhöhte psychische Belastung hervorgerufen, dass Nichtantreffen von Steigen zur Außenlandung führt. Eine typische fehlerhafte Verhaltensweise ist dabei; dass an aussichtslosen Stellen (meist unter einer zerfallenden Wolke) unter großem Höhenverlust Steigen gesucht und nicht gefunden wird, während aus der ursprünglich vorhandenen Höhe mit großer Wahrscheinlichkeit Kontakt zu einem benachbarten Steiggebiet erreicht worden wäre.

Um diesen Fehlern vorzubeugen, sollte sich ein im Streckenflug unerfahrener Segelflugzeugführer einprägen:

Die Wahrscheinlichkeit, bei gegebener Flughöhe während des Streckenfluges Thermikanschluß zu bekommen, ist meist größer als in gleicher Situation am Flugplatz. Am Flugplatz können nur solche Gebiete angeflogen werden, bei denen auch beim Nichtantreffen von Thermik die ordnungsgemäße Landung auf dem Flugplatz gesichert ist. Während des Streckenfluges kann dagegen bei Beachtung der Landemöglichkeiten bis zum Erreichen der Sicherheitshöhe für die Vorbereitung der Außenlandung aus der gleichen Höhe ein wesentlich größeres Gebiet abgesucht werden. Da die thermischen Eigenschaften des Geländes längs der zu befliegenden Strecke meist schlechter bekannt sind als die des Flugplatzgebietes, wo man die Stellen, an denen erfahrungsgemäß gutes Steigen angetroffen werden kann, oft recht gut kennt, ist während des Streckenfluges die Wetterentwicklung, insbesondere die Wolkenbildung intensiv zu beobachten.

Ausreichend Zeit dafür ist vorhanden wenn ein Steiggebiet gefunden, lokalisiert und auszentriert worden ist und man sich im Steigen etwa 200 bis 300 m unterhalb der zulässigen Maximalhöhe bzw. der Sicherheitshöhe zur Wolkenbasis befindet. Es werden dann die Entwicklung der nächsten in Flugrichtung liegenden Wolken beobachtet, die thermischen Eigenschaften des Geländes eingeschätzt, nach Möglichkeit die nächsten OM aufgesucht und eine Entscheidung z.B.: über die nächste anzufliegende Wolke getroffen. So kann bei Beendigung des Kreisfluges sofort der Weiterflug mit der Gewissheit erfolgen, dass die Wahrscheinlichkeit für erneuten Thermikanschluß groß ist und kein Navigationsfehler auftreten kann.

8.3 Der Abflug vom Platz bei den ersten Streckenflügen

Die Art des Abfluges vom Platz bei den ersten Streckenflügen hängt von der Windrichtung ab. Bei Rückenwind findet bereits beim Höhengewinn am Platz die Versetzung in Richtung der Strecke statt, und der Abflug erfolgt meist unmittelbar nach Erreichen der zulässigen Maximalhöhe bzw. des Sicherheitsabstandes zur Wolkenbasis. Da durch die Windversetzung auch beim Kreisflug Strecke zurückgelegt wird, sollte ein Abfliegen aus einem Steiggebiet möglichst erst dann erfolgen, wenn die Sicherheit groß ist, im nächsten Steiggebiet Anschluss zu finden.

Bei Rückenwind und ungünstigen Bedingungen in Flugrichtung ist es oft zweckmäßig, mit ausgefahrenen Bremsklappen unter einer Wolke den Beginn eines neuen Thermikaufbaus abzuwarten.

Beim 50-km Flug zum Segelflugleistungsabzeichen in Silber spielt die Dauer des Fluges keine Rolle, deshalb kann bei Rückenwind auch schwaches Steigen zum Höhengewinn genutzt werden.

Der Flug bei Gegen- oder Seitenwind stellt wesentlich höhere Anforderungen, insbesondere ist Warten in schwachem Steigen bzw. unter einer Wolke mit Streckenverlust verbunden. Soll ein Flug bei solchen Bedingungen erfolgreich verlaufen, müssen in gewissem Umfang bereits Elemente des Geschwindigkeitsstreckenfluges beachtet werden. Insbesondere muss mit genügender Sicherheit das mittlere Steigen gefunden und genutzt werden können. Dazu müssen vor allem die Entwicklung der Wolken und der Ort des Steigens unter ihnen ermittelt werden.

Es ist deshalb zweckmäßig, am Platz einige Steiggebiete auszufliegen und dabei die meteorologischen Bedingungen des Tages zu erkunden und einzuschätzen und sich gleichzeitig in eine vorteilhafte Abflugposition zu bringen. Bei Seitenwind ist die Wahrung der Handlungsfreiheit wichtig. Man sollte sich immer so weit an der Luvseite der zulässigen Flugtrasse befinden, dass während der Abdrift im Kreisflug nicht die Gefahr des Verlassens des erlaubten Luftraumes besteht bzw. mit großem Höhenverlust verbundene lange Geradeausflüge mit Gegenwind notwendig werden.

8.4 Die Außenlandung

Voraussetzung für eine sichere Außenlandung ist eine rechtzeitige Wahl des Landefeldes. Unabhängig von der Flughöhe muss stets ein geeignetes Außenlandefeld erreichbar sein. Mit Erreichen der Sicherheitshöhe für die Vorbereitung einer Außenlandung (400 m AGL) wird das Landefeld ausgewählt und nur bei unbedingter Notwendigkeit gewechselt und Landerichtung und Aufsetzpunkt werden festgelegt. Danach erfolgt die Suche nach erneutem Thermikanschluß wie am Flugplatz. Ebenso, wie am Flugplatz erfolgt der Anflug der Ausgangsposition und das Landeverfahren in, den durch die SBO festgelegten Höhen. Der Segelflugzeugführer hat während der fliegerischen Ausbildung vor seiner ersten Außenlandung Landungen, stets in der von der SBO vorgeschriebenen Weise geübt: Nur wenn er bei einer Außenlandung ebenso verfährt, kann er sicher sein, dass ihm keine Fehler bei der Schätzung der Entfernung zum Aufsetzpunkt, bei der Bestimmung der 3. und 4. Kurve, der Schätzung des Gleitwinkels usw. unterlaufen.

Besondere Sorgfalt ist bei der Vorbereitung und Durchführung der Außenlandung der Höhe über Grund zu widmen, die mit Hilfe der beim Kartenstudium erworbenen Reliefkenntnis und durch Schätzen ermittelt wird.

Für die Wahl des Außenlandefeldes gelten folgende Kriterien:

- Ausreichende Größe (ca. 50 X 400 m)
- Landerichtung gegen den Wind.
Die Windrichtung, ist meist an Rauchfahnen, immer aber an der eigenen Versetzung im Kreisflug ermittelbar
- Möglichst geringe Längs- und Querneigung:
Querneigung ist besonders gefährlich, bei stärkeren Hangneigungen (Mittelgebirge) sollte unbedingt hangauf gelandet werden. Hangneigungen sind aus einigen 100 m Höhe oft schwer zu erkennen: Hinweise über die Hangneigungen erhält man aus der Lage der Wasserläufe in der Umgebung des Landefeldes eventuell aus der Schattenbildung bei tiefstehender Sonne.
- Bodenbeschaffenheit

Besonders geeignet sind bearbeitete Flächen ohne oder mit geringem Bewuchs, z.B.:

- * frische Saat
- * Stoppelfelder, frisch abgeerntetes Futtergetreide
- * niedrige Kartoffeln, Rüben, Mais im Frühjahr und Frühsommer.

Niedrige Kulturen sind am deutlichen Durchscheinen der Erde erkennbar. (Den Blick dafür kann, man am Platz üben)

Bedingt geeignet (in Abhängigkeit vom Flugzeugtyp) sind:

- Kartoffeln und-Rüben im Sommer
- gepflügte Felder ohne nachfolgende Bearbeitung
- unsauber abgeerntete Stoppelfelder.

Gefährlich, weil schwer einschätzbar, sind:

- Wiesen (Gräben, Koppelzäune, Höhe des Bewuchses;- Weidendes Vieh)
- Ödland (Steine, Unebenheiten).

Mit einem großen Risiko, selbst bei technisch einwandfrei ausgeführter Landung, ist eine Außenlandung in hohem Getreide verbunden.

Nach der Außenlandung ist das Flugzeug in geeigneter Weise zu sichern. Besteht die Gefahr des Auftretens starken Windes; so darf das Flugzeug nicht verlassen werden. Bei normalen Witterungsbedingungen ist es meist vorteilhaft, das Flugzeug unter Aufsicht einer zuverlässigen Person, zu lassen (nach Möglichkeit Kabine abschließen) und die Rückmeldung selbst, vorzunehmen. Lange Wartezeiten sind oft die Folge fehlerhafter Angaben durch mit der Rückmeldung beauftragte Außenstehende.