

# Skript Segelflug-Ausbildung in Amberg

---

Begleitend zur Praxisausbildung zur Vorbereitung auf die Theorieprüfungen A und B

Stand: 24.03.2023, Version 14

## **Punkte zum Merken vorab:**

- Der Flugplatz Amberg liegt auf 385 m AMSL (Above Mean Sea Level)<sup>1</sup>.
- Die Amberger Funkfrequenz ist **132,490** MHz.
- 1000 Fuß sind 300 m.
- Umrechnung Meter in Fuß: Mal 3 plus 10 % (1000 m sind 3300 ft)
- In Amberg haben wir nach Osten die Landerichtung 08 (null-acht), nach Westen ist der Gegenkurs 26 (zwo-sechs), die kurze Segelfluglandebahn heißt 29.

**Lehrbuch:** Kassera, Winfried: Flug ohne Motor. Motorbuch Verlag. Man nehme die neueste Auflage.

**Link-Empfehlung:** [segelfliegengrundausbildung.de](http://segelfliegengrundausbildung.de) – vom DAeC.

## **Inhalt**

1	Luftrecht.....	2
1.1	Lufträume.....	2
1.1.1	Grundstruktur des Luftraums in Deutschland.....	3
1.1.2	Lufträume rund um Amberg.....	3
1.1.3	Ausweichregeln.....	5
1.1.4	Regeln für Alleinflüge.....	6
2	Menschliches Leistungsvermögen.....	6
2.1	Fliegen nur ohne Alkohol.....	6
2.2	Gesundheit am Flugplatz.....	6
3	Meteorologie.....	7
3.1	Wolken und Thermik.....	8
3.2	Gewitter.....	9
4	Kommunikation - so soll man funken.....	9
5	Grundlagen des Fliegens.....	10
5.1	Gleichmäßiger Gleitflug.....	10
5.2	Flächenbelastung.....	11

---

<sup>1</sup>In der Nachbarschaft haben die Flugplätze Schmidgaden und Schwandorf übrigens mit 380 und 387 m fast genau gleiche Höhe, Weiden hat 405 m. Fichtelbrunn, Hersbruck, Altdorf-Hagenhausen und Ottenberg liegen hingegen merklich höher.

5.3	Strömungsabriss und Trudeln .....	12
5.4	Landehilfen .....	12
6	Betriebliche Verfahren .....	13
6.1	Windenstart.....	13
6.2	F-Schlepp-Start .....	15
6.3	Umgang mit dem Rettungsfallschirm.....	15
6.4	Verhalten in der Platzrunde .....	16
7	Flugleistung und Planung .....	16
7.1	Meteorologische Flugvorbereitung.....	17
7.2	Bekanntmachungen der Flugsicherung.....	17
8	Allgemeinwissen Luftfahrzeuge .....	17
8.1	Grundkonfigurationen.....	18
8.2	Steuerung .....	18
8.3	Druckabnahmen und Instrumente.....	19
8.4	Höhenmesser .....	19
8.5	Staudruck und Fahrtmesser .....	20
8.6	Variometer .....	21
8.6.1	Kompensation der "Knüppelthermik" .....	22
9	Navigation .....	22
9.1	Karten, Kursrichtungen, Kompass .....	23
10	Glossar.....	26

## 1 Luftrecht

### 1.1 Lufträume

International sind verschiedene Luftraumklassen von A bis G definiert. A, B und F gibt es in Deutschland zurzeit nicht. Allgemein gilt: In den Lufträumen mit den letzten Buchstaben ist am meisten erlaubt. Zusätzlich gibt es bei uns Lufträume mit Transponderpflicht (TMZ, Transponder Mandatory Zone, Unterklasse von Luftraum E), mit Pflicht zur Hörbereitschaft auf einer festgelegten Funkfrequenz (RMZ, Radio Mandatory Zone, Unterklasse von Luftraum G) und Sperrgebiete für z. B. militärische Zwecke. In der Nähe von Verkehrsflughäfen sind darüber hinaus sogenannte Segelflugsektoren eingerichtet, für die es örtliche Regelungen gibt.

Die Lufträume unterscheiden sich in den folgenden Merkmalen:

1. Art der erlaubten Flüge (Instrumentenflug und Sichtflug),
2. Dienste, die die Luftverkehrskontrolle erbringt,
3. Geschwindigkeitsbegrenzungen,
4. Mindestsicht,
5. Abstände zu Wolken.

### 1.1.1 Grundstruktur des Luftraums in Deutschland

Unsere Starts finden in Luftraum G oder Golf statt (merke: G wie Grund). Er reicht bis 2500 ft über Grund (AGL, Above Ground Level, das sind nach Faustformel 750 m). Darüber schließt sich Luftraum E oder Echo an, der bis Flugfläche 100 (10.000 ft „Druckhöhe“, d. h. mit auf 1013,25 hPa eingestelltem Höhenmesser) hinauf reicht. Ab Flugfläche 100 beginnt Luftraum C oder Charlie, der für Segelflieger nicht erlaubt ist<sup>2</sup>.

Flugfläche 100 gehört bereits zu Luftraum Charlie. Die Luftverkehrskontrolle weist Flügen Höhen in Schritten von 500 ft (150 m) zu, so viel Sicherheitsabstand halten wir zu Flugfläche 100. **Merke: Wir steigen nie über Flugfläche 95, das sind 2900 m Druckhöhe.** So hoch steigt die Wolkenbasis ohnehin nur an Tagen mit sehr guter Thermik.

Luftraum Golf ist der einzige unkontrollierte Luftraum, d. h. die Luftverkehrskontrolle leitet keine Flüge hindurch. Ab 3000 ft AMSL, das sind über Amberg 500 m, sind die in allen Lufträumen gleichen Sichtflugabstände zu Wolken vorgeschrieben: 1,5 km horizontal, 300 m vertikal, dazu mindestens 5 km Flugsicht (unterhalb von 3000 ft darf man dichter an die Wolken heran, es heißt nur "frei von Wolken", auch die Flugsicht braucht nur 1,5 km zu betragen<sup>3</sup>).

### 1.1.2 Lufträume rund um Amberg

Während direkt über dem Amberger Flugplatz nur die Grundstruktur des Luftraums in Deutschland mit Golf, Echo und Charlie gilt, sieht man in der Luftfahrtkarte in der Nähe zahlreiche Einschränkungen.

---

<sup>2</sup> Theoretisch wäre es für ein Segelflugzeug möglich, eine Luftverkehrskontrollfreigabe zu erbitten, wenn man einen Transponder hat. Selbst dann würde die Freigabe meistens aus betrieblichen Gründen nicht erteilt, denn das langsame Segelflugzeug würde den Luftraum lange blockieren. Kurzum, wir dürfen in Lufträume Charlie nicht hinein.

<sup>3</sup> Diese kürzere Sichtweite gilt nur bei Geschwindigkeiten unter 140 kn. Das sind immerhin 259 km/h, die wir als Segelflieger ohnehin kaum erreichen können.

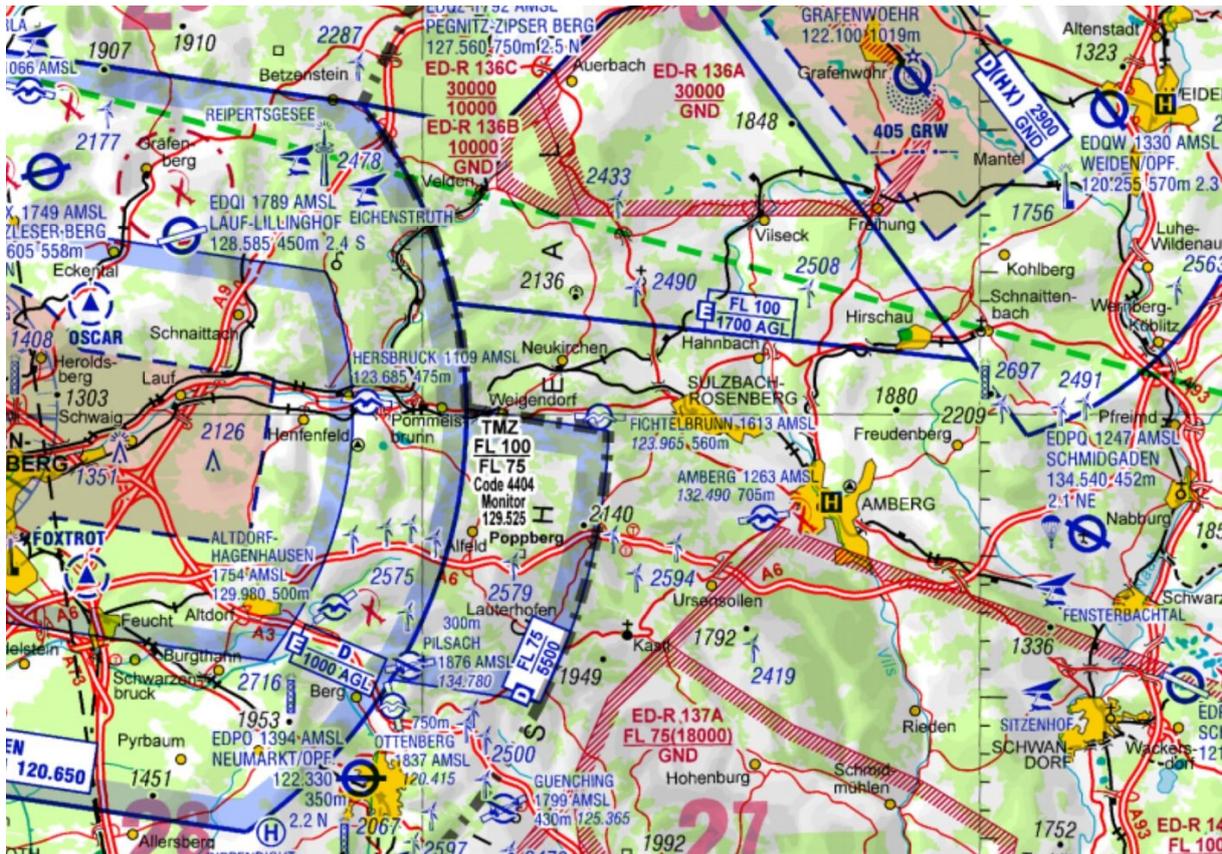


Abbildung 1: ICAO-Luftfahrtkarte 1:500.000 rund um Amberg, Stand März 2023. In dieser Wiedergabe nicht maßstäblich.

Direkt südöstlich des Amberger Platzes sieht man die Ecke einer rot schraffierten Umrandung. Dieses Flugbeschränkungsgebiet ist als ED-R 144 beschriftet<sup>4</sup>, darunter stehen seine Höhengrenzen: Oben grenzt es mit FL 100 an Charlie an, die Untergrenze liegt bei FL 75/2286 m Druckhöhe. Ist dieses Gebiet aktiv, müssen wir unter dieser Höhe bleiben. Ob es aktiv ist, erfahren wir über Langen Information.

**Merke: Einflug in ein aktives Flugbeschränkungsgebiet ist eine Straftat.** Diese Lufträume sind strikt zu meiden, lieber mit zu viel als zu wenig Abstand.

Während das ED-R 144 manchmal nicht aktiv ist und man in diesem Bereich auch gut unter FL 75 fliegen kann, sind das ED-R 137A des Truppenübungsplatzes Hohenfels und das ED-R 136A des Truppenübungsplatzes Grafenwöhr immer aktiv. Sie reichen beide bis hinunter zum Grund und sind für uns absolut verboten.

Beide haben am Westrand kleinere Abschnitte (ED-R 137B und ED-R 136B), die manchmal nicht aktiv sind. Dies ist vorher im VFR-Online-Bulletin der DFS (Deutsche Flugsicherung) zu lesen bzw. auch über Langen Information zu erfragen. Auf Streckenflügen westlich an diesen Lufträumen vorbeizufliegen, ist für Anfänger eigentlich nur mit einer elektronischen Kartenanzeige zu empfehlen. Merken kann man sich:

- Die markante Straßenserpentine bei Kastl liegt an der nördlichen Ecke von Hohenfels und ist noch außerhalb.
- Die Ortschaft Vilseck markiert den Rand von Grafenwöhr, Freihung ist bereits innerhalb.

<sup>4</sup> Diese Zeichenkette folgt einer Systematik der ICAO: E steht für die ICAO-Region Nordeuropa, D für Deutschland, R für "restricted" (es gibt auch D für "danger"), 144 ist eine fortlaufend vergebene Nummer.

Nördlich von Hahnbach zeigt eine blaue Linie an, dass die Untergrenze von Luftraum Echo hier von normalerweise 2500 auf 1700 ft abgesenkt ist, weiter östlich sogar auf 1000 ft. Das ermöglicht es der Luftverkehrskontrolle, Flüge für Vilseck und Grafenwöhr bis dicht an die Flugplätze heran durch kontrollierten Luftraum zu führen.

Nicht weit westlich von Amberg schließt sich der Luftraumkomplex um den internationalen Verkehrsflughafen Nürnberg an. Direkt um den Flughafen herum ist als Kontrollzone ein Luftraum D eingerichtet. Mit Freigabe darf der Motorsegler Nürnberg anfliegen, mit dem Segelflugzeug und ohne Transponder bekommen wir keine Freigabe. Luftraum Delta endet in 3500 ft MSL, darüber schließt sich nahtlos und in einem größeren Bereich ein Luftraum Charlie an, der sich in einem noch größeren Bereich erweitert und dort ab 4500 ft bis FL070 gilt. Dieser äußere Gürtel ist außerdem fast vollständig mit TMZ-Gebieten ausgefüllt, die nach oben an FL100 angrenzen. TMZ bedeutet Transponder Mandatory Zone, man muss einen Transponder benutzen. Im Übrigen ist eine TMZ im Luftraum E eingebettet und "erbt" von ihm alle dort gültigen Regeln.

Die uns am nächsten liegende TMZ beginnt knapp westlich der Autobahnraststätte Oberpfälzer Alb. Sie endet im Norden knapp vor dem Flugplatz Fichtelbrunn, reicht bis FL100 hinauf und beginnt unten in 7500 ft MSL (falls jemand in diesem Bereich noch mit QFE fliegt: Das sind etwa 1850 m über dem Amberger Platz). Wer einen Transponder hat, darf in die TMZ hinein. Er muss ihn auf den Code 4404 stellen und die Funkfrequenz 129,525 MHz abhören, solange er in diesem Luftraum fliegt.

Die ICAO-Karten gibt es auch in einer Version für Segelflug, in der auffällig gelb gekennzeichnete Segelflugsektoren im Umkreis von Nürnberg (meist im Bereich unter den TMZ) eingerichtet sind. Sie ermöglichen es insbesondere für die Segelflieger der dort beheimateten Flugplätze wie Lauf-Lillinghof, Hersbruck und Altdorf-Hagenhausen, höher zu steigen, wenn die Luftverkehrslage es erlaubt. Die genauen aktuellen Regeln findet man jeweils auf der Homepage des DAEC, auf der ICAO-Karte ist die URL angegeben. Bis zu welcher Höhe die Luftverkehrskontrolle gerade die Freigabe erteilt hat, ist von den Flugleitungen der betreffenden Plätze oder von Langen Information zu erfahren.

### 1.1.3 Ausweichregeln

Für Flüge nach Sichtflugregeln (VFR, Visual Flight Rules) sind die Ausweichregeln maßgeblich. Im Prinzip muss derjenige ausweichen, der besser manövrieren kann. Daraus ergibt sich die folgende Rangordnung: Ballon, Gleitschirm, Hängegleiter, Segelflugzeug, Luftschiff, Flugzeug. Hubschrauber sind den Flugzeugen gleichgestellt, da sie ebenfalls motorisiert und schwerer als Luft sind.

Motorisierte Luftfahrzeuge weichen Schleppzügen aus.

Unter gleichen Luftfahrzeugen gilt: Auf Gegenkurs weichen beide nach rechts aus. Bei Begegnung gilt rechts vor links. Wer überholt, muss immer ausweichen.

Ausweichen nach oben oder unten ist auch eine gute Lösung.

Ganz allgemein gilt: Wir bestehen nicht auf unserem Recht, sondern weichen lieber mal selbst zu früh aus, als eine Ausweichsituation überhaupt erst entstehen zu lassen. Zwar muss ein Schleppzug einem Segelflugzeug ausweichen, er wäre aber mit Recht erbost, wenn es ihn dazu zwingt, denn ein einzeln fliegender Segler kann in Wirklichkeit viel leichter manövrieren.

Kreisen mehrere Flugzeuge im gleichen Aufwind, dann bestimmt das erste die Kurbelrichtung, selbst wenn sie stark unterschiedliche Höhen haben. Bemerkt ein Pilot ein zweites Flugzeug, das gegen seine Richtung kurbelt, dann sollte er seine Richtung anpassen.

Bei gemeinsamem Streckenflug: Niemals von hinten unter ein Segelflugzeug fliegen. Es kann das überholende Flugzeug nicht sehen und könnte plötzlich andrücken, um Fahrt aufzuholen.

Bei Landungen hat das niedrigere Flugzeug Vorrang. In der Segelflug-Platzrunde ist manchmal nicht klar zu erkennen, wer niedriger ist. In solchen Fällen soll man sich über Funk absprechen.

Nach der Landung machen wir die Bahn so rasch wie möglich frei. Ein nachfolgendes Flugzeug darf sich aber nicht darauf verlassen, dass das funktioniert: Bei einem Astir hatten wir schon eine Bremse, die das Rad beim Aufsetzen blockierte. Es brauchte mehrere Leute, um ihn aus der Bahn zu zerren.

#### 1.1.4 Regeln für Alleinflüge

Der erste Alleinflug kann stattfinden, sobald zwei Fluglehrer im Ausbildungsnachweis eingetragen haben, dass der Flugschüler dazu bereit ist. Auch ein gültiges Flugtauglichkeitszeugnis (Medical, Klasse 2) muss für jeden Alleinflug vorliegen.

Ein allein fliegender Flugschüler benötigt immer einen Flugauftrag eines Fluglehrers. Mündliche Flugaufträge haben zwei Nachteile: Erstens sind sie auf den Nahbereich des Flugplatzes beschränkt, zweitens muss der Fluglehrer am Boden bleiben und kann inzwischen keine Schulflüge machen. Diese Nachteile haben schriftliche Flugaufträge nicht. Sie dürfen aber erst erteilt werden, sobald der Flugschüler die Theorieprüfung bestanden hat. Daher sollte sich jeder Flugschüler bemühen, so früh wie möglich auch die Theorieprüfung zu erledigen.

Der Nahbereich des Platzes ist als der Luftraum definiert, in dem der Pilot den Verkehr in der Platzrunde beobachten kann.

**In Amberg sind folgende Geländemerkmale als Grenzen zu betrachten:**

Im Norden die Linie Luitpoldhöhe - Mariahilfberg, nach Osten der östliche Stadtrand von Amberg, nach Südosten das Grammer-Werk, nach Süden die Autobahn, im Südwesten bis Nordwesten eine Linie Ursensollen - Ammerthal - Schlackeberg.

## 2 Menschliches Leistungsvermögen

### 2.1 Fliegen nur ohne Alkohol

Der Gesetzgeber nimmt die Alkoholgefahr beim Fliegen außerordentlich ernst und verankert das Alkoholverbot daher gleich im ersten Paragraphen der Luftverkehrsordnung: "Wer infolge des Genusses alkoholischer Getränke oder anderer berauschender Mittel oder infolge geistiger oder körperlicher Mängel in der Wahrnehmung der Aufgaben als Führer eines Luftfahrzeugs oder sonst als Mitglied der Besatzung behindert ist, darf kein Luftfahrzeug führen und nicht als anderes Besatzungsmitglied tätig sein."

Weil die Auswirkungen je nach Alter, Geschlecht, Gewicht und allgemeiner Verfassung unterschiedlich sind, wird keine Promillegrenze benannt.

Geschieht in der Luftfahrt ein Unfall und beim Piloten wird auch nur eine geringe Menge Restalkohol nachgewiesen, dann tritt keine Versicherung für den Schaden ein.

### 2.2 Gesundheit am Flugplatz

Flüssigkeitsmangel bemerkt ein Pilot nicht immer gleich, Durst spürt man oft erst nach erheblichem Flüssigkeitsverlust. Reichliches Trinken hilft, gerade an warmen Sommertagen. Für Streckenflüge sind Trinkrucksäcke eine gute Sache, man kann auch kleine Plastikflaschen mitnehmen, wenn sie fest gesichert werden können. Glasflaschen hingegen dürfen nicht ins Cockpit.

Die Sonneneinstrahlung auf Kopf und Nacken kann leicht Sonnenstiche verursachen. Unter einer Kabinenhaube ist man ihr oft für längere Zeit ausgesetzt. Ein Sonnenhut schützt davor zuverlässig. Klassische "Thermikhüte" sind besser als Schirmmützen, die den Blick nach oben oft einschränken.

Gegen Sonnenbrand helfen lange Ärmel und Hosen, für Hände und Gesicht Sonnencreme mit einem hohen Lichtschutzfaktor. Eine Sonnenbrille ist als UV-Schutz für die Augen zu empfehlen. Sie sollte kein Polarisationsfilter haben, da es die Ablesung von Flüssigkristallanzeigen auf Instrumenten erschweren kann.

Wer erkältet ist, soll nicht fliegen. Dann können nämlich die Ohrtrompeten (medizinisch Tuben genannt) durch entzündungsbedingte Schwellung verschlossen sein. Sie sind Verbindungsröhren zwischen Rachenraum und Mittelohr und ermöglichen einen Druckausgleich. Beim Steigflug funktioniert der Druckausgleich meist etwas besser, aber im Sinkflug kann eine geschwollene Tuba die Luft nicht wieder ins Mittelohr lassen. Es kann zu starken Schmerzen und im Extremfall zum Riss des Trommelfells kommen.

### 3 Meteorologie

Die Atmosphäre besteht von unten nach oben aus der Troposphäre, der Stratosphäre mit der Ozonschicht, der Mesosphäre und der Thermosphäre, die auch Ionosphäre heißt.

Am oberen Ende hat jede Schicht eine Zone, die den gleichen Namen trägt, aber auf -pause endet. Die Troposphäre hört in max. ca. 11 km Höhe mit der Tropopause auf, die Stratopause liegt in ca. 50 km und die Mesopause in 80 km.

Der untere Teil der Stratosphäre zwischen 11 und 20 km Höhe hat weltweit eine fast genau gleichbleibende Temperatur zwischen -50 und -60 °C und ist extrem trocken. Das Wettergeschehen spielt sich fast ausschließlich darunter in der Troposphäre ab, in der Luftfeuchtigkeit und Temperatur stark schwanken. Damit schwankt auch die Luftdichte. Mit der Luftdichte nimmt nach oben der Druck ab und der Verlauf der Druckabnahme ändert sich ebenfalls leicht mit dem Wetter. Um eine für die Eichung der Luftfahrthöhenmesser brauchbare Grundlage zu erhalten, hat die internationale Zivilluftfahrtorganisation ICAO eine Standardatmosphäre definiert, die in etwa mittlere Verhältnisse wiedergibt und durch die folgenden Randbedingungen gekennzeichnet ist:

- Völlig trockene Luft
- Luftdruck am Boden in Meereshöhe 1013,25 hPa
- Temperatur in Meereshöhe 15 °C
- Luftdichte in Meereshöhe 1,225 kg/m<sup>3</sup>
- Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe 0,65 °C pro 100 m.
- Von 11 bis 20 km Höhe gleichbleibende Temperatur von -56,5 °C

Wasserdampf und damit auch feuchte Luft ist etwas leichter als trockene Luft. Die ICAO-Standardatmosphäre hat also die höchste mögliche Dichte und der Druck nimmt am schnellsten nach oben ab. Der danach geeichte Höhenmesser zeigt dadurch eher weniger als zu viel Höhe an. Das ist ein Vorteil, wenn man nicht gegen Gebirge fliegen möchte. Ist die Atmosphäre aber sehr kalt, dann kann es trotzdem zu einer zu hohen Anzeige kommen. **Merkspruch: Im Winter sind die Berge höher.**

Warme Luft kann erheblich mehr Feuchtigkeit aufnehmen als kalte. In einem Kubikmeter Luft lösen sich bei 0 °C knapp 5 g, bei 30 °C aber schon 30 g Wasserdampf. Die zu einer Temperatur gehörige Höchstmenge heißt Sättigungsfeuchte. Bei einer gegebenen Temperatur beziehen wir die vorhandene Feuchtigkeit auf die höchstens aufnehmbare und nennen das Ergebnis relative Feuchte. Hat Luft z. B. bei 30 °C eine Feuchte von 15 g/m<sup>3</sup>, dann ist die relative Feuchte 50 %. Bei Erwärmung

oder Abkühlung bleibt die vorhandene Feuchtigkeitsmenge unverändert, die Sättigungsfeuchte ändert sich. Kühlt man die Luft stark genug ab, sinkt die Sättigungsfeuchte und irgendwann kann die Luft nicht mehr so viel Wasser lösen, wie tatsächlich vorhanden ist. Dann kommt es zur Kondensation: Das überschüssige Wasser fällt aus und bildet an Staubteilchen winzige Tröpfchen, die erst als Dunst, dann als Nebel oder Wolke sichtbar werden. Fällt genug Wasser aus, können sich schnell auch größere Tropfen bilden. Umgekehrt löst sich Nebel auf, wenn die Temperatur ansteigt.

### 3.1 Wolken und Thermik

Die Gestalt der Wolken sagt viel über den Zustand der Luft aus. Sie lassen sich in Wasserwolken und Eiswolken einteilen, wobei Eiswolken meist unscharfe, verschwommene Ränder haben. Wenn die Wolke vereiste und flüssige Bereiche hat, heißt sie Mischwolke. Eine andere Einteilung unterscheidet Quellwolken (Cumulus), Schichtwolken (Stratus) und Federwolken (Cirrus). Außerdem werden drei Wolkenstockwerke unterschieden: Hohe, mittlere und tiefe Wolken. Die Namen der tiefen Wolken sind ohne Vorsilbe, mittlere haben die Vorsilbe Alto- und hohe beginnen mit Cirro-. Außerdem gibt es zahlreiche beschreibende Zusätze. Beispiele:

Cumulus humilis: Flache Quellwolke im unteren Stockwerk

Alto cumulus floccus: Quellwölkchen im mittleren Stockwerk, floccus heißt Schäfchenwolke.

Cirrostratus translucidus: Hohe durchscheinende Schichtwolke.

Viele weitere Beispiele finden sich online im Karlsruher Wolkenatlas.

Zwei Wolkentypen überspannen mehrere Stockwerke ("große vertikale Mächtigkeit"), nämlich die Nimbostratus-Wolke, aus der Regen fällt, und die Cumulonimbus-Wolke, die sich bei einem Gewitter entwickelt.

Das Sonnenlicht durchdringt klare Luft fast ohne sie zu erwärmen. Erst wenn es auf den Erdboden trifft, wird er erwärmt und gibt einen Teil der Wärme an die unmittelbar darüber liegende Luft ab. Hat sich bodennah genug erwärmte Luft gesammelt, dann kann sie sich als Thermikblase vom Boden lösen und nach oben steigen. Bei der Thermikbildung hilft auch die in Bodennähe verdunstete Feuchtigkeit, da der Wasserdampfanteil etwas leichter als Luft ist. In Höhen von etwa 400 - 600 m fließen oft mehrere Warmluftblasen zusammen und bilden deutlich kräftigere Aufwinde. Wir halten daher bei der Suche nach Aufwinden Ausschau nach Stellen in der Landschaft, die sich stark erwärmen werden: Ein trockener, sandiger Boden wird schnell warm, eine saftige Wiese oder ein Wald brauchen länger. Auch an einem Hang, auf dessen geneigte Oberfläche die Sonne steiler einstrahlt, läuft die Erwärmung schneller ab. Liegt eine Fläche für einige Zeit im Schatten von Wolken, dann ist in den sonnigen Zonen rundherum mit viel stärkerer Erwärmung zu rechnen.

Die aufsteigende Luft dehnt sich mit dem abnehmenden Druck aus und wird dabei kühler. Die Sättigungsfeuchte sinkt und irgendwann wird das Kondensationsniveau erreicht, an dem sich prompt eine Quellwolke bildet (falls die Luft zwar aufsteigt, aber nicht so hoch kommt, bleibt die Quellwolke aus und wir sprechen von Blauthermik). Quellwolken sind somit meist eine ziemlich sichere Markierung für einen Aufwind, der darunter steht. Wir haben daher viele Beschreibungen für sie:

Humilis heißt, wie schon erwähnt, eine flache Wolke. Sie bleibt klein, wenn sie sich an den Rändern mit deutlich trockenerer Luft vermischen und auflösen kann.

Mediocris (mittelmäßig): Hier wird die Wolke schon dicker.

Castellanus: Die Quellwolken formen Türmchen und Zinnen wie an einem Schloss.

Congestus: Mächtig aufgetürmte Quellwolken, unter denen sich nicht selten Schauer bilden.

Kann die Luft im Inneren der Wolke immer weiter aufsteigen, dann begegnet sie in der Höhe meist hohen Windgeschwindigkeiten und wird zu einer Ambossform geblasen. Aus der Quellwolke ist ein Cumulonimbus geworden, eine Gewitterwolke.

### 3.2 Gewitter

Besonders im Sommer treten bei uns häufig Gewitter auf. Bei der Kondensation des Wasserdampfs wird sehr viel Wärme freigesetzt und wenn in der atmosphärischen Schichtung keine wärmere Schicht ihren Aufstieg stoppt, kann die Luft bis in große Höhen weiter steigen - bis ins Vereisungsniveau und in die Stratosphäre hinein. Oft wachsen einige der sich bildenden Quellwolken auf Kosten von kleineren, benachbarten Wolken immer größer und entwickeln sich zu mächtigen Gewitterzellen. Niederschläge trennen darin Ladungen und führen zu hohen elektrischen Spannungen, die sich schließlich als Blitze entladen. Die heftigen Aufwinde in einer großen Quellwolke tragen Wassertropfen bis in hohe, kalte Luftschichten, wo sie gefrieren. Fliegt ein Flugzeug in einer solchen Zone, dann können sich rasch große Mengen Eis auf den Tragflächen ansetzen. Für die aufsteigende Luft sinkt an anderer Stelle der Wolke aus großer Höhe Luft ab, die von dort ihre hohe Windgeschwindigkeit mitbringt und in Bodennähe heftige Windstöße hervorrufen kann. Abschmelzender Hagel kühlt große Luftpakete sehr stark ab, so dass zusätzlich Fallwinde entstehen. Kurzum, Gewitterwolken sind eine echte Hexenküche des Wetters, von der wir uns sorgfältig fernhalten.

Hagelkörner können größer als Hühnereier werden, wenn heftige Aufwinde sie in der Wolke mehrfach in die vereiste Zone tragen und sie dazwischen im Höhenbereich mit noch flüssigem Wasser wachsen. Solcher Hagel kann Segelflugzeuge auch nach der Landung zerstören.

Eine weitere Gefahr von Gewittern ist ein Blitzschlag ins Windenseil beim Start. Die Winde ist zwar mit einem Erdungsspieß versehen und der Fahrer ist durch den Käfig relativ gut geschützt, aber allein schon der heftige Knall aus nächster Nähe kann dem Gehör schaden, von Schäden an der elektrischen Anlage abgesehen. Windenstarts sind daher bei Gewitter verboten.

Man unterscheidet Einzelgewitter und linienförmig angeordnete Frontgewitter. Einzelne Gewitter kann man oft umfliegen, vor einer über die Landschaft ziehenden Gewitterfront kann man höchstens wegfliegen. Wegen der Gefahren durch Windböen und Hagel ist es wichtig, dass Segelflugpiloten lange genug vor Eintreffen des Gewitters wieder am Heimatflugplatz landen, so dass man alle Flugzeuge rechtzeitig sicher in die Hallen einräumen kann, bevor heftige Böen und Hagel auftreten können. Achtung, vor einem heranziehenden Gewitter herrschen manchmal großflächige, gleichmäßige und kräftige Aufwinde, die regelrecht dazu verführen, dass man zu lange oben bleiben möchte! Alleinfliegende Flugschüler sind hier besonders gefragt, ihre aufsichtführenden Fluglehrer nicht in Sorge zu versetzen, sondern frühzeitig zur Landung zurückzukehren.

## 4 Kommunikation - so soll man funken

Ein Funkspruch folgt einem klaren Schema:

- Erstens die Bezeichnung der Funkstelle, die ich rufe,
- zweitens mein eigenes Kennzeichen,
- dann die Botschaft.

Erst horchen, damit man keinen anderen Funkverkehr stört, dann einen knappen Funkspruch ausdenken, dann die Taste drücken, dann sprechen.

Hier einige kurze, beispielhafte Funksprüche:

Beispiel 1: "Amberg Segelflug, Delta-9802 an der Position zur Landung".

Antwort: "Null-zwo, Amberg hat verstanden, ein Flugzeug am Start".

Amberg als Bodenfunkstelle verkürzt die Kennung auf die letzten beiden Zeichen. Die Information, dass ein Flugzeug vor der Landebahn für den nächsten Start bereitsteht, ist für den anfliegenden Piloten ein Hinweis, es mit genügend Höhe zu überfliegen.

Beispiel 2: "Delta-sechs-neun-acht-drei, Amberg Segelflug, bitte Schleppdaten übermitteln."

Antwort: "Amberg Segelflug, D-6983, unten 100, oben 120, Ausklinkhöhe 380 m."

Beispiel 3: "Eins-fünf, Amberg, Frage: Deine Position?"

Antwort: "Amberg, 15 ist 3 km südwestlich vom Platz in 900 m".

Signalworte wie "Frage" verdeutlichen die Absicht des Funkspruchs auch bei weniger guter Übertragung. Die Antwort benennt die Position in Bezug auf den Platz. Dazu gehört grundsätzlich auch die Höhenangabe, die sich bei Flügen im Platzbereich auf die Platzhöhe bezieht.

Beispiel 4: "Amberg Segelflug, Kilo-Tango über Fichtelbrunn in 1100 m MSL, erbitte Landeinfo."

Antwort: "Kilo-Tango, Amberg, Landerichtung Null-Acht, leichter Wind aus Nordost".

Der Discus meldet sich hier mit dem Wettbewerbskennzeichen KT. In Amberg kennt man ihn unter diesem Namen, an anderen Flugplätzen wird er sich stattdessen mit seinem regulären Kennzeichen D-3702 melden. Da er einen Streckenflug macht, gibt er seine Höhe über dem Meeresspiegel an. Der Nachbarflugplatz Fichtelbrunn ist eine Ortsangabe, die in Amberg jeder versteht. Weniger bekannte Ortsnamen wie Karmensölden, Schäflohe, Lintach, Paulsdorf oder Poppenricht sind zu vermeiden.

Beispiel 5: "Delta-7375, Amberg Schule, bitte zurück zum Platz zur Landung."

Antwort: "Amberg, D-7375 Wilco."

Das Codewort "Wilco" ist verkürzt aus "Will comply" und ist praktisch, denn es besagt zwei Dinge: 1. Ich habe den Funkspruch verstanden, 2. ich werde mich danach richten. Dieser Funkspruch vom Lehrer zum Schüler hat eine Besonderheit: Amberg Segelflug gibt Piloten in der Luft nur Information und keine Anweisungen, der Lehrer dem Schüler aber schon.

Beispiel 6: "Amberg, D-KGTB, Position neue Halle, rolle über die große Brücke zum Startpunkt 26."

Antwort: "Tango-Bravo Amberg, negativ, Position halten, ein Flugzeug im Queranflug zur 29."

Rückantwort: "Amberg, Tango-Bravo Wilco."

Solange der Motorsegler am Boden ist, gibt ihm Amberg Segelflug Anweisungen und nennt hier auch gleich den Grund.

**Hinweis:** Unnötige oder sogar aggressive Funksprüche sind absolut verpönt.

Eine Kurzanleitung für das bei uns benutzte Funkgerät vom Typ KRT2 steht im Glossar.

## 5 Grundlagen des Fliegens

### 5.1 Gleichmäßiger Gleitflug

In Normalfluglage gleitet ein Segelflugzeug gleichmäßig voraus und verliert dabei langsam an Höhe. Die Lageenergie, die es in seiner ursprünglichen Höhe besaß, muss dabei zur Überwindung des Luftwiderstands eingesetzt werden, denn einen anderen Energievorrat hat ein Segelflugzeug nicht. Wie der Staudruck nimmt der Luftwiderstand quadratisch mit der Fluggeschwindigkeit zu, daher verliert das Flugzeug bei hohem Tempo auch rapide an Höhe. Der Tragflügel muss bei jeder Geschwindigkeit genügend Auftrieb liefern, um das Gewicht des Flugzeugs zu tragen. Zu diesem Zweck beschleunigt er die vorbeiströmende Luftmasse auf eine kleine Abwärtsgeschwindigkeit. Verringert man die Fluggeschwindigkeit, dann strömt pro Sekunde eine immer kleinere Luftmasse vorbei und der Flügel muss ihr eine immer höhere Geschwindigkeit nach unten mitteilen, um das gleichbleibend schwere Flugzeug zu tragen. Das kostet ebenfalls viel Leistung, die nur aus der Höhenenergie gedeckt werden kann. Die Leistungspolare eines Segelflugzeugs zeigt daher einen

langsamen Bereich und einen Schnellflugbereich mit jeweils hohen Sinkgeschwindigkeiten. Dazwischen liegt der Punkt des geringsten Sinkens.

Wenn wir mit einer gegebenen Höhe möglichst weit gleiten wollen, ist stattdessen die etwas höhere Geschwindigkeit des besten Gleitens zu wählen. Da sich die Sinkgeschwindigkeit um ihr Minimum herum nur langsam ändert, erreicht man mit ca. 10-20 km/h erhöhter Fahrt und noch kaum zunehmendem Sinken den besten Gleitwinkel. Das Optimum verschiebt sich zu noch höherer Fahrt, wenn Gegenwind oder Abwind hinzukommen, weil der zusätzliche Luftwiderstand gegenüber diesen „Energieräubern“ in den Hintergrund tritt.

## 5.2 Flächenbelastung

Die Flugzeugmasse, die der Flügel pro Quadratmeter tragen muss, bezeichnen wir als Flächenbelastung. Hat ein Flugzeug eine Masse von 350 kg und eine Flügelgrundfläche von 10 qm (diese Daten gelten z. B. für die LS-4), dann ist die Flächenbelastung 35 kg/qm. Wenn das gleiche Flugzeug mit mehr Gewicht fliegt, muss der Flügel ständig einen höheren Auftrieb liefern. Doppelsitzer werden z. B. sowohl einsitzig als auch mit dem höheren Gewicht von zwei Insassen geflogen, bei vielen anderen Flugzeugen lässt sich Ballast mitnehmen. Dadurch erhöht sich die Flächenbelastung. Grundsätzlich ist eine hohe Flächenbelastung für das Gleiten im höheren Geschwindigkeitsbereich günstig. Das ist dadurch zu erklären, dass ein Flugzeug von feststehender Gestalt immer den gleichen Luftwiderstand überwinden muss. Hat es mehr Gewicht, dann wird beim Sinken auch mehr Höhenenergie freigesetzt, die den Luftwiderstand zu überwinden hilft. Dass für die Erzeugung des Auftriebs auch etwas mehr Energie nötig ist, macht sich bei höheren Geschwindigkeiten kaum bemerkbar. Im Langsamflugbereich hingegen führt höhere Flächenbelastung zu schlechteren Eigenschaften: Das geringste Sinken erhöht sich und die Mindestfluggeschwindigkeit ebenfalls.

Ein Tragflügelprofil kann man sich aus einer widerstandssarmen Tropfenform entstanden denken, die wir z. B. in symmetrischer Form am Seitenleitwerk finden. Das Seitenleitwerk soll Kräfte nach rechts und links erzeugen. Der Flügel hingegen soll die Auftriebskraft immer nach oben liefern, daher überlagert man der Tropfenform eine Wölbung. Dadurch wird die Unterseite fast eben, die Oberseite ist stärker gekrümmt. Bis zur Endleiste ist der vorbeiströmende Luftstrom dadurch geringfügig nach unten abgelenkt worden.

Die Verbindungslinie zwischen der Profilnase und der Hinterkante (Endleiste) heißt Profilschneide. Dreht man die Nase des Profils gegenüber dem anströmenden Luftstrom nach oben oder unten, dann liefert der Flügel mehr oder weniger Auftrieb. Den Winkel zwischen der augenblicklichen Anströmrichtung und der Profilschneide bezeichnet man als Anstellwinkel.<sup>5</sup> Der Pilot kann ihn über das Höhensteuer jederzeit vergrößern oder verkleinern und dadurch mehr oder weniger Auftrieb erzeugen. Dadurch gleicht er z. B. aus, dass der Auftrieb auch von der Fluggeschwindigkeit abhängig ist, genau genommen vom Staudruck. Eine wichtige Kenngröße des aktuellen Flugzustandes ist der Auftriebsbeiwert  $c_A$ . Es ist einleuchtend, dass der Flügel um so mehr Auftrieb erzeugen kann, je größer seine Grundfläche und je höher der Staudruck ist. Das Produkt aus Flügelfläche und Staudruck dient daher als Bezugsgröße für den Auftriebsbeiwert: Er ist definiert als die Auftriebskraft, die der Flügel gerade liefert, bezogen auf dieses Produkt. Je nach Flügelprofil kann der Auftriebsbeiwert Werte bis über 1 erreichen. Da das Gewicht des Flugzeugs immer getragen werden muss, wird der Auftriebsbeiwert immer größer, wenn wir die Geschwindigkeit reduzieren. Den Anstellwinkel vergrößert man dabei. Irgendwann kommt aber ein Punkt, an dem das Flügelprofil einfach nicht mehr genug Auftrieb liefern kann, um das Flugzeug zu tragen.

---

<sup>5</sup> Im Gegensatz zum Anstellwinkel steht der sogenannte Einstellwinkel. Dies ist der Winkel zwischen der Profilschneide des Flügels und der des Höhenleitwerks. Er ist unveränderlich.

### 5.3 Langsamflug, Strömungsabriss und Trudeln

Bei dieser Mindestfluggeschwindigkeit ist der Anstellwinkel sehr groß, wir müssen ordentlich am Knüppel ziehen. Auf der Oberseite des Profils wird die Luft hinter der dicksten Stelle daher stark nach unten gerissen. Ihre Trägheit gewinnt irgendwann die Oberhand und die Strömung kann der Profilloberfläche nicht mehr sauber folgen. Sie löst sich turbulent von der Oberfläche ab und bildet eine verwirbelte Zone. Im Augenblick dieses Strömungsabrisses (Englisch "stall") geschehen gleichzeitig zwei Dinge:

- 1) Der Luftwiderstand vergrößert sich sprunghaft, da die Bildung der verwirbelten Zone viel Energie braucht.
- 2) Der Auftrieb bricht fast völlig zusammen, da das Profil die vorbeiströmende Luft nur bei gut ausgebildeter Strömung nach unten ablenken kann.

Wann der Strömungsabriss genau stattfindet, hängt sehr empfindlich von der Form des Profils, aber auch von zusätzlichen Störungen durch die leichte Turbulenz der umgebenden Luft ab. Im Normalfall wird es nicht an beiden Flügeln gleichzeitig so weit sein, sondern ein Flügel wird ein klein wenig früher an Auftrieb verlieren. Was nun passiert, ist stark vom Baumuster und auch von der Schwerpunktlage abhängig. Gutmütige Typen wie die ASK21 sacken etwas nach vorn, nehmen die Nase nach unten, der Anstellwinkel nimmt ab und die Strömung legt sich sofort wieder an. Gleichzeitig nimmt das Flugzeug Fahrt auf und entfernt sich schon dadurch vom Punkt des Strömungsabrisses.

Andere Typen (Discus, B4) kippen mit einer Tragfläche weg und gehen bei abgerissener Strömung in einen drehenden Sturz über, das Trudeln. Da die Strömung auch am Höhenleitwerk abgerissen ist, kann man es damit nicht beenden.

Wie das Trudeln beendet wird, ist ein wichtiger Punkt in der Flugerprobung eines neuen Baumusters. Wenn im Flughandbuch nichts anderes angegeben ist, gilt das folgende Standardverfahren:

1. Höhenruder nachlassen, Querruder mittig.
2. Seitenruder gegen die Drehrichtung, bis sie stoppt.
3. Nun nimmt das Flugzeug in einem steilen Sturzflug wieder Fahrt auf, die Strömung legt sich an und der Sturzflug wird abgefangen.

### 5.4 Landehilfen

Für die Landung sind alle unsere Flugzeuge mit Bremsklappen ausgestattet. Sie zerstören zum einen den Auftrieb in ihrem Flügelbereich und erzeugen dazu in weit ausgefahrener Stellung einen großen Zusatzwiderstand. Beides führt zu einem erheblich steileren Gleitwinkel. Der Widerstand wächst mit dem Staudruck, also mit dem Quadrat der Fluggeschwindigkeit. Für einen steilen Gleitflug sind demnach voll ausgefahrene Bremsklappen und eine hohe Geschwindigkeit nötig. Nach den Zulassungsvorschriften für Segelflugzeuge müssen die Bremsklappen mindestens so groß sein, dass auf einer mit 30 Grad geneigten Flugbahn die Manövergeschwindigkeit nicht überschritten wird. Bei der ASK21 sind dies 180 km/h oder 50 m/s, die Sinkgeschwindigkeit ist bei 30 Grad Bahnneigung genau halb so groß. Das Sinken liegt dann bei 25 m/s.

Seitengleitflug (Slip) bremst ebenfalls, aber bei den modernen Baumustern nicht so stark wie die Bremsklappen. Kommt der Wind auf der Landebahn von rechts, lassen wir beim Slip den rechten Flügel hängen.

Wölbklappen sind an der Hinterkante des Flügels angebracht und lassen sich wie Ruderflächen nach oben und unten schwenken. Sie verringern die gesamte Wölbung für den Schnellflug und erhöhen sie für den Langsamflug. Dabei wird ein höherer Auftriebsbeiwert erzielt und man kann relativ langsam landen. Dies geht mit erheblich höherem Luftwiderstand einher, der bei der Landung willkommen ist.

Wölbklappen dürfen im Langsamflug nicht plötzlich eingefahren werden, sonst reißt die Strömung ab, weil der schwächer gewölbte Flügel den hohen Auftriebsbeiwert nicht mehr erreicht.

## 5.5 Festigkeitsgrenzen

Mit dem Staudruck wachsen auch die Kräfte, die die Ruder ins Flugzeug einleiten. Damit keine Überlastungen auftreten können, ist auf dem Fahrtmesser der grüne Bogen markiert. Seine Obergrenze heißt Manövergeschwindigkeit und ist als die höchste Geschwindigkeit definiert, bei der noch volle Ruderausschläge an allen Rudern gleichzeitig gegeben werden dürfen, ohne dass es zu Überbelastungen kommt. Allerdings ist zu beachten, dass dies nur bei eingefahrenen Klappen gilt. Ausgefahrene Klappen können die Belastbarkeit eines Flügels erheblich verringern. Manchmal ist auf dem Fahrtmesser auch ein weißer Bogen markiert. In diesem Bereich dürfen die Klappen ausgefahren werden, er endet oft ebenfalls bei der Manövergeschwindigkeit.

Oberhalb der Manövergeschwindigkeit schließt sich ein gelber Bogen an, der Vorsichtsbereich. Sein oberes Ende ist mit einem roten Strich markiert, der zulässigen Höchstgeschwindigkeit ( $V_{NE}$ , "Never Exceed"). Hier sind die zulässigen Ruderausschläge deutlich reduziert, normalerweise am roten Strich auf nur noch ein Drittel des Maximalausschlags. Außerdem dürfen sie nicht mehr voll kombiniert werden und im Vorsichtsbereich darf man nur in ruhiger Luft fliegen.

Oberhalb der  $V_{NE}$  können turbulente Anteile der Luftströmung die Tragfläche zu Flatterschwingungen anregen, die in Sekundenbruchteilen so stark werden, dass sie das Flugzeug zerstören. Diese Grenze ist daher sehr ernst zu nehmen. In großer Höhe, wo die dünnere Luft Schwingungen weniger dämpft, liegt sie niedriger, das Flughandbuch gibt darüber Auskunft.

## 6 Betriebliche Verfahren

### 6.1 Fehlerkultur

Piloten machen Fehler. Man sagt, in der gewerblichen Luftfahrt sei eine Kette von 5 Fehlern nötig, bis es zu einem Unfall kommt, in der allgemeinen Luftfahrt reichen 3. Lob und Anerkennung verdienen daher Piloten, die ihre Fehler nicht verheimlichen, sondern darüber berichten, so dass andere darauf aufmerksam werden und sie vermeiden können. Daher sind wir auf eine Kultur des offenen Umgangs mit Fehlern angewiesen:

- Wer einen Fehler macht, soll davon erzählen.
- Wer von seinen Fehlern erzählt, darf dafür nicht getadelt oder ausgelacht werden. Das wäre auch ein Fehler, sogar ein schwerwiegender.
- Wer bei anderen Fehler beobachtet, muss einen Weg finden, den Betreffenden darauf anzusprechen, ohne ihn zu kränken.

### 6.2 Windenstart

Über den Seilaufbau und die Startkommandos gibt die Segelflugsport-Betriebsordnung Auskunft. Einige zusätzliche Regeln stehen in den DAEC-Startwindenfahrer-Bestimmungen.

In Amberg gehört es sich, dass jeder Pilot selbst zum Ausbildungsleiter geht und seine Windenfahrer-Ausbildung in die Wege leitet, sobald er die Anforderungen erfüllt: 15 Jahre alt, mindestens 30 geflogene Windenstarts.

Im Windenstart muss der Flügel nicht nur den Rumpf tragen, sondern auch noch den Seilzug. Damit das Flugzeug auf keinen Fall überlastet werden kann, ist im Vorseil ein Schutzglied eingebaut, die Sollbruchstelle. Sie reißt bei einer genau definierten Kraft. Der stärkste Typ 1 trägt z. B. die eingeprägte Kennziffer 1, hat eine Nennbruchlast von 1000 daN (Deka-Newton, 1000 daN sind etwa

eine Tonne Zugkraft) und schwarze Kennfarbe. Beim roten Typ 3 ist die Nennbruchlast 750 daN. Die Farben Blau und Weiß (600 bzw. 500 daN) setzen wir in Amberg als Schutz beim Seilrückholen ein, der gelbe Typ mit 400 daN ist im F-Schlepp-Seil eingebaut.

Oft werden zwei Sollbruchstellen nebeneinander eingebaut. Die Kraft wird nur durch eine übertragen, in der das Seil mit zwei Schäkeln in normalen Bohrungen hängt. Die zweite Sollbruchstelle liegt daneben und hat an den Enden Langlöcher. Wenn die erste Sollbruchstelle durch eine extrem kurze Kraftspitze zerrissen wird, rutschen die Schäkel in den Langlöchern um wenige Millimeter auseinander und die zweite übernimmt.

**Merke:** Es muss immer **eine Sollbruchstelle mit kurzen und eine mit langen Löchern** verwendet werden. Nimmt man zwei gleiche, dann müsste das Seil sie auch gleichzeitig zerreißen. Das erfordert die doppelte Bruchkraft, dann gibt es also keinen Schutz vor Überlastung mehr.

**Merke: Sollbruchstellen sind billig.** Bei Verschleiß, abgeschlagener Farbe etc. überlegen wir nicht lange, sondern tauschen sie aus.

**Seilrisse** kommen nicht selten vor. Je nach Zeitpunkt reagieren wir unterschiedlich:

1) In der Phase vom Anrollen bis zum Abheben: Hier sind Seilrisse nicht selten, weil die Winde in diesem Augenblick viel Zug auf das Seil gibt. Der Pilot steuert geradeaus, hält wie nach der Landung die Flächen waagrecht und bremst sachte ab. In Amberg bei Startrichtung 26 den Bach beachten. 3x nachklinken.

2) Beim Abheben und kurz danach: Der Pilot drückt nach, hält genug Fahrt und landet sofort wieder. 3 x nachklinken.

3) In steiler Steigfluglage. Hier muss der Pilot zügig nachdrücken, weil er sonst sofort zu langsam wird. Schön geradeaus wieder Fahrt aufnehmen, 3x nachklinken. Dann wird entschieden, ob man geradeaus landet oder eine verkürzte Platzrunde fliegt.

Einen Seilriss spürt der Pilot als heftigen Ruck oder auch Knall. Wenn aber der Windenmotor an Leistung verliert oder ausgeht, bekommt er kein solches Signal (in Amberg passierte das einmal durch Ausfall des Zündschloss-Schalters). Er muss dann bemerken, dass die Fahrt zurückgeht, immer weiter nachdrücken, ausklinken und landen.

Den Windenstart soll man genau beobachten. Es gibt viele mögliche Störeinflüsse: Hintere Haube nicht richtig verschlossen, Hunde oder Rehe in der Startbahn, Flugzeug im Anflug. Um die Startvorbereitungen zu unterbrechen, gibt es ein Codewort: "**Halt-Stopp, Halt-Stopp, Halt-Stopp**". Diese dreifache Formel darf und soll jeder laut rufen, dem etwas Ungewöhnliches auffällt.<sup>6</sup> Ab dem Anrollen allerdings ist sie nutzlos. Nachfolgend werden einige mögliche Fehler beschrieben:

1) Spornkuller nicht entfernt: Durch das Gewicht des Spornkullers wird das Flugzeug schwanzlastiger. Der Pilot muss reichlich Fahrt halten, besonders im Landeanflug. Austrimmen auf z. B. 110 km/h. Beim Astir kann der Kuller von selbst herausfallen und wird das meist auch tun, man weiß nur nicht wann. Daher nicht über bebautem Gelände fliegen.

2) Fälschlich in die Bugkupplung statt in die Schwerpunktkupplung eingeklinkt: Der Pilot ist unbedingt über Funk zu warnen, er muss hier selbst ausklinken. Möglichst schon kurz nach dem Abheben, damit er sicher geradeaus landen kann.

3) Überrollen: Der Windenfahrer zieht das Seil bis zum Straffen vorsichtig an und bremst dabei immer wieder. Es kann vorkommen, dass es sich ruckartig strafft und dann noch einmal gebremst wird. Das Flugzeug rollt dann an und überholt das Seilende. Wenn die Winde nun kräftig anzieht, kann es zu einem sehr heftigen Ruck kommen. Daher soll der Pilot beim Überrollen ausklinken.

---

<sup>6</sup> Fehlerkultur: Wer übervorsichtig Halt-Stopp ruft, wird natürlich nicht ausgelacht.

4) Ein Tragflächenende berührt beim Anrollen den Boden, z. B. weil die Winde sehr langsam anzieht und der Flächenmann nicht so weit mitlaufen kann. Der Pilot soll sofort ausklinken.

3) Zu steile Steigfluglage (sogenannter Kavaliertart), unbedingt zu vermeiden. Dabei bringt das Seil eine hohe Belastung auf den Flügel, der Anstellwinkel wird sehr hoch, die Strömung kann bei zu wenig Fahrt abreißen. Außerdem wäre es bei einem Seilriss nicht möglich, genügend schnell wieder in Normalfluglage zurückzusteuern und ausreichend Fahrt zu halten. Auch dadurch kann in niedriger Höhe die Strömung abreißen, das Flugzeug wird unsteuerbar und schlägt auf dem Boden auf.

### 6.3 F-Schlepp-Start

Im F-Schlepp lassen sich größere Höhen erreichen als im Windenstart, außerdem kann man sich bis in einen Aufwind schleppen lassen. Er ist jedoch kostspieliger und macht mehr Lärm. Andererseits spart es viel Zeit und Fahrtstrecke, wenn man sich nach einer Landung auf einem anderen Flugplatz einfach nach Hause schleppen lassen kann.

Das F-Schlepp-Seil besitzt eine gelbe Sollbruchstelle, die auf der Seite des Schleppflugzeugs eingeklinkt wird. Um dem Schleppiloten zu signalisieren, dass wir einklinken wollen, bewegen wir leicht sein Seitenrudder. Der Starthelfer gibt die gleichen Handzeichen für "Abflugbereit" und "Seil straff" wie beim Windenstart, das Segelflugzeug gibt sie per Funk an den Schlepper durch.

Wenn bis zur Halbbahnmarkierung nicht beide Flugzeuge in der Luft sind, klinkt das Segelflugzeug aus, das Schleppflugzeug kann dann sicher allein starten oder ebenfalls noch voraus landen und abbremsen.

Normalerweise ist das Segelflugzeug zuerst in der Luft. Auf keinen Fall darf es jetzt so hoch steigen, dass es den Schwanz des Schleppflugzeugs nach oben zieht. Sollte das Schleppflugzeug sogar aus dem Blick geraten, muss sofort ausgeklinkt werden.

Wenn das Schleppflugzeug mit den Flächen wackelt, ist dies das Signal zum Ausklinken. Das Segelflugzeug meldet das Ausklinken über Funk und dreht ab, und zwar **immer nach rechts**.

Hängt das Seil im Flug durch, dann bremst das Segelflugzeug sachte ab. Ein leichter Slip genügt dazu meist, eventuell mit wenig Bremsklappe.

Sollte sich das Seil an beiden Flugzeugen nicht ausklinken lassen, wird im Schlepp gelandet. Bei einem Abwärtsschlepp würde das Segelflugzeug das Schleppflugzeug aufgrund seiner besseren aerodynamischen Güte normalerweise überholen. Daher ist die Bremsklappe einzusetzen, um das Seil jederzeit straff zu halten.

### 6.4 Umgang mit dem Rettungsfallschirm

Die zum sportlichen Fallschirmspringen eingesetzten Schirme halten viele Einsätze aus. Sie sind als rechteckige, durch den Luftstrom aufgeblähte Profilmatten genäht und lassen sich im Flug gut steuern. Unsere Rettungsschirme hingegen sind Rundkappenschirme. Die Rundkappe ist der beste Kompromiss zwischen guter Bremswirkung und kleinem Packmaß. Allerdings sind diese Schirme schlechter steuerbar und halten nur einen einzigen Einsatz aus. Sie werden einmal im Jahr geöffnet, überprüft und neu gepackt, wir überlassen das einer Spezialfirma. Je nach Modell und Beanspruchung können wir sie im Flugbetrieb zwischen 10 und 20 Jahre lang einsetzen, dann werden sie ausgemustert.

In Amberg haben wir ausschließlich Schirme mit einem Handgriff, an dem man zum Öffnen kräftig zieht. Es gibt auch sogenannte automatische Modelle mit einer Aufziehleine, die man vor dem Einsteigen an einem im Cockpit angebrachten Ring befestigt. Springt der Pilot aus dem Flugzeug, dann entfernt er sich davon und die Leine betätigt bei einem bestimmten Abstand die Auslösevorrichtung. Bei diesen Modellen muss man sich nach jeder Landung ausklinken, ehe man mehr als zwei Meter vom Cockpit wegläuft, sonst lösen sie aus und müssen neu gepackt werden.

Zieht man am Öffnungsgriff, dann werden innerhalb des Schirms Verschlüsse gelöst, die normalerweise die Packhülle verschließen und eine kräftige Feder zusammengedrückt halten. Die Feder schleudert einen Hilfsschirm nach hinten hinaus, der schließlich die Hauptkappe aufzieht. Der Öffnungsvorgang braucht etwas Zeit und danach muss der Schirm den Piloten noch abbremsen, bevor er ohne Verletzung auf den Boden kommen kann. Je nach Modell können dafür 150 m Höhe nötig sein, darunter ist es oft besser, im Cockpit zu bleiben. Wird der Schirm feucht, dann können die Stofflagen in der Packung miteinander verkleben und im schlimmsten Fall zu verrotten beginnen. In jedem Fall verlängert sich dadurch die Öffnungszeit. Außerdem soll der gepackte Schirm möglichst wenig verbogen und geknautscht werden.

Wichtig ist daher:

- 1) Nie ins Gras legen. Auch wenn es trocken zu sein scheint, gibt der Boden immer Feuchtigkeit ab.
- 2) Schirm immer mit dem Rücken nach unten und dem Gurtzeug nach oben hinlegen, am besten liegt er meist in einem Flugzeugcockpit.

Noch ein Hinweis: **Nach der Landung steigen wir immer mit Fallschirm aus dem Cockpit.** Wenn man sich nämlich angewöhnt, erst den Fallschirm zu lösen, macht man das schlimmstenfalls auch beim Notabsprung.

## 6.5 Verhalten in der Platzrunde

In Amberg herrscht Windenschleppbetrieb, außerdem sind an- und abfliegende Motorsegler und ULs zu beachten. Im Übrigen haben wir wie an den meisten Plätzen Linksplatzrunden. Daher ist zu beachten:

- Flugzeuge im Windenschlepp können Höhen bis an 600 m erreichen. In die Schleppstrecke wird nicht eingeflogen, wir halten uns bei der Aufwindsuche mit viel Abstand außerhalb, so dass das vom Boden aus klar erkennbar ist. Überfliegen wir die Schleppstrecke in größerer Höhe, dann teilen wir das der Startleitung vorher mit.
- Nach dem Abflug erfolgt die Querabflugkurve als Linkskurve. Der Ausklinkraum und der Bereich der Querabflugkurve ist für die Thermiksuche zu meiden.
- Den An- und Abflugbereich von Motorseglern in niedriger Höhe vermeiden wir ebenfalls, dazu auch den Queranflugbereich der Segelflieger in niedriger Höhe.

## 7 Flugleistung und Planung

Eine immer wiederkehrende Frage im Segelflug ist, ob wir unseren Startflugplatz oder ein anderes Ziel aus der aktuellen Höhe erreichen können. Sobald dies der Fall ist, braucht ein Pilot bei der Rückkehr von einem Streckenflug nicht mehr Höhe zu erkurbeln, sondern kann den sogenannten Endanflug ansetzen. Dazu muss er Annahmen treffen, die die folgenden Fragen beantworten:

- 1) Wie viel Höhenreserve ist am Ziel nötig? - Als Ziel nimmt man die 200 m über Grund, mit denen wir normalerweise an der Position die Landemeldung abgeben wollen. Ein guter Planungswert ist normalerweise eine zusätzliche Höhenreserve von 200 m gegenüber dieser Positionshöhe. Wir wollen also mit 400 m über der Platzhöhe ankommen.
- 2) Welche Gleitflugleistung kann angesetzt werden? Die beste Gleitzahl, die das Flugzeug laut Flug- und Betriebshandbuch in ruhiger Luft erreicht, verschlechtert sich auch bei mäßigem Gegenwind deutlich, von Abwinden ganz abgesehen. Als Richtwert kann diese beste Gleitzahl minus 10 gelten, wir setzen also bei einem Astir CS mit bestem Gleiten von 35 nur 25 an. Oft wirft der Pilot auch einen prüfenden Blick auf die Nasenleiste des Tragflügels. Haben sich dort viele Mücken abgesetzt, kann sich die Gleitleistung deutlich verschlechtern.

3) Was ist die beste Geschwindigkeit für den Endanflug? Fliegen wir eher langsam, um Rückenwind gut auszunutzen, oder besser schnell, um durch zwischendurch auftretende Abwinde rasch hindurchzustechen?

4) In welcher Höhe beginnt der Endanflug am besten? Normalerweise will man dafür viel Höhe haben, an Tagen mit Quellwolken muss aber der Abstand von 300 m zur Basis eingehalten werden.

## 7.1 Meteorologische Flugvorbereitung

Alle Piloten haben die Pflicht, sich auf ihre Flüge vorzubereiten. Verlassen sie den unmittelbaren Platzbereich, müssen sie um die vorhergesagten Veränderungen des Wetters im Tagesverlauf wissen, also über das Wetter "gebriefft sein". Es gibt mehrere Möglichkeiten, sich die nötige Information aus verlässlichen Quellen zu besorgen:

- Kostenlos verfügbar sind die Flugwetterübersichten, die der Deutsche Wetterdienst auf seiner Homepage zusammen mit dem GAFOR-Trend anbietet ([www.dwd.de](http://www.dwd.de), dann unter Fachnutzer - Luftfahrt). Sie werden mehrfach täglich aktualisiert, richten sich an alle Teilnehmer der allgemeinen Luftfahrt und enthalten am Ende zusätzliche Hinweise für Ballonfahrer und Segelflieger. Man ruft am besten direkt die GAFOR-gebietsbezogenen Vorhersagen für Segelflieger und Ballonfahrer auf. Amberg liegt im GAFOR-Gebiet 75, "östliche Donau- und Naabniederung", für das der Flugwetterbericht Bereich Süd angezeigt wird, zusammen mit einer Angabe des erwarteten mittleren Steigens zu jeder vollen Stunde. Allerdings sind für uns oft auch die angrenzenden Gebiete 64 "Oberpfälzer Wald", 57 "Oberfranken" und 63 "Fränkische Alb" von Interesse.

- Der DWD bietet unter [flugwetter.de](http://flugwetter.de) auch ein kostenpflichtiges Selbstbriefing-System mit einer Fülle von Vorhersageprodukten an. Darunter ist für Segelflieger besonders das System Toptherm von Interesse, das die Wetterentwicklung über den Tag hinweg übersichtlich darstellt.

- Gewissermaßen die "Königsklasse" ist ein direkter Anruf bei der Flugwetterberatung des DWD. Bei einem solchen Anruf sollte man dem Berater zu Beginn sagen, welche Information man bereits hat und das Flugvorhaben beschreiben. Dieser Service ist kostenpflichtig (Tarif 2017: 1,24 €/Minute für Anrufe aus dem deutschen Festnetz), dafür aber absolut professionell. Die Berater können Piloten gezielt mit genau den Informationen auch über lokale Effekte versorgen, die auf ihrer beabsichtigten Flugroute von Interesse sind.

Hinweis: Vom DWD kann man sich die Publikation "Regionale Flugklimatologie" herunterladen, die viele lokale Wettereffekte in Deutschland beschreibt. Dabei betreffen uns wieder die GAFOR-Gebiete 63, 64, 57 und 75.

## 7.2 Bekanntmachungen der Flugsicherung

Zusätzlich zu den in der Luftfahrkarte eingetragenen Lufträumen und Flugbeschränkungen werden nicht selten weitere Gebiete eingerichtet, über die die Deutsche Flugsicherung dann informiert. Zur Streckenflugvorbereitung sollte man daher unbedingt das sogenannte VFR-Online-Bulletin abgerufen haben, über das man z. B. auch Hinweise auf Special Activity Areas für Kunstflug, Wettbewerbsflüge oder Flugtage in der Umgebung einer angegebenen Flugstrecke erhält. Zugang über das AIS-Portal der DFS, man muss ein Login einrichten, das allerdings kostenlos ist.

## 8 Allgemeinwissen Luftfahrzeuge

Im Flugzeugbau haben sich im Bemühen um leichte und trotzdem feste Konstruktionen viele konstruktive Gestaltungen herausgebildet, die man grob wie folgt einteilt:

a) Holz- und Verbundbauweise: Flügel aus Rippen mit beplankter Torsionsnase, Hinterteil mit Stoff bespannt, getragen von Holmen und verbunden mit Klebstoff. Rumpf entweder aus Holz mit längs

verlaufenden Gurten, die in kurzen Abständen von Spanten in Position gehalten werden oder als geschweißte Stahlrohrgitterkonstruktion, jeweils mit Bespannung. Diese Bauweise hat unter anderem den Nachteil, dass die Bespannung schwingt und viel Geräusch erzeugen kann. Räumlich gekrümmte Oberflächen sind nur mit zusätzlichen Formteilen darzustellen, regelmäßige Grundüberholungen sind notwendig. In Amberg sind solche Flugzeuge nur noch gelegentlich als Oldtimer zu sehen.

b) Aluminiumbauweise, Beispiel Pilatus B4. Hier ist der Flügel ganz mit dünnem Aluminiumblech beplankt, das tragende Funktion hat, der Rumpf ist mit Blechformteilen verkleidet. Der Wartungsaufwand ist gering, Korrosions- und Feuchtigkeitsschutz sind allerdings wichtig.

c) Kunststoffbauweise: Flügel bestehen aus tragenden Sandwich-Schalen mit Holm, Oberseite und Unterseite jeweils getrennt in Formen laminiert. Der Rumpf ist ebenfalls aus Formteilen zusammengeklebt und meist punktuell mit Spanten und Einbauten verstärkt. Die gute Festigkeit erlaubt Flügelprofile mit wenig Dicke sowie schlanke Rumpfröhren. Die Gestaltungsfreiheit im Laminierverfahren ermöglicht perfekt in die Rumpfform eingegliederte Hauben. Diese Bauform erfordert am wenigsten Wartung.

## 8.1 Grundkonfigurationen

Flugzeuge können als Tiefdecker (Twin 3, Dimona), Mitteldecker (Astir, Discus), Schulterdecker (Pilatus B4) oder Hochdecker (Cessna, Wilga) gebaut sein. Beim Leitwerk gibt es das Standardleitwerk (Höhenflosse unten am oder auf dem Rumpf, Seitenflosse darüber), das Kreuzleitwerk (Höhenflosse auf halber Höhe der Seitenflosse), das T-Leitwerk, das alle unsere Flugzeuge in Amberg haben, sowie das V-Leitwerk (Salto, SB8).

## 8.2 Massen

Sogenannte tragende Teile sind nur die Flügel, falls vorhanden mit Winglets und auch mit Wasserballast. Alles andere sind die "nichttragenden" Teile (Rumpfwerk, Fahrwerk, Leitwerk).

Die Leermasse enthält alle fest eingebauten Teile gemäß Ausrüstungsverzeichnis und steht im Wägebericht. Bei der Rüstmasse kommen Batterie und weitere Instrumente hinzu. Rechnet man noch die Zuladung ein (Pilot, Kleidung, Fallschirm, Gepäck), ergibt sich die Abflugmasse. Der im Flughandbuch angegebene Höchstwert darf nicht überschritten werden.

Bei Doppelsitzern gibt es pro Sitz eine Höchstzuladung. Wichtig ist die Mindestzuladung im vorderen Sitz, bei unserer ASK-21 sind es 70 kg (Pilot mit Kleidung, Fallschirm von 8 kg und wenn nötig Bleikissen).

## 8.3 Steuerung

Motorsegler und Segelflugzeuge sind leicht genug, dass man die Steuerung von Hand bedienen kann, ohne zu ermüden. Die Steuerbewegungen werden meist mechanisch, d. h. über Stangen, Hebel und Seilzüge auf die Ruder übertragen. In wenigen Fällen kommt eine handbediente Hydraulik zur Anwendung, z. B. für die Bremse der ASK21. Hier überträgt die Hydraulikflüssigkeit die Kraft vom Geberzylinder bis zum Andruckzylinder für die Bremsbeläge. Elektrische Betätigungen finden nur ausnahmsweise Anwendung, z. B. für manche Ballastwasser-Ablassventile oder für das Ausfahren eines Klaptriebwerks.

Die Bedienelemente im Cockpit variieren ein wenig in ihrer Anordnung, aber ihre Farben sind standardisiert: Gelb für die Schleppkupplung, Blau für die Bremsklappe, grün ist die Trimmung und rot der Haubennotabwurf.

## 8.4 Druckabnahmen und Instrumente

### 8.5 Höhenmesser

In Meereshöhe beträgt der Luftdruck im Mittel 1013,25 hPa (Hektopascal, auch Millibar mbar). Er schwankt leicht mit dem Wetter, etwa im Bereich von 975 mbar in einem kräftigen Sturmtief bis 1040 hPa in einem großen, stabilen Hochdruckgebiet.

Steigt man höher, dann nimmt der Luftdruck etwa alle 8 m um 1 mbar ab. Man sagt, 8 m ist die "barometrische Höhenstufe" in Meereshöhe. Der Höhenmesser im Flugzeug misst den Umgebungsdruck und zeigt ihn auf einer Höhenskala an. Um den Wettereinfluss zu berücksichtigen, besitzt er eine Stellschraube. Sie verstellt die sogenannte Nebenskala, die wiederum in hPa geteilt ist.

**Merke: Die Hauptskala zeigt die Höhe gegenüber dem auf der Nebenskala eingestellten Druckniveau.** Beträgt der Druck in Meereshöhe z. B. 1015 hPa und ist dieser Wert auf der Nebenskala eingestellt, dann zeigt der Höhenmesser genau die Höhe über dem Meer, in der wir uns gerade befinden - am Flugplatz Amberg sind es 385 m, wie in der Luftfahrtkarte angegeben.

Drehen wir die Anzeige mit der Stellschraube auf 385 m, dann können wir an der Nebenskala fast exakt<sup>7</sup> ablesen, wie hoch der durch das Wetter beeinflusste Druck in Meereshöhe gerade wäre. Diesen Wert bezeichnet man mit der Abkürzung QNH<sup>8</sup>. Er wird in der Flugwettervorhersage für alle GAFOR-Gebiete in Abständen von wenigen Stunden vorhergesagt und ist auch Teil der ATIS-Wetteransage, die größere Flughäfen automatisiert über Funk ausstrahlen. Ein Pilot, der in der Ansage z. B. 1020 hPa hört und diesen QNH auf seinem Höhenmesser einstellt, bekommt bei der Landung genau die Landebahnhöhe angezeigt, die er aus der Luftfahrtkarte entnehmen kann.

Wenn der Höhenmesser die Höhe gegenüber dem Bezugsniveau auf der Nebenskala zeigt, muss man nur das genaue Druckniveau der Landebahn einstellen, dann zeigt er Null. Wenn wir ihn also für einen Flug im Platzbereich vor dem Start auf Null stellen, können wir umgekehrt den Druck auf Landebahnhöhe auf der Nebenskala sehen. Mit der barometrischen Höhenstufe von 8 m muss der Druck gegenüber Meereshöhe in Amberg um etwa  $385/8 = 48$  hPa niedriger sein, also  $1013 - 48 = 965$  hPa (mit Wettereinfluss QNH-48 hPa). Dieser Wert hat die Abkürzung QFE<sup>9</sup>, daher sagt man: Wer seinen Höhenmesser vor dem Start nullt, fliegt "nach QFE". Die angezeigte Höhe heißt Flughöhe, abgekürzt AGL (Above Ground Level). Im Platzrundenbetrieb geben wir normalerweise diese Höhe über Funk an: "Amberg, D-9802 ist über Ammerthal in 600 m".

Wer dagegen "nach QNH" fliegt, bekommt seine Höhe über dem Meer angezeigt (AMSL, Above Mean Sea Level, verkürzt nur MSL). Wir machen das im Streckenflug: "Amberg, D-7375 über Hirschau in 1400 m MSL".

Flughöhe (QFE) und Meereshöhe (QNH) berücksichtigen also den aktuellen Wettereinfluss. Die angezeigten Werte sind im Vergleich zum Flugplatz bzw. zu den in den Karten eingetragenen Höhen richtig. Sie sind daher im bodennahen Luftraum zu verwenden. In größerer Höhe dagegen braucht der angezeigte Wert nicht genau zu stimmen, sondern es ist besonders für Instrumentenflieger wichtig, dass alle Höhenmesser die gleiche Höhe anzeigen - sie können dann nicht zusammenstoßen,

---

<sup>7</sup> Dieser Umrechnung liegt die ICAO-Standardatmosphäre zugrunde, die in die Höhenmesser gewissermaßen hineinkonstruiert ist. Die Meteorologen berücksichtigen bei der Umrechnung zusätzlich die Temperatur und gewinnen anstelle des QNH-Werts das sogenannte QFF, das in Bodenwetterkarten eingetragen wird.

<sup>8</sup> Dies ist ein Code aus der Familie der ab 1909 in England für die Telegrafie festgelegten über 100 Q-Gruppen, die alle mit einem Q beginnen. Die Buchstaben nach dem Q sind leider willkürlich festgelegt, es gibt dazu also keine leicht erinnerlichen Abkürzungen. Beim QNH kann man jedoch daran denken, dass es uns die Höhe über dem Meer liefert, gewissermaßen eine **Nautische Höhe**.

<sup>9</sup> Merkhilfe: Mit QFE bezieht sich der Höhenmesser auf die "Field Elevation", die Geländehöhe des Flugfelds.

wenn die Luftverkehrskontrolle ihnen unterschiedliche Höhen zuweist. Deshalb wird im Steigflug oberhalb der sogenannten Übergangshöhe (Transition Altitude **TA** - Eselsbrücke: Das A ist ein Pfeil nach oben) auf der Nebenskala der Wert 1013,25 hPa eingestellt. Dann heißt der angezeigte Wert Druckhöhe. Sie wird im Funkverkehr mit der Luftverkehrskontrolle in Form von Flugflächen (FL, Flight Level) angegeben, d. h. in Vielfachen von 100 ft. Flugfläche 65 (FL065) sind dann 6500 ft. Die Übergangshöhe liegt in Deutschland bei 5000 ft MSL. Übrigens ist das auch ein Grund, weshalb unsere Kunstflugbox meist nur bis zu dieser Höhe freigegeben wird.

Im Sinkflug stellt man den Höhenmesser wieder auf QNH zurück, und zwar beim sogenannten Transition Level (**TRL**). Dieser hängt vom QNH ab, beträgt bei Hochdruckwetter über 1013 hPa TRL 60, darunter TRL 70, unter 977 hPa sogar TRL 80. Ankommende Flugzeuge erfahren auch diesen Wert über ATIS.

Für den Segelflug ist zu beachten:

- 1) Wir bleiben für Streckenflüge bei der QNH-Einstellung, sonst müssten wir bei vielen Flügen ständig umstellen. Wir könnten ohnehin nicht auf Anweisung der Flugsicherung eine konstante Höhe halten.
- 2) Überprüft man einen Luftfahrthöhenmesser regelmäßig und justiert und wartet ihn falls nötig, dann erreicht er eine Unsicherheit von besser als +/-10 m. Bei uns am Platz geschieht das im Rahmen der Jahresnachprüfung nur für den Motorsegler. Die Höhenmesser aller anderen Flugzeuge können deutlich abweichen. Statt vor dem Start auf der Nebenskala das QNH einzustellen, drehen wir daher die Hauptskala auf die Platzhöhe von 385 m.

Zur Luftdruckmessung verwendet der Höhenmesser eine sogenannte Aneroiddose, eine luftleer gepumpte, dünnwandige Metallbüchse, die vom veränderlichen Außendruck wie eine Feder mehr oder weniger zusammengedrückt wird. Im Steigflug dehnt sie sich mit abnehmendem Umgebungsdruck stärker aus und schiebt die Anzeige über ein feinmechanisches Messwerk zu höheren Werten. Steigt der Druck im Sinkflug wieder, tritt ein schwacher Effekt zutage, den viele Messinstrumente zeigen, ein leichtes Nachhinken (Hysterese) um ca. einen Teilstrich. Durch Erschütterungen kann die Hysterese meist beseitigt werden, z. B. durch leichtes Klopfen gegen den Höhenmesser. Da der Unterschied für uns vernachlässigbar ist und das Klopfen das Messwerk auf Dauer schädigt, macht das bitte nicht!

## 8.6 Staudruck und Fahrtmesser

Bewegt sich ein Körper durch die Luft, dann beschleunigt er die Luftteilchen genau vor sich erst einmal auf seine eigene Geschwindigkeit, bevor sie zur Seite hin abfließen und um ihn herum strömen. Dabei wird die Luft vor dem Körper geringfügig zusammengedrückt, der Druck auf der Vorderseite steigt etwas, es kommt der sogenannte Staudruck hinzu. Das Maß der Druckerhöhung ist direkt abhängig von der Bewegungsenergie, die der Körper der Luft erteilt. Von der Bewegungsenergie wissen wir aus der Schulphysik, dass sie mit der bewegten Masse und dem Quadrat der Geschwindigkeit  $v$  zunimmt:

$$E_{\text{kin}} = \frac{m}{2} v^2$$

Beim Staudruck oder dynamischen Druck tritt an die Stelle der Masse die Luftdichte  $\rho$  (rho):

$$p_{\text{dyn}} = \frac{\rho}{2} v^2$$

Die Dichte der Luft beträgt in Meereshöhe 1,225 kg pro Kubikmeter<sup>10</sup>. Nehmen wir an, ein Segelflugzeug bewegt sich mit 25 m/s, das sind 90 km/h. Der Staudruck ist dann

---

<sup>10</sup> Damit hat Luft ca. 800mal weniger Dichte als Wasser, also nicht viel. Immerhin hat ein Luftpaket von 100x100x100 m schon eine Masse von 1225 Tonnen. Es ist sofort einzusehen, dass ein Aufwind leichtes Spiel damit hat, ein Segelflugzeug mit seinen 300 bis 800 kg mit nach oben zu tragen.

$$p_{\text{dyn}} = \frac{1,225 \text{ kg}}{2 \text{ m}^3} \frac{25^2 \text{ m}^2}{\text{s}^2} = \frac{1,225 \cdot 625}{2} \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \text{ m}^2} = 382,8 \text{ Pa} = 3,8 \text{ hPa}$$

Bei 180 km/h vervierfacht sich dieser Druck durch die quadratische Zunahme und beträgt dann 15,3 hPa. Die Staudrücke sind also sehr gering im Vergleich zum Umgebungsluftdruck von 1013,25 hPa. Wenn man den Staudruck zur Fahrtmessung benutzt, muss der Fahrtmesser schon ein sehr empfindliches Instrument sein.

Mit dem Druck verringert sich in der Höhe auch die Luftdichte und der Staudruck, der Fahrtmesser zeigt also weniger als die tatsächliche Fluggeschwindigkeit an. **Faustregel: Pro 1000 m Höhe ist die Fahrt um 6 % höher als angezeigt.** Bei unseren Flügen unterhalb von 3000 m bleibt der Fehler unter 20 %. Da der Auftrieb, den der Flügel liefern kann, vom Staudruck abhängt, können wir uns für die Mindestgeschwindigkeit weiter nach dem Fahrtmesser richten. Im Bereich der Höchstgeschwindigkeit kommt aber dazu, dass die dünnere Luft auch Tragflächenschwingungen schlechter dämpft. Das Flug- und Betriebshandbuch eines Flugzeugs gibt daher die höchstzulässigen angezeigten Geschwindigkeiten abhängig von der Höhe an, mit denen man sich vor Höhenflügen unbedingt vertraut machen muss.

Um den Staudruck im Flug zu messen, kann man ihn durch eine kleine Bohrung an der Spitze des Rumpfes oder an der Nasenleiste von Flügel und Leitwerken abgreifen. Meist wird aber einfach ein kleines, nach vorn offenes Rohr in den Luftstrom gehängt, das Staurohr oder Pitot-Rohr. Allerdings erfasst das Pitot-Rohr nicht nur den Staudruck, sondern die Summe des Staudrucks und des normalen Umgebungsluftdrucks. Diese Summe aus statischem und dynamischem Druck heißt Gesamtdruck.

Der Fahrtmesser muss daher sowohl den Gesamtdruck als auch den statischen Druck zugeführt bekommen (zwei Anschlussleitungen). Den statischen Druck genau zu messen ist nicht so einfach wie beim Gesamtdruck mit dem Staurohr, da sich die Druckverteilung auf der Oberfläche des Flugzeugs bei unterschiedlicher Anströmung (schneller oder langsamer Flug, leichtes Schieben) stark verändert. Man versucht daher in der Flugerprobung eines Baumusters, eine geeignete Stelle am Rumpf zu finden, die möglichst unempfindlich gegenüber diesen Änderungen ist. Dort werden meist mehrere kleine Bohrungen angebracht, durch die man den statischen Druck abnimmt. Das statische Druckabnahmesystem bildet außerdem meist einen Mittelwert zwischen Bohrungen auf der rechten und linken Rumpffseite, um den störenden Einfluss des Schiebefluges auszugleichen. Bei der ASK-21 sitzen die Bohrungen am Leitwerksträger rechts und links mitten in der Kennzeichenbeschriftung und wir prüfen bei der Vorflugkontrolle, ob sie sauber und offen sind. Der Discus ist ein anderes Beispiel, hier sitzen die Bohrungen am Rumpf knapp unter der Flügel Nase.

Eine andere Alternative ist ein Sondenrohr, das kurz hinter einer abgerundeten Spitze einen Kranz von Bohrungen trägt, die den gleichen Zweck erfüllen. Mit einer Öffnung vorn an der Spitze kann es gleichzeitig als Staurohr dienen. Manche Flugzeuge haben sowohl eine statische Druckabnahme am Rumpf als auch eine solche Kombinationssonde (z. B. die Amberger LS4).

## 8.7 Variometer

Das Variometer zeigt die Steig- oder Sinkgeschwindigkeit an. Ein mechanisch-pneumatisches Variometer besteht z. B. aus einem Gefäß, das durch einen Schlauch mit der statischen Druckabnahme verbunden ist. Steigt das Flugzeug, dann herrschte im Gefäß erst einmal höherer Druck als draußen, der sich auszugleichen versucht (daher Ausgleichsgefäß). Folglich fließt ein kleiner Luftstrom nach draußen. Je schneller das Steigen, desto stärker wird der Luftstrom. Das Messwerk des Variometers wandelt die durchströmende Luftmasse in einen Zeigerausschlag um. Ebenso kann man den geringen Luftstrom elektronisch messen und eine akustische Anzeige daraus machen, ein höherer Ton zeigt stärkeres Steigen an.

### 8.7.1 Kompensation der "Knüppelthermik"

Ein Pilot, der nach Thermik sucht, wird manchmal unwillkürlich am Knüppel ziehen. Das Flugzeug steigt dabei für eine kurze Zeit auch ohne Thermik, indem es Geschwindigkeitsenergie in Höhe umwandelt und dafür langsamer wird. Das einfache Variometer zeigt das Steigen auch an, der Luftdruck außen wird ja geringer und der Ausgleichluftstrom fließt nach draußen. Die Summe aus Geschwindigkeits- und Lageenergie, die sogenannte Totalenergie, nimmt aber im Gegensatz zu einem echten Aufwind nicht zu und der Pilot muss nach einigen Sekunden erkennen, dass er sich getäuscht hat. Ein Vario, das einen Aufwind verlässlich anzeigt, soll daher möglichst nur auf Änderungen der Totalenergie ansprechen.

Stellen wir uns vor, wir würden die gesamte Energie nur in Höhe umwandeln, also das Flugzeug senkrecht nach oben ziehen, bis es zum Stillstand kommt und wieder hinunterfällt. Beim Kunstflug macht man das tatsächlich. Die am höchsten Punkt erreichte Höhe kennzeichnet die Totalenergie. Der Höhengewinn gegenüber der vorausgehenden Normalfluglage ist proportional zur Geschwindigkeitsenergie, also zum Quadrat der Geschwindigkeit. Der Luftdruck am höchsten Punkt ist damit auch proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit geringer, ähnlich wie umgekehrt der Staudruck proportional dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt. Das Pitot-Rohr liefert den statischen Druck plus den Staudruck, in der Höhe der Totalenergie herrscht der statische Druck minus Staudruck. Wir brauchen nur noch eine Sonde zu bauen, die immer den statischen Druck minus den Staudruck liefert, dann können wir diesen Referenzdruck an das Ausgleichsgefäß anschließen und haben fälschlich angezeigte Knüppelthermik kompensiert.

Genau so wird es in der Praxis auch gemacht. Es gibt eine ganze Reihe von Sondenbauformen, die Sogwirkungen an der Oberfläche von kleinen umströmten Sondenkörpern ausnutzen, um den statischen minus den Staudruck zu liefern. Man nennt sie TEK-Düsen (**T**otal-**E**nergie-**K**ompensationsdüsen). Oft sind sie am Seitenleitwerk befestigt, bei der ASK21 und B4 auch auf der Rumpfröhre.

Ein elektronisches Variometer kann auch aus dem statischen Druck und dem Gesamtdruck, die man für den Höhenmesser und den Fahrtmesser ohnehin irgendwo abgreifen muss, rein rechnerisch die Totalenergiehöhe bestimmen. So arbeitet z. B. das E-Vario der Amberger LS4. Die Totalenergiehöhenmesser haben aber den Vorteil, dass auch das rein pneumatische Vario kompensiert werden kann und man bei Stromausfall immer noch eine kompensierte Varioanzeige hat. Das ist nicht so gut wie ein akustisches Vario, reicht aber zur Heimkehr vom Streckenflug.

## 8.8 Vertrautmachen mit einem neuen Baumuster

Vor dem Umstieg auf ein neues Baumuster steht das Studium des Flughandbuchs. Man nimmt dazu am besten ein Formblatt zur Hand, das als Checkliste dient und in dem man die wichtigen Kennwerte einträgt. Dazu gehören die Geschwindigkeiten (Mindestgeschw., Windschleppgeschw., empfohlene Landeanfluggeschw., Manövergeschw., Höchstgeschw.), aber auch das Standardverfahren zum Ausleiten des Trudeln und der Beladepflan. Probesitzen im Cockpit, Vertrautmachen mit dem Funkgerät und Vario gehören auch dazu. Vor dem Überlandflug ist das Auf- und Abrüsten zu beherrschen.

## 9 Navigation

### 9.1 Karten, Kursrichtungen, Kompass

Die Erde ist annähernd eine Kugel mit ziemlich genau 40.000 km<sup>11</sup> Umfang und läuft in einem Jahr einmal um die Sonne, und zwar auf einer leicht elliptischen Umlaufbahn. Die Ebene dieser Bahn heißt Ekliptik. Dabei dreht sich die Erde täglich einmal um sich selbst. Auf der Drehachse liegen die geografischen Pole, der Nordpol und der Südpol. Die Drehachse steht nicht senkrecht auf der Ekliptik, sondern ist um 23 Grad geneigt. Die Neigung ist bekanntlich Ursache für die Jahreszeiten.

Zur Orientierung hat der Mensch auf der Erdkugel ein System aus Längen- und Breitenkreisen definiert. Der Nullte Breitengrad, der Äquator, teilt die Erde in Nord- und Südhalbkugel. Der Nordpol liegt bei 90° Breite. **Amberg liegt auf etwa 49,5° nördlicher Breite.**

Längengrade verlaufen senkrecht zu den Breitenkreisen von Pol zu Pol. Sie heißen auch Meridiane, da an allen Orten auf einem Meridian gleichzeitig die Sonne ihren höchsten Mittagsstand erreicht (lat. meridies = Mittag). Der Meridian durch London-Greenwich wurde als Bezugslängengrad festgelegt. Er teilt die Erde in eine westliche und eine östliche Hemisphäre. Deutschland liegt auf der östlichen. **Amberg liegt auf etwa 011,8° östlicher Länge.**

Auch für die Zeitmessung wurde der Meridian von London-Greenwich als Bezugsort festgelegt. Die mittlere Sonnenzeit von Greenwich nennen wir in der Luftfahrt UTC (Universal Time Coordinated) und geben darauf bezogen unsere Start- und Landezeiten an. In Wetterkarten wird sie meist nur mit dem einzelnen Buchstaben Z gekennzeichnet und daher manchmal auch "Zulu-Time" genannt. Die gesetzliche Zeit in Deutschland ist die Mitteleuropäische Zeit MEZ. Da sich die Erde von Westen nach Osten dreht, ist sie gegenüber der UTC um eine Stunde voraus. Die Mitteleuropäische Sommerzeit MESZ ist um zwei Stunden voraus.

Der Mittelpunkt aller Längengrade ist gleichzeitig der Erdmittelpunkt. Größere Kreislinien kann man auf der Erdkugel nicht zeichnen. Wir bezeichnen daher alle solchen Kreise als Großkreise. Auch der Äquator ist ein Großkreis, die Breitengrade jedoch nicht.

Der Umfang jedes Großkreises ist gleich dem Erdumfang. Auf einem Längengrad beträgt der Abstand vom Äquator zum Pol 90 Grad, von einem Breitengrad zum nächsten 60 Bogenminuten. In der Seefahrt hat man eine Bogenminute auf dem Großkreis als eine nautische Meile oder Seemeile (sm) definiert. Der Abstand von einem Breitenkreis zum nächsten ist 60 sm, vom Äquator bis zum Pol also  $90 \times 60 = 5.400$  sm, einmal um die Erde 21.600 sm. Mit dem schon erwähnten Erdumfang von 40.000 km ergibt sich die Länge der nautischen Meile zu 1,852 km. Die 60 sm von Breitengrad zu Breitengrad entsprechen folglich 111 km. Der Abstand der Längengrade beträgt am Äquator ebenfalls 111 km und wird zu höheren Breiten immer geringer<sup>12</sup>, bis sie sich am Pol mit Null Abstand treffen.

Großkreise haben noch eine weitere Eigenschaft: Zwischen zwei Punkten auf einem Großkreis ist immer der Großkreis die kürzeste Verbindung. Er ist der geradlinige Weg vom einen Punkt zum anderen. Das ist die Bedeutung des griechischen Fremdwortes für einen Großkreis – Orthodrome.

---

<sup>11</sup> Das ist kein Zufall: Als das Meter als Längeneinheit eingeführt wurde, wollte man es so definieren, dass ein Viertel des Erdumfangs gerade 10.000 km entspricht.

<sup>12</sup> Der Abstand verringert sich mit dem Kosinus der Breite, also beträgt er bei 60 Grad noch die Hälfte (55 km).

In Bezug auf die Nordrichtung bezeichnen wir Flugrichtungen (Kurse), wobei man den Winkel im Uhrzeigersinn zählt: Mit Kurs von 000° fliegen wir genau nach Norden, mit 090° genau nach Osten, bei 180° nach Süden und bei 270° nach Westen.<sup>13</sup>

Ein zur Orthodrome verwandtes Fremdwort ist die Loxodrome. Sie ist auf der Erdkugel jede Linie, die wir durchlaufen, wenn wir immer den gleichen Kurs fahren. Daher heißt sie auf Deutsch Kursgleiche.

Von einer Karte zur Navigation in der Luftfahrt erwarten wir, dass wir Abstände und Kurswinkel aus ihr entnehmen können und dass auch Flächengrößen nicht zu sehr verzerrt werden. Sie soll also annähernd längentreu, winkeltreu und flächentreu sein.

Die Kartendarstellung muss die kugelförmig gekrümmte Erdoberfläche auf ein ebenes Blatt Papier abbilden. Eine Lösung dafür ist die Mercatorprojektion. Hier wird der Kartenausschnitt der Erdoberfläche auf einen Zylinder projiziert, dessen Achse parallel zur Erdachse steht. Der Zylinder lässt sich zu einer Ebene entrollen. Diese Projektion ist winkeltreu (die Loxodrome ist in der Mercatorkarte eine Gerade). Leider streckt sich die Karte zum Pol hin sehr, die Darstellung ist also für höhere Breiten verzerrt und nicht ausreichend längen- oder flächentreu.

Eine Verfeinerung ist die Projektion auf einen Kegel: Man setzt dem Globus ein kegelförmiges Hütchen auf. Die Berührlinie verläuft durch die mittlere Breite des Kartenausschnitts. Auch den Kegel kann man flach abwickeln. Diese Karte ist zwar genaugenommen ebenfalls nicht längen-, winkel- und flächentreu, aber die Verzerrungen sind so gering, dass wir sie für die Luftfahrt verwenden können. Drückt man den gedachten Kegel ein wenig in den Globus hinein, so dass er zwei Schnittlinien im nördlichen und südlichen Teil des Kartenausschnittes hat, dann werden die Verzerrungen noch weiter verringert. Dies ist die sogenannte Lambertsche Schnittkegelprojektion, die für unsere ICAO-Luftfahrtkarten im Maßstab 1:500.000 ausschließlich verwendet wird.

Die verbleibenden Verzerrungen kann man z. B. feststellen, wenn man eine Kurslinie von Punkt A nach Punkt B in die Karte zeichnet. Misst man den Kurs bei A, kann sich eine geringfügige Abweichung gegenüber dem bei B gemessenen Kurswinkel ergeben. Um sie weiter zu reduzieren, soll man den Kurswinkel in der Karte auf halber Strecke ablesen.

Um einen bestimmten Kurs zu steuern, richten wir uns normalerweise nach einem Magnetkompass. Die Kompassrose richtet sich nach dem Magnetfeld aus, das sie an ihrem Einbauort im Instrumentenbrett detektiert. Dies führt zu einigen Fehlern, die berücksichtigt werden müssen.

**Fehler 1: Ablenkung**, auch Deviation genannt. Dieser Fehler wird durch magnetische Bauteile im Flugzeug selbst hervorgerufen, z. B. Stahlrohre des Rumpfes, Schrauben oder Steuergestänge. Er hängt von der Flugrichtung ab und wird am Boden ermittelt, indem man das Flugzeug in Schritten von 30 Grad genau auf die richtige Kursrichtung zur magnetischen Nordrichtung ausrichtet. Das Ergebnis der Messung ist eine Deviationstafel, in der Größe und Vorzeichen der Deviation in 30-Grad-Schritten angegeben sind, z. B. "bei 0 Grad ist die Deviation +5 Grad". Umgekehrt kann man auch eine Steuertafel angeben, die gleichbedeutend sagt: "Für 0° steuere 355°". Überschreitet die Ablenkung etwa 10 Grad, dann sollte man sie kompensieren. Dazu besitzt der Kompass Einstellschrauben, mit denen man kleine Korrekturmagnete im Inneren verstellen kann.

**Fehler 2: Missweisung**, auch Variation oder Deklination genannt. Die magnetische Nordrichtung unterscheidet sich von der geografischen. Das liegt daran, dass der magnetische Südpol nicht auf der Erdachse am Nordpol liegt, sondern im nördlichen Kanada. Außerdem ist die genaue Lage des Magnetfelds Änderungen im Laufe der Jahre unterworfen. Die Missweisung ist ortsabhängig. Damit der Pilot weiß, auf welche Missweisung er sich einstellen muss, sind in der Luftfahrtkarte Linien gleicher Missweisung eingetragen, sogenannte Isogonen. Beispielsweise verläuft auf dem

---

<sup>13</sup> So bezeichnet man die Richtungen auch bei Meeresströmungen. Beim Wind hingegen ist es anders! Windrichtung 310° heißt, dass er von Nordwesten kommt.

Nürnberger Blatt der ICAO-Karte 2018 eine Isogone mit der Beschriftung "3° E" ziemlich genau in Nord-Süd-Richtung zwischen Zwickau und Chemnitz hindurch und dicht westlich an Karlsbad und Arnbruck vorbei. Da im Kartenausschnitt keine weitere Isogone liegt, können die 3° E im ganzen Kartenausschnitt angesetzt werden<sup>14</sup>. Eine östliche Missweisung hat für die nachfolgend erläuterte Kurskorrekturrechnung ein positives Vorzeichen.

Die Ausrichtung von Landebahnen wird immer mit Bezug auf die magnetische Nordrichtung angegeben. Landerichtungen werden auf volle zehn Grad gerundet und zweistellig angegeben und gesprochen, z. B. für Amberg: Nach Osten etwa 080 Grad, Landerichtung „Null-Acht“. Die Gegenrichtung nach Westen ist 26 (180 Grad Differenz). Die kurze Segelflug-Landebahn heißt 29. Landet man auf ihr in Gegenrichtung (Landung über das Haselknock, mit Fluglehrer als ungewöhnliche Landung zur Vorbereitung auf Außenlandungen), dann heißt sie 11.

**Fehler 3: Kompassdrehfehler.** Die Magnetfeldlinien verlaufen meist nicht horizontal, sondern sind gegenüber der Erdoberfläche geneigt (Inklination). In Mitteleuropa z. B. verlaufen sie ziemlich steil unter einem Winkel von etwa 60 Grad nach Norden abwärts. Die Kompassrose ist normalerweise im Instrumentenbrett um eine senkrechte Achse gelagert. Bei schräger Fluglage in Kurven nimmt ihre Ebene eine Lage ein, in der sie sich manchmal eher auf die Abwärts- als auf die Nordkomponente einstellt. Fliegen wir beispielsweise eine Rechtskurve und die Schnauze des Flugzeugs zeigt nach Norden, dann wird der Nordpol der Magnetnadel statt genau vorwärts nach rechts unten weisen und laut Kompassanzeige hätten wir die Nordrichtung noch lange nicht erreicht. Überlegt man sich die Fehlanzeige für verschiedene Kurse, kann man folgendermaßen verallgemeinern:

Soll eine Kurve mit einem Kurs nach Norden enden, dann müssen wir sie nach Kompassanzeige ca. 30° zu früh ausleiten. Nach Süden müssen wir um etwa 30° überkurven. Ost- und Westkurve werden ohne Korrektur ausgeleitet. Die im Deutschen verbreitete Eselsbrücke dafür ist leider geschmacklos und mag als misogyn empfunden werden: "Im Süden sind die Frauen heiß, da musst du drüber - im Norden sind sie kühl, da bleib ihnen fern".<sup>15</sup>

Um eine Störung durch den Kompassdrehfehler zu vermeiden, lesen wir einen geflogenen Kurs erst nach einigen Augenblicken geraden Horizontalfluges ab.

#### Kurskorrekturrechnung

Fliegt ein Pilot nach Kompass einen konstanten Kurs, dann sollte er dazu auch wissen, welcher Kurs das in der Luftfahrtkarte ist. Dabei sind nicht nur die Kompassfehler zu berichtigen, sondern auch noch ein Versatz durch den Wind. Er ist am anschaulichsten zeichnerisch zu ermitteln. Dazu stellt man sich vor, dass das Flugzeug für eine feste Zeit, z. B. eine zehntel Stunde oder 6 Minuten, durch völlig ruhige Luft fliegt und zeichnet die zurückgelegte Strecke auf ein Blatt Papier. Danach stellt man sich vor, dass das Flugzeug in der Luft stillsteht und ebensolange mit dem Wind vertrieben wird. Die zugehörige Strecke zeichnet man ans Ende der ersten und gelangt zum gleichen Punkt wie in der Wirklichkeit, wenn beide Bewegungen gleichzeitig stattfinden. Sein Abstand und seine Richtung vom Ausgangspunkt sind dann leicht zu messen und geben Geschwindigkeit und Kurs mit Windversatz an. Nehmen wir an, wir hätten durch eine solche Zeichnung festgestellt, dass der Wind unseren Kurs um 15° nach links versetzt, das sind minus 15° im Zählsinn der Kompassrose (Abdriftwinkel, engl. Drift Angle DA<sup>16</sup>). Zur Kurskorrektur gibt es eine einfache Merkregel: Wir rechnen "**zum richtigen Kurs mit**

---

<sup>14</sup> In Mitteleuropa ist die Missweisung zurzeit gering. In anderen Regionen, besonders in der Nähe der magnetischen Pole, kann sie aber auch sehr groß werden, im Extremfall bis zu 180°.

<sup>15</sup> Auf der Südhalbkugel ist die Inklination andersherum orientiert. Der Merkspruch sollte sich verallgemeinert lieber auf das Temperament der Frauen in den Tropen beziehen.

<sup>16</sup> Um 15° Abdrift nach links auszugleichen, können wir umgekehrt um 15° nach rechts vorhalten. In diesem Fall wäre also der Vorhaltewinkel plus 15°. Er heißt auch Luvwinkel.

**dem richtigen Vorzeichen, zum falschen Kurs mit dem falschen Vorzeichen".** Dabei ist der "richtige" Kurs der in der Karte<sup>17</sup>, der "falsche" ist der Kompass-Steuerkurs, den wir am Kompass ablesen. Die Bestimmung des "richtigen Kurses" läuft nach dem folgenden, immer gleichen Schema (alle Zahlenwerte sind Beispiele):

	Kompass-Steuerkurs	KSK	285°	
<b>plus</b>	Ablenkung	DEV	+7°	
ist gleich:	Missweisender Steuerkurs	mwSK	292°	
<b>plus</b>	Missweisung	VAR	+3°	(= 3° E)
ist gleich	Rechtweisender Steuerkurs	rwSK	295°	
<b>plus</b>	Abdriftwinkel	DA	-15°	(aus Zeichnung)
ist gleich	rechtweisender Kurs	rwK	<b>280°</b>	

Die Ablenkung wird für etwa 285° aus der für unser Flugzeug gültigen Ablenkungstafel entnommen. Der Reihenfolge der Korrekturen "zum richtigen Kurs hin" ist also: Ablenkung, Missweisung, Abdrift. Umgekehrt läuft die Rechnung, wenn der Pilot aus der Karte den rechtweisenden Kurs entnommen hat, den er zu seinem Ziel hin fliegen muss. Nun will er wissen, welchen "falschen" Kurs er auf dem Kompass steuern muss. Er hält sich an die Regel "**zum falschen Kurs mit dem falschen Vorzeichen (Minus)**":

	rechtweisender Kurs	rwK	280°	
<b>minus</b>	Abdriftwinkel	DA	-15°	
ist gleich	rechtweisender Steuerkurs	rwSK	295°	
<b>minus</b>	Missweisung	VAR	+3°	
ist gleich	Missweisender Steuerkurs	mwSK	292°	
<b>minus</b>	Ablenkung	DEV	+7°	
ist gleich	Kompass-Steuerkurs	KSK	<b>285°</b>	

## 10 Glossar

**Ablenkung:** Siehe Deviation.

**Achsen:** Alle drei Achsen des Flugzeugs gehen durch den Schwerpunkt.

Die Längsachse des Flugzeugs verläuft von der Rumpfschnauze bis zum Schwanz. Die Bewegung um die Längsachse heißt Rollen, wir steuern sie mit dem Querruder.

Die Querachse läuft von links nach rechts. Die Bewegung um die Querachse heißt Nicken, wir steuern sie mit dem Höhenruder.

Die Hochachse läuft von oben nach unten. Die Bewegung um die Hochachse heißt Gieren, wir steuern sie mit dem Seitenruder.

**AGL:** Above Ground Level, Höhe über dem Boden.

**Agone:** Siehe Isogone.

**AMSL:** Above Mean Sea Level, Höhe über dem Meeresspiegel.

---

<sup>17</sup> Er hat viele Namen und Abkürzungen: Rechtweisender Kurs rwK (engl. true course TC), Kurs über Grund KüG (engl. course over ground, COG), Kartenkurs KaK).

**Aneroiddose:** Luftleere Dose, die der veränderliche Außendruck mehr oder weniger stark zusammendrückt und dabei eine kleine Verschiebung für die Anzeige des Höhenmessers erzeugt.

**Anstellwinkel:** Unter diesem Winkel wird das Flügelprofil angeströmt. Je größer der Anstellwinkel, desto höher werden Auftrieb und Widerstand. Jede Betätigung des Höhenruders beeinflusst den Anstellwinkel.

**Äquator:** Teilt die Erdkugel in Nordhalbkugel und Südhalbkugel. Er ist der nullte Breitengrad.

**ATIS:** Automatic Terminal Information Service. Dies ist eine Bandansage, die von jedem Verkehrsflughafen auf einer festgelegten Frequenz gesendet wird und über das Wetter dort informiert. Ankommende Flugzeuge hören diese Ansage zuerst ab und die Fluglotsen brauchen diese Angaben nicht ständig zu wiederholen.

**Ausgleichsgefäß:** Ein Behälter, aus dem beim Steigen ein Ausgleichsluftstrom nach draußen und beim Sinken wieder hinein fließt. Die Stärke des Luftstroms zeigt ein Variometer als Maß für Steig- und Sinkgeschwindigkeit an. Es gibt Variometer mit externen und mit eingebauten Ausgleichsgefäßen.

**Barometrische Höhenstufe:** Höhenunterschied, bei dem der Luftdruck um 1 hPa abnimmt. In Meereshöhe etwa 8 m. In 5500 m ist die Luftdichte nur noch halb so groß, die barometrische Höhenstufe wird dadurch doppelt so groß.

**Breitengrad:** Verläuft parallel zum Äquator. Amberg liegt zwischen dem 49. und 50. nördlichen Breitengrad. Die Breitengrade sind „Kleinkreise“.

**Bordbuch:** Gehört zu einem Flugzeug-Exemplar. Darin werden die Flugbewegungen aufgezeichnet. Meist werden beim Bordbuch auch die Papiere aufbewahrt.

**Deklination:** Siehe Variation.

**Deviation** oder Ablenkung ist der Störeinfluss, den das Flugzeug mit seinen metallischen Bauteilen auf den Magnetkompass ausübt. Er hängt vom Winkel ab, den das Flugzeug gerade zur magnetischen Nordrichtung einnimmt. Er ist meist in Abständen von 30 Grad in der Deviationstafel angegeben. Praktischer ist allerdings die Steuertafel: Statt dem Piloten die Information zu geben, bei 30 Grad ist die Ablenkung 7 Grad, sagt sie aus: Für 30 Grad steuere 23 Grad.

**Druckhöhe:** Diese Höhe zeigt ein Höhenmesser an, wenn man den Bezugsdruck auf der Nebenskala auf 1013,25 hPa stellt. Oberhalb der Übergangshöhe bei 5000 ft zu verwenden. Angaben erfolgen dann als Flugflächen (Flight Level), z. B. FL 065 = 6500 ft.

**Einstellwinkel:** Winkel zwischen der Profilversehne des Höhenleitwerks und der des Flügels. Er wird beim Bau des Flugzeugs festgelegt und kann im Betrieb nicht mehr geändert werden.

**Ekliptik:** Die Ebene, auf der die Erde um die Sonne läuft.

**Flug- und Betriebshandbuch:** Gibt Anweisungen zum Betrieb eines Flugzeugs. Die darin enthaltenen Angaben zum Flugverhalten wurden in der Flugerprobung des Baumusters getestet und von der Zulassungsstelle freigegeben, der Pilot kann sich darauf verlassen. Auch viele wertvolle Hinweise der Hersteller findet man in den Flug- und Betriebshandbüchern.

**Flugbuch:** Ein Flugbuch führt jeder Flugschüler und Pilot und trägt alle seine Flüge ein. Anhand der Eintragungen kann er nachweisen, dass er die Bedingungen für den Lizenzerhalt erfüllt. In der nichtgewerblichen Luftfahrt muss die Aufzeichnung in Papierform erfolgen.

**Flughöhe:** Das ist die Höhe über dem Flugplatz, die wir nur im Platzbereich mit QFE-Einstellung verwenden.

**Flugüberwachungsinstrumente:** Die Instrumente, die den Flugzustand anzeigen (Fahrtmesser, Höhenmesser, Variometer, künstlicher Horizont, Wendezeiger), aber nicht z. B. Funk, Kompass, GPS und die Instrumente zur Überwachung des Motors.

**Funkgerät:** In Amberg kommen Funkgeräte des Typs KRT2 zum Einsatz. Hier eine Kurzanleitung:

**Grundprinzip:** Im Display steht eine Frequenz oben und eine unten. Die obere ist aktiv, darauf hören und senden wir gerade. Die untere kann man ändern und dann auf die Taste mit Doppelpfeil hoch-runter drücken, dann werden die beiden Frequenzen vertauscht (Tauschtaste).

**Frequenz ändern:** 1 Druck auf den Drehknopf. Drehen verstellt zuerst die Megahertz der unteren Frequenz, nach weiterem Druck folgen die Nachkommastellen. Abschließend Tauschtaste.

**Lautstärke und Rauschsperr (Squelch):** Der Drehknopf verstellt im Normalbetrieb die Lautstärke, nach einem Druck auf AUD den Squelch.

**Gespeicherte Frequenzen aufrufen:** Der MEMory-Knopf schaltet in eine Liste mit vordefinierten Frequenzen, numeriert von 0 bis 99, durch die man sich mit dem Drehknopf schalten kann. Frequenz wieder mit Doppelpfeiltaste übernehmen.

**Dual-Watch:** Der Knopf Dual aktiviert ein zusätzliches Horchen auf Funkverkehr auf der unteren Frequenz.

**Fuß (ft):** Längenmaß für Höhenangaben in der gesamten Luftfahrt (Ausnahmen sind die Länder des ehemaligen Ostblocks und in Deutschland der Segelflug). 1 ft = 12 inch, 1 inch = 25,4 mm, 1 ft ist daher 304,8 mm, 1000 ft sind 304,8 m.

Faustregeln zur Umrechnung: 1000 ft sind 300 m, von m in ft rechnet man mal drei, dann plus 10 %.

**Geozentrum:** Der Erdmittelpunkt.

**Gesamtdruck:** Summe aus statischem Druck und Staudruck. Er wird über das Staurohr oder Pitot-Rohr abgegriffen und dem Fahrtmesser zugeführt.

**Höchstgeschwindigkeit:**  $V_{NE}$ , ist am Fahrtmesser mit einem roten Strich markiert und darf nie überschritten werden.

**Hysterese:** Schwaches Nachhinken eines Instruments, vor allem des Höhenmessers im Sinkflug.

**ICAO:** Internationale Zivilluftfahrtorganisation.

**ICAO-Alphabet, auch internationales Buchstabieralphabet:** Alpha, Bravo, Charlie, Delta, Echo, Foxtrot, Golf, Hotel, India, Juliet, Kilo, Lima, Mike, November, Oskar, Papa, Quebec, Romeo, Sierra, Tango, Uniform, Victor, Whisky, X-Ray, Yankee, Zulu. Außerdem: Komma oder Dezimalpunkt = decimal, Schrägstrich = diagonal.

**ICAO-Standardatmosphäre:** Grundlage für die Eichung der Luftfahrthöhenmesser. Völlig trocken, in MSL 1013,25 hPa, Dichte  $1,225 \text{ kg/m}^3$  und  $15^\circ\text{C}$ , Temperaturgradient  $-0,65^\circ\text{C}/100 \text{ m}$ .

**Inklination:** Neigung der magnetischen Feldlinien. Statt horizontal verlaufen sie in Deutschland unter einem Winkel von ca. 60 Grad nach Norden geneigt in den Erdboden hinein.

**Isogone:** In der Karte eine Linie gleicher Missweisung. Eine spezielle Isogone ist die Agone: Auf ihr ist die Missweisung Null.

**Kleinkreis:** Jeder Kreis auf der Erdoberfläche, der kein Großkreis ist, heißt Kleinkreis, z. B. die Breitengrade.

**Knüppelthermik** ist gar keine Thermik. Der Pilot zieht am Steuerknüppel und das Flugzeug steigt erst einmal, aber dabei wird nur Fahrt in Höhe umgesetzt.

**Knoten:** 1 kn ist eine nautische Meile pro Stunde. Eine nautische Meile entspricht 1,852 km. Einfach ist die Umrechnung in m/s: 2 kn sind ziemlich genau 1 m/s. In der Luftfahrt werden Windgeschwindigkeiten und Geschwindigkeitsbegrenzungen in kn angegeben.

**KRT2:** Siehe Funkgerät.

**Koppelnavigation:** Geht von einer bekannten Ortsbestimmung aus und berechnet die aktuelle Position aus den seitdem zurückgelegten Entfernungen und Kursen.

**Ladedruck:** Mit diesem Druck wird das Arbeitsgas einem Verbrennungsmotor zugeführt.

**Lambertsche Schnittkegelprojektion:** Für die Luftfahrtkarten übliche Projektionsweise, die geringe Verzerrungen besitzt und für unsere Zwecke ausreichend längentreu, winkeltreu und flächentreu ist.

**Loxodrome** oder Kursgleiche: In der Karte eine Linie, die man bei gleichbleibendem Steuerkurs durchläuft.

**Luvwinkel:** Ist entgegengesetzt zum Abdriftwinkel und gleich groß. Um den Luvwinkel muss ein Flugzeug vorhalten, um Windabdrift zu vermeiden.

**Manövergeschwindigkeit:** Bis zu dieser Geschwindigkeit darf auch bei turbulenter Luft geflogen und dürfen volle Ruderausschläge gegeben werden.

**Mercatorkarte:** Nach dem Kartografen Gerhard Krämer (latinisiert Mercator) benannte Zylinderprojektion. Die Loxodrome oder Kursgleiche ist darin eine Gerade und die Karte ist winkeltreu. Für die Luftfahrt wird sie meist als nicht ausreichend längentreu angesehen.

**Meridian** ist ein anderer Name für Längengrad. Lat. meridies ist der Mittag, Meridian also eine Linie aller Punkte, auf denen es gleichzeitig Mittag wird.

**MEZ, MESZ:** Mitteleuropäische Zeit. Sie ist gegenüber der UTC um eine Stunde voraus, die mitteleuropäische Sommerzeit MESZ sogar um zwei Stunden.

**Missweisung:** Siehe Variation.

**MSL:** Mean Sea Level. Höhen über MSL, d. h. mit dem QNH als Bezugsdruck, verwenden wir im Streckenflug.

**Nautische Meile** oder Seemeile: 1,852 km. Auf einem Großkreis entspricht eine Bogenminute gerade einer Seemeile. Faustformel zur Umrechnung von km in Seemeilen:  $\text{km}/2$ , dann plus 10 %.

**Ohrtrompete** oder Tuba: Verbindet den Rachenraum mit dem Mittelohr und sorgt für Druckausgleich. Wenn sie durch erkältungsbedingte Schwellung geschlossen ist, kann der Druckausgleich nicht stattfinden, was besonders im Sinkflug zu starken Schmerzen und sogar zum Platzen des Trommelfells führen kann.

**Orthodrome:** Kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten auf der Erdkugel. Die Orthodrome ist ein Kreisbogen mit Zentrum im Erdmittelpunkt und heißt auch Großkreis.

**Pitot-Rohr** oder Staurohr: Eine Sonde mit einer Öffnung nach vorn, die für den Fahrtmesser den Gesamtdruck misst (Summe aus statischem Druck und Staudruck). Meist am Seitenleitwerk oder an der Rumpfspitze angebracht.

**Pneumatischer Wendezeiger:** Der Wendezeiger ist ein Kreiselinstrument. Der Kreisel möchte seine Drehachse beibehalten. Wenn das Flugzeug eine Kurve fliegt, baut er eine Gegenkraft auf, die eine Fesselungsfeder um ein kleines Stück auslenkt. Die Auslenkung wird als Zeigerausschlag dargestellt, der ein Maß für die Drehrate darstellt. Der Antrieb eines pneumatischen Kreiselinstruments erfolgt unabhängig von der elektrischen Anlage des Flugzeugs: Eine Saugdüse am Rumpf erzeugt einen Unterdruck und ist mit dem Instrumentengehäuse verbunden. Durch eine Düse strömt Luft aus dem Cockpit ins Instrument und wird auf ein Turbinenrad gelenkt, das auf dem Kreisel sitzt. Es ist bei viel Übung möglich, die Fluglage im Blindflug mit dem Wendezeiger als einzigem Kreiselinstrument stabil zu halten. Ein künstlicher Horizont ist ein wenig teurer und macht es leichter.

**Q-Gruppen:** 1909 in England eingeführte Abkürzungen für den Telegrafieverkehr. Einige werden in der Fliegerei noch verwendet. Merken muss man sich QNH und QFE.

**QFE:** Höhenmessereinstellung im Platzbereich, vor dem Flug auf der Nebenskala des Höhenmessers abzulesen, wenn man ihn auf Null stellt. Merkhilfe: Damit bezieht sich das Instrument auf die "Field Elevation", die Geländehöhe des Flugplatzes.

**QNH:** Höhenmessereinstellung beim Streckenflug, vor dem Flug auf der Nebenskala des Höhenmessers abzulesen, wenn man ihn auf Platzhöhe stellt. Eselsbrücke: Ergibt die Höhe über dem Meeresspiegel, gewissermaßen die "Nautische Höhe".

QFF: Das QNH ist der auf Meereshöhe umgerechnete Druck gemäß der ICAO-Standardatmosphäre, das QFF beruht auf einer genaueren Umrechnung und wird von den Meteorologen verwendet.

Für Segelflieger meist nicht relevant sind die Q-Gruppen zur Funkpeilung:

QDR: Missweisende Peilung von der Station weg zum angepeilten Flugzeug.

QDM: Missweisender Kurs zur Peilstation (Gegenkurs zu QDR).

QTE: Rechtweisende Richtung von der Peilstation weg.

**Schieberollmoment:** Heißt auch Seitenruder-Sekundäreffekt und tritt bei Betätigung des Seitenruders auf. Der nach vorn beschleunigte Flügel wird für einen Augenblick schneller und liefert mehr Auftrieb. Bei gleichmäßigem Schiebeflug kann ein Flügel im Windschatten der Rumpfnase liegen und liefert weniger Auftrieb. Bei Seitenruder links ergibt sich dadurch auch ein leichtes Rollen nach links. Dagegen wirkt allerdings, dass die Kraft des Seitenruders meist oberhalb der Rumpfröhre angreift.

**Staurohr:** Siehe Pitot-Rohr.

**Statischer Druck:** Druck auf der Höhe, in der ein Flugzeug gerade fliegt. Wird für Höhen- und Fahrtmesser benötigt und über das statische Druckabnahmesystem meist an mehreren Punkten des Flugzeugrumpfes abgegriffen.

**Staudruck:** Druckerhöhung an der Vorderseite eines bewegten Körpers. Er ergibt sich aus der spezifischen Geschwindigkeitsenergie der anströmenden Luft ( $\rho \cdot \frac{v^2}{2}$ ). Der Staudruck kann nie direkt gemessen werden, sondern nur zusammen mit dem statischen Druck.

**Stabilität:** Stabil ist das Flugverhalten eines Flugzeugs, wenn es nach einer Störung durch Ruderausschlag oder Luftbewegungen von selbst wieder in eine ausgeglichene Normalfluglage zurückkehrt. Das Gegenteil heißt labil: Eine kleine Störung verstärkt sich immer mehr. An der Grenze zwischen stabilem und labilem spricht man von indifferentem Verhalten. In der Wetterkunde ist eine Luftmasse stabil, wenn ein leicht nach oben verschobenes Luftpaket nicht weiter aufsteigen kann. Das ist der Fall, wenn die Temperatur nach oben zunimmt bzw. nicht so stark abnimmt wie normal. In einer stabilen Luftmasse kann sich keine Thermik entwickeln.

**Stratosphäre:** Atmosphärenschicht oberhalb ca. 11 km, sie ist sehr trocken. In ihrem unteren Teil fliegen Verkehrsflugzeuge, weil der Luftwiderstand dort gering ist und man auf das Wetter kaum Rücksicht zu nehmen braucht. Die Temperatur ist dort erst konstant zwischen -50 und -60 °C und nimmt ab 25 km Höhe bis zur Stratopause wieder zu.

**Stratopause:** Obere Grenze der Stratosphäre in ca. 50 km Höhe, Übergang zur Mesosphäre.

**Transponder:** Sendet innerhalb von wenigen Nanosekunden eine Antwort, wenn er von einem Radarsignal getroffen wird. Dadurch wird das Flugzeug auf dem Radarschirm der Flugsicherung garantiert sichtbar. Als Antwort kann man einen vierstelligen Zahlencode einstellen, den sogenannten Squawk (Transpondermodus A). Da es sich um einen Binärcode handelt, treten nur Ziffern von 0 bis 7 auf. Spezielle Squawks: 7000 heißt "ich bin ein VFR-Flug", 7500 Flugzeugentführung, 7600 Funkausfall, 7700 Notfall (Eselsbrücke: "Seven-five: man with knife, seven-six: hear nix, seven-seven: goto heaven"). Heute haben die meisten Transponder zwei weitere Modi, nämlich Mode C, in dem Squawk und Druckhöhe übertragen werden, und Mode S mit Druckhöhe und Kennung des Flugzeugs. In Amberg hat der Motorsegler einen Transponder, die übrigen Vereinsflugzeuge nicht.

**Troposphäre:** In diesem Höhenbereich vom Boden der Atmosphäre bis ca. 11 km Höhe spielt sich hauptsächlich das Wettergeschehen ab.

**Tropopause:** Obere Grenze der Troposphäre, Übergang zur Stratosphäre. Ca. 11 km hoch.

**Mesosphäre:** Atmosphärenschicht zwischen Stratosphäre und Thermosphäre, ca. zwischen 50 und 80 km Höhe.

**Thermikbeginn:** Er ist definiert als der Zeitpunkt, zu dem die Thermik für den Segelflug mit oder ohne Cumuluswolken nutzbar wird und bis ca. 600 m AGL reicht.

**Thermosphäre:** Heißt auch Ionosphäre, weil die Luftteilchen dort zum großen Teil ionisiert sind. Oberhalb von 80 km Höhe.

**UTC:** Universal Time Coordinated, koordinierte Weltzeit. Dies ist die mittlere Sonnenzeit am Nullmeridian von London-Greenwich. In ihr werden alle Aufzeichnungen in der Luftfahrt geführt. Siehe auch Zulu-Time.

**Variation** oder Deklination: Missweisung des Magnetkompasses. Zeigt die Kompassnadel gegenüber der geografischen Nordrichtung um fünf Grad nach rechts, so beträgt die Variation plus 5° oder 5° Ost.

**Vertigo** oder Drehschwindel: Der Gleichgewichtssinn und die Augen liefern Signale, an die das Gehirn nicht gewöhnt ist und die es als verwirrend und beunruhigend empfindet. Tritt besonders auf, wenn man im Kurvenflug den Kopf hin und her dreht. Abhilfe: Nach vorn auf den Horizont blicken.

**Wasserdampf** ist verantwortlich für den größten Teil des Wettergeschehens. Er ist etwas leichter als Luft.

**Zulu Time**: Die koordinierte Weltzeit UTC wird auf Wetterkarten mit dem Buchstaben Z abgekürzt (im internationalen Buchstabieralphabet Zulu).