

# Fluginstrumente und Bedienungsgorgane

## 3 Drittes Kapitel



In diesem Kapitel legen wir das Instrumentenbrett der Cessna Skylane 182S zugrunde, gehen aber auch auf alternative Darstellungen ein.

## 3.1 Magnetkompaß

In keinem noch so schwach instrumentierten Flugzeug fehlt er: der Magnetkompaß. Trotz mancher Fehler und Tücken ist er – gerade bei kleinen Sportflugzeugen – das wichtigste Navigationsinstrument.

In der Luftfahrt wird fast ausschließlich der *Flüssigkeitskompaß* verwendet. Er besteht aus dem Kompaßkessel, dem Magnetsystem, der Kompaßflüssigkeit (Alkohol oder Öl), Ausgleichsgefäßen und Kompensiereinrichtungen. Das Magnetsystem besteht häufig aus vier paarweise aufgehängten Stabmagneten. Die Kompaßrose dreht sich mit dem Magnetsystem. Sie ist mit kleinen Skalenstrichen für die 5°-Werte und mit größeren Strichen für die 10°-Werte versehen. Die 30°-Werte tragen eine Beschriftung, wobei die letzte Null jedoch weggelassen wird (z.B. 21 für 210°). Die vier Himmelsrichtungen sind mit den Buchstaben N, E, W und S bezeichnet. Die Kompaßrose dreht sich nur scheinbar, in Wirklichkeit dreht sich das Flugzeug um die Kompaßrose.

Die Ausgleichgefäße dienen zur Aufnahme der sich ausdehnenden Flüssigkeit, wenn diese sich erwärmt. Die Kompensiereinrichtungen bestehen aus kleinen Magneten, um die lokalen Magnetfelder im Flugzeug auszugleichen.

Leider ist die Kompaßanzeige mit zahlreichen Fehlerquellen behaftet, die wir kurz untersuchen wollen. Erste Fehlerquelle ist die *Ortsmißweisung (Variation)*, die daher rührt, daß geographischer und magnetischer Nordpol nicht identisch sind. In Deutschland ist diese Abweichung nur minimal, sie liegt zwischen 1° und 4° West. Im fünften Kapitel werden wir uns bei der Kursberechnung mit der Berücksichtigung der Ortsmißweisung noch genauer befassen.

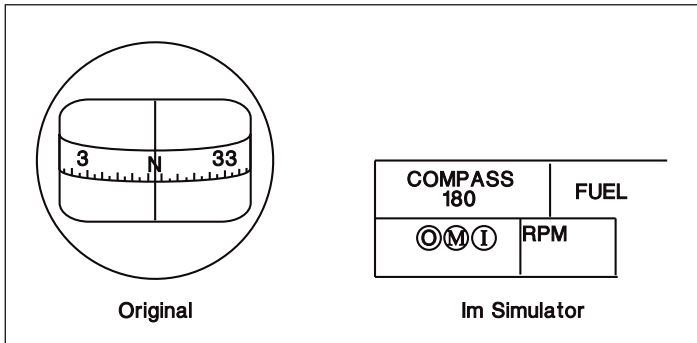


Abb. 3.1  
Magnetkompaß

Die zweite Fehlerquelle ist die *Inklination*. Sie ist definiert als der Winkel, den die magnetischen Feldlinien mit der Erdoberfläche bilden. In Mitteleuropa beträgt die Inklination ca.  $60^\circ$  bis  $70^\circ$ . Sie nimmt mit Annäherung an die Pole weiter zu, bis sie schließlich  $90^\circ$  beträgt, wodurch der Magnetkompaß unbrauchbar wird.

Die dritte Fehlerquelle ist der *Drehfehler* (oder die Neigungsablenkung). Er entsteht aufgrund der Inklination bei allen Schräglagen des Flugzeugs, also beim Steigen, Sinken und Kurvenfliegen. Dieser Fehler muß durch entsprechende Reaktionen des Piloten kompensiert werden. Jeder Pilot lernt während seiner Ausbildung den Spruch:

*Nach Süden überziehen, nach Norden vorher abdrehen!*

Damit ist gemeint, daß bei Kursänderungen in südlicher Richtung die Magnetnadel vorläuft und einen südlichen Kurs vortäuscht. Kurvt eine Maschine beispielsweise von  $090^\circ$  auf  $150^\circ$ , dann eilt die Nadel um ca.  $20^\circ$  voraus. Der Pilot muß daher laut Kompaßanzeige auf  $170^\circ$  einkurven. Wenn er dann in den Geradeausflug übergeht, stabilisiert sich die Anzeige bei  $150^\circ$ , und der gewünschte Kurs wird eingehalten. Bei nördlichen Kursänderungen ist es gerade umgekehrt.

Die vierte Fehlerquelle ist der *Beschleunigungsfehler*. Er tritt bei Geschwindigkeitsänderungen – also beim Beschleunigen oder Abbremsen – auf Ost- oder Westkursen auf. Abb. 3.2 zeigt, wie dieser Fehler zustande kommt. Der Stabmagnet, der fest mit der Kompaßrose verbunden ist, besitzt an seinem Nordende ein zusätzliches Gewicht, welches die Wirkung der Inklination ausgleicht und dafür sorgt, daß die Nadel waagrecht bleibt. Dadurch befindet sich aber der Schwerpunkt nicht mehr in der Drehachse, sondern etwas weiter unten. Wird nun das Flugzeug auf Ostkurs beschleunigt, dann bleibt die Nadel infolge der Massenträgheit am unteren Ende etwas zurück, was dazu führt, daß kleinere Kurswerte angezeigt werden, denn Nadel und Kompaßrose drehen sich rechts herum. Das gleiche gilt für eine Abbremsung auf Westkurs. Also kann man folgende Regeln aufstellen.

- Die Anzeige wird kleiner bei Beschleunigung auf Ostkurs und Abbremsung auf Westkurs.
- Die Anzeige wird größer bei Abbremsung auf Ostkurs und Beschleunigung auf Westkurs.
- Auf Nord- und Südkursen bleibt die Anzeige bei Geschwindigkeitsänderungen unverändert.

Alter Fliegerspruch: *Ein Kompaß hat mehr Fehler als ein Hund Flöhe!*

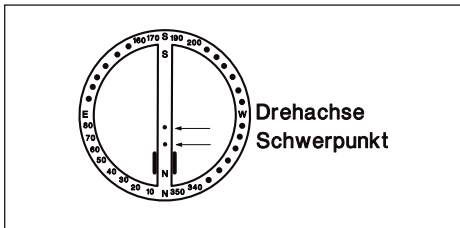


Abb. 3.2  
Entstehung des Beschleunigungsfehlers

## 3.2 Kurskreisel

Der Kurskreisel ist eine Ergänzung zum Magnetkompaß. Er dient dazu, eine einmal festgelegte Richtung für einen längeren Zeitraum zu fixieren. Er wird während eines beschleunigungsfreien Horizontalfluges gemäß der Anzeige des Magnetkompasses eingestellt und nach ca. 15 Minuten jeweils nachgestellt.

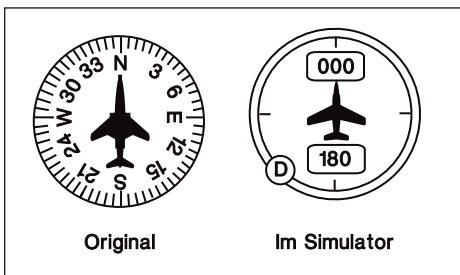


Abb. 3.3  
Der Kurskreisel

Der Kurskreisel besteht aus einem schnell rotierenden Kreisel, der vollkardanisch aufgehängt ist. Der Antrieb erfolgt elektrisch oder pneumatisch. Dadurch verfügt er über drei Freiheitsgrade, so daß er sich um alle drei Achsen frei bewegen kann (siehe Abb. 3.3).

Ein rotierender Kreisel behält die Richtung seiner Drehachse im dreidimensionalen Raum bei, solange keine Kraft auf die Drehachse einwirkt. Die Drehachse des Kurskreisels liegt parallel zur Erdoberfläche. Dadurch wird ein einmal eingestellter Kurs durch Fixierung der Drehachse eingefroren; bei einer Kursabweichung dreht sich das Flugzeug um die im Raum fixierte Kreiselachse.

Allerdings dreht sich auch die Erde unter dem Kreisel hinweg, und zwar in 24 Stunden um  $360^\circ$ . Daraus ergibt sich eine *scheinbare Wanderung* (Präzession) des Kurskreisels um  $15^\circ$  pro Stunde. Diese muß durch regelmäßiges Nachstellen (z.B. alle 15 Minuten) und Vergleich mit dem Magnetkompaß kompensiert werden. (Genau beträgt die Präzession  $15^\circ$  mal den Sinus der geographischen Breite.)

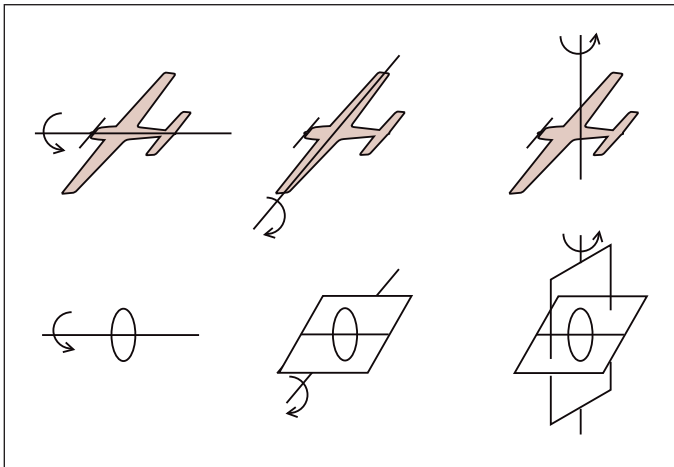


Abb. 3.4  
Die drei Freiheitsgrade  
des Kurskreisels

Neben der scheinbaren Präzession gibt es auch eine *tatsächliche Präzession*, die durch äußere Krafteinwirkungen wie starke Flieh- und Beschleunigungskräfte verursacht wird. Daher sollten extreme Fluglagen vermieden werden.

### 3.3 Künstlicher Horizont

Eines der wichtigsten Instrumente zur Durchführung von IFR-Flügen (Instrumentenflügen) ist der künstliche Horizont. Er gibt dem Piloten Informationen über die Fluglage, genauer gesagt über Bewegungen um die Längs- und Querachse. Abb. 3.5 zeigt in schematischer Form neun charakteristische Anzeigen für Linkskurven, Geradeausflug und Rechtskurven im Steig-, Horizontal- und Sinkflug.

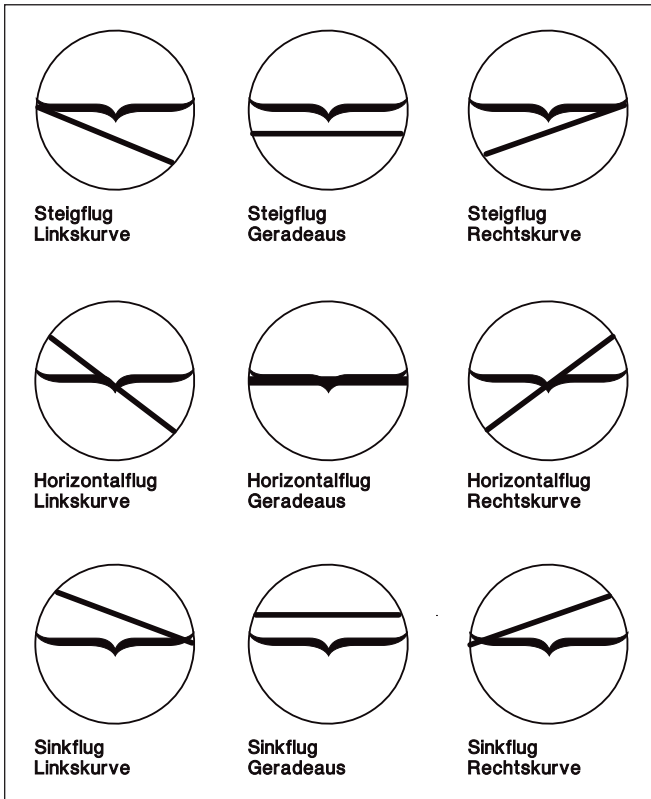


Abb. 3.5  
Charakteristische Anzeigen  
des künstlichen Horizonts

Der künstliche Horizont besteht wie der Kurskreisel aus einem vollkardanisch aufgehängten Kreisel, dessen Drehachse jedoch senkrecht zur Erdoberfläche steht. Der künstliche Horizont unterliegt zwei Fehlerarten: Beschleunigungs- und Kurvenfehler.

Der *Beschleunigungsfehler* führt dazu, daß sich beim Beschleunigen die Horizontlinie kurzzeitig absenkt, was einen scheinbaren Steigflug anzeigt. Umgekehrt wird sich beim Abbremsen die Horizontlinie anheben, was als Sinkflug fehlinterpretiert werden kann. Der *Kurvenfehler* wird durch die Zentrifugalkraft verursacht und kann zu Abweichungen von einigen Graden in der Anzeige führen.

### 3.4 Wendezeiger

Der Wendezeiger (engl. turn and bank indicator) zeigt Drehrichtung und Drehgeschwindigkeit des Flugzeugs um die Hochachse an. Je größer der Ausschlag des Zeigers ist, um so höher ist die Drehgeschwindigkeit.

Der Wendezeiger basiert auf einem Kreisel, der halbkardanisch aufgehängt ist und nur zwei Freiheitsgrade besitzt (siehe Abb. 3.6). Die Drehachse ist parallel zur Flugzeugquerachse gelagert; in Abb. 3.6 fliegt das Flugzeug nach links in Pfeilrichtung. Dreht sich das Flugzeug um die Hochachse, kippt die Drehachse aufgrund der Präzession. Diese Kippbewegung wird durch einen Zeiger angezeigt.

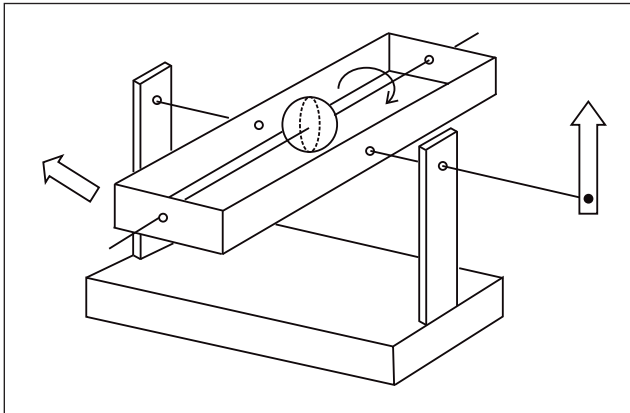


Abb. 3.6 Aufbau eines Wendezeigers

Der Wendezeiger ist häufig mit der *Libelle* kombiniert. Diese besteht aus einem gebogenen Glasröhrchen, in dem sich eine Stahlkugel hin und her bewegen kann. Die Kugel zeigt das Scheinlot an (das ist die Resultierende aus Schwerkraft und Zentrifugalkraft). Wenn sich die Kugel genau in der Mitte befindet, wird die Kurve mit der richtigen Schräglage geflogen; der Flug ist koordiniert. Andernfalls schiebt oder schmiert das Flugzeug. Abb. 3.7 zeigt Wendezeiger und Libelle im Original und im Simulator. Wenn sich im Simulator das Flugzeugsymbol so neigt, daß es genau auf L bzw. R steht, wird eine Zweiminutenkurve geflogen, d.h., innerhalb von zwei Minuten fliegt das Flugzeug einen Vollkreis.

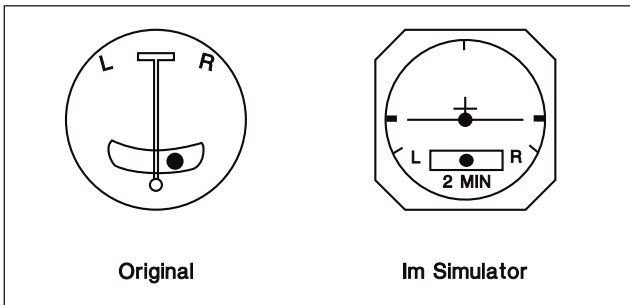


Abb. 3.7 Wendezeiger und Libelle

In Abb. 3.8 sind neun charakteristische Anzeigen von Wendezeiger und Libelle gezeigt. Nur bei den drei mittleren Anzeigen befindet sich das Flugzeug in einer richtigen Fluglage.

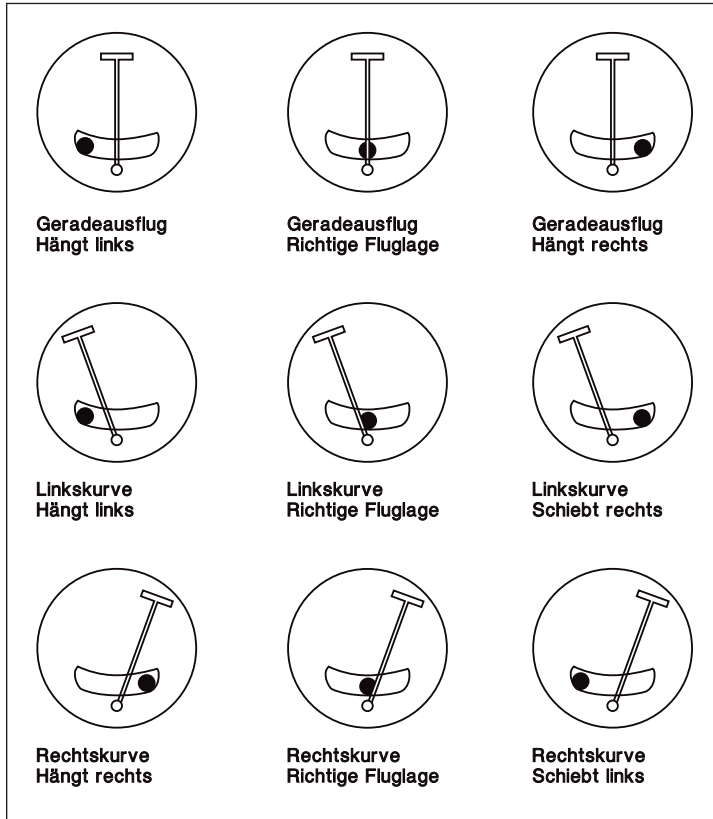


Abb. 3.8  
Charakteristische  
Anzeigen von  
Wendezeiger und  
Libelle

### 3.5 Höhenmesser

Der Höhenmesser zeigt die Höhe eines Flugzeugs relativ zu einer Bezugsebene in Fuß (engl. feet, Abkürzung ft) an. Für die Umrechnung in Meter gilt:

$$1 \text{ m} = 3,28 \text{ ft}$$

$$1 \text{ ft} = 0,30 \text{ m}$$

Häufig möchte man eine Fußangabe in Meter umrechnen, weil man gewohnt ist, in Metern bzw. Kilometern zu denken. Man multipliziert dann einfach die Fußangabe mit 3 und streicht eine Stelle weg.

Beispiel:

Der Höhenmesser zeigt 2500 ft. Das sind  $2500 \cdot 3 = 750$  m.

Der Höhenmesser funktioniert wie ein Barometer (Luftdruckmeßgerät). Eine luftleere Metalldose (Aneroiddose) reagiert auf Änderungen des Außendrucks, indem sie sich ausdehnt oder zusammenzieht. Diese Bewegung der Dosenmembran wird auf einen Zeiger übertragen, der sich über eine in Fuß geeichte Skala bewegt.

### Standardatmosphäre

Bekanntlich nimmt der Luftdruck mit der Höhe ab. Also kann ein Luftdruckmesser, wenn er entsprechend geeicht ist, als Höhenmesser verwendet werden. Da aber Luftdruck und Temperatur schwanken, hat man eine sog. Standardatmosphäre definiert.

In der *ICAO-Standardatmosphäre* gelten folgende Bedingungen:

Druck auf Meereshöhe (engl. MSL = mean sea level) = 1013,25 hPa

Temperatur auf Meereshöhe = 15°C

Relative Luftfeuchtigkeit = 0%

Dichte in Meereshöhe = 1,225 kg/m<sup>3</sup>

Temperaturabnahme = 0,65°C/100 m oder 2°C/1000 ft

Temperatur ab 11000 m = -56,5°C

Der Luftdruck kann in verschiedenen Einheiten gemessen werden. Früher wurde das Millibar (mb) verwendet, heute das *Hectopascal (hPa)*. Ferner wird im angelsächsischen Sprachraum das Inch benutzt. Es gilt:

Der Normaldruck von 760 mm Quecksilbersäule entspricht: 1013,25 mb = 1013,25 hPa = 29,92 Inch

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über den Zusammenhang zwischen Höhen und Druckwerten in der Standardatmosphäre.

Höhe (m)	Druck (hPa)
100	1001,29
500	954,59
1000	898,70
2000	794,88
3000	700,99
4000	616,28

Tabelle 3.1: Druckänderungen mit der Höhe



Beachten Sie bitte, daß sich die Höhenwerte auf die Meeresoberfläche (MSL) beziehen und nur dann gültig sind, wenn der Luftdruck in MSL genau dem Standardwert 1013,25 hPa entspricht. Dies wird nur in den seltensten Fällen zutreffen. Daher muß man den Höhenmesser so konstruieren, daß er an den momentan herrschenden Luftdruck angepaßt werden kann.

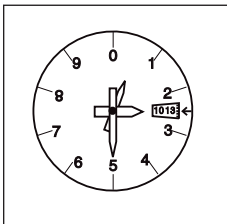
Zu diesem Zweck versieht man ihn mit einer Nebenskala; sie ist in Abb. 3.9 in dem Fenster rechts zu sehen. Mit einem Einstellknopf kann man auf der Nebenskala jeden gewünschten Druckwert als Bezugswert einstellen. Der Höhenmesser besitzt drei Zeiger und eine dem Zifferblatt einer Uhr ähnliche Skala mit zehn großen Teilstrichen, die von 0 bis 9 durchnummeriert sind. Die Anzeige in Abb. 3.9 ist folgendermaßen zu interpretieren:

Längster Zeiger auf 5 = 500 ft

Mittlerer Zeiger auf 2 = 2000 ft

Kürzester Zeiger auf 0 = Nächster Teilstrich 1 wäre 10000 ft

Für die Sportfliegerei sind nur die beiden längeren Zeiger von Bedeutung, da man im allgemeinen nicht über 10 000 ft fliegt. Der Höhenmesser in Abb. 3.9 zeigt also 2500 ft an. Auf der Nebenskala ist der Standardwert 1013 eingestellt.



**Abb. 3.9**  
Anzeige des Höhenmessers

Kehren wir zum Problem der Luftdruckschwankungen zurück. Wäre der Luftdruck in Meereshöhe konstant 1013 hPa, dann würde der barometrische Höhenmesser – von Temperaturschwankungen einmal abgesehen – stets die richtige Höhe über MSL anzeigen. Ist der Luftdruck niedriger (siehe Abb. 3.10, mittlere Säule), dann zeigt der Höhenmesser ohne Korrekturmaßnahme einen zu hohen Wert an.

Beispielsweise herrscht in MSL der Luftdruck 977 hPa; dieser Wert entspricht aber in der Standardatmosphäre einer Höhe von 1000 ft. Der Höhenmesser zeigt also 1000 ft an, das Flugzeug fliegt jedoch in 0 ft – eine äußerst gefährliche Situation!

Alter Fliegerspruch: *Vom Hoch ins Tief gehts schief!*

Umgekehrt zeigt der Höhenmesser bei einem höheren Luftdruck (siehe Abb. 3.10, rechte Säule) einen zu niedrigen Wert an. Beispielsweise gehört zum Druckwert 977 hPa in der

Standardatmosphäre der Höhenwert 1000 ft, in Wirklichkeit fliegt das Flugzeug jedoch in 2000 ft.

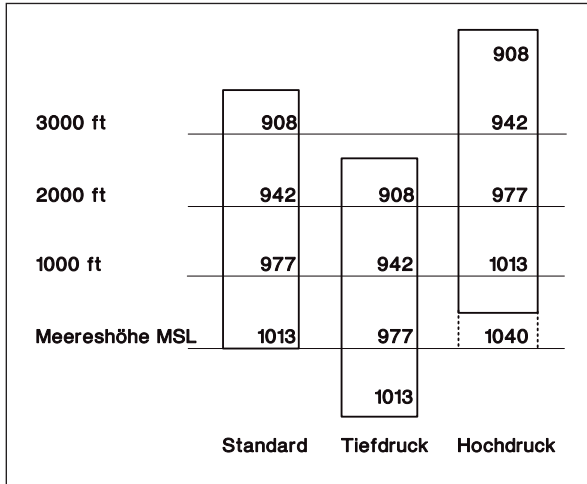


Abb. 3.10  
Zusammenhang zwischen  
Luftdruckschwankungen und  
Höhenanzeigen

## QNH

Die Lösung des in Abb. 3.10 skizzierten Problems ist sehr einfach. Der Pilot muß nur den jeweils richtigen Druckwert als Bezugswert auf der Nebenskala einstellen. Diesen Wert nennt man das *QNH*.

Der QNH-Wert ist der Platzdruck, der unter der Annahme einer Standardtemperaturverteilung auf MSL reduziert wurde.

Da sich der Luftdruck ständig ändern kann, ist auch der QNH-Wert Schwankungen unterworfen. Daher wird dem Piloten über Funk bei Start und Landung der jeweils aktuelle QNH-Wert mitgeteilt. In unseren drei Beispielen in Abb. 3.10 würden dem Piloten die QNH-Werte 1013, 977 und 1040 übermittelt, die z.B. an drei verschiedenen Flugplätzen herrschen könnten. Er würde dann auf der Nebenskala das jeweils gültige QNH einstellen und so für eine korrekte Höhenanzeige sorgen.

Umgekehrt kann der Pilot auch den QNH-Wert selbst feststellen, indem er auf einem Flugplatz mit bekannter Höhe diese am Höhenmesser einstellt und auf der Nebenskala das QNH abliest. Beispielsweise ist der Platz 2000 ft hoch, und die Nebenskala zeigt beim Einstellen des Höhenmessers auf diesen Wert 998 an. Das QNH beträgt dann 998 hPa.

### **QFE**

Eine weitere wichtige Größe ist das *QFE*, das zur Anzeige der Höhe über Grund dient. Das *QFE* ist wie folgt definiert:

Der *QFE*-Wert ist der nicht auf MSL reduzierte Platzdruck, wobei eine Standardtemperaturverteilung angenommen wird.

Der *QFE*-Wert ist also der *auf Platzniveau reduzierte Luftdruck*. Der Pilot stellt am Boden den Höhenmesser auf Null. Auf der Nebenskala wird das *QFE* angezeigt, also der momentan am Flugplatz herrschende Druck. Beispielsweise wird 942 hPa angezeigt (siehe Abb. 3.10), weil der Platz 1000 ft hoch liegt und in dieser Höhe zur Zeit der Luftdruck 942 hPa herrscht. Wenn das Flugzeug jetzt auf 2000 ft MSL steigt, zeigt der Höhenmesser 1000 ft über Grund an, denn seine Bezugsfläche ist ja die Platzhöhe. Man wählt diese Höhenmessereinstellung nur für Platzrundflüge, nicht jedoch für Überlandflüge, weil der Luftdruck an anderen Orten schwanken kann.

Fassen wir noch einmal zusammen: Es gibt drei wichtige Höhenmessereinstellungen:

1. Einstellung auf 1013 hPa (Standardatmosphäre)
2. Einstellung auf QNH (Höhe über MSL)
3. Einstellung auf *QFE* (Höhe über Grund (GND))

Der Pilot darf diese Einstellungen nicht nach Belieben wählen. Die *QFE*-Einstellung ist nur in Platznähe erlaubt. Für Überlandflüge gilt:

QNH: bis 5000 ft oder 2000 ft GND (höherer Wert ist maßgebend)

1013: über 5000 ft oder 2000 ft GND (höherer Wert ist maßgebend)

### **Flugflächen**

Beim Start ist der Höhenmesser also auf den momentanen QNH-Wert eingestellt. Diesen erhält der Pilot über Funk von der zuständigen Flugverkehrskontrollstelle bzw. bei kleinen Plätzen vom Turm. Sobald die Höhe von 5000 ft während des Flugs überschritten wird, muß der Höhenmesser auf 1013 umgestellt werden. Man spricht von *Flugflächen*, das sind Ebenen gleichen Luftdrucks. Die Flugflächen werden unter Weglassen zweier Nullen wie folgt bezeichnet:

Flugfläche 55 = 5500 ft

Flugfläche 60 = 6000 ft

Flugfläche 65 = 6500 ft

In der Bundesrepublik sind Sichtflüge nur bis zur Flugfläche 200 erlaubt, wobei der Höhenbereich von FL 100 bis FL 200 besonderen Beschränkungen unterliegt. Um die Gefahr von Kollisionen zu reduzieren, hat man Halbkreisflughöhen eingeführt. Flugzeuge, die nach Osten fliegen, müssen andere Flugflächen einhalten als solche mit Westkurs. Die Kurse sind mißweisende Kurse (MC).

Kurse 0° bis 179°: Flugflächen 55, 75, 95

Kurse 180° bis 359°: Flugflächen 65, 85

Betrachten wir ein Beispiel. Ein Pilot will einen Überlandflug nach Osten durchführen. Vor dem Start stellt er den QNH-Wert 1023 ein. Nachdem er 5000 ft MSL überschritten hat, stellt er die Nebenskala auf 1013. Dadurch geht die Höhenmesseranzeige etwas zurück. Man kann den Rückgang berechnen, wenn man weiß, daß der Höhenunterschied 30 ft pro 1 hPa Druckunterschied beträgt (sog. barometrische Höhenstufe). Also wird die Anzeige um  $10 \cdot 30 = 300$  ft zurückgehen. Da der Pilot nach Osten fliegt, sucht er sich z.B. die Flugfläche 55 heraus und steigt bis auf 5000 ft.

Zwei Begriffe spielen in diesem Zusammenhang noch eine Rolle. Die Übergangsfläche (engl. transition level) ist diejenige Flugfläche, bei deren Unterschreiten von 1013 auf QNH umgestellt wird. Die Übergangshöhe (engl. transition altitude) ist diejenige Flughöhe, bei deren Überschreiten von QNH auf 1013 umgeschaltet wird.

### **Temperatureinflüsse**

Bei allen bisherigen Betrachtungen sind wir davon ausgegangen, daß die Temperaturverteilung der Standardatmosphäre entspricht. Ist dies nicht der Fall, dann stimmt die angezeigte Höhe nicht mit der wahren Höhe überein.

Betrachten wir das in Abb. 3.11 gezeigte Beispiel. Die linke Säule stellt die Standardatmosphäre dar. In der Mitte ist eine Kaltluftsäule gezeigt. Die kalte Luftmasse ist dichter und schwerer, also liegen die vier gezeigten Druckwerte enger beisammen. Beispielsweise wird der Druckwert 942 hPa in 1000 ft MSL erreicht, der Höhenmesser zeigt aber 2000 ft an, weil dies der Höhe in der Standardatmosphäre entspricht. Damit fliegt das Flugzeug niedriger als angezeigt – eine gefährliche Situation.

Alter Fliegerspruch: *Im Winter sind die Berge höher!*

3000 ft	908		942
2000 ft	942		
1000 ft	977	908 942	977
Meereshöhe MSL	1013	1013	1013
	Standard	Kaltluft	Warmluft

Abb. 3.11  
Zusammenhang zwischen  
Temperaturschwankungen  
und Höhenanzeigen

In der Warmluftssäule, die rechts angezeigt ist, sind die Verhältnisse gerade umgekehrt. Die warme Luftmasse ist dünner und leichter, die vier Druckwerte liegen weiter auseinander. Beispielsweise wird der Wert 942 hPa in 3000 ft erreicht, der Höhenmesser zeigt aber 2000 ft an. Also fliegt das Flugzeug in Warmluft höher als angezeigt. Merken Sie sich folgende Regeln:

Kalte Luft: Flugzeug fliegt niedriger, Anzeige ist zu hoch.

Warme Luft: Flugzeug fliegt höher, Anzeige ist zu niedrig.

### Druckhöhe und Dichtehöhe

Zwei Begriffe spielen in diesem Zusammenhang eine Rolle: die Druckhöhe und die Dichtehöhe. Die *Druckhöhe* wird angezeigt, wenn die Nebenskala auf 1013 eingestellt ist. Die *Dichtehöhe* ist die um einen bestimmten Betrag korrigierte Druckhöhe unter Berücksichtigung der Temperaturabweichung. In der Standardatmosphäre sind Druckhöhe und Dichtehöhe identisch. Abb. 3.12 zeigt in grafischer Form den Zusammenhang zwischen Druck- und Dichtehöhe. Auf der von links oben nach rechts unten durchlaufenden Geraden liegen die Werte der Standardatmosphäre. Hier stimmen Druck- und Dichtehöhe überein. Beispielsweise herrscht in 2000 ft eine Temperatur von 11°C.

Druckhöhe ist die Höhe über einem bestimmten Druckniveau.

Dichtehöhe berücksichtigt zusätzlich die Temperatur.

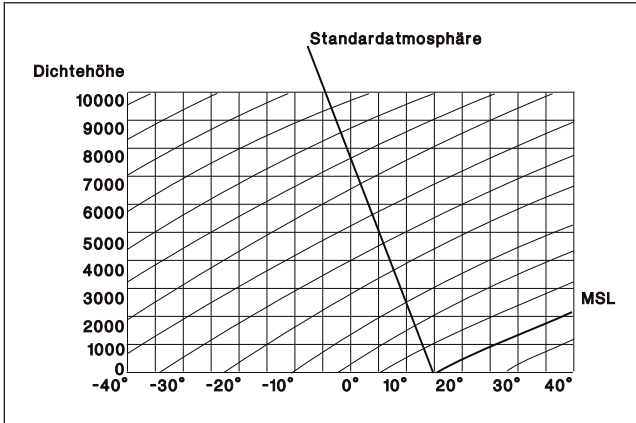


Abb. 3.12  
Diagramm für Druckhöhe  
und Dichtehöhe

Geht man nun auf der 2000 ft Druckhöhe-Linie nach rechts zu wärmeren Temperaturen, dann steigt der Wert für die Dichtehöhe. Bei 20°C liegt er z.B. bei 3000 ft. Das bedeutet, daß in der Warmluftssäule in 2000 ft die Luft die gleiche Dichte hat wie die in der Standardatmosphäre in 3000 ft. Merken Sie sich die Definition für die Dichtehöhe:

Die Dichtehöhe ist diejenige Höhe, die in der Standardatmosphäre die gleiche Luftdichte besitzt, wie sie in der momentanen Flughöhe herrscht.

Abb. 3.13 illustriert den Sachverhalt nochmals. Die linke Säule stellt die Standardatmosphäre dar, die rechte eine Warmluftssäule. Die warme Luft ist weniger dicht, weil sie sich ausgedehnt hat. In 2000 ft MSL beträgt die Luftdichte beispielsweise 0,9 kg/m<sup>3</sup>. Dieser Wert wird in der Standardatmosphäre erst in 3000 ft erreicht. Also beträgt die Dichtehöhe 3000 ft.

4000 ft	0,8 kg/m <sup>3</sup>	0,7 kg/m <sup>3</sup>
3000 ft	0,9 kg/m <sup>3</sup>	0,8 kg/m <sup>3</sup>
2000 ft	1,0 kg/m <sup>3</sup>	0,9 kg/m <sup>3</sup>
1000 ft	1,1 kg/m <sup>3</sup>	1,0 kg/m <sup>3</sup>
Meereshöhe MSL	1,2 kg/m <sup>3</sup>	1,1 kg/m <sup>3</sup>
	Standard	Warmluft

Abb. 3.13  
Zusammenhang zwischen  
Dichteschwankungen und  
Höhen

Die Dichtehöhe ist eine wichtige Größe, weil sie die Auftriebserzeugung, die Motorleistung und die Fahrtmesseranzeige unmittelbar beeinflusst. Eine kältere und damit dichtere Luftmasse ist tragfähiger als eine wärmere, dünnere Luftmasse. Bei der Beschreibung der Leistungsdaten eines Flugzeugs spielt daher die Dichtehöhe eine entscheidende Rolle.

### 3.6 Variometer

Das Variometer dient dazu, die *Steig- oder Sinkgeschwindigkeit* des Flugzeugs anzuzeigen. Gewöhnlich erfolgt die Anzeige in Fuß pro Minute. Abb. 3.14 zeigt die Skala des Variometers. An die Zahlen sind jeweils zwei Nullen anzuhängen; beispielsweise bedeutet die Zahl 5 im oberen Teil der Skala, daß das Flugzeug mit 500 ft/min steigt.

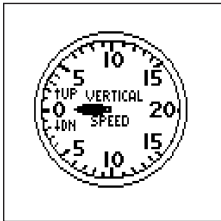


Abb. 3.14  
Variometer

In Abb. 3.15 ist der prinzipielle Aufbau eines Variometers gezeigt. Es wird die Druckdifferenz zwischen Membrandose und Variometergehäuse gemessen. Wenn sich das Flugzeug im Geradeausflug befindet, sinkt der Druck in der Membrandose sofort, weil diese unmittelbar mit dem äußeren statischen Druck in Verbindung steht.

Das Variometergehäuse hingegen ist durch eine feine Kapillarröhre an den äußeren Druck angeschlossen. Dadurch kann sich dieser nur mit einer zeitlichen Verzögerung auswirken. Im Steigflug herrscht also im Variometergehäuse ein höherer Druck als in der Membrandose. Die Dose wird zusammengedrückt, der Zeiger wird über ein Gestänge nach oben gezogen.

Beim Sinkflug sind die Verhältnisse gerade umgekehrt. Das Flugzeug gerät in eine Luftmasse mit höherem Druck. Die Membrandose füllt sich sofort mit dieser Luftmasse, während im Gehäuse noch der »alte«, niedrigere Druck herrscht. Folglich dehnt sich die Dose aus, der Zeiger wird nach unten gedrückt.

Für die Praxis ist die Tatsache wichtig, daß die Variometeranzeige konstruktionsbedingt immer einige Sekunden nachhinkt. Wenn der Pilot beispielsweise einen Steigflug beendet hat, zeigt das Variometer noch kurzzeitig ein weiteres Steigen an, bis sich der Zeiger bei Null einpendelt. Daraus ergibt sich, daß der Pilot Anfang und Ende von Steig- und Sinkflügen nicht nach deren Variometer, sondern nach dem künstlichen Horizont steuert.



Abb. 3.15  
Konstruktionsprinzip des  
Variometers

### 3.7 Fahrtmesser

Der Fahrtmesser zeigt die *Geschwindigkeit* des Flugzeugs *relativ zur umgebenden Luft* (nicht über Grund!) an. Nur bei Windstille entspricht die Fahrtmesseranzeige – abgesehen von den weiter unten behandelten Anzeigefehlern – der Geschwindigkeit über Grund. Sie wird üblicherweise in Knoten (kt) angezeigt, das sind nautische Meilen pro Stunden. Eine nautische Meile (NM) entspricht 1,852 km. Eine Anzeige von 100 kt entspricht also einer Geschwindigkeit von 185,2 km/h.

Bei Gegenwind ist die Fahrtmesseranzeige größer als die Geschwindigkeit über Grund. Zeigt der Fahrtmesser z.B. 100 kt an, und herrscht ein Gegenwind von 30 kt, dann beträgt die Geschwindigkeit über Grund nur noch 70 kt.

Umgekehrt ist bei Rückenwind die Fahrtmesseranzeige kleiner als die Geschwindigkeit über Grund. Zeigt der Fahrtmesser z.B. 120 kt an, und herrscht ein Rückenwind von 20 kt, dann beträgt die Geschwindigkeit über Grund 140 kt.



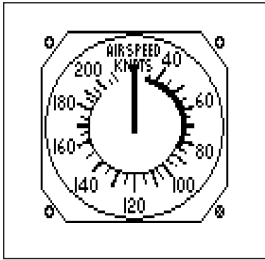


Abb. 3.16  
Fahrtmesser

Der Fahrtmesser ist im Prinzip ein Druckmeßgerät; er mißt den *Differenzdruck* zwischen Gesamtdruck und statischem Druck. In Abb. 3.17 ist das Konstruktionsprinzip dargestellt. In der Staurohrspritze ergibt sich ein Gesamtdruck als Summe aus statischem Druck und Staudruck. Dieser wird in die Membrandose geleitet. Im Gehäuse wirkt der statische Druck. Je höher die Geschwindigkeit ist, um so höher ist auch der Staudruck und um so stärker wird die Membrandose auseinander gedrückt. Über ein Gestänge zeigt der Zeiger größere Werte an.

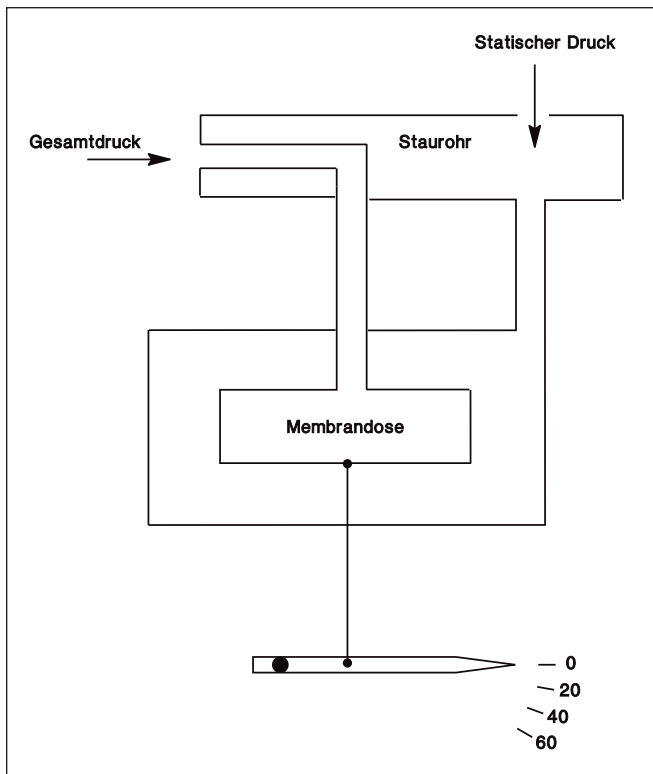


Abb. 3.17  
Konstruktionsprinzip  
des Fahrtmessers

Die Fahrtmesseranzeige unterliegt einigen Fehlerquellen. Man unterscheidet *Systemfehler*, die durch Einbau und Mechanik bedingt sind, und *Methodenfehler*, die sich auf Mängel in der Meßmethode zurückführen lassen. Begrifflich werden drei verschiedene Flugeschwindigkeiten voneinander abgegrenzt:

1. Die *angezeigte Eigengeschwindigkeit* (engl. IAS = indicated airspeed)

Die Systemfehler sind unberücksichtigt. Die IAS entspricht nur dann der tatsächlichen Eigengeschwindigkeit, wenn das Flugzeug in Meereshöhe bei Standardbedingungen fliegt.

2. Die *berichtigte Eigengeschwindigkeit* (engl. CAS = calibrated airspeed)

Hier sind die Systemfehler berücksichtigt. Die Unterschiede zwischen IAS und CAS lassen sich aus einer Tabelle des Flughandbuchs entnehmen.

3. Die *wahre Eigengeschwindigkeit* (engl. TAS = true airspeed)

Die TAS ist die tatsächliche Geschwindigkeit relativ zur umgebenden Luft. Der Fahrtmesser ist auf Meereshöhe und Standardatmosphäre geeicht. Fliegt das Flugzeug höher, dann müssen pro 1000 ft ca. 2% zur IAS addiert werden. Zeigt beispielsweise der Fahrtmesser in 5000 ft 100 kt an, dann beträgt die TAS ungefähr 110 kt.

In der fliegerischen Praxis ist die Kontrolle der Staurohröffnung wichtig. Ist diese z.B. am Boden durch Insekten oder andere Fremdkörper blockiert, wird der Fahrtmesser später beim Flug Null anzeigen. Wird sie im Flug blockiert (etwa durch Vereisung), dann bleibt die Fahrtmesseranzeige zunächst stehen, ändert sich dann jedoch bei Höhenänderungen, was zu Fehlanzeigen führt.

Ähnliches gilt für die Blockierung der Statikrohröffnung. Wird diese am Boden blockiert, dann nimmt das Flugzeug den Luftdruck am Boden sozusagen im Gehäuse mit. Der Fahrtmesser zeigt später in der Höhe während des Flugs zuwenig an. Wird die Öffnung im Flug blockiert, wird die Anzeige durch Höhenänderungen verfälscht. Beim Steigen zeigt der Fahrtmesser zuwenig an, beim Sinken zuviel.

### **3.8 Drehzahlmesser**

Der Drehzahlmesser zeigt die Umdrehungen der Kurbelwelle pro Minute an (engl. RPM = revolutions per minute). Man unterscheidet zwischen Drehzahlmessungen, die nach dem Fliehkraftprinzip arbeiten, und solchen, die nach dem Wirbelstromprinzip funktionieren.

Abb. 3.18 zeigt das Konstruktionsprinzip eines Fliehkraft-Drehzahlmessers. Je nachdem, wie schnell sich die Welle dreht, werden sich die Schwingungen mehr oder weniger weit von der Drehachse entfernen. Über einen Zeiger wird diese Bewegung auf einer Skala angezeigt.

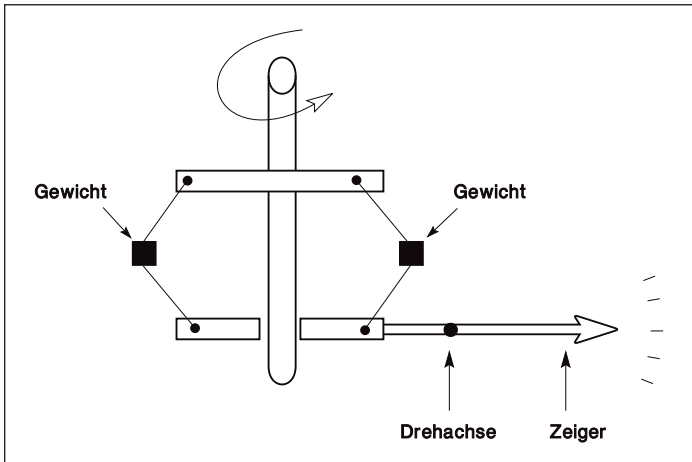


Abb. 3.18  
Konstruktionsprinzip  
des Fliehkraft-Drehzahl-  
messers

Beim Wirbelstrom-Drehzahlmesser dreht sich ein Dauermagnet in einem Metallzylinder. Dadurch entstehen Wirbelströme, die ein Drehmoment erzeugen, das auf einen Zeiger übertragen und zur Anzeige gebracht wird.

Die Anzeige des Drehzahlmessers ist ein Maß für die Motorleistung. Allerdings muß beachtet werden, daß mit zunehmender Flughöhe die Leistung sinkt, weil die Luft immer dünner wird.

Mit Hilfe des Drehzahlmessers werden vor dem Start zwei wichtige Funktionen überprüft: Zündung und Vergaservorwärmung. Der Pilot schaltet jeweils eines der beiden Magnetzündsysteme (siehe auch Abschnitt 3.13) ab und beobachtet dabei einen leichten Drehzahlabfall. Beim Ziehen der Vergaservorwärmung muß die Drehzahl ebenfalls leicht abfallen. Im vierten Kapitel finden Sie zu beiden Themen weitere Informationen.

Im Flugsimulator befindet sich der Drehzahlmesser rechts unten. Durch Betätigen der Drosselklappe (engl. throttle) wird die Drehzahl verändert: Mit den Tasten **F3** oder **9** wird sie erhöht, mit den Tasten **F2** oder **3** wird sie erniedrigt. Alternativ dazu können Sie den Hebel auch mit der Maus bedienen.

### 3.9 Öldruckmesser

Der Öldruckmesser ist ein wichtiges Überwachungsinstrument für die Betriebssicherheit des Motors. Sinkt der Öldruck, deutet das auf eine Unterbrechung im Ölkreislauf hin, die in kürzester Zeit zum Motorausfall führen kann.

Das Öldruckanzeiginstrument zeigt den Druck häufig in PSI an, das sind englische Pfund pro Quadratzoll (pounds per square inch). Die Skala ist meist durch Farbmarkierungen in drei Bereiche aufgeteilt:

Grün: Normaler Betriebsbereich

Gelb: Vorsichtsbereich

Rot: Gefahrenbereich (Betriebsgrenze)

Im Flugsimulator befindet sich das Anzeiginstrument für den Öldruck und die Öltemperatur links unten.

Die Druckmessung erfolgt häufig über ein Röhrenfeder-Manometer (Bourdonrohr). Ein flexibles, gebogenes Rohr wird mit einer Flüssigkeit gefüllt und reagiert auf deren Druck durch eine Streckung, die auf einen Zeiger übertragen wird. Aus Sicherheitsgründen wird nicht das Öl selbst in der Druckmeßleitung verwendet, sondern eine nicht brennbare Flüssigkeit.

### **3.10 Öltemperaturmesser**

Der Öltemperaturmesser zeigt dem Piloten, ob der Motor seine Betriebstemperatur besitzt. Die Anzeige kann in Celsius oder Fahrenheit erfolgen. Auch bei diesem Anzeigegerät gibt es häufig drei Farbmarkierungen grün, gelb und rot mit der üblichen Bedeutung (normal, Vorsicht, Gefahr).

Der Flugsimulator hat eine ganz einfache Anzeige. Der linke Punkt ist mit C bezeichnet (=cold = kalt), der rechte mit H (=hot = heiß). Dazwischen bewegt sich der Zeiger.

Zur Temperaturmessung von Schmierstoffen sind drei Verfahren gebräuchlich. Bei kleinen Flugzeugen wird häufig ein Dampfdruckthermometer verwendet. Dabei wird eine leicht verdampfbare Flüssigkeit (z.B. Alkohol) erwärmt; der Dampfdruck wird über ein Manometer angezeigt.

Häufig wird zusätzlich zur Öltemperatur noch die Zylinderkopftemperatur angezeigt. Der Vorteil besteht darin, daß diese auf Änderungen der Motorbetriebstemperatur schneller reagiert.

### **3.11 Kraftstoffanzeige**

Wenn einem Piloten in der Luft der Sprit ausgeht, ist das kein Kavaliersdelikt, sondern eine leichtsinnige, gefährliche und darüber hinaus strafbare Handlung. Daher gehört der Blick auf die Kraftstoffanzeiginstrumente vor und während des Flugs zum Standardrepertoire jedes Piloten.

Im Flugsimulator sind zwei Instrumente zur Kraftstoffanzeige für die beiden Flächentanks vorhanden. Jeder der beiden Zeiger bewegt sich zwischen den Marken E (für empty = leer) und F (für full = voll). Das Auftanken geschieht, indem man das Flugzeug auf einen Flughafen in einem Tankbereich (mit F markiert) abstellt.

Das Kernstück des Kraftstoffvorratsmessers ist ein schwimmender Hohlkörper. Seine Position kann auf mechanische, hydraulische oder elektrische Weise übertragen und zur Anzeige gebracht werden.

Bei den elektrischen Vorratsmessern unterscheidet man zwischen Widerstands- und kapazitiven Meßgeräten. Der Widerstandsmesser enthält einen veränderbaren Widerstand (Potentiometer), der durch den Schwimmer verstellt wird. Beim kapazitiven Vorratsmesser wird ein röhrenförmiger Kondensator verwendet, dessen Kapazität durch das Eindringen des Kraftstoffs in die Röhren verändert wird.

### **3.12 Vergaservorwärmung**

Eine große Gefahr für die Fliegerei ist die Vereisung. Die Vergaservorwärmung wirkt der Vergaservereisung entgegen. Diese tritt nicht nur bei Temperaturen um den Nullpunkt herum auf, sondern in einem Bereich von  $-5^{\circ}\text{C}$  bis  $+18^{\circ}\text{C}$ . Der Pilot schaltet die Vorwärmung in zwei Fällen ein:

1. Bei hoher, sichtbarer Luftfeuchtigkeit (Dunst, Regen)
2. Bei gedrosselter Motorleistung (Sinkflug, Landeanflug)

Das Einschalten der Vorwärmung bewirkt, daß der Vergaser vorgewärmte Luft über einen Wärmetauscher ansaugt. Dadurch wird Eisbildung vermieden bzw. schon vorhandener Eisansatz zurückgebildet, sofern die Vorwärmung rechtzeitig betätigt wird. Allerdings geht die Motorleistung bei eingeschalteter Vorwärmung etwas zurück, so daß diese nicht unnötig benutzt werden soll.

In der Realität kann die Vergaservorwärmung meist durch einen Zughebel kontinuierlich verstellt werden, wobei die Wirkung häufig an einem Anzeigegerät für die Vergasertemperatur abgelesen werden kann. Im Flugsimulator kann die Vorwärmung durch Drücken der Taste H nur ein- oder ausgeschaltet werden.

### **3.13 Magnetzündschalter**

Ein Flugzeugmotor hat – primär aus Sicherheitsgründen – eine aus zwei Magneten bestehende Zündanlage. Im vierten Kapitel finden Sie dazu nähere Einzelheiten.

## Magnetprobe vor dem Start

Vor dem Start muß das Zündsystem stets überprüft werden. Dazu schaltet man wechselseitig den linken bzw. rechten Magnetzündler aus und beobachtet den Drehzahlmesser. Die Drehzahl muß von einem bestimmten Betrag abfallen, der im Flughandbuch genau angegeben ist.

Im Flugsimulator befindet sich auf dem Instrumentenbrett links der Magnetzündschalter, der mit der Taste **[M]** oder mit der Maus aktiviert wird. Nach Drücken der Taste **[M]** können Sie **[+]** oder **[-]** eingeben, um so den Schalter in verschiedene Positionen zu bringen. Einfacher geht es natürlich mit der Maus.

Rechts unten befindet sich der Zughebel für die Gemischregulierung, der mit der Maus bedient wird (MIX PULL LEAN).

## 3.14 Fahrwerk, Klappen und Trimmung

Ein einziehbares Fahrwerk ist etwas Feines – solange es funktioniert. Wenn nicht, müssen Notverfahren angewendet werden (siehe Kapitel 10). Im Simulator wird es durch Drücken der Taste **[G]** (engl. gear = Fahrwerk) ein- oder ausgefahren. Man muß das Fahrwerk im Flug nicht unbedingt einfahren; allerdings erhöht sich dann der Luftwiderstand. Die Anzeige rechts unten auf dem Instrumentenbrett sagt dem Piloten durch GEAR UP und GEAR DOWN, ob das Fahrwerk ein- bzw. ausgefahren ist.

Die Klappen dienen dazu, Auftrieb und Luftwiderstand zu erhöhen (siehe auch Kapitel 2). Damit kann man beim Landeanflug die Geschwindigkeit verringern oder auch beim Starten die benötigte Strecke verkürzen. Abb. 3.19 zeigt die fünf Klappenpositionen und deren Ansteuerung durch Funktionstasten. Letztere hängt davon ab, ob sich die Funktionstasten oben oder links auf der Tastatur befinden. In einem Fall sind nur vier Einstellungen möglich, im anderen Fall fünf.

Die Trimmung wurde im zweiten Kapitel behandelt. Im Flugsimulator kann das Höhenruder mit den Tasten **[1]** und **[7]** im numerischen Tastenblock getrimmt werden. Das Betätigen der Taste **[1]** bewegt das Trimmruder nach oben, das Betätigen der Taste **[7]** bewegt es nach unten. Die Stellung des Trimmruders wird durch die Anzeige ELEV TRIM angezeigt, die sich im rechten Teil des Instrumentenbrettes oberhalb der Drosselklappenanzeige befindet.

Die Drosselklappe selbst wird durch die Funktionstasten **[F1]**, **[F2]**, **[F3]**, **[F4]** bei obenliegenden Tasten bzw. **[F2]**, **[F4]**, **[F6]**, **[F8]**, **[F10]** bei links liegenden Tasten gesteuert. Abb. 3.20 zeigt die Wirkung der Tasten. Zusätzlich ist die Taste gezeigt, mit der das am Boden rollende Flugzeug gebremst werden kann. Bei der Maussteuerung wird die Maus bei gedrückter linker Taste nach hinten oder vorne bewegt, um die Leistung zu erhöhen

bzw. zu reduzieren. Das Bremsen geschieht analog durch Bewegungen nach links oder rechts. Alternativ dazu kann auch der Joystick B verwendet werden, der wie die Maus bewegt wird.

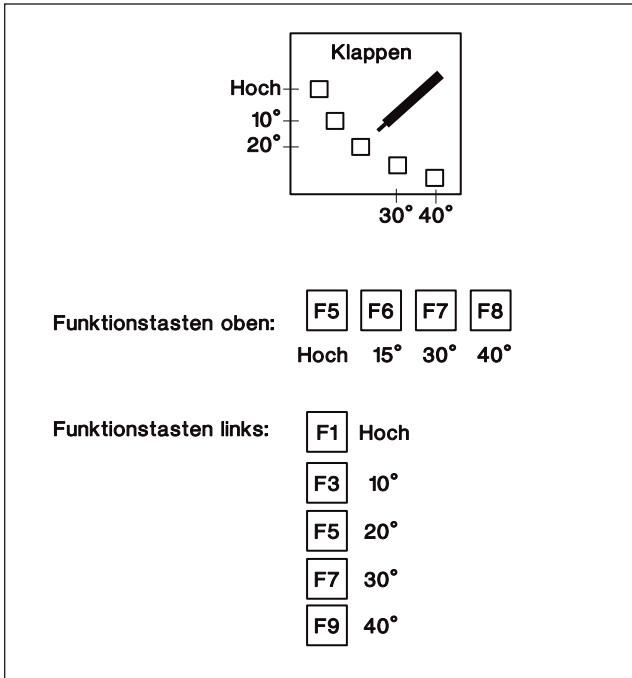


Abb. 3.19  
Die Klappen und ihre Ansteuerung

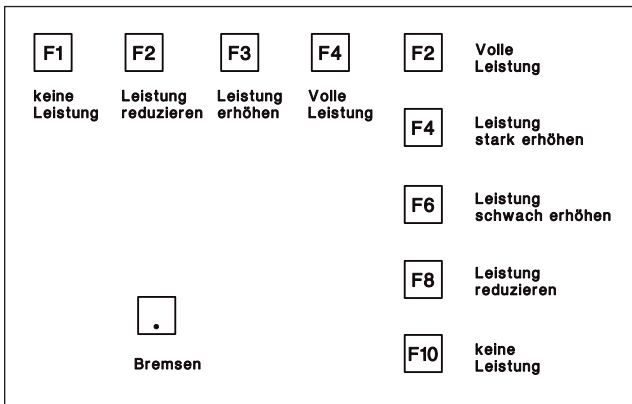


Abb. 3.20  
Ansteuerung der Drosselklappe

### 3.15 Steuerung der Ruder

Im zweiten Kapitel wurden die verschiedenen Ruder und deren Steuerwirkungen ausführlich behandelt. Hier interessiert uns, wie man die Ruder betätigt und wie die Ruderpositionen angezeigt werden.

*Querruder* (Bewegung um die Längsachse)

Tastatur: Cursor nach links, Cursor nach rechts

Maus: Maus nach links oder rechts bewegen

Joystick A: Stick nach links oder rechts bewegen

*Höhenruder* (Bewegung um die Querachse)

Tastatur: Cursor nach oben, Cursor nach unten

Maus: Maus nach vorn oder hinten bewegen

Joystick A: Stick nach vorn oder hinten bewegen

*Seitenruder* (Bewegung um die Hochachse)

Tastatur: Taste  nach links, Taste  nach rechts (im Ziffernblock)

Maus: –

Joystick A: Stick nach links oder rechts bewegen

In Abb. 3.21 sind die drei Positionsanzeiger für Quer-, Höhen- und Seitenruder gezeigt. Die Darstellung zeigt alle Positionsanzeiger in der Neutralstellung. Seiten- und Querruder können durch Betätigen der Taste 5 im Ziffernblock neutralisiert werden.

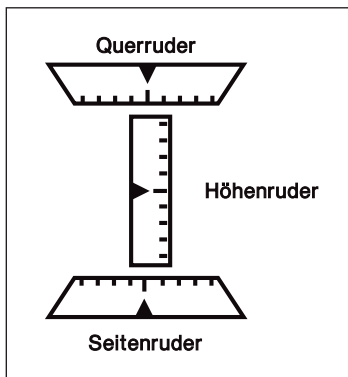


Abb. 3.21  
Positionsanzeiger für Quer-, Höhen- und Seitenruder



### 3.16 Beleuchtung

Mit der Taste  oder durch Betätigen des Schalters STROBE links unten mit der Maus wird das Strobe-Licht ein- oder ausgeschaltet. Es handelt sich um ein weißes Blinklicht.

Mit der Taste  werden die Positionslichter ein- bzw. ausgeschaltet. Alternativ können Sie mit der Maus den Schalter NAV links unten betätigen. Abb. 3.22 zeigt die Anordnung der Positionslichter. Farbe und Abstrahlwinkel sind genau vorgeschrieben.

Der Sinn der roten und grünen Lampen ist folgender. In der Luftfahrt gilt für Flugzeuge, deren Flugrichtungen sich kreuzen, ähnlich wie im Straßenverkehr die Vorfahrtsregel *Rechts vor Links*. Sieht nun ein Pilot ein anderes Flugzeug von rechts auf sich zukommen, dann erkennt er am roten Licht, daß er ausweichen muß. Umgekehrt signalisiert das grüne Licht, das der Pilot des anderen Flugzeugs sieht, diesem die Vorfahrt.

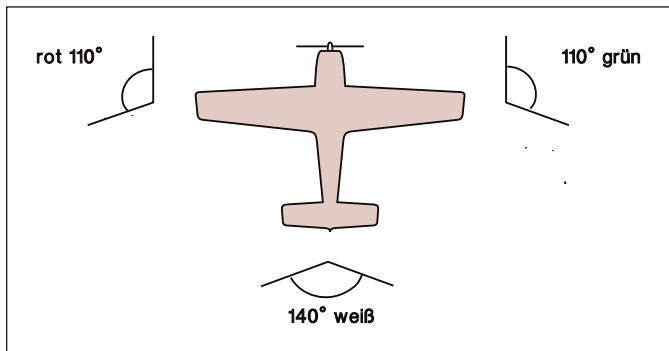


Abb. 3.22  
Farbe und Abstrahlwinkel  
der Positionslichter

### 3.17 Funkgerät

Sie erhalten die Funk- und Navigationsgeräte, indem Sie auf den weißen Schalter ungefähr in der Mitte unten klicken. Die Geräte sind recht realistisch dargestellt und folgendermaßen angeordnet:

- COM1
- COM2
- ADF
- DME
- TRANSPONDER
- AUTOPILOT
- NAV1
- NAV2

Der zivile Funksprechverkehr wird im Frequenzbereich von 117975 bis 137000 MHz durchgeführt. Zur Durchführungsberechtigung benötigt der Pilot ein Funksprechzeugnis der Deutschen Bundespost. Im achten Kapitel finden Sie alle wissenswerten Details zum Thema Flugfunk.

Das Einstellen einer gewünschten Frequenz geschieht entweder mit der Maus oder mit der Tastatur wie folgt. Zuerst wird durch Betätigen der Taste **C** der Kommunikationsempfänger aktiviert. Dann wird die Frequenz in MHz eingestellt, indem die gerade angezeigte Frequenz erhöht oder verringert wird:

Erhöhen mit der Taste **+**, Verringern mit der Taste **-**

Um die Frequenz in KHz einzustellen, müssen Sie die Taste **C** zweimal schnell hintereinander drücken und anschließend die Frequenz wie oben beschrieben erhöhen oder verringern.

Alternativ dazu kann die Frequenz auch mit Hilfe der Maus eingestellt werden. Dazu klicken Sie auf die zu ändernden Ziffern mit der linken Maustaste. Ein Klicken auf der linken Seite der Ziffern verringert die Frequenz, ein Klicken auf der rechten Seite erhöht sie.

### **3.18 Navigationsempfänger**

Der Flugsimulator verfügt über zwei NAV-Empfänger *NAV1* und *NAV2* zum Empfang von VOR-Stationen. Und einen ADF-Empfänger, der die Signale von NDB-Stationen empfängt. Im sechsten Kapitel finden Sie alles Wissenswerte über VOR und NDB.

Die VOR-Stationen arbeiten im Bereich von 108000 bis 117975 MHz. Die Aktivierung des gewünschten NAV-Empfängers geschieht durch Anklicken mit der Maus oder durch Drücken der Tasten **N** und **1** bzw. **N** und **2**.

Die gewünschte Frequenz wird genauso eingestellt, wie es im letzten Abschnitt beschrieben wurde. Mit der Taste **+** erhöhen Sie die Frequenz, mit der Taste **-** verringern Sie sie. Durch schnelles zweimaliges Drücken der Taste **N** können Sie die KHz-Anzeige verstellen.

Nachdem Sie die Frequenz eingestellt haben, müssen Sie am zugehörigen Anzeigergerät mit dem Kurswähler den gewünschten Kurs einstellen. Die beiden VOR-Anzeigergeräte befinden sich links übereinander, rechts oben liegt das ADF-Gerät. Das obere Anzeigergerät gehört zum NAV1-Empfänger, das untere zum NAV2-Empfänger.

Aktiviert werden diese Geräte durch Drücken der Tasten **V** und **1** bzw. **V** und **2**. Den gewünschten Kurs stellen Sie durch Betätigen der Tasten **+** und **-** ein. Alternativ dazu können Sie die Ziffern auch mit der linken Maustaste anklicken. Ein Erhöhen des Kurswertes erreichen Sie durch Klicken auf der rechten Seite der Ziffern, ein Verringern durch Klicken auf der linken Seite.

Die *DME*-Anzeige befindet sich unterhalb des ADF-Empfängers und zeigt Ihnen, wie viele Meilen Sie von der im NAV1-Empfänger eingestellten Station entfernt sind. Außerdem wird die Geschwindigkeit in Knoten angezeigt. Mit der Maus können Sie zwischen NAV1 und NAV2 hin- und herschalten.

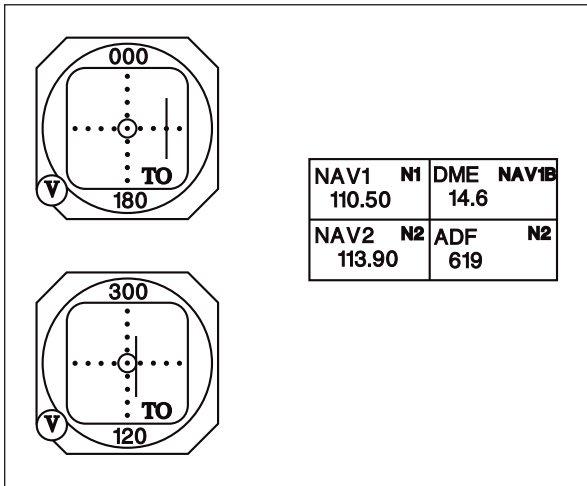


Abb. 3.23  
Die Funknavigationsgeräte

In der Praxis kommt das ADF-Empfangsgerät in drei Ausführungen vor: RBI, MDI und RMI. In kleinen Flugzeugen (und im Flugsimulator) ist meist ein RBI-Gerät installiert. Die Abkürzungen haben folgende Bedeutung:

*RBI* = relative bearing indicator = Anzeigergerät für relative Peilung

Das Gerät besitzt eine starre, nicht verstellbare Kompaßdose. Die 0°-Marke zeigt in Richtung der Flugzeugnase.

*MDI* = moving dial indicator = Anzeigergerät mit verstellbarer Skala

Hier kann mit einem Verstellknopf, der mit HDG (engl. HDG = heading = Steuerkurs) bezeichnet ist, der aktuelle Steuerkurs eingestellt werden. Der Vorteil liegt darin, daß man die recht- oder mißweisende Peilung (TB oder MB – siehe Abschnitt 6.3) sofort ablesen kann.

*RMI* = radio magnetic indicator = radiomagnetisches Anzeigergerät

Dieses Gerät besitzt eine automatisch nachgeführte Kompaßrose und zwei Zeiger. Es können zwei ADF-Empfänger oder zwei VOR-Empfänger oder je ein ADF- und ein VOR-Empfänger angeschlossen werden.

### 3.19 Transponder

Die Flugverkehrskontrolle (engl. ATC = air traffic control) benutzt neben dem primären Radarsystem noch ein *Sekundärradar*, das wie folgt arbeitet. Die von der Bodenstation abgestrahlten Radarimpulse werden von dem Transpondergerät an Bord des Flugzeugs empfangen und beantwortet. Der Abfrageimpuls der Bodenstation wird mit 1030 MHz gesendet, der Antwortimpuls des Transponders mit 1090 MHz. Die Antwort besteht aus einer vierstelligen Codenummer, die noch durch eine Zusatzinformation über die Flughöhe ergänzt werden kann. Der Hauptvorteil dieser Methode besteht darin, daß der Radarlotse ein Flugzeug auf einfache Weise anhand der Codenummer identifizieren kann. Beispielsweise gibt er einem Piloten die Anweisung:

»Squawk 4527 and ident«

Der Pilot stellt dann an seinem Transponder die Codenummer 4527 ein und drückt den IDENT-Knopf, der bewirkt, daß die Codenummer für ca. 15 bis 20 Sekunden abgestrahlt wird. Das englische Wort *squawk* heißt wörtlich übersetzt schreien oder kreischen.

Der Transponder darf nur auf Anweisung der ATC eingeschaltet werden. Der Pilot kann die Schalterstellung STY (engl. STY = standby = Warteposition) wählen, um dann auf Anforderung sofort auf ON zu schalten. Falls der Transponder eine Einrichtung zur automatischen Höhenübermittlung besitzt, ist diese durch die Schalterstellung ALT (engl. ALT = altitude = Höhe) wählbar. Der Transponder arbeitet dann im Modus C. Abb. 3.24 zeigt die Frontansicht eines Transponders.

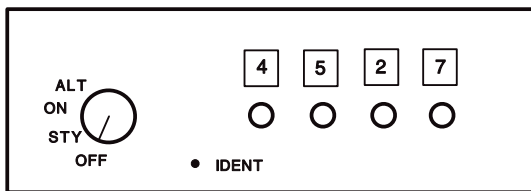


Abb. 3.24  
Transponder

Drei Codenummern sind international für besondere Fälle reserviert; sie lauten:

- 7500 Entführung
- 7600 Funkausfall
- 7700 Notfall

Diese Codenummern dürfen (und müssen) vom Piloten selbständig eingestellt werden, wenn die entsprechende Situation vorliegt. Der Fluglotse veranlaßt dann besondere Maßnahmen.

Der Transponder gewinnt auch in der Sportfliegerei zunehmend an Bedeutung. Insbesondere beim Durchfliegen von CVFR-Gebieten (kontrollierte Sichtflug-Gebiete) oder bei Nachtflügen wird ein Transponder benötigt.

Falls man in einer Höhe fliegt, die über 5000 ft MSL oder 3500 ft GND liegt, schaltet man den Transponder selbständig ohne Aufforderung auf 0022.

Im Flugsimulator wird der Transponder durch Eingabe des Buchstabens **T** oder durch Klicken mit der linken Maustaste aktiviert. Die einzelnen Ziffern werden über die Tastatur wie folgt angewählt:

T	Linke Ziffer
TT	Zweite Ziffer
TTT	Dritte Ziffer
TTTT	Rechte Ziffer

Alternativ dazu können die Ziffern auch mit der Maus angeklickt werden. Mit den bekannten Tasten **+** und **-** werden die gewünschten Ziffern eingestellt.

### **3.20 Autopilot**

Der Autopilot ist eine angenehme und hilfreiche Einrichtung, um den Piloten von Routineoperationen zu entlasten. Im Flugsimulator kann der Autopilot vier verschiedene Funktionen ausführen:

1. Längsachse stabilisieren
2. Steuerkurs halten
3. Höhe halten
4. VOR-Radial halten

