

Fliegen in den Alpen

1. Einleitung

Ein Flug über die Alpen oder das Fliegen im Gebirge gehört zu den schönsten fliegerischen Erlebnissen. Sie dürfen, wenn sie nach 35 oder 40 Stunden ihren Pilotenscheinprüfung bestanden haben, bereits morgen mit der ganzen Familie in einem viersitzigen Flugzeug ins Gebirge oder über die Alpen fliegen. Leider darf man das. - Dies ist allerdings unter der Rubrik "gefährliches Abenteuer" einzustufen. Selbst gute Vorbereitung kann die noch fehlende fliegerische Erfahrung und Beurteilung der Wetterverhältnisse nicht kompensieren. Anders als mit dem Auto kann man nicht anhalten, wenn es plötzlich regnet oder schneit, um in Ruhe nach Alternativen zu suchen. Einmal abgehoben können sie nur umkehren oder bis zum nächsten geeigneten Flugplatz fliegen. Über den Bergen ist es - kommt man unverhofft in Schlechtwetter - schwierig, diesen nächsten Platz zu erreichen.

Die Tage im Jahr, an denen nördlich und südlich der Alpen ein wirklich schönes Wetter herrscht, kann man leider an den Fingern einer Hand abzählen. Dazu muss ein Hochdruckgebiet über dem Zentralalpenmassiv liegen. Und selbst dann kann man nicht einfach losfliegen. In der Regel treffen wir auf der einen Seite der Alpen auf Föhnlagen und auf der anderen auf einen sogenannten "Stau" (meist angestaute mächtige Cumulonimbuswolken. Dazu kommt, dass selbst bei Hochdrucklagen in der Po-Ebene wegen der dort herrschenden Luftfeuchtigkeit die Sichten meistens schlecht bis sehr schlecht sind - vor allem in Flughöhen unterhalb 6000 Fuß.

Eine Alpenüberquerung oder ein Flug in die Alpen muss deshalb sehr sorgfältig geplant werden. Weniger gefahrlos in den Süden kommt man nur über Wien und Graz oder im Westen durch das Rhonetal. Für einen Einstieg in die Alpenfliegerei sind diese Strecken nicht minder interessant.

2. Vorschlag für einen direkten Überflug

Für jeden, der korrekt nach der Karte, Kompass und Uhr fliegen kann, ist ein Alpendurchflug über den Brenner die nächstbeste Wahl. Der Anflug über Kufstein und das Inntal nach Innsbruck ist einfach. Die Passhöhe ist niedrig - nur rund 4500 Fuß - und mit einer Flughöhe von z. B. 6500 Fuß kommt man legal nach Süden. Außerdem liegen auf beiden Seiten des Brenners gute Flugplätze: Innsbruck im Norden und Bozen im Süden. Und gleich am Südenende des Brenners ist in Sterzing nördlich der Autobahn ein Fluggelände (Grasplatz), das man sich für den Notfall mer-

ken sollte. Direkt hinter dem Brenner liegt in Sterzing ein Flugbeschränkungsgebiet (LI R 32), das bis 3000 Fuß über Grund reicht. Wenn dieses Beschränkungsgebiet nicht beachtet wird, kann man bei einer Landung in Bozen Schwierigkeiten bekommen. Außerdem darf auf keinen Fall das Gebiet LI P 5 eingeflogen werden. Die "prohibited area" reicht von Grund bis ins All und beginnt östlich von Vipiteno. In Innsbruck erhält man bei Bedarf immer sehr gute Wetterinformationen. Raten die dortigen Meteorologen vom Flug ab, dann sollte dies ernst genommen werden. Die Damen und Herren vermitteln Erfahrung aus erster Hand. Sehr gute Streckenhinweise bietet übrigens auch die Schweizer ICAO-Karte. Gestrichelte blaue Linien geben "Empfohlene VFR-Strecken" mit Sicherheitsmindesthöhen an.

Wer den Brenner von Süden her anfliegt, muss kurz vor Sterzing gut aufpassen. Am besten folgt man der Autobahn, denn die Eisenbahn geht zunächst nur ein Stück dem Fluss Eissack entlang nach Nordwesten und macht dann im Berg eine Kehre. Der Taleingang zum Brenner liegt etwas höher als das geradeaus nach Nordwesten weitergehende breitere Eisacktal. Alle anderen Routen sind für den weniger geübten Alpenflieger nur mit größter Vorsicht zu genießen. Bedenken Sie bitte, dass die Berge am Alpenhauptkamm alle wesentlich höher als 10.000 Fuß sind. Vollbepackte Kleinflugzeuge sind da manchmal schon an ihrer Dienstgipfelhöhe angelangt und verfügen über keine Leistungsreserven mehr. Wenn dazu noch unterkühlter Regen mit Eisansatz kommt, kann selbst diese Flughöhe nicht mehr gehalten werden. Ganz dringend muss davor gewarnt werden, die Alpen "On topp" (oberhalb der Wolkendecke) zu überqueren. Die Wolkenobergrenzen steigen zum Hauptkamm hin an. Und sehr oft quellen aus der zunächst gleichförmig erscheinenden Schicht Haufenwolken auf. Der Slalom um die Wolkentürme endet leicht in einer Sackgasse und das Hineinfliegen führt unmittelbar zum Eisansatz. Selbst im Hochsommer liegen die Nullgradgrenzen oft in der Nähe von 10.000 Fuß.

3. Wichtig für den Alpenflug: Die Dichtehöhe

Berechnen sie für ihre beabsichtigte Flugfläche beim Fliegen in den Alpen ausnahmsweise die Dichtehöhe. Mit Hilfe Ihres Navigationsrechners werden sie erkennen, dass sie besonders im Sommer sehr schnell an die Dienstgipfelhöhe ihres Flugzeuges herankommen. In diesem Fall können sie im Kurvenflug die Höhe nicht mehr halten und können auch den gefährlichen Abwinden nichts mehr entgegensetzen, weil ihre Leistungsreserven nicht ausreichen. Ohne Leistungsreserve stellt sich aber auch eine Notlandung, vorausgesetzt sie finden überhaupt ein geeignetes Gelände, schwierig bis unmöglich dar. Alpentäler steigen in der Regel zum Hauptkamm hin an und werden dabei immer schmaler. Oft endet das Tal abrupt in einem Kar (Steilmulde), das auch mit noch so gekonnter Steilkurventechnik nicht zu über-

winden ist. Pässe sind nicht notwendigerweise niedrig. Passhöhen von mehr als 8.000 Fuß gibt es in den Alpen mehr als genug. Ebenso sind Täler oft recht eng und ihre Eingänge schwer zu finden. Da Wasser immer bergab fließt, können sie an Bächen leicht feststellen, welche Richtung aus dem Tal in die Ebene führt. Das ist für einen Umkehrentschluss enorm wichtig, denn günstige Notlandemöglichkeiten gibt es so gut wie keine im Gebirge. Kommen sie dennoch in eine solche Situation, machen sie eine Notlandung stets hangaufwärts. Bei jedem Einflug in ein Tal überzeugt man sich am Kompass oder Kurskreisel davon, dass die Flugrichtung mit der Richtung der Talachse übereinstimmt. Gelegentlich gabelt sich ein Tal in fast zwei parallele Äste. Fliegen Sie dann rechtzeitig auf die richtige Talseite. Vor allem, wenn die Sicht nur mäßig ist. Im gesamten Alpengebiet gibt es eine Vielzahl von Personen- und Materialeilbahnen. Die Seile sind nicht immer gekennzeichnet - vor allem Holztransportbahnen, die von heute auf morgen von den Bergbauern installiert werden - und häufig sehr schwer zu erkennen sind. Fliegen sie deshalb nicht in unmittelbarer Hangnähe.

4. Funknavigation

Die Funknavigation zeigt sich bei Alpenflügen von ihrer schwachen Seite. Funkfeuer sind häufig erst zu empfangen, wenn man bereits kurz davor ist. Ähnliches gilt für den Funkverkehr. Denken Sie daran, dass Ultrakurzwellen von geografischen Hindernissen in ihrer Ausbreitung behindert werden. In niedriger Höhe und zwischen den Bergen ist deshalb die Empfangsmöglichkeit praktisch gleich Null. Auch die ADF-Anzeigen sind hier fehlerhaft und nur mit Vorsicht zu genießen. Genaue Beachtung des Kurses nach der Karte ist deshalb die wichtigste Voraussetzung für das Gelingen einer Alpenüberquerung. Schätzen Sie ab, wie viele Minuten sie bis zur nächsten Ecke eines Tales brauchen und kontrollieren Sie die Flugzeit. Autostraßen und Bahnlinien verschwinden oft in Tunnels, die nicht in der Richtung der Einfahrt weiterlaufen. Die Aufzählung möglicher Gefahren sollte nicht den Eindruck erwecken, als ob alle geschilderten Tücken auf einmal auftreten. Doch Notlagen werden meist durch die Kombination einiger Faktoren hervorgerufen. Bereiten Sie deshalb einen Alpenflug sorgfältig vor. Wenn andere Piloten den gleichen Flug in Angriff nehmen, darf dies kein ausschlaggebendes Argument für ihren Flug sein. Planen Sie Ausweichkurse für den Fall, dass das Alpenwetter nicht ihren Erwartungen entspricht. Rechtzeitige Umkehr ist allerdings immer oberstes Gebot. In der Fliegerei lässt sich bekanntlich nichts erzwingen. Für einen Alpenflug sollte man genügend Zeit einplanen, um einen Rückflug schon auch mal um ein, zwei Tage verschieben zu können.

5. Dienstgipfelhöhe - Fliegen im Grenzbereich

Die Dienstgipfelhöhe des Luftfahrzeuges ist mit Vorsicht zu genießen und mehr als ein nur theoretischer Richtwert. Im Grenzbereich kann man sich nicht sicher auf die Leistungsdaten des Luftfahrzeuges verlassen. Im Flughandbuch ist die Dienstgipfelhöhe angegeben, doch welche Bedeutung hat sie für das praktische Fliegen im Gebirge? Der Auftrieb hängt von der Größe der tragenden Fläche, vom Quadrat der Geschwindigkeit und vom Auftriebsbeiwert ab. Vom Anstellwinkel steht in der Auftriebsformel nichts drin. Dieser ist "versteckt" im Auftriebsbeiwert enthalten.

Wenn man durch Ziehen des Steuerhorns den Anstellwinkel zur Auftriebserhöhung vergrößert, nimmt die Geschwindigkeit ab, sofern dies nicht mit der Motorleistung auszugleichen ist. Die Motorleistung wiederum hängt von der Drehzahl und dem Ladedruck ab. Und bei Motoren ohne Turbolader sinkt der Ladedruck um etwa *ein Zoll pro tausend Fuß Höhe*. Voraussetzung ist der einwandfreie Zustand des Laders

5.1 Leistungsgrenzen einer Einmot

Mit zunehmender Flughöhe verringert sich die verfügbare Motorleistung und der Auftrieb nimmt wegen der geringer werdenden Luftdichte ab. Damit sind unserem beabsichtigten Höhenflug Grenzen gesetzt. Als Maß für die Steigfähigkeit hat sich der Begriff "Dienstgipfelhöhe" (engl. Service Ceiling) eingebürgert.

Es ist die Flughöhe in Normalatmosphäre, in welcher das Flugzeug mit vollem Fluggewicht (oder maximal zulässigem Startgewicht) gerade noch mit 100 ft/min oder 0,5 m/sec steigen kann. Der Begriff bringt zum Ausdruck, dass dies für praktische Fälle die größte erreichbare Höhe ist, in der man das Flugzeug noch steuern kann.

Was ist dann eigentlich die absolute Gipfelhöhe? Nehmen wir an, das Flugzeug wäre unmittelbar nach dem Start mit der Geschwindigkeit für bestes Steigen in den Steigflug übergegangen und der Pilot hätte nach Handbuch dabei den Fahrtmesser berücksichtigt. Jeweils nach 1000 ft müsste er dann auch die Geschwindigkeit der Flughandbuchangabe anpassen und das Gemisch jeweils optimal korrigieren. Dann käme er im Steigflug geradeaus nach etwa einer 3/4 Stunde in eine Höhe, in der die Motorleistung gerade noch ausreicht, die Mindestgeschwindigkeit zu halten.

Die Steigleistungen aus einem Flughandbuch eines Flugzeugmusters stellen sich zum Beispiel wie folgt dar:

Steiggeschwindigkeit: in ft/Min
 Fluggeschwindigkeit : 70 Kt,
 Volle Leistung,
 Klappen eingefahren,
 Optimale Gemischeinstellung,
 Kein Wind

Steigleistungen in ft/Min					
ft	-15°	0°	+15°	+30°	+40°
0	760	720	670	630	600
1640	680	640	600	550	530
2460	650	600	560	530	490
3280	610	570	530	490	460
4920	540	490	450	410	390

Bei einer Temperatur von 30° C ergibt sich bei einer Flughöhe von 4.920 ft gerade noch ein Steigvermögen von ca. 410 ft pro Minute. Die besten Voraussetzungen sind: Flugzeug und Motor müssen sich in einem einwandfreien Zustand befinden. Der Flugzeugführer muss über durchschnittliches Können verfügen. Erfahrungsgemäß muss bei verschiedenen Flugzeugmustern noch ein Sicherheitswert abgezogen werden.

Jede Schräglage (Kurve) und jeder widerstandserhöhende Steuer Ausschlag müsste jetzt zwangsläufig zum Sinken, bzw. zum überzogenen Flugzustand führen.

Damit wäre die absolute Gipfelhöhe erreicht, in der man dann nur noch "dahinschlängern" könnte. Eventuell wären nach einer gewissen Zeit noch ein paar Meter an Höhe herauszuholen, da sich das Gesamtgewicht durch den Kraftstoffverbrauch verringert. Die absolute Gipfelhöhe hat also keine praktische Bedeutung.

5.2 Theorie und Praxis

Aber auch die Dienstgipfelhöhe lässt sich nicht einfach in fliegbare Praxis umsetzen. Auch da müssen Abstriche gemacht werden. Die im Handbuch angegebenen Zahlen sind in der Flugerprobung von Spezialisten erflogen und dann auf die Normalatmosphäre umgerechnet worden. Zum Vergleich müssen sie schon für den jeweiligen Druck und die Temperatur die Dichtehöhe ermitteln. Und auch dann darf man nicht annehmen, man könne die Alpen in dieser Höhe überqueren. Staub auf der Tragfläche, Insektenleichen an der Flügelvorderkante, eine raue Propeller vorderkante, ein Motor, der nicht mehr die volle Kompression auf allen Zylindern hat, all das vermindert die Aussicht, die angegebenen Handbuchwerte zu erreichen. Beim Einflug in Wolken - ob absichtlich oder unabsichtlich - ergibt sich auch im Hochsommer in Höhen über 12.000 ft mit Sicherheit Eisansatz. Und von da an geht es nur noch bergab. Das muss man sich stets

vor Augen halten. Weil wir schon dabei sind: Wenn ein Flugzeug längere Zeit in Umgebungstemperaturen unter Null Grad geflogen ist, führt jede Berührung mit Feuchtigkeit, sei es nun Regen oder Nebel zu Eisansatz an Propeller und Flächen. Durch den erhöhten Widerstand und das erhöhte Gewicht verliert das Flugzeug an Höhe. Das kann verhängnisvoll werden, wenn die höchsten Hindernisse 14.000 bis 16.000 Fuß hoch sind. Und so hoch sind die Alpen.

FAZIT: Mit einmotorigen Flugzeugen darf man keine Alpenüberquerung "On Top" versuchen. Da ist es schon besser man folgt Routen, die keine extremen Höhen erfordern.

5.3 Flugleistungen des Motors in der Höhe

Die verfügbare Motorleistung hängt direkt von der Luftdichte ab. Die höhenbedingte Leistungsabnahme des Motors hat keinen wesentlichen Einfluss auf die Horizontal- geschwindigkeit, weil sie durch den kleineren Luftwiderstand kompensiert wird. Dagegen wirkt sie sich maßgebend auf die Steig- geschwindigkeit aus. Die folgende Tabelle gibt die verfügbare Leistung für Motore von 100 PS, 150 PS und 180 PS in verschiedenen Höhen wieder:

Flughöhe in		Leistung in PS		
m/NN	ft/NN	100	150	180
0	0	100	150	180
	1640	95	143	170
1000	3281	91	137	164
1500	4921	86	129	154
2000	6562	82	123	148
2500	8202	78	117	140
3000	9843	74	111	133
3500	11483	70	105	126
4000	13123	67	101	121
5000	16404	60	90	108

Diese Tabelle gilt nur für die Standardatmosphäre. Die Standardtemperatur kann aber im Gebirge während des Sommers wesentlich überschritten werden. Daraus resultiert eine Verminderung der Luftdichte, so dass die erwähnten Zahlen abermals reduziert werden müssen. Die höhenbedingte Leistungsabnahme verlängert wesentlich die Startstrecke. Vor dem Start auf einem hochgelegenen Flugplatz ist immer eine Startstreckenberechnung mit den Daten des Flugzeughandbuches durchzuführen. Wenn nötig ist die Zuladung entsprechend zu verringern.

Dazu hier die Elevation einiger hochgelegene Flugplätze:

Flugplatz	Höhe über NN	
	m/MSL	ft/MSL
Bern	510	1673
Innsbruck	581	1906
Lausanne	623	2044
Lienz	636	2087
Leutkirch	639	2096
St. Johann in Tirol	667	2188
Luzern	650	2133
Kempten-Durach	710	2329
Zell am See	752	2467
Mariazell	840	2756
Reutte-Höfen	855	2805
Mauterndorf	1110	3642
Samedan-St. Moritz	1710	5610

5.4 Die wahre Höhe

Beim Fliegen in den Alpen muss besonders auf die Außentemperatur geachtet werden. Mit ihr verändert sich die Höhenmesseranzeige in ihrer tatsächlichen Aussage. Beispiel: Sie fliegen in einer Höhe (Höhenmesser wurde am Startflugplatz auf QNH eingestellt) von 10.000 Fuß bei einer Außentemperatur von -25° C. Wie hoch fliegen Sie tatsächlich? Mit Hilfe des Navigationsrechners lässt sich die wahre Höhe (True Altitude) ermitteln. Sie liegt bei etwa 9.200 Fuß. Das bedeutet, dass sie 800 Fuß tiefer fliegen. Wenn Sie in dieser Situation einen Berg überfliegen wollen, dessen Gipfel etwa 9.300 Fuß hoch ist, haben Sie keine Chance "darüber" zu kommen. Fliegen Sie aber in 10.000 Fuß bei einer Außentemperatur von $+10^{\circ}$ C, liegt ihre tatsächliche Höhe bei 10.600 Fuß. Ein weiterer beachtenswerter Risikofaktor ist die Falschanzeige des Höhenmessers bei starken Winden. Durch die starke Umströmung des Flugzeugrumpfes entsteht ein Venturieffekt, der eine Minderanzeige des Höhenmessers auslöst. Die Korrekturwerte der angezeigten Höhe sehen wie folgt aus:

Korrekturwerte der angezeigten Höhe bei starken Winden	
< 30 Kt	0 ft
30 - 40 Kt	- 500 ft
40 - 50 Kt	- 1000 ft
50 - 60 Kt	- 1500 ft
> 60 Kt	- 2000 ft

6. Das Wetter - Gefahr der Hochgebirgsfliegerei

Unfalluntersuchungen zeigen immer wieder, dass die Primärursachen von Flugunfällen im Gebirge meist im Bereich einer fatalen Unterschätzung der Gefahren und der dadurch bedingten Sorglosigkeit zu finden sind. Eine dominierende Rolle in der Gebirgsfliegerei spielt dabei das Wetter, welches mit allen seinen Erscheinungsformen sehr stark durch die orographischen Verhältnisse beeinflusst wird. Die Alpenkette bildet großräumig eine markante Wetterscheide. Seiten- und Quertäler bewirken oft stark unterschiedliche Verhältnisse, so dass sich auf engstem Raum rasch wechselnde und deshalb schwer abschätzbare Flugbedingungen ergeben. Gegenüber dem Flachland setzen Wettereinbrüche meist rascher ein. Sie sind in ihren Erscheinungsformen vielfältiger und in der Auswirkung intensiver. Aber auch so genanntes Schönwetter sollte nicht unterschätzt werden. An den Gebirgshängen auftretende Wolkenbildung, deren Basis sich oft unterschiedlich und rasch verändern kann, sowie überraschend auftretende, durch Lee- oder Düseneffekte ausgelöste Luftströmungen können bei Flügen in einem Talgebiet oder bei Kammübergängen zu gefährlichen Situationen führen.

Einen besonderen Platz im alpinen Wettergeschehen nehmen die Föhnwetterlagen ein. Während an der Luvseite des Gebirges das Fliegen wegen der Staubewölkung meist unmöglich ist, zeigt sich leeseitig in der Regel schönes Wetter mit ausgezeichneter Fernsicht. Diese Aufklarungsgebiete sind jedoch von starker Turbulenz durchsetzt, die meist schon in den Tallagen beginnt und sich bis zu den Kammlagen hin verstärkt. Stärkste Turbulenz haben dabei die Rotoren, deren Intensität allgemein im Nahbereich des Geländes am größten ist. Bei diesen walzenförmig bewegten Luftmassen können nicht selten Vertikalgeschwindigkeiten von 20 m/sec und mehr vorkommen. Der Motorflieger, auch wenn sein Flugzeug stark motorisiert ist, tut gut daran diese Gebiete unbedingt zu meiden.

Wind und Temperatur			
ft/NN	Rich- tung	Stärke	Temp.
9.000	330°	35 Kt	-10° C
12.000	315°	60 Kt	-12° C
18.000	270°	90 Kt	-23° C

Für den hochalpinen Bereich kann die Wetterlage vom Meteorologen nur großräumig erfasst werden, da hier das Beobachtungsnetz zu weitmaschig ist. Der Pilot ist deshalb mit seinen Entscheidungen in erhöhtem Maß auf eigene Überlegungen angewiesen. Außer dem Wetterproblem hat die Gebirgsfliegerei noch andere Eigenheiten.

Die terrestrische Orientierung wird schwierig, wenn bei entsprechend geringer Flughöhe Tal und Bergformationen nicht ausreichend zu überblicken sind. Wer dann keine geeignete Karte mitführt oder die örtliche Geografie nicht gut im Kopf hat, kann leicht und unversehens in ein Tal einfliegen, das sich dann über kurz oder lang als Sackgasse entpuppt. Nicht selten ist der Pilot gezwungen, hautnah am Gelände zu fliegen. Besonders für Ungeübte ist es dann schwer, sichere Seitenabstände und Höhen über Grund richtig einzuschätzen. Dies gilt besonders beim Flug in der Nähe von Felswänden oder über ausgedehnten Schneefeldern, da es dabei meist an Bezugsmöglichkeiten fehlt. Eine besondere Gefahr für den Gebirgsflieger sind auch die künstlichen Hindernisse. Österreich ist ein kabelfreudiges Land. Talüberspannende Stromleitungen, Seilbahnen, Liftanlagen und Materialbahnen sind auch noch in den höchsten Regionen anzutreffen. Diese Luftfahrthindernisse sind wohl in den einschlägigen Karten eingetragen. In der Natur sind sie jedoch nur in frequentierten Bereichen, wie in der Umgebung von Flugplätzen oder entlang der Schlechtwetterwege durch Warnanstriche und Warnketten gekennzeichnet. Man sieht daraus, dass bei Gebirgsflügen die gesetzliche Mindestflughöhe von 150 m nicht immer genügt, um sicher zu fliegen. Mit diesem Hinweis auf einige besondere Probleme und Gefahren des Gebirgsfluges soll aufgezeigt werden, dass eine über das normale Maß hinausgehende Flugvorbereitung, ausreichende fliegerische Erfahrung, absolute Vertrautheit mit dem verwendeten Fluggerät und vor allem die verantwortungsbewusste Einstellung des Piloten wichtigste Voraussetzungen für einen gesicherten Flug sind. Der Anfänger soll jedoch stets bedenken, dass die Erfahrung nur schrittweise zu erreichen ist und dabei die Erkenntnis der Gebirgsflieger beherzigen: "Nie den Bergen respektlos nähern".

Im Folgenden werden typische Alpenwetterlagen beschrieben. Man unterscheidet zwischen turbulenten Strömungslagen und ruhigen, fliegerfreundlichen Wettersituationen mit geringen Luftdruckgegensätzen. Zur ersten Kategorie zählen die Westwetterlagen, Süd- und Nordföhnlagen und die in der Schweiz auftretende so genannte Bisenlage (typische Ost-/Nordostströmung). Bei Lagen mit geringen Luftdruckgegensätzen ist eine sehr schwache horizontale Luftbewegung charakteristisch. Darunter fallen Alpenhochdruckgebiete und Wettersituationen mit flacher Druckverteilung (geringe Luftdruckgegensätze über große Gebiete hinweg).

6.1 Gebirgswindzirkulationen

Wind entsteht bekanntlich durch die Verschiebung zweier Luftmassen von unterschiedlicher Dichte. Im Gebirge entsteht Wind vorwiegend durch die unterschiedliche Erwärmung der Erdoberfläche.

Erwärmte Luft hat infolge ihrer geringeren Dichte das Bestreben aufzusteigen, während kühlere Luft wegen der größeren Dichte gegen das Gebiet der aufsteigenden Luft - nach Ausgleich suchend - nachströmt. Damit entsteht ein Kreislauf, der beendet ist, wenn sich der Temperatenausgleich bei den Luftmassen eingestellt hat. Solche Winde müssen nicht in einer geometrischen Kreisbahn von einem Punkt zum anderen fließen, sondern können durch das Gebirge selbst wieder abgelenkt, beschleunigt oder verzögert werden.

6.1.1 Gebirgswinde

Ein Gebirgskomplex stellt bei Tag eine Wärmequelle gegenüber dem umliegenden tieferen Gelände dar, welches seinerseits als Kältepool aufgefasst werden kann. Und so kommt die besondere Aufheizung des Gebirges zustande:

- > Das Gebirge dringt besonders hoch in die Atmosphäre ein, wodurch der "Dunstfilter" kleiner ist,
- > die Oberfläche ist grösser,
- > Die Durchmischung der Luft innerhalb des Gebirges ist lebhafter, damit wird die Wärme rascher und in größere Höhen verteilt.

Nachts sind die Vorgänge umgekehrt. Aus diesem Grund wird die Zirkulation der Winde als tagesperiodisch bezeichnet. Und so spielt sich der gesamte Vorgang ab: Die über dem Gebirge liegende, aufgeheizte Luft muss aufsteigen. Als Ersatz wird vom umliegenden Tiefland Luft nachgeführt. Damit aber auch dort keine Verminderung der Luft entsteht, wird aus der freien Atmosphäre Luft nachgezogen. Somit entsteht ein geschlossener Kreislauf. In der Nacht verläuft der Kreislauf in umgekehrter Richtung. Diese Vorgänge werden als das "Atmen des Gebirges" bezeichnet.

Tagsüber liegen die Windgeschwindigkeiten normalerweise bei 4 bis 5 m/sek. Gebirgswinde entwickeln sich vor allem bei ungestörten Hochdruckwetterlagen.

6.1.2 Lokale Windarten

Es sind dies die typischen Schönwetterwinde, welche bei einem über den Alpen ausgebreiteten Hochdruckgebiet vorkommen. Der zeitliche Ablauf dieser Schönwetterwindzirkulation durchläuft unterschiedliche Phasen. Strömungen sind sehr stark von der Beschaffenheit und Neigung des Geländes und somit auch von der Sonneneinstrahlung abhängig. Wälder, Häuser oder sonstige Bodenerhebungen (also ungleiche Bodenbeschaffenheiten) ändern Geschwindigkeit und Stärke der Winde und können mitunter zu

starken Turbulenzerscheinungen führen.

6.1.3 Hangwinde

Diese Turbulenz kann sich sogar noch verstärken, wenn die Luft labil geschichtet ist. Die zeitweise Beschattung der Erdoberfläche durch Bewölkung lässt die Geschwindigkeit der Lokalwinde abflauen und nach dem Durchzug sofort wieder ansteigen. Die Ausdehnung der Hangwinde ist weitgehend von der Kammhöhe der umliegenden Gebirge abhängig. Hangwinde können mit Geschwindigkeiten von gut 5 Knoten noch etwa bis 1000 Fuß oberhalb der Kammhöhe wirksam sein, wobei die Hangaufwinde wesentlich intensiver sind als die Abwinde.

Hangaufwinde führen verhältnismäßig feuchte Talluft gegen die Kammhöhen. Da sich die Luft mit der Höhe abkühlt und sogar kondensiert, bilden sich bei aktivem Hangaufwind vom späten Vormittag an bis zum späten Nachmittag Quellwolken. Hangaufwind trifft man vorzugsweise in zerklüftetem Gelände an, da dort infolge der großen Oberfläche auch die Abstrahlung stärker ist.

6.1.4 Tal- und Bergwinde

Tal- und Bergwinde sind am besten in breiten und tiefen Tälern ausgebildet. Die Neigung des Tales und die Steilheit der Hänge üben ebenfalls großen Einfluss auf den Talwind aus. Das Maximum des Talwindes liegt zeitlich bei etwa 16:00 Uhr und das des Bergwinde bei 07:00 Uhr MEZ. Am ausgeprägtesten sind diese Winde an ungestörten Hochdrucktagen während des Sommers. Generell ist der Bergwind schwächer ausgebildet als der Talwind. Die größte Intensität findet man in 700 bis 1700 ft GND und am Taleingang. Wir erinnern uns an den Prüfungsstoff: Tagsüber Talwind (taleinwärts) und nachts Bergwind (talauswärts wehend).

6.1.5 Lokalwindanomalien

Durch die nächtliche Ausstrahlung bildet sich im Talgrund ein regelrechter Kaltluftsee, der verhindert, dass die Lokalwindzirkulation direkt auf den Talgrund übergreift. Sie kann also zuerst oberhalb des Kaltluftsees beginnen und höhlt diesen langsam aus, bis sie den Boden erreicht hat.

Da sehr viele große Alpentäler in West- Ost-Richtung liegen, stellt sich die Lokalwindzirkulation einseitig ein. Einseitig heißt, dass auf der sonnenbeschienenen Südseite eine aufwärts gerichtete, auf der Nordseite eine absteigende Zirkulation eintritt.

Die ungleiche Erwärmung auf beiden Seiten eines Passes (= unterschiedliche Luftdichte) bewirkt einen Druckunterschied, der den Passwind entstehen lässt. Der Passwind weht von der Luft mit der größeren Dichte zur Luft mit der geringeren Dichte,

d.h. also von der Schattenseite zur besonnten Seite (oder von der kalten zur warmen Seite). Auch dieser Wind ist an ungestörten Hochdrucktagen am ausgeprägtesten.

Beispiel St. Moritz

Viele Alpenflieger werden die Lokalwindzirkulation im Bereich von St. Moritz kennen. In Bergell entwickelt sich ein Talwind, der so stark ausgeprägt ist, dass der gegen den Maloja-Pass als Aufwind ansteigt und im dahinterliegenden Engadin bis gegen Zernez beobachtet werden kann. Seine Geschwindigkeit kann in St. Moritz bzw. Samedan bis zu 30 Knoten (!) erreichen. Die vertikale Ausdehnung beträgt etwa 2000 Fuss, wobei die Obergrenze meist durch eine markante Dunstschicht gekennzeichnet ist. Bei An- und Abflügen können solche Effekte böse Überraschungen mit sich bringen.

Selbstverständlich haben alle Alpentäler eine Lokalwindzirkulation. Um sie zu beurteilen, sind stets Talrichtung und Einstrahlung zu beobachten. Wer jedoch in große Höhen über die Alpen fliegt, wird von der Lokalwindzirkulation nichts merken.

6.1.6 Pass- und Gratwinde

Meist muss der Passwind auch noch eine Enge passieren, wodurch er kanalisiert wird und dadurch eine größere Geschwindigkeit bekommt. Der gleiche Effekt zeigt sich auch an einem Gipfelgrat. Liegt eine Seite des Gipfels im Schatten und die andere in der Sonne, so entsteht um den Grat herum eine Luftzirkulation, die von der Schattenseite zur Sonnenseite gerichtet ist und mitunter sehr heftig sein kann.

6.1.7 Gletscherwind

Luftmassen über einem Gletscher kühlen sich infolge der Ausstrahlung des Eises bis in Höhen von etwa 1500 Fuss über dem Gletscher ab. Daraus resultiert gegenüber der Umgebungsluft ein Temperaturunterschied. Der dabei entstehende Wind wird als „Gletscherwind“ bezeichnet. Er ist vom Gletscher zum Tal gerichtet und ist absolut unabhängig von der Sonneneinstrahlung, so dass er auch an bewölkten Tagen vorkommt. Außerhalb des Gletscherbereiches verflüchtigt sich der Gletscherwind rasch.

Muss ein Wind ein Gebirge überqueren, so wird der Luftstrom angehoben und sinkt nach dem Überströmen wieder nach unten ab. Dies bedingt über dem Gebirge eine Verstärkung der Windgeschwindigkeit, da die Menge der durchflossenen Luft gleichbleibt. Die Windveränderung wirkt sich erfahrungsgemäß bis in eine Höhe von etwa $\frac{1}{3}$ der Berghöhe aus.

6.1.8 "Gelände"- Wind

In der Nähe der Berge kann die Windströmung aufgrund von zerklüfteten Hängen sehr turbulent sein. Auf der Abwindseite sind öfter kräftige Wirbelbildungen anzutreffen. Die Luft wird erst in Richtung der Aufwinde weitergeführt, fällt dann aber plötzlich ab, wobei der Wind verschiedene Richtungen und Stärken annehmen kann.

Ein freistehender Berg beeinflusst den Wind auch in seiner horizontalen Komponente, da der Wind dem Berg ja rechts oder links ausweichen muss und somit die Geschwindigkeit auf beiden Seiten größer ist als über dem Gipfel.

6.2 Vorsicht bei Westwind auf der Alpennordseite

Mit einer ausgedehnten westlichen Höhenströmung werden feuchte Luftmassen vom Atlantik gegen Europa geführt. Darin eingelagert finden sich häufig Tiefdruckgebiete mit Fronten, die im zeitlichen Abstand von ein bis zwei Tagen über Mitteleuropa hinwegziehen.

Die Wetteraktivität ist auf der Alpennordseite meist stärker ausgeprägt als auf der Südseite. Die Ausbildung einer typischen Westwindlage zeigt, dass sich an der Warmfront ausgedehnte Wolkenmassen bilden, die weite Teile der Alpen überdecken. Im Warmsektor (zwischen Warm- und Kaltfront) lockert die Bewölkung vor allem mit zunehmendem Abstand vom Zentrum des Tiefdruckgebietes, immer weiter auf.

Das Wolkenband an der Kaltfront dagegen ist wesentlich schmaler. Speziell im Sommer ist hier mit der Bildung von Gewitterwolken zu rechnen. Hinter der Kaltfront an der Rückseite, entstehen in der frischen Kaltluft Quellwolken mit Schauern. Im Frontbereich selbst erwarten uns tiefe Wolken, schlechte Sichten, Turbulenzen und in den Wolken muss mit Vereisung gerechnet werden (vor allem zwischen 0 Grad Celsius und -10 Grad Celsius). Die Alpengipfel sind bei beginnendem Niederschlag rasch in Wolken gehüllt. Mit kräftigen Windsprüngen (Windscherungen) an den Fronten ist zu rechnen. Auf der Rückseite wechseln sich gute und sehr schlechte Wetterverhältnisse ab.

6.3 Südföhnlage - Böen und Leewellen

Die Wetterkarte zeigt bei Südföhn stets eine typische Druckverteilung: Ein Tiefdruckgebiet im Raum Nordfrankreich, Südengland und Ärmelkanal - ein kleinräumiges Hoch über Oberitalien. Die Isobaren (Linien gleichen Bodenluftdruckes) weisen über den Alpen dabei eine S-Form auf, die Föhnlinie. Die Föhnlage kann mehrere Stunden, aber auch einige Tage andauern. Durch den höheren Druck im Süden (Differenz bis zu 10 hPa) kommt es zu einer Südströmung feuchter Mittelmeerluft, die an der Alpensüdseite zuerst trockenadiabatisch aufsteigt und sich um ca. 3 ° C/1000 ft abkühlt.

Bei Erreichen des Kondensationsniveaus bildet sich eine Wolkenmasse, die als Staubewölkung eine Dicke von 4000 bis 6000 Meter annehmen kann. Durch die anhaltende Zufuhr feuchter Luft verdichtet sich die Bewölkung immer mehr, bis schließlich auf der Südseite Niederschlag einsetzt: Die Wolken regnen sich aus. Durch den Kondensationsvorgang (Wolkenbildung) wird nun Kondensationswärme frei, welche die Temperaturabnahme auf 2 Grad /1000 ft verringert. Die Luft steigt jetzt unter feuchta-diabatischer Abkühlung bis zum höchsten Punkt weiter auf. Wenn sich gesättigte Luft wieder abwärts bewegt (trockenadiabatisch), erwärmt sie sich in gleichem Maße, wie sie sich beim Aufsteigen in der ersten Phase abkühlt (3 Grad C/1000 ft), vorausgesetzt, das in flüssiger Form enthaltene Wasser verdunstet schnell genug, um den Sättigungsprozess aufrecht zu erhalten. Die Temperatur der sinkenden Luft auf der Nordseite kann über 10 Grad höher liegen als auf der gleichen Höhe im Süden. Auch ist die Luft jetzt trockener. Folge: Die Bewölkung löst sich auf. In dieser wolkenfreien Zone oder "Föhnluke" kann es allerdings Böenspitzen von mehr als 70 Knoten geben. Am Hauptkamm sind sie sogar über 100 Knoten schnell. Als Folge der Hebung der Luft an den Alpen entstehen auf der Leeseite bis in große Höhen Strömungswellen, die sogenannten Leewellen. Bis weit ins Voralpenland hinaus bilden sich auf dem Wellenberg dann linsenförmige Wolken (Lenticularis), die wegen ihrer Form als "Föhnfische" bezeichnet werden. In den unteren Luftschichten - meist unter Kammhöhe - entstehen an bestimmten Orten Walzen mit horizontaler Achse (Rotoren). In solchen Rotoren sind Auf- und Abwindstärken von mehr als 25 Meter pro Sekunde keine Seltenheit. Im Südbereich der Alpen erwartet uns bei einer Südföhnlage natürlich schlechtes Flugwetter mit intensiven Niederschlägen und nahezu aufliegenden Wolken. Der Alpenkamm befindet sich in Wolken. Im Sommerhalbjahr muss man hier mit Gewittern und starken Turbulenzen rechnen. Auf der Alpennordseite dagegen sind die Sichten hervorragend. Dafür lauern auch hier Turbulenzen und die gefürchteten Windscherungen.

6.4 Nordföhn folgt meist einer Kaltfront

Bei Nordföhn liegt das Hochdruckgebiet etwa südwestlich von Irland, das Tiefdruckzentrum dagegen im südlichen Bereich der Adria. Es fließt feuchte Nordseeluft gegen die Alpen. Das Stauegebiet bildet sich jetzt an der Alpennordseite. Die Niederschläge sind allerdings bei weitem nicht so intensiv wie bei der Südföhnlage. Auf der Alpensüdseite kommt es entsprechend zu Leewellen und Rotoren. In der Staubewölkung treffen wir auf mäßige bis starke Vereisung. Zum Osten der Alpen hin intensivieren sich die Niederschläge. Dort ist mit noch schlechteren Sichten und tieferen Wolkenuntergrenzen zu rechnen. Auf der Alpensüdseite treffen wir auf kräftige Turbulenzen. Eine typische Ost- bis Nordostströmung über der Schweiz,

die durch ein Hoch über den britischen Inseln und ein Tief über dem Mittelmeer verursacht wird, heißt Bise.

6.5 In den Schweizer Alpen weht bei Bisenlage Ostwind

Der Abstand zwischen den Alpen und der Jurakette wird gegen Westen zu immer kleiner und erreicht im Bereich des Genfer Sees seine engste Stelle. Die von Nordosten her anströmende Luft wird zwischen diesen beiden Gebirgszügen kanalisiert. In den unteren Luftschichten wird deshalb die Windgeschwindigkeit gegen die Westschweiz zu immer größer. In Genf wurden bei Bisenlagen Spitzenböen von mehr als 50 Knoten gemessen. Wir haben demnach vor allem in den Westschweizer Alpen mit starken Winden und Turbulenzen in den bodennahen Luftschichten zu rechnen. In der kalten Jahreszeit bildet sich aufgrund der hohen Feuchte eine tiefe Schichtbewölkung aus. Diese Hochnebeldecke kann bis in die Alpentäler dringen. Darunter sind die Sichten meist sehr schlecht.

6.6 Alpenhoch - Schönes Wetter?

Von dieser Lage wird gesprochen, wenn das Zentrum eines ausgedehnten Hochdruckgebietes in Alpennähe angetroffen wird. Wegen geringer Luftdruckunterschiede ist die Luftbewegung im Hoch nur sehr schwach ausgeprägt. Alle atlantischen Fronten ziehen um das Hochdruckgebiet herum, ohne das Wetter im Alpenraum zu beeinflussen. Im Hoch sinkt bekanntlich die Luft ab. Durch das Verdichten erwärmt sie sich, die relative Luftfeuchte nimmt ab und Wolken lösen sich auf. Hochdruckgebiete sind also Schönwettergebiete, die einige Tage, aber auch mehrere Wochen andauern können. Lediglich in den Niederungen der Alpennordseite sind jahreszeitliche Unterschiede zu verzeichnen. Im Sommer herrscht in den Tälern schönes Wetter und höchstens mal stärkerer Dunst. Im Winter dagegen kühlen sich die Erdoberfläche und die unmittelbar aufliegenden Luftschichten ab. Es entstehen ausgedehnte Nebelfelder, die sich in den Monaten November bis Januar tagsüber nicht immer auflösen.

Im Sommer kann es bei Abschwächung des Hochs vereinzelt zu Wärmegewittern kommen. Bei sehr hohen Temperaturen wird die Luftdichte gering und wir haben mit reduzierten Motorleistungen zu rechnen.

6.7 Entstehung von Wärmegewittern

Auf der Wetterkarte kann diese Lage erkannt werden, wenn nur wenige Isobaren zu sehen sind. Die Druckunterschiede über ganz Mitteleuropa sind äußerst gering. Die horizontale Luftbewegung ist schwach. Wir sprechen hier von einer typischen Sommerwetterlage, die nicht mit einer Hochdrucklage verwechselt werden darf. Das Absinken der Luftmassen fehlt. Die Quellwolkenbildung wird nicht gehemmt, sondern sogar gefördert. Wärmegewit-

ter sind an der Tagesordnung, vor allem über den Voralpen und dem Schweizer Jura. Ihre größte Aktivität findet am späten Nachmittag statt. In Gewitternähe treffen wir auf starke Böen und Windscherungen. Häufig herrscht starker Dunst. Bei ausbrechenden Gewittern entstehen kräftige Niederschläge, örtlich kann auch Hagel niedergehen.

7. Die rettende Talkurve

Das Fliegen in Alpentälern hat für Piloten leider viele Schattenseiten. Örtliche Auf- und Abwinde, Engstellen, wechselnde Wolkenuntergrenzen, fehlende Notlandemöglichkeiten und mangelnder Funkempfang, um nur einiges zu nennen. Eine gute Flugvorbereitung ist deshalb ein Erfordernis der Alpenfliegerei. Trotz alledem lässt sich manchmal eine lokale Wetterverschlechterung nicht vorhersehen, nicht einmal vom Meteorologen. Bei Wetterverschlechterung geht oft auch die Flugsicht zurück. Mögliche Hindernisse werden erst spät sichtbar. Vom ersten Wahrnehmen eines Hindernisses bis zum Entschluss zur Umkehr und dem Einleiten der Steuerbewegung vergeht eine Zeit, die für jeden Piloten verschieden ist. Aber mit mindestens 5 bis 10 Sekunden muss man rechnen. Während dieser Zeit fliegt das Flugzeug geradeaus weiter. Bei 140 Knoten Geschwindigkeit werden dabei 350 bis 700 Meter zurückgelegt, bei 60 Knoten immerhin noch 150 bis 300 Meter.

Durchmesser einer Kehrtkurve in Metern und Abhängigkeit von Fahrt- und Schräglage				
Fahrt Kt	Schräglage (Grad)			
	15	30	45	60
60	724	336	194	112
80	1288	598	346	200
100	2014	934	540	312
120	2900	1346	778	448
140	3949	1832	1058	610
160	5156	2392	1382	798

Was tut man nun, wenn in ein Tal unter einer geschlossenen Wolkendecke eingeflogen wurde, die am Talende aufliegt? Antwort: Frühzeitig den Entschluss zum Umkehren fassen, sonst geht nichts mehr. Dass man die Täler hinsichtlich ihrer Richtung anhand der Kompassanzeige kontrolliert und die Richtung des im Tal befindlichen Bachlaufs kennt, ist selbstverständlich. Das Wasser fließt bergab und zeigt so immer den Weg aus dem Tal heraus. Für die Umkehrkurve im Tal steht meist nur beschränkter Platz zur Verfügung. Deshalb muss Kurvenfliegen mit

engem Radius beherrscht werden. Also: Wenn das Wetter und die Sichtbedingungen schlechter werden, sollte man die Geschwindigkeit verringern. Da bei niedrigen und gleichförmigen Wolkenuntergrenzen vertikale Luftströmungen nicht auftreten, können wir dies unbesorgt tun. Am besten wird die Geschwindigkeit auf den Wert der empfohlenen Landeanflugsgeschwindigkeit reduziert und die Klappen in Startstellung ausgefahren.

Diese Aktion ist vorteilhaft, weil sich dadurch auch die Abreißgeschwindigkeit verringert. Voraussetzung für einen engen Radius ist geringe Fahrt. Wir erinnern uns: Der Kurvenradius ist bei gleicher Schräglage dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional. Er hat mit der Größe oder dem Gewicht des Flugzeuges nichts zu tun. Während mit 60 Grad Schräglage und 60 Knoten innerhalb von 120 Metern eine Umkehrkurve geflogen werden kann, benötigt man bei 15 Grad Schräglage und 160 Knoten schon mehr als 5 (fünf!) Kilometer. Ein solcher Freiraum steht in engen Bergtälern selten zur Verfügung. Darum ist anzuraten im Tal mit größeren Schräglagen zu kurven. Es darf dabei allerdings nicht vergessen werden, dass sich die Überziehungsgeschwindigkeit einerseits durch das Klappensetzen zwar verringert, andererseits aber durch die Schräglage beim Kurven wieder erhöht: Bei 45 Grad um etwa 30 Prozent, bei 60 Grad schon um 40 Prozent!

Angaben über Abkippgeschwindigkeiten					
Kurvenneigung	0°	20°	40°	50°	60°
IAS/Kt	64	66	73	80	91

Wenn sie aber mit der empfohlenen Anfluggeschwindigkeit und Klappen fliegen, haben sie genügend Reserve. Wenn es irgendwie geht, macht man die Kehrtkurve nach links. Der links sitzende Pilot kann besser in die Kurve schauen. Tiefdecker sind da im Vorteil.

Um sich Platz für die Kurve zu schaffen, bewegt man sich am besten möglichst nahe an den rechten Talrand heran. Normalerweise fliegt man bei schlechter Sicht wegen möglicher Seilbahnen, vor allem nicht markierter Holzfällerseilbahnen in der Talmitte). Dann richtet man den Blick auf die gegenüberliegende Talseite, also auf den Punkt, an dem man "herum" sein sollte. Die Kurve wird zügig bis zur gewünschten Schräglage eingeleitet. Bitte beachten Sie dabei genauestens ihre Fahrt.

Wer im Fliegen von 45 Grad-Kurven keine Übung hat, sollte dies unbedingt vorher im Flachland üben, am besten über einen markanten Geländepunkt (Autobahndreieck), damit zugleich auch festgestellt werden kann, wie groß der Wenderadius ist. Sobald bei Annäherung an die Talmitte das Flugzeug quer zur Richtung des Tales steht, kann man gut beurteilen, ob man noch steiler kurven muss oder ob es reicht.

Falls der erste Teil der Kurve zu flach war, wird es schwie-

rig. Enger kurven heißt, dass man sich der Abreißgeschwindigkeit bedenklich nähert. In dieser Situation ist dann unbedingt die Motorleistung zu erhöhen und Höhe sollte aufgeben werden, wenn die Flughöhe über Grund dies zulässt. Bitte bedenken sie jedoch, dass sich mit der erhöhten Motorleistung sich nicht sofort auch die Geschwindigkeit erhöht, wohl aber der Luftstrom über dem rumpfnahen Tragflächenteil. Damit wird der Auftrieb größer, beziehungsweise die Abreißgeschwindigkeitsgrenze niedriger. Es ist deshalb ratsam, zunächst so steil wie möglich die Kurve einzuleiten, damit noch Reserven zur Verfügung stehen.

Verschiedentlich wird auch empfohlen, zur Reduzierung der Geschwindigkeit das Flugzeug hochzuziehen, also einen verwaschenen Turn zu fliegen. Davon ist auch geübten Kunstflugpiloten abzuraten. Der Grund: Wegen der sicherlich vorhandenen geschlossenen Wolkendecke

besteht die Gefahr, in die Wolken einzufliegen. Und dann ist die Sicht gleich Null. Außerdem ist Kunstflug in Bodennähe nicht jedermanns Sache. Der bessere Weg ist die Herabsetzung der Geschwindigkeit und die rechtzeitige Umkehrkurve.

Wer den vorgeschriebenen seitlichen Abstand von 150 Metern zu den Talrändern einhält (siehe Luftverkehrsordnung) hat einen freien Raum von rd. 300 m Durchmesser für die Umkehrkurve zur Verfügung. Und dazu braucht man laut Tabelle (siehe Seite 13) nicht einmal mehr als 45 Grad Schräglage bei 70 Knoten, aber schon 60 Grad bei 100 Knoten - darüber geht es gar nicht mehr. Mit 45 Grad Schräglage und einer Fahrt von 80 Knoten ist der Kurvendurchmesser ca. 350 Meter. Diesen Richtwert sollte man sich merken. Er ist so etwas wie die Garantie für das Gelingen einer engen Umkehrkurve.

Selbstverständlich wird immer davon ausgegangen, dass sich das Gewicht und der Schwerpunkt immer innerhalb der Betriebsgrenzen befindet. Weiterhin ist zu bedenken, dass es sich bei den vorangegangenen Tabelleninhalten nur um Beispielwerte handelt.

8. Fliegen in großen Höhen und Auswirkungen auf den Körper

8.1 Allgemeines

Gesundheitszustand und Tageskondition bestimmen weitgehend das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit des Menschen. Der Pilot ist weit mehr als andere Verkehrsteilnehmer darauf angewiesen, körperlich und geistig fit zu sein. Konzentrationsfähigkeit und Reaktionsvermögen, gutes Sehen und wache Aufmerksamkeit sind persönliche Voraussetzungen für sicheres Fliegen. Verschiedene Faktoren können die Flugtauglichkeit - teils erheblich - beeinträchtigen. Nachteilige Beeinträchtigungen treten besonders dann auf, wenn mehrere Einflüsse gleichzeitig

wirksam werden, so zum Beispiel Ärger und Sauerstoffmangel, Erkältung und Ermüdung.

Ganz besonders gilt dies für die negativen Auswirkungen gleichzeitiger Alkohol- und Medikamenteneinnahme. Wer Medikamente einnimmt, ist nicht völlig gesund und in seiner Kondition beeinträchtigt. Bei einer großen Zahl von Medikamenten ist die Verkehr- und damit erst recht die Flugtauglichkeit erheblich herabgesetzt.

Bei Flügen in den Alpen bzw. über 10.000 ft (*Reaktionsschwelle*) treten infolge Sauerstoffmangel Funktionsstörungen (Sorglosigkeit, Konzentrationsschwächen, Kräftenachlass oder sogar Krämpfe) auf, denen in großer Höhe meist plötzliche Ohnmacht folgt. Die Widerstandskraft gegenüber dieser Höhenkrankheit (Höhenfestigkeit) wird durch Krankheiten - besonders auch durch Fieber, Alkohol, verschiedene Medikamente, Schlafmangel und Kohlenmonoxid - unterschiedlich stark beeinträchtigt. Meiden Sie daher bei fehlender Sauerstoffversorgung Flüge über 10.000 Fuß.

8.2 Sauerstoffmangel

Sauerstoffmangel entsteht, wenn zu wenig Sauerstoff ins Gewebe gelangt und dadurch die Zelle in ihrer Funktion beeinträchtigt wird. Dies kann durch Absinken des Sauerstoffteildruckes mit zunehmender Höhe bedingt sein. Aber auch bei gestörter Blutzirkulation bei Kreislaufschwäche oder Blutverlust nach Verletzungen und Operationen kommt zu wenig Blut zu den Zellen.

Auch durch bestimmte Zellgifte kann der Stoffwechsel und damit die Sauerstoffaufnahme in der Zelle gestört sein. Im Rahmen der Flugtauglichkeitsuntersuchungen werden daher alle Blut-, Herz- und Kreislaufkrankungen durch Laboruntersuchung, EKG, Blutdruckmessung und Bestimmung des Atemvolumens ausgeschlossen. Physikalische Grundlage für die Sauerstoffmangelkrankheit ist das Daltonsche Gasgesetz, nach dem der Gesamtdruck eines Gases gleich der Summe der Teildrücke der Einzelgase ist. In Meereshöhe ist der Sauerstoffteildruck der Atemluft 160 mmHg und damit genügend hoch, um die Sauerstoffdiffusion zur Zelle hin zu gewährleisten.

Beim Einatmen wird die Luft angefeuchtet, und die Gasanteile Sauerstoff und Stickstoff werden durch Kohlendioxid und Wasserdampf ergänzt. Mit steigender Höhe sinken die Partialdrücke der einzelnen Gase ab, so dass die für das Leben erforderliche Diffusionsdifferenz sehr schnell verloren geht und die Zelle nicht mehr genügend Sauerstoff erhält.

Der Körper hat Möglichkeiten, den beginnenden Sauerstoffmangel zu kompensieren. Sie liegen vor allem in der Steigerung von Pulsrate und Schlagleistung des Herzens sowie der Erhöhung von Atemfrequenz und Atemtiefe. Es wird dadurch versucht, von au-

ßen mehr Sauerstoff aufzunehmen und zur Zelle zu transportieren. Mit zunehmender Höhe reicht dieser Kompensationsmechanismus nicht mehr aus, und der Körper beginnt auf den Sauerstoffmangel zu reagieren.

In der *Indifferenzzone* (bis ca. 6000 ft) wird trotz des fallenden Sauerstoffteildruckes in der Atemluft der vorhandene Sauerstoff optimal ausgenutzt. Als einzige Störung kann eine Verschlechterung des Nachtsehvermögens auftreten, da die Sinneszellen der Netzhaut gegenüber Sauerstoffmangel besonders empfindlich sind.

Die *Reaktionsschwelle* liegt bei ca. 6.000 bis 7.000 ft. Der Körper steigert Herz- und Atemfrequenz, er reagiert. Vollständige Kompensation ist aber noch möglich. Der gesunde Körper kann einen Sauerstoffmangel in Höhen bis zu 10.000 oder 12.000 ft ausgleichen, ohne Schaden zu erleiden. Anders dagegen ist die Situation bei Passagieren mit Herz-, Kreislauf-, Atemwegs- oder Blutkrankheiten. Ihnen stehen diese Reserven nicht zur Verfügung, wodurch ihre Flugreisefähigkeit eingeschränkt wird.

Bei ca. 12.000 ft liegt die *Störschwelle*. Die Kompensationsmechanismen des Körpers reichen nicht mehr aus, und es kommt zu ersten Symptomen. Bei 22.000 ft ist die kritische Schwelle erreicht. Der Sauerstoffmangel kann nicht mehr kompensiert werden, und die Situation wird lebensbedrohlich. Je nach Höhe wird zuerst die Handlungsfähigkeit beeinträchtigt, später schwindet das Bewusstsein. Ist Hilfe auch durch Fremdrettung nicht möglich, führt der Sauerstoffmangel zum Tod.

Die Zeit, die vom Eintreten des Sauerstoffmangels bis zur Handlungsunfähigkeit zur Verfügung steht, wird Selbstrettungszeit (time of useful consciousness) genannt. Sie hängt von der Höhe und der Sauerstoffversorgung ab.

Die Kenntnis der individuellen Symptome ist wichtig, da die Sauerstoffmangelkrankheit mit oft harmlos erscheinenden Anzeichen beginnt. Sie muss aber wegen der Gefährlichkeit sofort erkannt werden. Die typische Anhebung der Stimmungslage (Euphorie) lässt die Ernsthaftigkeit der Situation verkennen und schwerwiegende Folgen können auftreten.

Während in der Indifferenzzone und der Zone der vollständigen Kompensation außer eventuellen Störungen des Nachtsehens noch keine Beschwerden auftreten, sind ab der Störschwelle Symptome zu erwarten, die mit zunehmender Höhe deutlicher werden.

Anfangssymptome :

- > Müdigkeit und Benommenheit
- > Wärme- und Kältegefühl in der Haut
- > Druckgefühl im Kopf
- > Gefühlsstörungen in den Extremitäten
- > Sehstörungen und Schwindel

Ausgeprägte Symptome:

- > Gesichtsfeldeinschränkungen
- > Klopfen und Hämmern im Kopf
- > Konzentrationsschwäche
- > Euphorie und Kritiklosigkeit
- > Muskelzucken und Bewusstseinsintrübung

Als Gegenmaßnahme um dem Sauerstoffmangel entgegenzuwirken, muss der Sauerstoff in der Atemluft vermehrt werden. Falls im Flugzeug keine Sauerstoffanlage vorhanden ist, muss sofort Höhe aufgegeben werden um in dichtere, sauerstoffreichere Luftschichten zu kommen.

8.3 Auswirkung der Druckänderung

Bekanntlich nimmt der Druck mit zunehmender Höhe ab. Die gasgefüllten Hohlräume im menschlichen Körper sind durch natürliche Öffnungen mit der Außenwelt verbunden. Dadurch können Gase, deren Volumen sich ändert, abfließen oder nachströmen. Ist dies durch mangelnde Funktion oder Verschluss einer der Öffnungen erschwert oder nicht möglich, so entsteht in den nun geschlossenen Körperhöhlen Unter- oder Überdruck, und es können sehr unangenehme Beschwerden auftreten oder sogar organische Schäden entstehen.

8.3.1 Mittelohr und Tubenfunktion

Beim Aufstieg dehnt sich die Luft im Mittelohr aus und entweicht durch die Tuben. Beim Abstieg zieht sich die Luft zusammen und muss ersetzt werden. Bei Bedarf werden die Tuben, die normalerweise geschlossen sind, durch Schluck, Kau- oder Gähnbewegungen geöffnet, und Luft kann ins Mittelohr nachströmen. Durch die ständige Änderung des Luftvolumens während des Auf- und Abstieges muss die Tube sehr häufig geöffnet werden, um portionsweise den Druckausgleich zwischen Außenluft und Mittelohr herstellen zu können.

Bei Schnupfen oder Halsentzündung ist die Schleimhaut im Bereich der Tubenöffnung im Nasenrachen angeschwollen und die Funktion erschwert oder unmöglich. Bei Aufstieg kann die Luft zwar noch ohne Probleme entweichen, beim Abstieg dagegen kann

sie durch die verschlossene Tube nicht nachströmen, und es entsteht ein Unterdruck im Mittelohr. Das Trommelfell wird nach innen gedrückt, und es treten heftige Schmerzen auf. Bei plötzlicher Druckänderung (zu rascher Sinkflug ohne Druckkabine) kann es zu Blutungen des Trommelfelles und zu blutigem Erguss im Mittelohr kommen.

8.3.2 Nasennebenhöhlen

Durch die Volumenzunahme in den Nebenhöhlen strömt beim Aufstieg normalerweise die Luft ungehindert Aber kleine Öffnungen zum Nasenraum. Beim Schnupfen können sich diese Öffnungen durch Anschwellen der Schleimhaut ebenfalls verschließen. Durch den fehlenden Druckausgleich beim Aufstieg erzeugt dann der Unterdruck sehr unangenehme Schmerzen im Bereich der Kiefer- und Stirnhöhlen. Bei zu schnellem Abstieg kann es sogar zu Blutungen in die Schleimhaut kommen.

8.3.3 Druckfallkrankheit

Nach dem Henryschen Gasgesetz ist die in einer Flüssigkeit gelöste Gasmenge umso größer, je höher der Druck auf das Gas über der Flüssigkeit ist. Bei Druckminderung werden die gelösten Gase wieder frei. Auch im menschlichen Körper, der ja zum Großteil aus Flüssigkeit besteht, sind die Gase der Atemluft - Stickstoff und Sauerstoff gelöst, umso mehr, je größer der Außendruck ist. Am meisten also in Meereshöhe. Sinkt nun mit zunehmender Höhe der Außendruck, so werden die gelösten Gase wieder frei. Erfolgt die Druckabnahme langsam, so kann das freiwerdende Gas über die Lunge abdifferenzieren. Erfolgt der Druckabfall plötzlich, so wird eine größere Gasmenge in kurzer Zeit frei. Während der Sauerstoff durch seine hohe Affinität am Hämoglobin (Bestandteil des Blutes) gebunden, abtransportiert und abgeatmet wird, bleibt der Stickstoff in Bläschenform im Körper. Je nach Lokalisation und Größe der Stickstoffbläschen entstehen die Symptome der Druckfallkrankheit.

Die Symptome der Druckfallkrankheit bewirken die Stickstoffbläschen im Gewebe und in den kleinsten Gefäßen. Sie bewirken Beschwerden in der Haut, in den Gelenken und im Brustraum. Die Symptome von seiten des Nervensystems sind gefährlich.

8.3.4 Zähne

Schlecht sanierte Zähne können eingeschlossene Hohlräume enthalten und durch Änderung des Luftvolumens zu starken Zahnschmerzen führen. Beste Sanierung der Zähne ist daher nicht nur aus hygienischen und gesundheitlichen Gründen notwendig.

9. Zusammengefasste Checkpunkte

- 9.1 Zusätzlich zum GAFOR eine detaillierte Wetterberatung einholen (www.flugwetter.de).
- 9.2 Laufende Wettermeldungen über VOLMET (Frequenz 130,47 MHz) während des Fluges abhören, soweit noch über VOR möglich.
- 9.3 Sorgfältige Flugvorbereitung (evtl. mit Spezialhöhenkarten)
- 9.4 Vor dem Flug die Hindernisse studieren! Man muss nach Höhenlinien fliegen können.
- 9.5 NOTAMS lesen !
- 9.6 Markante Geländemerkmale vor dem Flug einprägen, eventuell auf der Karte anmerken, etwa: Haupt- und Nebentäler, Pässe, Gebirgszüge, Flüsse, Straßen, Eisenbahnen, Seen usw.
- 9.7 Richtung der wichtigsten Täler auf der geplanten Flugstrecke notieren.
- 9.8 Einzelne Anhaltspunkte festhalten: Talsperren, Straßentunnel, Hochspannungsleitungen über Passhöhen, Tälern- oder Flüssen, Alphütten, abgelegene Häuser, obere Seilbahnstationen, Seen, Gebirge
- 9.9 Pass und Grathöhen notieren! Flughöhe mit aktuellem QNH und Temperatur errechnen.
- 9.10 Notlandemöglichkeiten vermerken und immer wieder nach ihnen Ausschau halten!
- 9.11 Einen Ausweichflugweg festlegen, für den Fall, dass sich der vorgesehene Flugweg als nicht fliegbar herausstellt.
- 9.12 Der Kraftstoffvorrat muss bis zu einem oder mehreren Ausweichlandeplätzen oder wieder zurück zum Ausgangsplatz reichen. Beachten sie den Verbrauch im Steigflug!
- 9.13 Vor dem Flug Überlegungen anstellen, was zu tun ist, wenn die Orientierung verloren geht.
- 9.14 Wetter: Man muss über die allgemeine Wetterlage im Bilde sein. Ferner sollte die Weiterentwicklung des Wetters auf beiden Alpenseiten beurteilt werden können.

- 9.15 Bei einer Alpenüberquerung Auskunft über die Wetterlage am Zielflugplatz und Tendenz einholen; bei Abraten des Meteorologen auf den Flug verzichten!
- 9.16 Windrichtung und Stärke in verschiedenen Höhen erfragen.
- 9.17 QNH-Werte von Nord- und Südseite der Alpen können wertvolle Hinweise liefern.
- 9.18 Bei Föhnlage auf den Alpenflug verzichten!
- 9.19 Gefahrenhinweise der Wetterstellen eingehen prüfen.
- 9.20 An die Vereisungsgefahr denken!
- 9.21 Koppelnavigation: Stets Flugzeit von einem Anhaltspunkt aus notieren (ETO, ATO)! Dabei Kraftstoffverbrauch überwachen. Beachten Sie ferner, dass der Verbrauch im Steigflug wesentlich höher ist (Flughandbuch!)
- 9.22 Eine festgelegte Kraftstoffreserve möglichst nie angreifen.
- 9.23 Gefahrenzonen, Sperrgebiete müssen bekannt sein.
- 9.24 Bei Alpenflügen in das Ausland den Flugplan nicht vergessen (Schweiz, Italien).
- 9.25 Wichtige Funkfrequenzen notieren und ein ELT mitführen.
- 9.26 Höhenmesser richtig auf QNH einstellen! Höhenmesseranzeigen mit bekannten Punkten im Gelände vergleichen.
- 9.27 Luftraum beobachten.
- 9.28 Prüfung der Abtrift; Windrichtung und Geschwindigkeit überprüfen.
- 9.29 Wenn Notzeichen vom Boden her wahrgenommen werden (etwa durch Bergsteiger), den Leuten zu erkennen geben, dass man sie gesehen hat (durch Kreisen bzw. Heben und Senken der Tragflächen) und durch Funk möglichst die genaue Lage weitermelden oder auf dem nächsten Platz zwischenlanden und Bescheid geben. Hilfeleistung geht vor Flugdurchführung!
- 9.30 Weiß man nicht mehr, wo man ist, dann ohne langes Zögern zum letzten bekannten Punkt zurückfliegen. Jeden Entschluss rechtzeitig treffen!
- 9.31 Begeben Sie sich nie in eine ausweglose Lage!

9.32 Geht's nicht, dann kehren wir um

9.34 Achten Sie auf Täuschungen!

9.35 Sicherheitshöhe: 1.000 ft über Grund

9.36 Passanflüge bei ruhigem Wetter in der Mitte; bei unruhiger Luft (Leeseite) im 45° Winkel, damit noch eine Umkehrkurve eingeleitet werden kann.

Die in diesem Text verwandten technischen Daten und Anflugkarten mit Frequenzen können durch die laufenden Revisionen überholt sein und dienen deshalb lediglich als "rein repräsentative Musterbeispiele" für die theoretische Ausbildung.

Ferner fehlen in diesem Text, gegenüber der Originalbroschüre verschiedene Abbildungen und Zeichnungen.

Quellennachweis:

Fliegermagazin
Sicherer Flug Aber die Alpen
Gefahrenhandbuch für Piloten
Flugmedizin für Piloten
Complete Instrument Pilot
Der Privatflugzeugführer