



Traumpanorama mit einem kleinen Schönheitsfehler. Nur mit ausreichender Sauerstoffversorgung sind Höhen jenseits von 4000 Metern sicher.

Höhenflüge

Ohne Sauerstoff ist's unprofessionell

Höhenflüge haben einen besonderen Reiz. Sei es bei der Alpenüberquerung, beim Wellensegelflug oder auch nur, um in dünneren Luftschichten oder mit Hilfe der Jetstreams schneller vorwärts zu kommen. Allerdings sollte man einige essentielle Dinge in dieser lebensfeindlichen Umgebung beachten.

Ist die Luftraumnutzung in Deutschland mit 10 000 Fuß für den normalen Sichtflieger gedeckelt, steigt dieses Limit im Alpenraum teilweise bis FL 195 an. Die gesetzlichen Vorgaben für Zusatz-Sauerstoff sind in dieser Hinsicht eindeutig. So schreibt die LuftBO (Betriebsordnung für Luftfahrtgerät) vor, dass Luftfahrzeuge ohne Druckkabine, die nicht gewerbsmäßig betrieben werden, mit einer Sauerstoffanlage und Atemgeräten sowie einem angemessenen Sauerstoffvorrat ausgestattet sein müssen, wenn sie mehr als 30 Minuten in Höhen über 3600 m (12 000 Fuß) GND fliegen, oder wenn sie 4000 m (13 000 Fuß) übersteigen.

Wie der menschliche Körper auf O₂-arme Luft reagiert, ist sehr unterschiedlich. Während der eine Körper die Höhe relativ gut wegsteckt, und sich Hypoxie-Anzeichen erst spät bemerk-

bar machen, treten bei dem anderen schon Beeinträchtigungen in Flughöhen von 8000 Fuß auf, also weit unter der gesetzlichen Grenze.

Die ersten Reaktionen des Körpers können sehr unterschiedlich ausfallen: Der eine fühlt ein leichtes Kribbeln in den Fingerspitzen, der andere stellt ein beeinträchtigtes Sehvermögen als Anhaltspunkt zum Handeln fest. Ein weniger erfahrener Pilot aber wird nicht merken, wenn sein Gehirn das Vermögen verliert, vernünftige Entscheidungen zu treffen. Ist die Sauerstoff-Unterversorgung erst einmal eingetreten, wird es auch immer schwieriger, entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Kopfschmerzen, erhebliche Konzentrationschwächen, der gefürchtete Tunnelblick mit eingeschränktem Sehfeld, oder auch Euphorie sind Merkmale, bei denen wirklich unver-



Wenn Christian Böhm allein unterwegs ist, platziert er die Sauerstoffflasche sicher angegurert auf dem Copilotensitz.

züglich Gegenmaßnahmen ergriffen werden müssen. Wenn Bewusstlosigkeit eintritt, und das kann unvermittelt geschehen, ist es zum Handeln zu spät.

Bei ersten Anzeichen einer Hypoxie, oder besser: zu einem Zeitpunkt, an dem die kritische Höhe beziehungsweise das gesetzliche Limit noch nicht erreicht sind, heißt die einzig richtige Maßnahme: Verwendung von Sauerstoff. Dabei ist man als Pilot oder Passagier im Kleinflugzeug auf die Sauerstoffversorgung mittels Flasche und Nasenkanülen oder Masken angewiesen. In Linienmaschinen befindet man sich in Druckkabinen, die für den lebensfähigen Umgebungsdruck sorgen. Während sich in Flugzeugen mit Druckkabine bei Flügen in großen Höhen der rapide Druckverlust durch einen Knall bemerkbar macht, ist der schleichende Druckverlust eigentlich kaum

zu erkennen; er ist nahezu identisch mit dem Zustand innerhalb eines Kleinflugzeugs in großen Höhen ohne Sauerstoff. Während aber hoch fliegende Jets über eine Kabinendruckwarnung (siehe Kasten) verfügen, gibt es bei Kleinflugzeugen bordseitig keinerlei Warnhinweise oder Anzeichen, die auf Sauerstoffmangel hinweisen könnten.

Lediglich in einer Unterdruckkammer, deren Gebrauch beim Training für Militärpiloten üblich ist, erfährt der Körper, wie es sich anfühlt, wenn er an die Grenze stößt, beziehungsweise wie er abbaut, wenn das Gehirn nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird. Ein obligatorisches Beispiel ist der Schreibtisch, bei dem der Proband seinen Namen schreiben soll. Anfangs gelingt das exakt auf der Linie. Mit zunehmendem Sauerstoffmangel wird die Schrift „wackeliger“, die Linien werden nicht mehr eingehalten. Kurz vor dem Bewusstlosigkeit ist die Schrift völlig unkoordiniert und nicht mehr lesbar. Eindrucksvoll ist auch, wenn ein erfahrener Kapitän in der Unterdruckkammer bei fortschreitender Hypoxie versucht, vierkellige Bausteine eines Kinderspielzeugs in runde Öffnungen zu führen. Die Probanden in der Unterdruckkammer erhalten sofort reinen Sauerstoff und ein Arzt kümmert sich um sie. Unterwegs, oberhalb von 13000 Fuß, ist diese Hilfe nicht möglich.

Für die O₂-Versorgung an Bord von Kleinflugzeugen oder Segelflugzeugen während des Fluges in großen Höhen gibt es im Flugbedarfshandel zahlreiche Lösungen. Die Palette reicht vom simplen Dauerströmer bis hin zu elektronisch geregelten Anlagen, die den Sauerstoff dem Bedarf entsprechend portionieren und so auch stundenlange Höhenflüge im Segelflugzeug ermöglichen.

Bei einem Sauerstoff-Dauerströmer gilt die Regel: Pro 10000 Fuß Höhe sollte der Durchfluss auf einen Liter pro Minute eingestellt werden. Nasenkanülen sind bis 18000 Fuß sicher und gut zu verwenden. Da reicht der Vorrat einer Zwei-Liter Flasche, die 400 Liter komprimierten Sauerstoff enthält, für mindestens drei Stunden.

Ein weiteres, nicht zu vernachlässigende Limit gibt das Flugzeug selbst vor. Mit zunehmender Höhe verliert der Motor an Leistung und wird die „Forderungen“ des Piloten nicht mehr erfüllen können. Starts von Altiports, wie Samendian, mit 5600 Fuß, in Verbindung mit hohen umgebenden Bergen, stellen ein nicht zu unterschätzendes Risiko dar (siehe aerokurier 03/2012). Die Dichtehöhe sollte jeder Pilot aus dem Stegreif ermitteln und Leistungstabellen anwenden können. Temperaturwerte jenseits der Norm lassen sich mit der Faustformel errechnen: Die Dichtehöhe steigt pro 1 °C ISA-Abweichung um 120



Ob klassische Sauerstoffmasken verwendet werden oder Nasenkanülen, liegt am persönlichen Wohlbefinden des Einzelnen. Der Vorteil bei Nasenkanülen ist die feine Dosierung, die auch längere Aufenthalte in großen Höhen für den Piloten oder die Besatzung bequem gestaltet.

Fuß. Ein Beispiel: Der ohnehin hoch gelegene Flugplatz Mauterndorf in Österreich (Elevation: 3642 Fuß) hat eine Standardtemperatur von +8 °C. An einem 25 °C warmen Sommertag steigt die Dichtehöhe nach dieser Regel um 2040 Fuß, auf 5642 Fuß an, spätestens hier sollte jedem Piloten klar werden, dass dies für manche Luftfahrzeuge nicht mehr machbar ist. Bei Gebirgsflughangängen wird die große Höhe gern bereits im sicheren Tal simuliert, indem nur mit Teilleistung gestartet wird. Das Aha-Erlebnis, wie die „immer kürzer werdende“ Bahn, ist eines der Lernziele. Auch die Aerodynamik lässt sich in der Höhe

nicht überlisten. Wo hoch fliegende Jets ihr Limit im „Coffin-Corner“, in der „Sargecke“, finden, wenn Maximalgeschwindigkeit und Stall zusammentreffen, hat natürlich auch das Kleinflugzeug aerodynamische Limits. So gibt UL-Hersteller Pipistrel für die VirusSW die Service Ceiling (Dienstgipfelhöhe) mit für diese Kategorie recht hohen 20000 Fuß an. Die Höhe ist nicht, wie meist üblich, durch die Motorleistung begrenzt, sondern durch die aerodynamische Dämpfung in Folge der abnehmenden Auftriebskraft des Seitenleitwerks. Wie bei allen Flugzeugen; die in der Lage sind, 20000 Fuß zu erreichen, nimmt

Helios Flug 522: Linienflug ohne Druckkabine

Helios Flug 522 startete am 14. August 2005 um 9.07 Uhr in Laranaka auf dem Weg nach Athen. Die Boeing 737-300 war über Nacht gewartet worden und die Piloten bemerkten nicht, dass die Kabinendruckregelung auf manuell gestellt worden war. Somit startete das Verkehrsflugzeug „unpressurized“, also gänzlich ohne Druckkabine, genauso wie ein Kleinflugzeug. Beim Durchsteigen einer Höhe von 16000 Fuß interpretierte die Crew die akustische Kabinendruckwarnung fälschlicherweise als „Take-Off-Configuration-Warning. In dem Muster ist der Warnton für das Problem, das ausschließlich am Boden auftreten kann, identisch mit dem Warnton für eine zu hohe Kabinenhöhe infolge von Druckverlust. Das automatische Auslösen der Passagier-Sauerstoffmasken fand in einer Flughöhe von 18200 Fuß statt. Im Cockpit wurden keine Sauerstoffmasken angelegt, weil die

Piloten die beginnende Hypoxie nicht bemerkten beziehungsweise aufgrund des Sauerstoffmangels ihr Problem nicht mehr lösen konnten. Bei Erreichen von 28900 Fuß (8809 m) brach die Funkverbindung ab. Um 10.21 Uhr Ortszeit erreichte das Flugzeug das Drehfunkfeuer des Athener Flughafens, und flog anscheinend, wie im Bordcomputer vorgegeben, in die Warteschleife. Zwei F-16-Piloten der griechischen Luftstreitkräfte setzte sich neben die Boeing 737, konnten noch feststellen, wie eine Person aus der Kabine das Cockpit betrat und verzweifelt versuchte, das Problem in den Griff zu bekommen. Offenbar waren da die Piloten bewusstlos oder bereits tot. Um 11.50 Uhr fielen die Triebwerke aufgrund von Treibstoffmangel aus und die Maschine stürzte 33 Kilometer nordwestlich des Flughafens Athen in hügeliges Gelände. 121 Personen kamen ums Leben.



Das Dynon SkyView in Böhm's Cockpit zeigt 10 160 Fuß Druckhöhe und 11 009 Fuß Density Altitude (DA). Die Standardtemperatur in 10 000 Fuß beträgt -5°C . Hier sind es $+5^{\circ}\text{C}$, laut Faustformel knapp 1200 Fuß mehr (120 Fuß pro 1°C ISA-Abweichung). Die IAS beträgt 196 km/h zur TAS von 231 km/h. Das sind 20 Prozent Differenz (2 Prozent pro 1000 Fuß).

oberhalb davon die Stabilität um die Hochachse allmählich ab, so als würde man den vertikalen Leitwerksträger verkleinern. Nur zur Veranschaulichung: Bei einer Weltumrundung flog Matevz Lenarcic mit einer VirusSW in 29 413 Fuß nahe am Gipfel des 8848 m hohen Mount Everest (siehe aerokurier 06/2012). Das Wissen um diese Grenze und der sehr sorgfältige Umgang damit, haben diese Leistung erst möglich gemacht. Aber auch weit unterhalb dieser extremen Höhe sollte man die Tatsache der höheren Eigengeschwindigkeit (TAS) gegenüber der angezeigten (IAS) nicht ignorieren. Die TAS nimmt im Schnitt um zwei Prozent pro 1000 Fuß zu. Von dieser TAS ist die „Flattergeschwindigkeit“ abhängig, ein Schwingungszustand, bei dem sich binnen Sekunden das Flugzeug zerlegen kann. Bei vielen Flugzeugen wird Flattern nicht thematisiert, da entweder durch Flugleistung

und/oder Struktur lang vorher bereits andere Probleme auftreten. Bei Hochleistungsflugzeugen, insbesondere aus Kohlefaser, stößt man recht oft genau an diese Limits. Pipistrel hat diesem Thema ein eigenes Kapitel gewidmet, es lautet „How fast is too fast“. Laut Handbuch darf man den roten Strich bei der VirusSW problemlos bis zu einer Höhe von 12 000 Fuß fliegen. Bei vielen anderen Herstellern von ähnlichen ULs, wie beispielsweise der CTSW von Flight Design, der FK14 von Funk Leichtflugzeuge oder der WT9 Dynamic von Aerospool, wird das Wissen um die V_{NE} , die in Abhängigkeit zur Höhe steht, als Grundwissen des Piloten vorausgesetzt. Bei vielen Segelflugzeugen, wie beispielsweise auch bei der LS8, ist neben dem Fahrtmesser eine Tabelle zur Reduzierung der Maximalgeschwindigkeit in Abhängigkeit zur Höhe vorgeschrieben. Auch im unteren Geschwin-

digkeitsbereich spielt die TAS eine Rolle. So nimmt in größeren Höhen die Landedistanz zu und auch der Wendekreis, besonders wichtig in engen Tälern, erhöht sich infolge höherer Eigengeschwindigkeit. Dieses wichtige Kapitel des Gebirgsflugs bekommt man auf dem Flugplatz Samandien in Form eines Online-Briefings beigebracht.

Jeder noch so schöne VFR-Tag findet mit dem Sonnenuntergang ein Ende. Weit oben, jenseits von 13 000 Fuß, ist es aber länger hell als im Tal. Beim Abstieg sollte man die Zeit des Sinkflugs berücksichtigen, um noch rechtzeitig vor Einbruch der Dunkelheit landen zu können, denn das Andrücken bis an den roten Strich verbietet sich aus den genannten Gründen von selbst. Piloten, die ihre Höheflüge zeitlich sauber planen und, wenn davon ausgehen ist, dass die 13 000-Fuß-Grenze überschritten wird, ausreichend Sauerstoff mitführen, wissen, wann es Zeit zur Landung ist, mag die Sonne über den schneebedeckten Gipfeln noch so einladende strahlen. ■

Autor Christian Böhm



Christian Böhm (40), kam mit 16 Jahren über den Segelflug und den PPL-A zum ATPL. Seit 14 Jahren ist er bei einer deutschen Ferienfluggesellschaft im Cockpit der Boeing 737 tätig. Seine Freizeit verbringt er als UL-Fluglehrer und Alpeinwanderer auf seiner VirusSW.

Praxis-Quiz Testen Sie ihr Wissen

1.

Wolken werden klassifiziert nach der Ursache, Intensität und räumlichen Verteilung der Aufwärtsbewegung, durch die sie entstehen. Man unterscheidet:

- a) Thermik-, Stau- und Gewitterwolken
- b) Konvektive, stratiforme und orografisch bedingte Wolken
- c) Quell-, Stratus- und Staubeiwölkung

2.

Warum ist ein Flug entlang einer Autobahn bei Hochnebel oder relativ geringer Wolkenuntergrenze gefährlich? Weil:

- a) bei geringen Wolkenuntergrenzen erhöhte Vereisungsgefahr besteht
- b) bei Hochnebel mit erheblicher Sichtverschlechterung gerechnet werden muss
- c) bei ansteigendem Gelände mit Einflug in die Hochnebeldecke mit Bodenberührung gerechnet werden muss

3.

Welche Folgen hat es, wenn bei der Beladung des Flugzeugs die zulässige Höchstmasse überschritten wird?

- a) Ein Start ist nur noch mit vollständig ausgefahrenen Landeklappen möglich
- b) Der Treibstoffverbrauch des Motors nimmt in allen Drehzahlbereichen stark zu
- c) Die Gefahr der Überbeanspruchung der Flugzeugstruktur wird größer

Die Lösungen finden Sie auf Seite 109