

Sauerstoff Logistik und Segelfliegen in der Welle bis / bzw. über 6000 m

<http://www.aopa.org/Pilot-Resources/PIC-archive/Pilot-and-Passenger-Physiology/Oxygen-Use-in-Aviation>

Juergen Knueppel

Fliegerarzt, FAI CIMP (Med.- Phys. Commission)

1.- Wellen-Höhen- Segelflug FL 300 / 9000 m

15 Nov 15 Luftraum Pfalz, Worms, Ludwigshafen

- *Außergewöhnliche Wellenverhältnisse*, Vorhersage
- Gute Steigwerte, 2 mal bis auf 9000 m
- Absprachen *mit ATC* - Veröffentlichung **OLC**, „Luftsport“
- Doppel EDS (2 mit 1 Nasenbrille) und Reserve-O²-Flasche
- Zwischenzeitlich Unwohlsein mit Abstieg

2.- Betroffene Grenzen und Regeln

FAA, EASA, AOPA Merkseiten aus „FlyHigh“

- ***O² ab 3000 m / 10.000 ft***
- ***Bis 3900 m / 13.000 ft für 30 min***
- ***EDS Nutzung 20.000ft/6000 m (18.000 ft FAA / 5500 m)***
 - *Nasenbrille, Nasen-Kanüle*
 - *Wenn Probleme >>> Standardmaske*

O² Atmosphäre – O² Sättigung – Höhe / ft

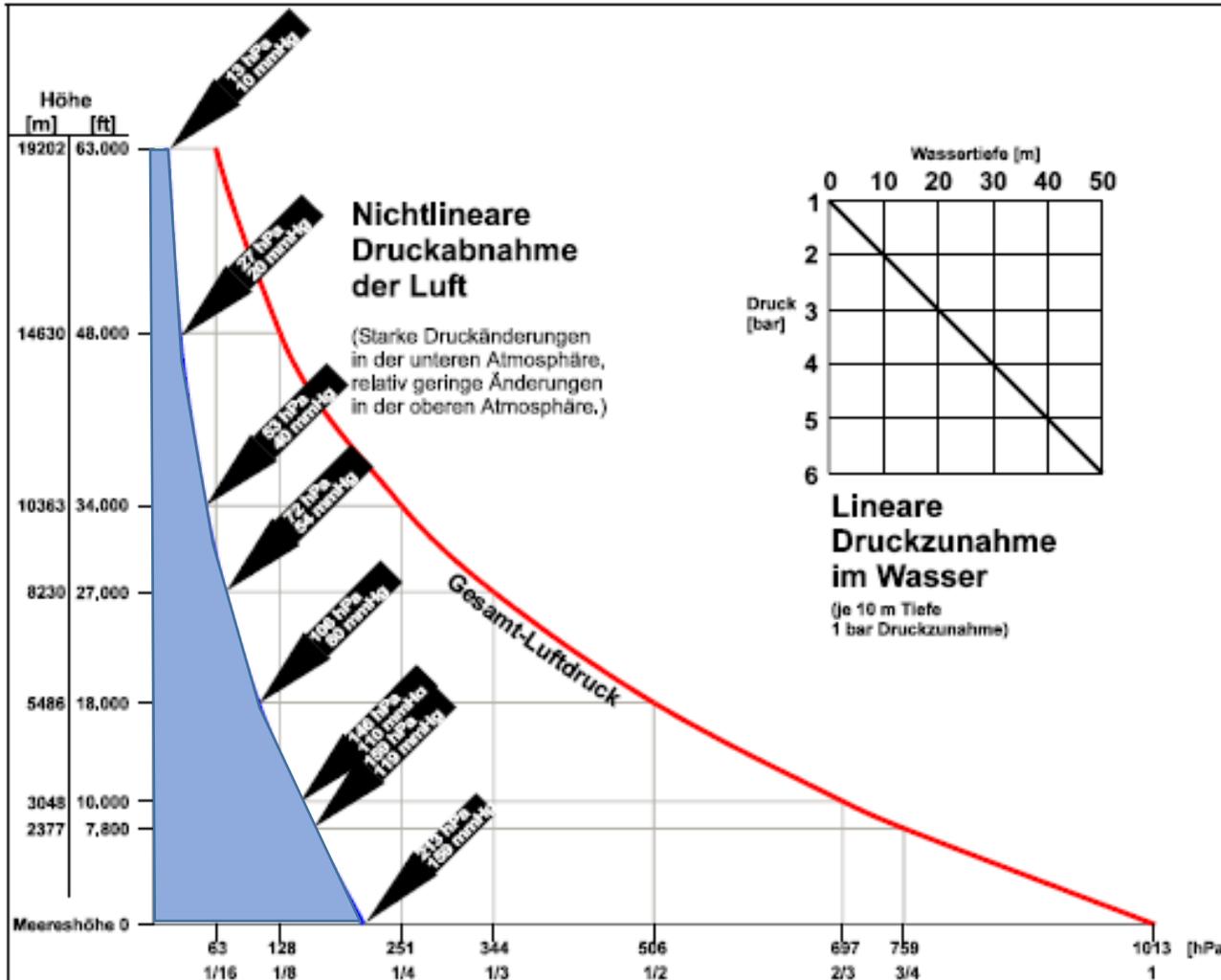


Abb. 1.9: Druckänderung im Medium Wasser (linear) sowie im Medium Luft (nicht linear)

Höhe [ft]	PO ₂ Atmosphäre	O ₂ -Sättigung (%)	Höhenschwellen	Physiologische Zonen	Leistungsbild
38.000	44 hPa 33 mmHg	< 65	Kritische Schwelle	Tödliche Zone	Tod
22.000	90 hPa 67 mmHg			Kritische Zone	Bewusstlosigkeit
12.000	135 hPa 101 mmHg	65 - 86	Stör-schwelle	Zone der unvollständigen Kompensation	Leistungsabfall
7.000	164 hPa 123 mmHg	86 - 93		Zone der vollständigen Kompensation	
0	213 hPa 160 mmHg	93 - 98	Reaktions-schwelle	Indifferenz-zone	Volle Leistung

Abb. 3.1: Höhen, Höhenschwellen, O₂-Partialdrücke und physiologische Zonen

O₂-Sättigung >>> immer über 90% halten!

Verlauf der Partialdrücke der O²-Versorgung

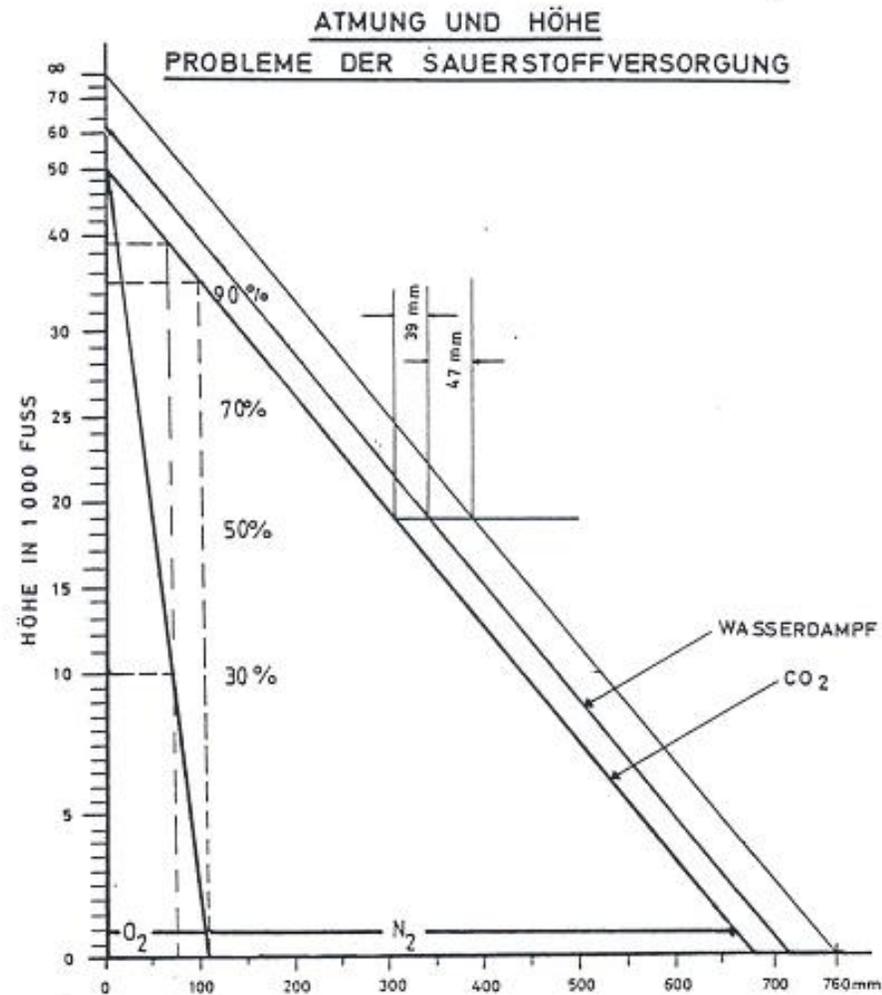


Abb. 36 Verlauf der Partialdrücke im Höhengaufstieg

- Stickstoff 80%
- **Sauerstoff ca. 20%**

In der Lunge zusätzlich

- +/- CO² -Kohlendioxid
- Wasserdampf

„Diffusionsgefälle“

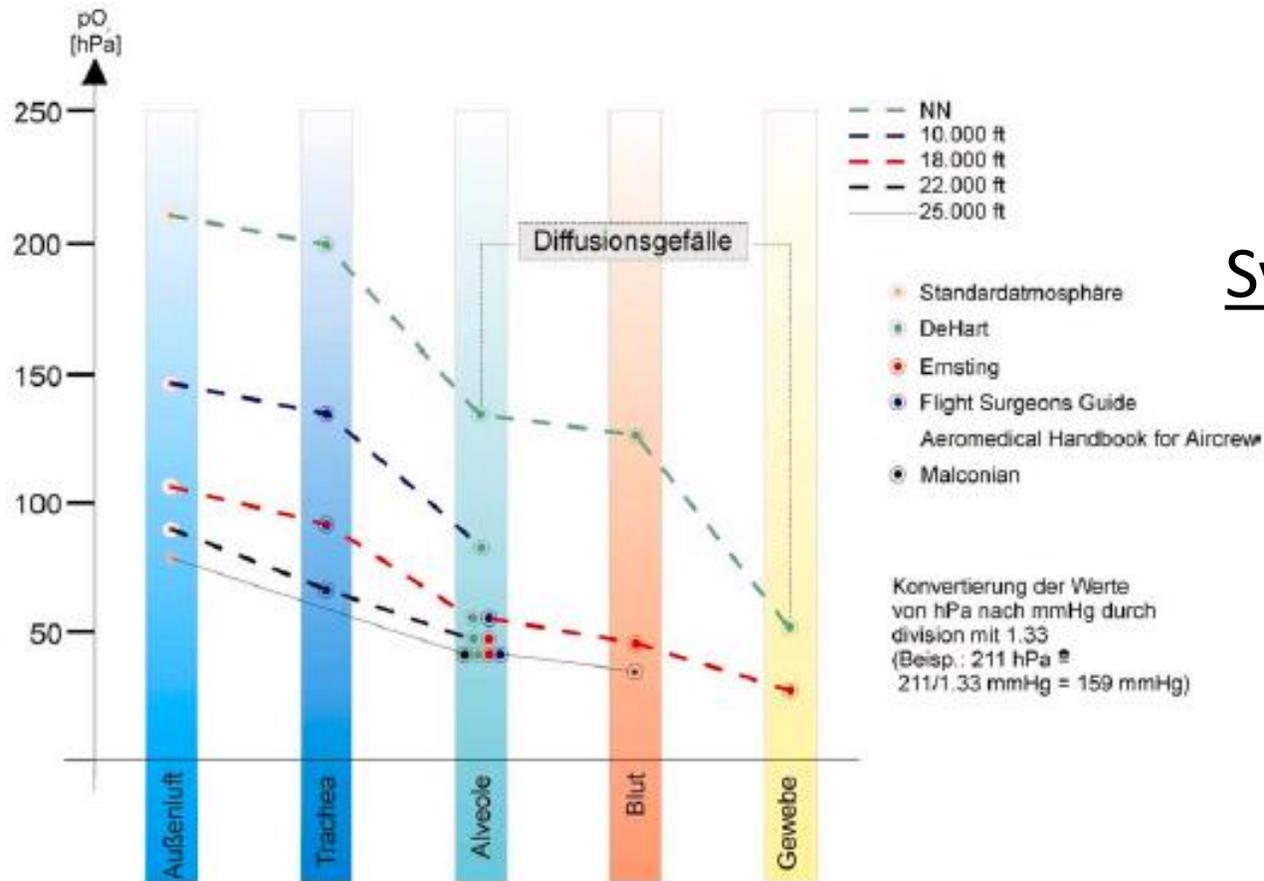


Abb. 3.3: Diffusionsgefälle in Abhängigkeit von der (Druck-) Höhe

Symptome: Sauerstoffmangel

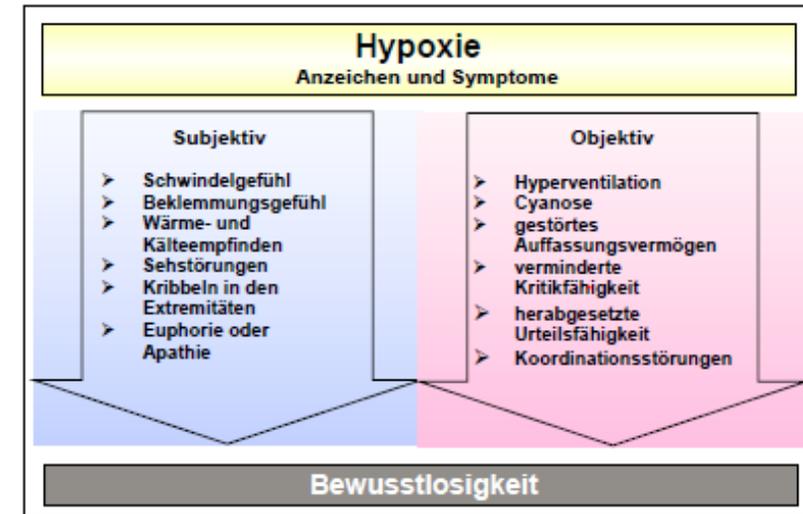
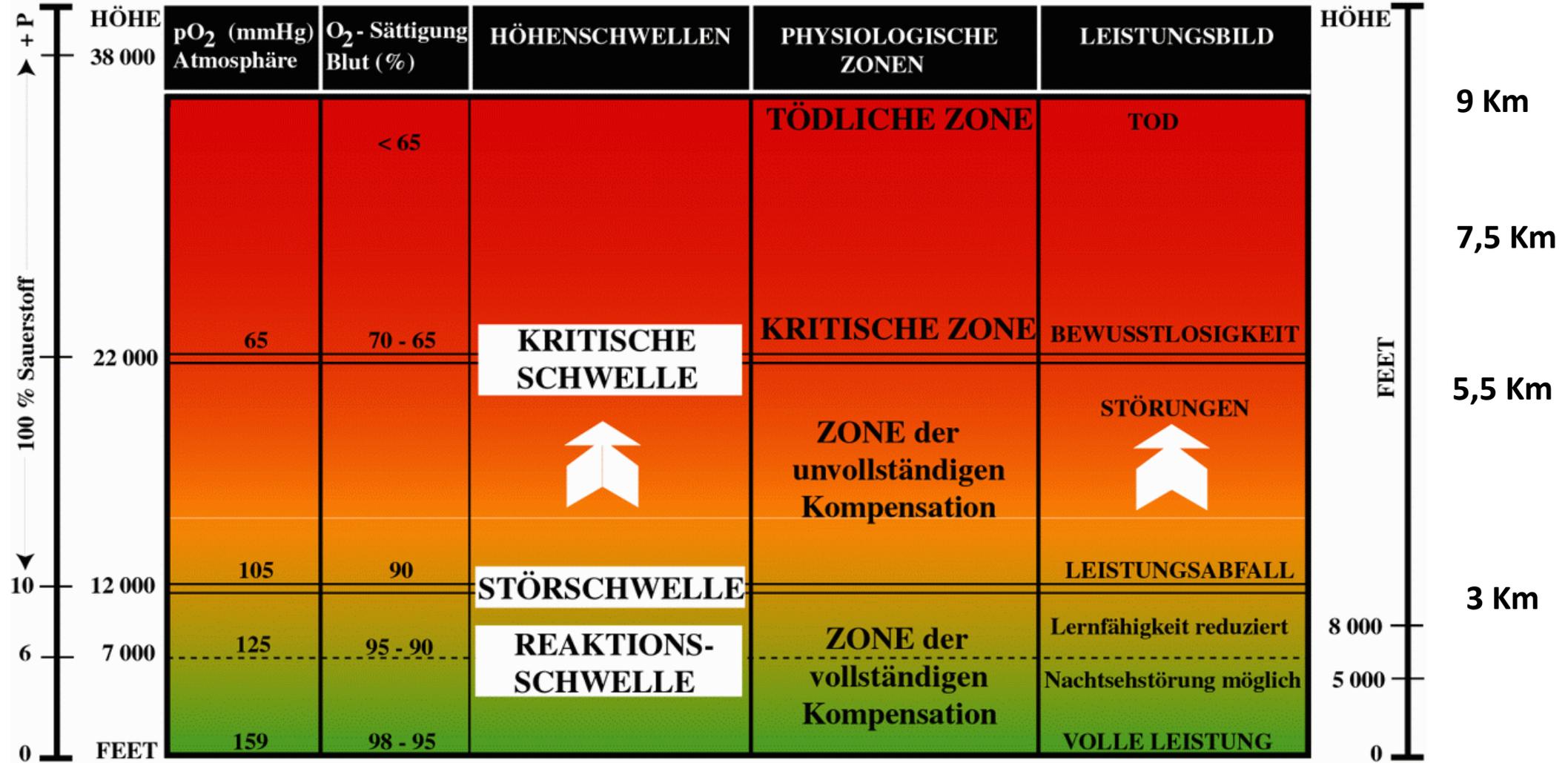


Abb. 3.5: Sauerstoffmangelsymptome

SCHEMA der SAUERSTOFFMANGELWIRKUNG



Quelle: AOPA MERKBLATT (engl) 2016

Empfehlungen:

Table of Contents

- Overview of Aviation Regulations
- The Issue
- Supplemental Oxygen
- Military Specifications
- Oxygen and the manufacturing process

Hypoxia Physiology:

Nutzbare Zeit nach Ausfall des O₂ in entsprechender Höhe:

- Effective Performance Time (EPT)
- Time of Useful Consciousness (TUC)

Oxygen Systems

Constant flow

Altitude adjustable

Altitude compensating

Demand

Pressure Demand

Ascertaining the flow

Masks

Cannulas

O2 gear: Care and feeding

The Issue:

- **Most pilots don't think enough about using portable oxygen.**
- **Sure, everyone knows that you have to use supplemental oxygen** if you fly more than 30 minutes at cabin pressure altitudes of 12,500 feet or higher.
- That at cabin altitudes above 14,000 feet pilots must use oxygen at all times. And that above 15,000 feet each occupant of the aircraft must be provided supplemental oxygen. All of **this is spelled out in Federal Aviation Regulations Part 91.211.** - EASA: ab 13000ft / 3900 m.

- So are the rules for oxygen use in **pressurized airplanes**, which are governed by the *times necessary to descend to safe altitudes* in the event of a cabin depressurization. (*Above FL250, a 10-minute supply*; between FL350 and FL410, one pilot must wear a mask if cabin pressures rise above 14,000 feet msl — unless there are two pilots at the controls and they have quick-donning masks available. From textbooks and stories of — or direct experience with — sessions in FAA-approved altitude chambers, pilots also know something about the dangers of hypoxia (insufficient oxygen) at altitude. Specifically, as the blood's oxygen saturation drops with altitude, a series of *symptoms — all of them dangerous* — can set in.

- **FAR § 91.211 Supplemental Oxygen**

- (a) General. ***No person may operate a civil aircraft—***

- (1) ***At cabin pressure altitudes above 12,500 feet (MSL)*** up to and including 14,000 feet (MSL) unless the required minimum flight crew is provided with and uses supplemental oxygen for that part of the flight at those altitudes that is of more than 30 minutes duration;

- (2) At cabin pressure altitudes above 14,000 feet (MSL) unless the required minimum flight crew is provided with and uses supplemental oxygen during the entire flight time at those altitudes; and

- (3) At cabin pressure altitudes above 15,000 feet (MSL) unless each occupant of the aircraft is provided with supplemental oxygen.

- (ii) At flight altitudes above flight level 350 unless one pilot at the controls of the airplane is wearing and using an oxygen mask that is secured and sealed and that either supplies oxygen at all times or automatically supplies oxygen whenever the cabin pressure altitude of the airplane exceeds 14,000 feet (MSL), except that the one pilot need not wear and use an oxygen mask while at or below **flight level 410 if there are two pilots at the controls** and each pilot has a **quick-donning type of oxygen mask** that can be placed on the face with one hand from the **ready position within 5 seconds**, supplying oxygen and properly secured and sealed.
- (2) Notwithstanding paragraph (b)(1)(ii) of this section, if for any reason at any time it is necessary for one pilot to leave the controls of the aircraft when operating **at flight altitudes above flight level 350, the remaining pilot at the controls shall put on and use an oxygen mask** until the other pilot has returned to that crewmember's station.

Military Specifications

- The Department of Defense document MIL-PRF-27210G describes the performance specifications for oxygen, aviator's breathing, liquid, and gas.
- Oxygen and the Manufacturing Process
- In the United States, the last plant producing oxygen by a process called hydrolysis closed in 1972. Since then, *all oxygen in the United States has been made by an industrial process known as liquefaction. The process places air under very high pressure. As the pressure increases, the temperature of the air also increases, eventually converting the gas to a liquid that boils off, leaving a pure gas, oxygen, as a result.*

3a.- Risiko Betrachtung: EDS, Technik, Sonstiges

- **Alte Technik**

- *Flaschen, TÜV, Ventile, Farbgebung, Rost, Fristen*
- *Mil Anlagen, ungeprüft, 30 Jahre alt, keine Tests, Dichtungen*

- **EDS** **mögliche Probleme:**

- *Batterie, Abknickung, Einstellungen, Redundanz*
- *i.d.R. keine Wartung, Trigger zu klein, (2 Boli nicht additiv!)*
- *Aussetzer, Bolus-Menge, Bolus-Zeit, zu geringer Atem Impuls*
- *Funktioniert nicht bei jedem perfekt ! Vergessen !*

- **Fehlende Redundanz**, (Ersatz-Gerät bei Ausfall)

- O2-Flaschen haben weiße Farbe (USA: grün!), Notsauerstoff

3b.- Risiko Betrachtung:

EDS, Technik, Probleme, Sonstige Variablen

- *Hypoxie*

- *Schleichende Hypoxie*
- *Man merkt nichts! (Indicated AS vs True AS, Funk, Sehen)*
- *Mangelhafte Kenntnis & Training*
- *TUC, Zeitreserve in großen Höhen sehr gering (Min. bis Sek.)*
- *TUC zu gering für sicheren Abstieg ! (5 m / sec // 300m/min)*

- *Anatomie des Nasen-, Rachen-, Lungenbereiches*
- *Unvollständige Einatmung*
- *Tagesform, Alkohol, Fitness*

TUC, EPT:

TUC= Zeit of Usefull Consciousness

EPT= Elapsed Performance Time

Zeitreserve nach O2 Ausfall

Gesamtrettungszeit = Selbstrettungszeit + Fremdrettungszeit

Altitude

Time

Zeit-Ablauf nach O2- Ausfall: TUC

15,000 to 18,000 feet

30 minutes plus

22,000 feet

5 to 10 minutes

25,000 feet

3 to 5 minutes

28,000 feet

2.5 to 3 minutes

30,000 feet

1 to 2 minutes

35,000 feet

30 to 60 seconds

40,000 feet

15 to 20 seconds

45,000 feet

9 to 15 seconds

1. Erst keine
Symptome

2. Zeit zu reagieren!

3. FremdrettungsZeit

SAUERSTOFFMANGEL / HYPOXIE:

1. Bei Sauerstoffmangel ***kein Erstickungsgefühl!***
2. Anzeichen Sauerstoffmangel sind ***schwer auszumachen***
3. Schwer von einer *Hyperventilation* ***zu unterscheiden.***
4. ***Empfindlichkeit auf die Hypoxie*** unterliegt großen Schwankungen
5. ***Sauerstoffmangelsymptome*** können sich verändern
6. Nicht auf das Auftreten bestimmter ***Warnzeichens*** verlassen.
7. Pilot muss ***individuelle Warnzeichen erfahren und lernen***
8. ***Verlust*** des *Auffassungsvermögens und der Urteilsfähigkeit*
9. ***Erkennen*** kritischer Lagen erschwert oder unmöglich.
10. ***Risiko Bewußtsein ! - (Merke: „HYPOXIE, ist wie Alkohol = Dummheit!“)***

3c.- Risiko Betrachtung: Zitat eines erfahrenen Fliegerarztes

Wegen o.a. Gefahren der Hypoxie-Entstehung

- *„Fliege nicht höher als 6000 m“ =höher ist schnell lebensgefährlich!*
- *„In großen Höhen ggf. Un-Merkbarkeit des Sauerstoff-Mangel!“*
- *„Abstieg aus großen Höhen gefährlich“*
 - *dauert zu lange, um in überlebare niedrigere Höhen zu kommen!“*
- *„O²-Technik nicht sicher genug“*

Problem der Logistik und des Handels

Beratung schwierig, Angebote nicht nachvollziehbar, Preisvergleich schwierig, wo Sauerstoff-Füllung,?

MH.002 Elektr.Sauerstoffsystem EDS 02D2-2G u. 2
Ltr.Alu-Flasche



1.580,00 EUR

(inkl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten)

- Literatur
- Beratung
- Gerätebeschreibung
- Funktionstests
- Wartung
- Ersatzteile

4.- Empfohlene Technik und Strategien

-

a. bis 20.000ft -b. bis 25.000ft -c. bis 30.000ft

- **Geräte**
- **Alternativen**
- **Händler**
- **Zusammenstellung**
- **Optionen**

a. EDS

MH.004 Elektronisches Sauerstoffsystem EDS O2D1
für 1 Person



~~Unser bisheriger Preis 1.130,00 EUR~~
letzt nur 865,00 EUR

MH.04 Elektr.Sauerstoffsystem EDS O2D1-2G neue
Generation



1.240,00 EUR
(inkl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten)

EDS D2D1 Einheit, DIN-477 oder US-Druckreduzierventil, Nasenkanüle, Sauerstoffmaske, Tragetasche, Klettbandhalterung und 2 x AA Batterien.



b. Sauerstoffmasken / Dauerströmer /

MH.001n Sauerstoff-Maske MSK mit Mikrofon



575,00 EUR

inkl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten

● ● ● Artikel verfügbar

Lieferzeit: Sofort ab Lager Lieferbar

Art.Nr.: MH.001n

Druckansicht

- ALTERNATIVEN ?
- Provider?

Fachliche Kompetenz

- Deutschland
- Europa
- USA

Neun (9) versch. Größen-

- Nasen variabilität
 - Weit- Mittel- Eng
 - Lang- Normal- Kurz

c. Demand-Systeme

Scott Sauerstoff-Lungenautomat

MH.003 Scott Sauerstoff-Lungenautomat. Anlage ist o.
Prüfpapiere



650,00 EUR

SFL.002 Sauerstoff-Stahlflasche 3 Ltr.



225,00 EUR

SFL.005 CFF 480 Glasfaserflasche 2,5 Ltr.



798,00 EUR

MH.016 Sauerstoff-Lungenautomat Bendix



250,00 EUR

- Zusätzlich nötig:
 - Maske
 - Schläuche
 - Verbindungen
 - Installation
 - Gebrauchsanweisung
 - Wartung
 - Ersatzteile

Ehemals: F104, F4F, G 91, Transall

Bendix Pressure Demand System > 7500m



Probleme: Segelflüge über 6000 m Höhe

- **Kenntnis** der Luftfahrt Regeln und Praxis
- Kenntnisse der **Höhen-Physiologie** in „großen Höhen“
- Mangelhafte **Ausbildung**
- Nutzung alter Militärtechnik und **Kostendruck**
- O2-Flaschen ohne **TÜV**, fehlende Wartung
- Insuffiziente oder falsche Anlagen und Technik
- Mangelndes Training und Vorbereitung, fehlende Ergonomie
- **Kein Backup System**, Fehlende Notsauerstoff-Systeme
- Fehlende **Kontrolle** und Unterstützung, in allen Bereichen
- Option Sauerstoff-Mangel Training, **U-Kammer / O2-Gemische**

- **Oxygen is oxygen**, and the same gas is used

-for aviation,

-medical,

-and industrial purposes.

All oxygen comes from the vendor in a dry state. Medical oxygen has *water* vapor (bubbling oxygen through water) added at the patient's bedside .

- All oxygen supplies come from a very **small number of vendors** and is normally delivered in 25,000 gallon **refrigerated tanks**. The manufacturing process is so thorough and clean that the finished product **meets all usage specifications right from the tank**.
- However, just to be sure, any lot of oxygen destined to be medical oxygen *is **batch tested for aromatics*** (oils, Benzene, and other impurities that appear in the manufacturing equipment). content, while welding oxygen comes straight from the vendor with no additional ***ABO (aviation breathing oxygen) is also tested for moisture*** additives.

MASKEN

-kosten zwischen 5 und 500 \$ in USA -

- Muss / sollte mit **Mikrophon** sein !
- Maske mit **Reservoir** ! (spart Sauerstoff!)
- Unterschiedlich gute **Materialien**
- Mit Ein- und Aus-Atmungs-**Ventil**
- Schaltung für **Dauerstrom**
 - EDS passt dass entsprechend Einstellung an!
 - (**LH Entwicklung** hat für Airline Kabine Sytem beschafft. Weiter **modifizierbar**)

MH- CONSTANT FLOW SYSTEM

XCP Portable O2 Systems with Cylinders



The MH-XCP Constant Flowseries is our most economical single and multi-place, portable oxygen system for general aviation. Weight is kept to a minimum by our low profile, light weight regulators, MH-3 or MH-4 Flowmeters and Cylinders. The XCP systems come complete with Cylinder(of your choice), Regulator, Mountain High MH-3 or MH-4 Flowmeter, Oxyimizer™ cannula, facemask, tote bag and cylinder carry case for easy transport and seat back mounting. **Full-Pack**

The XCP System can be used up to 25,000 ft. with the MH-4 Flowmeter and Facemask. Choose the MH-3 Flowmeter for flights up to 18,000 ft.

Each XCP System Includes:

- *Instructions
 - *Cylinder with Valve, Gauge and carry case.
 - *Pressure reducing Regulator with self sealing outlet.
- For Each User**
- *MH3 or MH4 Flow-Meter (Your choice when ordering)
 - *Oxyimizer (oxygen conserving) Cannula.
 - *Facemask
 - *Tote-Bag

Above 18,000 feet the FAA requires a full fitting face mask such as the Sierra mask with a reservoir bag and a flow of 1.0 liter/min/10,000 feet. In theory, and in my observations, this system is sufficient for our needs up to about 39,000 feet at which time better control of the oxygen concentration requires an A14 type system or similar.

EDS:

- Oxygen Delivery System
 - Oximizer, Flowtimer
 - Nasal Cannula

MH.002 Elektr.Sauerstoffsystem EDS 02D2-2G u. 2 Ltr.Alu-Flasche



1.580,00 EUR
(inkl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten)



1. Tested to 18,000 ft. altitude
-----Oxymizers
are approved for aviation use by the manufacturer and are.

2. Above 18,000 ft.,
-----Standard Oxygen
Masks should be worn to assure proper oxygen saturation levels.

3. Above 25,000 ft.,
Non-Rebreather
Masks should be used.

-Oxygen flows through tubing in the headset

-adjustable for a comfortable fit

-Headset allows for flow settings from 0 to 15 LPM

-a comfortable alternative.

x to standard oxygen masks

x to nasal cannulas

Maske mit Mikrophon!

MH.001n Sauerstoff-Maske MSK mit Mikrophon



575,00 EUR
inkl. 19 % MwSt. zzgl. Versandkosten
●●● Artikel verfügbar
Lieferzeit: Sofort ab Lager Lieferbar

Art.Nr.: MH.001n

● Druckansicht

- 1. Up to 18,000 ft / 5500 m altitude
----- Oxymizers, **Nasal Cannula**, EDS
are approved for aviation use by the manufacturer.
- 2. 18,000 ft to 25000m ft
----- **Standard Oxygen Masks**
should be worn to assure proper oxygen saturation levels.
- 3. Above 25,000 ft / 7500 m
----- **Non-Rebreather Masks** should be used.
- (4. Above 28,000 ft / 8500 m ---- **Mil. Safety Pressure! Pressure-Demand)**

Military on-demand oxygen mask.

MBU-12/P Oxygen Mask - With CX-4707 Cord

The MBU-12/P oxygen mask is currently being used by the U.S. Military. The shape of the mask provides excellent downward vision. The low profile design brings the mask close to the face and provides excellent stability

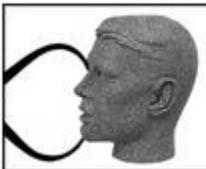


\$1,498.00



**Oxygen Mask
Connectors**

Starting at: **\$67.08**

	Helmet Size	Face Length
	Short	4 - 4 3/8"
	Regular	4 1/2 - 4 3/4"
	Long	4 7/8 - 5 1/8"
	X-Long	5 1/4" - 5 1/2"

- Hoher Preis
- Frage der Wartung
- Ersatzteile
- Kompatibilität
- Garantie?

Beispiele: Gebrauchte Pressure Demand Systeme (mil)

EUR 75,00

PROBLEME

MH.016 Sauerstoff-Lungenautomat Bendix



250,00 EUR

Militaer Anlagen in der Regel ??????????????

- Ausgesondert
- Fraglich funktionsfähig
- Keine Test Möglichkeit
- Prüfung sehr teuer
- oder nicht mehr möglich
- Verschmutzt
- Dichtungen brüchig
- Keine Ersatzteile
- Keine Bedienungsanleitung
- Fehlende Kompatibilität
- Funktion Elektrik / O2

MASKENHALTER SEAL HELM USAF USMC
US Navy hgu gentex mbu Fliegerhelm Pilotenhelm



Kosten Mat., Notsauerstoff, Pulsoximeter etc.



Boost Oxygen 22 Ounce Can - 12 Pack (case)

~~\$156.00~~ **Now: \$99.95**
★★★★★



Oxygen Conserving Cannula

\$35.00

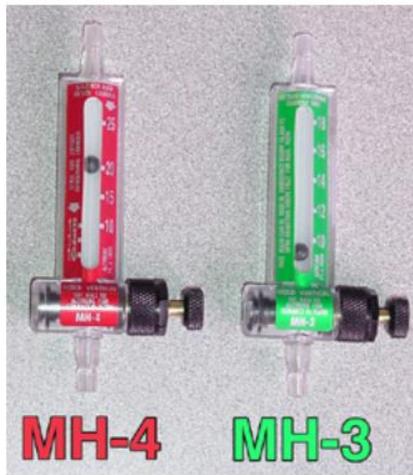


Oxi-Go Pro Pulse Oximeter

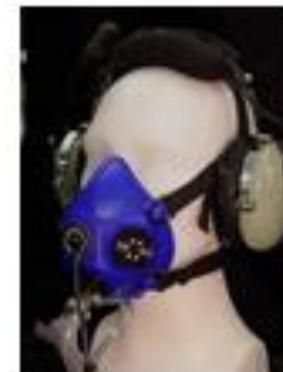
~~\$119.95~~ **Now: \$49.95**
★★★★★



O2 Oxygen Mask Sauerstoffmaske **EUR 19,95**
Constant Flow Dräger FlightCrew



More Constant Flow Items



Continuous Flow Oxygen Mask with Mic

~~\$462.30~~ **Now: \$430.00**

Technics “Aviox Oxygen Systems”:

Duo-Seal®	Sleeve Connector Rebreather Bag Head Band Assembly (2 per mask) (1 left head band, 1 right head band) Tubing (5 ft.) Tubing & Flow Indicator (5ft.)	14001-00 10001397 604028-01 27564-00 806021-01
249	Bag and Tube Assembly Head Strap Tubing & Flow Indicator (5 ft.)	289-713 659-243 806021-01

MICROPHONE KITS

Installable at the factory or by user on Duo-Seal or Sky Masks. Special tools are not needed.

Mask Type	Part Number
Sky Mask	800778 (Carbon)
Duo-Seal®	802754 Series (Carbon) 802606-01 Series (Dynamic) 803557-02 (Electret) 803602-01 (Dynamic CE101M)
249	802606-03 (Dynamic)

WARNING

IMPROPER USE OR IMPROPER MAINTENANCE OF THIS EQUIPMENT MAY RESULT IN SERIOUS PERSONAL INJURY OR DEATH.

THESE ASSEMBLIES ARE INTENDED TO BE USED ONLY FOR AVIATION APPLICATIONS AS COMPONENTS OF A COMPLETE AVIATION OXYGEN SYSTEM USED ONLY BY, OR UNDER THE SUPERVISION OF, A PILOT OR CREW MEMBER TRAINED AND QUALIFIED IN ITS USE.

THIS EQUIPMENT IS TO BE SERVICED ONLY BY SERVICE TECHNICIANS TRAINED IN THE INHERENT HAZARDS OF HIGH PRESSURE AVIATION OXYGEN AND KNOWLEDGEABLE IN THIS EQUIPMENT. THE NAMES OF AUTHORIZED SERVICE CENTERS ARE AVAILABLE FROM AVOX SYSTEMS OR YOUR AUTHORIZED AVOX SYSTEMS DISTRIBUTOR.

THIS EQUIPMENT IS TO BE USED ONLY WITH AVIATION BREATHING OXYGEN PER MIL-PRF-27210.

- Improper Use: Death
- Only for Aviation
- Supervision of a trained Pilot
- To be served by trained Technicians
- Authorized Service Centers
- Authorized Aviox System Distributer

-Sauerstoffnutzung beim Welle Fliegen-

aus

- „Fly High“ , Köhler, 1981 –

Ein Pionierbuch über den Wellenflug eines Deutschen

Wissenschaftler Ehepaars, welche regelmäßig in den USA Wellen mit entsprechenden Höhen in Nevada und Californien geflogen sind.

-Tolle Geschichten und Photos..

-Die 6 Seiten über die Sauerstoffnutzung im Segelflieger ist bis auf einige neue Techniken heute immer noch aktuell.

-Wer die Möglichkeit hat, sollte es sich noch besorgen, evtl. auch antiquarisch noch möglich. jk

Der Gebrauch von Sauerstoff

Die Wellenflüge fordern leider immer wieder Opfer. Es ist an der Zeit, einmal über den richtigen Gebrauch von Sauerstoffgeräten zu schreiben. Zum Teil herrschen gefährliche Ansichten unter den Segelfliegern über dieses Thema.

Wir haben uns auf unsere Flüge in einem Training in Edwards Air Force Base sehr sorgfältig vorbereitet. Um Unfälle vermeiden zu helfen, möchten wir an dieser Stelle etwas über das Gelernte wiedergeben und über den richtigen Gebrauch der Sauerstoffgeräte berichten. Zuerst wollen wir auf die verschiedenen Symptome bei Sauerstoffmangel eingehen.

Es sei vorangestellt, daß jeder, der Höhenflüge unternimmt, mit diesen Problemen konfrontiert wird, selbst mit einem Sauerstoffgerät!

Man unterscheidet zunächst mehrere Arten des Sauerstoffmangelzustands. Durch Sauerstoffmangel in größeren Höhen kommt es zu einer Unterversorgung des Körpers mit dem lebensnotwendigen Sauerstoff. Die Symptome sind zwar von Mensch zu Mensch verschieden in ihrem Auftreten, sollen aber hier einmal aufgeführt werden.

Symptome bei O-Mangel
● Kribbeln der Hände oder Füße
● Müdigkeit mit Gähnen
● Benommenheit, Kopfschmerzen
● Hitzewallungen
● Blausucht, Sehstörungen
● Blaufärbung der Hände, Lippen, Nase
● Stechender Schmerz in der Brust
● Euphorie
Die Reihenfolge, in der die Symptome hier aufgeführt werden, hat keine Bedeutung.

Der Anteil des Sauerstoffs in der Atmosphäre beträgt rund 21 Prozent, das sind am Boden etwa 210 mb. In etwa 5500 Meter Höhe beträgt der Luftdruck 500 mb, also der Sauerstoffpartialdruck etwa 100 mb. Um dem Körper die gleiche Menge Sauerstoff wie am Boden zur Verfügung zu stellen, muß der Atemluft Sauerstoff zugemischt werden.

Die Höhe bei der man anfangen muß, durch Zumischen den Sauerstoffbedarf des Körpers zu decken, liegt nach den Erfahrungswerten der NASA bei zirka 4000 Metern.

Ab dieser Höhe tritt ein Sauerstoffdefizit im Körper auf, das für die Flugsicherheit kritisch werden kann. Die NASA hat den Begriff der effektiven Zeit für ein sinnvolles, gezieltes Handeln (Effective Performance Time, EPT, oder Time of Usefull Consciousness, TUC) eingeführt, der hier erläutert werden soll.

Die Daten wurden aus 75 Höhenflügen mit tödlichem Ausgang seit dem Zweiten Weltkrieg gewonnen, sowie aus den simulierten Flügen in den Höhenkammern. 27 Todesfälle traten innerhalb der ersten 10 Minuten nach Sauerstoffausfall, zwei Todesfälle traten zwischen 5100 und 6000 Meter ein.

Bis rund 9000 Meter unterscheidet sich die Reaktionszeit eines jeden Einzelnen etwas, darüber werden die Unterschiede nicht mehr signifikant. Die Symptome des Sauerstoffmangels treten sofort oder mit geringer zeitlicher Verzögerung auf. Das rechtzeitige Erkennen dieser Anzeichen ist die einzige Chance noch richtig zu reagieren! Aber man gebe sich nicht der tödlichen Illusion hin, daß man zu den Leuten gehört, die mehr aushalten.

Die Zeit zwischen der EPT und dem Eintritt der Besinnungslosigkeit und dem Tod kann zwischen einzelnen Personen erheblich schwanken. Da aber ein Segelflieger noch sein Flugzeug zu steuern hat, ist diese Zeit für uns ohne Bedeutung.

Handlungszeiten	
Höhe	EPT
6 100 m	30 Minuten oder mehr
6 700 m	5 bis 10 Minuten
7 600 m	3 bis 5 Minuten
8 500 m	2 bis 3 Minuten
9 150 m	1 bis 2 Minuten
10 700 m	30 bis 60 Sekunden
12 200 m	15 bis 20 Sekunden
13 700 m	9 bis 15 Sekunden

Effektive Zeit für sinnvolles Handeln (EPT) bei Ausfall der Sauerstoffanlage in verschiedenen Höhen

Diese Zeiten verkürzen sich erheblich bei körperlicher Anstrengung oder bei Vorbelastung durch Rauchen vor oder während des Fluges (auch das soll es geben wie auf einem Filmvortrag über das Fliegen in der Sierra Wave in Aalen/Elchingen von einem Besucher gesagt wurde - einen Zug aus der Zigarette, einen Zug aus dem Sauerstoffgerät und einen Zug Frischluft - Leichtsinniger kann man wohl mit seinem Leben nicht spielen!). Alkoholgenuß am Abend vorher und Erkältungen setzen diese Grenzen ebenfalls stark herab. Der Körper verhält sich in solchen Fällen, als ob er ein bis zwei Kilometer höher wäre (das weiß das Sauerstoffgerät aber nicht). Also Vorsicht!

Eine weitere Folge des Sauerstoffmangels ist die Hyperventilation. Bei Angststreß und durch die körperliche Belastung bei starker Turbulenz im Rotor, sowie in großer Höhe neigt man leicht zu hektischem Atmen. Dadurch wird der Kohlendioxidspiegel im Blut zu stark gesenkt, das Blut wird alkalischer, und das Atemzentrum wird beeinflußt, die Atemrate zu senken. Die Verschiebung zum Alkalischen im Blut führt zu einer Gefäßverengung, die ihrerseits Beschwerden wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Benommenheit bewirken. Die Symptome sind ähnlich wie bei Sauerstoffmangel. Es kann Besinnungslosigkeit auftreten, die aber bei normaler Sauerstoffzufuhr wieder verschwindet. Für den Piloten eines Segelflugzeuges kann es dann aber schon zu spät sein.

Ein Pilot bei nicht vollem Bewußtsein kann die Gefahr nicht mehr erkennen und entsprechend darauf reagieren. Beachten Sie bei Flügen in größeren Höhen, daß die tatsächliche Fluggeschwindigkeit (TAS - TRUE AIR SPEED) größer als die angezeigte Fahrt (IAS - INDICATED AIR SPEED) ist. Dieses hat zwar keine Bedeutung für die Festigkeit und Belastbarkeit des Flugzeuges, jedoch ist die Flattersicherheit über einer TAS, die der zugelassenen Höchstgeschwindigkeit entspricht, nicht mehr gegeben.

Hier eine Tabelle über das Verhältnis von angezeigter Geschwindigkeit zu wahrer Geschwindigkeit in verschiedenen Höhen. Sie finden in der Tabelle die angezeigte Geschwindigkeit für die höchste zugelassene Geschwindigkeit eines GfK-Flugzeuges von 250 km/h.

TAS und IAS in Abhängigkeit von Druck und Höhe					
Höhe (m)	Standard Atmosphäre (°C)	TAS (km/h)	IAS (km/h)	Abweichung	
				+15 °C IAS (km/h)	-15 °C IAS (km/h)
6 100	-24	250	185	177	191
6 700	-28	250	176	172	183
7 600	-34	250	168	162	174
8 500	-40	250	159	154	164
9 150	-44	250	154	150	159
10 700	-53	250	140	135	145
12 200	-55	250	124	120	129
13 700	-55	250	109	106	113

Relation zwischen Indicated Air Speed (IAS) und True Air Speed (TAS) in Abhängigkeit von Flughöhe und Druck

Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß ältere Holzflugzeuge für Flüge in Turbulenzen eine weit niedrigere zugelassene Höchstgeschwindigkeit haben. Auf zwei weitere Zwischenfälle im Jahr 1981 in den USA mit einer ASW-19 sei noch hingewiesen. Die TAS (True Air Speed - wahre Fluggeschwindigkeit), nicht die angezeigte Geschwindigkeit wurde deutlich überschritten, was zu Flattern führte. Einer dieser Versuche verlief tödlich, obwohl von einem Testpiloten geflogen. Der andere Pilot konnte das Flugzeug wieder in Normalflugzustand bringen, das Flugzeug hatte aber erhebliche Beschädigungen.

Sollten Sie den Verdacht haben, daß Sie unter Sauerstoffmangel (Hypoxia) leiden, so überprüfen Sie ihr Sauerstoffgerät sofort und stellen Sie auf 100 Prozent Sauerstoff. Nach drei oder vier tiefen Atemzügen sollte sich Ihr Zustand merklich verbessern, falls es sich um Hypoxia gehandelt hat. Falls der Zustand fortbesteht, senken Sie Ihre Atemrate, bis es Ihnen besser geht und Sie zu einer normalen Atemrate zurückkehren können.

Die bei Tauchern allgemein bekannte Dekompressionskrankheit gibt es auch bei Höhenflügen. Bei schnellem Aufstieg in große Höhen wird aus dem Blut und dem Körpergewebe gelöster Stickstoff freigegeben. Es können sich kleine Gasblasen bilden, die Blutgefäße verschließen können. Handelt es sich um Kapillargefäße im Gehirn, so kann es zu Störungen des zentralen Nervensystems kommen. Die Symptome sind ähnlich wie bei Belastung durch starke Beschleunigungskräfte. Blackout oder Verlust des Orientierungssinns sind die Folgen. Was das für den Piloten bedeutet, kann sich wohl jeder ausmalen.

Bei der Beatmung mit 100 Prozent Sauerstoff dauert es etwa 30 bis 40 Minuten bis 45 Prozent des im Blut und Gewebe gelösten Stickstoffs ausgespült sind. Das war der Grund, warum wir bei unseren Höhenflügen etwa 15 Minuten vor dem Start an 100 Prozent Sauerstoff gingen und es auch während des ganzen Fluges blieben (Umschalten auf Mischen nach zirka einer Stunde).

Die Erfahrung aus dem Höhenkammertest hat gezeigt, daß nach dieser Rate die Gefahr eines Zwischenfalls sehr klein wird.

Arten des Sauerstoffmangels

Hypoxic (Altitude) Hypoxia	Sauerstoffmangel im Blut, im Gewebe und im Gehirn
Hypemic (Anemic) Hypoxia	Mangelnde Bereitschaft des Blutes Sauerstoff aufzunehmen, z. B. verursacht durch Kohlenmonoxid aus Zigarettenrauch
Stagnant Hypoxia	Verursacht durch hohe g-Belastung und hektisches, flaches Atmen, z. B. in sehr turbulenten Rotoren
Toxische Hypoxia	Verursacht durch den excessiven Genuß von Alkohol oder Tabletten
Dekompressionskrankheit	Verursacht durch zu schnelles Aufsteigen oder plötzlichen Druckverlust in Druckkabinen

Sauerstoffsyste

Dauerströmer (Continuous Flow Systems) mit loser Maske versorgen durch einen dauernden Strom den Piloten mit 100 Prozent Sauerstoff. Da aber die Maske nicht dicht anliegt, kann Umgebungsluft mit eingeatmet werden. Das FAA empfiehlt diese Geräte bis maximal 7000 Meter, die Luftfahrtmediziner in Edwards Air Force Base erklärten diese Geräte allerdings für „Mickey Mouse“.

Sie empfehlen wenigstens Dauerströmer (Continuous Flow Systems) mit dichter Maske. Diese haben den Vorteil, daß der Pilot wirklich mit reinem Sauerstoff versorgt wird. Die empfohlene Obergrenze wird mit 9000 Meter angegeben. Die Rate, wie der Sauerstoff fließen soll, kann an dem Druckminderer eingestellt werden und wird in Litern pro Minute gemessen. Die Werte für die Höhen entnehmen Sie bitte der folgenden Tabelle.

Sauerstoffverbrauch		
Höhe m	Normal Mix Liter/Stunde	100 Prozent Liter/Stunde
4 500	145	400
6 100	175	325
7 600	200	250
9 150	185	190
10 700	140	140
12 000	140	140

*Sauerstoffverbrauch
in verschiedenen
Flughöhen
bei verschiedenen
Versorgungs-
bedingungen*

Einstellung des Sauerstoffstroms bei Dauerströmern	
Höhenangaben, bis zu denen man mit Dauerströmern sicher fliegen kann	
Höhe	Einstellung (für ein A-8) Liter/Minute
15 000 ft ca. 4 500 m	2,5
20 000 ft ca. 6 100 m	3,0
22 000 ft ca. 6 700 m	3,2
25 000 ft ca. 7 600 m	3,5
Sicherheitsgrenze für undichte Masken und Dauerströmer	
28 000 ft ca. 8 500 m	3,8
30 000 ft ca. 9 150 m	4,0
Sicherheitsgrenze für dichte Masken und Dauerströmer	
35 000 ft ca. 10 700 m	4,5
40 000 ft ca. 12 000 m	4,8
41 000 ft ca. 12 300 m	5,1
absolute physiologische Grenze für Dauerströmer	
45 000 ft ca. 13 700 m	–
Aufenthalt nur mit Druckbeatmung und zeitlich begrenzt	
63 000 ft ca. 19 200 m	–
absolute physiologische Grenze (das Blut kocht)	

Der Nachteil aller Dauerströmer ist der hohe Verbrauch an Sauerstoff. Diesen Nachteil findet man bei Höhenatmern (Diluter Demand Systems) mit dichter Maske nicht. Die Geräte sind im allgemeinen mit einer Anaeroiddose gesteuert, die mit ansteigender Höhe den Sauerstoffanteil in der Atemluft erhöht. Diese Geräte haben einen wesentlich geringeren Verbrauch und erlauben längere Flüge in Höhen bis 10 000 Metern. Bei einigen dieser Geräte muß man allerdings die Höhenstufen mit der Hand umschalten.

In der Regel haben diese Geräte einen Schalter für 100 Prozent Sauerstoff und eine Schalterstellung für Druckbeatmung (SAFETY oder Dusche).

Höhendruckatmer (Pressure Demand Systems) mit dichter Maske sind wohl die beste Lösung. Diese Geräte beginnen bei etwa 8000 Meter mit der positiven Druckbeatmung und regeln das Umschalten auf 100 Prozent Sauerstoff automatisch. Die Höhen, die mit solchen Geräten sicher erfliegen werden können, liegen über 14 000 Meter, die Grenze mag über 15 000 Meter sein. An dieser Stelle sei erwähnt, daß die absolute physiologische Grenze ohne Druckanzug und Druckkabine bei 19 000 Meter (63 000 ft) liegt. Aufenthalte über 12 000 Meter sind nur zeitlich beschränkt möglich.

Es wird aber dringend empfohlen, vor solchen Flügen über 12 km ein Training in einer Druckkammer zu absolvieren.

Zum Schluß noch einige Tips für Ihre Höhenflüge:

- Sparen Sie nicht an der falschen Stelle,
- weder an einem guten, geprüften Gerät,
- noch an Sauerstoff während des Fluges!
- Fliegen Sie nie nach einem Alkoholrausch!
- Fliegen Sie nicht bei einer starken Erkältung!

Wir haben, wie erwähnt, bereits vor dem Start mit 100 Prozent Sauerstoff angefangen, wenn wir Flüge über 6000 Meter erwarteten. An unserem Fallschirm – kein automatischer war eine Notfallflasche angebracht, die direkt mit der Maske verbunden ist.

Uns wurde dringend empfohlen, im Zweifel sofort das Notventil zu ziehen und nicht erst nach der Ursache des Versagens der Sauerstoffzufuhr zu suchen (siehe Tabelle EPT).

Überlegen Sie sich vor einem Flug Ihre Notfallprozedur und üben Sie die Handgriffe. Im Sierra Wave Project wurde von John Robinson als Notfallprozedur bei Versagen des Sauerstoffsystems in großen Höhen Trudein für den schnellsten Abstieg erprobt. Allerdings mit Holzflugzeugen mit nicht besonders wirksamen Spoilern. Die Hauptsache ist, Sie kommen schnell in niedrigere Höhen, in denen Sie eine Überlebenschance haben!

Errechnen Sie sich die Zeit, die Sie mit Ihrem Flugzeug brauchen, um in sichere Höhen abzusteigen. Die Sierra Wave ist in den meisten Fällen trocken, daß heißt es, besteht nicht die Gefahr des „Zumachens“. Das ist in den Alpen oft anders. Achten Sie auch auf die Wetterentwicklung und steigen Sie rechtzeitig ab. Der Sauerstoffverbrauch läßt sich nach der folgenden Tabelle errechnen. Aber seien Sie auch hier konservativ und nehmen Sie eher einen um etwa 25 Prozent höheren Verbrauch an. Reizen Sie nie aus! Lassen Sie immer einen deutlichen Restdruck in Ihrer Sauerstoffflasche.

AOPA-STUFEN Empfehlung von 3000 bis 9000 m

A. Bis 20.000 ft / 6000 m (FAA 1800ft)

- EDS
- erste 1 ltr O²-Flasche, 200-300 bar
- (100 ml /Atemzug = 90 ltr / h
- (Stirn) Pulsometer zur Kontrolle

B 1. Von 18.000 bis 25.000 ft

- Standardmaske (oral-nasal mask)
- i.d.R. mit seitlicher Mischluft

B 2. Über 20.000 ft / 6000 m optimiert

Maske: mit Mikrofon und Reservoir

- “Non Re-Breather Maske“
 - mit Ventilen
- dicht sitzend
- Über einstellbaren Dauerströmer

D. Notsauerstoff

1. zweite O²-Flasche, 200- 300 bar
2. drittens Emergency-Bottle / 5 Min

Faustformel: Pro 10.000 ft je 1 ltr O² /min

- 10.000 ft 60 ltr pro Stunde
- 20.000 ft 120 ltr pro Stunde
- 30.000 ft 180 ltr pro Stunde