

# MENSCHLICHES LEISTUNGSVERMÖGEN BEIM FLIEGEN

## HUMAN PERFORMANCE & LIMITATIONS (HP&L)

### Deutschsprachiger JAR-FCL Lernzielkatalog

### für Ausbildung und PPL A,(B), C, D, E und „N“ Prüfungsfragen

Jürgen K. Knüppel, DAeC Fluglehrer, Fliegerarzt; 66877 Ramstein

Stand: Oktober 2002

#### Gliederung:

-Vorwort

-Einführung in das Thema, Bereich - Bezug: JAR-FCL 1 < nach: Annex C: - 36 ff - und Annex J: - 040 00 00 00 >

Num.	Ser. -Annex C-	Kapitelinhalt	-Annex J-
1.	7.1	Grundlagen : <b>Menschliches Leistungsvermögen / HP&amp;L in der Luftfahrt</b>	040 01 00 00
2.	7.2 - (36)	<b>Grundlagen der Physiologie</b>	02 00 00
3.	7.3 - (36.1)	Gasgesetze, Druckänderungen	02 01 01
4.	7.4 - (36.3)	Atmung und Blutkreislauf	02 01 02
5.	7.5 - (37.3)	Hypoxie, Sauerstoffmangel	02 01 02
6.	7.6 - (37.6)	Hyperventilation	02 01 02
7.	7.7 - (37.4)	Druckabfall und Kabinendruck, Druckfallkrankheit	03 01 02
8.	7.8 - (37.7)	Auswirkung von Beschleunigung	09 01 02
9.	7.9 - (37.9)	Extreme Temperaturen, Probleme in der Sportfliegerei	02 03 03
10.	7.10 - (38)	Sehvermögen	02 01 02
11.	7.11 - (39)	Gehör, Lärm	02 02 03
12.	7.12 - (39.2)	Sinneswahrnehmung und Innenohr, Desorientierung	02 02 04
13.	7.13 - (40)	Kinetose, Luftkrankheit	02 02 02
14.	7.14 - (41)	<b>Gesundheit</b> und Fliegerische Fitness	02 03 00
15.	7.15 - (41.2.3)	Drogen, Medikamente und Alkohol	02 03 04
16.	7.16 - (42)	Toxische Stoffe, Kohlenmonoxid	02 03 04
17.	7.17 - (43)	<b>Grundlagen der Flugpsychologie</b> , Wahrnehmung und Information	03 00 00
18.	7.18 - (45)	Persönlichkeitsfaktoren, Einstellungen und Haltungen	03 04 04
19.	7.19 - (45)	Fliegerische Entscheidungsprozesse	03 03 00
20.	7.20 - (46)	Fehlermanagement	03 04 00
21.	7.21 - (46)	Selbstmanagement im Fluge	03 06 00
22.	7.22 - (45)	Stress und Stressmanagement	03 06 05
23.	7.23 - (45)	Soziale Faktoren der Flugsicherheit	03 02 04
24.	7.24 - (46)	Organisatorische und institutionelle Faktoren	03 02 04
25.	7.25 - (46)	HP&L-Training und Inübunghaltung	03 06 05
26.	7.26	Human Faktors Pädagogik	00 00 00
27.		Hardware und Umgang mit Rettungssystemen	
28.		Nachwort	
29.		Menschliches Leistungsvermögen <b>im Wettbewerb</b> : Kernsätze und Empfehlungen	
30.		<b>Quellen: Literatur / Internet</b>	

**Vorwort:** Die Europäische Einigung bedingt auch in Deutschland mit Umsetzung der Vorgaben der Joint Aviation Authority (JAA) neue Luftfahrtregeln.

Mit Einführung von JAR-FCL 1 (- Original Regeltext in Englisch -) wurde das BMVerkehr gezwungen, auch in Deutschland ein neues Ausbildungs- und Prüfungsfach für Privatpiloten vorzuschreiben.

- Das Bundesverkehrsministerium beauftragte den DAeC nationale deutsche Prüfungsfragen zu erarbeiten.

- Entsprechend der englisch formulierten Grobziele wurde ein **kurzes deutschsprachiges LEHRSKRIPT erarbeitet, auf das sich in der Ausbildung und bei der Prüfungsvorbereitung bezogen werden kann.** Prüfungsfragen-Inhalte sind in dieser Ausgabe schattiert hervorgehoben.

- Dies ist möglich, wenn man aus der vielfältigen speziellen Fachliteratur eine Auswahl der wichtigsten Lerninhalte zusammenstellt.- Ordnungszahlen verweisen auf das JAA Regelwerk.

- Die neu entwickelten Prüfungsfragen beziehen sich auf fliegerisch wesentliche Inhalte.

Sowohl der 17-jährige Segelflugschüler, als auch der im Beruf stehende Motorflieger müssen hiermit arbeiten können. Es handelt es sich hier nicht um akademische Spitzfindigkeiten, die Fragen sind nach praktischen Gesichtspunkten ausgesucht! -Sie werden offiziell jährlich neu von der DFS veröffentlicht.

Darüber hinaus kann sich jeder bei Bedarf durch Vertiefung in Fachbüchern und anderen Quellen, wie dem Internet weiterführendes Verständnis und Wissen erarbeiten.

- Die DAeC Sportfachgruppen werden darüberhinaus weitere Ausbildungsschwerpunkte festlegen !

Entsprechend der Thematik werden die in der internationalen Fachwelt genutzten englischen Fachbegriffe - soweit notwendig und sinnvoll - mit vermerkt und deutsch erklärt!

- Nummerierungen entsprechen - weitgehend - den von JAA und vom BMV vorgegebenen Gliederungen.

## **1. Einführung „Menschliches Leistungsvermögen“ / HP&L in Aviation**

Im Gegensatz zu einem Vogel ist der Mensch nicht flugfähig und nur bedingt flugtauglich. Der Vogel ist optimal aufs Fliegen eingerichtet. Er hat zum Beispiel einen extrem leichten Körperbau und kann im Kurvenflug große Beschleunigung ertragen. Mit seinen Sinnesorganen erkennt er wie schnell er fliegt und wie er seine Flügel in den Wind stellen muss. Alle wichtigen Fluginformationen registriert der Vogel intuitiv. Der Mensch muss diese Flugdaten mit Hilfe komplexer Instrumente mit den Augen ablesen. In einem Flugzeug kann sich der Mensch dennoch recht gut an viele Anforderungen anpassen, wie zum Beispiel an den veränderten Luftdruck, an mäßigen Sauerstoffmangel, an Temperaturunterschiede, an Geschwindigkeit und an die Zentrifugalkraft im dreidimensionalen Raum. Seine geistigen Fähigkeiten kann er zur Lösung der auftretenden Probleme beim Fliegen erfolgreich einsetzen.

Die Fliegerei wäre ohne die geistigen und körperlichen Anpassungsleistungen des Menschen kaum möglich. Er hat jedoch in seiner Fähigkeit sich anzupassen Grenzen. Diese Grenzen bewusst zu machen ist die Aufgabe des Unterrichtsfaches "Grenzen der menschlichen Leistung beim Fliegen" / Human Performance and Limitations.

### **1.1. Fliegerische Qualifikation und ihre Grenzen** / Competence and limitations.

Fehlverhalten des Piloten kann auf körperliche oder seelisch-geistige Faktoren zurückgeführt werden

- 1.1.1. Ziel: Befähigung zur Fehleranalyse, auch im sozialen Umfeld (z.B. im Verein).
- 1.1.2. Es sind weitere Methoden zu identifizieren, um Flugunfällen vorzubeugen.

### **1.2. Wie wird man ein guter Pilot / "Becoming a competent pilot"**

Es gibt eine Vielfalt von Faktoren, die einen erfolgreichen Werdegang bedingen. Im folgenden werden wesentliche Faktoren vorgestellt.

### **1.3. Flugunfall-Statistik** / Accident Statistics

1.3.1. Der Faktor Mensch ("Human Factor") ist einer der Grundursachen bei Flugunfällen. Er spielt bei mehr als 80% der Flugunfälle eine Rolle.

1.3.2. Hauptursache bei Flugunfällen allgemein sind heute vorwiegend Psychische Faktoren (z.B. Regelverletzungen). Daneben spielen in einem geringeren Maße funktionelle Körperstörungen (Erkrankungen), physiologische Faktoren (Sauerstoffmangel, Drehschwindel und ungünstige ergonomische Bedingungen (schlechte Sitzposition) eine Rolle.

1.3.3. Bei geistig und körperlich fitten, gutausgebildeten und geübten Piloten treten statistisch weniger Flugunfälle auf. Jedoch ist festzustellen, sie sind auch nicht vor Flugunfällen gefeit.

1.3.4. FAA Unfall Statistik von 1990 –1998 (Shappell et al, HFACS) sind folgende Hauptursachen bei tödlichen Flugunfällen in der General Aviation gefunden worden:

- *Mangel an Fliegerischem Können / Skill Based Errors* ca 80 %
- *Regelüberschreitungen / Violations* ca 40 %
- *Falsche Entscheidungen / Decision Errors* ca 38 %
- *Wahrnehmungsfehler / Perceptual Errors* ca 10 %

### **1.4. Flugunfallzonenmodell**

1.4.1.1. Aufzeigen der verschiedenen Belastungen und Beanspruchungen in unterschiedlichen Flugphasen

1.4.1.2. hohe Belastungen:

- 1.4.1.2.1. bei Start
- 1.4.1.2.2. besonders beim Lande-Anflug und der Landung
- 1.4.1.2.3. in Notfallsituationen, Aussenlandung
- 1.4.1.2.4. in Wettbewerben, Flugshows

### **1.5. Aufgaben: Büro- Flugsicherheit im DAeC**, FSI; Bundesstelle für Unfalluntersuchung, BFU

1.5.1.1. Flugunfalluntersuchungen

1.5.1.2. Wissenschaftliche Aufarbeitung von Flugunfällen

1.5.1.3. Statistiken, Meldungen, Veröffentlichungen

1.5.1.4. Entwurf und Vorlage neuer Verordnungen/Richtlinien Flugsicherheit relevanter Bereiche

## **2. Grundlagen der Flugphysiologie:** Der menschliche Körper hat eine Vielzahl von Funktionsgrenzen!

### **3. Gasgesetze und Druckänderungen**

Die Atemluft besteht neben einem sehr geringen Anteil von Edelgasen (z.B. Helium u.a.) hauptsächlich aus Stickstoff (ca. 80%) und Sauerstoff (ca. 20%). In der Atmung spielen auch Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO), die CO-Vergiftungen in Abgas-belasteten Cockpits, eine wichtige Rolle. Sie beeinflussen den Atemvorgang und die Regulation der Sauerstoffverarbeitung im Blut.

Bei Aufstiegen auf Flughöhen über 5000 ft / 1500 m beginnen neben den

- Auswirkungen der **Luftdruckänderungen** - auch die
- **Verringerung des Sauerstoff** - im Körper des Piloten eine Rolle zu spielen.

#### **3.1. Druckänderung und Höhenwechsel**

3.1.1. Gasgesetz; BOYLE–MARIOTTE: Produkt Druck und Volumen ist gleichbleibend, ( $p \cdot v = \text{konstant}$ )

3.1.2. Beim **Steigflug mit Druckabnahme** nimmt das Gasvolumen in den Körperhöhlen zu und überflüssige Gase entweichen in der Regel nach außen: Druck im Magen-Darm-Bereich, Mittelohr und Nasennebenhöhlen, evtl. in Zähnen.

3.1.3. Beim **Sinkflug** nimmt der Druck von außen wieder zu; Luft muss wieder zurück in die Nasennebenhöhlen und das Mittelohr. Bei Verschluss dieser Zugänge z.B. durch Schnupfen kann es zu starken Ohrenscherzen und Schmerzen in den Nasennebenhöhlen kommen, besonders bei schnellen Abstiegen.

3.1.4. **Volumenänderung:** Bei Halbierung des Druckes von 1 Atmosphäre wird aus einem 1 Liter Luft am Boden ein Volumen von 2 Litern Luft in 18000 ft / 5500 m bzw. 3 Litern in 26500 ft / 8100 m.

3.1.5. **Höhenunterschiede** von 100 ft / 30 bis 50 m kann man im Ohr fühlen; ca. 1300 ft / 400 m Druckunterschied sind im Trommelfell ohne Druckausgleich schmerzhaft. Mehr als 6600 ft / 2000 m Höhenunterschied ohne Druckausgleich können im Einzelfall sogar zum Trommelfellriss führen.

3.1.6. Beim **Höhenaufstieg** nach dem Start sind eher keine Beschwerden im Mittelohr zu erwarten, Probleme zeigen sich primär beim Absteigen aus großen Höhen und vor der Landung (Luft entweicht leichter beim Aufstieg als nach Druckumkehr, wenn die Luft zum Druckausgleich wieder zurück in die knöcherne Körperhöhle muss). Die Ohrtrompete (EUSTACHISCHE RÖHRE) wirkt bei Erkältung wie ein Einwegventil. Beim Sinkflug können daher starke Ohrenscherzen auftreten.

3.1.7. **Druckausgleich zum Mittelohr beim Abstieg** : Schlucken, Kaubewegung, TOYNBEE-Manöver (Nase zuhalten und schlucken), VALSALVA-Manöver (Nase zuhalten und pressen).

3.1.8. **Ist es zu Druckausgleichsbeschwerden im Mittelohr gekommen**, ist die richtige Methode: Sinkflug stoppen, wenn möglich wieder in den Steigflug übergehen, Druckausgleich mit dem VALSALVA-Manöver (Mund schliessen, Nase zuhalten und Luft in den Rachenraum pressen). Nach Verringerung der Beschwerden wieder in den langsamen Sinkflug übergehen. – Grundsätzlich hat man bei einer Erkältung einen Flug zu unterlassen!

3.1.9. **Im Notfall** können **Medikamente/Nasentropfen/Spray** einen Verschluss der Tube wieder öffnen. (Abschwellen der Schleimhäute!)

3.1.10. **Kranke Zähne** können bei großen Höhenunterschieden Schmerzen bereiten.

3.1.11. Bei **Erkältung mit Schleimhautschwellung** auf jedem Fall nicht ins Flugzeug steigen.

3.1.12. Bei nur **einseitigen Druckausgleich** auf nur einem Ohr gefährlicher Drehschwindel möglich. Beim Fliegen **blähende Speisen** (Erbsen, Bohnen, etc.) vermeiden, um im Flug schmerzhaftes Blähungen im Bauch zu vermeiden.

## 4. Atmung und Kreislauf

- 4.1. Die Lungenatmung dient dem **Gasaustausch**, während das Blut und der Kreislauf die Aufgaben des Transports übernehmen. Beide Organfunktionen müssen zum Fliegen voll funktionstüchtig sein.
- 4.2. **Basiswerte**, Grundlagen zum Verständnis der fliegerischen Belastungen.
  - 4.2.1. **Normale Pulsfrequenz**: ca. 60 bis 80 Pulsschläge pro Minute, (wichtig zur Einschätzung körperlicher und geistiger Belastungen)
  - 4.2.2. **Normale Atemfrequenz**: ca. 16 bis 20 Atemzüge pro Minute à 500 ml. (wichtig zur Berechnung des Sauerstoffverbrauchs von Sauerstoff-Flaschen)
  - 4.2.3. **Normaler Blutdruck in Ruhe**: ca. 120 / 80 mm Hg  
Wert zwischen 110 bis 145 mm Hg, systolisch (Blutdruckspitzen),  
Wert zwischen 70 bis 95 mm Hg diastolisch (Systemdruck)
  - 4.2.4. Bei Kurvenflug und beim Abfangen aus dem Sturzflug können **Beschleunigungen** auftreten, die das Blut in den unteren Körper "versacken" lassen und eine Minderdurchblutung im Kopf, mit Farbsehverlust („grey-out“), Tunnelblick („tunnelvision“) Schwarzwerden vor den Augen („black-out“) und Bewusstseinsverlust („G-LOC“) bewirken.

### 4.3. Lunge / Atmung

- 4.3.1. **Austauschdauer** von O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub> in der Lunge in ca. 0,3 s: **Äussere Atmung !**
  - 4.3.2. **Austauschfläche** der Lunge/Alveolen ca. 100 m<sup>2</sup>.
  - 4.3.3. O<sub>2</sub> / CO<sub>2</sub> Austausch in der Körperperipherie zwischen Blut und Zellen: **Innere Atmung !**
  - 4.3.4. Austausch von Sauerstoff im Körper ist vom Druckgefälle, der Druckdifferenz / dem Konzentrationsgefälle zwischen der Aussenluft und dem Sauerstoffteildruck (Partialdruck) des Gewebe abhängig.
  - 4.3.5. **Der Atemreiz**
    - 4.3.5.1. Bei Anstieg der CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid-) Konzentration im Blut verstärkt sich der Atemreiz.
    - 4.3.5.2. Ein niedriger O<sub>2</sub>-Spiegel im Blut bewirkt einen eher geringeren Atemreiz.
- 4.4. **Blut:**
- 4.4.1. **Haupttransportmittel** des Sauerstoffes sind in ca. 5 l Blut ca. 5 Millionen/mm<sup>3</sup> rote Blutkörperchen (Erythrozyten).
  - 4.4.2. Hohe Gasaustauschkapazität, Gesamt Oberfläche aller Erythrocyten ist ca.  $\frac{1}{2}$  Fußballfeld.
  - 4.4.3. **Hämoglobin (Hb, roter Blutfarbstoff)** ist der wichtigste Bestandteil der Erythrozyten zum Transport des Sauerstoffes. Normwert: ca. 16 g Hb in 100 g Blut (bei starkem Blutverlust vermindert, damit reduzierte Sauerstoffkapazität z.B. bei Höhenflügen [Patiententransport]).
  - 4.4.4. Sauerstoffreiches Blut ist **hellrot**.
  - 4.4.5. Sauerstoffarmes Blut ist **dunkelrot** (blau farbige Lippen und Fingernägel!).

### 4.5. Herz und Kreislauf

- 4.5.1. Das Herz mit den 4 Kammern versorgt einen kleinen (Lungen) und einen großen Blutkreislauf (Körper).
  - 4.5.1.1. Von der Lunge fließt das O<sub>2</sub>-reiche Blut durch die linke Herzhälfte in den Körper.
  - 4.5.1.2. Aus der Peripherie fließt das CO<sub>2</sub>-reiche Blut durch die rechte Herzhälfte in die Lunge.
  - 4.5.1.3. Über die Lunge eingeatmeter Sauerstoff ist nach ca. 5 s im Gehirn angekommen.

### 4.6. Diffusionsgesetz:

- 4.7. Die Zellmembranen in der Lunge und die im Gewebe sind für die Passage des Sauerstoffes und den Austausch des Kohlendioxids durchlässig.
  - 4.7.1. Eine große Diffusionsfläche (siehe: Punkte 3.2. und 3.2.) erlaubt die Diffusion von großen Stoffmengen in kurzer Zeit.
  - 4.7.2. Diffusion bedeutet auch, dass sich die Gasmoleküle vom Ort der höheren Konzentration/des höheren Druckes zum Ort der niedrigeren Konzentration bzw. des niedrigeren Druckes bewegen.
  - 4.7.3. Die Regeln der Diffusion des Sauerstoffes legen z.B. fest, dass ein Pilot in der Welle, der „normale Luft (20 % O<sub>2</sub>-Anteil) in 6 km Höhe atmet, bewusstlos wird. Mit 100 % O<sub>2</sub> ist er aber ausreichend versorgt.

## 5. Hypoxie, Sauerstoffmangel

### 5.1. Grundlagen, Definitionen

- 5.1.1. Sauerstoff (O<sub>2</sub>) muss zur Energieversorgung des menschlichen Körpers gemeinsam mit den Kohlenhydraten (Kohlenstoffe, z.B. Zucker, Mehlspeisen) im Blut ständig zur Verfügung stehen!
- 5.1.2. Kohlenhydrate (C<sub>x</sub>O<sub>y</sub>H<sub>z</sub>) + Sauerstoff (O<sub>2</sub>) = Energie + Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) + Wasser (H<sub>2</sub>O)

### 5.2. Symptome

- 5.2.1. Das Gehirn reagiert besonders empfindlich auf Sauerstoffmangel. Bewusstlosigkeit kann sich nach kompletter Unterbrechung der Sauerstoffversorgung schon nach wenigen Sekunden einstellen. Bei verminderter Verfügbarkeit von Sauerstoff, zum Beispiel in größeren Flughöhen, stellt sich meist unbemerkt schon in kürzester Zeit eine verminderte Gehirnleistung ein.
- 5.2.2. Jeder Mensch reagiert auf **Sauerstoffmangel individuell unterschiedlich**, in anderen Höhenstufen !
- 5.2.3. Sauerstoffmangel kann individuell auch schon unter 10000 ft / 3000 m auftreten.
- 5.2.4. **Symptome** des Sauerstoffmangels (**subjektiv**)
- 5.2.4.1. Erhöhung der Puls- und Atemfrequenz
  - 5.2.4.2. Kribbeln in den Fingern, Kälte- und Wärmeempfindungen
  - 5.2.4.3. Kopfschmerzen und Übelkeit
  - 5.2.4.4. Sehstörungen, eingeengtes Gesichtsfeld
  - 5.2.4.5. Konzentrationsstörungen, Müdigkeit
  - 5.2.4.6. Euphorie (gefährlichste Sauerstoff-Mangelercheinung, da schwer selbst erkennbar) !
- 5.2.5. **Symptome** des Sauerstoffmangels (**objektiv**)
- 5.2.5.1. Reduzierung des Farbsehens
  - 5.2.5.2. Blaue Fingernägel und Lippen
  - 5.2.5.3. Verringerte Reaktionszeit, Vergesslichkeit
  - 5.2.5.4. Eingeschränkte Urteilsfähigkeit, zunehmende Kritiklosigkeit (gefährlich)!
- 5.2.6. **Anpassung**: Toleranz gegenüber O<sub>2</sub>-Mangel ist bei Flugzeugführern i.d.R. nicht trainierbar! – Ein Höhentraining ist nur nach mehrwöchigem ständigem Aufenthalt auf hohen Bergen nachweisbar (z.B. Bergsteiger wie Reinhold Messner im Himalaja!)

### 5.3. Höhenstufen

- 5.3.1. **Sauerstoffsättigung** im Blut gibt an, wie viel Prozent des vorhandenen Hämoglobins mit O<sub>2</sub> beladen bzw. abgesättigt ist. Dies beschreibt die Sauerstoffbindungskurve.-Sie gilt für gesunde Normpersonen !
- 5.3.1.1. in Meereshöhe / sea-level 98 % HbO<sub>2</sub>, ausreichende O<sub>2</sub> Versorgung
  - 5.3.1.2. in ca. 5000 ft / 1500 m Höhe 95 % HbO<sub>2</sub>, ausreichende O<sub>2</sub> Versorgung
  - 5.3.1.3. in ca. 7000 ft / 2100 m Höhe 93 % HbO<sub>2</sub>, ausreichend. (REAKTIONSSCHWELLE)
  - 5.3.1.4. in ca. 10000 ft / **3000 m** Höhe 90 % HbO<sub>2</sub>, nicht ausreichend, (**STÖRSCHWELLE**)
  - 5.3.1.5. in ca. 13200 ft / 4000 m Höhe 85 % HbO<sub>2</sub>, vermindert, Leistungsabfall
  - 5.3.1.6. in ca. 22000 ft / 6600 m Höhe 60 % HbO<sub>2</sub>, (KRITISCHE SCHWELLE), Todeszone.
- Mit einem **Pulsoximeter** (Fingerclip) könnte man unblutig die aktuelle Sauerstoffsättigung im Flug kontinuierlich im Körper messen.
- 5.3.2. Die Form der **Sauerstoffbindungskurve** ist charakteristisch S-förmig, was bei der Sauerstoffversorgung in niedrigen Flughöhen von Vorteil ist!
- 5.3.2.1. **Zwischen 0 und 10000 ft / 3000 m** kaum Änderung der prozentualen Sauerstoffsättigung, Abnahme nur um 8 % HbO<sub>2</sub>. („Ostfriesen können in Bayern auf Bergen leben“, da die Abnahme des O<sub>2</sub>- Druckes in den ersten 3000 m nach diesen physiologischen Gesetzen relativ unschädlich ist“).
  - 5.3.2.2. **Zwischen 10 000 ft / 3000 m und 20 000 ft / 6000 m** (weitere 3000 m Höhenunterschied) machen kleine Höhenänderungen schon eine starke Verringerung des O<sub>2</sub>-Druckes und der Sauerstoffsättigung aus. Abnahme der Sättigung um 23% O<sub>2</sub>, siehe zum Vergleich Punkt 1.

- 5.4. **Andere Hypoxieformen**, die eine **Hypoxische Hypoxie** (O<sub>2</sub>-Mangel ab 10.000 ft bzw. über 3000 m ), den höhenbedingten Sauerstoffmangel verstärken und die Sauerstoffmangelgrenzen weiter erniedrigen:
- 5.4.1. **Stagnierende Hypoxie**: Kreislaufstörungen, **Herz**, G-Belastung, (Beschleunigungen)
  - 5.4.2. **Anämische Hypoxie**: **Blutverlust**, Mangel funktionstüchtiges Hämoglobin (Hb), CO-Vergiftung (**Raucher**).
  - 5.4.3. **Histiotoxische Hypoxie**: Vergiftung des Körpers mit toxischen Stoffen, Medikamente, **Alkohol** (die Wirkung des Alkohols verstärkt in der Höhe die Auswirkungen des Sauerstoffmangels)
- 5.5. **Selbstrettungszeit**, Time of Usefull Consciousness (**TUC**),  
oder Elapsed Performance Time (**EPT**)
- 5.5.1. Die gesamte Selbstrettungszeit (siehe Liste !) umfasst folgende Zeiträume:
  - 5.5.2. Beginn der unzureichenden Sauerstoffversorgung bis zum Erkennen eines persönlichen Warnsignals.
  - 5.5.3. die praktische Selbstrettungszeit bis zur Handlungsunfähigkeit.(Anteil der Gesamt-TUC)
  - 5.5.4. Die **Dauer der Selbstrettungszeit** wird durch weitere wichtige Faktoren beeinflusst:
    - 5.5.4.1. die **Flughöhe**, in der sich der Pilot befindet.
    - 5.5.4.2. die **Erfahrung** im Umgang mit Hypoxie.
    - 5.5.4.3. die **Stressexposition** des Betroffenen.
    - 5.5.4.4. die allgemeine **körperliche Fitness**.
  - 5.5.5. **Höhenabhängige Selbstrettungszeit / Reserve**, Time of Usefull Consciousness (TUC):
    - 5.5.5.1. in 4500 m / 15000 ft Höhe: 3 – 5 Stunden
    - 5.5.5.2. in 5500 m / 18000 ft Höhe: ca. 30 Minuten.
    - 5.5.5.3. in 7500 m / 25000 ft Höhe: 3 bis 5 Minuten.
    - 5.5.5.4. in 11000 m / 35000 ft Höhe: ca. 90 Sekunden.
  - 5.5.6. Sobald der Pilot Sauerstoffmangelsymptome bemerkt, muss er folgende Schritte einleiten:
    - 5.5.6.1. Umschalten auf **100 % O<sub>2</sub>** Versorgung.
    - 5.5.6.2. Prüfen der Masken- und Schlauchverbindung: **PRICE-Check**:  
(**P**ressure, **R**egulator, **I**ndicator, **C**onnections, **E**mergency **E**quipment)
    - 5.5.6.3. **O<sub>2</sub>-Reserve** (Grünen Knopf der Notsauerstoffflasche ziehen, -falls vorhanden- ).
    - 5.5.6.4. **Abstieg** <10 000 ft / 3000 m Flughöhe, Aufsuchen von Höhen mit "atembarer" Luft.
  - 5.5.7. Sauerstoffgeräte: siehe Gebrauchsanweisungen und Merkblätter des DAeC
  - 5.5.8. Tagesform und Anpassung an Sauerstoffmangel (im ausgeruhten Zustand ist man widerstandsfähiger gegenüber Sauerstoffmangel)

## 6. **Hyperventilation**

- 6.1. Grundlagen, Definition: Hyperventilation ist eine **Mehratmung**, die über die Stoffwechsel-Bedürfnisse des Körpers hinaus geht. - Dies kann im Flug **Bewusstseinsstörungen** bewirken.  
-Ist primär bezogen auf den nicht körperlich aktiven, im Cockpit sitzenden Piloten! (Gegensatz: Langläufer!)
- 6.1.1. **Folge**: Ausatmen von zuviel CO<sub>2</sub>/Kohlendioxid mit Behinderung des O<sub>2</sub>-Austausches im Körper.  
Wissenschaftliche Erklärung: CO<sub>2</sub> bildet mit H<sub>2</sub>O in den Körperflüssigkeiten eine schwache Säure, (Kohlensäure, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), die je nach Menge im Blut umkehrbar den pH (Säurewert) im Blut verschiebt und damit vorübergehend (über Enzymfunktionen) den O<sub>2</sub>-Stoffwechsel beeinflusst!
  - 6.1.2. Willkürliche, wie auch unbewusste **Hyperventilation** führt letztendlich auch zur „Hypoxie“ im Gehirn obwohl eher viel Sauerstoff im Blut ist, als zu wenig. Der Sauerstoff kann nicht genutzt werden! S.o.!
- 6.2. **Ursachen und Auftreten**:
- 6.2.1. Bei **Stresssituationen** im Flug mit Angst und Aufregung

- 6.2.2. Gelegentliche Gefahr bei O<sub>2</sub>-Masken-Atmung, da ungewohnt
- 6.2.3. Besonders bei **Flugschülern** in ungewohnten Situationen
- 6.2.4. Beim **Einflug in Schlechtwetter**
- 6.2.5. In **Notfallsituationen**
- 6.3. **Symptome** (dem Sauerstoffmangel ähnlich)
  - 6.3.1. Kribbeln in den Fingern
  - 6.3.2. Sehstörungen
  - 6.3.3. Schwindel
  - 6.3.4. Konzentrationsstörungen
- 6.4. **Maßnahmen** : Stress reduzieren, 100% Sauerstoff, Ruhig atmen (niedrige Frequenz), „Reden“
  - 6.4.1. In größeren Höhen sind die **Symptome zwischen Sauerstoffmangel und Hyperventilation praktisch nicht zu unterscheiden!**
  - 6.4.2. **Notmaßnahmen**: Im Zweifel Notabstieg auf unter 10000 ft, ruhig atmen und 100% Sauerstoff!

## 7. Druckabfall, Kabinendruck

### 7.1. Kabinendruck:

- 7.1.1. Mit Druckkabine ausgerüstete Flugzeuge können einen Kabinen-Luftdruck von **8000 ft / 2400 m** aufrecht halten, auch wenn sie auf Flughöhen von über 20000 ft / 6500 m steigen.
- 7.1.2. Die Druck-Systeme sind je nach Flugzeug unterschiedlich konstruiert (Notverfahren erlernen)!
- 7.1.3. Achtung: Immer **auf Fehlfunktion vorbereitet sein** ! Notsauerstoffflasche bereit halten!

### 7.2. Druckfallkrankheit, DCS (Decompression Sickness)

- 7.2.1. Die Menge eines in Flüssigkeit gelösten Gases ist abhängig vom Druck: ( $P/P_1 = Q/Q_1$ ) HENRY'S Gasgesetz; Beispiel: Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) in einer **Sprudelflasche**.
- 7.2.2. **DCS, auch „Taucherkrankheit“** genannt, ist gekennzeichnet durch das Auftreten von **Gasblasen** in Blut- und anderen Körperflüssigkeiten bei starkem Druckabfall. Gasblasen bestehen hauptsächlich aus **Stickstoff** (s.o.) und können hierbei im Körper mannigfaltige Symptome entwickeln. Grundregel: Druckfallsymptome entwickeln sich bei einem **Druckabfall von mehr als 50% des Ausgangsdruckes** (von 1 ATA in sea-level auf 0.5 ATA in 18000 ft / 5500 m, von 2 ATA auf 1 ATA = Auftauchen aus 10 m Tiefe an die Wasseroberfläche).
- 7.2.3. **Neueste Erkenntnisse**: Die moderne Weltraumforschung hat uns gelehrt, dass sich kleine Gasblasen auch schon bei kleinem Druckfall von 0 auf 12000 ft / 3600 m (35 % Druckabfall) entwickeln können. Somit können auch hier schon ausnahmsweise **Symptome** entstehen (Nachweis: Sonographie von Gasblasen im rechten Herz)

#### 7.2.4. **Symptome** der DCS:

- 7.2.4.1. „Bends“; **Gelenkbeschwerden**, primär in großen Gelenken.
- 7.2.4.2. „Parästhesien“; Beschwerden in der Haut, wie Ameisenlaufen
- 7.2.4.3. „Chokes“; Beschwerden in der Brust und in der Lunge.
- 7.2.4.4. „**Neurologische Störungen**“; Starke Kopfschmerzen, Sehstörungen, etc.

#### 7.2.5. **Vorbeugende Maßnahmen, Notfallverfahren** bei Flügen über 18000 ft / 5500 m ohne Druckkabine.

- 7.2.5.1. Voratmen von 100 % Sauerstoff über mindestens 30 min (Abatmen des Stickstoffes)
- 7.2.5.2. Geringere Höhen planen, Verlangsamung der Aufstiegszeit, Verkürzung der Aufenthaltsdauer in großen Höhen auf nur wenige Minuten (insgesamt < 1 h).

#### 7.2.6. **Reaktion/Handlung** bei Auftreten von DCS-Symptomen: sofortiger Abstieg, 100% Sauerstoff, ggf. Überdruckkammer, 24 h ärztliche Beobachtung.

### 7.3. DCS und Tauchen: Regel für die Sportflieger: Nach vorherigen Tauchen (ab ca. 5 m Tiefe beginnend) sollte für 24 h nicht geflogen werden! (Empfehlungsvorgabe der Taucher-Organisationen (GTÜM oder DAN) bzw. Marine-Vorschriften / sie sind die Fachleute fuer solche Gesundheitsstörungen!)

- 7.3.1. **Fliegen im Airliner**, (Druckkabine bis 2400 m ) nach vorherigen Tauchgängen
  - 7.3.1.1. Tauchen bis 9 m: Flugantritt frühestens nach 12 h

- 7.3.1.2. Tauchen über 9 m (ohne Deko-Pflicht): Flugantritt nach 12 bis 24 h
- 7.3.1.3. „DeKo“-pflichtige Tauchgänge (>10m): Flugantritt nach 24 bis 48 h

7.3.2. DCS kann auch auftreten bei folgenden Situationen:

- 7.3.2.1. Tauchen von 10 m Wassertiefe/ 2 ATA auf Wasserspiegel 1 ATA auftauchen. (Halbierung !)
- 7.3.2.2. **Beispiel:** Tauchen und anschließend Sportfliegen: Vormittags Tauchen in 8 m Wassertiefe, nachmittags Fliegen höher als 3300 ft / 1000 m ! Dies ist schon eine Gefährdung.

## 8. Beschleunigung

- 8.1.1. die Masse (m in [kg]) multipliziert mit der Erdbeschleunigung ( $1\text{ g} = 9,81\text{ m/s}^2$ ) ergibt die Gewichtskraft (G) eines Körpers bzw. Gegenstandes:  $G = m \cdot g$ , deren Einheit ist NEWTON [N]
- 8.1.2. **Lineare** Beschleunigungen (in eine Richtung, z.B. beim Windenstart)
- 8.1.3. **Radiale** Beschleunigungen (im Kurvenflug)
- 8.1.4. **Rotatorische** Beschleunigung um die eigene Achse (Rollen um die Flugzeuglängsachse)
- 8.1.5. **Anguläre** Beschleunigungen (beim Trudeln), Sonderform der rotatorischen Beschleunigungen
- 8.1.6. Im Kreisflug mit Querneigung von  $60^\circ$  wirken 2 g auf den Piloten ein  
→ dies bedeutet, ein Pilot mit einer Körpermasse von 70 kg, das heißt mit einer Gewichtskraft  $70\text{ kg} \cdot 9,81\text{ m/s}^2 = 687\text{ N}$  (s.o.) „wiegt“ dann 1374 N (was auf der Waage zwar „140 kg“ bedeuten würde, obwohl sich die tatsächliche Masse von 70kg nicht geändert hat).
- 8.1.7. **Längerdauernde positive G-Belastungen** in der Körperlängsachse (sog. Z-Achse des Menschen) können in folgender Reihenfolge Symptome machen:  
1. Farbsehtrübungen („**grey-out**“), 2. Tunnelblick („**tunnelblick**“), 3. Schwarzwerden vor den Augen („**black-out**“), 4. Wenn der Körper sich nicht mehr dagegen mit Anti-G-Manövern wehren kann: Bewusstseinsverlust („gravity-induced loss of consciousness“, **G-LOC**).
- 8.1.8. Bei **extremen Beschleunigungen** kann man mit **Anti-G-Manövern (AGSM)** diese Sehstörungen und Bewusstseinsverlust verhindern bzw. treten diese erst bei höheren Beschleunigungen auf. Diese AGSM sehen wie folgt aus: Muskeln anspannen (Waden, Oberschenkel, Gesäß, Bauch), tief Luft holen und für ca. 2 bis 3 Sekunden **Pressen, ohne Auszuatmen** pressen. Weiter: dann kurz aus- und wieder einatmen und wieder für ca. 2 bis 3 Sekunden pressen.

## 9. Extreme Temperaturen, ein Problem der Sportfliegerei

Das Einhalten der richtigen **Körperkerntemperatur von  $37^\circ\text{C}$**  ist eine wichtige Voraussetzung für gute körperliche und **geistige Leistungsfähigkeit**. Erhöhung der Körpertemperatur auf  $38^\circ\text{C}$  vermindert die körperliche und mentale Leistungsfähigkeit. (z.B. bei Sportschützen Reduzierung der Treffer-Ergebnisse um 50%!)

### 9.1. Wärme-/Kälte-Austausch:

- 9.1.1. **Strahlung** : Sonne, Ofen, Kalte Rumpfaußenhaut des Flugzeuges; strahlen sehr intensiv ab!
  - 9.1.1.1. Schutz: Sonnenhut, Isoliermaterial
- 9.1.2. **Leitung**: Nasse Kleidung, Kalter Sitz, Eintauchen in Wasser, Kühlweste-
  - 9.1.2.1. Schutz: Isoliermedien, Nässeschutz, schweißresistente Textilien
- 9.1.3. **Konvektion**: warme Luft, kalter Wind, „wind-chill“-Faktor („gefühlte Temperatur“)
  - 9.1.3.1. Vorbeugung bei Hitze: Lockere luftige Kleidung, Schwitzvorgang berücksichtigen
  - 9.1.3.2. Vorbeugung bei Kälte: Windschutz, Isolierung
  - 9.1.3.3. Moderne Mehrschichtsportkleidung: eng anliegend, schweissaufnehmend und weitertransportierend, wobei die Haut trocken bleibt.

9.2. **Sonnenschutz**: Tragen eines „**Fliegerhutes**“ im Cockpit mit Glashaube ist in der **Segelflugbetriebsordnung (SFBO)** vorgeschrieben. Vermeidung eines Sonnenstichs (Überhitzung des Kopfes).

9.3. Bei langen Flügen ist unbedingt **Flüssigkeit** mitzuführen, um Austrocknung und Verminderung der geistigen Leistung zu verhindern. Urinentsorgung ist ebenso gut zu planen. Urinale!

9.4. Die **Pilotenkleidung** ist dem entsprechenden Wetter und dem Aussentemperaturen anzupassen.

9.5. Vermeidung von Unterkühlung: auf Kopfwärme und Isolationsschutz achten.

## 10. Sehen

### 10.1. Physiologie des Sehens

Die **einwandfreie Funktion der Augen** ist die wichtigste Voraussetzung, um ein Flugzeug sicher fliegen zu können. Das Auge arbeitet ähnlich wie eine Kamera mit einer verstellbaren Lichtöffnung (Iris, Pupille) und einer verstellbaren Linse, mit der der Pilot auch in der Entfernung andere Flugzeuge und gefährliche **Hindernisse wahrnehmen** kann. Die Netzhaut im Augenhintergrund (Retina) enthält fotoempfindliche Zellen mit einem kleinen zentralen Bereich, der **Fovea**, in dem Objekte scharf abgebildet werden können. Im Bereich des Sehnerv befindet sich der „**Blinde Fleck**“, der sich seitlich (10-15 Grad) von „der Stelle des schärfsten Sehens“ befindet. Das zweite Auge kompensiert u.a. den Blinden Fleck des anderen Auges.

### 10.2. Grenzen der Sehfähigkeit

- 10.2.1. Das **farbige Sehen** (*Zapfen*) und das **scharfe Sehen** befinden sich im Zentrum der Netzhaut des Auges (**Fovea centralis**), für ca. 1-5 Winkelgrade ist scharfes Sehen möglich, seitlich davon ist es zunehmend unscharf! → Notwendigkeit des „**Scannens**“ **des Luftraumes**!
  - 10.2.2. Bei **Dunkelheit** sieht man in der Peripherie der Netzhaut mit den *Stäbchen*.
  - 10.2.3. Bei Dunkelheit muss man ca. 10 bis 15 Grad seitlich am Ziel vorbei blicken, um z.B. ein Flugzeug oder ein Hindernis bei Nacht noch erkennen zu können.
  - 10.2.4. Das Auge benötigt ca. 30 min bis es sich nach einer Blendung wieder an die Dunkelheit gewöhnt hat (Adaption). Das vorherige Tragen einer Sonnenbrille hilft, die **Dunkelanpassung** zu verbessern.
  - 10.2.5. Bei schlechter Sicht ohne Bezugspunkt in der Ferne neigen die Augen dazu, sich auf einer Entfernung von 1 bis 2 m auf Teile des Flugzeugs (Fensterrahmen) scharf einzustellen. Besonders Flugschüler erkennen dann keine entfernter fliegenden Flugobjekte mehr.
  - 10.2.6. -Ein Auge bei Blendung schliessen, hilft die Dunkeladaptation zu erhalten.
- 10.3. **Eine Fehlsichtigkeit** ohne Korrektur durch eine **Brille** kann das rechtzeitige Erkennen von Flugobjekten, von Geländepunkten, von wichtigen Einzelheiten und von gefährliche Situationen unmöglich machen!
- 10.4. **Luftraumbeobachtung: „Scan“-Technik**: Luftraumbeobachtung am Horizont:
- 10.4.1. **Schrittweises Abtasten** des Himmels um ca. 10-20 Grad (scharfes Sehen des Auges nur in einem Winkel von ca. 5 bis 10 Grad) vermeidet gefährliche Situationen.
  - 10.4.2. Kurz (ca. 1 s) auf den sich leicht überschneidenden **Blicksektoren** verweilen.
  - 10.4.3. Ein realistisches Zeitmaß zwischen Erkennen eines Kollisionsrisikos mit einem anderen Flugzeug beträgt erfahrungsgemäß immerhin ca. **5 bis 10 s**.
  - 10.4.4. Ein Flugzeug auf Kollisionskurs wird mit grosser Wahrscheinlichkeit im Sichtfeld der Frontscheibe lange stationär bleiben und kaum grösser werden. Gesetz: Halbierung der Entfernung = Verdopplung der Grösse! – Daher, lange Zeit fast stationär, **dann plötzliche Vergrößerung** des Umrisses des Flugzeuges, mit **wenig Reaktionszeit!**
  - 10.4.5. **Schätzfehler** (Entfernung, Grösse, Geschwindigkeit) bei Dunst und schlechten Sehbedingungen).
- 10.5. **Sonnenbrillen**: Tragen von qualitativ hochwertigen Sonnenbrillen ist beim Fliegen für die Flugsicherheit bedeutsam.
- 10.5.1. Sonnenbrillen sollen **Blendungen** vermeiden.
  - 10.5.2. Sonnenbrillen sollen UV-Licht absorbieren.
  - 10.5.3. Die Unterscheidung von verschiedenen Farben darf qualitativ nicht verringert sein. Es gibt dabei evtl. sogar eine **Kontrastverstärkung**.
  - 10.5.4. Störende Polarisationserscheinungen der Sonnenbrille können u.a. die Ablesbarkeit von **LCD-Displays** beeinträchtigen.
  - 10.5.5. Das Tragen von Sonnenbrillen kann vor Beginn eines Nachtfluges die Dunkeladaptation fördern.
- 10.6. **Flackerlicht** bei Hubschrauberfliegen: Sowohl weisse Blitzlichter („**strobe lights**“), als auch drehende Hubschrauberrotorblätter, die das **Sonnenlicht** unterbrechen, können bei ungünstigen Bedingungen und Veranlagung zu Schwindel und Übelkeit (**Flicker-Vertigo**) führen. Massnahme für Passagiere: Augenschliessen oder eventuell Sonnenbrille tragen.

## 11. Gehör und Lärm

- 11.1. Piloten von **Klappmotorseglern** sind längerfristig durch den **ohnahen Motorlärm** gefährdet und können schwerhörig werden. Ein Headset bzw. Lärmschutzohrstöpsel können einem Lärmschaden des Gehörs vorbeugen.
- 11.2. Im üblichen Funksprechverkehr ist das volle **Verständnis** aller Tonfrequenzen zur Identifizierung der Funksprüche unbedingt notwendig.
- 11.3. Druckausgleichsstörungen im Mittelohr können neben den Schmerzen im Trommelfell auch vorübergehende **funktionelle Schwerhörigkeit** hervorrufen.
- 11.4. Die Ausrüstung von Motorflugzeugen mit Kopfhörern, die das moderne „**Active Noise Reduction** system“ [ANR] (elektronisches Reduzieren des Lärms durch Frequenzmodulation mit inversere Schallstruktur) besitzen, ist zu empfehlen.
- 11.5. Mangelnde Verständigung zwischen den Beteiligten im Flugbetrieb kann zu Flugzwischenfällen führen: Fehler beim Zuhören und **Verständnisfehler**.

## 12. Innenohr und Sinneswahrnehmung

- 12.1. **Grundlagen, Definition:** Das Innenohr besteht aus dem Hörorgan (der **Gehörschnecke**) und dem **Vestibularorgan** mit den **Bogengängen** (Drehbewegung) und den **Statolithen** (lineare Beschleunigungen und Änderungen der Schwerkraft)
- 12.2. **Die drei Bogengänge** mit den Otolithen unterstützen die Lageorientierung mit
  - 12.2.1. am Boden mit richtig empfundenen Wahrnehmungen (z.B. Beschleunigungen)
  - 12.2.2. im Flug mit teilweise täuschenden Empfindungen (z.B. Drehungen rechts / links; oben / unten)
  - 12.2.3. der Gefahr der Sinnestäuschungen zur Lage im Raum ohne Sichtbezug bzw. bei fehlendem Horizont im Wolkenflug.-Problemverzahnung mit Sehorgan.
- 12.3. **Orientierung :**
  - 12.3.1. Im Flug ist die Lageorientierung ausschließlich in Kombination mit dem Sehsinn zuverlässig. **Etwa 80 bis 90 % der Lageorientierung im Raum hängen vom richtigen Sehen ab.**
  - 12.3.2. Räumliche Orientierung wird erreicht durch gemeinsame Informationen von Sehsinn, Körpersinn und Vestibularsinn.
  - 12.3.3. Räumliche Orientierung allgemein: Körpersinn mit Drucksensoren („propriozeptiv“, Haut-, Muskel-, Tast- und Gelenksensoren). Während des Fluges ist das sogenannte „**Hosenbodengefühl**“ auch bei erfahrenen Piloten (!) keine zuverlässige Empfindung zur Orientierung im Raum.
- 12.4. **Räumliche Desorientierung, (Allgemein)**
  - 12.4.1. **„Visual illusions“ / Seh-Illusionen:**
    - 12.4.1.1. Bei Störungen des Zusammenspiels zwischen Sinnesorganen und vorher gemachter Erfahrungen/Erlebnissen (**Programmierung des Gehirns**) kann es zu Wahrnehmungsillusionen kommen:
      - 12.4.1.1.1. **Ansteigende Landebahn** erscheint länger und näher.  
Man hat den Eindruck, zu hoch anzufliegen und zu weit zu geraten.  
Gefahr: harte Landung, da Ansteigen letztendlich verkannt wird, „**Stall**“-Gefahr.
      - 12.4.1.1.2. **Abfallende Landebahn** erscheint kürzer und weiter entfernt.  
Gefahr: **Zuweitkommen**
      - 12.4.1.1.3. Über einer **breiteren Landebahn** als gewohnt besteht die Illusion geringerer Höhe.  
Gefahr: **zu früh abzufangen.**
      - 12.4.1.1.4. Über einer **schmaleren Landebahn** als gewohnt besteht die Illusion grösserer Höhe. Gefahr: **harte Landung.**
    - 12.4.2. **„Spatial Disorientation“ / Räumliche Desorientierung (im Speziellen):**
      - 12.4.2.1. **CORIOLIS:** Reizung aller Bogengänge. Gehirn kann Reize nicht auswerten. Bei gleichzeitiger Kopfdrehung nach vorn und Einleiten einer Kurve, kann es zum sogenannten „**Coriolis-Effekt**“ kommen. Dies zeigt sich in einem massiven **Drehschwindel** (Vertigo), der zu einem Flugzeugabsturz führen kann. Massnahme: Steuerbewegungen nach Instrumenten (soweit vorhanden) bei ruhiger und gerader Kopfhaltung.
      - 12.4.2.2. **Schwerkraft-Illusionen, Somatogravic Illusions:** Ein Pilot, der im Geradeausflug entweder beschleunigt oder verzögert, hat möglicher Weise die Illusion:

12.4.2.2.1. einer **Rückwärts- oder Vorwärtslage**

12.4.2.2.2. des **Steig- oder Sinkfluges** (Oculogravic Illusion) - Beispiel: Illusion des abwärtsgerichteten Gleitfluges bei Reduzierung der Antriebskraft. **Täuschung** erkennbar mit auf Null stehenden Variometer !

12.4.2.3. **Elevator Illusion**: Besonders bei engem koordiniertem Kurvenflug, kann durch den verstärkten Andruck (durch die Zentrifugalkraft), das **Gefühl des Steigfluges** entstehen, insbesondere bei fehlendem optischen Bezug.

12.4.2.4. **Dreh-Illusionen**, Somatogyral Illusions.

12.4.2.4.1. Beim Beenden einer koordinierten Kurve, kann der Eindruck eines Sinkfluges und Kurvenfluges in die **entgegengesetzte Richtung** entstehen.

12.4.2.4.2. Leans: unbewusstes **Hängenlassen** der Fläche.

12.4.2.4.3. **Graveyard Spin**: Beim Ausleiten aus einem Trudelmanöver meint man, letztendlich in die **Gegenrichtung zu drehen**.- Dies kann dazu führen, dass man bei Verlust der Aussensicht das Trudeln erneut einleitet.

**12.5. Vermeidung von Desorientierung**

12.5.1. Besonders bei schlechter Sicht können die Auswirkungen von Lageempfindungen der Haut- und Muskelsensoren zu falschen Lageillusionen im Flug führen. Flug abbrechen!

12.5.2. Um Einflüsse auf das Gleichgewichtsorgan zu verringern, sollte der **Kopf während des Fluges möglichst gerade gehalten** werden.

12.5.3. Das sogenannte „Hosenbodengefühl“ ist ohne visuelle Bezugsebene zur Orientierung im Raum **nicht** geeignet. Soweit möglich Flug-Instrumente beachten!

**13. Kinetose**

13.1. Kinetose, auch „**Bewegungskrankheit**“ genannt, kann bei Seefahrt, beim Fliegen und Autofahren auftreten. Es handelt sich um einen Konflikt zwischen den verschiedenen Empfindungen des Innenohres bzw. den Lagesensoren des Körpers und den im Gehirn gespeicherten Erfahrungen.

Erlebte **Bewegung passt nicht zum Seh-Eindruck!**

Folge: **Müdigkeit, Schweißausbruch, Übelkeit und Erbrechen**

13.2. Vorbeugen: Abrupte Flugbewegungen und Turbulenzen vermeiden. Blickpunkte auf dem Erdboden suchen. **Geradehalten des Kopfes**. Frische **Luft** und Sauerstoff können die Kinetose positiv beeinflussen.

13.3. Medikamente können Passagieren gegeben werden und dann auch helfen. Für Piloten sind Medikamente verboten!

13.4. Anfälligkeit kann durch häufiges Fliegen verringert werden. Psychische Aspekte: Negative Erwartungshaltung, **Angst!**

13.5. Statistik: Empfindlichkeit ist vermutlich (auch) erblich bedingt, etwa 20 % der Bevölkerung sind überdurchschnittlich empfindlich!

**14. Gesundheit, Fliegerische Fitness**

14.1. **„I'M SAFE ?“ Checkliste**: Fragestellungen vor Flugantritt ( I'am safe? = Bin ich sicher? )

14.1.1. **Illness / Erkrankung**: Habe ich Symptome?

Auch bei leichten grippalen Symptomen (Erkältung) soll man nicht fliegen.

14.1.2. **Medication / Medikamente**: Sind Medikamente im Körper? – Für Flugzeugführer verboten!

14.1.3. **Stress / Stress**: Habe ich Sorgen, bin ich überarbeitet?

14.1.4. **Alcohol** Habe ich in den letzten 24 h getrunken?

14.1.4.1. Ein grosses Bier bewirkt 0,2 Promille im Blut.

14.1.4.2. Ein Schnaps 0,02 l, ein Wein 0,4 l bedingen 0,1 bis 0,2 Promille im Blut.

14.1.4.3. Übliche Abnahme des Alkoholgehaltes im Blut ist 0,1 Promille pro Stunde.

14.1.4.4. Ein „Kater“ (hangover) führt auch ohne Alkohol im Blut zu Leistungsstörungen!

14.1.4.5. Mit zunehmender Höhe ist die Wirkung des Alkohols verstärkt.

14.1.5. **Fatigue / Müdigkeit**: Bin ich ausgeruht?

14.1.6. **Eating / Ernährung**: Habe ich ausreichend gegessen?

Können diese Punkte nicht zufriedenstellend beantwortet werden, darf nicht geflogen werden !

#### 14.2. Gesunde Ernährung, Flüssigkeit, Wohlbefinden:

- 14.2.1. Ernährung: leichte Nahrung, **keine blähenden Speisen**
- 14.2.2. **Flüssigkeit:** Flieger benötigen zusätzlich Flüssigkeit wegen der Lufttrockenheit in größeren Höhen. Ein ausgeglichener Flüssigkeitshaushalt verbessert nachweislich die mentale Leistungsfähigkeit der Piloten, besonders bei Durst und grosser Hitze.
- 14.2.3. **Optimierung Allgemeinbefinden:** Krankheitsprophylaxe, Schutz vor Kälte
- 14.2.4. **Sonnenschutz** auch als Hautkrebsvorsorge.
- 14.2.5. Achtung: Gesundheitliche Risikofaktoren: z.B. unbehandelter Bluthochdruck
- 14.2.6. Körperliche **Fitness:** Sport
- 14.2.7. **Körper Rhythmus:** Achtung nach Reisen über mehrere Zeitzonen, z. B. 6 bis 9 h nach USA
- 14.2.8. Wettbewerbstraining

#### 15. Drogen, Medikamente und Alkohol

- 15.1. Vom Grundsatz her ist das Betreiben von Flugzeugen nach Einnahme von Alkohol und Drogen bei Strafe **verboten**.
- 15.2. Der normale Alkoholabbau beträgt als Faustregel ca. **0,1 Promille/h**. Das heisst, bei einem Alkoholspiegel von 1,0 Promille ist eine notwendige Abbaizeit von 10 h anzunehmen.
- 15.3. Vom Grundsatz her sollte 12 h vor dem Führen eines Flugzeuges kein Alkohol mehr getrunken werden („from bottle to throttle“). Auch nach vollständigem Alkoholabbau ist noch mit körperlichen Auswirkungen des Alkohols zu rechnen („hangover“).
- 15.4. Beim Trinken von Alkohol werden bereits in der Mundhöhle geringe Mengen aufgenommen.
- 15.5. Wenn Medikamenteneinnahme: Vor Aufnahme des Flugbetriebes **Rückfrage bei Fliegerarzt !**
- 15.6. Bei einigen Dauermedikationen (z.B. blutdrucksenkende Mittel) kann nach Ausnahmeregeln durch den Fliegerarzt eine Sondergenehmigung beantragt werden.
- 15.7. Impfungen: Sie können oft erst nach Tagen auftretende beeinträchtigende Reaktionen hervorrufen, die zur Fluguntauglichkeit führen. Also Flugpause!

#### 16. Toxische Stoffe, Kohlenmonoxid (CO), Zigaretten Rauchen und Sauerstoffmangel

- 16.1. Kohlenmonoxid (CO) ist ein **toxisches ( giftiges ) Gas**, welches bei unvollständiger Verbrennung entsteht (Tabakrauch, Motor-Abgase). CO ist ein farb-, geschmack- und **geruchloses** Gas (man bemerkt es nicht!), es ist leichter als Luft. In **geringsten Mengen ist es tödlich**, 0,1% CO in der Atemluft ergibt eine CO Sättigung im Blut von 50%;
  - Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) hingegen ist in geringeren Mengen ungiftig !
- 16.2. Kohlenmonoxid verbindet sich mit Hämoglobin etwa **200 bis 300 mal stärker** als Sauerstoff.
- 16.3. CO verhindert, dass Sauerstoff aufgenommen und zu den Zellen des Körpers transportiert wird.-Transportblockade!
- 16.4. **Symptome** bei CO-Vergiftungen sind ähnlich denen bei Sauerstoffmangel:
  - 16.4.1. Kopfschmerzen
  - 16.4.2. Sehstörungen
  - 16.4.3. Übelkeit, Erbrechen
  - 16.4.4. „Rosige Hautfarbe“! (Im Gegensatz zum O<sub>2</sub>-Mangel, dort blaue Hautfärbung !)
  - 16.4.5. Wichtig bei Nachtflug: CO **reduziert die Nachtsehfähigkeit** („Hypoxie“).
- 16.5. **Verunreinigung** der Atemluft mit CO durch:
  - 16.5.1. Triebwerk Abgase (es gibt CO-Warner für das Cockpit von Motor-Lfz)
  - 16.5.2. defekter Wärmetauscher der Cockpitheizung
  - 16.5.3. elektrische Kabel - Schwelbrände im Cockpitbereich
  - 16.5.4. Zigarettenrauchen (im Zigarettenrauch ist ein Anteil von 4 % Kohlenmonoxyd )
- 16.6. Der Rauch von drei Zigaretten ergibt eine CO-Blutsättigung von 4%
- 16.7. Starke Raucher können eine CO-Blutsättigung von 8 % haben.
- 16.8. **Rauchen in 3000 Metern erzeugt einen Effekt von 4300 m ohne Zigarettenrauch.** (Rauchen, auch längere Zeit vor dem Flug erniedrigt die Sauerstoffmangelgrenzen !)
- 16.9. Es dauert bis zu 48 h bis der Körper sein gesamtes CO ausgeschieden hat.

Therapie: Die Gabe von 100% Sauerstoff hilft, CO wieder auszuscheiden!

## **Grundlagen der Flugpsychologie / Fliegerische Entscheidungsprozesse**

„Aeronautical Decision Making“(ADM)

- Folgende **psychologischen Schwerpunkte** haben Einfluss auf den Ablauf der Fliegerei:
  - **Psychologische Faktoren, Wahrnehmung und Informationsverarbeitung: (43)**
  - **Persönlichkeitsfaktoren – Einstellungen und Haltungen: (44)**
  - **Fliegerische Entscheidungsprozesse**
  - **Fehlermanagement:**
  - **Selbstmanagement im Fluge.**
  - **Stress und Stressmanagement: (45)**
  - **Soziale Faktoren und Flugsicherheit**
  - **Organisatorische und Institutionelle Faktoren: (46)**
  - **HP&L Training und Inübunghaltung**
  - **Human Factors Paedagogik**

## **17. Psychologische Faktoren, Wahrnehmung und Informationsverarbeitung**

- 17.1. **Grundlagen der Psychologie, Definition und Beschreibung:**  
Um ein Flugzeug zu fliegen und sicher zu steuern bedarf es mehr als technischen Wissens. Es ist ebenso wichtig zu wissen, wie Körper und Geist funktionieren und wie **Entscheidungsprozesse** im Kopf ablaufen. Das Ziel von „human factors performance training“ ist es, die Flugsicherheit zu erhöhen, indem dem Piloten mögliche Schwachpunkte aufgezeigt werden. Die menschliche Leistung wird verbessert, indem Fehler bekannt gemacht, aufgezeigt und dann vermieden werden können. Wir müssen uns Kenntnisse und Erfahrungen über folgende Schwerpunktaspekte aneignen; wie beeinflussen z.B. persönliche Einstellungen, unsere Gefühle und Können, zwischenmenschliche Beziehungen und äußere Belastungen die fliegerische Leistung? - Aber auch die Technik und die Gestaltung der Cockpit **Ergonomie** wirken auf fliegerische Abläufe und Entscheidungsprozesse ein.
- 17.2. **Aspekte der Aufmerksamkeit:**
- 17.2.1. Wachsamkeit
  - 17.2.2. Erwartungshaltung
  - 17.2.3. Konzentration
  - 17.2.4. Ablenkung
  - 17.2.5. Voraussicht, Antizipation
  - 17.2.6. Umsicht/Übersicht
  - 17.2.7. Fehlervermeidung
  - 17.2.8. Selektive Aufmerksamkeit
- 17.3. **Formen der Wahrnehmung:**
- 17.3.1. Subjektivität
  - 17.3.2. Illusionen
  - 17.3.3. positive Erinnerung
  - 17.3.4. negative, nicht aufgearbeitete Erinnerung (Gefahr von Fehlverhalten!)
- 17.4. **Erinnerungsvermögen und Lernen:**
- 17.4.1. Abrufen von Informationen
  - 17.4.2. Kontrolle und Üben von Erlerntem / „feedback“
  - 17.4.3. Mentales Training
  - 17.4.4. Automatisierung von Erlerntem

17.5. **Möglichkeiten kognitiver Wahrnehmung, individuelle Wahrnehmungsfähigkeit:**

- 17.5.1. Konzentration
- 17.5.2. Allgemeine Intelligenz
- 17.5.3. Rechenfertigkeit, Kopfrechnen
- 17.5.4. Merkfähigkeit
- 17.5.5. Technisches Verständnis
- 17.5.6. Aufmerksamkeitsverteilung
- 17.5.7. Um- und Übersicht
- 17.5.8. Orientierung
- 17.5.9. Befähigung zur Mehrfacharbeit
- 17.5.10. Psychomotorische Koordination
- 17.5.11. Übungsfortschritt

**18. Persönlichkeit des Piloten. Einstellungen und Haltungen**

18.1. **Persönlichkeit des Piloten, Einflüsse auf die Flugdurchführung.**

- 18.1.1. Leistungsbereitschaft
- 18.1.2. Fliegerische Motivation
- 18.1.3. Belastbarkeit
- 18.1.4. Toleranz gegenüber Misserfolgen
- 18.1.5. Handlungsentschiedenheit
- 18.1.6. Dominanz, Bestimmtheit
- 18.1.7. Entscheidungsverhalten
- 18.1.8. Flexibilität/ Anpassung
- 18.1.9. Zuverlässigkeit
- 18.1.10. Kooperationsbereitschaft, Kontaktfähigkeit, Kommunikation
- 18.1.11. Planungs- und Organisationsvermögen
- 18.1.12. Selbstbehauptung

18.2. **Persönlichkeitsmerkmale**

- 18.2.1. Angemessenes Risikoverhalten
  - 18.2.1.1. positiv: Risiko wird einkalkuliert, jedoch Regelungen/Vorschriften und die vom System gezogenen Grenzen werden beachtet!
  - 18.2.1.2. negativ: über Risiko wird nicht nachgedacht oder es wird bewusst ignoriert

18.3. **Gefährliche Grundhaltungen eines Piloten / Hazardous Attitudes:**

- 18.3.1. Disziplinlosigkeit / *antiauthority*
  - 18.3.1.1. Gegenhaltung: Folge den Vorschriften, sie sind in der Regel richtig
- 18.3.2. Unüberlegtheit / *impulsivity*
  - 18.3.2.1. Gegenhaltung: Nicht so schnell, erst nachdenken
- 18.3.3. Unangreifbarkeit/ *invulnerability*, "Es wird mir nichts passieren" Haltung
  - 18.3.3.1. Gegenhaltung: Vorsicht, es könnte auch mir etwas passieren.
- 18.3.4. Selbstüberschätzung, Falscher Ehrgeiz, Imponiergehabe/ *Macho* (Haltung)
  - „Ich zeig es Dir, ich kann das“ Haltung
  - 18.3.4.1. Gegenhaltung: Risiken eingehen ist dumm.
- 18.3.5. *Resignation*, „Jetzt ist es passiert, ich kann nichts mehr tun!“- Haltung -
  - 18.3.5.1. Gegenhaltung: Ich bin nicht hilflos, ich kann was ändern!

18.4. **Riskante Verhaltensweisen eines Piloten:**

- 18.4.1. Riskantes – Unbedingt-Nachhause-Fliegen-Wollen- „Stalldrang“ / "Get Home-itis"
- 18.4.2. Kurz vor der Landung Risiken eingehen, „Impulsivität“: sofern man spontan von einer geplanten Aktion abweicht, kann es durch Unbedachtsamkeit (Impulsivität) zu einem Flugunfall kommen
- 18.4.3. Riskantes „Einfach Weiterfliegen“ / "Press-On-itis" (z.B.bei Einflug in Schlechtwetter!)
- 18.4.4. „Überzogener Ehrgeiz“, der Wille unbedingt etwas erreichen zu wollen. Dies verhindert angemessen auf fliegerische Probleme zu reagieren. Beispiel: Riskanter Endanflug!- Es beeinflusst weiterhin einvernehmliches Lösen von Problemen.

## 18.5. Psychologischen Belastungen (Innere und Äussere) :

### 18.5.1. **Angst:**

### 18.5.2. **Seelische Ursachen:**

- 18.5.2.1. Geldprobleme, Schulden
- 18.5.2.2. Partnerprobleme
- 18.5.2.3. Berufliche Probleme
- 18.5.2.4. Selbst auferlegter Stress, *selfimposed stress*

### 18.5.3. **Persönlichkeitsstörungen:**

- 18.5.3.1. Überheblichkeit
- 18.5.3.2. Arroganz
- 18.5.3.3. Unangemessene Risikobereitschaft
- 18.5.3.4. Mangel an Selbstbewusstsein
- 18.5.3.5. Langeweile
- 18.5.3.6. Disziplinlosigkeit

### 18.5.4. **Seelische Erkrankungen:**

### 18.5.5. **Psychosen**

- 18.5.5.1. Neurosen
- 18.5.5.2. Depressionen
- 18.5.5.3. Manie
- 18.5.5.4. „Auffällige“ Persönlichkeitsstrukturen

### 18.5.6. **Erfolgsdruck:**

- 18.5.6.1. Problem, wenn vorher gesteckte Ziele absehbar nicht erreicht werden!
- 18.5.6.2. Druck von ähnlich qualifizierten Piloten, Konkurrenten / („PEER pressure“)

## 19. Fliegerische Entscheidungsprozesse

### 19.1. Der Entscheidungsprozess ("Decide Model"):

Entscheidungsprozesse setzen sich aus 6 logisch abfolgenden Schritten zusammen. Alle fliegerischen Entscheidungen sollten diesem Denkablauf folgen:

- |         |  |              |
|---------|--|--------------|
| 19.1.1. | 1. Herausfinden, Problem ermitteln       | ("detect")   |
| 19.1.2. | 2. Beurteilen, mögliche Optionen abwägen | ("estimate") |
| 19.1.3. | 3. Auswählen einer angedachten Lösungen  | ("choose")   |
| 19.1.4. | 4. Identifizieren, Handlung festlegen    | ("identify") |
| 19.1.5. | 5. Ausführen, Vorgang erledigen          | ("do")       |
| 19.1.6. | 6. Bewerten, abschätzen, ob erfolgreich? | ("evaluate") |

### 19.2. Belastung und Beanspruchung:

Unterschiede im Sprachgebrauch (engl. nur ein Begriff: "workload")

#### 19.2.1. **Objektive Belastung:** Summe der auf den Menschen von außen einwirkenden Faktoren

- 19.2.1.1. Die Arbeitsbelastung beim Fliegen hängt ab von der aktuellen Flugsituation, der Erfahrung des Piloten und der Ergonomie des Cockpits.

#### 19.2.2. **Subjektive Beanspruchung:** Auswirkungen der Belastung auf Organismus und Verhalten

19.2.3. Belastung und Beanspruchung müssen so aufeinander abgestellt werden, dass es nicht zu flugsicherheitsgefährdenden Situationen und Unfällen kommt.

- 19.2.3.1. In der Ausbildung durch den Fluglehrer!
- 19.2.3.2. Im Training durch den Coach!
- 19.2.3.3. Selbstverantwortlich durch den Piloten.
- 19.2.3.4. Bei Konkurrenzsituationen durch die Gruppe (Druck durch Gleiche/„PEER Pressure“).

### 19.3. Leistung und Erregungsgrad:

Steht in einem definierten Verhältnis zur fliegerischen Leistungsfähigkeit.

Das Verhältnis der beiden zueinander entspricht der eines umgekehrten „U“ (also: „∩“)

- 19.3.1. Geringerer Erregungsgrad bedeutet geringe Leistungsfähigkeit.
- 19.3.2. Mittelgradiger Erregungsgrad bedeutet hohe Leistungsfähigkeit.
- 19.3.3. Sehr hoher Erregungsgrad bedeutet eher geringe Leistungsfähigkeit.

19.4. **Stress: Symptome und Auswirkungen:**

Im psychischen STRESS kann ein Pilot gestellte Aufgaben nicht mehr angemessen lösen.

Überlastung und Überbeanspruchung ("Overload") können leicht zum STRESS führen.

So können z.B. ungewohnte Flugmanöver bei Flugschülern kanalisierte Aufmerksamkeit, Aufregung, Nervosität und alle weiteren angegebenen Symptome auslösen (siehe Punkt 22).

Über- wie Unteraktivierung kann Stress begünstigen (siehe Schema der Aktivierung/„Arousal“)

19.5. **Flugvorbereitung, gedankliche Vorwegnahme von Handlungsabläufen:**

19.5.1. Hinreichende Flugabsprachen (z.B. im Verein / mit Flugleiter)

19.5.2. Sorgfältige Flugvorbereitung, (evtl. Am Tage vorher beginnen!)

19.5.3. zeitgerechtes Wetterbriefing

19.5.4. notwendige Flugsicherungsinfos eingeholen

19.5.5. korrekte Kraftstoff- und Gewichtsberechnung

19.5.6. gewissenhafte Vorflugkontrolle / Preflight Check

19.5.7. konzentrierter Start-Check

19.6. **Optimierung: Kompetenz und fliegerischer Anspruch:**

19.6.1. Gute Ausbildung

19.6.2. Ausreichend Flugerfahrung

19.6.3. Regelmässiges Training

19.6.4. Angemessene Verfahren / adäquate "Procedures"

19.6.5. Regelmässige Überprüfung von Gewohnheiten

19.7. **Aspekte der individuellen Arbeitsbelastung:**

19.7.1. Flug tatsächlich durchführbar?

19.7.2. Erteilung eines Flugauftrages entsprechend der Befähigung des Piloten?

19.7.3. Trainingsprogramm dem Leistungsstand angepasst (z.B. Kunstflug)?

19.8. **Kette fehlerhafter Entscheidungen, „pure judgement chain“:**

betrachtet die Urteilsfähigkeit zur Reaktion auf Situationsreihen.

19.8.1. Strukturiertes Vorgehen hilft einer Kette fehlerhafter Entscheidungen zu durchbrechen

19.8.2. Bei einer Kette fehlerhafter Entscheidungen ist der Stresslevel schnellstmöglich zu reduzieren.

19.8.3. Systematische Problemlösungen anstreben (z.B. Vorbedachte Lösungen)

## **20. Fehlermanagement:**

20.1. **Verlässlichkeit menschlichen Handelns:**

20.2. **Menschliche Fehler:**

20.2.1. Unaufmerksamkeit

20.2.2. Kanalisierte Aufmerksamkeit / „channellised attention“

20.2.3. mit der Flug-Aufgabe „abgesättigt“ sein / „task saturation“

20.2.4. Verspätete Reaktion

20.2.5. Navigationsfehler

20.2.6. Mangelhafte Zusammenarbeit mit anderen Beteiligten

20.3. **Fehlererzeugung:**

20.4. **Fehlermanagement:**

20.5. **Ergonomische Aspekte des Flugfeldes:**

20.5.1. Auslegung des Flugplatzes

20.5.1.1. Flugplatzlayout ( Platzrunde, Rollwege, Hallenvorfeld, Parkmöglichkeiten, Tankstelle)

20.5.1.2. Kennzeichnung der Landebahn etc

20.6. **Ergonomie der Cockpitauslegung:**

Fliegerische Handlungen sind in großem Maße von der Auslegung des Arbeitsplatzes des Piloten, dem Cockpit beeinflusst. Folgende Punkte sind qualitativ zu berücksichtigen.

20.6.1. Genügend **Raum** für die Bedienung der Ruderelemente

20.6.2. **Lage** der Bedienelemente, wie Hebel, Schalter, Anzeigen, Leuchten.

20.6.3. **Formgebung** der Seitensteuerpedale

- 20.6.4. Ergonomischer Flugzeugsitz, **Augen- und Kopfposition:** in einer Sitzposition, in welcher der Pilot niedriger sitzt als die Konstruktion des Cockpits es vorschreibt, ist die Sicht nach vorn und die Schrägsicht nach unten beim Anflug verringert. Dies beeinträchtigt nachteilig eine sichere Landung.
- 20.6.5. **Instrumentengestaltung** von Flug- und Lageinformationen (analog / digital), Anschaulichkeit und **Anordnung** Interpretationsmöglichkeit von **Flugzeuginstrumenten**
- 20.6.6. Datenschild und **Warnhinweise**
- 20.6.7. Qualität der **Kommunikationsanlage (FUNK)** und der Lautsprecher (Headset)
- 20.6.8. **Sicht**, Cockpitstreben und Frontscheibe, Instrumentenpiz
- 20.6.9. **Bedienerfreundlichkeit**, Sicherheit, Ablagen und **Stauraum**
- 20.6.10. Qualität der persönlichen **Ausrüstung**

## **21. Selbstmanagement im Fluge**

- 21.1. **Management, Bewältigung fliegerischer Aufgaben:**
  - 21.1.1. **Zeitmangel / Zeitdruck:** Kommt es während des Fluges zu einem Problem, sollte man dieses lösen, indem man erst einmal stabil geradeaus fliegt.
- 21.2. **Sicherheitsbewusstsein:**
- 21.3. **Informationsquellen, Cockpit Management:**
  - 21.3.1. Nachteile moderner Navigationssysteme / "Automation complacency". Automaten können fehlerhaft arbeiten, sie müssen wie ein Besatzungsmitglied überprüft werden. z.B. sich in der Navigation nicht nur nach dem GPS orientieren! Gefahr: Unbewusst Kontrollzonen verletzen!

## **22. Stress, Stressmanagement**

- 22.1. **Symptome, Erregungszustände:**
  - 22.1.1. Herzklopfen
  - 22.1.2. Trockener Mund
  - 22.1.3. Schweißausbruch
  - 22.1.4. Aufregung, Angst
  - 22.1.5. Aufgeregte Stimme, schnelles Sprechen
  - 22.1.6. Konfusion
  - 22.1.7. Kanalisierte Aufmerksamkeit
  - 22.1.8. Einschränkung der Aufmerksamkeit
  - 22.1.9. Konzentrationsstörungen
  - 22.1.10. Denkblockaden
  - 22.1.11. Wahrnehmungsstörungen
  - 22.1.12. Frustration, Wut
  - 22.1.13. Sehstörungen
  - 22.1.14. Vergesslichkeit
  - 22.1.15. Gestörte Bewegungskoordination, Zittern, Verkrampfung
  - 22.1.16. Kopfschmerzen
  - 22.1.17. Aufnahmebereitschaft für neue Informationen ist reduziert
- 22.2. **Aspekte des physischen / körperlichen Stress**
  - 22.2.1. Extreme Temperatur
  - 22.2.2. Lärm
  - 22.2.3. Luftfeuchtigkeit
  - 22.2.4. Schlafentzug
- 22.3. **Umgang mit Stress**
  - 22.3.1. **Akut Therapie**
    - 22.3.1.1. Aktive Selbstberuhigung
    - 22.3.1.2. Ruhig Atmen, ACHTUNG: Gefahr der Hyperventilation!
    - 22.3.1.3. Formelhaftes lautes Aufsagen von Aufgaben.
    - 22.3.1.4. Im Flugzeug alle verfügbaren Hilfsmittel nutzen, WetterInfo, Flugsicherung
    - 22.3.1.5. Benutzung von Checklisten
    - 22.3.1.6. Aufgabenstellung reduzieren, Prioritäten setzen
    - 22.3.1.7. Jede Hilfe / Hilfestellungen benutzen (auch über Funk)

### **22.3.2. Vorbeugende ANTI STRESS-Massnahmen**

- 22.3.2.1. Fliegerisches Training von Routinesituationen
- 22.3.2.2. Kontrolliertes fliegerisches Training von Ausnahmesituationen
- 22.3.2.3. Ausreichende fliegerische Vorbereitung
- 22.3.2.4. Erstellen von Checklisten für Vorbereitung und Notsituationen
- 22.3.2.5. Vermeidung von Zeitmangel
- 22.3.2.6. Ausreichend Schlaf, Müdigkeit und Erschöpfung vermeiden
- 22.3.2.7. Tagesrhythmus, Schlafrhythmus, Jetlag (nach Flug über Zeitzonen), Körperrhythmus beachten
- 22.3.2.8. Bei Dauerbelastung Ruhephasen planen (Stunden/Tage)! / „Sustained & Continuous Operation“
- 22.3.2.9. Mentales Training von Notsituationen
- 22.3.2.10. Kooperation mit anderen üben! / "Crew Resource Management" (CRM )
- 22.3.2.11. Übermässige Belastung / „WORKLOAD“ vermeiden
- 22.3.2.12. Fachliche Beratung suchen, "Counselling"
- 22.3.2.13. Erlernen von Bewältigungsstrategien, wie Autogenes Training, Religiöse Praxis
- 22.3.2.14. Körperliche Fitness, regelmässiger Ausdauersport

### 22.4. **Curriculum Vertiefung Stresskonzept:** n.Cardozo/Stoke-K/Sloan-Cooper (für Interessierte)

1. Stresskonzepte / Stressmodelle: Stimulus und Antwort
  2. STRESS und Arousal: Kurvenform und Verläufe
  3. Pilot Performance und Stress: Manuelle Aufgaben, Aufmerksamkeit, Gedächtnis
  4. Stress und ADM: Modelle, Crew DM (Decision Making)
  5. Stressoren des täglichen Lebens: Konzepte, Messung, Life Stress, Leistungsdruck, Unfall
  6. Stress und Persönlichkeit des Piloten (Wichtig!): Konzepte, Methodik, Sicherheitskriterien, Denkmodelle, Persönlichkeitsprobleme, Stressresistenz
  7. Angst und Stressextreme: Flugangst, extremes Verhalten, Kampfhandlungen
  8. Ermüdung: Schlafentzug und Bio-Rythmik
  9. Transmeridiane Operationen (zum Beispiel Wettbewerbe overseas): Desynchronisation, Schlaf-, Wachrhythmus
  10. Flugzeiten: Ruhe und Aktivitätsmanagement
  11. Automation und Langweile: Design bedingte Aspekte, Belastungsreduktion
  12. Stress, Organisationen und Unfälle: Organisationsstrukturen, Org-Kultur: Safety First, Rituale, Rollen, Rollenkonflikte, Diskriminierungen
  13. Stressbedingte Gesundheitsprobleme
- Die Grundkonzepte dieser Themen können für Sportflieger / Trainer / Wettbewerb wichtig sein!

## **23. Soziale Faktoren der Flugsicherheit**

### 23.1. **Verbale/ Nonverbale Kommunikation:**

- 23.1.1. Aktives Zuhören trägt am ehesten zu konstruktiven Lösungen bei zwischenmenschlichen Konflikten bei.
- 23.1.2. Auch weniger dramatische Flugfehler können als wichtige Erfahrung zur Fehlervermeidung genutzt werden, wenn sie bewusst wahrgenommen, analysiert und entsprechend besprochen werden.
- 23.1.3. Die Aufarbeitung von Flugfehlern deckt unter anderem falsche Angewohnheiten auf.

### 23.2. **Koordination der am Flug beteiligten, CRM:**

- 23.2.1. Einvernehmliche Absprachen mit allen am Flugbetrieb beteiligten Personen

### 23.3. **Kooperation:**

- 23.3.1. Aufgeschlossenheit und die Fähigkeit zur Kommunikation, zum Gespräch mit allen am Flugbetrieb beteiligten Personen, kann helfen Unfällen vorzubeugen.
- 23.3.2. Gruppenspezifisches Verhalten hat Auswirkungen auf die Vereinsstruktur und die Kooperation
- 23.3.3. Flug mit erfahrenen Piloten: In dem Fall, dass Sie als Mitflieger glauben zu erkennen, dass der Pilot eine falsche fliegerische Entscheidung getroffen hat, sollten Sie ihm gegenüber unverzüglich alle Zweifel ansprechen und Bedenken äussern!
- 23.3.4. Umgang mit fliegerischen Fehlentscheidungen: Unverzüglich nach weiteren Lösungen suchen!

**23.4. Kommunikation:**

- 23.4.1. Die Fähigkeit zum Gespräch und zum Austausch von Informationen zwischen allen Beteiligten im Flugbetrieb (z. B. Im Verein) ist eine wichtige Voraussetzung, um Flugsicherheit zu erlangen.
- 23.4.2. Die Aufarbeitung von Flugfehlern deckt unter anderem falsche Angewohnheiten auf.

**23.5. Soziales Umfeld:**

- 23.5.1. Verantwortlichkeiten, Teilnehmer im Flugbetrieb, Problembereiche:

- 23.5.1.1. Startleiter, Flugleiter
- 23.5.1.2. Turmnotse (Towercontroller)
- 23.5.1.3. Fluglehrer

- 23.5.2. „Fliegerkameraden“/ Peers
- 23.5.3. Gefahr: Erwartungshaltung des Umfeldes kann zu falschen Handlungen führen.
- 23.5.4. Familie, Partner, Freunde

**24. Organisatorische und institutionelle Faktoren**

- 24.1. Wirtschaftliche Situation
- 24.2. Betriebsklima
- 24.3. Qualität der Arbeitsmittel

**25. HP&L-Training und Inübunghaltung**

**25.1. Vorbeugende Massnahmen:**

- 25.1.1. Aufgeschlossenheit und die Fähigkeit zur Kommunikation mit allen am Flugbetrieb beteiligten Personen, kann helfen Unfällen vorzubeugen.

**25.2. Lernen aus Fehlern:**

- 25.2.1. Erkenntnisse von Flugunfalluntersuchungen und HP&L Training sind voneinander abhängig.
- 25.2.2. Die Aufarbeitung von Flugunfall Statistiken legt die Schwerpunkte für das HP&L Training dar.
- 25.2.3. Pilotenfehler werden oft nicht bekannt, weil die Fehler verdrängt, vergessen und als schändlich empfunden werden.
- 25.2.4. Pilotenfehler sind eine Möglichkeit, mit ihren Erfahrungen die Sicherheit im Luftsport zu erhöhen, da bei Bekanntwerden Wissen zur Fehlervermeidung geschaffen wird.
- 25.2.5. Piloten die Fehler machen, sind meistens wenig geneigt diese zuzugeben. Ein Grund ist, dass Flugfehler häufig sanktioniert werden.

**25.3. Physische Trainingsmassnahmen:**

- 25.3.1. Leichtes Ausdauertraining verbessert die mentale Leistung

**25.4. Mentale Trainingsmassnahmen:**

- 25.4.1. Durch mentales Training lassen sich fliegerische Fähigkeiten auf allen Ebenen des fliegerischen Könnens verbessern.

**25.5. Einprägen von Situationsprogrammen:**

- Man soll sich gedanklich alle denkbaren Notsituationen vorstellen und Alternativen überlegen.

**26. Human Faktors Pädagogik**

**26.1. Human Faktors in der praktischen Flugausbildung:**

**26.2. Pädagogik der Human Faktors :**

- 26.2.1. Die Vermittlung von HP&L bedarf gezielter pädagogischer Vorgaben und Lehrmaterial.

## **27. Rettungssysteme, Lebenserhaltungssysteme: Training, Sicherheitsaspekte, Checks**

### **27.1.1. Fallschirme:** Notausstieg, Bedienreihenfolgen

- 27.1.1.1. Automatiksystem
- 27.1.1.2. Manuelle Auslöser

### **27.1.2. Sauerstoffsysteme:** Zulassung, Einbauvorschriften, Nachprüfvorschriften

- 27.1.2.1. Dauerströmer
  - 27.1.2.1.1. Mengenermittlung für verschiedene Höhen
  - 27.1.2.1.2. Verbrauch: Faustregel 1 ltr Sauerstoff in 1 Stunde
  - 27.1.2.1.3. Jedoch viele entscheidenden Variablen, wie Gerätetyp, Person, Bedingungen
  - 27.1.2.1.4. Gefahren und Grenzen des Systems
- 27.1.2.2. Demand Systeme
- 27.1.2.3. Electronic Oxygen Delivery System, EDS / Flowtimer
- 27.1.2.4. Berechnung des Sauerstoffbedarfes
- 27.1.2.5. Technische Besonderheiten
- 27.1.2.6. Umgang mit Sauerstoffanlagen und Gefahren

### **27.1.3. Notfunksysteme**

- 27.1.3.1. ELT

## **28. Nachwort**

Die technische Welt ist dauernden Veränderungen unterworfen. Auch das Fach HP&L wird weiter verbessert werden. - In Weiterbildungsveranstaltungen u.a. im DAeC und seinen Landesverbänden bestehen gute Möglichkeiten die Lehrinhalte „Menschliches Leistungsvermögen“ / HP&L zu diskutieren.

Die JAR sieht eine kontinuierliche Bearbeitung der theoretischen Grundlagen von HP&L in halbjährlichen Abständen vor. Somit wird dieses Fach auch zukünftig in seinen Grundlagen weiterentwickelt werden.

Weitere Anregungen bitte an [www.daec.de](http://www.daec.de) und das DaeC Büro-Flugsicherheit senden!

Juergen K. Knuettel  
aeromednews@t-online.de  
Ramstein, September 2002

## **28. Menschliches Leistungsvermögen / HP&L, Leistungsoptimierung im Wettbewerb**

Bewusstsein, Aspekte möglicher Schwachpunkte, eigene Leistungsstärken, „Funktions“-Grenzen, Praktische Beobachtung

### **7 Kernpunkte zur Leistungsoptimierung**

- Vorbereitung, Checklisten
- Leichte Ernährung, Flüssigkeit (Wasser!)
- Mentales Training, Entspannungstechniken
- Regelmäßiger Ausgleichssport
- Zeitplan, individuelle Rhythmik, „Krisenmanagement“
- Stressprävention
- Ausreichendes Flugtraining
- Folgende 10 Punkte zum Wettbewerbsmanagement

10 Punkte zum Wettbewerbsmanagement

1. **Die Summe der Einzel-Faktoren entscheidet über Erfolg und Misserfolg**
  - a. Unergonomisches Cockpit
  - b. Fehlende Sitzergonomie
  - c. Fehlende Berücksichtigung körperlicher Bedürfnisse
  - d. Fehlentscheidungen, Konzentration, Wachheit, Müdigkeit
  - e. Falsche Vorbereitung, aktuell entstandene Mängel
  - f. Gefährliche Grundhaltung, Risikobewußtsein
  - g. Unzureichendes Gerät
  - h. Fehlendes Training
2. **Ein einzelner Faktor für sich genommen ist in der Regel wenig entscheidend**
3. **Jeder Pilot reagiert und funktioniert individuell**
  - a. Individuelle Entspannungstechniken lernen, Pausen, Schlaf
  - b. Optimale eigene Ernährungsweise kennen
  - c. Individuell Sport, Aktivitäten erproben, „Adrenalin“ Wirkung
  - d. Biorhythmen, eigene Lebensweise, „Typ“ beachten
  - e. Motivation, Einstellungen, Gewohnheiten, Stärken und Schwächen kennen
4. **Flüssigkeitszufuhr in Form von Wasser optimiert die mentale Leistung**
  - a. Achtung: Fehlendes Durstgefühl, Wirkung Alkohol, Wirkung Coffein
  - b. Unterwässerung, Dehydration
  - c. Stoffwechselbelastungen wirken auf Flüssigkeitshaushalt
  - d. Elektro-Lyte u. ä. abends ersetzen; über Nacht Reserven „optimieren“!
  - e. Im Cockpit ergonomische Trinkbehälter nutzen
5. **Die sitzende fliegerische Tätigkeit ist körperlich belastend**
  - a. Enges Cockpit, mangelnde Bewegungsmöglichkeit
  - b. Bewegungseinschränkungen beeinflussen „Aktivität“
  - c. Durchblutungsstörungen in Teilen des Körpers, gute „Kissen“
  - d. Reizarmut in Teilbereichen, Monotonie im Wechsel mit Überaktivierung
  - e. Thermische Belastungen, kalt und heiß, haben wesentliche Auswirkungen
6. **Leistungsflüge erfordern umfangreiche Anpassungsleistungen**
  - a. Regulation, Optimieren des Wasserhaushalt
  - b. Mentale Aktivierung abhängig von Typ, Coping Strategien
  - c. Druckabfall, Hypoxie etc. in allen seinen Auswirkungen kennen!
  - d. Wahrnehmung, Sehen, Sonnenbrille, Scanning Technik, Ordnung
  - e. Stress, Prophylaxe, Checklisten, Stressbewältigung, Müdigkeit
  - f. Dauerleistung, Zwischenzeitliche Entspannung, Belastungsspitzen
  - g. „Blutzucker“, Bedarf bei geistiger Höchstleistung
  - h. Hyperventilation und andere „Leistungsbegrenzer“
7. **Zeitmanagement, Beachtung individueller biorhythmischer Gesetzmäßigkeiten**
  - a. Zeitmanagement, Checklisten, Rhythmus
  - b. Individuelle Tagesrhythmen erkennen, Routine! Keine extremen Änderungen!
  - c. Fliegerisch komplexe Betätigung über Stunden, Tage, Wochen
  - d. Wissen um „Reize“, „Krisen“-Tage, Leistungssteigerung, Zwischenkrisen
  - e. Überdenken eines langfristigen „Trainingsplan“ bis zum Ende des Wettbewerbs
8. **Wer Logistik und Technik beherrscht, gewinnt Gleitzahlpunkte**
  - a. Flugvorbereitung, Karten, Hilfsmittel, Zeitplan, Checklisten
  - b. Material, Reserven, Verfügbarkeit
  - c. Ersatzteile, Beschaffungswege, Alternativen
  - d. Ausrüstung, Funktionalität, Werkzeuge
  - e. Kleidung, Farbe, Tragbarkeit, Schweißaufnahme, Pflege, Nutzbarkeit
  - f. Instrumentarium, Platzbedarf, Ordnung, Umgang, Übung, Handbücher
  - g. Wohnsituation bei Wettbewerb muß optimal sein
  - h. Unterstützung am Platz, Support, Team
9. **Das soziale Umfeld muss stimmen, um Leistungen erbringen zu können**
  - a. Ehe, Familie, Kinder
  - b. Spirit, Religion, Optionen für Lebenskrisen
  - c. Partner, Mannschaft, Teamfliegen
  - d. Ablenkung, Entspannung, Feste
  - e. Berufliche Konkurrenzsituation
  - f. Finanzielle Bedingungen
  - g. Verbandsunterstützung
  - h. Team, Personen, Kompatibilität, Kommunikation
  - i. Kommunikation mit Mannschaft, Teamleader, Kameraden, Presse
10. **Häufige Trainingsflüge verbessern den Trainingszustand**
  - a. Trainingsplan
  - b. Trainingsoptionen
  - c. Trainingsroutine
  - d. Mentales Training

Familiäre-, Psychologische-, Flugmedizinische, Ergonomische Beratung, Coaching, Trainingsoptionen individuell abwägen und planen!

### **30. Quellen / Literatur / Internet**

#### **1. Historisch wegweisende Literatur**

- a. Grundriss der Luftfahrtmedizin, 1939, Ruff / Strughold
- b. Bruno Müller: Flugmedizin, Leitfaden für die Praxis, 1985, Großmann K.

#### **2. Zeitgemäße, weiterführende Literatur**

- a. Bachmann: Flugmedizin für Piloten, 1999 (ISBN 3-613-01970-1)
- b. Büro Flugsicherheit des DAeC: Gebirgssegelflug - ein Risiko?
- c. Draeger, Kriebel: Praktische Flugmedizin, 2002 (ISBN3-609-20140-1)
- d. Ernsting et al.: Aviation Medicine, 1999 (ISBN 0-7506-3252-6)
- e. Green et al.: Human Factors for Pilots, 1991 (ISBN 1-85628-177-9)
- f. Hammerstein: Zeitschrift f.ärztliche Fortbildung –Flugreisemedizin-, Heft 7/99 (93. Jhg.)
- g. Hansen: Risikoverhalten im Einsatz, 2000 (FIMedInstLw)
- h. Hansen: Stichwort: Belastung, Beanspruchung; Stress, Stressoren, 2000 (FIMedInstLw)
- i. Huber: 040 Menschliches Leistungsvermögen PPL&CPL.,1998 (hufi@pop.agri.ch)
- j. Jeppesen: Privat Pilot Manual, 2000 (ISBN 0-88487-238-6)
- k. Knueppel, J. K.: Mountain Wave Project in the Andes and Altitude Physiology, 2002
- l. Landgraf et al.: Flug-Reisemedizin, 1996 (ISBN 3-89412-205-6)
- m. Lauschner et al.: Arbeitsmedizinische Probleme bei Flugreisen, Arbeitsmedizin Aktuell: 12/94
- n. Rayman et al.: Clinical Aviation Medicine, 2000 (ISBN 1-883769-86-8)
- o. Schulze et al.: Luftfahrthandbücher: Flugmedizin, 1990 DDR (ISBN 3-344-00365-8)
- p. Shappell, Wiegmann: Human Factors Analysis and Classification System, HFACS, 1999
- q. Silbernagl S. et al.: Taschenatlas der Physiologie, 1991 (ISBN 3-13-567704-4)
- r. Stüben et al.: Fliegerarztlehrgang, 2000 Deutsche Akademie für Flugmedizin
- s. Spohd 1: Flugphysiologie , (Bezug beim Autor, Fürstenfeldbruck)
- t. Spohd 2: Human Factors Limitations

#### **3. Militärische Quellen**

- a. Garbe: Flugphysiologie, 1969 (FIMedInstLw)
- b. Papenfuß et al.: Luftfahrtmedizin, 1990 (ILM der NVA)
- c. Pongratz et al.: Kompendium der Flugphysiologie, 2002 (FIMedInstLw)
- d. USARMY: Air Sense Internation, 1993
- e. USAF Pamphlet AFP-160-5: Physiological Training, Department of the U.S. Airforce
- f. USAFSAM: Aerospace Physiology Training, Brooks AFB, TX
- g. Dobie et al.: AGARDograph No. 154 - Aeromedical Handbook for AIRCREW, 1973

#### **4. Internet Homepages**

- a. [www.DaeC.de](http://www.DaeC.de), Büro- Flugsicherheit, Links
- b. [www.daec-med.de](http://www.daec-med.de) , Flugmedizin und HPL Referenz Seite, AUSBILDUNGSFOLIEN
- c. [www.AEROMEDNEWS.de](http://www.AEROMEDNEWS.de) / oder [www.daec-med.de](http://www.daec-med.de), AUSBILDUNGSFOLIEN
- d. [www.flugmedizin.org](http://www.flugmedizin.org) , Flugmedizin und HPL Referenz Seite, Österreich
- e. [www.ASMA.org](http://www.ASMA.org)
- f. [www.CAA.co.UK](http://www.CAA.co.UK)
- g. [www.cami.jccbi.gov](http://www.cami.jccbi.gov)
- h. [www.FAA.gov](http://www.FAA.gov)
- i. [www.dg-flugzeugbau.de/human-factor.html](http://www.dg-flugzeugbau.de/human-factor.html) ; Beitrag G.Horn, „PPL-Human Factors“,
- j. [www.JAA.NL](http://www.JAA.NL)
- k. [www.dglrm.de](http://www.dglrm.de)
- l. [www.Fliegerarztverband.de](http://www.Fliegerarztverband.de)
- m. [www.LBA.de](http://www.LBA.de) mit Bezug zu:
  - i. JAR-FCL 1 Subpart C
  - ii. JAR-FCL 1 Subpart J