

GRENZEN DER MENSCHLICHEN LEISTUNG BEIM FLIEGEN

HUMAN PERFORMANCE LIMITATIONS (HPL)

Deutschsprachiger JAR-FCL Feinzielkatalog

für Ausbildung und PPL A, B, C Prüfungsfragen copyright DAeC

Büro Flugsicherheit des DAeC; Redaktion: Jürgen K. Knüppel, Fliegerarzt, 34613 Schwalmstadt,
NOVEMBER 2000

Gliederung:

- Vorwort
- Einführung in das Thema
- 1. Grundlagen der Flugpsychologie/ Fliegerische Entscheidungsprozesse/ ADM
- 2. Atmung und Kreislauf
- 3. Gasgesetze
- 4. Hypoxie, Sauerstoffmangel
- 5. Druckkabine
- 6. Hyperventilation
- 7. Druckfallkrankheit, DCS (Decompression Sickness)
- 8. Gesundheit und Fliegen
- 9. Medikamente, Drogen, Alkohol im Flugbetrieb
- 10. Toxische Stoffe, Kohlenmonoxid (CO), Zigaretten Rauchen
- 11. Sehen
- 12. Ohr, Gehör und Innenohr
- 13. Orientierung
- 14. Beschleunigung
- 15. Bewegungskrankheit / Kinetose
- 16. Temperaturreglung
- 17. Umgang mit Rettungssystemen
- Quellen / Literatur / Internet
- Nachwort:

Vorwort:

Die Einführung von JAR-FCL in Deutschland zwingt die Luftfahrtverantwortlichen entsprechend der in Englisch formulierten Grobziele einen deutschsprachigen FEINZIELKATALOG zu erarbeiten.

Das Bundesverkehrsministerium ist an den DAeC herangetreten, entsprechende Prüfungsfragen zu erarbeiten.

Dies ist jedoch nur möglich, wenn man vorher aus der zur Verfügung stehenden Fachliteratur eine Auswahl von Fakten für einen Feinzielkatalog zusammenstellt. Die daraus abgeleiteten Prüfungsfragen können sich dann auf die wesentlichen flugrelevanten, primär praktischsten Themenbereiche konzentrieren.

Sowohl der 17 jährige Segelflugschüler, als auch der im Beruf stehende Motorflieger müssen damit etwas anfangen können. – Eine breite Zustimmung von Fachleuten ist Voraussetzung. Bei diesen Inhalten darf es sich nicht nur um theoretische Fragmente handeln, es muß praktisch nachvollziehbar sein!

In dieser Zusammenfassung kann man einen Überblick, als auch die wichtigsten Aussagen zu einzelnen Fachbereichen des Faches HPL herleiten. Der Unterrichtende muss sich jedoch darüber hinaus in Fachbüchern, als auch aus anderen Quellen, wie dem Internet weiterführendes Verständnis und Wissen erarbeiten.

Entsprechend der Thematik werden die in der internationalen Fachwelt genutzten englischen Fachbegriffe, soweit sinnvoll und wichtig, mit vermerkt und deutsch erklärt, bzw. verdeutlicht! - Die Nummerierungs-Systematik entspricht im Prinzip den JAA Vorgaben.

1. Einführung in das Thema

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. Er hat Sensoren an den Flügeln, die ihm anzeigen wie schnell er fliegt und wie er seine Flügel in den Wind stellen muss. Alle wichtigen Flugdaten registriert der Vogel intuitiv. Der Mensch muss diese Flugdaten an komplizierten Instrumenten mit den Augen ablesen.

In einem Flugzeug kann sich der Mensch jedoch dennoch recht gut an so manche Anforderung 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 so mancher Flugprobleme einsetzen. Die Fliegerei wäre ohne die 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 Limitations.

2. Grundlagen der Flugpsychologie und fliegerische Entscheidungsprozesse / Aeronautical Decision Making Process (ADM)

Um ein Flugzeug zu fliegen bedarf es mehr als technisches Wissen um das Flugzeug sicher zu steuern. Es ist ebenso wichtig zu wissen, wie der Körper hierbei funktioniert und wie Entscheidungsprozesse im Kopf ablaufen. Das Ziel von "Human Factors Performance Training" ist die Flugsicherheit zu erhöhen, indem die menschliche Leistung verbessert wird, um menschliche Fehler zu vermeiden. Wir müssen uns Kenntnisse und Erfahrungen darüber aneignen, wie u.a. äußere Belastungen, zwischenmenschliche Beziehungen, als auch unsere persönliche Einstellung, Gefühle und Können die fliegerische Leistung beeinflussen. Aber auch Technik und die Gestaltung des Cockpits, - die Cockpit Ergonomie-, wirkt gegebenenfalls auf fliegerische Abläufe ein.

2.1. Ergonomie

2.1.1. Cockpitauslegung

Fliegerische Handlungen sind in großen Masse von der Auslegung des Arbeitsplatzes des Piloten im Cockpit beeinflusst. Folgende Gesichtspunkte sind qualitativ zu berücksichtigen.

- 2.1.1.1. Genügend **Raum** für die Bedienung der Ruderelemente.
- 2.1.1.2. **Anordnung** der Bedienelemente, wie Klappenhebel
- 2.1.1.3. **Formgebung** der Seitensteuerpedale
- 2.1.1.4. Ergonomischer Flugzeugsitz, **Augen- und Kopfposition**
- 2.1.1.5. Gestaltung, Darstellung von Flug- und Lageinformationen (analog / digital), Anschaulichkeit und Interpretationsmöglichkeit von **Flugzeuginstrumenten**
- 2.1.1.6. Datenschild und **Warnhinweise**
- 2.1.1.7. Qualität der Kommunikationsanlage (**FUNK**) und der Hörsprechgarnitur (Headset)
- 2.1.1.8. **Sicht**, Cockpitstreben und Frontscheibe
- 2.1.1.9. **Bedienerfreundlichkeit** Ablagen und **Stauraum**
- 2.1.1.10. Qualität der persönlichen **Ausrüstung**

2.1.2. Auslegung des **Flugplatzes**

- 2.1.2.1. Flugplatzlayout (Platzrunde, Rollwege, Hallenvorfeld, Parkmöglichkeiten, Tankstelle)
- 2.1.2.2. Runway **Kennzeichnung**

2.2. Eignungsmerkmale des Flugzeugführers

Jeder durchschnittlich begabte Mensch kann das Fliegen erlernen. Folgende Eignungsmerkmale werden als wesentlich angesehen.

2.2.1. Persönlichkeitsmerkmale

- 2.2.1.1. Leistungsbereitschaft
- 2.2.1.2. Fliegerische Motivation
- 2.2.1.3. Belastbarkeit
- 2.2.1.4. Toleranz gegenüber Misserfolgen
- 2.2.1.5. Handlungsentschiedenheit
- 2.2.1.6. Entscheidungsverhalten
- 2.2.1.7. Flexibilität/ Anpassung
- 2.2.1.8. Kooperationsbereitschaft, Kontaktfähigkeit, Kommunikation
- 2.2.1.9. Planungs- und Organisationsvermögen
- 2.2.1.10. Selbstbehauptung
- 2.2.1.11. Angemessenes Risikoverhalten
 - 2.2.1.11.1. positiv: Risiko wird einkalkuliert, jedoch Regelungen/Vorschriften und die vom System gezogenen Grenzen werden beachtet!
 - 2.2.1.11.2. negativ: über Risiko wird nicht nachgedacht oder es wird bewusst ignoriert

2.2.2. Kognitive Merkmale, geistige Fähigkeiten

- 2.2.2.1. Konzentration
- 2.2.2.2. Allgemeine Intelligenz
- 2.2.2.3. Rechenfertigkeit, Kopfrechnen
- 2.2.2.4. Merkfähigkeit
- 2.2.2.5. Technisches Verständnis
- 2.2.2.6. Aufmerksamkeitsverteilung
- 2.2.2.7. Um- und Übersicht
- 2.2.2.8. Orientierung
- 2.2.2.9. Befähigung zur Mehrfacharbeit
- 2.2.2.10. Psychomotorische Koordination
- 2.2.2.11. Übungsfortschritt

2.3. Der Informationsverarbeitungs- Prozess

- 2.3.1. Wahrnehmung und Lernen
- 2.3.2. Probleme erkennen
- 2.3.3. Probleme beschreiben, einordnen und Prioritäten setzen
- 2.3.4. Lernprozess und Rückkopplung (Feedback)

2.4. Aspekte der Aufmerksamkeit

- 2.4.1. Wachsamkeit
- 2.4.2. Erwartungshaltung
- 2.4.3. Konzentration
- 2.4.4. Ablenkung
- 2.4.5. Vorransicht
- 2.4.6. Umsicht/Übersicht
- 2.4.7. Aufmerksamkeitsverteilung

2.5. Kategorien der Belastungen und Beanspruchungen im Flug

- 2.5.1. Definition Belastung: objektiv, Summe der auf den Menschen von aussen einwirkenden Faktoren
- 2.5.2. Definition Beanspruchung: subjektive Auswirkungen der Belastung auf Organismus und Verhalten

2.5.3. Der verantwortliche Pilot / Pilot Responsibility

- 2.5.3.1. Kommunikation
- 2.5.3.2. Management der Arbeitsbelastung, Workload Management
- 2.5.3.3. Nutzung von Hilfen (wie GPS, Wetter Info), Ressource Use
- 2.5.3.4. Aufmerksamkeitsverteilung, Situational Awareness

2.5.4. Gefährliche Grundhaltungen eines Piloten / Hazardous Attitudes

- 2.5.4.1. Disziplinlosigkeit / Anti Authority
- 2.5.4.2. Unüberlegtheit / Impulsivity
- 2.5.4.3. „Es trifft nur andere, nicht mich“ Haltung / Invulnerability
- 2.5.4.4. „Ich kann Alles, ich mache keine Fehler“ Haltung / Macho
- 2.5.4.5. „Mir passiert schon nichts“ Haltung / Resignation

2.5.5. Probleme in der Kommunikation

- 2.5.5.1.1. Fehlen standardisierter Sprechcodes
- 2.5.5.1.2. Funkverkehr durchführen; „Denken, Drücken, Sprechen“
- 2.5.5.1.3. Missverstandene Funkprüche
- 2.5.5.1.4. Unterbrochener Funkverkehr
- 2.5.5.1.5. Sprachbarrieren (z.B. fehlende Englisch-/ Französischkenntnisse)
- 2.5.5.1.6. Lerneinflüsse
- 2.5.5.1.7. Schlechte Crewkoordination; bei zwei verantwortlichen Flugzeugführern (zB. Lehrer/Schüler)
- 2.5.5.1.8. Probleme non-verbaler Botschaften, („Unterton“, will eigentlich das Gegenteil!)

2.5.6. Erfahrung, Ausbildung

- 2.5.6.1.1. Fehlende Flugerfahrung
- 2.5.6.1.2. Trainingsdefizite
- 2.5.6.1.3. Falsche Verfahren / Inadäquate Procedures
- 2.5.6.1.4. Falsche Angewohnheiten

2.5.7. **Riskante Elemente** / Risk Elements

- 2.5.7.1. Inadäquates Briefing
 - 2.5.7.1.1. mangelhaftes Wetterbriefing
 - 2.5.7.1.2. mangelhafte Flugsicherungs Infos
 - 2.5.7.1.3. mangelhafte Flugvorbereitung
 - 2.5.7.1.4. mangelhafte Kraftstoff und Gewichtsrechnung
- 2.5.7.2. Mangelnde Eignungsvoraussetzungen
 - 2.5.7.2.1. Zu anspruchsvoller Flug
 - 2.5.7.2.2. Zu anspruchsvoller Flugauftrag
 - 2.5.7.2.3. Zu anspruchsvolles Trainingsprogramm (zB. Kunstflug)
- 2.5.7.3. Riskantes -Nachhausefliegen Wollen- / "Get Home-itis"
 - Kurz vor der endgültigen letzten Landung Risiken eingehen-
- 2.5.7.4. Riskantes „Einfach Weiterfliegen“ / "Press on-itis"
 - z.B. bei Orientierungsverlust, riskanter Weiterflug
- 2.5.7.5. **Pure Judgement Chain** / „Kette fehlerhafter Entscheidungen“
 - 2.5.7.5.1. Summierung von Flugzwischenfall/ Unfall auslösenden Entscheidungen

2.5.8. **Arbeitsbelastung** / Workload

- 2.5.8.1. Psychologische Aspekte
 - 2.5.8.1.1. Zeitmangel / Zeitdruck
 - 2.5.8.1.2. Unaufmerksamkeit
 - 2.5.8.1.3. Kanalisierte Aufmerksamkeit / Channalised Attention
 - 2.5.8.1.4. mit der Flug-Aufgabe „abgesättigt“ / Task Saturation
 - 2.5.8.1.5. Verspätete Reaktion
 - 2.5.8.1.6. Navigationsfehler

2.6. **Innere und Äußere Psychologische Bedingungen**

2.6.1. **Inneren Psychologischen Bedingungen**

- 2.6.1.1. Angst
- 2.6.1.2. Psychischer Stress
 - 2.6.1.2.1. Geldprobleme, Schulden
 - 2.6.1.2.2. Partnerprobleme
 - 2.6.1.2.3. Beruf
 - 2.6.1.2.4. Selbst auferlegter Stress, Selfimposed Stress
- 2.6.1.3. Seelische Erkrankungen
 - 2.6.1.3.1. Psychosen
 - 2.6.1.3.2. Depressionen
 - 2.6.1.3.3. Manie
 - 2.6.1.3.4. Auffällige Persönlichkeit
- 2.6.1.4. Persönlichkeitsstörungen
 - 2.6.1.4.1. Überheblichkeit
 - 2.6.1.4.1.1. Arroganz
 - 2.6.1.4.1.2. Unangemessene Risikobereitschaft
 - 2.6.1.4.2. Mangel an Selbstbewusstsein
 - 2.6.1.4.3. Langeweile
 - 2.6.1.4.4. Disziplinlosigkeit
- 2.6.1.5. Erfolgsdruck:

- 2.6.1.5.1. Problem, wenn vorher gesteckte Ziele absehbar nicht erreicht werden!
- 2.6.1.5.2. Druck von ähnlich qualifizierten Piloten, Konkurrenten / „PEER Pressure“

2.6.2. Äußere Psychologischen Bedingungen

2.6.2.1. Wenig verständnisvolle Verantwortliche im Flugbetrieb

- 2.6.2.1.1. Turmlotse (Towercontroller)
- 2.6.2.1.2. Startleiter, Flugleiter
- 2.6.2.1.3. Fluglehrer
- 2.6.2.1.4. „Fliegerkameraden“/ Peers

2.6.2.2. Erwartungshaltung des Umfeldes

- 2.6.2.2.1. Familie
- 2.6.2.2.2. Partner
- 2.6.2.2.3. Freunde

2.7. Management der Arbeitsbelastung / Workload Management

2.7.1. Verbesserung der Kommunikation

- 2.7.1.1. Effektiv zuhören
- 2.7.1.2. Klären, Nachfragen, Wiederholen, Bestätigen lassen
- 2.7.1.3. Partner im Flugbetrieb eindeutig informieren, Info wiederholen

2.7.2. Planungsdisziplin

- 2.7.2.1. vor dem Flug
- 2.7.2.2. im Flug

2.7.3. Optimierung der Flug-Vorbereitung

- 2.7.3.1. Vorbereitung der Karten
- 2.7.3.2. Berechnung /Ermittlung der Flugdaten
- 2.7.3.3. Vorflugkontrolle (Preflight Check), außen und innen
- 2.7.3.4. Sonstiges: Allgemeine Vorbereitung auf den Flug, Kleidung, Kopfbedeckung, Sonnenbrille, Sitzkissen, Flugpapiere, Karten sortieren, Kniebrett, Ernährung, „Pinkeltüten“, 2. Funkgerät, Geld/Schecks, Adressen, wichtige Telefonnummern, Getränke, Rettungsfallschirm, O2-Geräte, Logger etc.
- 2.7.3.5. Psychomentele Vorbereitung
 - 2.7.3.5.1. ausruhen und Flug durchdenken
 - 2.7.3.5.2. innere Checkliste, (Gestaltung des Tagesablaufes, z.B. „ausgewogenes Frühstück“, vor dem Flug Gang aufs WC einplanen; Ablauf des Fluges vor Start überdenken
 - 2.7.3.5.3. ELT in Auto-Modus einschalten etc!)

2.7.4. Prioritäten setzen:

Was kommt zuerst, was ist am wichtigsten, was kann warten, etc!

2.7.5. Stressvermeidung, Stressbehandlung (Stress-Coping)

- 2.7.5.1. Mentales Training (unter sachkundiger Anleitung erlernen)
- 2.7.5.2. Reduzierung der emotionalen Beanspruchung

2.7.6. Verteilung der Arbeitsbelastung:

Was machbar ist; Flüge, auch papiermassig schon Monate, Wochen, Tage vorher vorbereiten, Aufgaben delegieren, Checkpunkte in Gruppen („Kästchen“) sortieren, Reihenfolgen der Aufgaben festlegen, sachkundige Mitflieger beteiligen.

2.8. Nutzung zur Verfügung stehender Hilfen und Ressourcen / Ressource Use

2.8.1.1. Innere Nutzungsmöglichkeiten

- 2.8.1.1.1. Checklisten (Personal Checklist, To Do List, Follow up Checklist)
- 2.8.1.1.2. Luftfahrthandbuch, AIP
- 2.8.1.1.3. Instrumente und Luftfahrzeugausrüstung nutzen, VOR, GPS, Radio / Aircraft Equipment

2.8.1.2. Äussere Nutzungsmöglichkeiten

- 2.8.1.2.1. ATC Info
- 2.8.1.2.2. DF und Radio-Unterstützung
- 2.8.1.2.3. Wetter Info
- 2.8.1.2.4. Delegation von Aufgaben
- 2.8.1.2.5. Einbeziehen von Spezialisten

2.9. Training, Ausbildung

- 2.9.1. Gedankliches sich auf Aufgabe Einstellen / Mentales Training
 - 2.9.1.1. Bodentraining im LFZ
 - 2.9.1.2. „Griffe Klopfen“ (Schalter und Hebel aus der Erinnerung lokalisieren)
- 2.9.2. Stil / Abläufe der Zusammenarbeit aller Beteiligten (optimieren) / Crew Resource Management (CRM)
- 2.9.3. Eigene Fähigkeit und Kenntnisse (überprüfen) / Self Assessment
- 2.9.4. Zwischenmenschliche Beziehungen (verbessern) / Inter personal relationship
- 2.9.5. Entspannungstechniken (lernen)
- 2.9.6. Führungsverhalten der Verantwortlichen (optimieren)
- 2.9.7. Kommunikation (Verhalten verbessern)

2.10. Flugunfallzonenmodell

Aufzeigen der verschiedenen Belastungen und Beanspruchungen in den unterschiedlichen Flugphasen mit hohen Werten

- 2.10.1. bei Start
- 2.10.2. und besonders beim Anflug und der Landung

2.11. Aufgaben: Büro- Flugsicherheit im DAeC, FSI; Bundesstelle für Unfalluntersuchung, BFU

- 2.11.1. Flugunfalluntersuchung
- 2.11.2. Wissenschaftliche Aufarbeitung von Flugunfällen
- 2.11.3. Statistiken, Meldungen, Veröffentlichungen
- 2.11.4. Entwurf und Vorlage neuer Verordnungen/Richtlinien FLUSI relevanter Bereiche

3. Atmung und Kreislauf

Die Lungenatmung dient dem Gasaustausch, während das Blut und der Kreislauf die Aufgaben des Transports übernehmen. Beide Organfunktionen müssen zum Fliegen voll funktionstüchtig sein.

3.1. Basiswerte, Grundlagen zum Verständnis der fliegerischen Belastungen.

- 3.1.1.1. **Normale Pulsfrequenz:** ca. 60 - 80 Pulsschläge pro Minute, (Wichtig zur Einschätzung körperlicher und geistiger Belastungen)
- 3.1.1.2. **Normale Atemfrequenz:** ca. 16-20 Atemzüge pro Minute a 500ml. (Wichtig zur Berechnung des Sauerstoffverbrauchs von Sauerstoff-Flaschen)
- 3.1.1.3. **Normaler Blutdruck in Ruhe:** ca. 120 / 80 mm Hg
 - 1. Wert zwischen 110 bis 145 mm Hg, systolisch, (Blutdruckspitzen)
 - 2. Wert zwischen 70 bis 95 mm Hg diastolisch, (Systemdruck)
- 3.1.1.4. Bei Kurvenflug und beim Abfangen aus dem Sturzflug können **Beschleunigungen** auftreten, die das Blut in den unteren Körper "versacken" lassen und Minderdurchblutung des Kopfes, mit Sehverlust, mit Schwarzwerden vor den Augen (Black Out) und Bewußtseinsverlust.

3.2. Lunge / Atmung

- 3.2.1. **Austauschdauer** von O₂ und CO₂ in der Lunge in ca. 0,3 Sekunden. Äussere Atmung
- 3.2.2. **Austauschfläche** der Lunge/Alveolen ca. 100 m².
- 3.2.3. Den O₂ Austausch in der Körperperipherie zwischen Blut und Zellen bezeichnet man als Innere Atmung
- 3.2.4. **Der Atemreiz**
 - 3.2.4.1. Ein Anstieg der CO₂ (Kohlendioxid) Konzentration im Blut erhöht den Atemreiz.
 - 3.2.4.2. Ein niedriger O₂-Spiegel im Blut ist eher ein geringer Atemreiz.

3.3. Blut

- 3.3.1. **Haupttransportmittel** des Sauerstoffes in ca. 5 l Blut mit ca. 5 Millionen/mm³ rote Blutkörperchen/Erythrozyten.
- 3.3.2. Hohe Gasaustauschkapazität , Gesamt Oberfläche aller Erythrocyten ca. $\frac{1}{2}$ Fußballfeld.
- 3.3.3. **Hämoglobin (Hb, Roter Blutfarbstoff)** ist der wichtige Bestandteil der Erythrozyten zum Transport des Sauerstoffes. Norm : ca. 16 g Hb in 100 g Blut (Bei starkem Blutverlust vermindert! Damit verminderte Sauerstoffkapazität z.B. bei Höhenflügen)
- 3.3.4. Sauerstoffreiches Blut ist **hellrot**
- 3.3.5. Sauerstoffarmes Blut ist **dunkelrot** (blau farbige Lippen und Fingernägel!)

3.4. Herz und Kreislauf

- 3.4.1. Das Herz mit 4 Kammern versorgt einen kleinen (Lunge) und einen großen Blutkreislauf (Körper).
 - 3.4.1.1. Von der Lunge geht das O₂ reiche Blut über die linke Herzhälfte in den Körper.
 - 3.4.1.2. Aus der Peripherie fließt das CO₂ reiche Blut über die rechte Herzhälfte in die Lunge.
 - 3.4.1.3. Über die Lunge eingeatmeter Sauerstoff ist nach ca. 5 Sekunden im Gehirn angekommen.

4. Diffusionsgesetz:

Die Zellmembranen in der Lunge und die im Gewebe sind für die Passage des Sauerstoffes und den Austausch des Kohlendioxyds durchlässig

- 4.1.1. Eine große Diffusionsfläche (siehe: Punkte 3.2. und 3.2.) erlaubt die Diffusion von großen Stoffmengen in kurzer Zeit.
- 4.1.2. Diffusion bedeutet auch, dass sich die Gasmoleküle vom Ort der höheren Konzentration/des höheren Druckes zum Ort der niedrigeren Konzentration/des niedrigeren Druckes bewegen.
- 4.1.3. Die Regeln der Diffusion des Sauerstoffs legen z.B. fest, dass ein Pilot in der Welle, der 20 % O₂ in 6 Km Höhe atmet, bewusstlos wird. Mit 100 % O₂ ist er aber ausreichend versorgt.

5. Gasgesetze

Die Atemluft besteht hauptsächlich aus Stickstoff (ca. 80%) und Sauerstoff (ca. 20%). Neben diesen beiden Hauptanteilen in der Atemluft spielen auch Kohlendioxid (CO₂) und Kohlenmonoxid (CO) eine wichtige Rolle. Sie beeinflussen die Atmung und die Regulation der Sauerstoffverarbeitung im Blut. Bei Aufstiegen auf Flughöhen über 1500 Meter beginnen neben den Auswirkungen der Änderung des Luftdruckes auch die Verminderung des Sauerstoffgehaltes im Körper des Piloten eine Rolle zu spielen.

5.1. Druckänderung und Höhenwechsel

Gasgesetz von: Boyle–Mariotte: Produkt aus Druck und Volumen ist gleichbleibend, ($p \times v = \text{konstant}$)

- 5.1.1. Beim **Steigflug mit Druckabnahme** nimmt das Gasvolumen in den Körperhöhlen zu und überflüssige Luft entweicht in der Regel nach außen : Druck im Magendarmbereich, Mittelohr und Nasennebenhöhlen, evtl. in Zähnen
- 5.1.2. 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.
- 5.1.3. **Volumenänderung:** Bei Halbierung des Druckes von 1 Atmosphäre wird aus einem 1 Liter Luft am Boden ein Volumen von 2 Litern Luft in 5500 Meter, 3 Liter in 8100 Meter.
- 5.1.4. **Höhenunterschiede** von 30 bis 50 Meter kann man im Ohr fühlen ; ca. 400 m Druckunterschied können im Trommelfell ohne Druckausgleich schmerzhaft sein. Mehr als 2000 m Höhenunterschied ohne Druckausgleich können im Eizelfall sogar zum Trommelfellriss führen.
- 5.1.5. Beim **Höhenaufstieg** nach dem Start eher keine Beschwerden im Mittelohr, Probleme primär beim Absteigen aus großen Höhen und vor der Landung (Luft entweicht leichter beim Aufstieg, als nach Druckumkehr, wenn Luft zum Druckausgleich wieder zurück in die knöcherne Körperhöhle muss).
- 5.1.6. **Druckausgleich zum Mittelohr beim Abstieg** : Schlucken, Kaubewegung, Toynbee Manöver (Nase zuhalten und schlucken), Valsalva Manöver (Nase zuhalten und pressen).
- 5.1.7. **Im Notfall** können **Nasentropfen** eine Belüftung der Tube wieder eröffnen.
- 5.1.8. **Kranke Zähne** können bei großen Höhenunterschieden Schmerzen bereiten.
- 5.1.9. Bei **Erkältung mit Schleimhautschwellung** auf jedem Fall nicht ins Flugzeug steigen.
- 5.1.10. Bei nur **einseitigen Druckausgleich** auf nur einem Ohr gefährlicher Drehschwindel möglich.
- 5.1.11. Beim Fliegen **blähende Speisen** (Erbsen, Bohnen, etc.) vermeiden, um im Flug schmerzhafte Blähungen im Bauch zu vermeiden.

6. Hypoxie, Sauerstoffmangel

Sauerstoff (O₂) muss zur Energieversorgung des menschlichen Körpers gemeinsam mit den Kohlenhydraten im Blut ständig zur Verfügung stehen!

- Kohlenhydrate (C_nO_nH_n) + Sauerstoff (O₂) = Energie + Kohlendioxid (CO₂) + Wasser (H₂O)-

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.

6.1.1. Jeder Mensch reagiert auf Sauerstoffmangel individuell unterschiedlich, mit anderen Höhenstufen!

6.1.2. **Symptome** des Sauerstoffmangels (**subjektiv**)

6.1.2.1. Erhöhung der Puls- und Atemfrequenz

6.1.2.2. Kribbeln in den Fingern, Kälte- und Wärmeempfindungen

6.1.2.3. Kopfschmerzen und Übelkeit

6.1.2.4. Sehstörungen, eingeengtes Gesichtsfeld

6.1.2.5. Konzentrationsstörungen, Müdigkeit

6.1.2.6. Euphorie (Gefährlichstes Sauerstoff-Mangelsymptom)!

6.1.3. **Symptome** des Sauerstoffmangels (**objektiv**)

6.1.3.1. Reduzierung des Farbsehens

6.1.3.2. Blaue Fingernägel und Lippen

6.1.3.3. Verringerte Reaktionszeit, Vergesslichkeit

6.1.3.4. Eingeschränkte Urteilsfähigkeit, zunehmende Kritiklosigkeit (gefährlich)!

6.1.4. **Anpassung:** Toleranz gegenüber O₂-Mangel ist bei Flugzeugführern i.d.R. nicht trainierbar! – Ein Höherentraining ist nur nach mehrwöchigem Aufenthalt auf hohen Bergen nachweisbar (zum Beispiel Bergsteiger, wie Reinhold Messner im Himalaja!)

6.1.5. **Sauerstoffsättigung** im Blut gibt an, wie viel Prozent des vorhandenen Hämoglobins mit O₂

beladen/abgesättigt ist. Dies beschreibt die Sauerstoffbindungskurve.-Gilt für die gesunde Normalperson!

6.1.5.1.1. In Meereshöhe / Sealevel 98 % HbO, ausreichend O₂ Versorgung der Organe.

6.1.5.1.2. In 1500m Höhe 95 % HbO, ausreichend O₂ Versorgung der Organe.

6.1.5.1.3. In 2500m Höhe 93 % HbO, ausreichend. (REAKTIONSSCHWELLE)

6.1.5.1.4. In ca. 3000m Höhe 90 % HbO, noch ausreichend, (STOERSCHWELLE)

6.1.5.1.5. In 4000m Höhe 85 % HbO, vermindert, Leistungsabfall

6.1.5.1.6. In 6700m Höhe 65 % HbO, (KRITISCHE SCHWELLE), Todeszone.

6.1.5.1.7. Mit einem **Pulsoximeter** kann man im Flug mit einem Fingerclip die aktuelle Sauerstoffsättigung im Blut kontinuierlich messen.

6.1.6. Die Form der **Sauerstoffbindungskurve** ist charakteristisch S-förmig, was Vorteile der Sauerstoffversorgung in niedrigen Flughöhen ergibt!

6.1.6.1.1. **Zwischen 0 und 3000m** kaum Änderung der Sauerstoffsättigung, Abnahme nur um 8% HbO. ("Ostfriesen können auch in Bayern auf den Bergen leben, da diese anfängliche Höhenabnahme von den ersten 3000 m nach den physiologischen Gesetzen noch unschädlich ist")

6.1.6.1.2. **Zwischen 3000 und 6000m** (ebenso 3000 m Höhenunterschied) machen kleine Höhenänderungen schon eine starke Verringerung der Sauerstoffsättigung aus. Abnahme um 23% O₂ Sättigung, siehe zum Vergleich vorheriger Punkt.

6.1.7. **Hypoxieformen**, die eine **Hypoxische Hypoxie** (O₂-Mangel ab 3000 m) verstärken und die Sauerstoffmangelgrenzen weiter erniedrigen:

6.1.7.1. **Stagnierende Hypoxie:** Kreislaufstörungen, Herzfehler, G-Belastungen (Beschleunigungen)

6.1.7.2. **Anämische Hypoxie:** Blutverlust, Mangel an funktionstüchtigem Hb, CO-Vergiftung (Raucher)

6.1.7.3. **Histiotoxische Hypoxie:** Vergiftung des Körpers mit toxischen Stoffen, Medikamente, Alkohol

6.1.8.

6.1.9. **Selbstrettungszeit**, Time of Usefull Consciousness (**TUC**)

6.1.9.1. Die gesamte Selbstrettungszeit (siehe Liste!) umfasst folgende Zeiträume:

6.1.9.1.1. Beginn der unzureichenden Sauerstoffversorgung bis zum persönlichem Warnsignal

- 6.1.9.1.2. die praktische Selbststretungszeit bis zur Handlungsunfähigkeit.(Bruchteil der Gesamt-TUC)
- 6.1.9.2. Die **Länge der Selbststretungszeit** wird von wichtigen Faktoren bestimmt:
 - 6.1.9.2.1. Die **Flughöhe**, in der sich der Pilot befindet.
 - 6.1.9.2.2. Die **Erfahrung** im Umgang mit Hypoxie.
 - 6.1.9.2.3. Die **Stressexposition** des Betroffenen.
 - 6.1.9.2.4. Die allgemeine **körperliche Fitness**.
- 6.1.9.3. Die **höhenabhängige Selbststretungszeit** (TUC):
 - 6.1.9.3.1. In 4500 m / 15000 ft Höhe: 3 – 5 Stunden
 - 6.1.9.3.2. In 5500 m / 18000 ft Höhe: ca. 30 Minuten.
 - 6.1.9.3.3. In 7500 m / 25000 ft Höhe: 3 bis 5 Minuten.
 - 6.1.9.3.4. In 11000 m / 35000 ft Höhe: ca. 90 Sekunden.
- 6.1.9.4. Sobald er Sauerstoffmangelsymptome bemerkt, muss der Pilot folgende Schritte einleiten:
 - 6.1.9.4.1. Umschalten auf **100 % O₂** Versorgung.
 - 6.1.9.4.2. Prüfen der Masken- und Schlauchverbindung: **PRICE-Check**:
(**P**ressure, **R**egulator, **I**ndicator, **C**onnections, **E**mergency Equipment)
 - 6.1.9.4.3. Die **O₂-Reserve** aktivieren, (Ziehen des grünen Knopfes an der Notsauerstoffflasche, falls vorhanden).
 - 6.1.9.4.4. **Abstieg** unter 10000ft Flughöhe zum Erreichen von Luftschichten mit “atembarer” Luft.
- 6.1.10. Sauerstoffgeräte
- 6.1.11. Tagesform und Anpassung an Sauerstoffmangel

7. Druckkabine

- 7.1.1.1. Mit Druckkabine ausgerüstete Flugzeuge halten mindestens einen Luftdruck von ca. 2500 Metern, auch wenn sie auf Höhen von über 5000 Metern steigen.
- 7.1.1.2. Die Druck-Systemem sind je nach Flugzeug unterschiedlich, vorher Notverfahren erlernen
- 7.1.1.3. Achtung: Immer auf Fehlversgen vorbereitet sein! Notsauerstoffflasche bereit halten!

8. Hyperventilation:

Hyperventilation ist eine Mehratmung, die über die Stoffwechsel-Bedürfnisse des Körpers hinaus geht.

- 8.1.1. **Folge:** Ausatmen von zuviel CO₂/Kohlendioxid mit Behinderung des O₂-Austausches im Körper.
(Wissenschaftliche Erklärung: CO₂ bildet mit H₂O in den Körperflüssigkeiten eine leichte Säure, H₂CO₃-Kohlensäure, die je nach Menge im Blut reversibel den PH, den Säurewert, verschiebt und damit vorübergehend nachteilig die Enzymfunktionen des O₂-Stoffwechsels beeinflusst!)
- 8.1.2. Willkürliche, wie auch unbewusste **Hyperventilation** führt letztendlich auch zur Hypoxie im Gehirn obwohl viel Sauerstoff im Blut, als zu wenig vorhanden ist! - Siehe vorheriger Punkt!
- 8.1.3. Auftreten insbesondere :
 - 8.1.3.1. Bei **Stresssituationen** im Flug mit Angst und Panik
 - 8.1.3.2. Besonders bei **Flugschülern** in ungewohnten Situationen
 - 8.1.3.3. Beim **Einflug in Schlechtwetter**
 - 8.1.3.4. In **Notfallsituationen**
- 8.1.4. **Symptome** (dem Sauerstoffmangel ähnlich)
 - 8.1.4.1. Kribbeln in den Fingern
 - 8.1.4.2. Sehstörungen
 - 8.1.4.3. Schwindel
 - 8.1.4.4. Konzentrationsstörungen
- 8.1.5. **Maßnahmen** : Stress vermeiden, 100% Sauerstoff, Ruhig atmen (ca. 16 mal, “Sprechen”)
- 8.1.6. In größeren Höhen ist die Symptomatik zwischen Sauerstoffmangel und Hyperventilation nicht zu unterscheiden!
- 8.1.7. **Notmassnahme:** Im Zweifel Notabstieg, ruhig atmen und 100% Sauerstoff!

9. Druckfallkrankheit, DCS (Decompression Sickness)

Die Menge eines in Flüssigkeit gelösten Gases ist abhängig vom Druck:

(P/P1 = Q/Q1) Henry's Gasgesetz; Beispiel: Kohlensäuregas (CO₂) in einer Sprudelflasche.

- 9.1.1. **DCS, auch Taucherkrankheit** genannt, ist gekennzeichnet durch das Auftreten von Gasblasen im Blut und Körperflüssigkeiten. Gasblasen bestehen hauptsächlich aus Stickstoff und können im Körper mannigfaltige Symptome entwickeln. Grundregel: Druckfallsymptome entwickeln sich bei einem Druckabfall von mehr als 50% des Ausgangsdruckes (von 1 ATA auf 0.5 ATA = Sea Level auf 5500 m).
- 9.1.2. **Neueste Erkenntnisse:** Die moderne Weltraumforschung hat uns gelehrt, dass sich Gasblasen auch schon bei einem Druckfall von 0 auf 3500 m (35% Druckabfall) entwickeln können. Somit können auch hier schon ausnahmsweise Symptome entstehen. (Sonographie von Gasblasen im rechten Herz!)
- 9.1.3. **Symptome** der DCS :
 - 9.1.3.1. "Bends"; Gelenkbeschwerden, primär in großen Gelenken.
 - 9.1.3.2. "Parästhesien"; Beschwerden in der Haut, wie Ameisenlaufen
 - 9.1.3.3. "Chokes"; Beschwerden in der Brust und in der Lunge.
 - 9.1.3.4. "Neurologische Störungen"; Starke Kopfschmerzen, Sehstörungen, etc.
- 9.1.4. **Präventive Maßnahmen** bei Flügen über 6000 m ohne Druckkabine.
 - 9.1.4.1. Voratmen von 100% Sauerstoff
 - 9.1.4.2. Geringere Höhen planen, Verlangsamung der Aufstiegszeit, Verkürzung der Aufenthaltsdauer in großen Höhen für nur wenige Minuten (< 1 Stunde).
- 9.1.5. **Behandlung** bei Auftreten von DCS-Symptomen
 - 9.1.5.1. Sofortiger Abstieg, 100% Sauerstoff, Überdruckkammer, 24 h Ärztliche Beobachtung.
- 9.1.6. Nach vorherigen Tiefsee-**Tauchen** (ab 5 – 8 m Tiefe beginnend) darf für 24 h nicht geflogen werden, siehe auch Punkt 4.4.1.!
 - 9.1.6.1. Fliegen im Airliner (Druckkabine bis 2400 m)
 - 9.1.6.1.1. Tauchen bis 10 Meter: Flugantritt frühestens nach 6 Stunden
 - 9.1.6.1.2. Tauchen über 10 Meter: Flugantritt frühestens nach 12 Stunden
 - 9.1.6.1.3. Umfangreichere Tauchgänge: Flugantritt frühestens nach 36-48 Stunden
- 9.1.7. DCS kann auch schon auftreten bei folgenden Situationen:
 - 9.1.7.1. Tauchen von 10 m Wassertiefe/ 2 ATA auf Wasserspiegel 1 ATA auftauchen.
 - 9.1.7.2. Tauchen und anschließend Fliegen: Vormittags Tauchen bis 8 m Wassertiefe, nachmittags Fliegen höher als 900 m !

10. Gesundheit und Fliegen

10.1. „FM SAFE“ Checkliste vor Flugantritt

- 10.1.1. **Illness** Erkrankung: Habe ich Symptome?
- 10.1.2. **Medication / Medikamente:** Sind Medikamente im Blut?
- 10.1.3. **Stress** Stress: Habe ich Sorgen, bin ich überarbeitet?
- 10.1.4. **Alkohol** Alkohol: Habe ich in den letzten 24 Stunden getrunken?
 - 10.1.4.1. 1 grosses Bier hat 0,2 Promille im Blut. Abnahme des Alkoholgehaltes im Blut 0.1 pro h.
 - 10.1.4.2. Ein „Kater“ (Hangover) führt auch ohne Alkohol im Blut zu Leistungsstörungen!
- 10.1.5. **Fatigue** Müdigkeit: Bin ich ausgeruht?
- 10.1.6. **Eating** Ernährung: Habe ich ausreichend gegessen?
- 10.1.7. Können diese Fragen nicht zufriedenstellend beantwortet werden, darf nicht geflogen werden!

10.2. Zusätzliche Aspekte Gesundheit und Körperliche Fitness

- 10.2.1. Ernährung: leichte Nahrung, keine blähenden Speisen
- 10.2.2. Flüssigkeitshaushalt: Flieger benötigen zusätzlich Flüssigkeit wegen Lufttrockenheit in größeren Höhen
- 10.2.3. Krankheitsprophylaxe: Schutz vor Kälte, Sonnenschutz als Hautkrebsvorbeugung
- 10.2.4. Gesundheitliche Risikofaktoren: , unbehandelte Bluthochdruck
- 10.2.5. Körperliche Fitness: Sport
 - 10.2.5.1. Körper Rhythmus: Achtung nach Reisen über mehrere Zeitzonen, zB 6-8h nach USA
 - 10.2.5.2. Wettbewerbstraining

11. Medikamente, Drogen, Alkohol im Flugbetrieb

- 11.1.1. Vom Grundsatz her ist das Betreiben von Flugzeugen nach Einnahme von Medikamenten, Alkohol und Drogen bei Strafe verboten.
- 11.1.2. Bei einigen Dauermedikationen (z.B. Blutdrucksenkende Mittel) kann nach Ausnahmerichtlinien auf Antrag eine Sondergenehmigung beim Fliegerarzt beim LBA eine Sondergenehmigung beantragt werden

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

- 12.1.1. Kohlenmonoxid ist ein **toxisches Gas**, welches bei unvollständiger Verbrennung entsteht (Rauch, Abgase). CO ist ein farb- und **geruchloses** Gas (man bemerkt es nicht!), leichter als Luft. In großen Mengen ist es **tödlich** (CO₂ hingegen ist in kleinen Mengen ungiftig!).
 - 12.1.1.1. Kohlenmonoxid verbindet sich mit Hämoglobin etwa **200 bis 300 mal stärker** als Sauerstoff.
 - 12.1.1.2. CO verhindert, dass genug Sauerstoff zu den Zellen des Körpers transportiert wird.
 - 12.1.1.3. **Symptome** bei CO-Vergiftungen sind ähnlich denen bei Sauerstoffmangel:
 - 12.1.1.3.1. Kopfschmerzen
 - 12.1.1.3.2. Sehstörungen
 - 12.1.1.3.3. Übelkeit, Erbrechen
 - 12.1.1.4. Wichtig bei Nachtflug: CO **reduziert die Nachtsehfähigkeit**
 - 12.1.1.5. **Verunreinigung** der Atemluft mit CO durch:
 - 12.1.1.5.1. Triebwerk Abgase, (Es gibt CO Warner für das Cockpit von Motor LFZ zu kaufen!)
 - 12.1.1.5.2. Defekter Wärmetauscher der Cockpitheizung
 - 12.1.1.5.3. Elektrische Kabel-Schwelbrände im Cockpitbereich
 - 12.1.1.5.4. Zigarettenrauchen. (Im Zigarettenrauch ist ein Anteil von 4 % Kohlenmonoxyd)
 - 12.1.1.6. Der Rauch von drei Zigaretten ergibt eine Co-Blutsättigung von 4%
 - 12.1.1.7. Starke Raucher können eine Co-Blutsättigung von 8% haben.
 - 12.1.1.8. Rauchen in 3000 Metern erzeugt einen Effekt von 4300 m ohne Zigarettenrauch. (Rauchen auch länger vor dem Flug erniedrigt die Sauerstoffmangelgrenzen!)
 - 12.1.1.9. Es dauert bis zu 48 Stunden bis der Körper sein gesamtes CO ausgeschieden hat.

13. Sehen:

Eine **einwandfreie Funktion der Augen** ist die wichtigste Voraussetzung, um ein Flugzeug sicher fliegen zu können. Das Auge arbeitet ähnlich wie ein Kamera, mit einer verstellbaren Lichtöffnung (Iris, Pupille) und einer Linse, mit der Pilot auch in der Entfernung andere Flugzeuge und gefährlich Hindernisse wahrnehmen kann. Der Augenhintergrund, Retina enthält fotosensitive Zellen mit einem kleinen zentralen Bereich, der **Fovea**, in dem Objekte scharf abgebildet werden können. Im Bereich des optischen Nerven befindet sich der "Blinde Fleck", der etwas seitlich (10-15 Grad) vom "der Stelle des schärfsten Sehens" sich befindet. Das zweite Auge kompensiert den Blinden Fleck des anderen Auges.

- 13.1.1. Das **farbige Sehen** (Zapfen) und das **scharfe Sehen** befindet sich primär im Zentrum der Netzhaut des Auges. (**Fovea**)
- 13.1.2. Bei **Dunkelheit** sieht man mit den Stäbchen in der Peripherie.
- 13.1.3. Bei Dunkelheit muss man ca. 10 bis 15 Grad seitlich blicken, um z.B. ein Flugzeug oder ein Hindernis bei Nacht noch erkennen zu können.
- 13.1.4. Es braucht ca.30 Minuten bis nach einer Blendung das Auge sich wieder an die Dunkelheit gewöhnt hat.
- 13.1.5. **Fehlsichtigkeit** ohne Korrektur mit einer **Brille** verhindert rechtzeitiges Erkennen von Flugobjekten, von Geländepunkten, von wichtigen Einzelheiten, von gefährliche Situationen.
- 13.1.6. "**Scan**"-**Technik**: systematische Luftraumbeobachtung am Horizont: schrittweises Abtasten des Himmels (scharfes Sehen des Auges nur in einem Winkel von ca.5-10 Grad') vermeidet gefährliche Situationen.
- 13.1.7. Qualitativ sinnvolle Sonnenbrillen für Piloten nutzen, entsprechend den Lichtverhältnissen und der UV-Belastung.
- 13.1.8. Störende Polarisationserscheinungen der Sonnenbrille können die Lesbarkeit von LCD Displays beeinträchtigen.
- 13.1.9. Die Färbung einer Sonnenbrille kann flugsicherheitsrelevant die Erkennbarkeit beeinflussen.

14. Ohr, Gehör und Innenohr

- 14.1.1. Piloten von Klappmotorseglern sind durch den ohrnahen Motorlärm stark gefährdet langfristig schwerhörig zu werden.
- 14.1.2. Im üblichen Funksprechverkehr ist das volle Verständnis aller Tonfrequenzen zur Identifizierung der Funksprüche notwendig.
- 14.1.3. Druckausgleichsstörungen im Mittelohr können auch vorübergehende Schwerhörigkeit hervorrufen.

14.1.4. Die Ausrüstung von Motorflugzeugen mit Kopfhörern, die das moderne "Aktive Noise Reduction (ANR) System"(elektronisches Reduzieren des Lärms über Frequenzmodulation) besitzen ist zu empfehlen.

14.1.5. **Innenohr**

14.1.5.1. Das Innenohr besteht aus dem Gehörorgan (der Gehörschnecke) und dem Vestibularorgan, mit den Bogengängen (Drehbewegung) und den Otolithen (lineare Beschleunigung und Änderungen der Schwerkraft)

14.1.5.2. Die drei Bogengänge mit den Otolithen unterstützen die Lageorientierung

14.1.5.2.1. am Boden mit richtig empfundenen Wahrnehmungen (zB. Beschleunigungen)

14.1.5.2.2. im Flug mit teilweise täuschenden Empfindungen (zB. Drehungen re/li; oben/unten)

15. **Orientierung**

15.1.1. Im Flug ist die Lageorientierung ausschließlich mit Hilfe des Sehsinns zuverlässig. 80 bis 90 % der Lageorientierung im Raum hängt vom richtigen Sehen ab.

15.1.2. Räumliche Orientierung durch gemeinsame Informationen von Sehsinn, Körpersinn und Vestibularsinn.

15.1.3. Räumliche Orientierung allgemein : Körpersinn: (propriozeptive) Drucksensoren (Haut-, Muskel-, Tast-, Gelenksensoren)

15.2. **Disorientierung, Kategorien** (TBD)

15.2.1. Visual Illusions

15.2.2. Spacial Disorientation

15.2.2.1. Somatogyral Illusions

15.2.2.1.1. Leans

15.2.2.1.2. Graveyard Spin

15.2.2.1.3. Coriolis Illusion

15.2.2.2. Somatogravic Illusions

15.2.2.2.1. Oculogravic

15.2.2.2.2. Elevator Illusion

15.2.2.3. Vorbeugung

16. **Beschleunigung**

16.1.1. Erdbeschleunigung (g) = 9,81 m/sek² mal MASSE ergibt das Gewicht (G). $G = m \times g$

16.1.2. Es gibt lineare Beschleunigungen (in eine Richtung, z.B. beim Windenstart)

16.1.3. Es gibt radiale Beschleunigungen (im Kurvenflug)

16.1.4. Rotatorische Beschleunigung um die eigene Achse (Rollen um die Flugzeuglängsachse)

16.1.5. Anguläre Beschleunigungen (beim Trudeln), Sonderform vom Vorherigen

16.1.6. Im Kreisflug von 60 Grad wirken 2 g auf den Piloten ein. Ein Pilot, der 70 Kg wiegt wird dann 140 Kg schwer.

17. **Kinetose**

17.1.1. Kinetose, auch Bewegungskrankheit genannt tritt bei Seefahrt, Fliegen und Autofahren auf, wenn die empfundenen Bewegungen im Innenohr nicht zum Seh-Eindruck passt.

17.1.2. Folge ist Müdigkeit, Schweißausbruch, Übelkeit und Erbrechen

17.1.3. Durch Geradehalten des Kopfes und Sauerstoffgaben kann die Kinetose reduziert werden.

17.1.4. Medikamente können bei Passagieren helfen, dem Piloten sind Medikamente verboten!

18. **Temperaturreglung**

Das Einhalten der richtigen **Körperkerntemperatur von 37 Grad C** ist wichtige Voraussetzung für körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. (Erhöhung der Körpertemperatur auf 38 Grad vermindert bei Sportschützen die Treffer-Ergebnisse um 50%!)

18.1. **Wärme/ Kälte Austausch:**

18.1.1. **Strahlung** : Sonne, Ofen, Kalte Rumpfaußenhaut sind sehr intensiv!

18.1.1.1. Schutz: Sonnenhut, Isoliermedien

18.1.2. **Leitung**: Nasse Kleidung, Kalter Sitz, Eintauchen in Wasser, Kühlweste-

- 18.1.2.1. Schutz: Isoliermedien, Nässeschutz, schweißresistente Textilien
- 18.1.3. **Konvektion:** Warme Luft, Kalter Wind, "Chill Faktor"
- 18.1.3.1. Schutz: Lockere luftige Kleidung, Schwitzvorgang berücksichtigen
- 18.2. Ein **Sonnenschutz**/Fliegerhut beim Glascockpit ist in der SFBO vorgeschrieben um einen Sonnenstich (Überhitzung des Kopfes) zu vermeiden.
- 18.3. Bei langen Flügen sind unbedingt **Flüssigkeit** mit zu führen, um Austrocknung und verminderte geistige Leistungseinbrüche zu vermeiden.
- 18.4. Die **Pilotenkleidung ist** dem entsprechenden Wetter und dem Aussentemperaturen an zu passen.
- 18.5. Vermeidung von Unterkühlung : auf Kopfwärme und Isolationsschutz achten.

19. Umgang mit Rettungssystemen

- 19.1. Training, Sicherheitsaspekte, Checks
 - 19.1.1. Fallschirme
 - 19.1.1.1. Automatiksystem
 - 19.1.1.2. Selbstauslöser
 - 19.1.2. Sauerstoffsysteme
 - 19.1.2.1. Dauerströmer
 - 19.1.2.1.1. Mengenberechnung für verschiedene Höhen
 - 19.1.2.1.2. Gefahren und Grenzen des Systems
 - 19.1.2.2. Demand Systeme
 - 19.1.2.3. Electronic Oxygen Delivery System, EDS / Flowtimer
 - 19.1.2.4. Berechnung des Sauerstoff-Bedarfes
 - 19.1.2.5. Technische Besonderheiten
 - 19.1.2.6. Umgang mit Sauerstoffanlagen und Gefahren
 - 19.1.3. Notfunksysteme
 - 19.1.3.1. ELT

20. Quellen / Literatur / Internet

- 20.1. Historisch wegweisende Literatur
 - 20.1.1. Grundriss der Luftfahrtmedizin, 1957, Ruff / Strughold
 - 20.1.2. Bruno Mueller
 - 20.1.3. Flugmedizin, Leitfaden für die Praxis, 1985, Grossmann K.
- 20.2. Zeitgemäße Literatur
 - 20.2.1. Aviation Medicine, Ernsting J. et al, 1988
 - 20.2.2. Arbeitsmedizin Aktuell: Lauschner et al , Arbeitsmedizinische Probleme bei Flugreisen, 12/94
 - 20.2.3. Büro- Flugsicherheit des DAeC: Gebirgssegelflug ein Risiko?
 - 20.2.4. Clinical Aviation Medicine, Rayman, R. et al. 2000, ISBN 1-883769-86-8
 - 20.2.5. Fliegerarztlehrgang, Stüben et al, 2000 Deutsche Akademie für Flugmedizin, LH, 60546 Frankfurt
 - 20.2.6. Flugreisemedizin, Landgraf et al, 1996, ISBN 3-89412-205-6
 - 20.2.7. Human Factors for Pilots, Green et al, 1991, ISBN 1-85628-177-9
 - 20.2.8. 040 Menschliches Leistungsvermögen PPL&CPL, Huber, S., 1998, hufi@pop.agri.ch
 - 20.2.9. Jeppesen, Privat Pilot Manual, 2000, ISBN 0-88487-238-6
 - 20.2.10. Luftfahrthandbücher: Flugmedizin, Schulze et al, 1990 DDR, ISBN 3-344-00365-8
 - 20.2.11. Flugphysiologie: Spohd 1
 - 20.2.12. Human Factors Limitations: Spohd 2
 - 20.2.13. Taschenatlas der Physiologie, Silbernagl S. et al,
 - 20.2.14. Risikoverhalten im Einsatz, Hansen, D; FlugMedInstLw, 2000
 - 20.2.15. Stichwort: Belastung, Beanspruchung; Stress, Stressoren, Hansen, D; FlugMedInstLw, 2000
- 20.3. Militärische Quellen
 - 20.3.1. Flugphysiologie, Garbe, 1969, Fürstfeldbruck
 - 20.3.2. Flugmedizin, Papenfuß: et al, 1988 DDR, Königsbrück
 - 20.3.3. Kompendium der Flugphysiologie, 1994, Fürstfeldbruck

- 20.3.4. USARMY: Air Sense Internation (1993)
- 20.3.5. USAIRFORCE Pamphlet, AFP-160-5: Physiological Training, Dep. of the Airforce
- 20.3.6. Aerospace Physiology Training, SAM Brooks AFB, TX 78235
- 20.3.7. AGARDograph No. 154; Aeromedical Handbook for AIRCREW; Dobie et al, 1973

20.4. Internet Homepages

- 20.4.1. www.DaeC.de , Büro- Flugsicherheit, Links
- 20.4.2. www.AEROMEDNEWS.de / www.4t-2.de/amn/indx.html
- 20.4.3. ASMA
- 20.4.4. CAA
- 20.4.5. FAA
- 20.4.6. Horn
- 20.4.7. NASA
- 20.4.8. [www.Deutscher Fliegerarztverband.de](http://www.DeutscherFliegerarztverband.de)

Nachwort:

Unsere Umwelt, Technik, Wissenschaft und Lehre ist dauernden Veränderungen unterworfen. Die Fliegerei unterliegt ebenso ständigen Neuerungen. – Nach dem Motto: “Für die Praxis, von der Praxis” lebt auch die Lehre bei der Ausbildung der Privatflugzeugführer von ständiger Optimierung. Bei den kontinuierlich durchgeführten Weiterbildungen der DAeC Landesverbände existiert eine gute Basis diese Lehrinhalte immer wieder konstruktiv zu diskutieren und zu verbessern.

Anregungen bitte an: www.DAeC.DE , Büro- Flugsicherheit