

040 Menschliches Leistungsvermögen

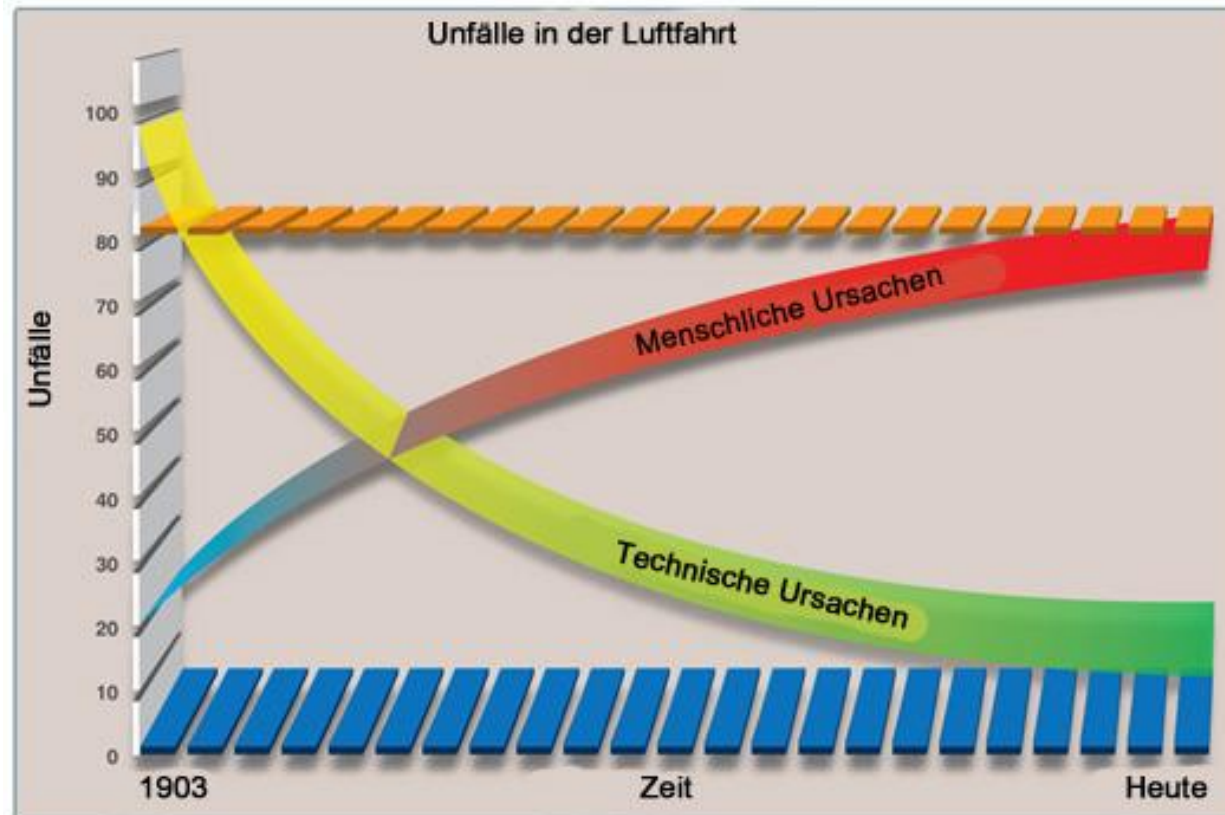
Stefan Seiler
Segelfluggruppe Oberraargau

Inhalt

- Einführung
- Die Atmosphäre
 - Gasgesetze
- Der Mensch
 - Atmung & Kreislauf
 - Sauerstoff
 - Sinnesorgane
- Gesundheit & Hygiene
- Flug-Psychologie

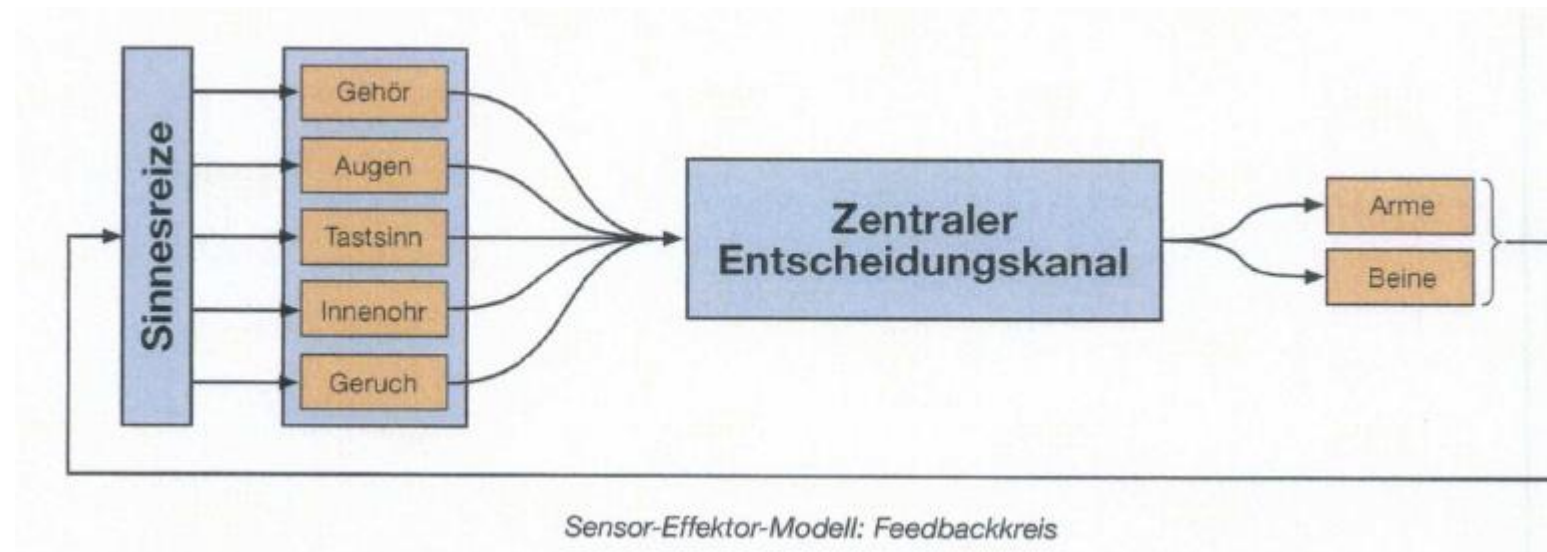
Flugunfallstatistik

- ca. 20% der Flugunfälle sind auf technische Fehler
- ca. 80% auf menschliches Versagen zurückzuführen



Reizaufnahme & Wahrnehmung

- Sensor-Effektor-Modell
- Reizaufnahme $\neq$ Wahrnehmung
- Fehlerquellen der Wahrnehmung



Interferenzen mit der Wahrnehmung



Wahrnehmung ist stets subjektiv. Eine objektive Wahrnehmung gibt es nicht!

- Erwartung aufgrund von Erfahrung
- Erwartung aufgrund von Antizipation
- Erwartung aufgrund von Gewohnheiten

Interferenzen mit der Wahrnehmung

Erfahrungen	Das Erscheinungsbild einer Piste im Anflug wird mit gespeicherten Bildern verglichen und Korrekturen aus den Differenzen abgeleitet. Ist eine Piste breiter oder schmaler als üblich, entsteht daraus eine falsche Höheneinschätzung (siehe auch „Täuschungen und Illusionen“ Kapitel Sinnesorgane)
Antizipation	Sind wir bereit für den Abflug, erwarten wir sehr stark die Bestätigung der Startfreigabe durch den Turm. Durch diese Erwartung kann die ursprüngliche Streckenfreigabe «you are cleared to the Papa Beacon, climb to and maintain flight level nine zero, right turn after take-off, proceed with heading four zero until intercepting the three two five radial from Las Palmas VOR» als Starterlaubnis «Cleared for take-off» missverstanden werden (Zusammenstoss zweier 747 in Teneriffa, alte Phrasologie).
Gewohnheiten	Seit Jahren stellen wir das Flugzeug in der Parking Area ALPHA ab. Erhalten wir nun ausnahmsweise die Anweisung zur Parking Area GOLF zu rollen, besteht die Gefahr, dass wir trotzdem (selbst nach korrektem Readback) zur gewohnten Parking Area ALPHA rollen.

Der Human Factor bei Flugunfällen..



Inhalt

- Einführung
- Die Atmosphäre
 - Gasgesetze
- Der Mensch
 - Atmung & Kreislauf
 - Sauerstoff
 - Sinnesorgane
- Gesundheit & Hygiene
- Flug-Psychologie

Die Atmosphäre

- Zusammensetzung
- Ozonschicht, UV-Strahlung
- Gasgesetze

Zusammensetzung der Atmosphäre

Chem. Stoff	Chem. Zeichen	Volumenanteil (%)
Stickstoff	N ₂	78,09
Sauerstoff	O ₂	20,95
Argon	Ar	0,93
Kohlendioxid	CO ₂	0,03
Neon	Ne	$1,82 \times 10^{-3}$
Helium	He	$5,24 \times 10^{-4}$
Krypton	Kr	$1,14 \times 10^{-4}$
Wasserstoff	H ₂	$5,00 \times 10^{-5}$
Xenon	Xe	$8,70 \times 10^{-6}$
Ozon (<i>Wert veränderlich</i>)	O ₃	$7,00 \times 10^{-7}$

- Die Gaszusammensetzung (%) bleibt bis in Höhen von ca. 100 km konstant.
- Veränderung der Umgebungsbedingungen sind deshalb rein auf eine Abnahme des Luftdrucks zurückzuführen.

Ozon & UV-Strahlung

- O₃, unter Einfluss von UV-Strahlung aus Sauerstoff entstehend
- Ozonschicht in 15-35 km Höhe, gegen Pole hin tiefer
- Filterfunktion, absorbiert UV-Strahlung
- tödlich in Konz. > 10ppm
- giftig ab 0.1 ppm

- Unterteilung in 2 Fraktionen:
- UV-A: 320 - 400 nm
- UV-B: 290 - 320 nm
- UV-B = Sonnenbrand
- UV-A = Bräunungseffekt
- Intensität in der Höhe zunehmend
- Risikofaktor für Hautkrebs
- Schutzmassnahmen !!!
- Sichtbares Spektrum: 400 – 760 nm



Bei der Wahl der Sonnenbrille ist auf folgende Punkte zu achten:

- Die Brille muss unter einem Headset tragbar sein
- Die Gläser bzw. der Brillenrahmen sollen das Gesichtsfeld nicht einschränken
- Die Gläser müssen verzerrungsfrei sein
- Die Gläser dürfen zu keinen Polarisationserscheinungen mit der Windschutzscheibe oder den Instrumentengläsern führen
- Die Unterscheidung verschiedener Farben darf qualitativ nicht wesentlich verringert sein



Gasgesetze

- Boyle-Mariotte: $P * V = \text{konst.}$

- Dalton: $P_{\text{total}} = \sum (P_1 + P_2 + \dots + P_n)$

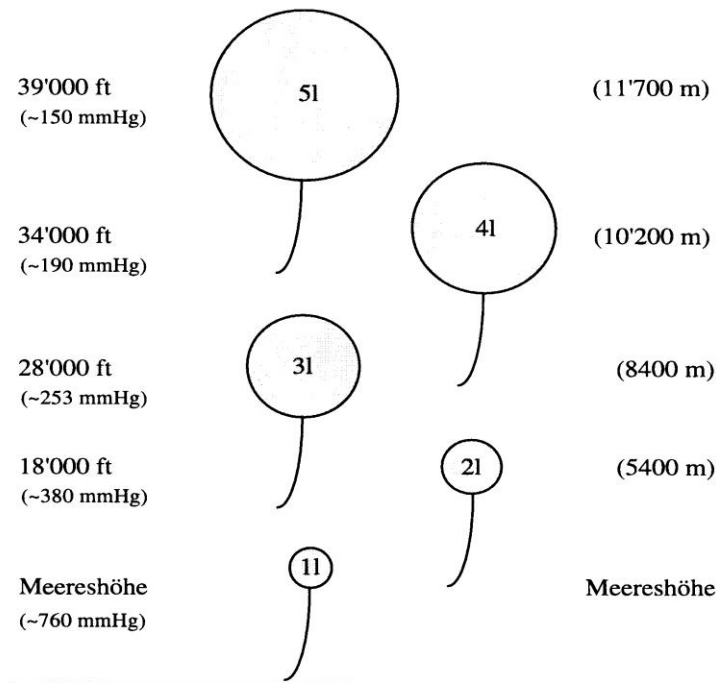
- Henry: $P_1/P_2 = M_1/M_2$

„Die Menge (M) eines in einer Flüssigkeit gelösten Gases ist proportional zum Druck (P) des über der Flüssigkeit liegenden Gases“

Gasgesetze:

1) Boyle-Mariotte

$$p * V = konst.$$

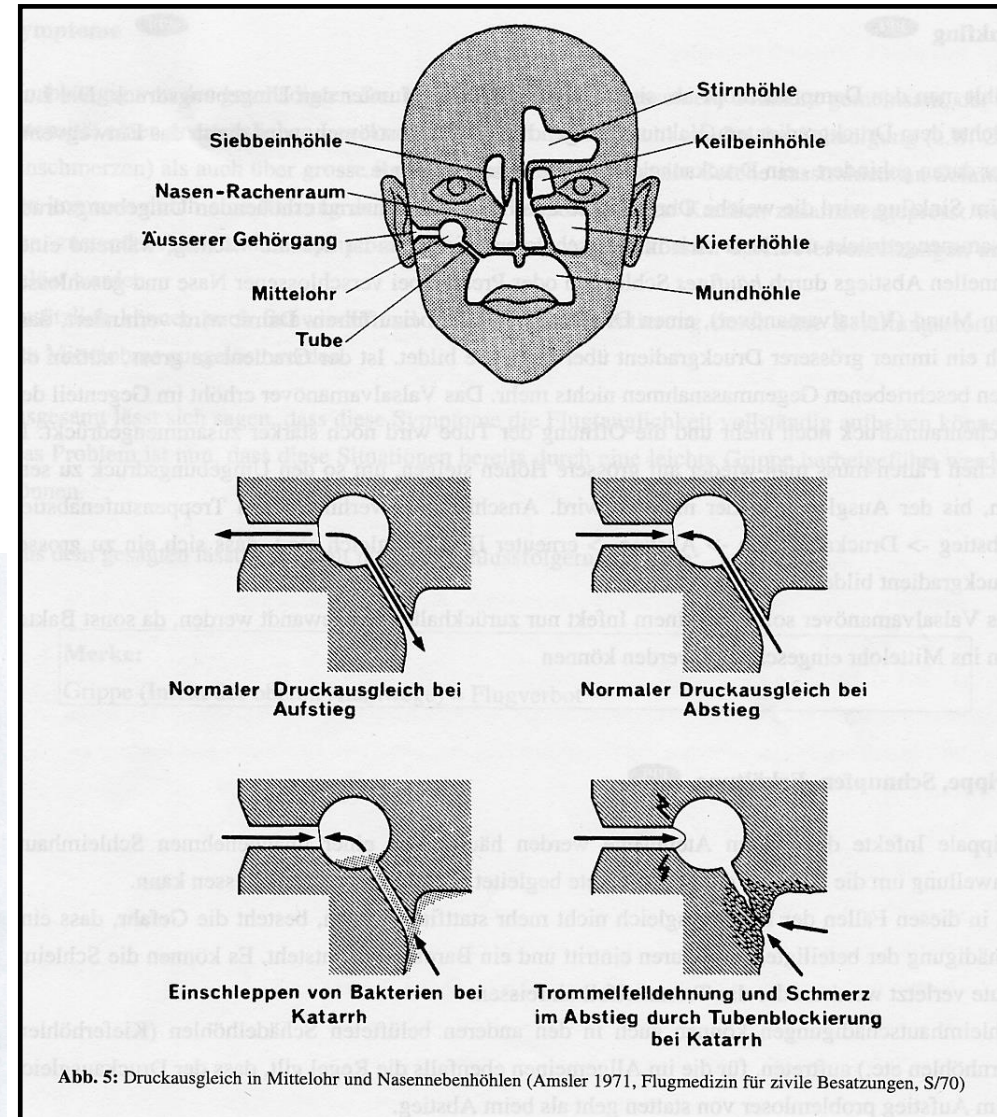
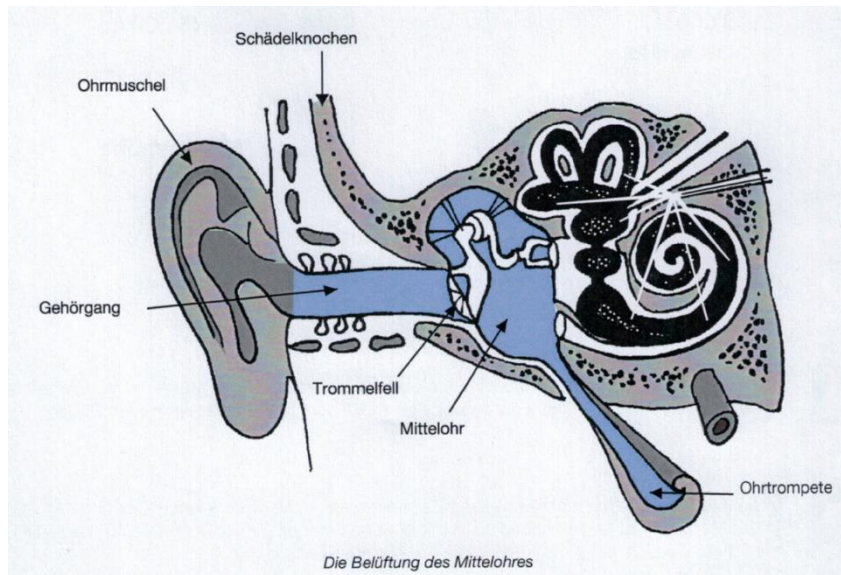


Anwendung:

- Berechnung O2-Flaschen-Inhalt:
Volumen * Druck = Inhalt in Litern
- Barotrauma
 - Nasen-Nebenhöhlen
 - Tauchen
- Ballon-Flug



Druckausgleich



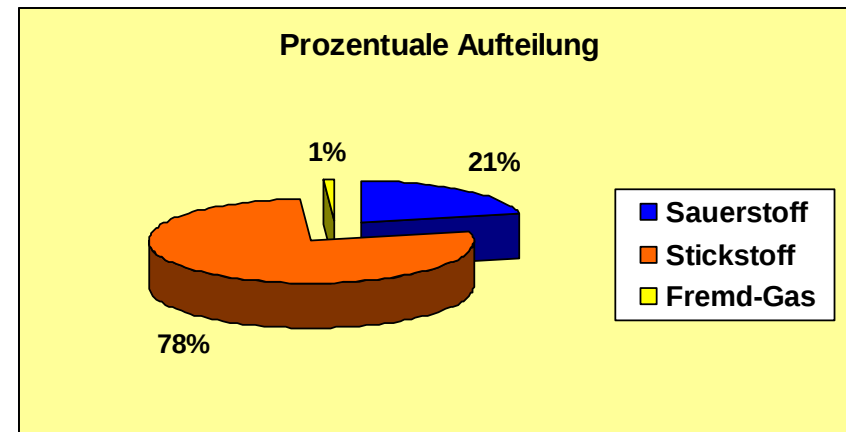
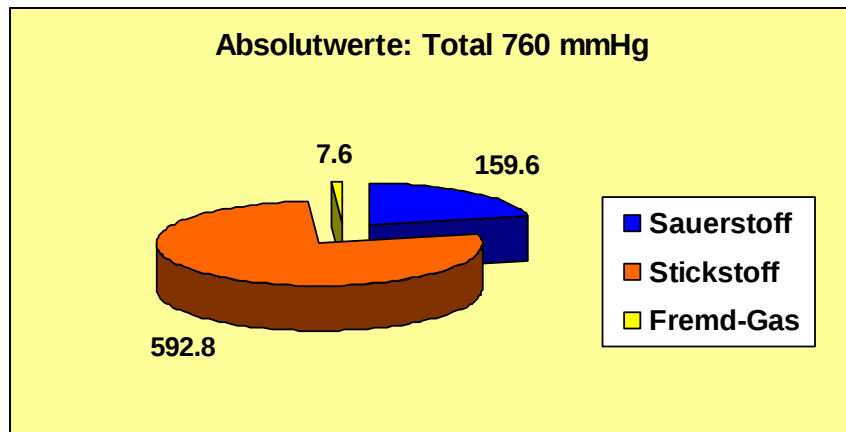
Gasgesetze:

2) Dalton: Partialdruck

$$p_{total} = p_1 + p_2 + ... + p_n$$

- Der Gesamtdruck ist gleich der Summe der Teildrücke...
- $p_1 = \text{Gesamtdruck} * \text{Volumen-\%}$

$$O_2 - \text{Partialdruck} = 760 \text{ mmHg} * \frac{21\%}{100} = 159.6 \text{ mmHg}$$

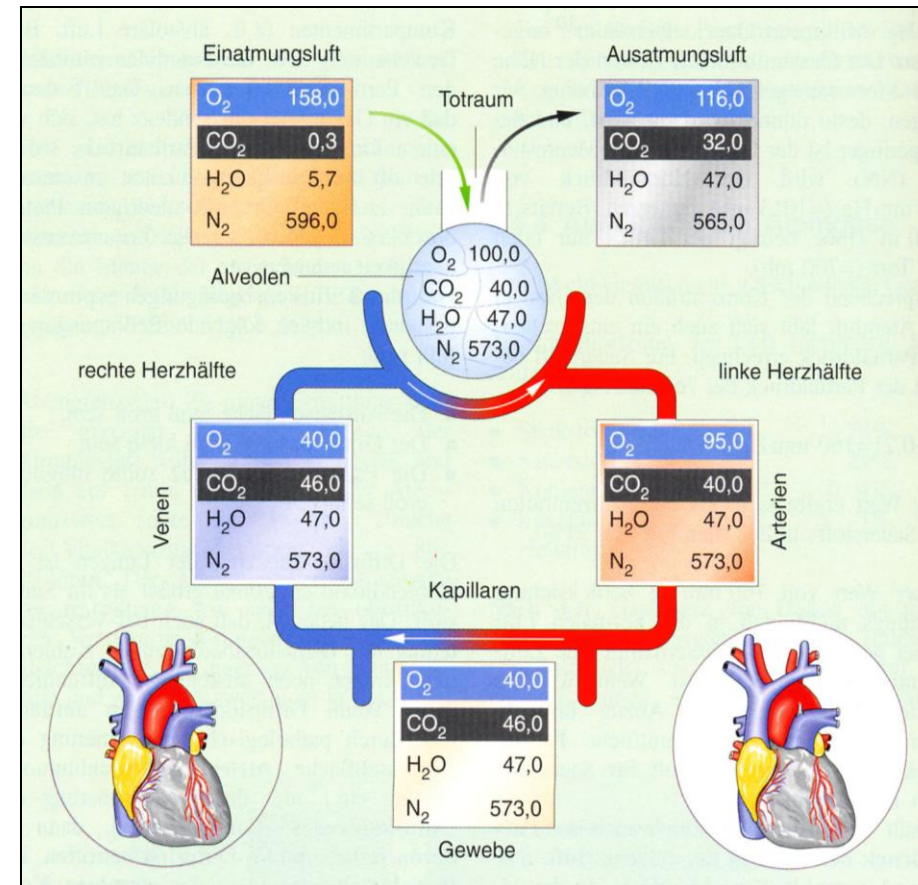


O₂-Partialdruck

$$P_{AO_2} = P_{IO_2} - \frac{P_{ACO_2}}{R} + F$$

$$P_B = P_{O_2} + P_{CO_2} + P_{N_2} + P_{H_2O}$$

Durch Aufsättigung der Atemluft mit Wasserdampf (Dampfdruck 47 mmHg) wird der Partialdruck der übrigen Gase in der Lunge entsprechend reduziert !!



Partialdruck-berechnung

"In einem Gemisch von Gasen ist der Gesamtdruck (p) gleich der Summe der Teildrücke "

$$p_{\text{Total}} = (p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n)$$

"Der Teildruck (p_1) eines Gases in einem Gasgemisch ist seinem prozentualen Volumenanteil proportional"

$$p_1 = \text{Gesamtdruck des Gemisches } p_{\text{Total}} \times \text{Vol } \%$$

Bsp:

In der Atemluft betragen die Volumenanteile für Sauerstoff (O_2) 21%, für Stickstoff (N_2) 78%.

Teildruckberechnung für O_2 auf Meereshöhe:

$$p_{\text{O}_2} = \frac{760 \text{ mmHg} \times 21}{100} = 159.6 \text{ mmHg} \approx 160 \text{ mmHg}$$

Teildruckberechnung für N_2 auf Meereshöhe:

$$p_{\text{N}_2} = \frac{760 \text{ mmHg} \times 78}{100} = 592.8 \text{ mmHg}$$

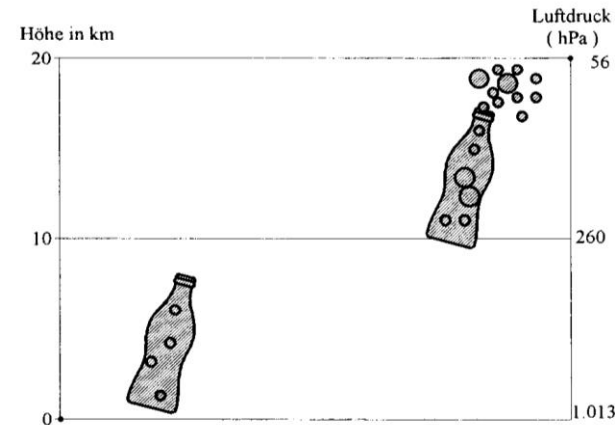
Teildruckberechnung für O_2 auf 18'000 ft (5'400 m):

$$p_{\text{O}_2} = \frac{380 \times 21}{100} = 79.8 \text{ mmHg} \approx 80 \text{ mmHg}$$

Gasgesetze:

3) Henry: Löslichkeit

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{M_1}{M_2}$$

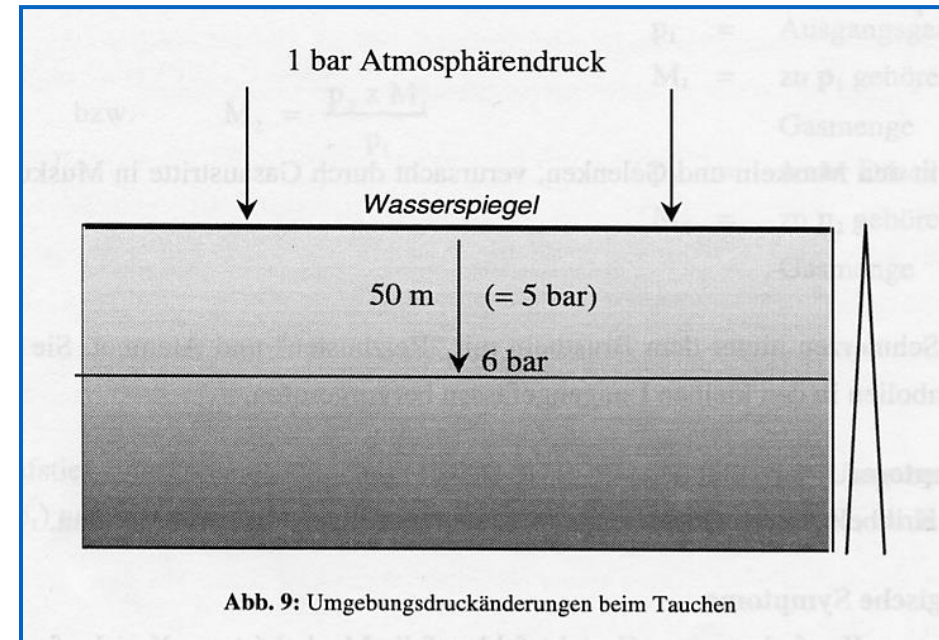


- Die Menge eines Gases, welche in einer Flüssigkeit gelöst wird, ist abhängig vom Druck des über der Flüssigkeit liegenden Gases...
- Beispiele: Mineralwasser, Taucherkrankheit

Taucherkrankheit (Caisson-Krh, Druckfall-Krh.)

Symptome:

- Bends
- Chokes
- „Taucherflöhe“
- Neurologische Symptome
- Kreislaufsymptome



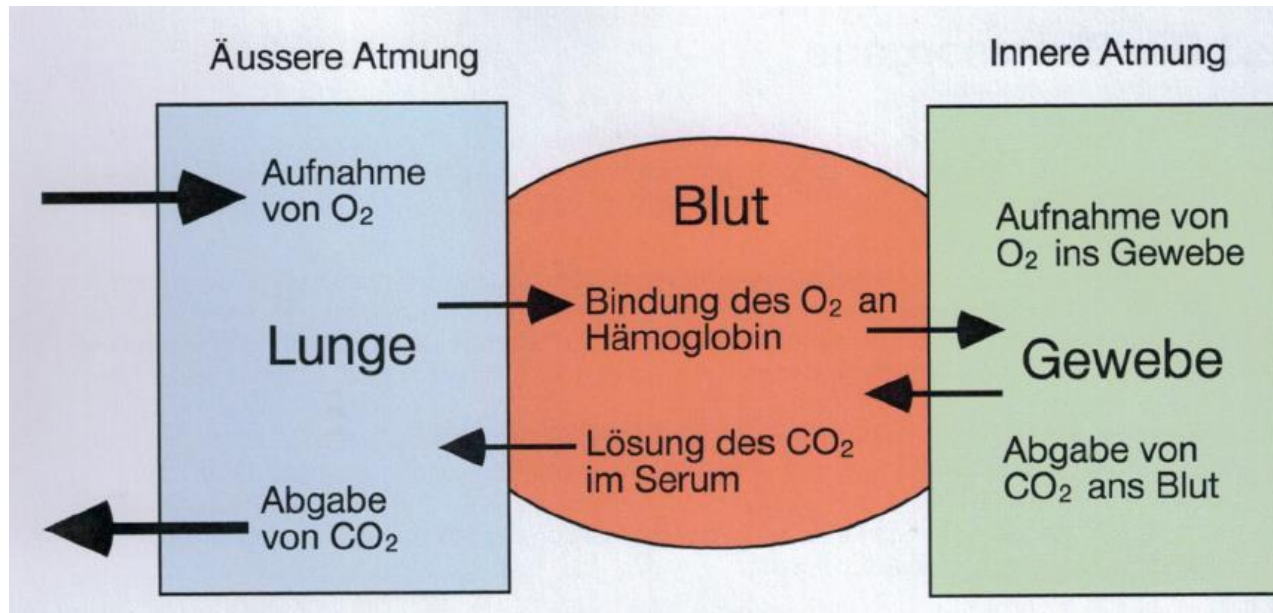
**24 Stunden vor einem Flug in grössere Höhen (>5000 ft)
kein Aufenthalt in Ueberdruckumgebung !**

Symptome und Ursachen der Druckfallkrankheit

Fünf Symptome sind für die Druckfallkrankheit typisch:

<i>Symptom</i>	<i>Beschreibung und Ursache</i>
1. Bends	Schmerzen in den Muskeln und Gelenken, verursacht durch Gasaustritte in Muskulatur und Gelenken
2. Chokes	Brennende Schmerzen hinter dem Brustbein mit «Reizhusten» und Atemnot. Sie werden durch Mikrogasembolien in den kleinen Lungengefäßen hervorgerufen
3. Hautsymptome («Taucherflöhe»)	Jucken und Kribbeln, durch Gasbläschen im Unterhautfettgewebe hervorgerufen
4. Neurologische Symptome	Augenflimmern, Kopfschmerzen, Gesichtsfeldausfall, Muskelzittern, Kreislaufversagen wegen Mikrogasembolien im Gehirn. Lebensgefahr!
5. Kreislaufsymptome	Durch Versagen der neurologischen Regulation oder durch grosse Gasembolien hervorgerufen

Atemwege / Atmung



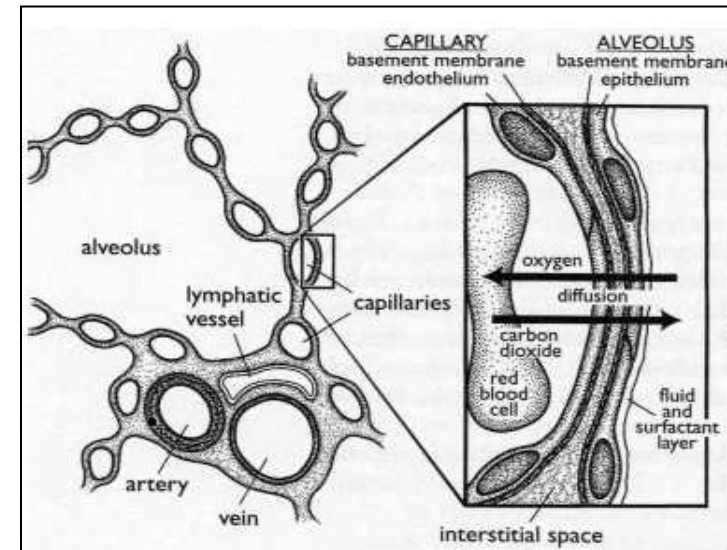
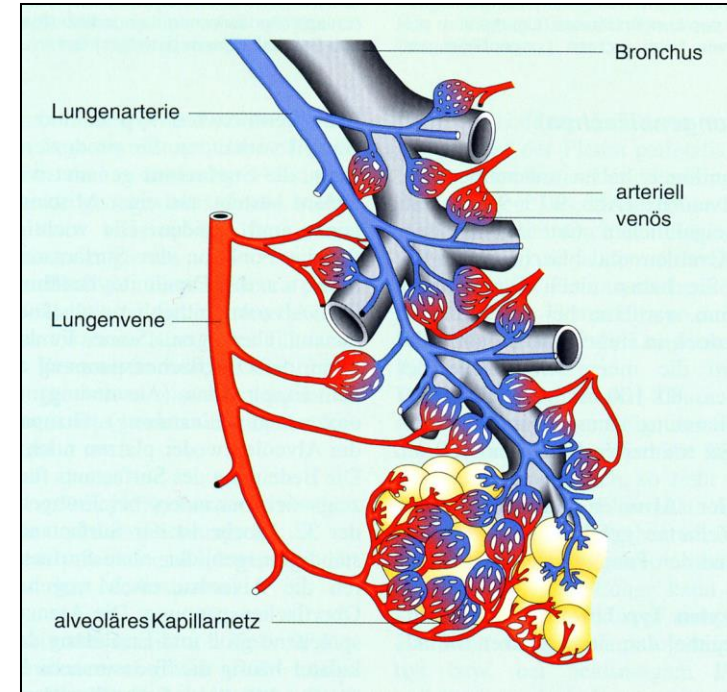
- Atmung = Ventilation
- Wichtigster Muskel: Zwerchfell
- Normale Atemfrequenz: 10 – 15 Atemzüge / min.
- Pro Atemzug (in Ruhe) ca 500 ml

O₂-Aufnahme

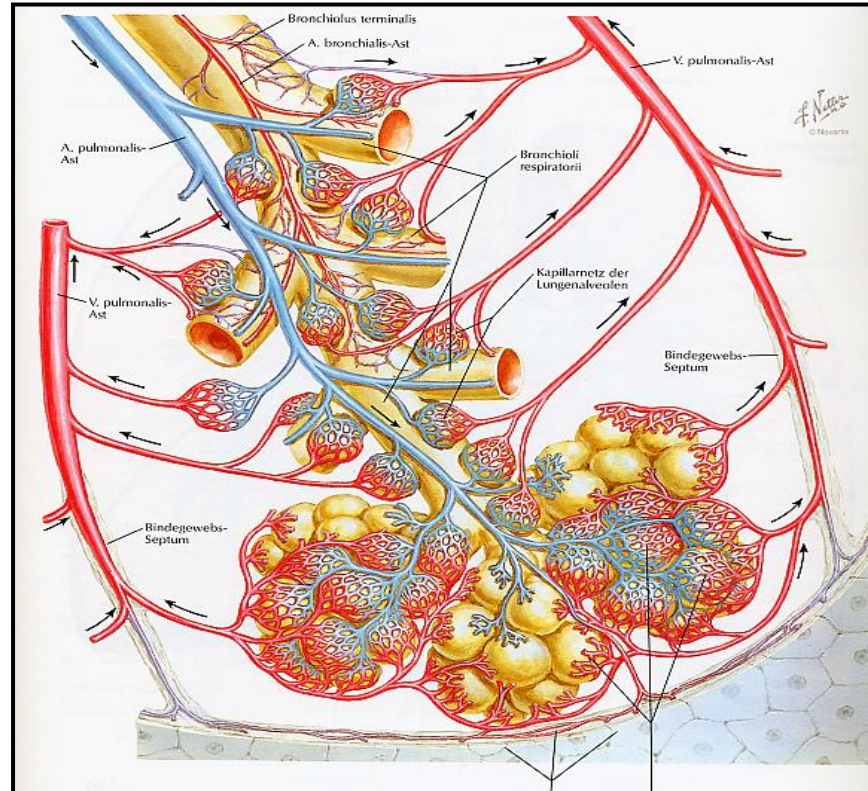
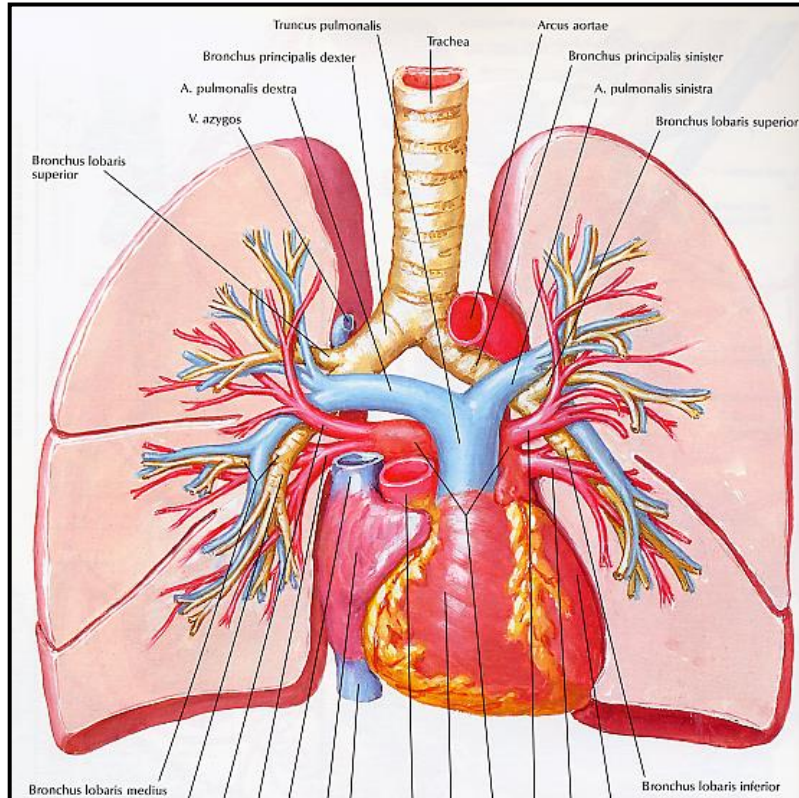
- Die O₂-Aufnahme in der Lunge erfolgt durch Diffusion (passiv)
- O₂ -Bedarf: ca. 200 ml/min
- Diffusion proportional zu Oberfläche, Druckgradient sowie umgekehrt proportional zur Membran-Dicke

Die Lunge wurde entsprechend diesen Anforderungen konstruiert:

- Oberfläche: 50-100 m²
- 3 Mio. Alveolen
- Alveolen-Durchmesser 0.3 mm

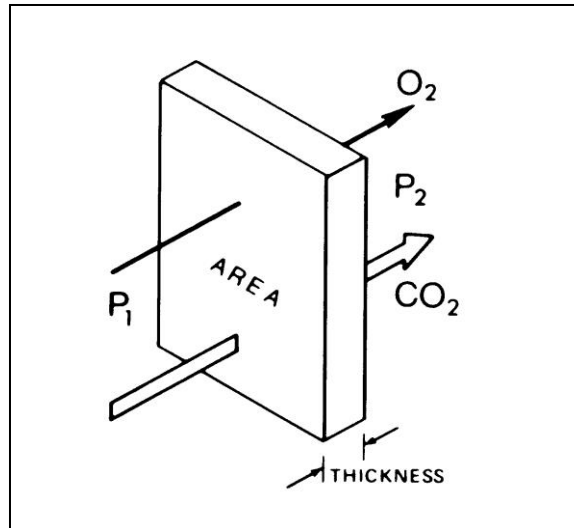


Atemwege / Atmung

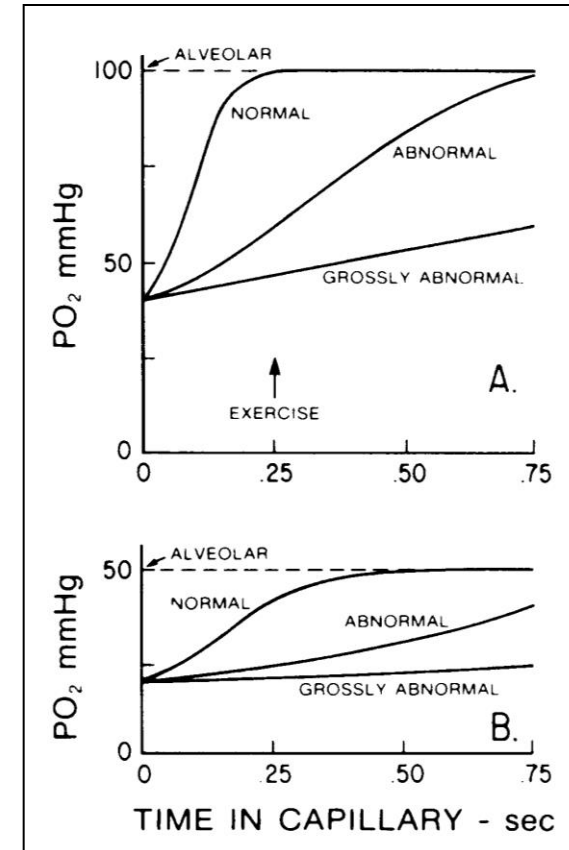


Diffusion Luft-Blut

$$\text{Diffusion} \propto \frac{\text{Fläche}}{\text{Schicht - Dicke}} * (P_1 - P_2) * D$$



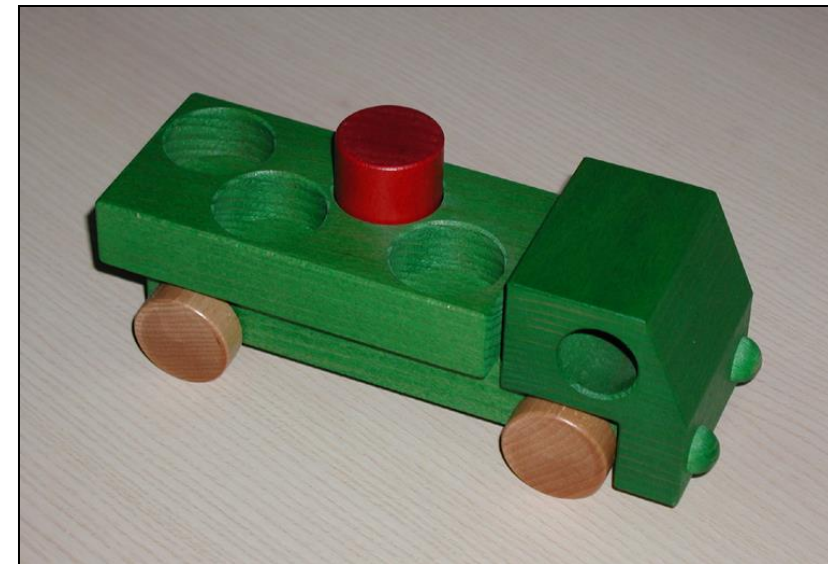
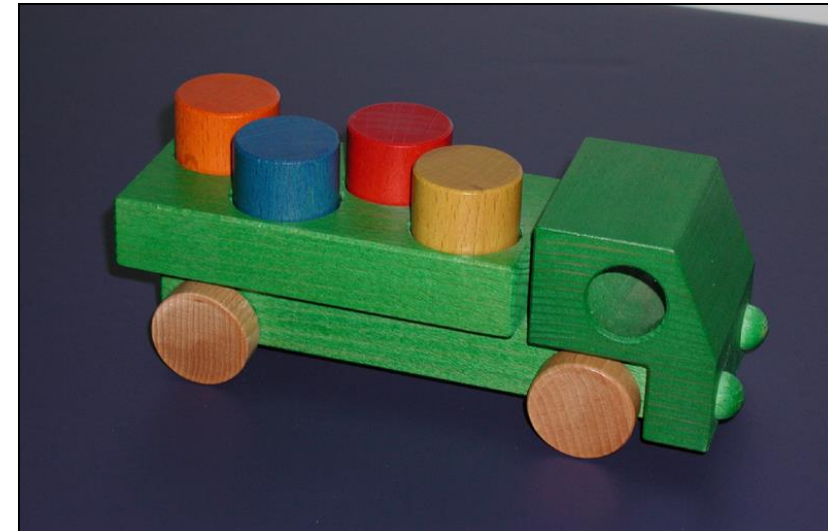
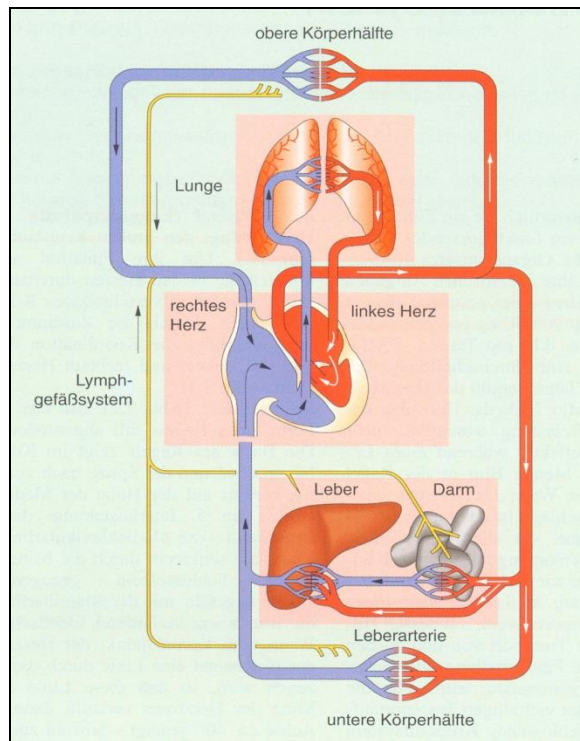
$$D \propto \frac{\text{Löslichkeit}}{\sqrt{\text{Molekulargewicht}}}$$



- „Beladungszeit“ der Erythrocyten bei reduziertem pO2 in der Lunge wird verlängert.
- Normale Verweildauer eines Erythrocyten in der Lunge = 0.75 sec

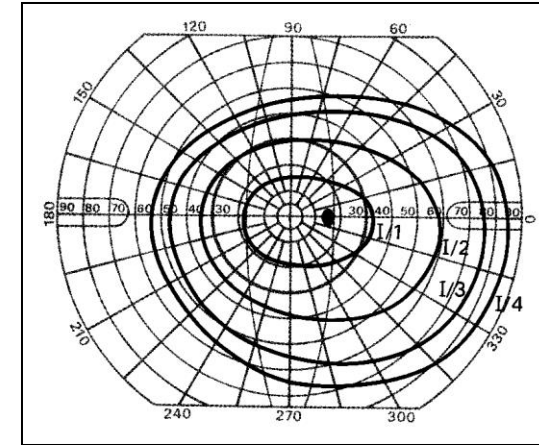
Kreislauf

- Transportkapazität abhängig von Hb-Gehalt und Pumpleistung (HMV)
- O₂-Aufnahme und -Abgabe gemäss O₂-Bindungskurve
- Herzleistung ca. 5 L/min.



Hypoxie und ihre Folgen

- Verminderte / verlangsamte „Rechenleistung“ des Gehirns
 - Reaktionszeit steigt
 - Konzentrationsstörung
 - Gesichtsfeld-Einschränkung
 - Bewusstlosigkeit
- „Bergsteiger-Krankheit“
 - Höhenlungenödem
 - Hirnödem
 - Bereits ab 2500m möglich
 - erste Anzeichen: Kopfschmerzen



Höhe m/M	Puls pro Min.	Blutdruck mm Hg	Handschrift
5400	92	130/80	5400 m. Zu niedrigste Sauerstoff Konzentration im Blut. Körper schon jetzt als Reaktion auf die Hypoxie. Erste Anzeichen der Höhenkrankheit.
7000	110	150/75	Man merkt die Höhenkrankheit bei 7000 m. Die Symptome sind: Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel, Appetitlosigkeit. Jetzt werden die Symptome schwerer. Man muss aufpassen.
8000	142	160/75	Schmerz im Kopf die Augen brennen Man wird schwindelig Schwäche Schmerzen
O ₂ erholt sich sofort			O ₂ : Sauerstoff: sehr wichtig bei der Höhenkrankheit; Sauerstoff: Man muss Sauerstoff → 100% geben Sauerstoff: Man muss Sauerstoff: Man muss Sauerstoff: Man muss

Die 3 Phasen des O2-Mangels

I. Phase der allgemeinen Verlangsamung

- Konzentrationsstörungen
- Verlangsamtes Denken
- Verlängerte Reaktionszeit
- Schläfrigkeit
- Einengung des Gesichtsfeldes
- Störung der Farbwahrnehmung
- Wärme- / Hitzegefühl
- Gefühl der unbestimmten Verschlechterung von Körper & Geist

Die 3 Phasen des O2-Mangels

II. Phase der Störungen & Fehlleistungen

- Gleichgültigkeit, fehlende Selbstkritik, Selbstüberschätzung
- Ständige Wiederholungen
- Euphorie
- Starke Müdigkeit

Die 3 Phasen des O₂-Mangels

III. Phase der völligen Versagens

- Schweissausbrüche, Blässe
- Zittern
- Klossige Sprache
- Muskelzuckungen, Krampfanfall
- Bewusstlosigkeit
- Kreislaufversagen, Tod

HYPOXIE

Anzeichen und Symptome

Subjektive

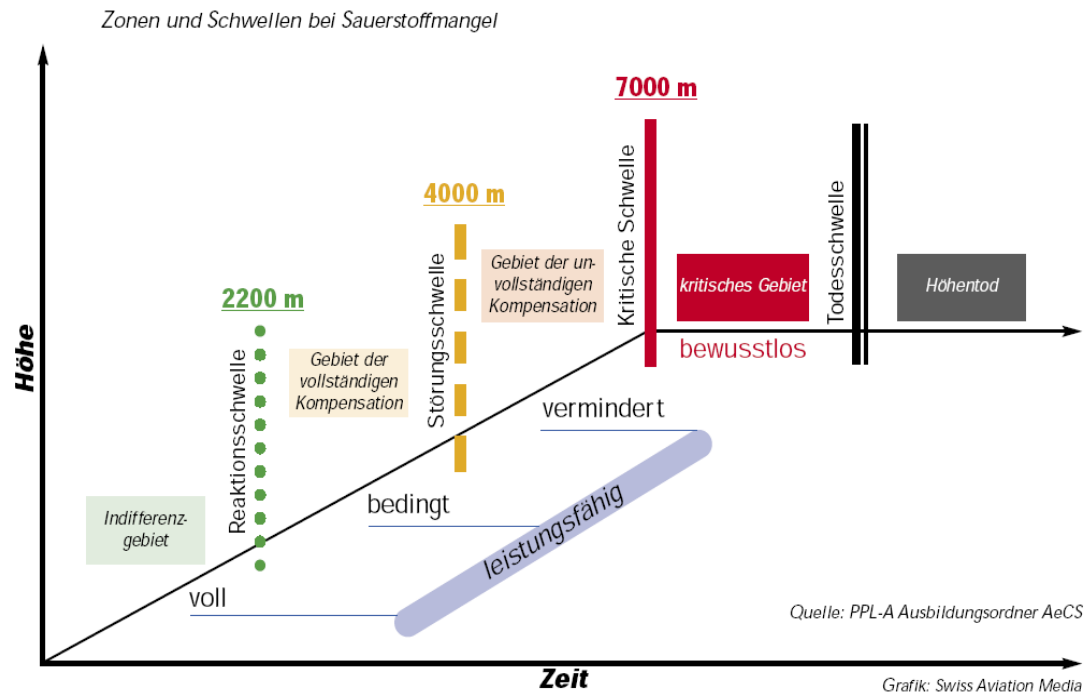
- **Lufthunger**
- **Schwindelgefühle**
- **Beklemmungsgefühl**
- **Wärme-/Kälteempfindungen**
- **Sehstörungen**
- **Kribbeln in Extremitäten**
- **Euphorie**

Objektive

- **gestörtes
Auffassungsvermögen**
- **verminderte Kritikfähigkeit**
- **herabgesetzte Urteilsfähigkeit**
- **Hyperventilation**
- **Cyanose**
- **Koordinationsstörungen**

Bewußtlosigkeit

Zonen & Schwellen bei O₂-Mangel



Selbstrettungszeit

„Time of Useful Consciousness“

<u>Druckhöhe</u>	<u>TUC</u>
43000 ft	9–12 sec
40000 ft	15–20 sec
35000 ft	30–60 sec
25000 ft	3–5 min.
18000 ft	20–30 min

Unterschreitet der Umgebungsdruck den Wasserdampfdruck (47 mmHg, ca. 19'000 m) beginnt das Blut zu „sieden“ ⇒ keine Ueberlebensemöglichkeit ohne Druckanzug (Raumanzug = 0.3 bar)

Beeinflussende Faktoren

Verstärkend

- Alter
- Krankheiten
- Schlafmangel
- Rauchen
- Alkohol

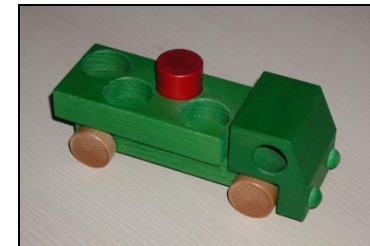
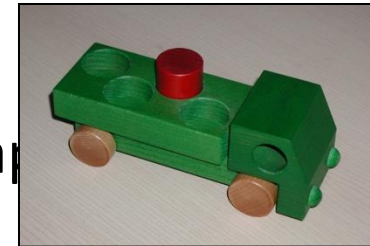
Abschwächend

- Höhentraining
- Akklimatisation

Kompensationsmöglichkeiten:

1) O₂-Versorgung verbessern

- Pumpleistung / HMV erhöhen
 - Herzfrequenz steigt bis 160-180 /min
- Hyperventilation
 - Atemfrequenz bis 50-55 /min.
- Akklimatisation:
 - Hämoglobin-Gehalt steigt => Transport-Kapazität steigt



Hyperventilation

Von Hyperventilation spricht man, wenn im Verhältnis zum Bedarf zu tief und/oder zu schnell geatmet wird. Dies kann durch Sauerstoffmangel, Angst, Aufregung und Stress ausgelöst werden. Dabei kommt es zu einer zu starken Abatmung von Kohlendioxid (CO₂), und zum Auftreten von störenden bis schwerwiegenden Symptomen. Da der Körper bei Sauerstoffmangel ebenfalls mit einer beschleunigten und vertieften Atmung reagiert, kommt es gleichzeitig zu einer Hyperventilation, welche einen grossen Teil der wahrnehmbaren Symptome bei Sauerstoffmangel verursacht. Nachfolgend sind typische Symptome des Sauerstoffmangels und der Hyperventilation aufgeführt.

Symptome bei Sauerstoffmangel

- Müdigkeit
- Kopfschmerzen
- Blaue Lippen/Fingernägel
- Konzentrationsstörungen
- Euphorie

Symptome bei Hyperventilation

- Kribbeln in Händen und Gesicht
- Atemnot
- Krämpfe in den Handgelenken
- Angstgefühle

2) O₂-Partialdruck erhöhen

- O₂-Anteil in der Luft erhöhen
 - O₂ zusätzlich zuführen
- Umgebungsdruck erhöhen
 - Druckkabine

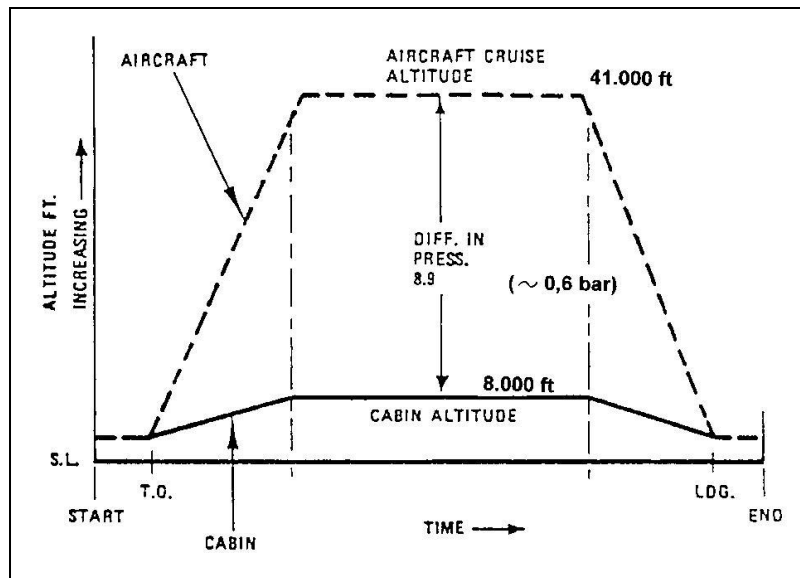


Table 72-1. Guidelines for Estimating Inspired Oxygen Concentrations With Low-Flow Oxygen Devices

100% O ₂ FLOW RATE ^a (L)	FI _{O2}
Nasal cannula or catheter	
1	0.24
2	0.28
3	0.32
4	0.36
5	0.40
6	0.44
Oxygen mask	
5-6	0.40
6-7	0.50
7-8	0.60
Mask with reservoir bag	
6	0.60
7	0.70
8	0.80
9	≥0.80
10	≥0.80

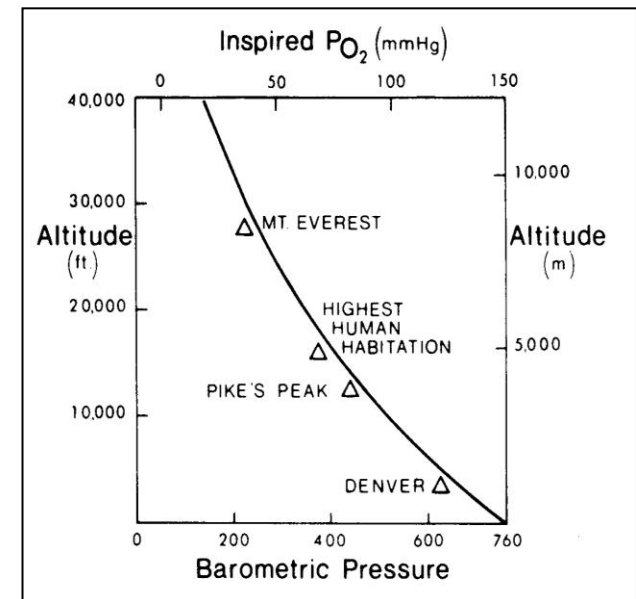
FI_{O2}, inspired oxygen concentration

^aNormal ventilatory pattern is assumed

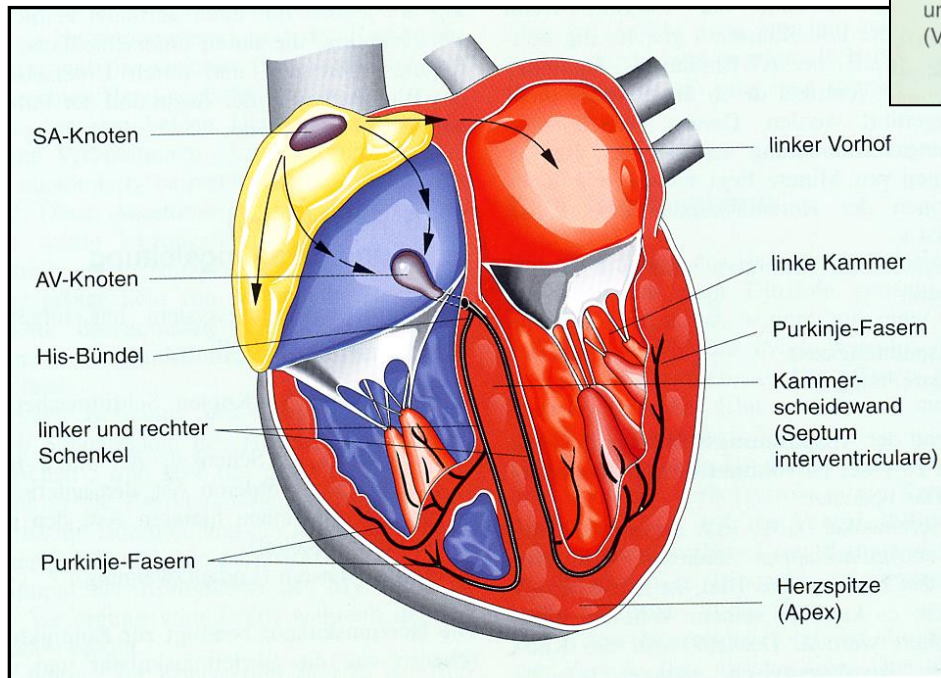
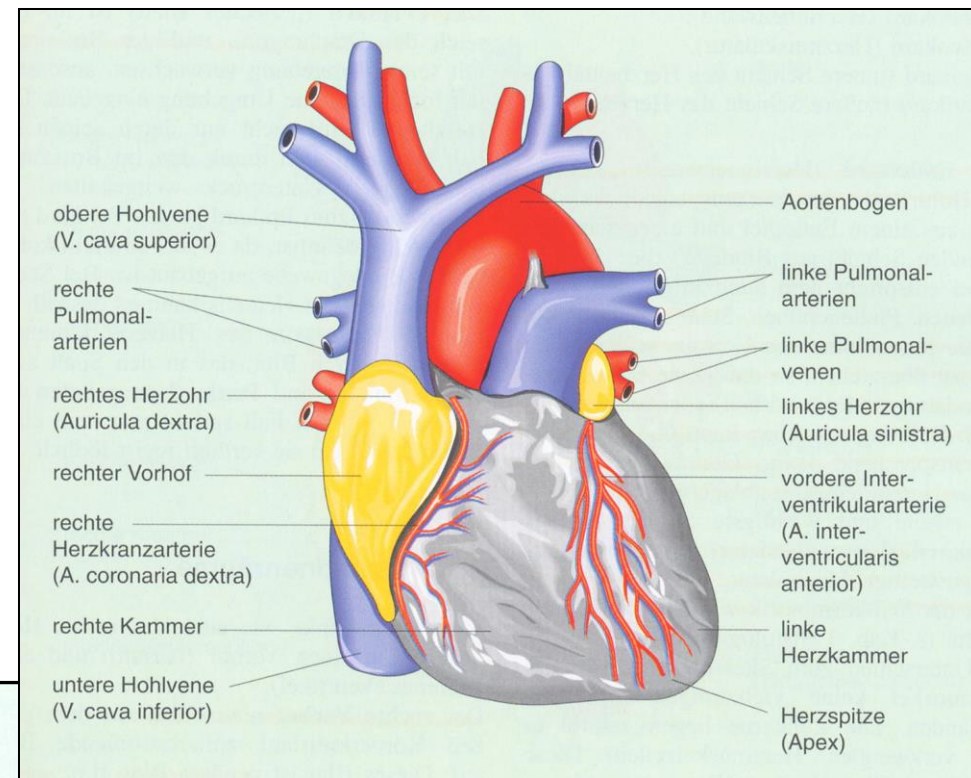
From Shapiro et al¹

Wann wieviel ?

<i>Höhe</i>	<i>P_{Baro}</i>	<i>FiO₂</i> (Ziel $P_{I}O_2=100$)	<i>FiO₂</i> (Ziel $P_{I}O_2=150$)
3500	500	0.21	0.33
4000	450	0.25	0.37
5500	380	0.30	0.45
7000	300	0.40	0.59
8854	240	0.52	0.78
10000	190	0.70	1.00



Herz



Kleiner Kreislauf:

- Niederdrucksystem

Grosser Kreislauf:

- Hochdrucksystem

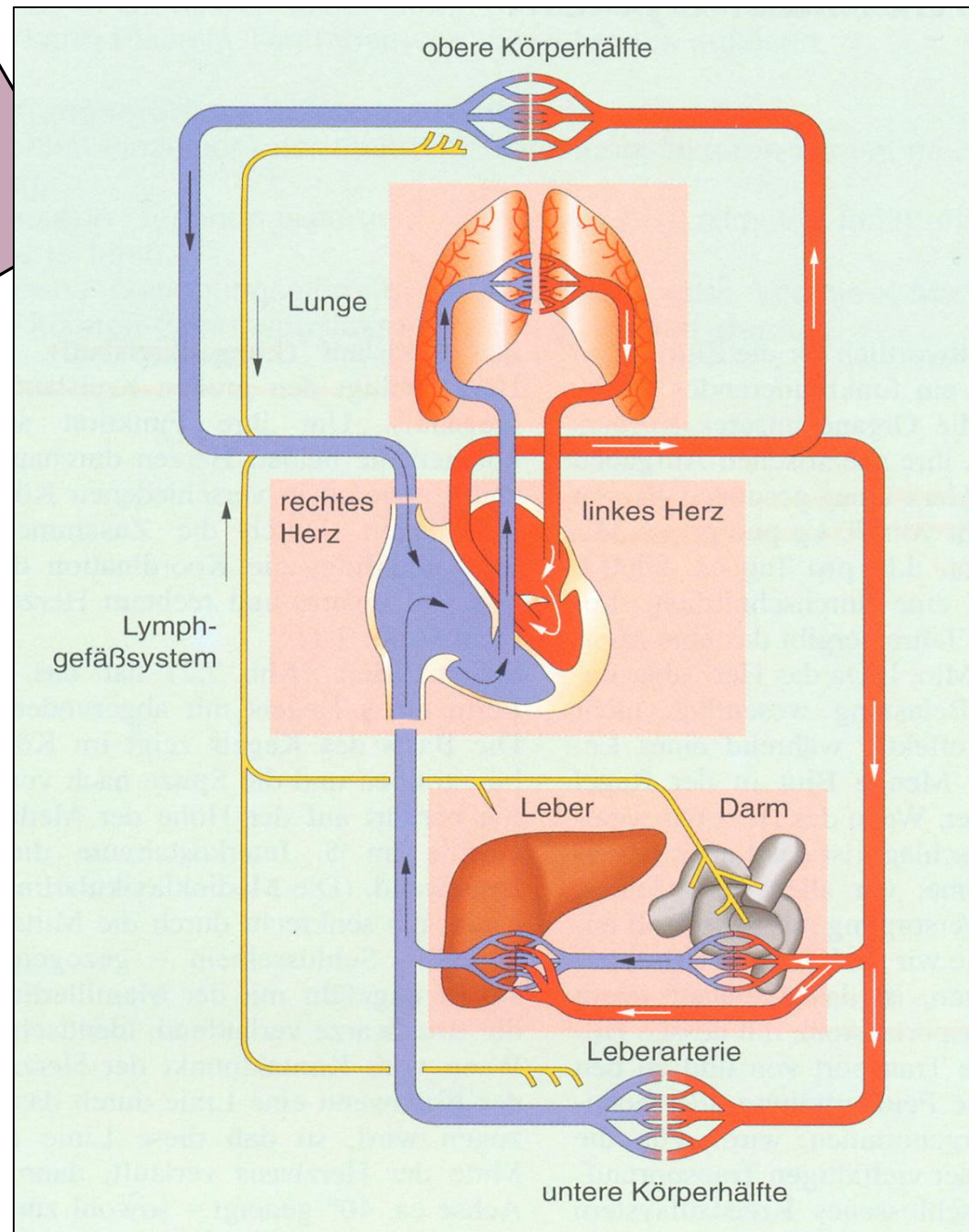
Herz-/ Kreislauf

Kleiner Kreislauf:

- Lunge
- O₂-Aufnahme

Grosser Kreislauf:

- Körper, Organe
- O₂-Abgabe



Fehler im Skript

Seite 24

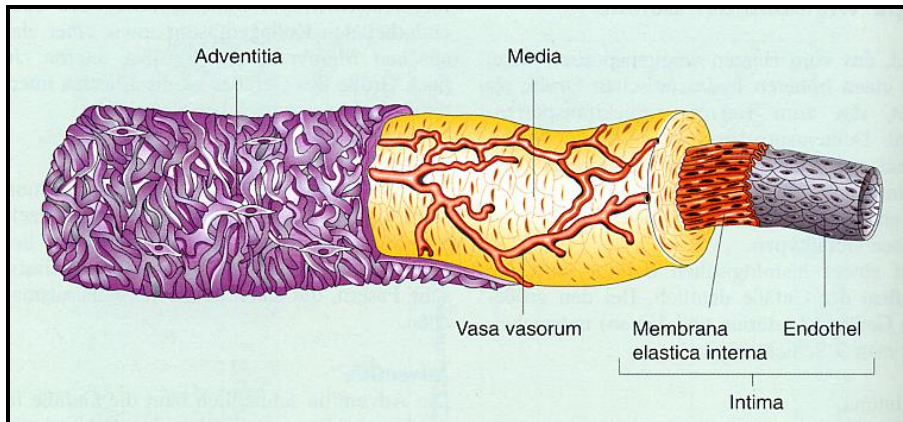


Vom Körper her kommend erreicht das sauerstoffverarmte Blut über die Herzvorkammer und die Herzkammer die rechte Herzhälfte und wird von dort in die Lungen gepumpt. Der Rücklauf des nun mit Sauerstoff angereicherten Bluts erfolgt über die Lungenarterie in die linke Herzvorkammer und es ist die linke Herzkammer, die nun den Druck aufbaut und das Blut wieder in die einzelnen Körperteile pumpt.

Venen & Arterien

Arterien:

- dickwandig
- druckbeständig
- i.d.R. sauerstoffreich,
Ausnahme Lungenarterien !!!
- alle vom Herz wegführenden
Gefässe !!



Venen:

- dünnwandig
- „Sammelgefässe“ mit grosser
Kapazität
- alle zum Herzen
hinführenden Gefässe
- i.d.R. sauerstoffarm,
Ausnahme Lungenvenen !!!
- Venenklappen unterbrechen
den hydrostatischen Druck

Beschleunigung

- Angabe in Lastvielfachem des Körpergewichts „g“
 - ⇒ 1g gleich Normalzustand auf der Erdoberfläche, auf dem Mond ca 0.3g
- Positive (radiale) Beschleunigung: „in den Sitz gepresst werden“, Blut versackt in die Beine, Gehirndurchblutung nimmt ab, **„Blackout“**
- Negative (radiale) Beschleunigung: „in den Gurten hängen“, Blut wird in den Kopf gepresst, „Redout“

Beschleunigung wie viel vertragen wir ?

G-Toleranzen und Ausfallserscheinungen bei positiven g-Beschleunigungen:

Ausfallserscheinung	Ursache	Beschleunigungen
Normalerweise keine Symptome		bis ca. 3.0g
Greyout	Beginnende Minderdurchblutung des Auges	3.0 - 4.5g
Tunnelsehen / Röhrensehen	Minderdurchblutung des Auges	3.5 - 5.0g
Blackout	Unterbruch der Blutversorgung des Auges	4.5 - 5.5g
Bewusstlosigkeit (g-Loc)	Unterbruch der Hirndurchblutung	4.5 - 6.0g

G-Toleranzen und Ausfallserscheinungen bei negativen g-Beschleunigungen:

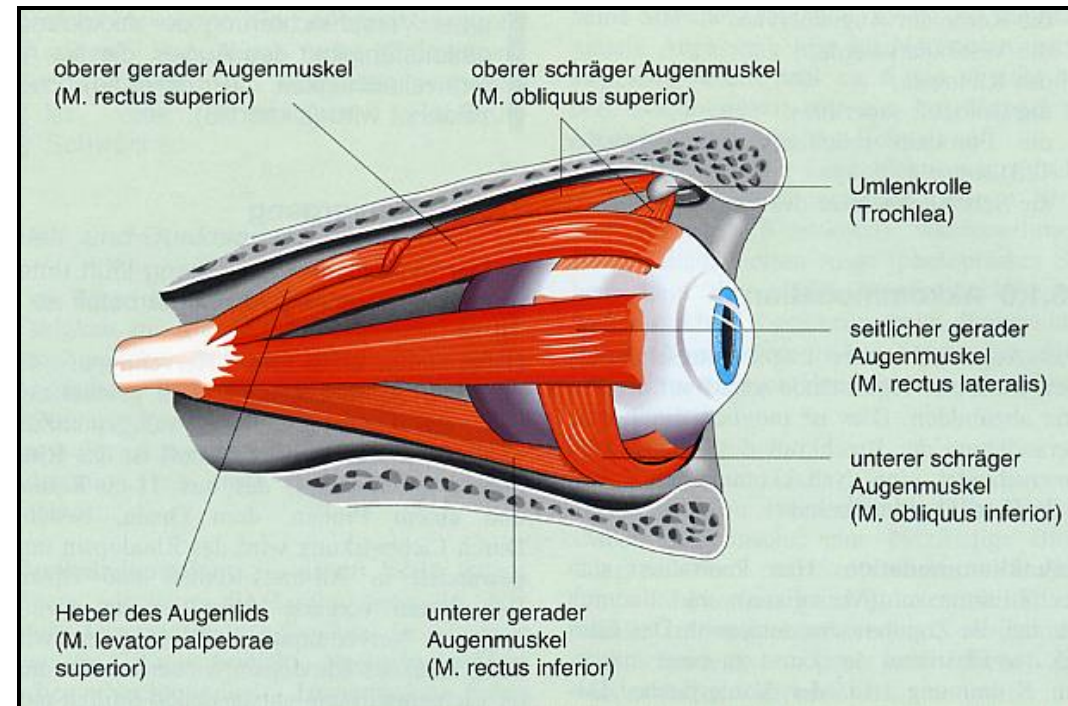
Ausfallserscheinung	Ursache	Beschleunigungen
Normalerweise keine Symptome		bis ca. -1.0g
Redout	Augenlid vor Auge, Überdurchblutung der Retina	ab -1.0g
Bewusstlosigkeit, Blutungen	Zu hoher Blutdruck, Stauungen	ab ca. -3.0g

Sinnesorgane

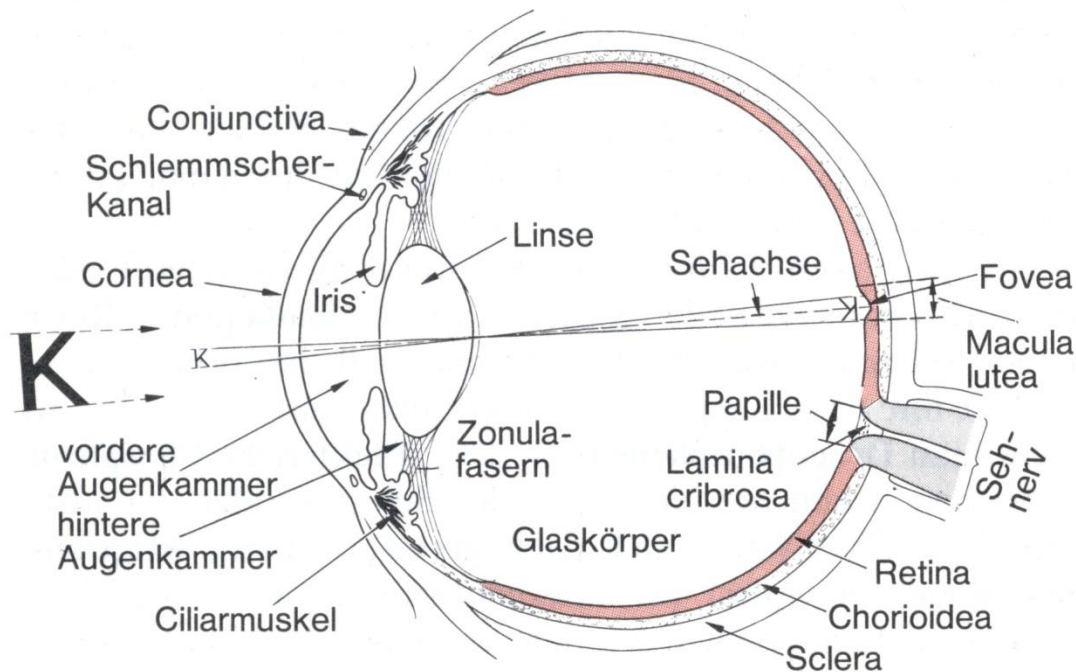
- Das Auge
- Gehör & Gleichgewichtsorgan
- Haut-, Muskel- und Gelenksensoren
- Sinnestäuschungen

Sehen & gesehen werden

- Anatomie
 - Netzhaut
 - Sehrinde
- Visus
- Bildverarbeitung
- Blickführung
- Gefahrenmomente



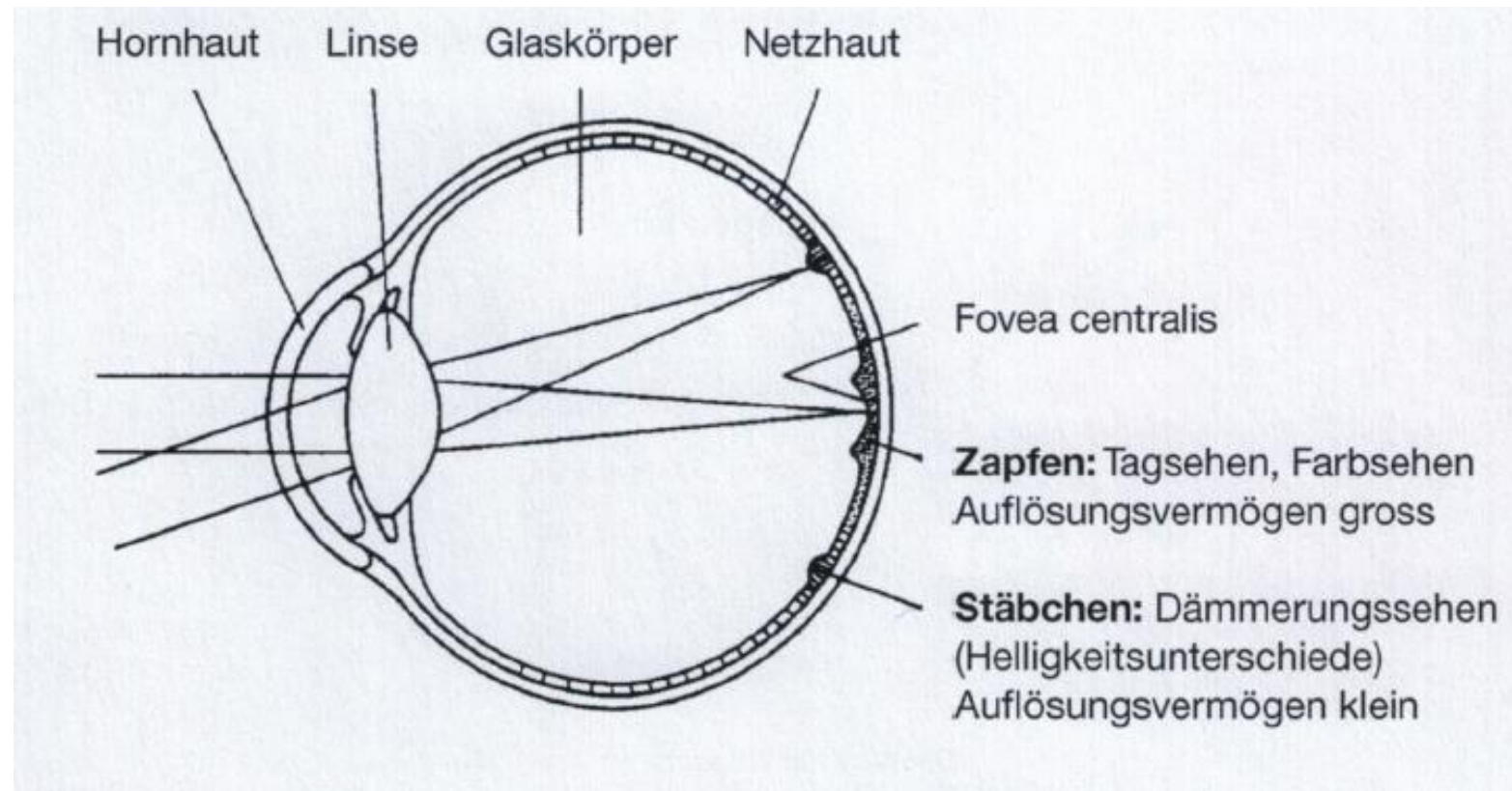
Das Auge: Aufbau / brechende Medien



Daten:

- Bulbuslänge 24.4 mm
- Akkomodationsbreite 14 dpt
- Nahpunkt 7 cm
- Gesamtbrechkraft 58,6 dpt
- Cornea 43 dpt
- Linse 19.1 dpt

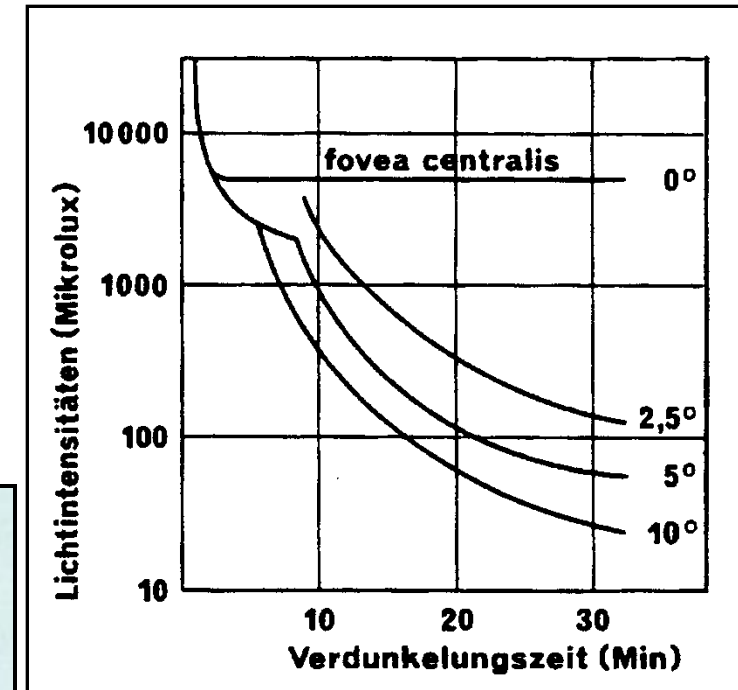
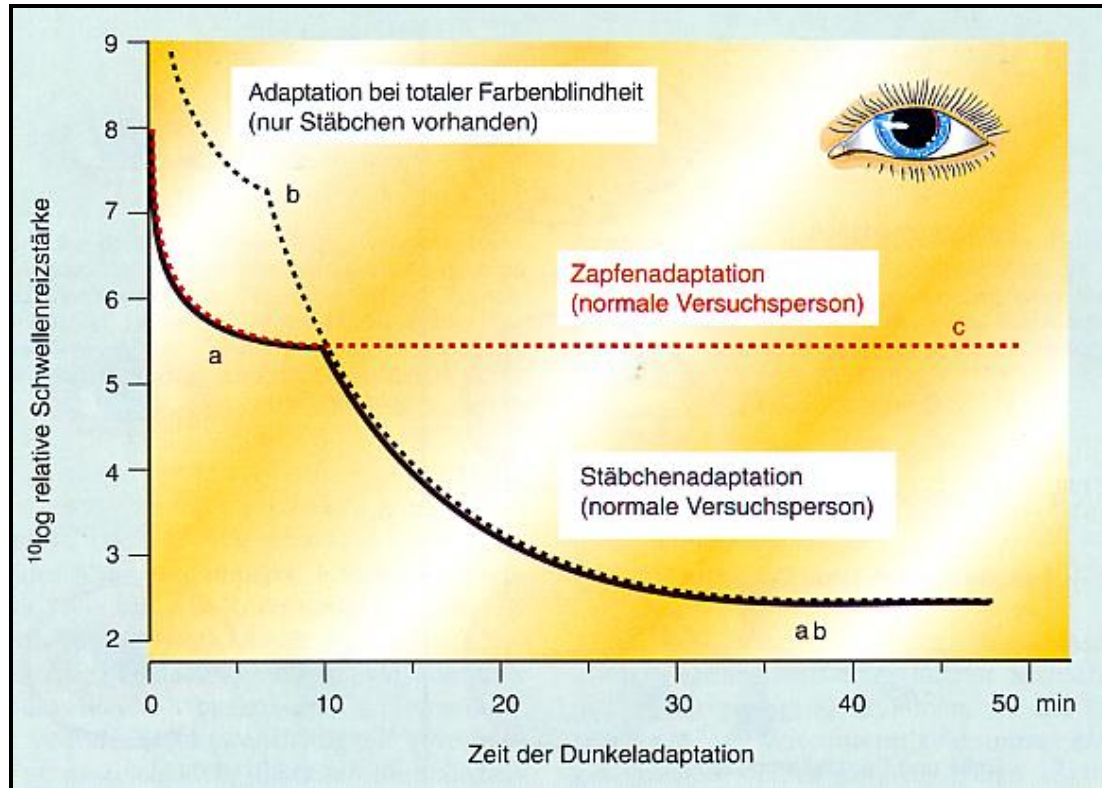
Das Auge: Aufbau / brechende Medien



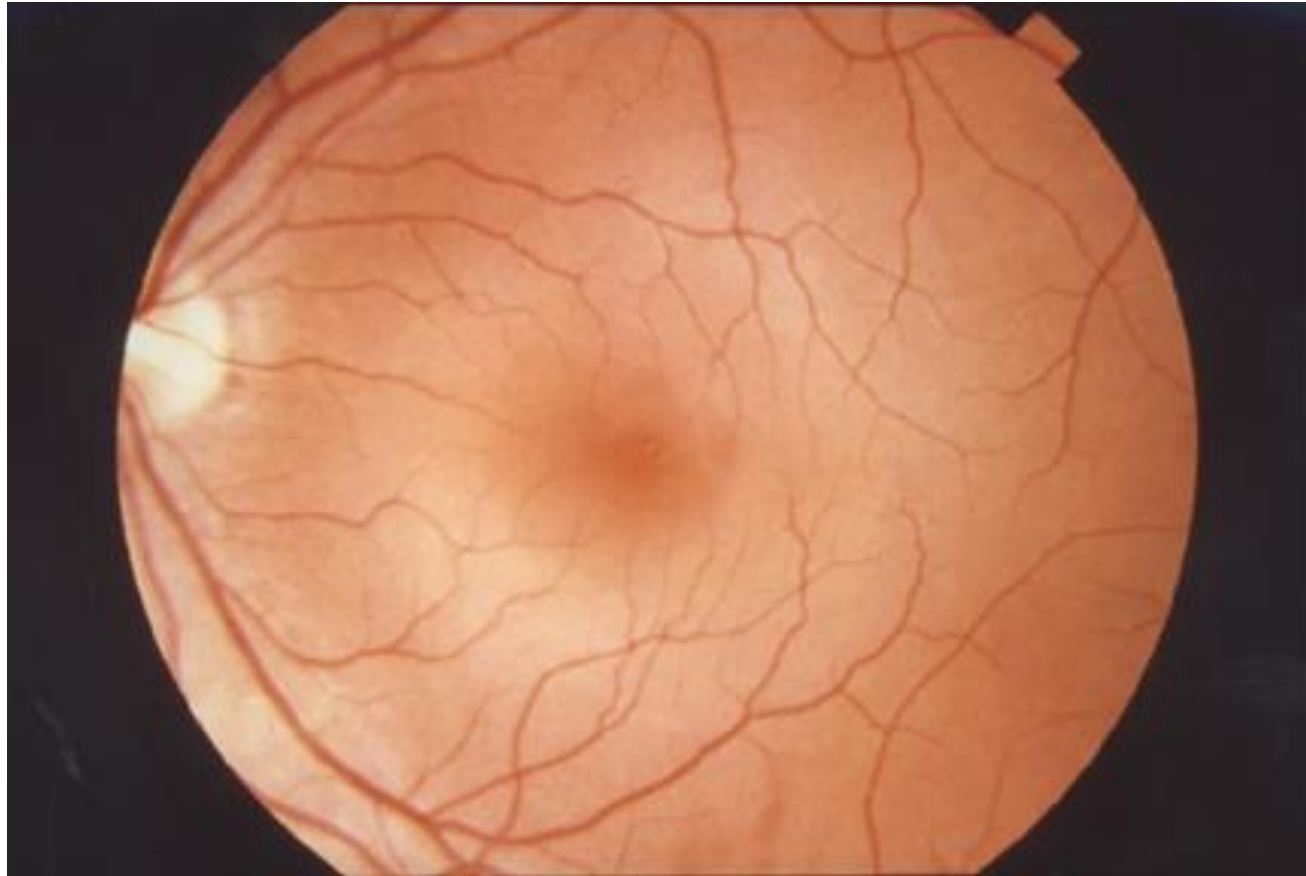
Die Netzhaut / Retina

- **Zapfen =>**
 - ⇒ Farbensehen, Scharfsehen
 - ⇒ Hauptlokalisation Fovea
 - ⇒ 6 Mio.
- **Stäbchen =>**
 - ⇒ Dunkelsehen
 - ⇒ 120 Mio
- **Blinder Fleck:** Nervenaustrittsstelle
- Im Gegensatz dazu: Sehnerv 1 Mio. Fasern !

Dunkeladaptation



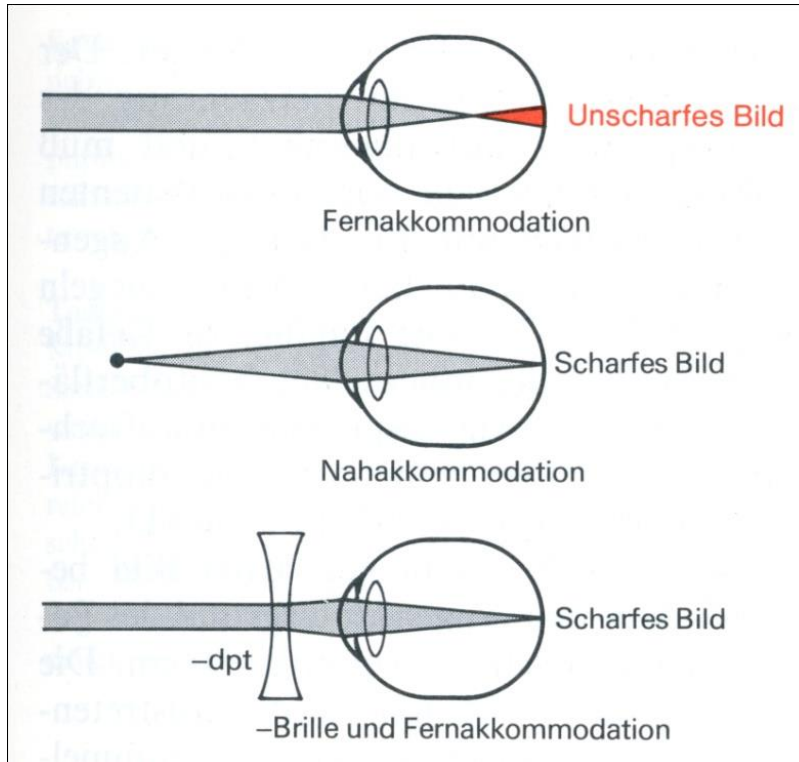
Retina linkes Auge



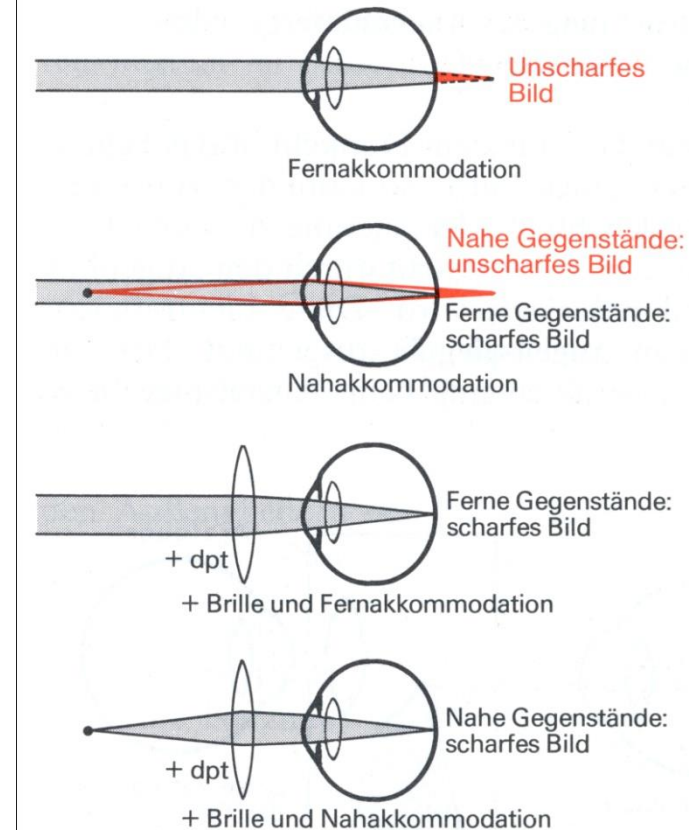
Visus / Sehschärfe

- Definition:
 - » Visus 1.0 = Auflösungsvermögen von 1 Winkelminute = ca.
Zapfenbreite = örtliche Auflösung von 0.004 mm
- Fovea = Zentrum bester Sehschärfe
 - » Durchmesser 1.5 mm, nur Zapfen
 - » 147000 Zapfen / mm²

Fehlsichtigkeit

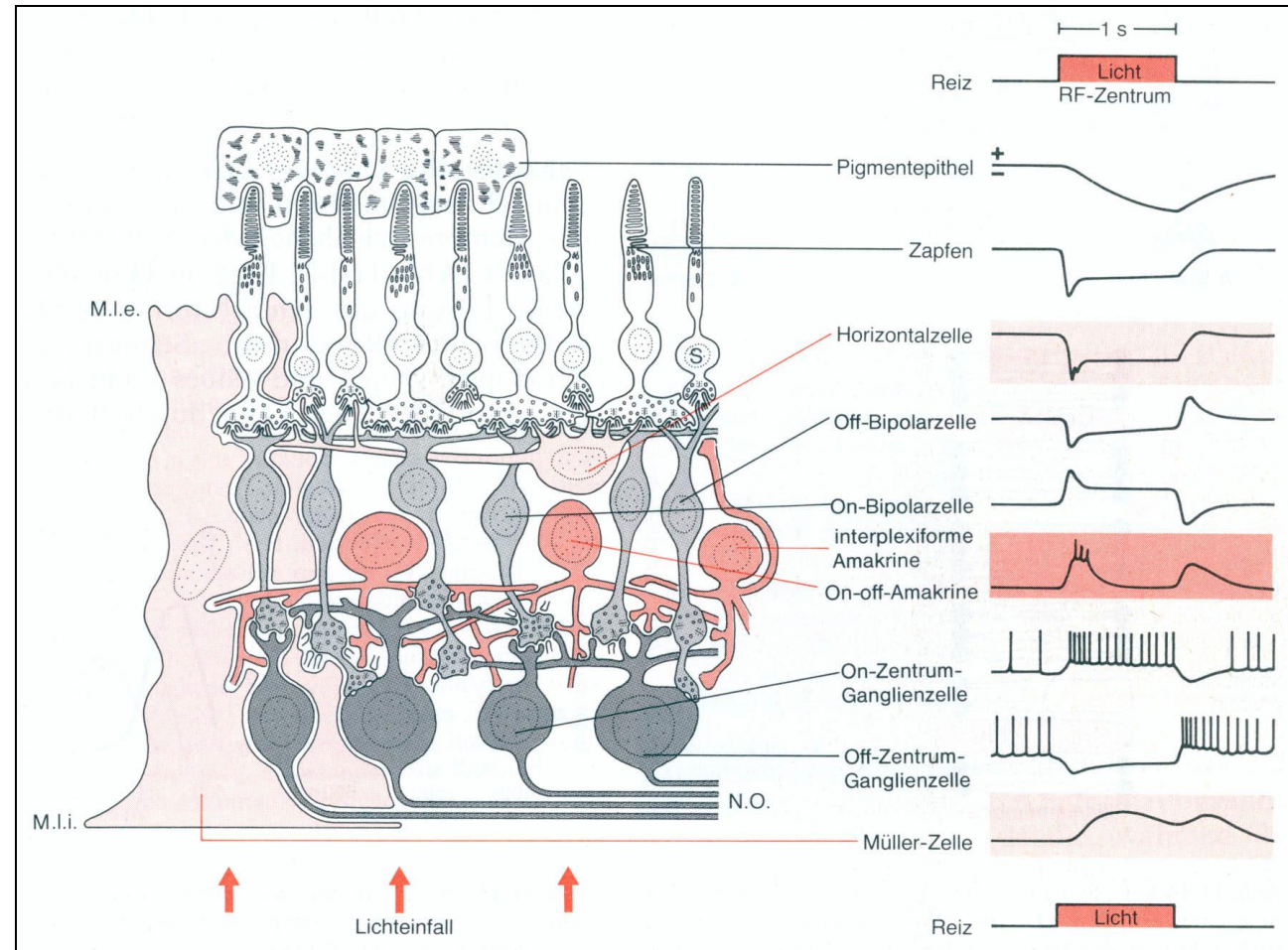


Myopie / Kurzsichtigkeit

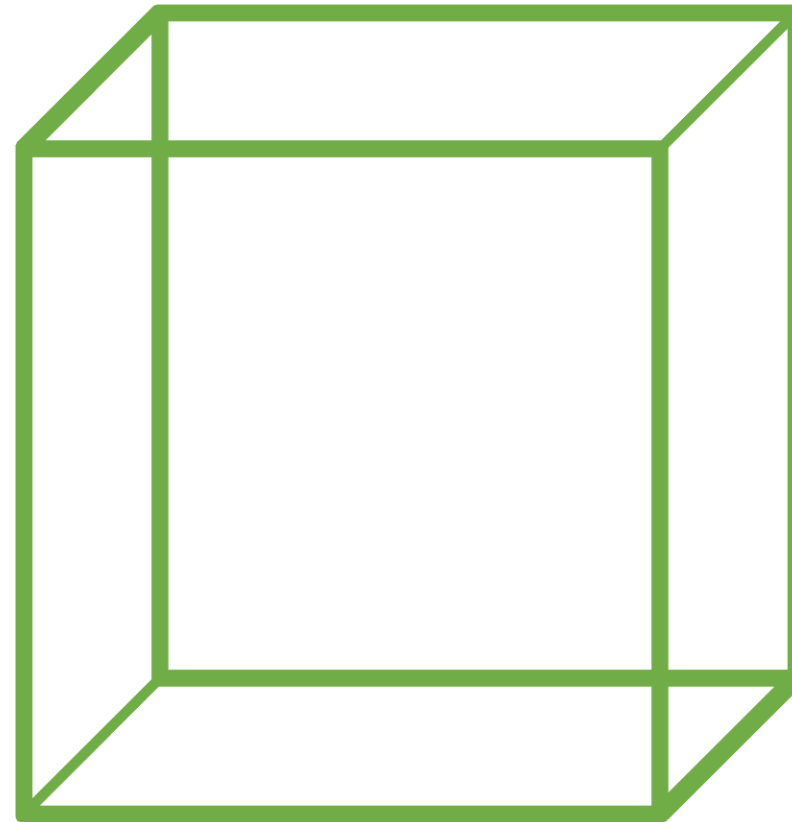
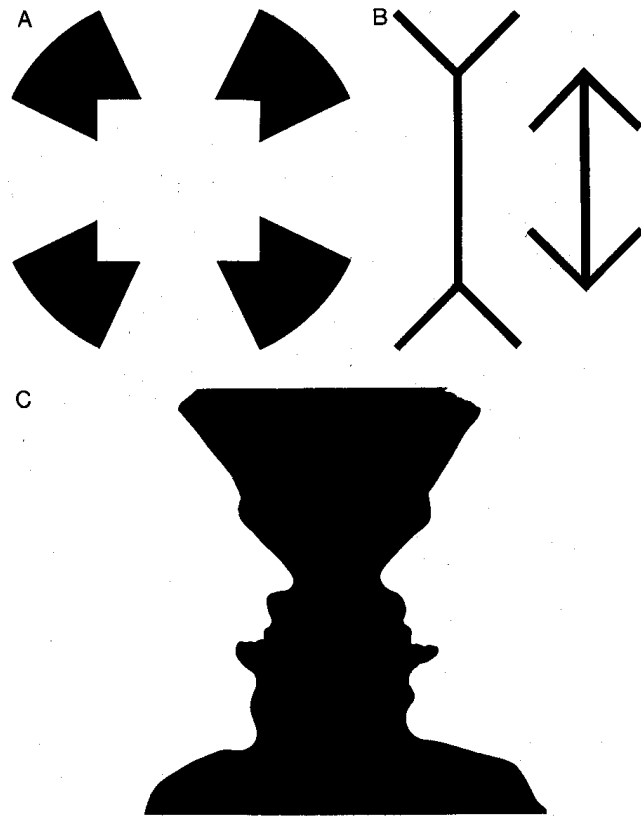


Hyperopie / Weitsichtigkeit

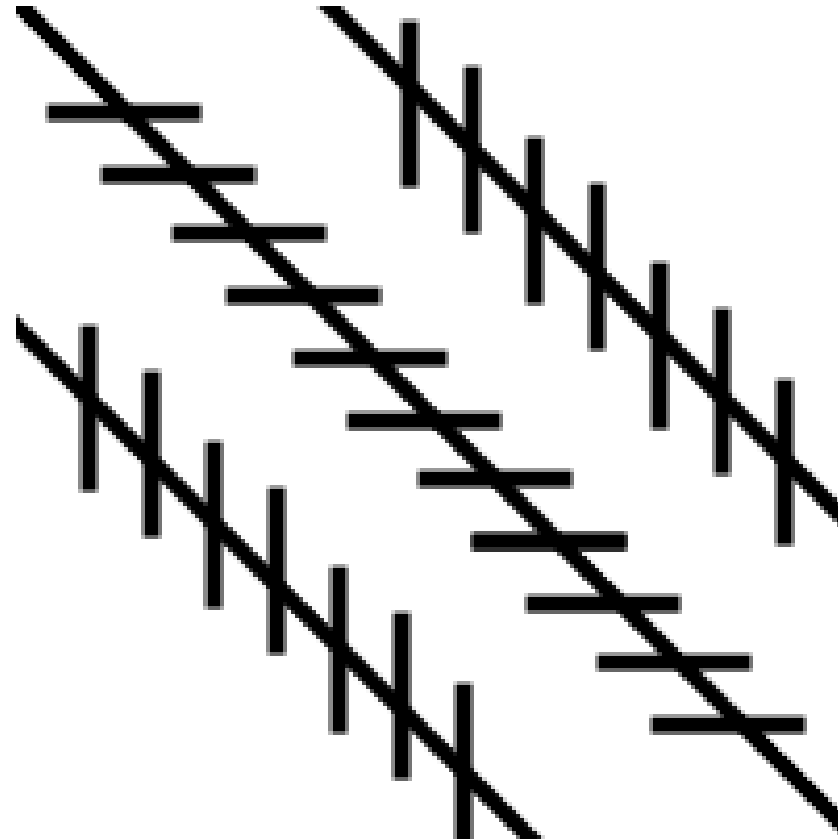
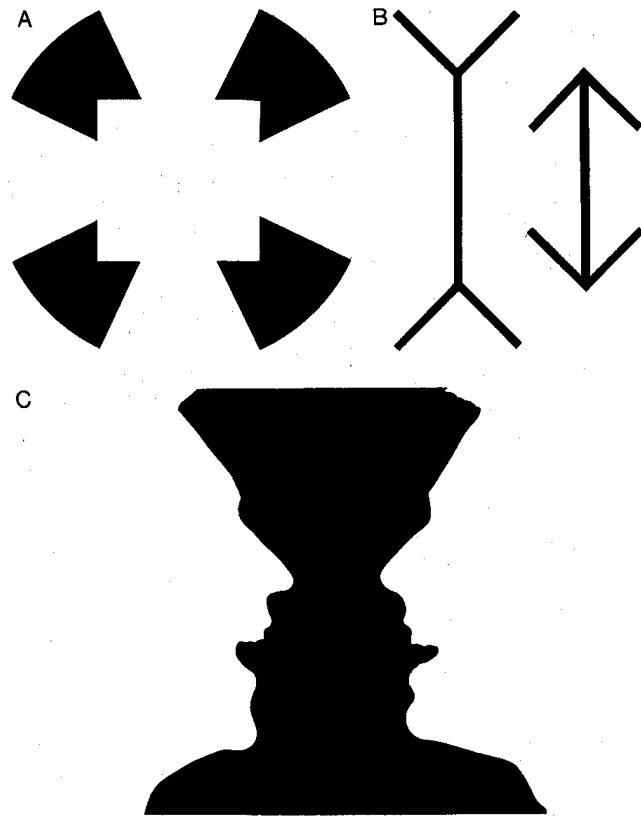
Aufbau der Netzhaut



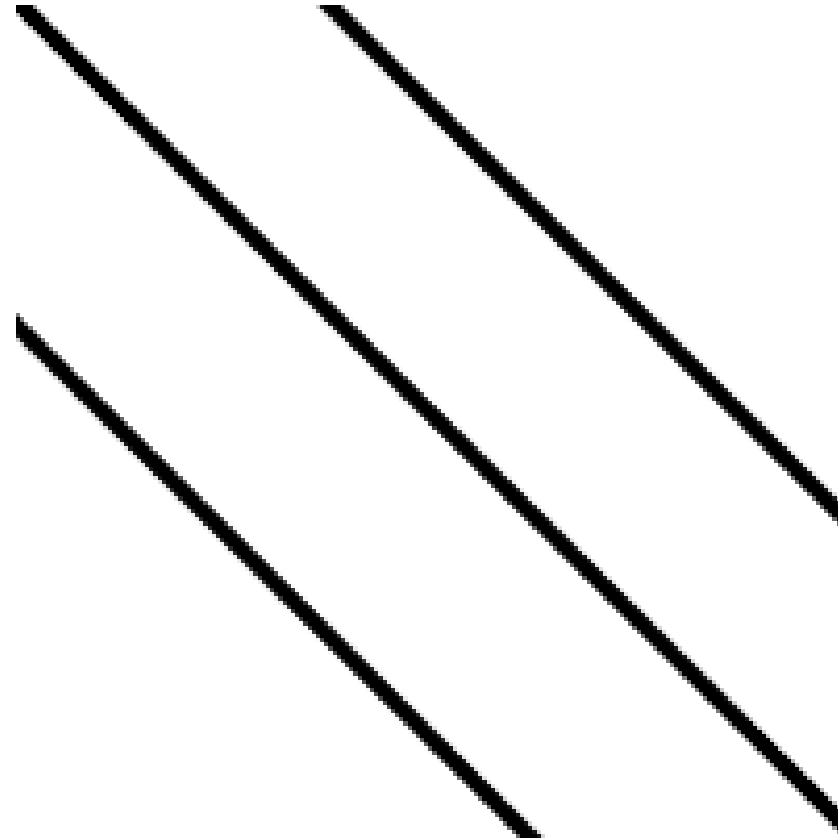
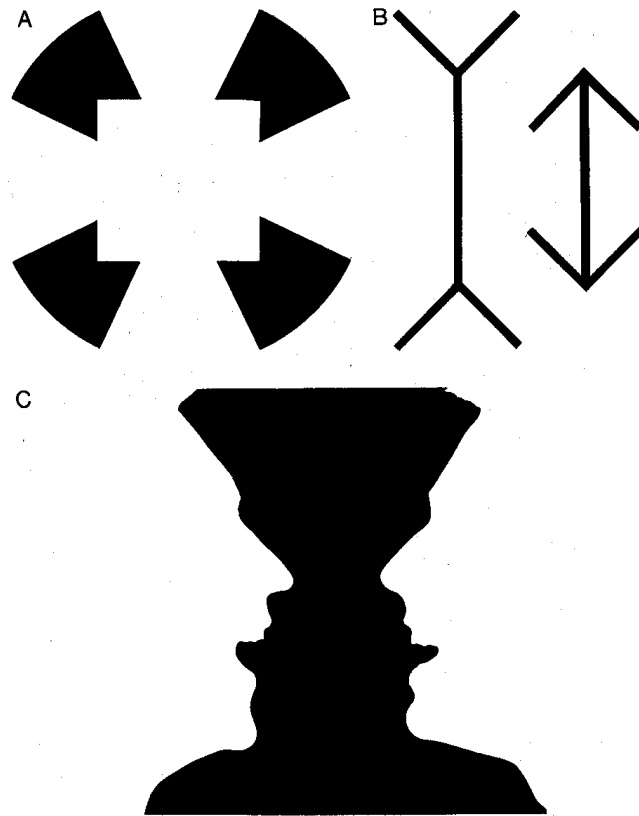
„Datenverarbeitung „ Optische Täuschungen



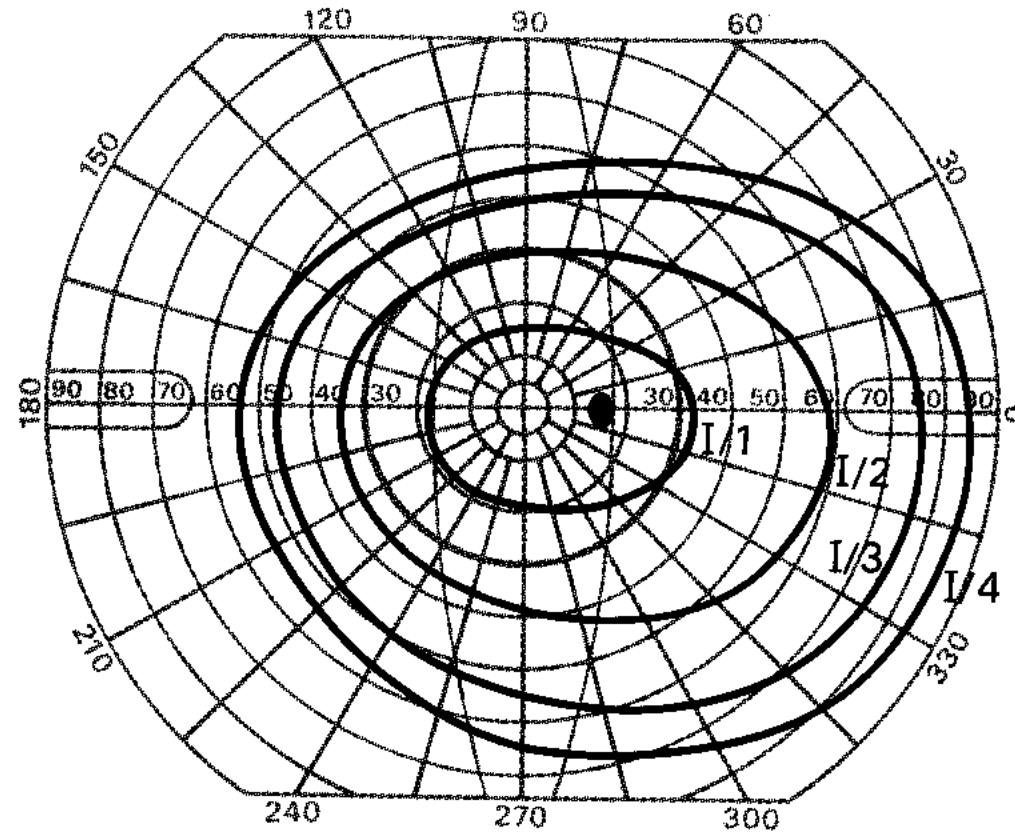
„Datenverarbeitung „ Optische Täuschungen



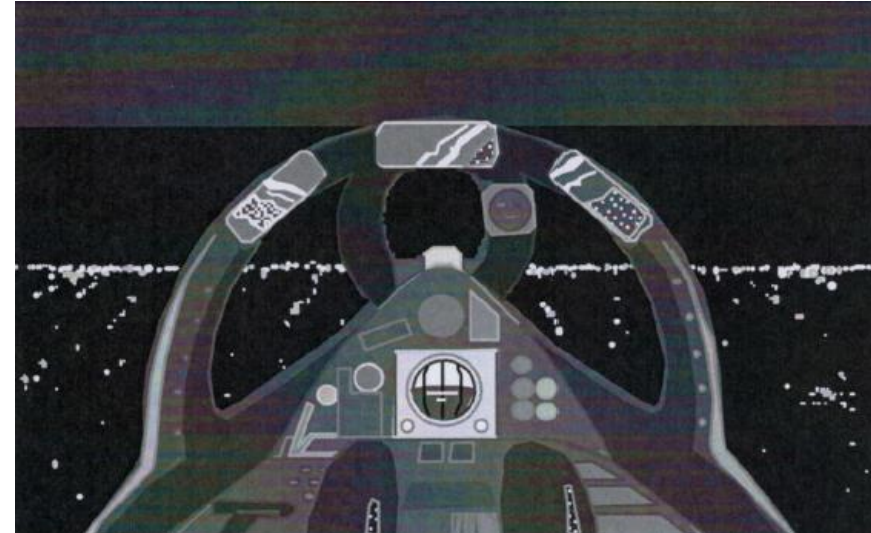
„Datenverarbeitung „ Optische Täuschungen



Gesichtsfeld

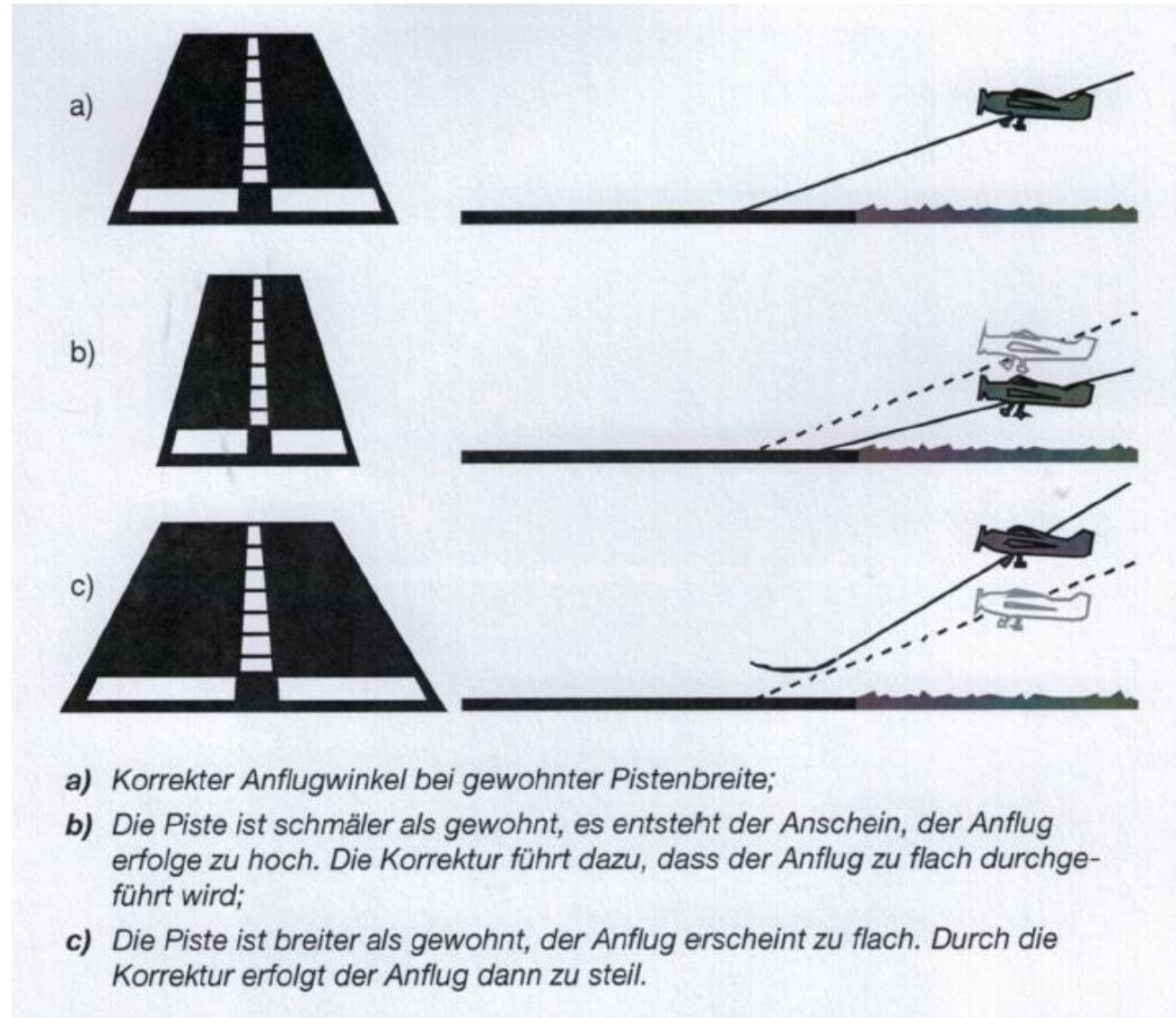


Täuschungen - Illusionen

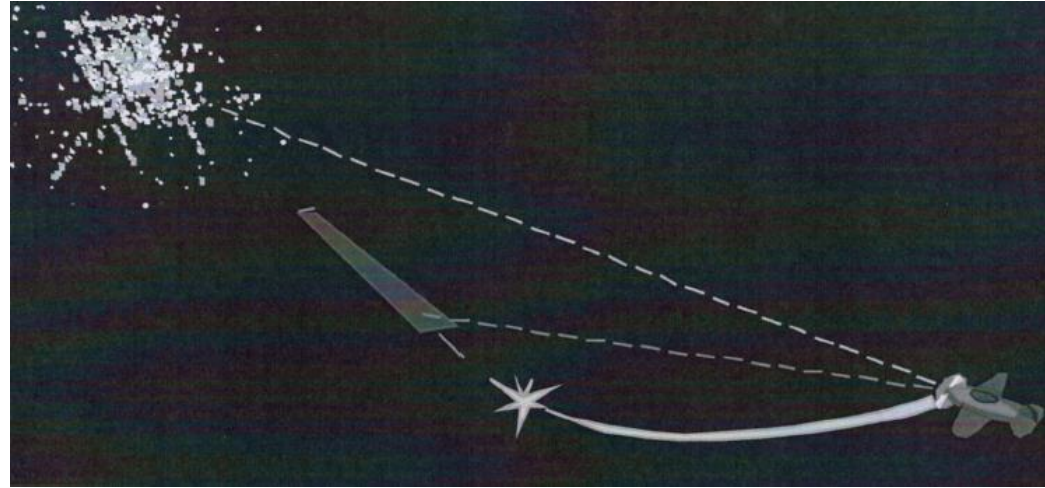
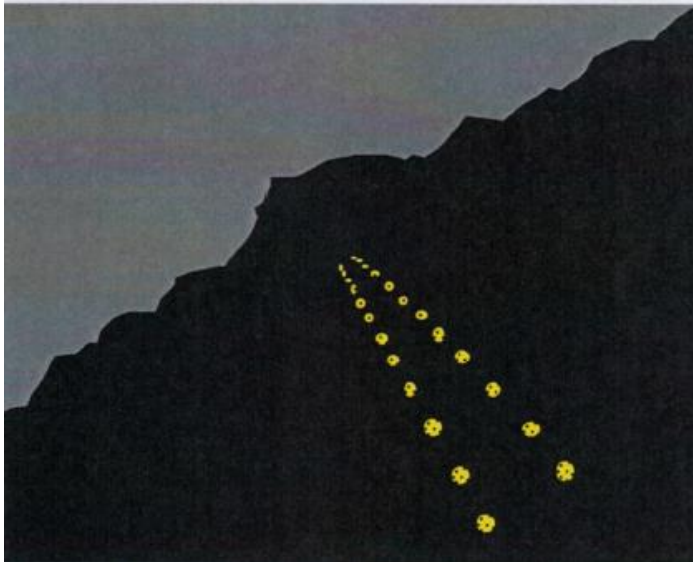
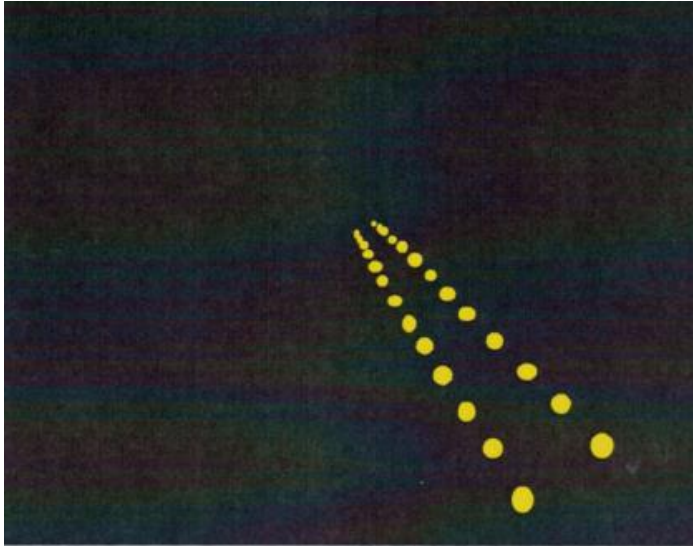


Falsche Horizont-Wahrnehmung durch Lichter am Boden
oder Sterne am Nachthimmel...

Illusion der konstanten Grösse



Black-hole Approach



- In tiefer Dunkelheit fehlt die Referenz mangels visueller Information aus der Peripherie des Gesichtsfeldes

⇒ fatale Fehleinschätzung von Querlage, Höhe und Anflugwinkel

Whiteout-Anflug

- Ausfall der visuellen Information aus der Peripherie des Gesichtsfeldes durch z.Bsp. blendenden Dunst über einer Schneefläche, nur noch die Piste selbst wird wahrgenommen...

⇒ Whiteout



Schwankende Lichtintensität

- Schwankungen der Intensität eines Lichts kann fälschlicherweise als Annäherung / Entfernung interpretiert werden...

Falsche Vertikale und Horizontale

- Schräg liegende Wolkenobergrenzen, ansteigendes Gelände / Berge können zu falscher Horizontwahrnehmung oder kontinuierlichem Steig-/ Sinkflug führen
- Bsp. Fliegen am Hang, Felswand, über Gletscher



➞ Nachtflüge müssen immer nach Instrumenten kontrolliert werden...

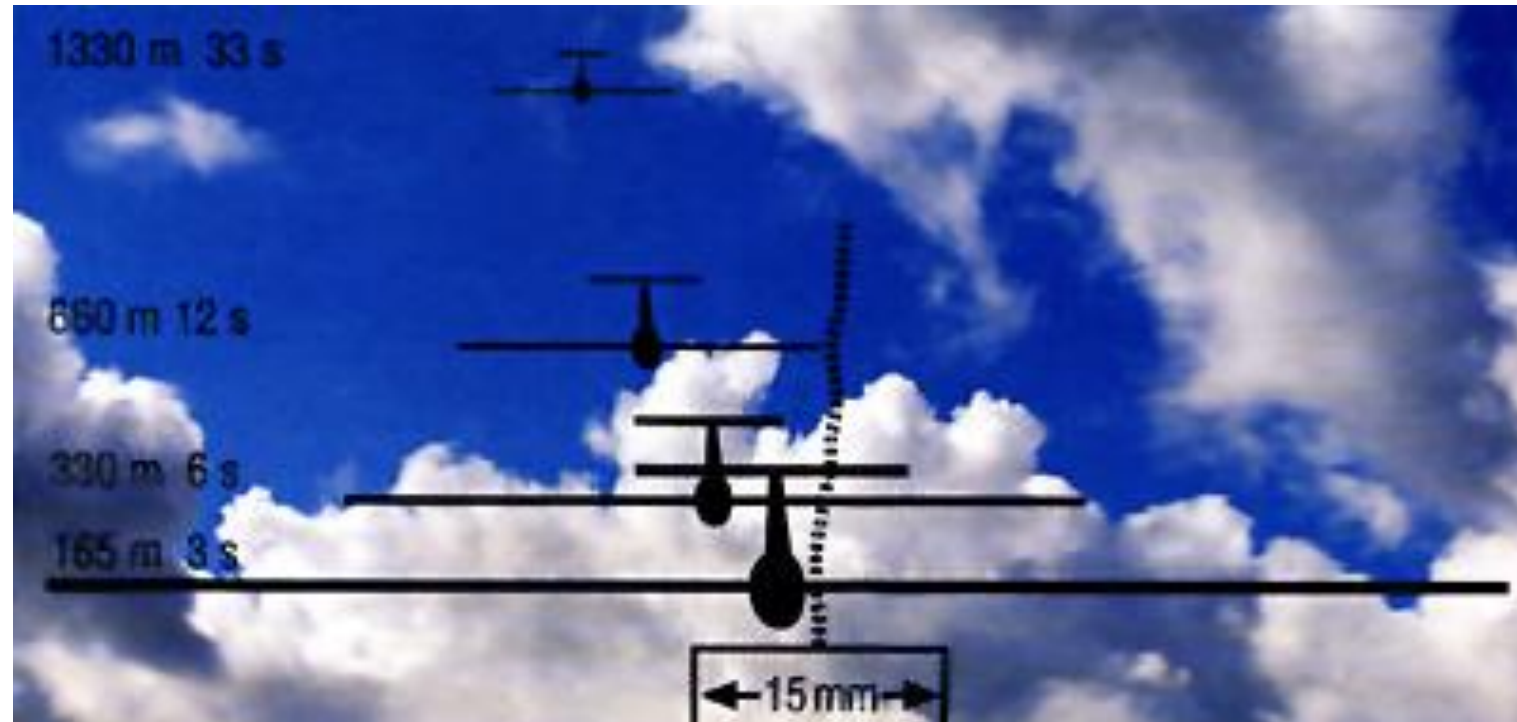
Visuelle Autokinese

- Im Dunkeln fixierte Lichtpunkte scheinen sich nach einer Weile plötzlich zu bewegen...
- ➞ Einzelne Lichter bei Dunkelheit nicht über längere Zeit fixieren, ohne dass sie zu einem bekannten Referenzpunkt in Beziehung gesetzt werden...

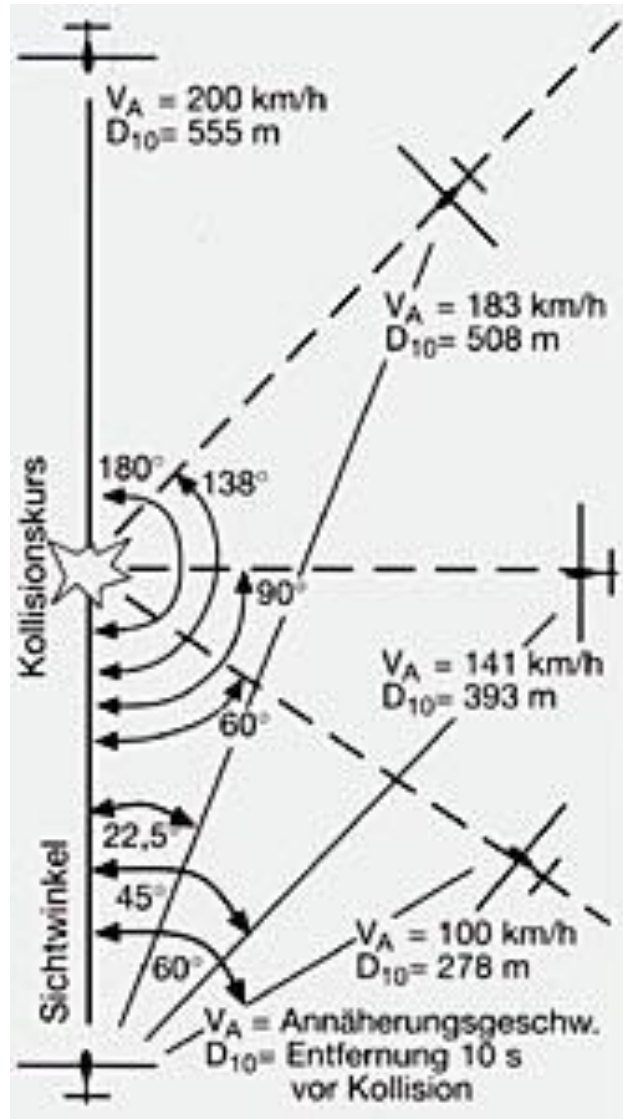
Gefahrenmomente...

...Altbekanntes !!!

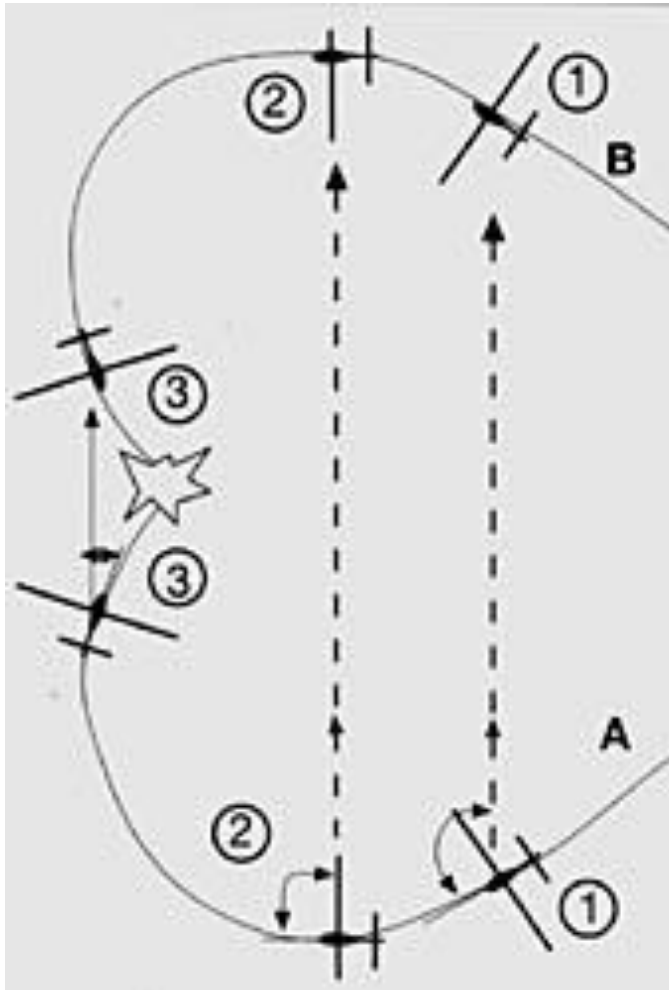
Annäherung frontal



Annäherungs-Geschwindigkeit / Sichtwinkel



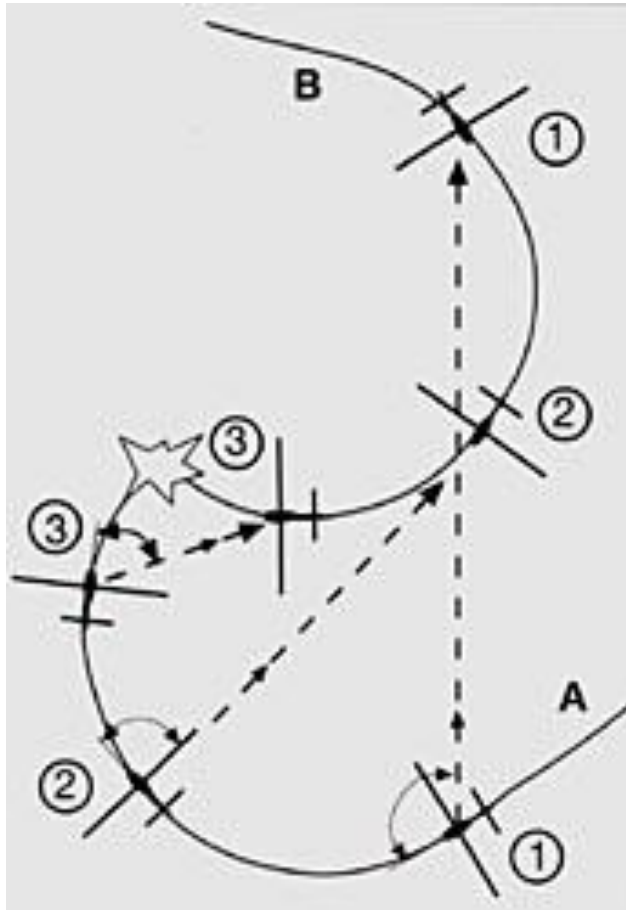
Gegensinniges Eindrehen



Count-down bis Crash:

- 1) Thermikkontakt, 15 sec
- 2) 11.5 sec
- 3) 3.5 sec

Exzentrisches Eindrehen



Count-down bis Crash:

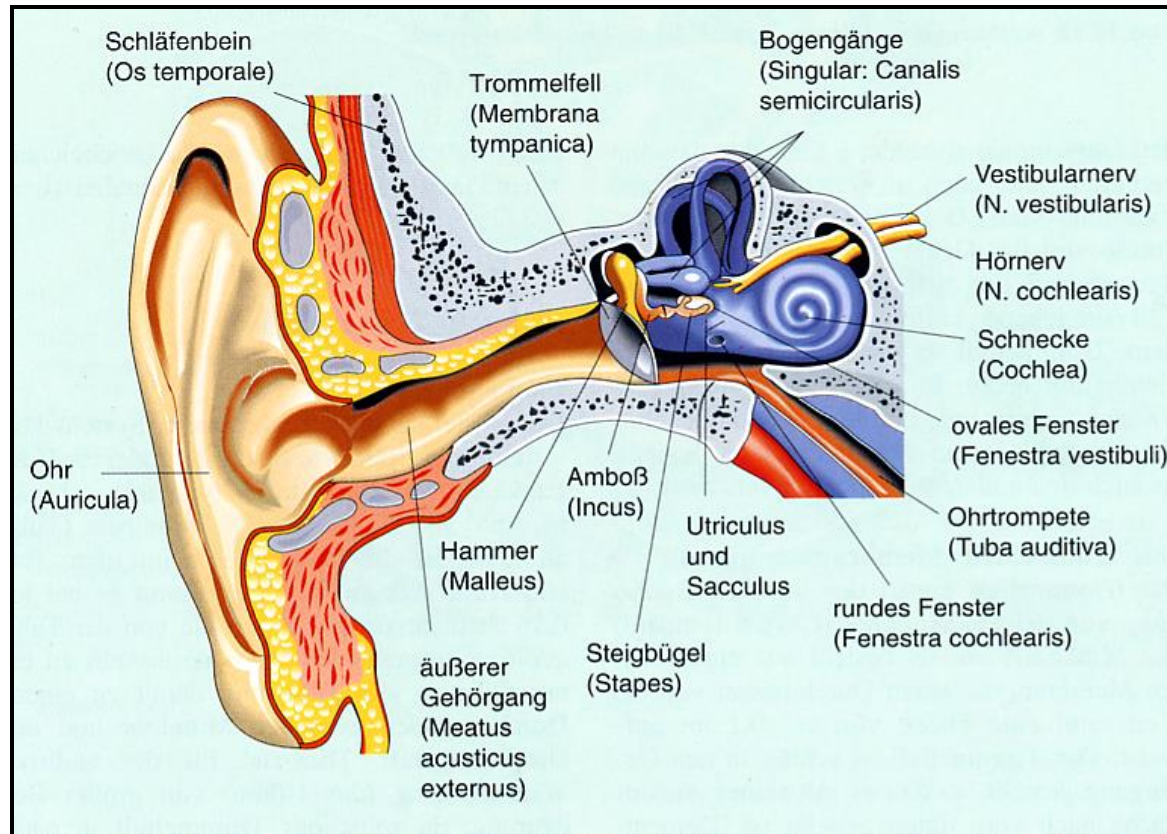
1) Thermikkontakt, 15 sec

2) 7.5 sec

3) 3.5 sec

Innenohr:

Gehör & Gleichgewichtssinn



Vestibularapparat:

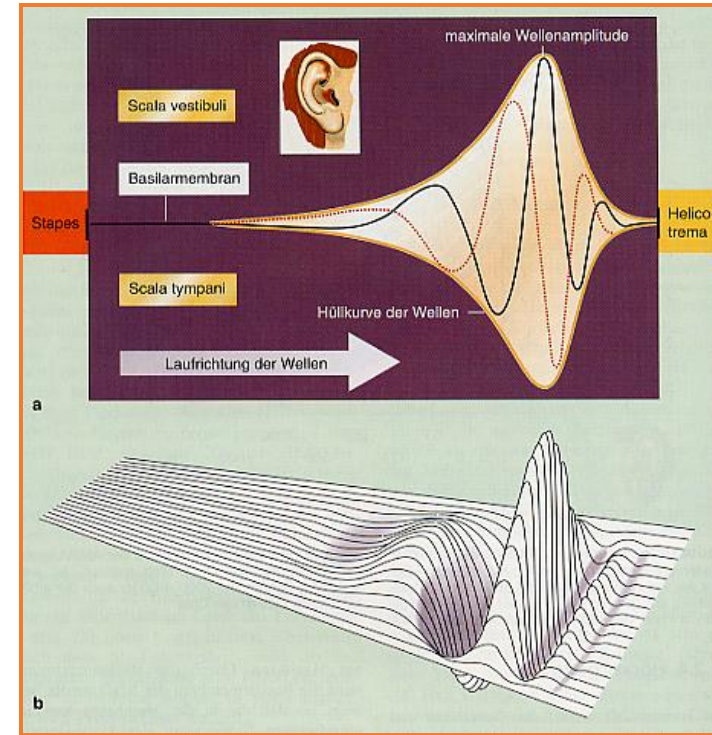
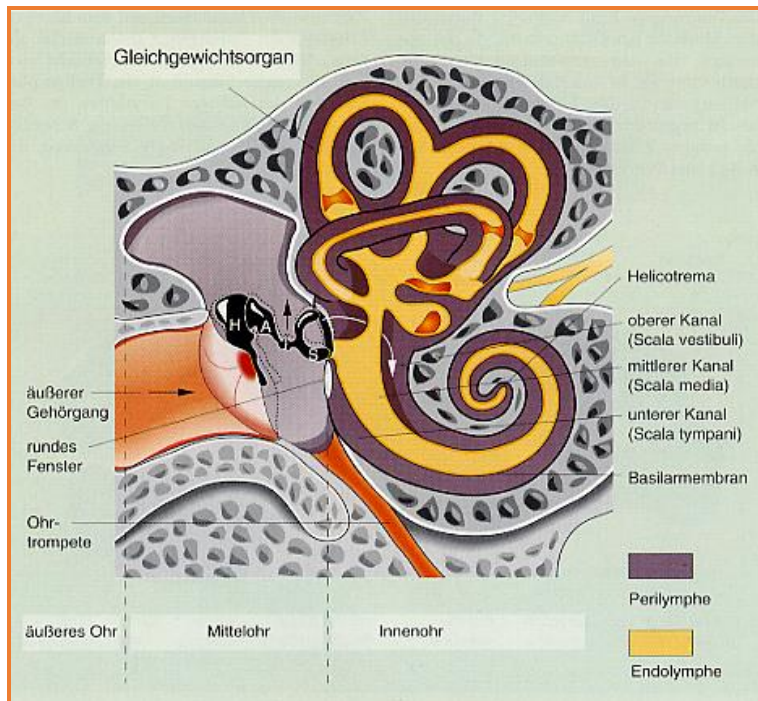
- Gleichgewichtsorgan

Gehör:

- Cochlea, „Schnecke“

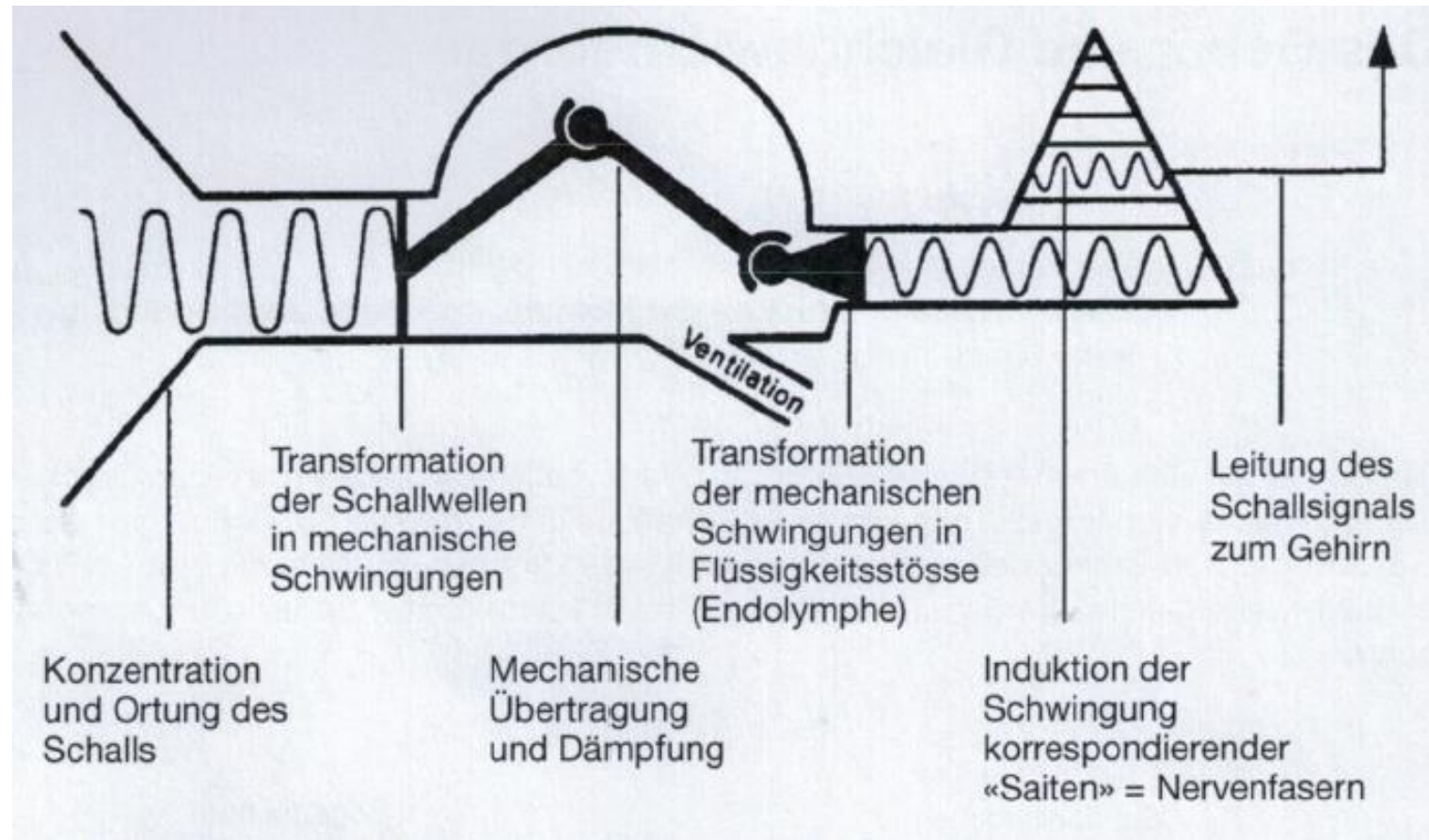
Das Gehör

- Wahrnehmung von Schallwellen
- Uebertragung der Schwingungsamplitude im Mittelohr durch die Gehörknöchelchen in Druckamplitude (Uebersetzungsmechanismus)



- d.h. Schallwellen werden in Druckwellen auf die Endolympe des Innenohrs übertragen.
- Ort der maximalen Wellenamplitude durch Frequenz und Form der Gehörschnecke definiert.

Uebertragung der Schallwellen



Tonhöhe (Hz)

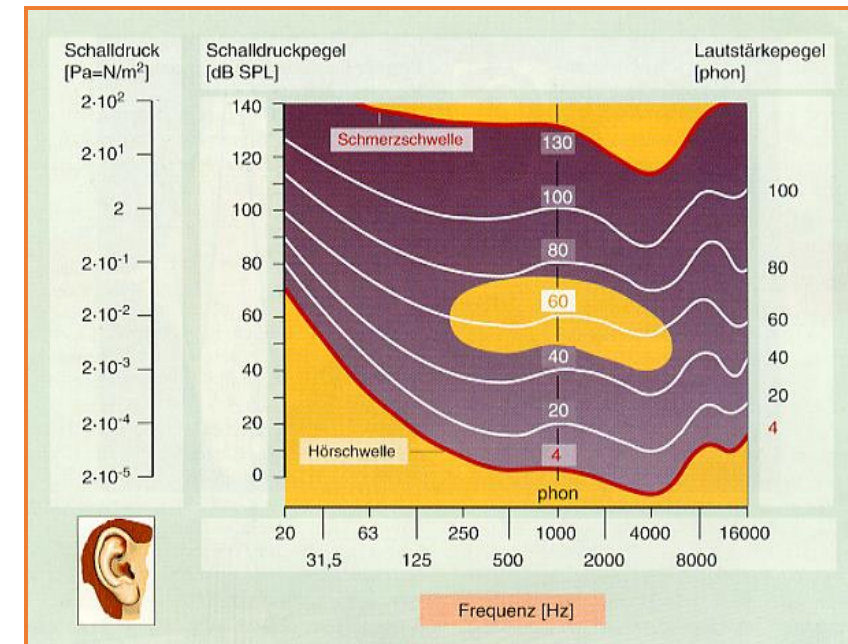
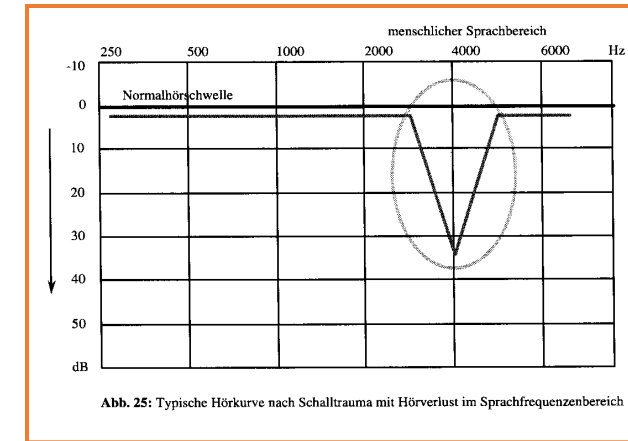
Lautstärke (dB, Phon)

Tonhöhe durch Frequenz gegeben:

- 1 Hertz = 1 Schwingung/sec (Hz)
- Hörbereich: 16 - 20'000 Hz

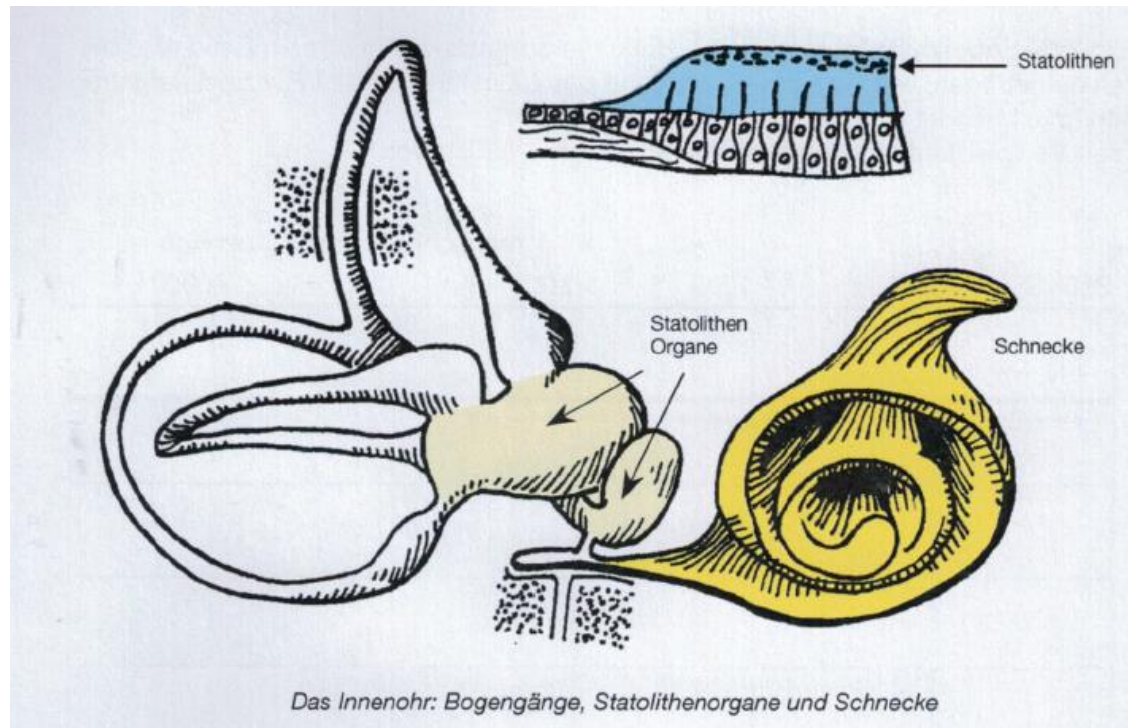
Lautstärke durch Schallpegel bestimmt

- Logarithmische dB-Skala:
 - ± 10 dB entsprechen einer Verdoppelung / Halbierung des Schallpegels.
- Die physikalische Messung in dB entspricht jedoch nicht direkt der wahrgenommenen Lautstärke:
- subjektive Lautstärke-Skala in Phon:
- Ausgangspunkt 1000 Hz (Phon=dB)
- Schalltrauma typisch mit Hörverlust bei 4000 Hz

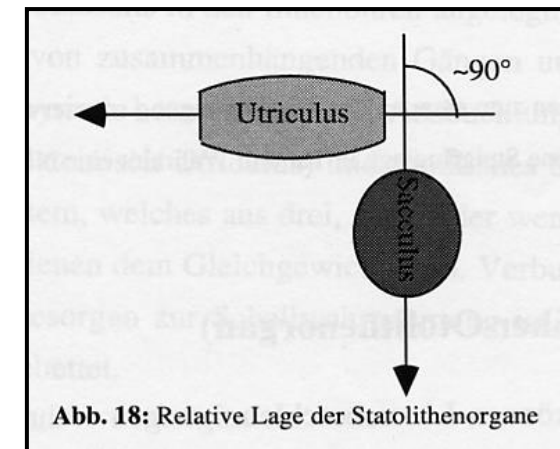
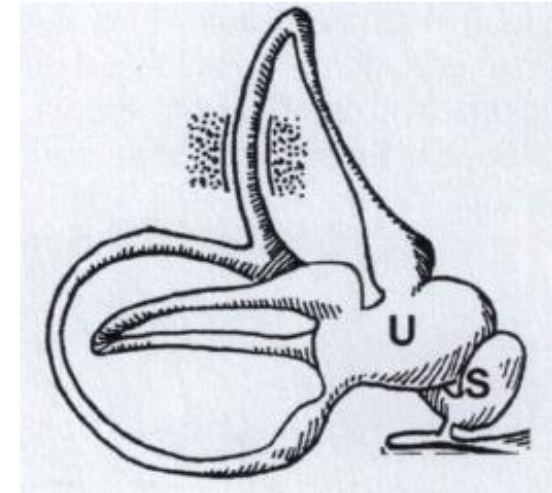
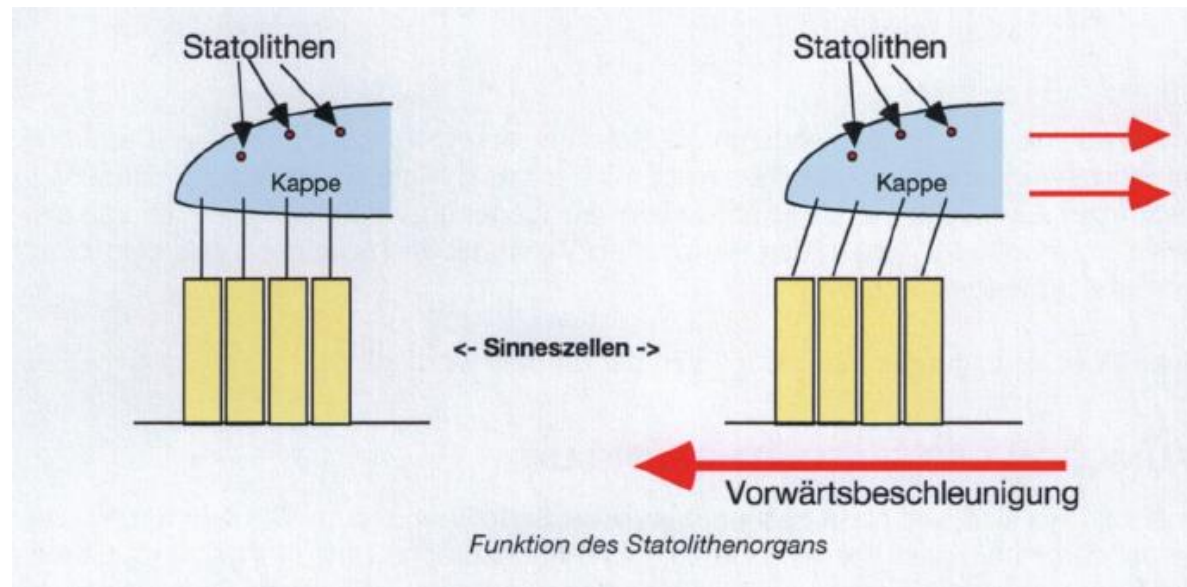


Vestibularorgan (Gleichgewichtsorgan)

- Misst Beschleunigungen
- Unterteilt in **Bogengang-Organ** (Drehbeschleunigung) und **Statolithen-Organ** (Linearbeschleunigung)

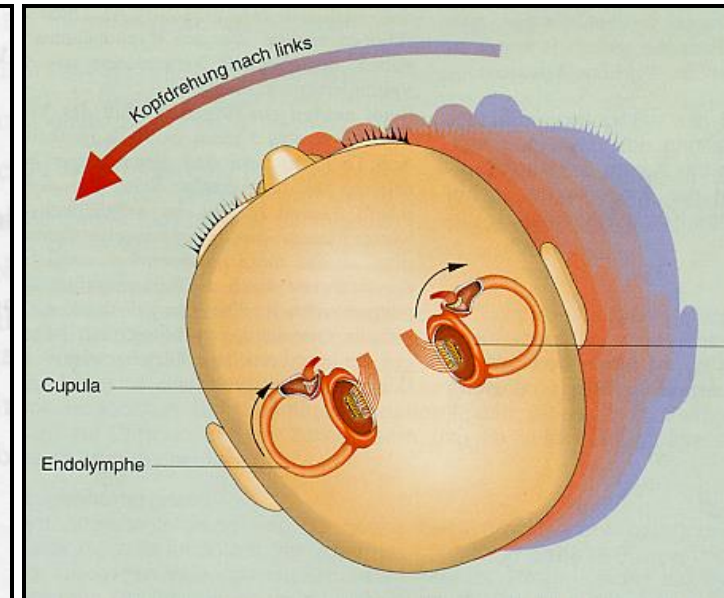
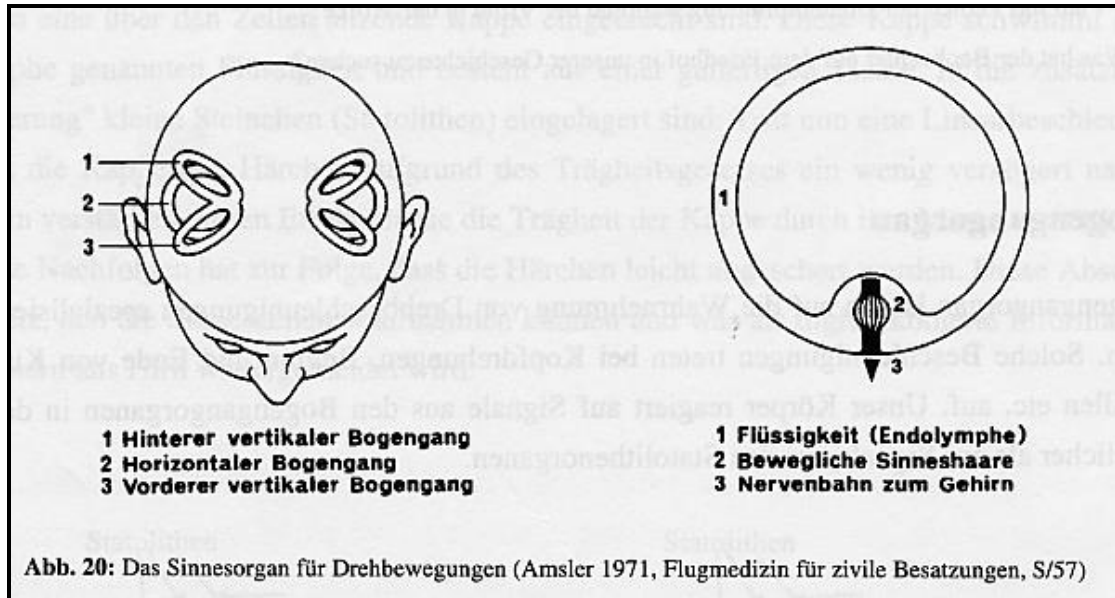
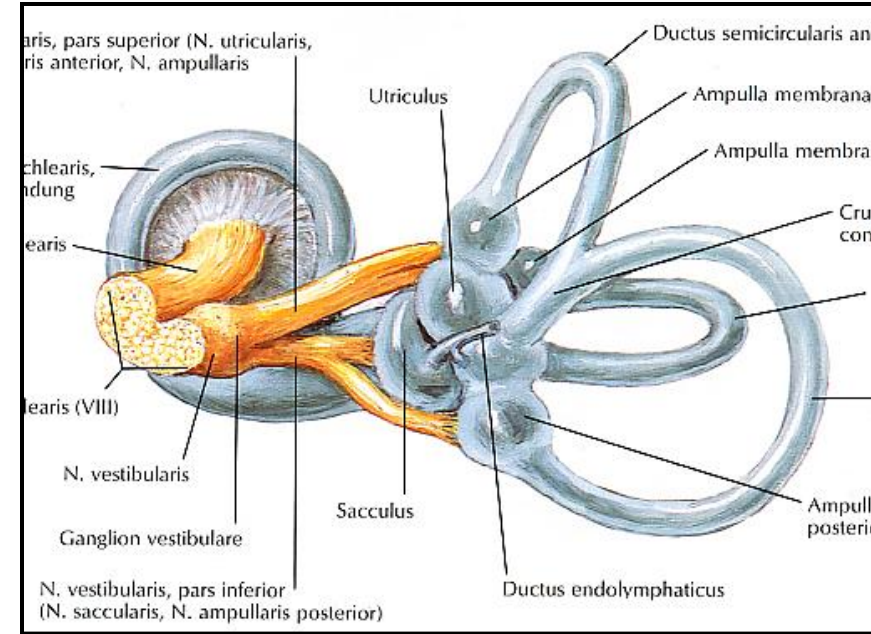


Statolithenorgan



Das Bogengangorgan

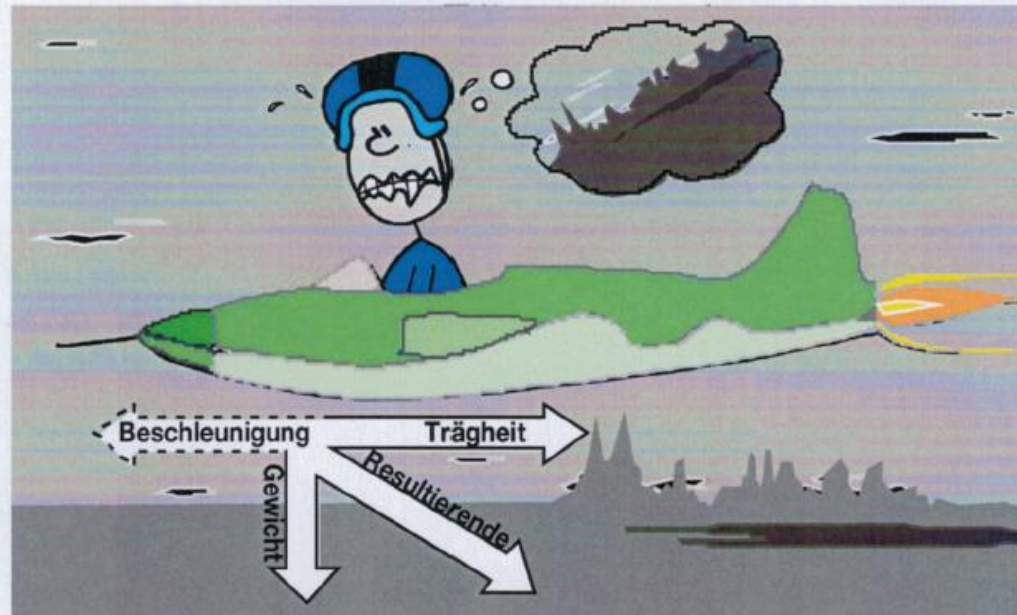
- Röhrensystem in 3 Ebenen
- gefüllt mit Endolymphe
- „Cupula“ als Flussmesser
- Drehbewegung der Endolymphe stoppt nach ca 20-30 sec.



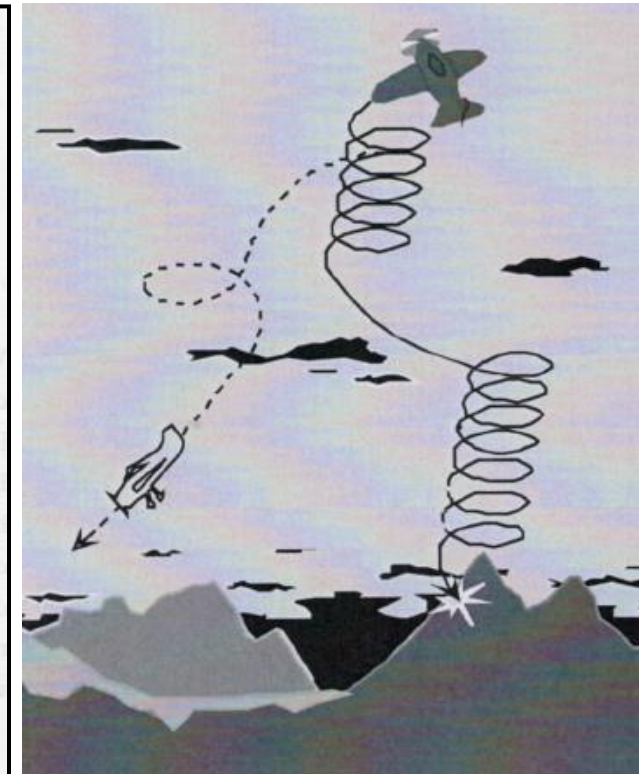
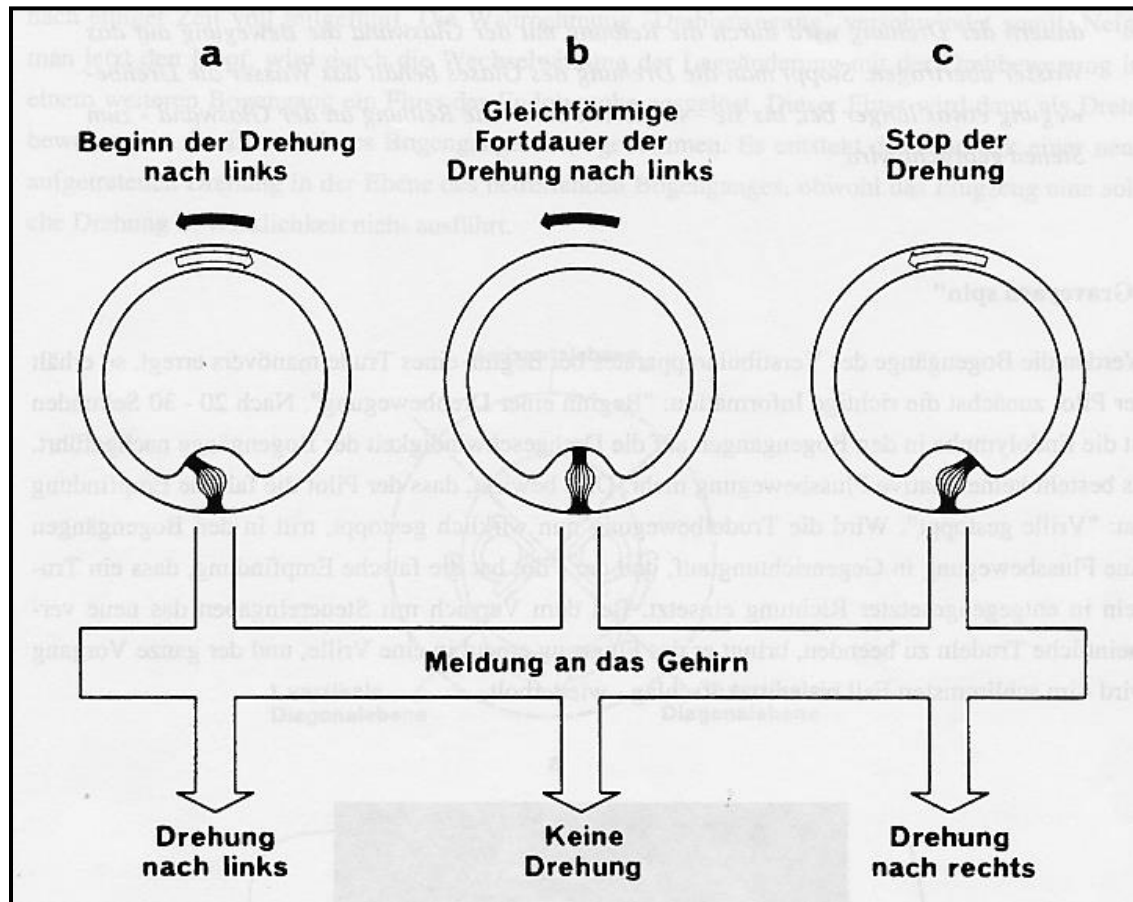
Okulo-graphische Illusion “

Okulo-graphische Illusion

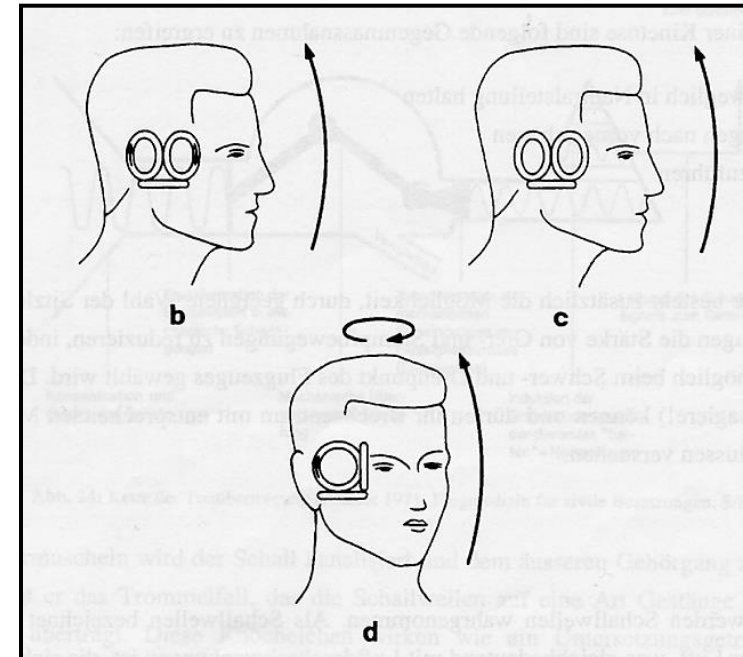
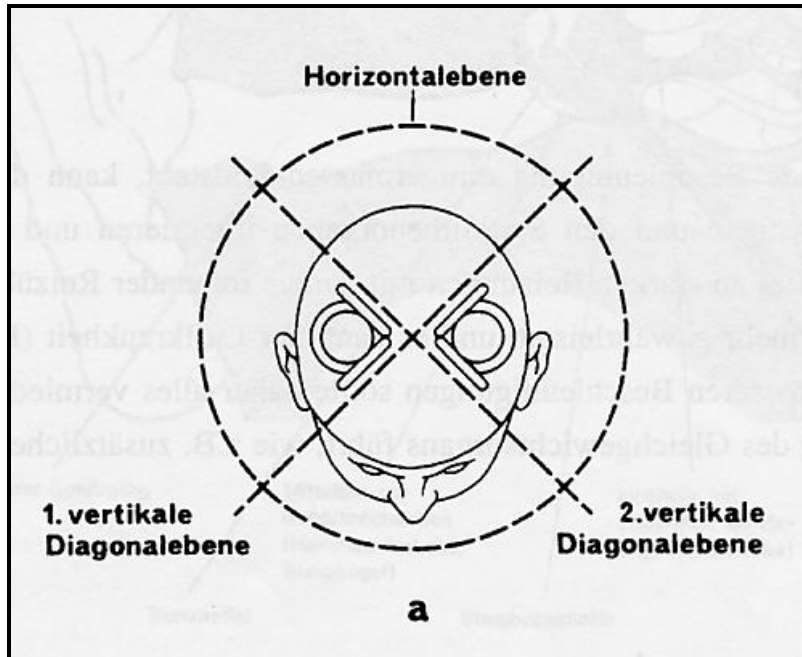
Beschleunigen und Bremsen stellen Linearbeschleunigungen in der Längsachse dar. Diese Beschleunigungen treten vor allem beim Starten oder Durchstarten aber auch beim Anflug mit ausgefahrenen Bremsklappen auf. Im ersten Fall wird der Pilot in die Rückenlehne des Sitzes gedrückt. Bei fehlender Sicht (Durchstart bei Nacht) kann dabei die Illusion auftreten, der Stuhl werde stark nach rückwärts gekippt und das Flugzeug gehe in einen steilen Steigflug über. Wenn der Pilot hier den vermeintlich zu steilen Steigflug durch Stossen des Knüppels korrigiert, kommt es zur Kollision mit dem Gelände.



„Graveyard spin“



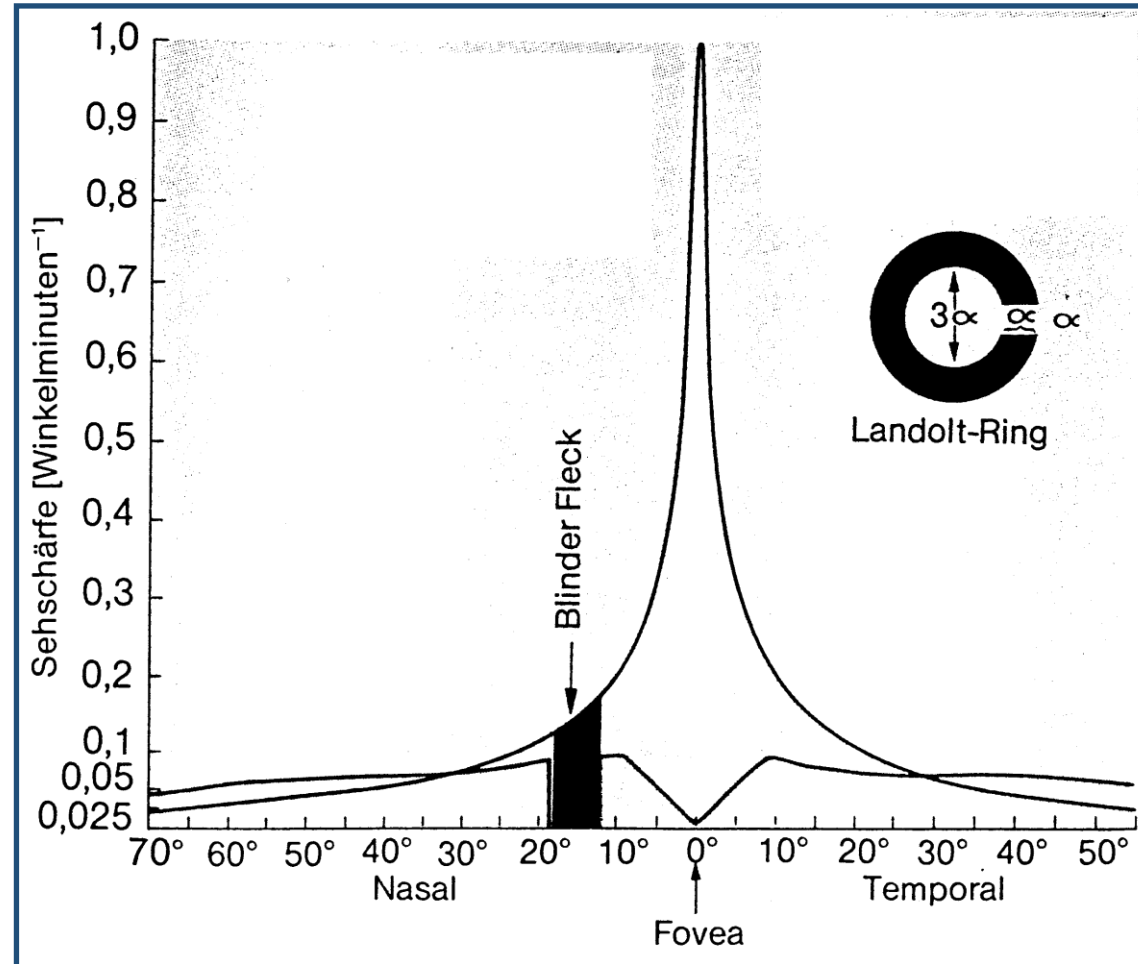
Coriolis-Illusion



„Die Corioliskraft entsteht, wenn sich ein Körper innerhalb eines sich drehenden Bezugssystems in einer zur Drehachse senkrechten Richtung bewegt. Die Richtung der entstehenden Kräfte sind nicht mehr durch unsere tägliche Lebenserfahrung vorhersehbar..“



Visus



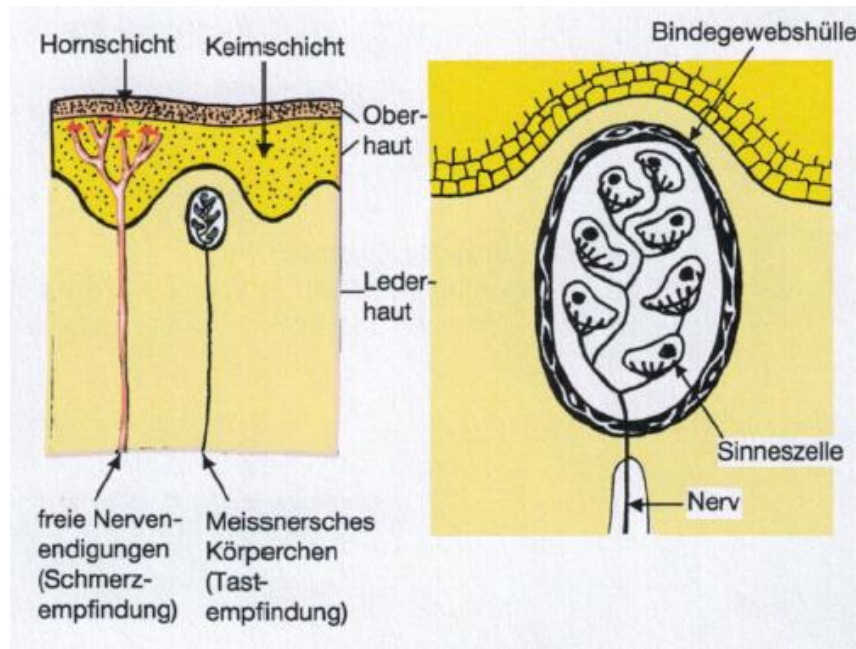
Zusammenfassung:

- Schärfstes Sehen nur in einem 1° -Konus
- Ausserhalb eines 10° -Konus Visus nur noch 10%
- Die Wahrscheinlichkeit einer Kollision mit einem in die gleiche Richtung fliegenden Flugzeug ist 5-mal grösser als mit einem sich auf Gegenkurs bewegendem...

Propriozeptive Rezeptoren

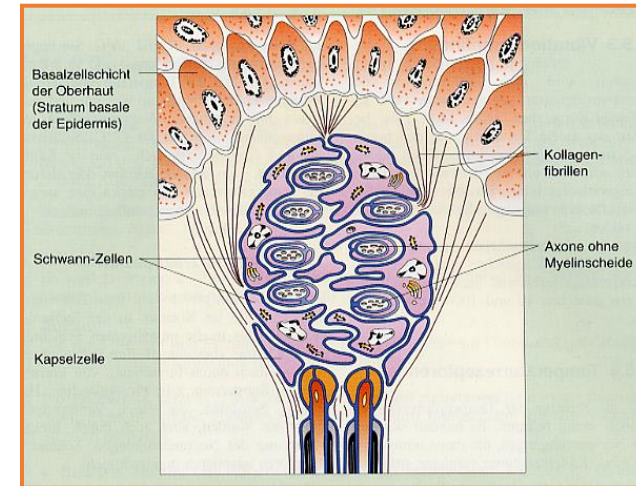
- Oberflächensensibilität
 - Tastsinn
 - Schmerz
 - Temperatur
- Tiefensensibilität
 - Druck, Vibration
 - Sehnen- und Muskelspannung Gelenkstellung

Tast- und Schmerz-Sensoren

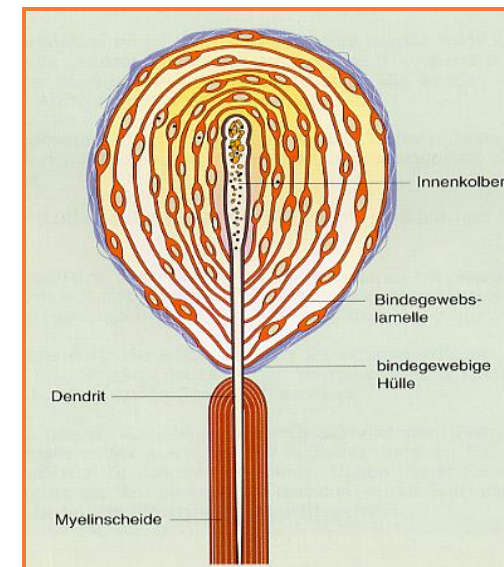


- Meissnersche Körperchen (Tastsinn)
- Vater Pacini-Körperchen (Vibration)
- freie Nervenendigungen (Schmerz)

Meissnersche Körperchen



Vater Pacini-Körperchen



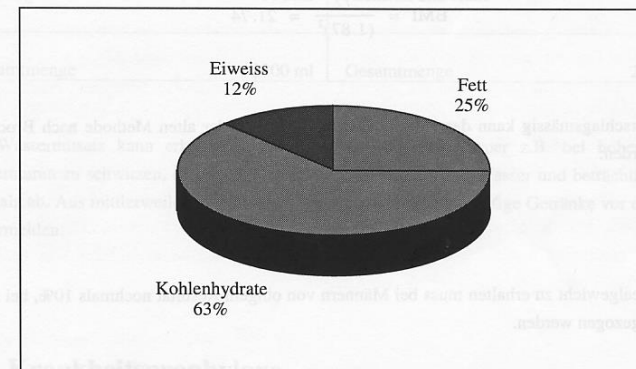
Gesundheit & Hygiene

- Ernährung
- Prophylaxe
- Medikamente
- Risikofaktoren

Energiebedarf pro Stunde

Gehen	300 kcal	1260 kJ
Schwimmen	450 kcal	1890 kJ
Radfahren	550 kcal	2310 kJ
Langlaufen	750 kcal	3150 kJ
Laufen	1000 kcal	4200 kJ

PPL Der Bedarf wird durch die drei Grundnahrungsstoffe Eiweiss, Fett und Kohlenhydrate gedeckt. Für eine gesunde Ernährung ist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen diesen Nahrungsstoffen in der täglichen Nahrung von Bedeutung:



Risikofaktoren

- Blutdruck: Hypertonie, Hypotonie
- Uebergewicht: Body-Mass-Index (BMI)
- Cholesterin: Arteriosklerose
- Rauchen: Nikotin = Nervengift, CO !
Bronchitis, Kanzerogene
- Alkohol: Reaktionszeit, Farbensehen, Gesichtsfeld,
Euphorie, Kritikschwäche

Body-Mass-Index:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Gewicht \{in kg\}}}{(\text{Körpergrösse \{in m\}})^2}$$

- BMI 20 - 25 kg/m²: normal
- Normalgewicht: Körpergrösse (cm) - 100 = ... kg
- Idealgewicht (m): (Körpergrösse (cm) - 100) -10%= ... kg
- Idealgewicht (w): (Körpergrösse (cm) - 100) -15%= ... kg

Blutalkohol-Konzentration

- Maximalwert nach ca. 2 Stunden
- Abbaurate ca. 0,1 Promille / Stunde
- Abbaukonstant N = 0.6- 0.8

$$\text{Promillewert} = \frac{\text{Gramm Alkohol}}{\text{kgKG} * N}$$

Leistungsfähigkeit bereits deutlich
eingeschränkt ab 0,3‰ !!!

Fehler im Skript

Seite 6

Der Alkohol wird vom Körper gleichmässig mit ca. 1 ‰ pro Stunde abgebaut. Dies ist wichtig, wenn wir wissen wollen wie lange wir nach dem Genuss von Alkohol warten müssen, bis sich dieser abgebaut hat und wir wieder „flugfähig“ sind.

Medikamente

- Schlafmittel: verboten
- Antihistaminika: Müdigkeit !!!
- Nasentropfen: ja, falls Druckausgleich i.o.
- Beruhigungsmittel: verboten
- Aufputschmittel: verboten, Wahrnehmung
beeinträchtigt, Rebound-Phänomen
- Schmerzmittel: ja, Inhaltsstoffe beachten !!!
- Antibiotika: ja aber.... (Müdigkeit, Grundkrankheit)

Krankheits-Prophylaxe

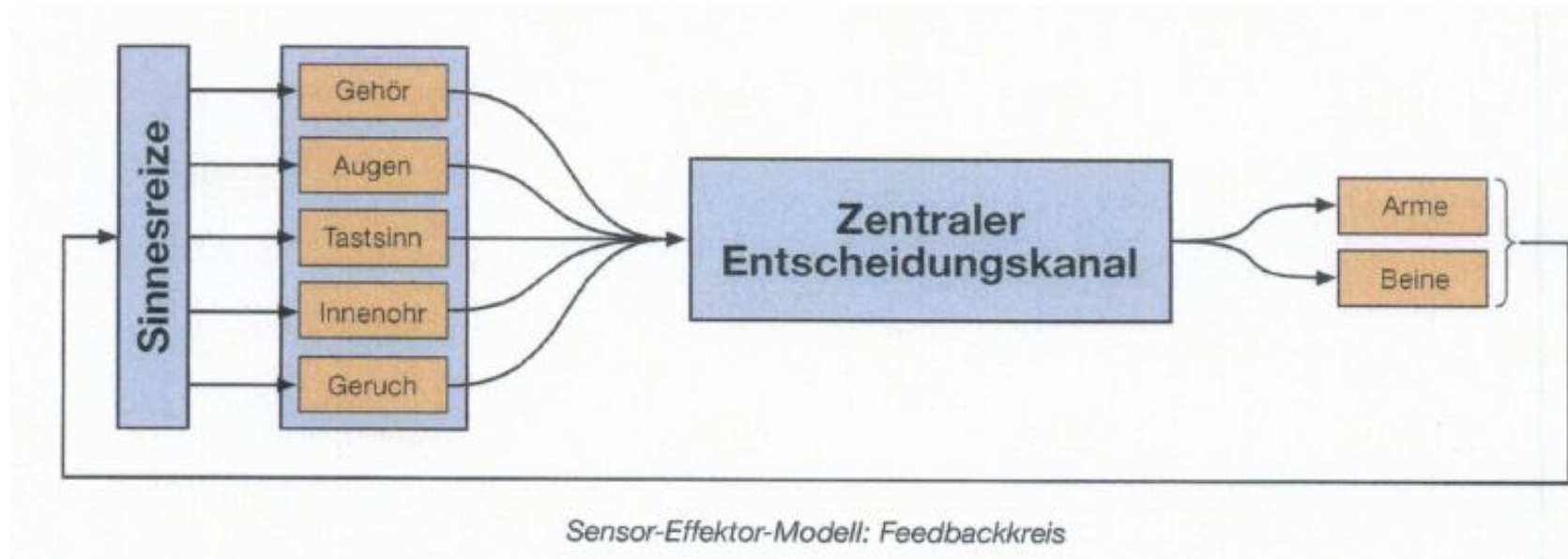
- Expositions-Prophylaxe
 - ❑ Präservativ, Moskitonetz, Handschuhe
- Impfprophylaxe
 - ❑ Hepatitis, Grippe, Tollwut...
- Chemoprophylaxe
 - ❑ Malaria, Meningitis

Psychologie des Fliegens

... oder erkenne Dich selbst !

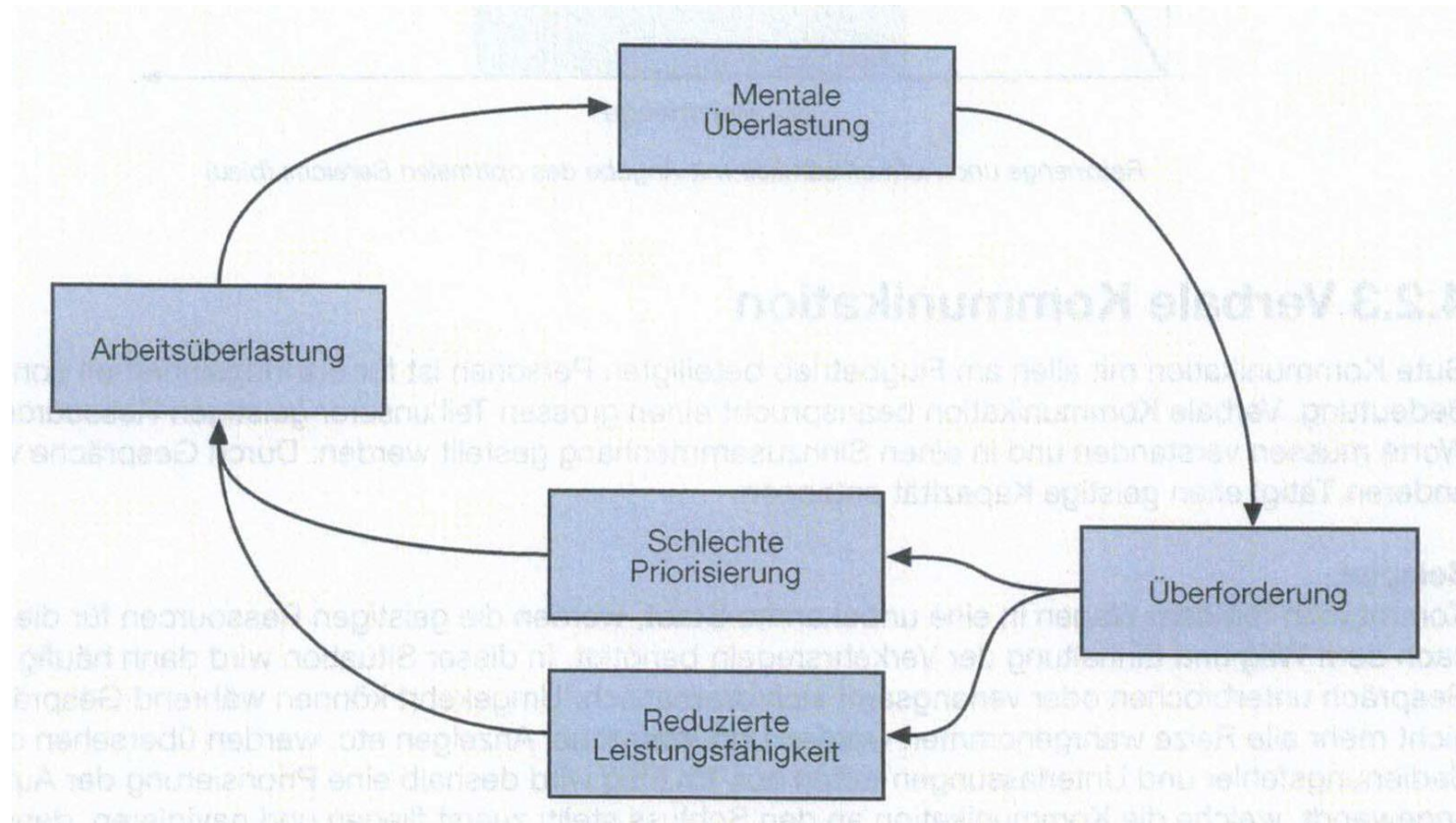
- Informationsprozess
- Mentale Belastung und Grenzen
- Haltungen und Einstellungen
- Stress
- Fehlerentstehung
- Sicherheitsbewusstsein

Informations- Entscheidungsprozess

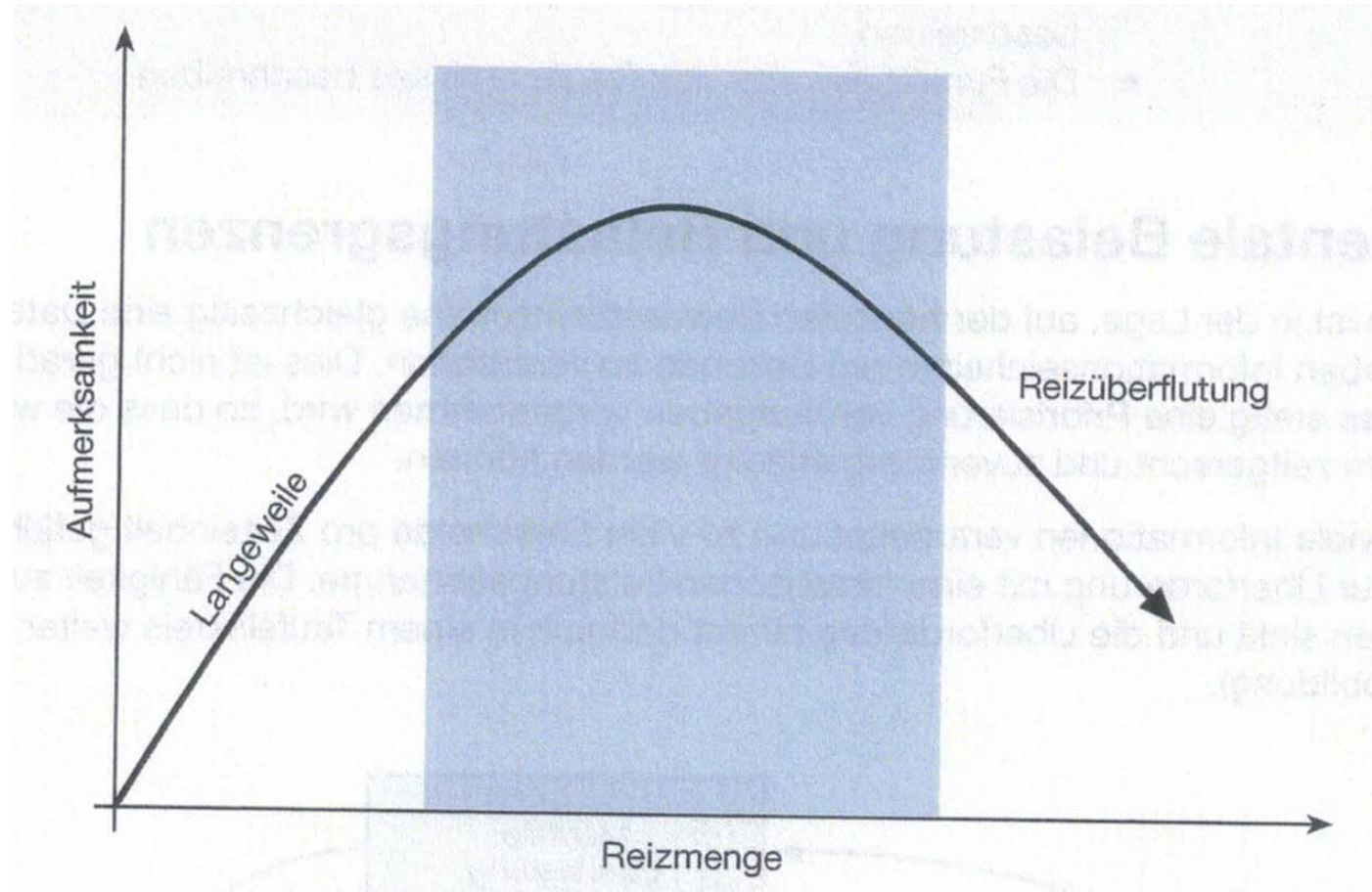


- Mentale Verarbeitungskapazität entspricht ca 7 Info's / Sekunde

Teufelskreis der mentalen Ueberlastung



Reize und Aufmerksamkeit



Selektive Aufmerksamkeit



Zuhören

- Zuhören ist eine aktive Tätigkeit
 - bei Bedarf Nachfragen und Klarstellung suchen
 - Bestätigung: die erhaltene Information wiederholen

Gedächtnisleistung

- Kurzzeitgedächtnis
 - Info stehen ca 30 Sec. Zur Verfügung
 - Anzahl der Info's max ca 7
- Langzeitgedächtnis
 - Abbau über die Zeit
 - Störung durch Vermischung / Aehnlichkeit
 - Motiviertes Vergessen (Psychohygiene)
- Motiviertes Vergessen
 - Unangenehme Erfahrungen werden nach einiger Zeit aus dem Gedächtnis verdrängt

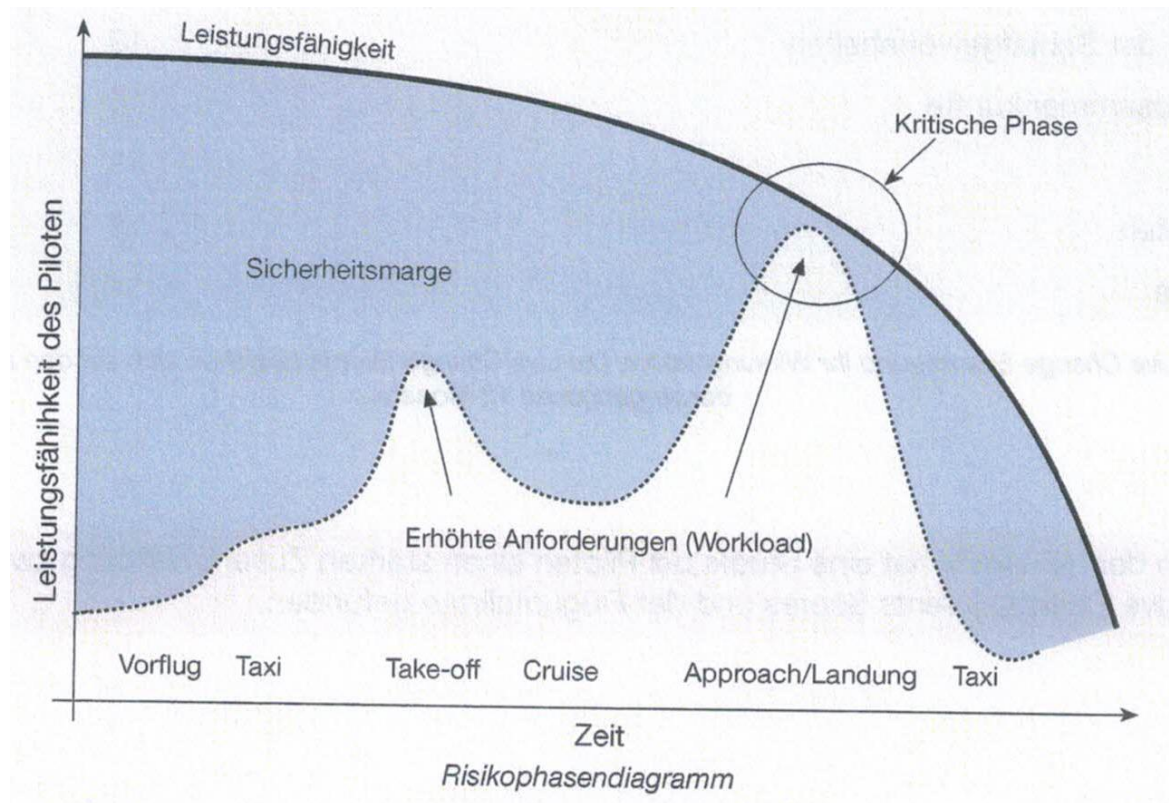
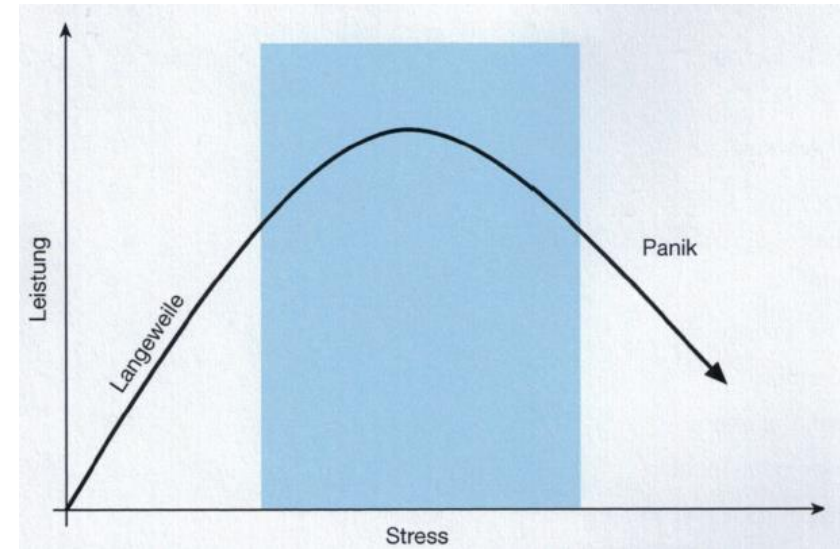
Gedächtnisleistung verbessern

- Information auf kleiner Einheiten reduzieren
- Einsatz von Akronymen (Eselsbrücken)

Akrynom	Bedeutung	Erklärung
T-T-T-T-T	T ime – T wist – T urn – T alk – T abulate	Reihenfolge, in der nach Erreichen eines VOR Arbeiten erledigt werden.
DECIDE	D etect – E stimate – C hoose – I dentify – D o – E valuate	Verfahren bei der Entscheidungsfindung (siehe Kapitel 4.6.1, Seite106)
ABCDEF	A pproach Briefing – B alked Landing – C ircuit Brakers – D irectional Gyro – E lements of Heating – F asten Seat Belts	Elemente aus dem «Descent Check»

- Checklisten

Stress



Akuter Stress - Auswirkungen

- Fokussierte Aufmerksamkeit
 - Aufmerksamkeit nur noch auf ein Problem fokussiert: „Scheuklappen“
- Verlust des Ueberblicks
- Angst
 - Unsicherheit, zögerliches Handeln
- Panik
 - planloses, überhastetes Handeln, evt komplette Denkblockade

Akuter Stress - Prävention

- Antizipation
- Briefing
- Checklisten
- 10 Sekunden für 10 Minuten

„Always expect the unexpected“

„Hope for the best but plan for the worst“

Akuter Stress - Prävention

Fliegerische Stressoren	Nicht-fliegerische Stressoren
System Ausfall	Zeitdruck
Windscherung im Anflug	Ärger am Arbeitsplatz
Wetterverschlechterung	Streit zu Hause
Ausgedehnte Abwindzone	Unterlagen / Materialien vergessen
Schlechter Funk	Ärger im Strassenverkehr auf der Hinfahrt

Chronischer Stress - Lebensereignisse

- Familiär
- Beruflich
- Finanziell
- Sozial
- Jahreszeit

... Führt zu einer Reduktion des
Leistungsvermögens, die Konzentration ist
reduziert, die Fehlerhäufigkeit steigt...

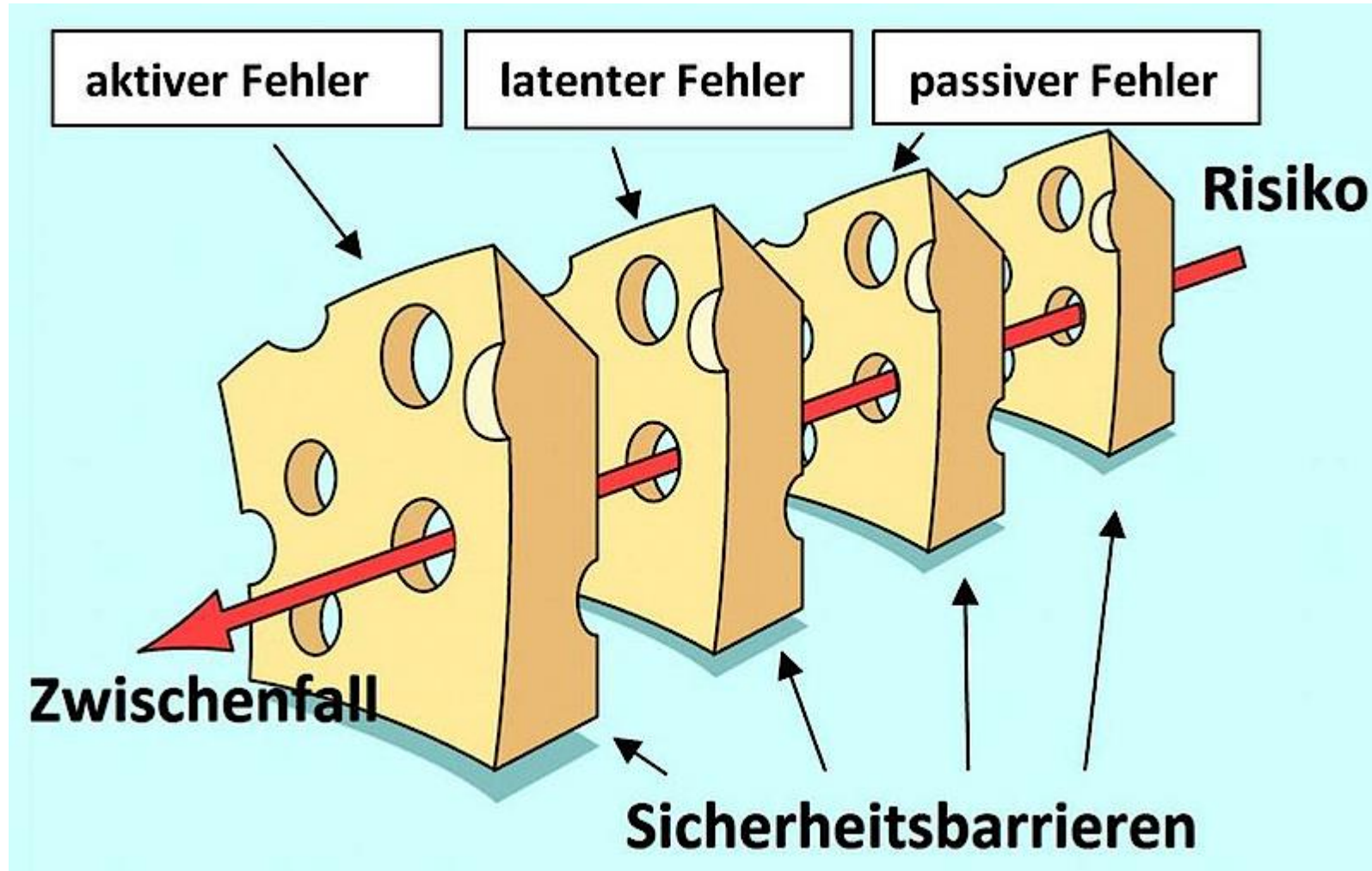
Chronischer Stress - Lebensereignisse

Lebensereignisse (<i>Life Change Events</i>) und Stress	
Ereignisse	Wirkungsintensität
Tod des Ehepartners	100
Scheidung	75
Trennung vom Ehepartner	65
Heirat	50
Entlassung am Arbeitsplatz	47
Pensionierung	45
Schwangerschaft	40
Familienzuwachs	39
Änderung der Finanzlage	38
Streit mit Ehepartner	35
Kündigung eines Darlehens	30
Auszug von Sohn oder Tochter	29
Herausragende persönliche Leistung	28
Änderung der Lebensbedingungen	25
Probleme mit dem Vorgesetzten	23
Wohnungswechsel	20
Änderung der Schlafgewohnheiten	19
Familienzusammenkünfte	15
Ferien	13
Weihnachten	12
Parkbusse	11

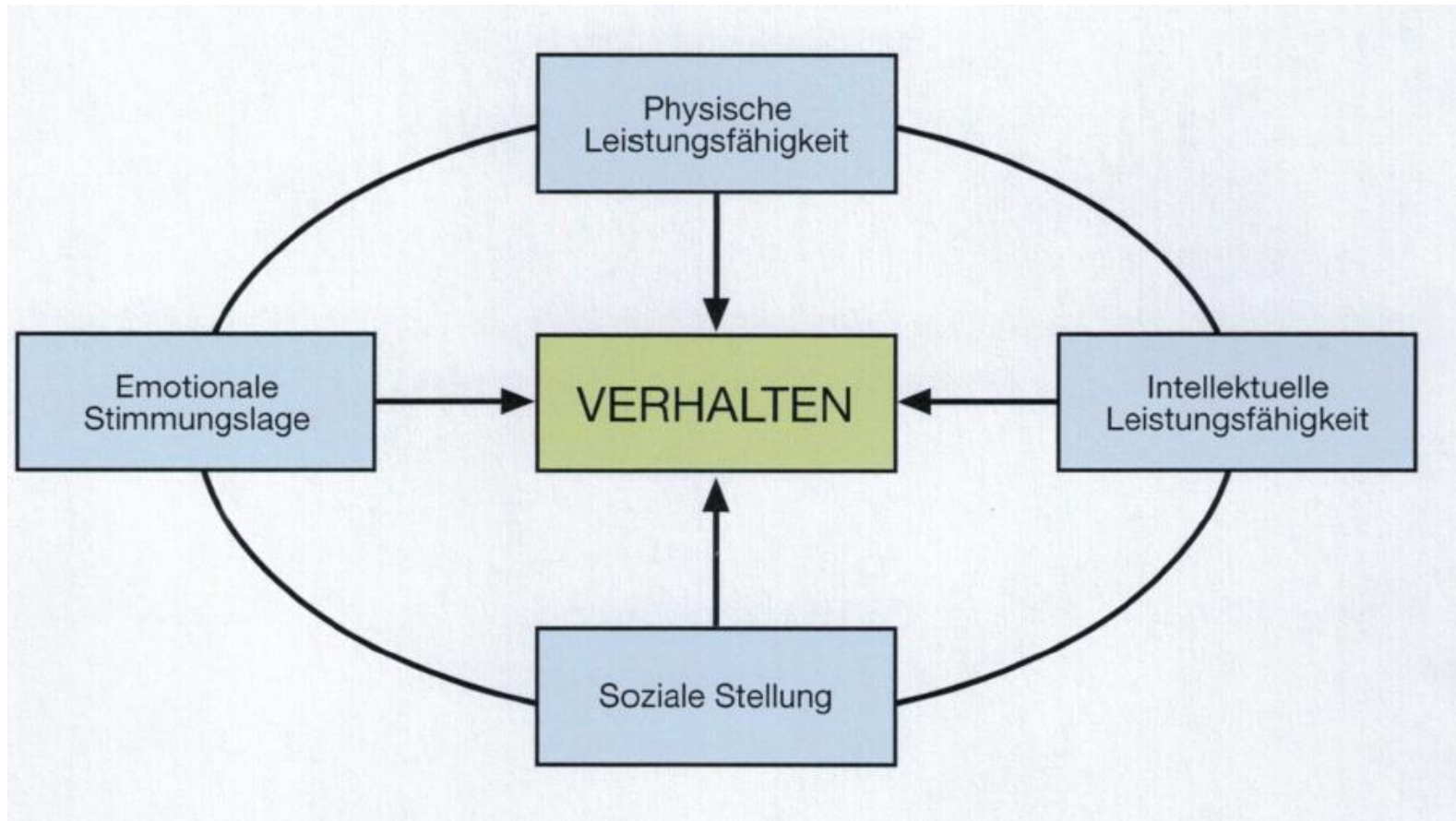
Fehler und Fehlerentstehung

- Die drei Grundarten menschlichen Handelns
- Mechanismus der Realitätshypothese

Schweizer Käse Modell



Einflüsse auf unser Verhalten



Gefährliche Haltungen / Einstellungen

- Antiautoritäre Haltung
 - Vorschriften sind für andere
- Impulsivität und überstürztes Handeln
 - Notfall ! Ich muss sofort etwas tun!
- Unverletzlichkeits-Phantasie
 - Mir kann das nicht passieren
- Macho-Haltung
 - ...was der kann, kann ich schon lange..
- Resignative Haltung
 - ...es hat keinen Sinn, ich kann ja sowieso nichts tun
- Sorglose Haltung
 - ...es hat bisher immer funktioniert..

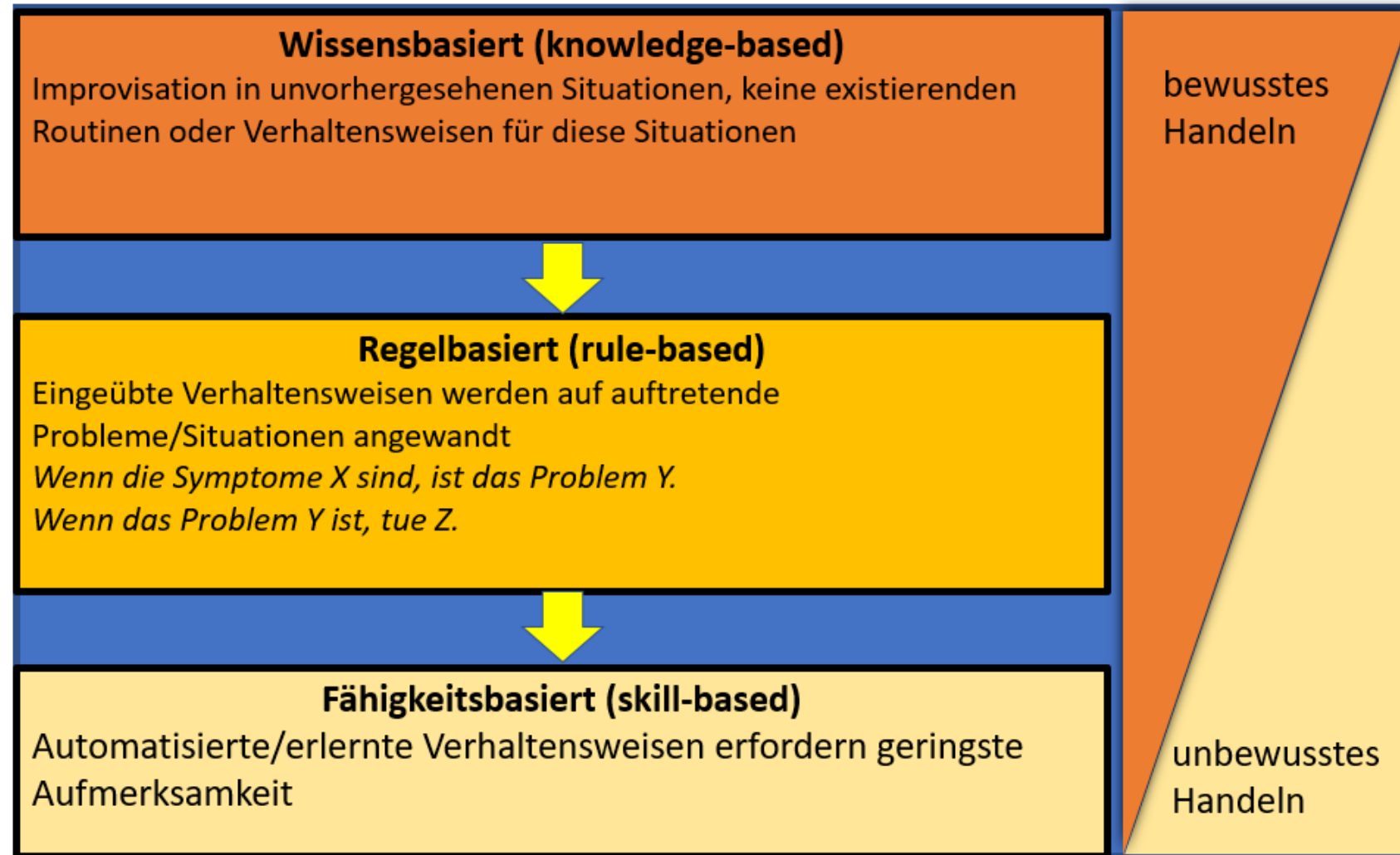
Gefährliche Haltungen / Einstellungen

Verhaltensmuster	Motivation	Gegenmaßnahme	Beispiele
Impulsivität	Es muss jetzt aber schnell gehen	Bewusst langsam machen! Noch einmal nachdenken...	Auf die Piste rollen und los
Unverwundbarkeit	Es wird schon gutgehen, Mir passiert schon nichts	Bewusst werden: es passiert eben nicht nur den Anderen – auch mir kann was passieren	Kein Verwenden der Checkliste
Machogehabe	„Schaut mal her!“, „I show you!“	Risikoeinschätzung	Tiefer schneller Überflug in Bodenturbulenzen
Anti-Autorität	Erzählt mit nicht, was richtig ist!	Standardverfahren und deren Befolgung, Vereinssicherheitskultur	Einflug in schlechtes Wetter
Resignation	ES bringt doch alles nichts, was kann ich schon ausrichten?	Verantwortung bewusst werden! Ich bin der Handelnde!	Handlungsunfähigkeit in schwierigen Situationen

Handlungsweisen

1. Auf Fertigkeiten basiertes Handeln
 - Training, Skills
 - Bsp: Steilspirale, Looping, usw
2. Auf Regeln basiertes Handeln (SOP)
 - Festgelegte Abläufe, Checks
 - Bsp: Pre-flight-Check, Landeanflug-Check
3. Auf Wissen basiertes Handeln
 - Fähigkeit basierend auf Wissen, Erfahrung und Können Entscheidungen zu fällen (unterscheidet uns von der Maschine?)
 - Bsp: Auf- / Abwinde bei entsprechender Wetterlage antizipieren

Handlungsweisen



Fehleranfälligkeit von Fertigkeiten

- Fehlhandlung:
 - Korrekte Handlung beabsichtigt (Fahrwerk ausfahren) aber unter hoher Arbeitsbelastung nicht richtig ausgeführt (nicht verriegelt)
 - Fehlende Kapazität die eigene Handlung zu kontrollieren wegen hoher Arbeitsbelastung.
- Environmental Capture
 - Wird ein Skill immer in derselben Situation angewendet, kann dieser in derjenige Situation gewohnheitsgemäss angewandt werden: Meldung «Fahrwerk ausgefahren und verriegelt» obschon nicht kontrolliert
- Häufig treten diese Fehlertypen gemeinsam auf, wobei die Entdeckung der Fehlhandlung durch ein Environment Capture verhindert wird

Fehlervermeidung

1. Handlung initiieren
2. Vor Bedienung von Steuereinheiten die beabsichtigte Handlung nochmals überprüfen
3. Handlung ausführen
4. Resultat der Handlung überprüfen

Fehler vom Typ Fehlhandlung und «Environment Capture» treten vorwiegend beim erfahrenen Piloten auf

Fehleranfälligkeit von auf Regeln basierendem Handeln

- Ursache: Problem wird falsch zugeordnet
 - Dementsprechend wird falsches Procedure eingeleitet
 - Bsp. Uebergeschwindigkeits-Warnung wird mit Druckabfall-Alarm verwechselt....
- Ist ein Problem erst einmal «eindeutig» identifiziert, gibt es kaum noch einen Grund vom vorgesehenen Standard-Procedure abzuweichen
 - = Fixationsfehler: Optionen / Alternativen werden nicht mehr berücksichtigt

Realitätshypothesen

- Ähnlichkeit und Assoziation
- Kausalität und Ergänzung
- Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit

Eine Boeing 737 der «Midland Air» hebt in Birmingham zu einem Flug nach Manchester ab. Plötzlich treten im rechten Triebwerk Vibrationen auf, und im Cockpit entsteht ein Geruch nach Rauch. Die Crew geht davon aus, dass das rechte Triebwerk brennt und schaltet es ab. Augenblicklich stoppen die Vibrationen und die Crew bereitet sich auf eine Notlandung vor. Im Landeanflug auf den Ausweichflugplatz verliert das linke Triebwerk plötzlich an Leistung und das Flugzeug schlägt kurz vor dem Flugplatz auf.

Die spätere Untersuchung erbrachte folgende Erkenntnisse:

1. Weder das rechte noch das linke Triebwerk hatten gebrannt
2. Das rechte Triebwerk war zum Zeitpunkt, als man es abschaltete, in einwandfreiem Zustand
3. Am linken Triebwerk brachen mehrere Kompressorschaukeln, wurden weggeschleudert und zerrissen dabei einige Leitungen. Es entwickelte sich Rauch, welcher über die Klimaanlage ins Cockpit gelangte.

A) ÄHNLICHKEIT UND ASSOZIATION

«Wo Rauch ist, da ist auch Feuer»

Dieses Sprichwort gibt einige Hinweise über die Art, wie Signale mit bestimmten Ursachen in Verbindung gebracht werden. Der Geruch von Rauch löst die Assoziation mit Feuer aus. Schuld an dieser Assoziation ist unsere Lebenserfahrung, die uns lehrt, dass *in aller Regel* ein Feuer für die Entwicklung von Rauch verantwortlich ist.

Diesen Schluss zieht auch die Crew der Boeing 737. Da gleichzeitig mit dem Rauchgeruch starke Vibrationen auftreten, muss ein Triebwerk betroffen sein. Beim Ablesen der Vibrationsanzeigen verwechseln die Piloten die Instrumente für das rechte und linke Triebwerk. Die Hypothese «Feuer im rechten Triebwerk» ist geboren.

B) KAUSALITÄT UND ERGÄNZUNGEN

Wir Menschen sind so veranlagt, dass wir für alles, was geschieht, einen Grund, einen Auslöser suchen. Man nennt dies Kausalitätsbedürfnis. Die Piloten aus unserem Beispiel schalten aufgrund ihrer Hypothese das rechte Triebwerk ab. Zufälligerweise hören genau in diesem Moment die Vibrationen auf. Für die Piloten ist dies die Bestätigung ihrer Theorie. Es besteht offenbar ein kausaler Zusammenhang, zwischen dem Aufhören der Vibrationen und dem Abschalten des rechten Triebwerkes. Die Hypothese ist damit überprüft und wird im mentalen Modell der Piloten zur Realität.

C) HÄUFIGKEIT UND WAHRSCHEINLICHKEIT

Wenn mehrere Hypothesen zur Erklärung einer Situation entstehen können, so wird diejenige bevorzugt, die in der Vergangenheit am häufigsten zutraf. Die Wahrscheinlichkeit, dass eine andere Hypothese zutreffen könnte, ist statistisch gesehen kleiner. Was denken Sie, wie wahrscheinlich ist es wohl, dass starke Triebwerkvibrationen gerade in dem Augenblick stoppen, in dem Sie das unbeschädigte Triebwerk ausschalten? Trotzdem wäre dies im konkreten Fall die zutreffende Hypothese gewesen.

Situationsbeurteilung und Entscheidungsfindung

Die Entscheidungsfindung besteht aus dem Sammeln und Bewerten von Informationen sowie dem darauf folgenden Fassen eines Entschlusses. Dazu müssen Informationen gesichtet und auf ihre Relevanz und Zuverlässigkeit hin beurteilt werden. Dies ist ein komplexer Prozess, der von vielen Faktoren abhängt, was der Grund dafür ist, dass verschiedene Menschen eine identische Situation unterschiedlich beurteilen können. Unsere Haltung gegenüber dem Eingehen von Risiken verbunden mit dem Vorliegen von Druck- und Stressfaktoren können uns dazu bringen, Entscheidungen zu fällen, welche Aussenstehende als «dumm» beurteilen müssten. In den Flugunfallberichten finden sich immer wieder Geschichten, wo man als Leser nicht verstehen kann, wie solch «dumme» Entscheidungen hatten getroffen werden können.



- Sie können:
- das Wesen der Lagebeurteilung erklären
 - das Vorgehen bei Entscheidungsprozessen benennen

Situations-/ Lagebeurteilung

Eine Lagebeurteilung ist eine, intellektuelle Ressourcen beanspruchende Auseinandersetzung, mit einem Problem, und ist ein auf Wissen basierendes Verhalten.

Die Lagebeurteilung ist ein Prozess, der über mehrere kleine Schritte zum Ziel führt, wobei alle Schritte voneinander abhängen und in der Gesamtheit die Qualität einer Entscheidung bestimmen.

An erster Stelle einer Entscheidungspyramide steht die Aufmerksamkeit und Wachsamkeit gegenüber den Abläufen um uns herum. Mittels mentaler Vorbereitung kann diese Stufe optimiert werden. Zum Beispiel ist das Departure-Briefing eine solche mentale Vorbereitung. Indem vor dem Start nochmals kurz die Optionen bei einem Engine Failure während des Take-off durchdacht werden, stehen diese im Ernstfall im Kurzzeitspeicher zum Abruf bereit und können ohne Zeitverlust korrekt abgerufen werden. Während jeder Flugphase soll das Unerwartete gesucht und Problemlösungen gedanklich vorbereitet werden.



«Always expect the unexpected» (Erwarte immer das Unerwartete)

- | | | |
|----------|--------------------|--|
| D | - Detect: | Detect the fact that a <i>change</i> has occurred that requires attention |
| E | - Estimate: | Estimate the <i>significance</i> of the changes to the flight |
| C | - Choose: | Choose a <i>safe outcome</i> for the flight |
| I | - Identify: | Identify <i>plausible actions and their risks</i> to control the change |
| D | - Do: | Do the best option |
| E | - Evaluate: | Evaluate the <i>effect of the action</i> on the change and on the progress of the flight |

Checkliste für das Treffen und Überprüfen von Entscheidungen

Sicherheitsbewusstsein

Eine Voraussetzung dafür, richtige Entscheidungen treffen zu können, ist, sich jederzeit des aktuellen Sicherheitsbeziehungsweise Gefahrenpegels bewusst zu sein.

Dazu ist es notwendig zu wissen, in welcher Risikophase (Risikophasen-Bewusstsein) man sich befindet, wie gross die eigene Fehleranfälligkeit ist und in welcher Situation man sich gerade befindet (Situationsbewusstsein)



<https://www.segelfliegengrundausbildung.de/index.php/theoretische-spl-ausbildung/2-menschliches-leistungsvermoegen/2-menschliches-leistungsvermoegen>