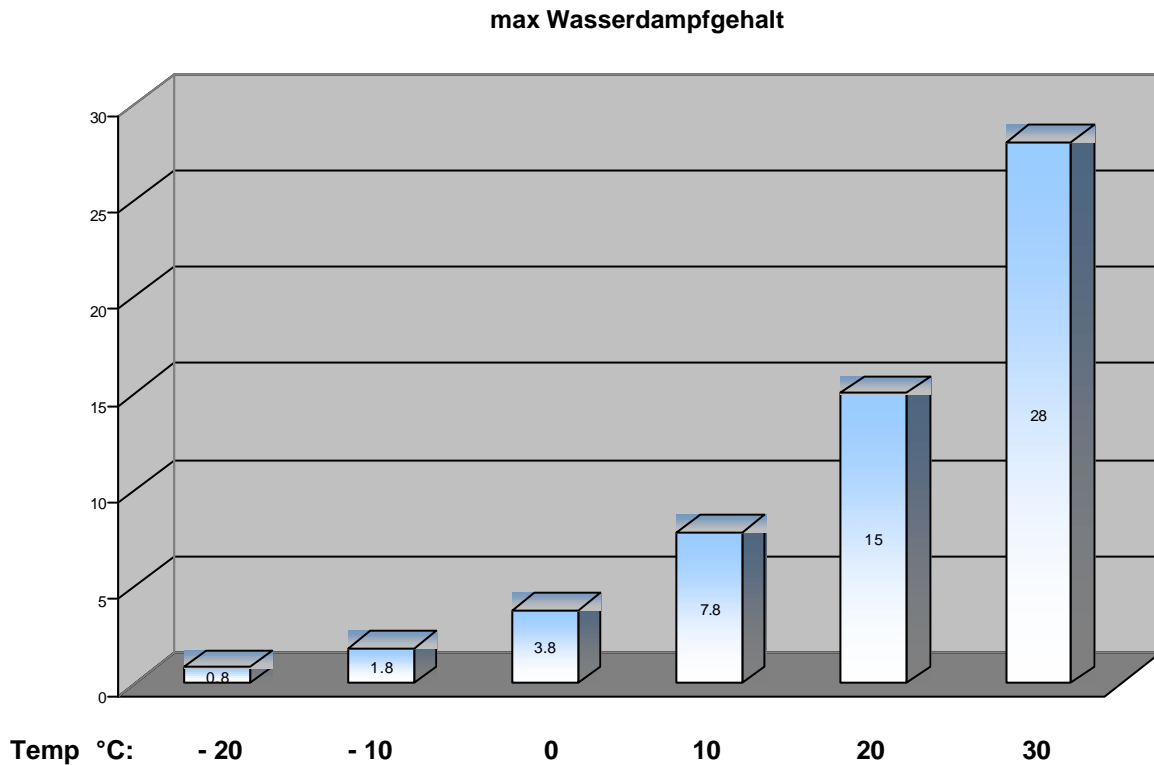




## Relative Luftfeuchtigkeit

- prozentualer Anteil Wasserdampf in der Atemluft gemessen am maximal möglichen Wasserdampfanteil (Sättigung).
- **Achtung:** je wärmer die Luft, desto mehr Wasser kann sie aufnehmen bis sie gesättigt ist:

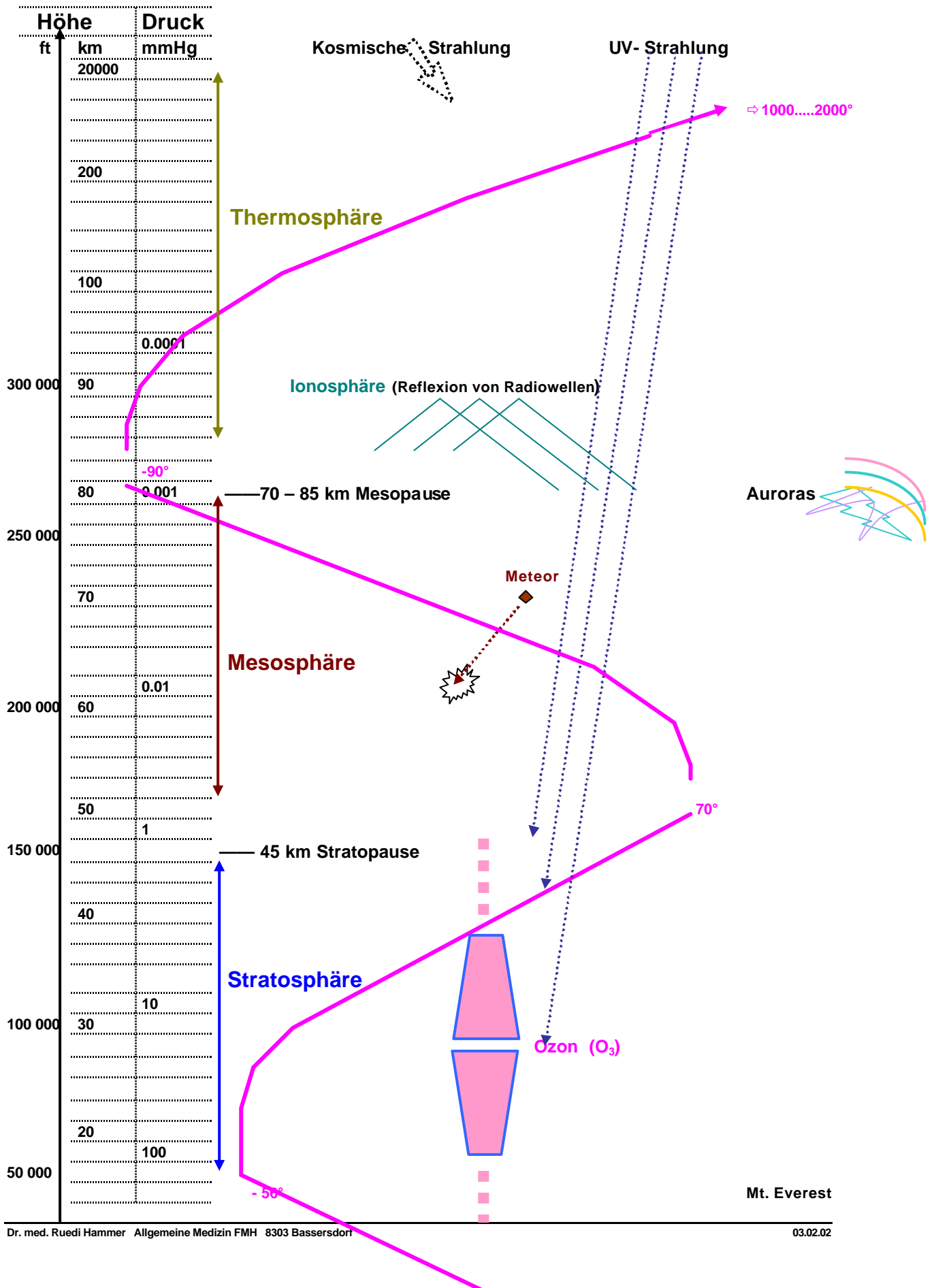


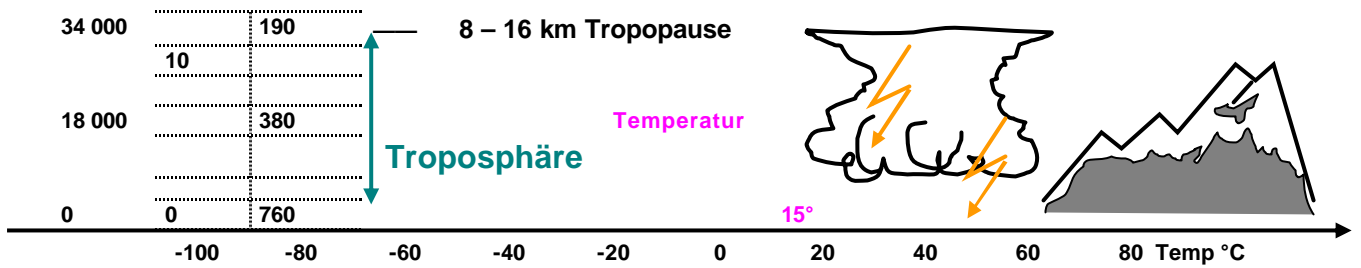
Der Mensch fühlt sich in einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60....70 % am wohlsten

## Luftdruck

- **Gewicht der Luftsäule pro Flächeneinheit**
- **Standard in Meereshöhe** 1013.2 hPa = mbar  
760 mmHg  
29.92 inHg  
14.7 PSI
- **Druckabnahme mit der Höhe nichtlinear (Luft ist kompressibel)**  
18 000' halbiert  
27 000' 1/3  
34 000' 1/4

# Atmosphäre



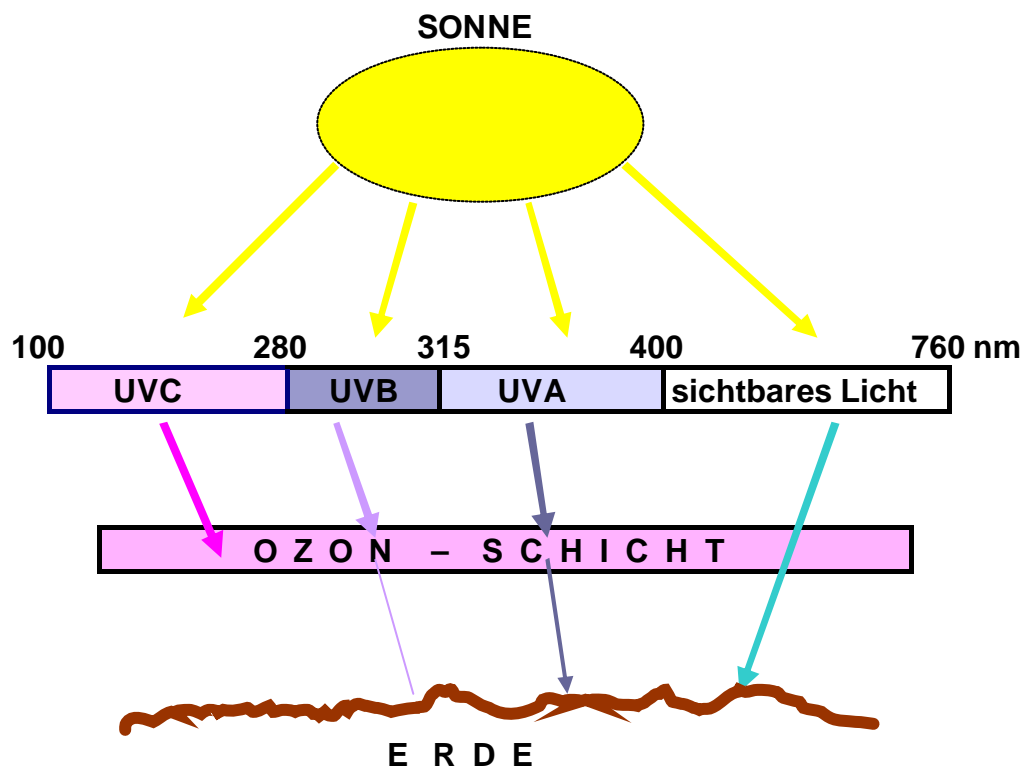


## UV – Strahlung und Ozon

UV-Strahlung ist der kurzwellige Anteil des Sonnenlichtes, der unmittelbar an das sichtbare Spektrum angrenzt. Entsprechend der Wirkung auf den menschlichen Körper unterscheidet man in der Medizin folgende drei Bereiche:

- UVA 400 ..... 315 nm
- UVB 315 ..... 280 nm
- UVC 280 ..... 100 nm

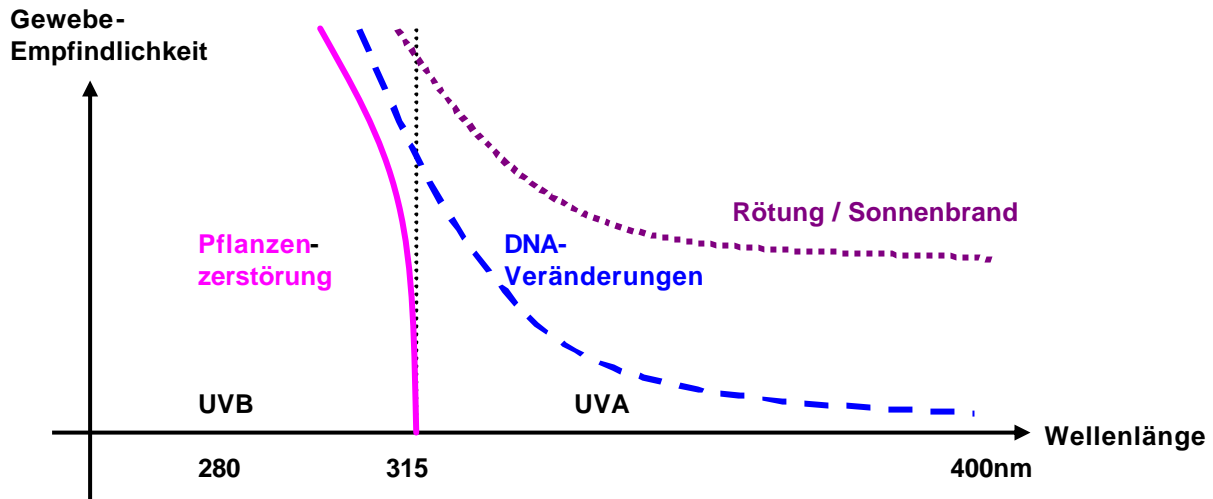
Die Ozonschicht in der Stratosphäre absorbiert UV-Strahlung bis zu einer Wellenlänge von 290 nm praktisch vollständig, längerwellige UV-Strahlen werden teilweise absorbiert. Die UV-Strahlung, welche schliesslich die Erde erreicht, besteht zu 95 % aus UVA und zu 5 % aus UVB.



## Wirkung von UV – Strahlen auf den Menschen

UV-Strahlung wirkt beim Menschen vor allem auf die **Haut und die Augen**.

### Haut:



Abhängig von der Wellenlänge, ist die Haut mehr oder weniger empfindlich. UVA dringt bis ins Unterhautgewebe ein und bewirkt Rötung / Sonnenbrand, hat aber geringe Wirkung auf die DNA (Erbsubstanz).

UVB hat geringe Eindringtiefe, schädigt aber die Erbsubstanz (DNA) bereits massiv. Hautzellen können dadurch entarten und bösartige Tumoren bilden (Hautkrebs).

Die Schädlichkeit der UV-Strahlung ist individuell sehr verschieden und vom Hauttyp abhängig. Hellhäutige, blonde und blauäugige Menschen sind am meisten gefährdet, dunkelhäutige, schwarzhaarige und braunäugige Menschen am wenigsten. Mit zunehmender Höhe nimmt die Intensität der UV-Strahlung zu. Bei längeren oder häufigen Flügen müssen deshalb Schutzmassnahmen ergriffen werden.

### Augen:

Bei akuter UV-Exposition entsteht eine Hornhaut Entzündung , die man auch als Schneeblindheit bezeichnet (sehr schmerzhaft)

Bei chronischer UV-Exposition resultiert eine Linsentrübung (grauer Star).

Für Flugbesatzungen ist deshalb eine UV-absorbierende Sonnenbrille unumgänglich.

## Ozon

in 10...50 km Höhe werden einzelne Sauerstoffmoleküle ( $O_2$ ) durch energiereiche Strahlen des Sonnenlichtes (UV von 100...200 nm) in einzelne Sauerstoffatome aufgespalten. Diese verbinden sich dann teilweise mit anderen  $O_2$  –Molekülen, wodurch Ozon ( $O_3$ ) entsteht.

- instabiles reaktionsfreudiges temperaturlabiles Gas
- zerfällt rasch in Anwesenheit von warmem Wasserdampf
- für den Menschen ein Reizgas, reizt Atemwege und Augen
- ab 0.1 – 0.2 ppm Husten und Atemnot
- > 10 ppm sind für den Menschen tödlich
- > 90 % des Ozons zwischen 15...35 km Höhe, filtert UV-Strahlung
  
- < 10 % erdnah, entsteht über Industriezonen und grossen Städten aus Vorläuferschadstoffen (Stickoxid ( $NO_x$ ), CO, Kohlenwasserstoffe, flüchtige organische Verbindungen) und langwelliger UV – Strahlung
- wird von  $NO_x$  allein rasch abgebaut
- Hauptbestandteil des Sommersmogs
- tagsüber steigt der Ozongehalt mit Licht und Abgasen
- nachts sinkt er mit Abgasen rascher

## Gasgesetze

### Dalton - Gesetz:

in einem Gasgemisch ist der **Gesamtdruck** gleich der **Summe aller Teildrucke** (Partialdruck)

$$P = P_1 + P_2 + \dots + P_n$$

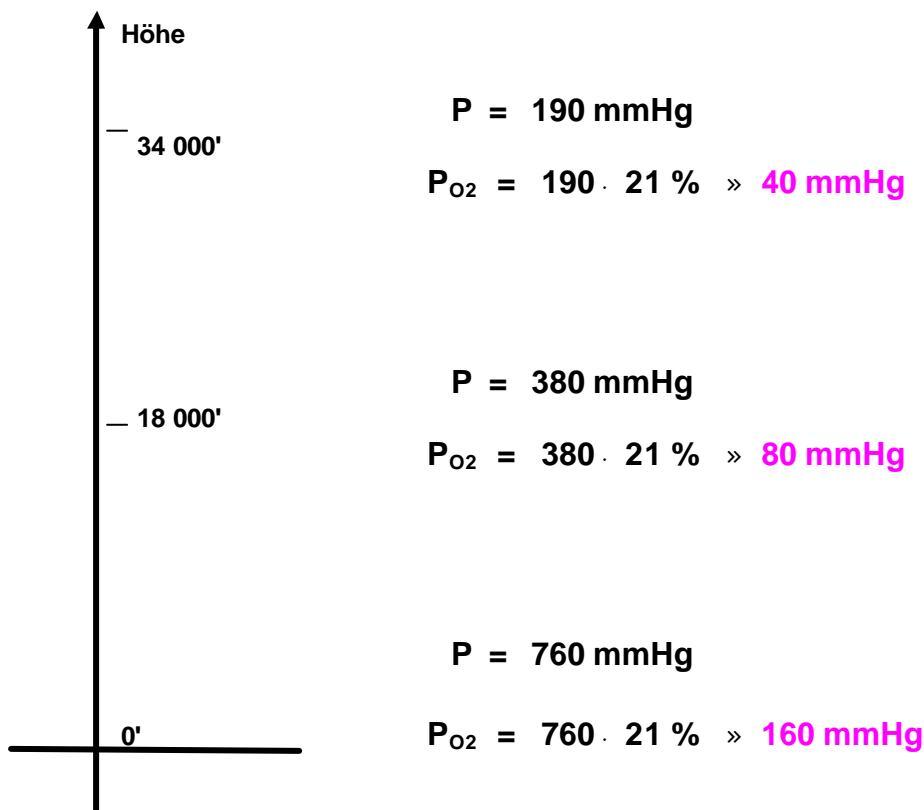
der **Teildruck** eines Gases ist **proportional dem prozentualen Volumenanteil** des Gases

$$P_n = P \cdot \frac{V_n}{V} \quad (V = \text{Volumen})$$

Anwendung: **Sauerstoffmangel in der Höhe**

Luftzusammensetzung:

21 % O<sub>2</sub>  
78 % N<sub>2</sub>  
1 % übriges (CO<sub>2</sub>, Edelgase, Staub ...)



## Boyle - Mariotte - Gesetz:

Das **Volumen** eines Gases verhält sich **umgekehrt proportional** zum Druck des Gases (konstanter Temperatur, trockenes Gas)

$$P \times V = \text{const.}$$

Sinkt der Druck eines Gases auf die Hälfte, so steigt sein Volumen auf das Doppelte.

Auf 18 000' ist der Luftdruck noch halb so gross wie auf Meereshöhe, das Volumen eines trockenen abgeschlossenen Gases wird also doppelt so gross.

$$V_2 = V_1 \frac{P_1}{P_2}$$

In unseren Körperhöhlen sind die Gase nicht trocken sondern mit Wasserdampf gesättigt. Bei 37°C beträgt der Wasserdampfdruck 47 mmHg (Partialdruck des Wasserdampfes).

Der effektive Gasdruck wird also um diesen Wert noch vermindert.

$$V_2 = V_1 \frac{(P_1 - 47)}{(P_2 - 47)}$$

Beispiel: auf FL340 ist der Druck noch 190 mmHg  
das Volumen ist bei wasserdampfgesättigtem Gas damit

$$V_2 = V_1 \frac{(760 - 47)}{(190 - 47)} = V_1 \cdot 5.027$$

**Henry - Gesetz:** Die in einer Flüssigkeit *gelöste Menge eines Gases* ist dessen *Druck* über der Oberfläche *proportional*

$$\frac{P_1}{M_1} = \frac{P_2}{M_2} \quad (M_n \text{ ist die beim Druck } P_n \text{ gelöste Gasmenge)}$$

Wird der Druck verdoppelt, so löst sich also auch die doppelte Gasmenge in der Flüssigkeit, wird der Druck halbiert, so wird die Hälfte der gelösten Gase frei

Beim Aufstieg aus Meereshöhe auf 18 000' wird die Hälfte der zuvor in der Körperflüssigkeit gelösten Gase frei (entlöst)

**Druckfallkrankheit (Caisson- oder Dekompressions - Krankheit)**

Beim raschen Sinken des Druckes *bilden* die *frei werdenden Gase überall im Körper kleine Bläschen*. Je nach Ort im Körper entstehen dadurch verschiedene Symptome:

**Bends:** Schmerzen in Gelenken und Muskeln  
(Gasbläschen in Muskeln und Gelenken)

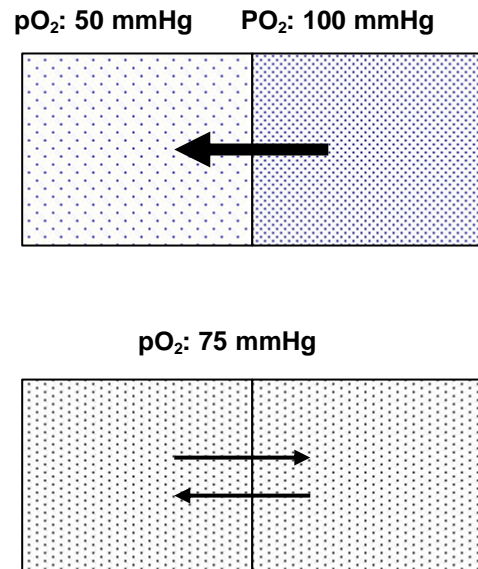
**Chokes:** brennender Schmerz hinter dem Brustbein mit Atemnot und Reizhusten (Gasbläschen in den kleinen Lungengefässen)

**Taucherflöhe:** Jucken und Kribbeln auf der Haut, ev. Rötung  
(Gasbläschen in Haut und Unterhautgefässen)

**Neurologische Symptome:** Schwindel, Übelkeit, Augenflimmern, Kopfschmerz.....später Verwirrtheit, Desorientierung

**Kreislaufversagen:** Gasblasen können den Blutstrom behindern oder Gefässe gar verstopfen  
(Gasembolie)

**Diffusionsgesetz:** sich berührende Gase unterschiedlicher Konzentration durchmischen sich bis das Konzentrationsgefälle ausgeglichen ist.



Aus dem Diffusionsgesetz folgt, dass ein Gastransport nur möglich ist, solange ein Konzentrationsgefälle besteht!

## Geschwindigkeit und Beschleunigung

Definitionen: - die pro Zeiteinheit zurückgelegte **Wegstrecke  $s$**  einer **Masse  $m$**  heisst **Geschwindigkeit  $v$**

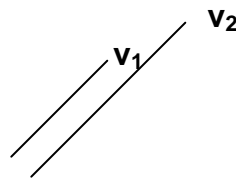
$$v = \frac{Ds}{Dt} \quad (\text{gilt für gleichförmige Bewegung})$$

Die Geschwindigkeit  $v$  ist ein **Vektor**, d.h. sie hat eine **Richtung** und einen **Betrag** (Tempo).

- Die **Änderung** der **Geschwindigkeit** pro Zeiteinheit heisst **Beschleunigung  $a$**

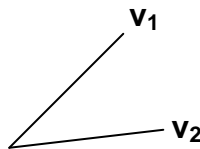
$$a = \frac{Dv}{Dt}$$

**Linear**beschleunigung: **Änderung des Tempos**, Richtung bleibt gleich



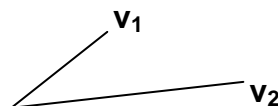
Bsp: - T/O  
- Abbremsen  
- Lift

**Radial**beschleunigung: **Änderung der Richtung**, Tempo bleibt gleich



Bsp: - Kurvenflug  
- Verstellpropeller  
- Zentrifuge

**Winkel**beschleunigung: **Änderung von Richtung und Tempo**



Bsp: - Schiebekurven  
- Spin  
- Kopfhören in Kurve

## Das Gewicht und das Lastvielfache

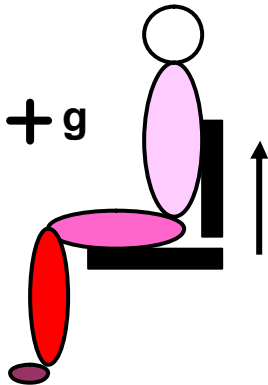
$$\text{Gewicht} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$$

Auf Meereshöhe wirkt auf jede Masse die Erdbeschleunigung  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$   
 $g$  wird zum Massstab der Beschleunigung, da sich das Gewicht proportional zum Vielfachen von  $g$  verhält:

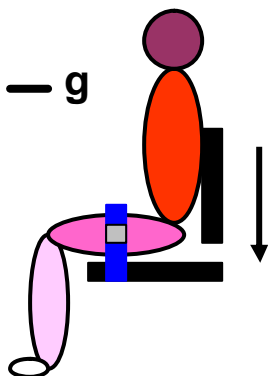
eine Person mit einem Gewicht von 75 kp (auf SL) hat

- bei  $3g$  ein Gewicht von 225 kp
- bei  $6g$  ein Gewicht von 450 kp
- auf dem Mond ( $1/6 g$ ) ein Gewicht von 12.5 kp

### positive / negative Beschleunigung



- $+g$ :
- der Körper wird **Kopf-wärts** beschleunigt
  - die **Trägheitskräfte** wirken **vom Kopf weg**
  - Gesäss wird **in den Sitz gedrückt**
  - **Blut** strömt in die **untere Körperpartie**
  - Blutdruck im Kopf sinkt → blackout  
→ Bewusstlosigkeit
- Bsp: Abfangen aus Sturzflug, Raketenstart



- $-g$ :
- der Körper wird **Fuss-wärts** beschleunigt
  - die **Trägheitskräfte** wirken **gegen den Kopf**
  - der Körper wird **in die Gurten gepresst**
  - **Blut** strömt **dem Kopf zu**
  - Blutdruck im Kopf steigt → Gefäße reißen  
→ Hirnblutung
  - Hochsteigen des Unterlids → red-out
- Bsp: Rückenflug  
Kunstflugmanöver  
wenn möglich vermeiden !!

Transversalbeschleunigungen (im rechten Winkel zur Körperachse) werden viel besser ertragen und hier nicht behandelt

**Toleranzgrenzen:**

positive g:	1 – 2 g	problemlos
	2 – 3 g	Gesichtsfeldverengung
	3 – 4 g	Gesichtsfeld röhrenförmig
	4 – 5 g	blackout
	5 – 6 g	Bewusstseinsverlust

negative g:	1 – 2 g	tolerabel
	2 – 3 g	red-out
	> 3 g	falls länger als 5 sec: Gefäßrupturen, Hirnblutung

**keep in mind:**

**tolerance of negative acceleration is much lower  
than that for positive acceleration**

(Flugzeuge:	normal	+ 3.8 / - 1.52
	utility	+ 4.4 / - 1.72
	Acro	+ 6 / - 3 )

## Atmung und Kreislauf

Leben heisst atmen oder anders gesagt, Leben heisst **Energie**.

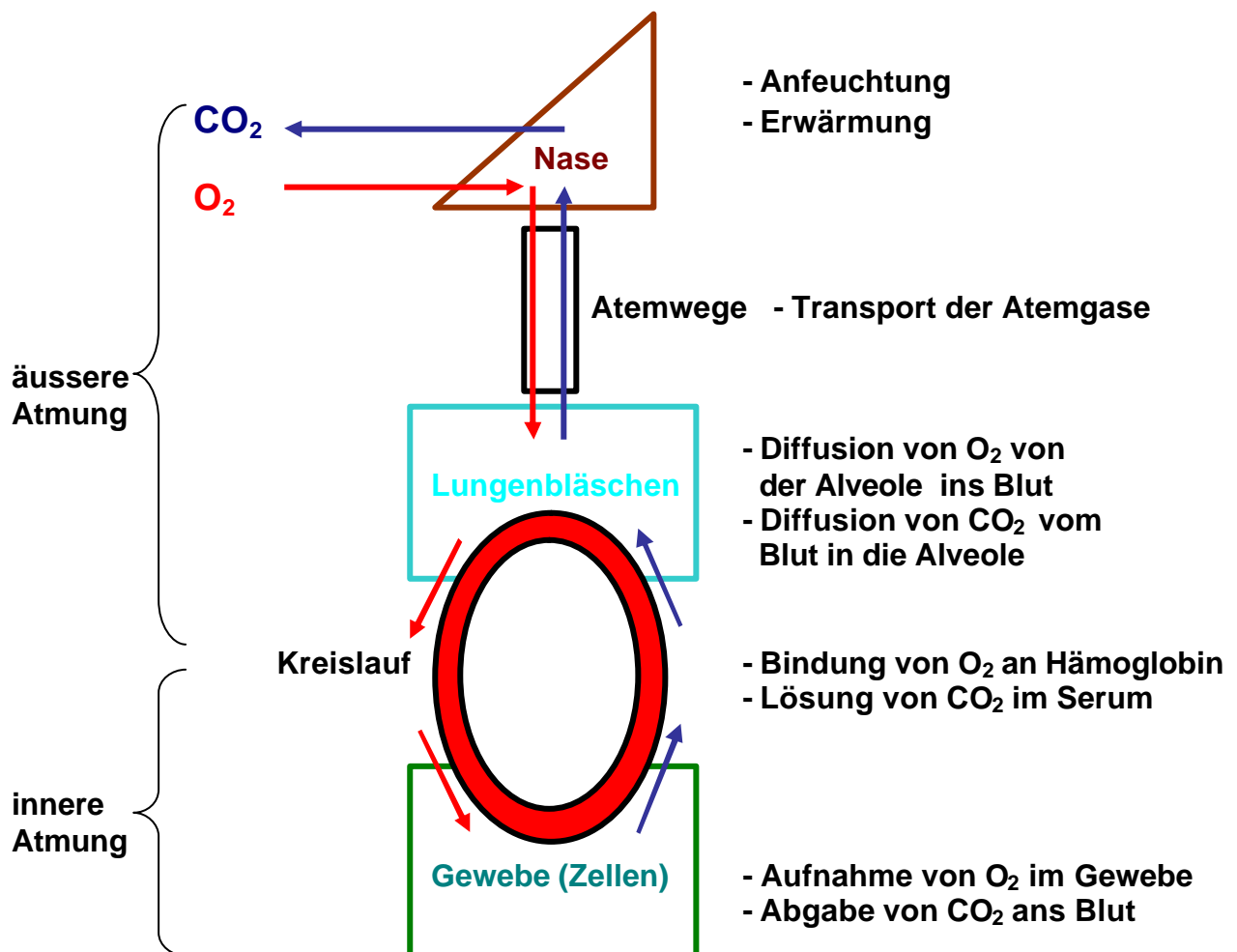
Für alle Lebensvorgänge brauchen unsere Körperzellen **Energie**. Die Zellen gewinnen diese Energie durch **Verbrennen von Energiestoffen** (Zucker, Fett, Eiweiss), durch **Oxidation**. Dafür braucht die Zelle **Sauerstoff O<sub>2</sub>**.

Die **Atmung** dient dem **Gasaustausch zwischen der Aussenluft und der Zelle**. Man unterscheidet dabei zwischen einer äusseren und einer inneren Atmung:

**Äussere Atmung:** Gasaustausch zwischen Aussenluft und Blut

**Innere Atmung:** Gasaustausch zwischen Blut und Zellen

### Schema der Atmung



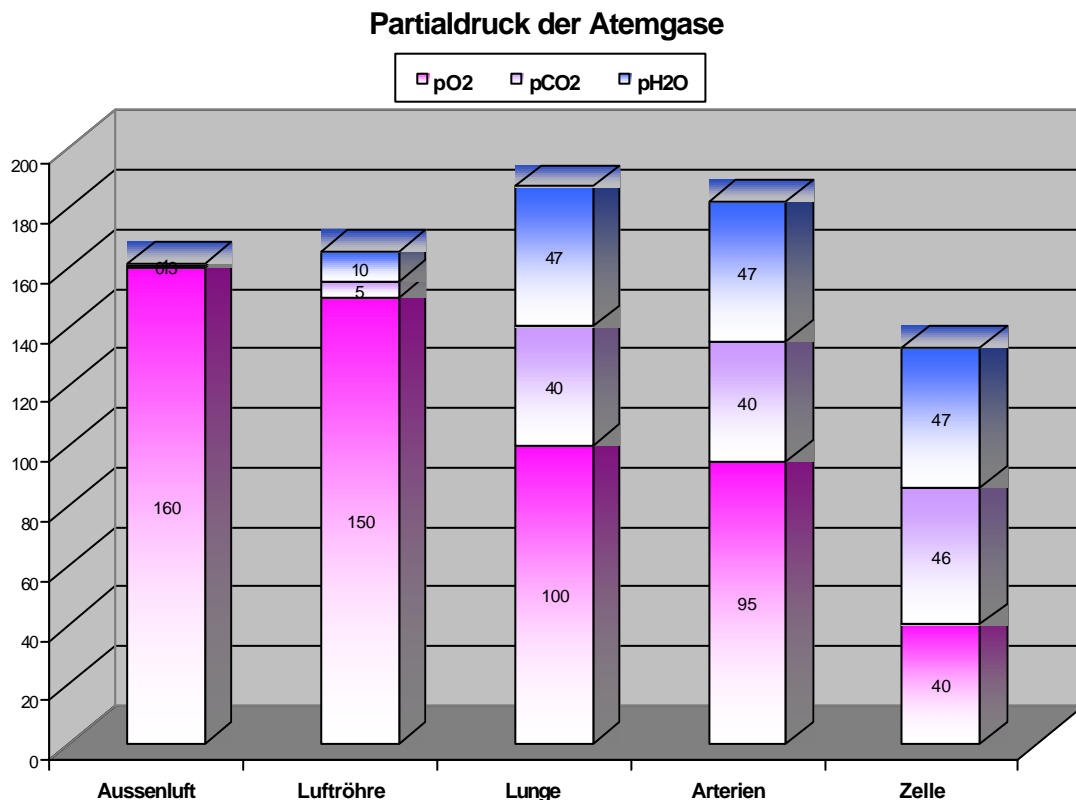
## Ablauf der Atmung

Die Atemluft gelangt durch aktives Einatmen via Luftröhre, Bronchien, Bronchiolen in die Lungenbläschen (Alveolen), von denen ein gesunder junger Mensch 300 ...500 Mio besitzt und die etwa 0.2 mm Durchmesser haben. In den Luftwegen wird die Atemluft angefeuchtet und ist in den Alveolen schliesslich zu 100 % mit Wasserdampf gesättigt (Partialdruck 47 mmHg).

Die äusserst dünnen Wände der Lungenbläschen sind durchsetzt von kleinsten Blutgefässen, den Kapillaren. Der Sauerstoff der Atemluft gelangt nach dem Diffusionsprinzip aus den Lungenbläschen in die Kapillaren, (diffundiert durch die Wände der Lungenbläschen und der Kapillaren). Das Blut in den Kapillaren besteht zu etwa 45 % aus roten Blutkörperchen, welche mit dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin beladen sind. Hämoglobin bindet den Sauerstoff und transportiert ihn mit dem Blut ins Gewebe. Dort gelangt der Sauerstoff wiederum durch Diffusion von den Kapillaren in die Zelle.

Durch die Verbrennungsvorgänge in den Zellen entsteht Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), welches von der Zelle ans Blut abgegeben und dort als Kohlensäure gelöst wird. Mit dem Blut gelangt  $\text{CO}_2$  in die Lungenkapillaren, diffundiert dort in die Alveolen und wird durch die passive Ausatmung an die Aussenluft abgegeben.

Nach dem Diffusionsgesetz ist Diffusion nur möglich, wenn ein Druckgefälle besteht. Die Druckdifferenz für  $\text{O}_2$  und  $\text{CO}_2$  zwischen Atemluft und Zelle ist der Motor des Gasaustausches.



## Atemvolumina

### Atemzugvolumen AZV

In Ruhe atmet der Mensch etwa 16 mal pro Minute ein Atemzugvolumen von etwa 500 ml ein und aus. Pro Minute sind das also etwa 8 Liter.

### Inspiratorisches Reservevolumen IRV

Willentlich oder bei Belastung können zusätzlich etwa 2 Liter eingeatmet werden.

### Expiratorisches Reservevolumen ERV

Nach der normalen Ausatmung können durch Pressen ebenfalls nochmals etwa 2 Liter zusätzlich ausgeatmet werden.

### Residualvolumen RV

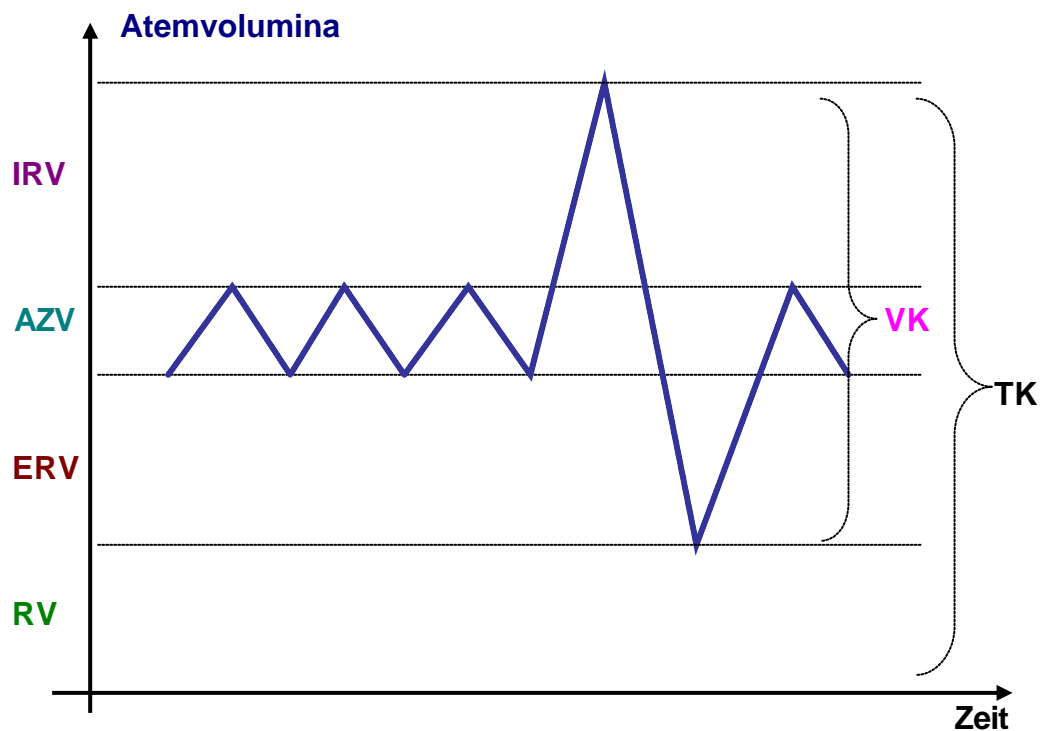
nach forcierter Ausatmung verbleiben noch etwa 1,5 L in den Lungen, welche nicht ausgeatmet werden können. Das Residualvolumen ist ein Puffervolumen; bei jedem Atemzug vermischt es sich mit der Einatemluft und verhindert so grosse Schwankungen der Gaszusammensetzung.

### Vitalkapazität VK

maximale Atemkapazität =  $AZV + IRV + ERV$

### Totalkapazität TK

maximaler Lungeninhalt =  $VK + RV$



## Steuerung der Atmung

Die Atmung wird vom Atemzentrum im Stammhirn gesteuert.

**Primäre Steuergrösse** ist die **CO<sub>2</sub> – Konzentration im Blut**. Sie wird laufend registriert und ein Anstieg, z.B. bei vermehrter körperlicher Arbeit, löst sofort eine Vertiefung und Beschleunigung der Atmung hervor. Damit wird der erhöhte O<sub>2</sub>– Bedarf gedeckt und der vermehrte CO<sub>2</sub>- Anfall abgeatmet.

Subjektiv erzeugt der Anstieg der CO<sub>2</sub> – Konzentration **Lufthunger** und wird nur sehr schlecht toleriert

**Sekundär** wird das Atemzentrum auch von einer verminderten **O<sub>2</sub> – Konzentration im Blut** erregt. Bei langsam abfallendem Sauerstoff-Partialdruck kann damit durch Vertiefung und Beschleunigung der Atmung vorerst ein Sauerstoffmangel verhindert werden.

Subjektiv wird der Abfall der O<sub>2</sub> – Konzentration im Blut nicht direkt wahrgenommen indem **kein Lufthunger** entsteht.

Im weiteren kann das Atemzentrum durch erhöhte Körpertemperatur, hormonell, und schliesslich auch willentlich erregt werden

**Merke: erhöhte CO<sub>2</sub> – Konzentration erzeugt Atemnot  
eniedrigte O<sub>2</sub> – Konzentration bleibt unbemerkt**

## Hyperventilation

neben den genannten Arten kann das Atemzentrum auch durch höhere Zentren des Gehirns (Grosshirnrinde, Limbisches System) erregt werden, so z.B. bei

- psychischer Erregung (Wut, Ärger, Freude)
- Angst

Dadurch wird die Atmung vertieft und beschleunigt. obwohl weder ein Sauerstoffmangel, noch ein Kohlendioxid-Überschuss besteht. Durch die vermehrte Atmung wird die Kohlendioxidkonzentration im Blut gesenkt, was zu einer Verschiebung des Säure- Basen- Gleichgewichtes führt (es wird vermehrt Kohlensäure abgeatmet, das Blut wird deshalb alkalisch). Dadurch ergibt sich eine Verschiebung des Calciums, was zu Kribbeln und Ameisenlaufen, Druck auf der Brust, Kältegefühl, Muskelkrämpfen (Tetanie), bis hin zur Bewusstlosigkeit führen kann. Durch den Druck auf der Brust entsteht subjektiv Atemnot und damit ein eigentlicher Teufelskreis:

Je stärker die Atmung desto grösser die Atemnot

Abhilfe: Rückatmung in Papiertüte, Frischluft nur bei jedem 5. Atemzug.

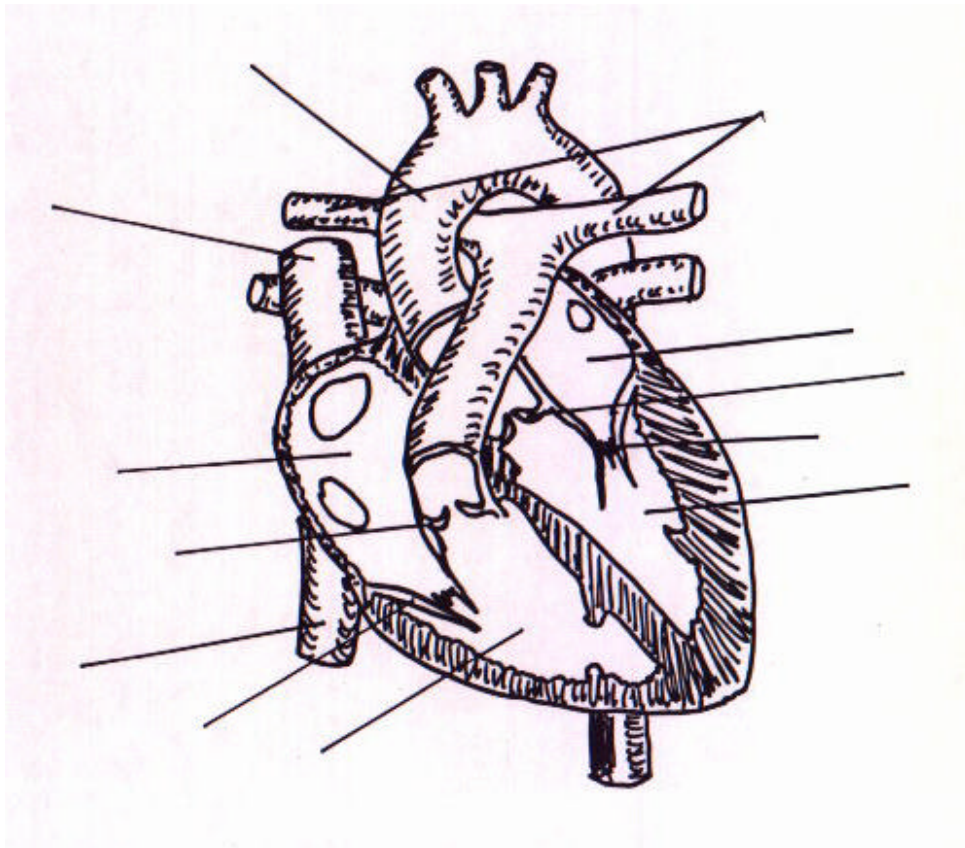
Dadurch wird das ausgeatmete CO<sub>2</sub> wieder eingeatmet und geht nicht verloren.

## Kreislauf

- **Beförderung des Blutes, das seinerseits die Körperzellen mit den lebenswichtigen Stoffen versorgt**
- **besteht aus**
  - Herz (linkes Herz / rechtes Herz)
  - Gefässen (Arterien, Venen, Kapillaren)
  - Blut
- **dient auch der Temperaturregelung**

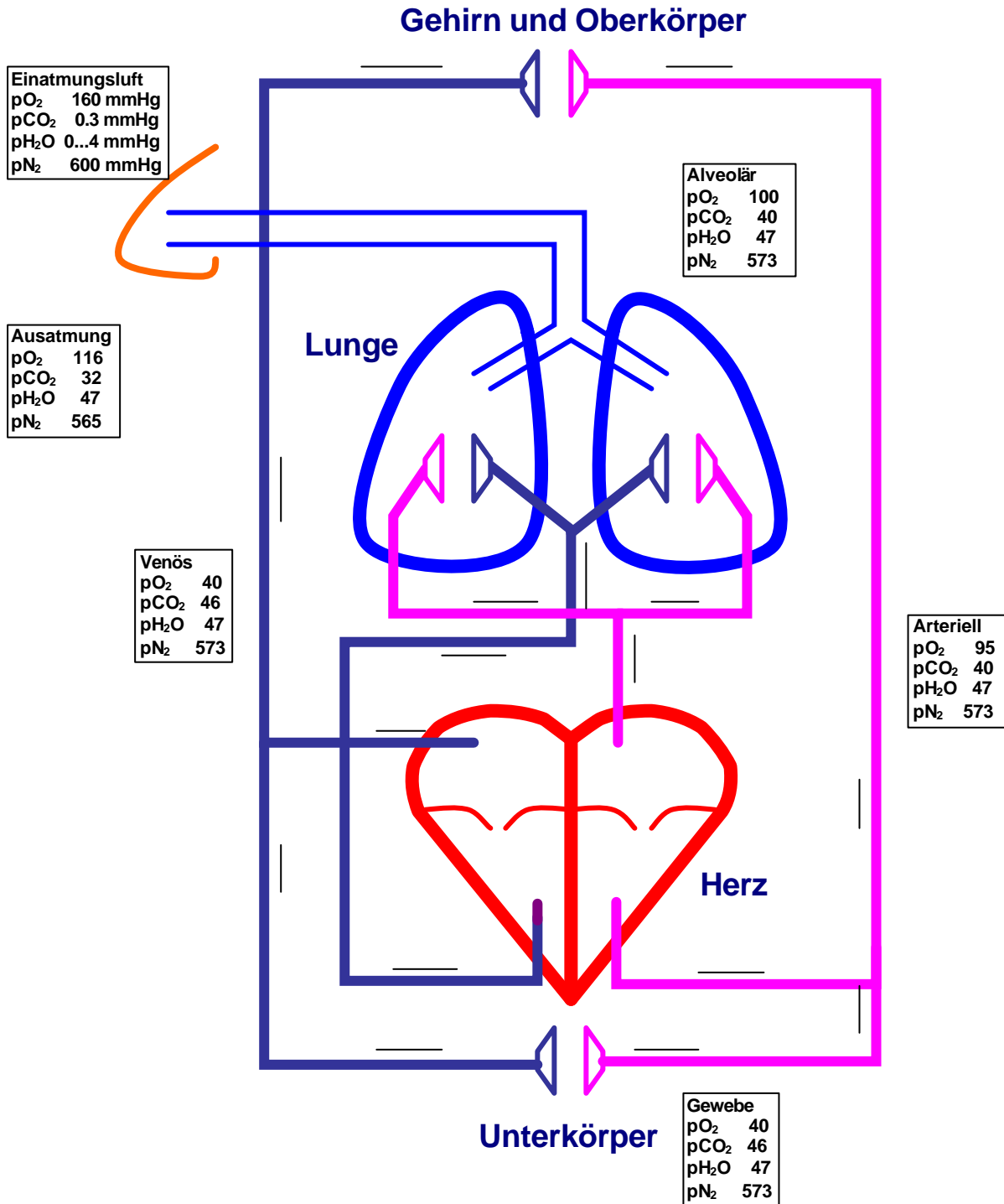
## Herz

- **Hohlmuskel, der durch rhythmische Kontraktion das Blut durch die Blutgefässe pumpt**
- **etwa faustgross, zwischen rechter und linker Lunge gelegen, Herzspitze zwischen 5. und 6. Rippe, leicht nach links gerichtet,**
- **Innenauskleidung, Muskelschicht, Herzbeutel**
- **zwei Vorhöfe und zwei Herzkammern**
- **vier Herzklappen (je eine am Eingang und Ausgang der Kammern)**
- **eigene Blutversorgung: Herzkranzgefässe (Koronarien)**



## Schema Blutkreislauf

- kleiner Kreislauf: **rechte Herzkammer** – Lungenarterien – Lunge – **Lungenvenen** – **linker Vorhof**  
Sauerstoff – Aufnahme ins Blut, Druck eher klein
- grosser Kreislauf: **linke Kammer** – **Aorta** – **Arterien** – **Gewebekapillaren** – **Venen** – **rechter Vorhof**  
Sauerstofftransport ins Gewebe



## Gefässe

- Transport des Blutes
- Arterien, gehen stets vom Herzen weg, haben dicke Muskelschicht, hoher Druck, Blut pulsiert
- Venen, führen stets zum Herzen, dünne Muskelschicht, niederer Druck, Blut strömt etwa gleichmässig
- Kapillaren, feinste Gefässchen für den Gas- und Stoffaustausch mit den Zellen
- Steuerung der Gefässmuskulatur durch das vegetative Nervensystem (Blutdruck- und Temperaturregelung)

merke: arterielles Blut ist sauerstoffreich  
venöses Blut ist sauerstoffarm  
die Lungenarterien enthalten venöses Blut  
die Lungenvenen enthalten arterielles Blut

## Blut

- ca 5 Liter
- 45 % Blutzellen
  - rote Blutkörperchen (Erythrocyten) enthalten den roten Blutfarbstoff Hämoglobin, der eine sehr grosse Sauerstoffbindungskapazität hat
  - weisse Blutkörperchen (Leucocyten), dienen der Infektabwehr
  - Blutplättchen (Thrombocyten), dienen der Blutgerinnung
- 55 % flüssiges Plasma mit Wasser, Eiweiss, Salzen, Stoffwechselprodukten, gelösten Gasen, Hormonen.....

## Räumliche Orientierung

⇒ komplexes Zusammenspiel multipler sensorischer Reize:

- Sinneszellen der Retina vor allem periphere Stäbchen
- 6 Bogengänge und 4 Statolithenorgane
- Sinnesempfindungen der Haut (Tastsinn, Druck, Berührung, Vibration) der Muskeln, Sehnen und Gelenke (propriozeptives System)

führendes Organ:

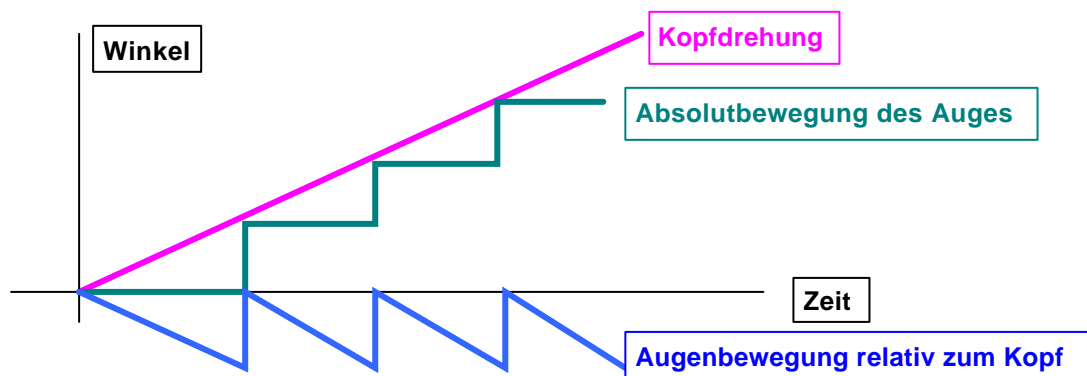
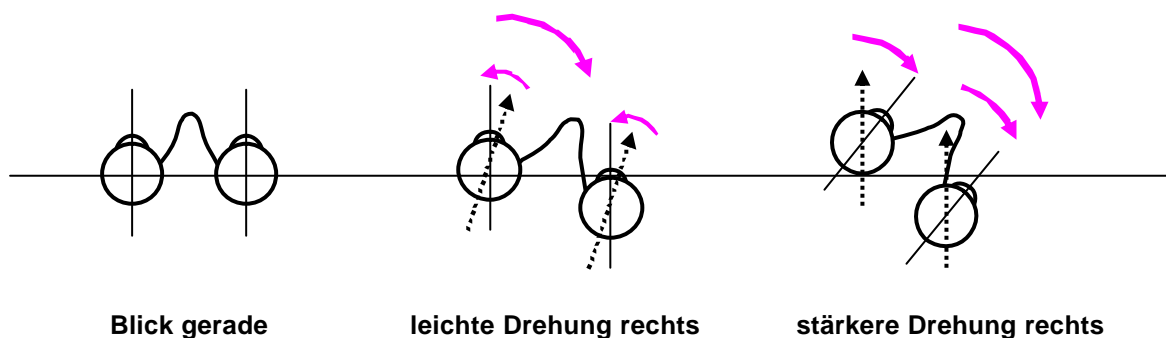
- **Augen (proportionale = kontinuierliche Wahrnehmung)**

Überwachungs- und Kontrollfunktion:

- Gleichgewichtsorgane (differenzielle Wahrnehmung)
- Tastorgane, Druck, Berührung, Vibration, Stellungs- und Bewegungsmelder in Gelenken

## Nystagmus

Bei kleiner Bewegung des Körpers werden via Sinnesempfindungen der Gleichgewichtsorgane die Augen derart nachgestellt, dass das auf der Retina erzeugte Bild stillsteht. Erst, wenn die Bewegung ein bestimmtes Mass übersteigt, werden die Augen sprunghaft nachgestellt:



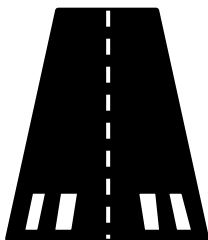
Gewöhnlich passen die Sinnesempfindungen der verschiedenen Sinnesorgane (Augen/Gleichgewicht/Tastsinn etc) zusammen (match), und es resultiert im ZNS eine korrekte Wahrnehmung. In speziellen Situationen klaffen die Sinnesempfindungen auseinander (mismatch) oder sie werden unzuweckmässig gedeutet. Dann resultieren Wahrnehmungen, welche nicht der Wirklichkeit entsprechen ⇒ **Illusionen** je nach primär verantwortlichem Organ unterscheiden wir **visuelle von vestibulären Illusionen**.

## Visuelle Illusionen = optische Täuschungen

- **Illusion der konstanten Grösse**

wir haben gelernt die Anflughöhe aufgrund des Pistenbildes zu beurteilen, indem wir es mit unserem Referenz- Pistenbild vergleichen. Dies gibt gute Resultate, solange wir stets horizontale Pisten gleicher Grösse anfliegen. Ändern Pistenbreite oder Neigungswinkel, ergeben sich leicht Fehlanflüge:

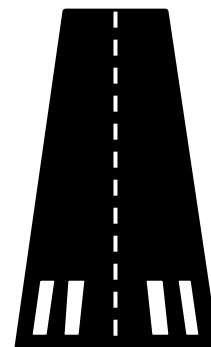
- **Runwayneigung**



horizontaler RWY  
Anflug korrekt

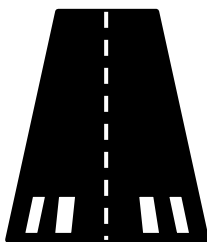


abfallender RWY  
Anflug zu hoch

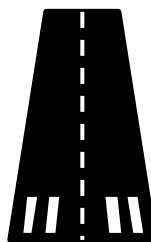


ansteigender RWY  
Anflug zu tief

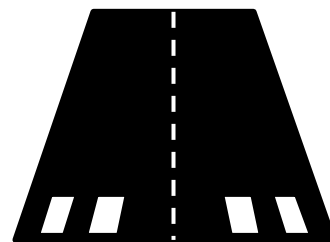
- **Runwaybreite**



gewohnte RWY – Breite  
Anflug korrekt



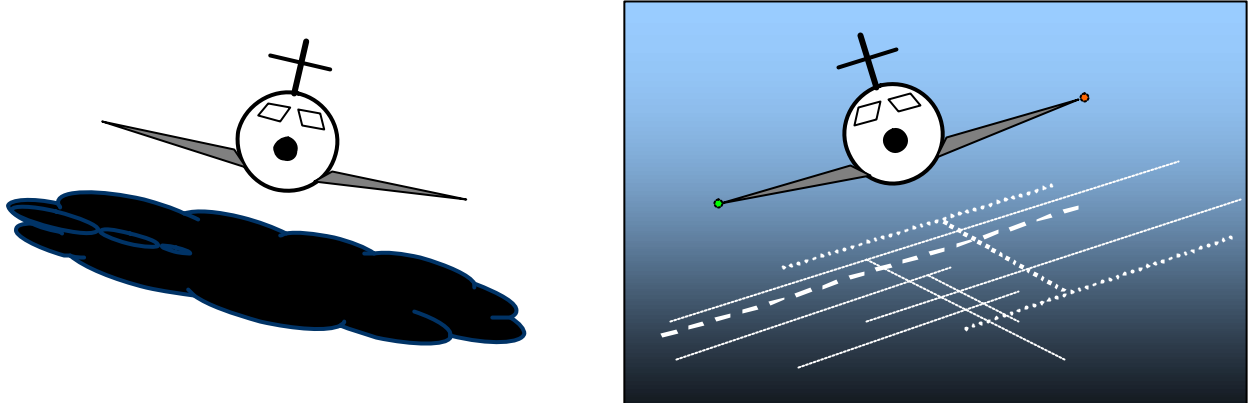
RWY schmaler  
Anflug zu tief



RWY breiter  
Anflug zu hoch

- **Falscher Horizont Illusion der Querlage**

Schräg verlaufende Konturen (Wolkenobergrenze, Lichterkette in der Nacht etc.) können als Horizont missdeutet werden, es entsteht die Illusion einer Querlage. Korrigiert der Pilot, nimmt er unbemerkt eine Querlage ein.



- **schwer abgrenzbarer Horizont**

besonders in der Dämmerung oder Nacht bei bedecktem Himmel kann es schwierig sein, den Horizont sicher abzugrenzen. Dunkle Geländebereiche oder Wasserflächen werden mit Himmel verwechselt, Bodenlichter als Sterne missdeutet, Lichtreflexe und Spiegelungen im Cockpit täuschen Lichter am Boden vor etc. Konsequenz:

**Nachtflüge müssen stets nach Instrumenten kontrolliert werden**

Analoge Probleme treten beim Fliegen über schlecht abgrenzbaren Schneefeldern auf.

- **Illusion der Annäherung / Entfernung durch Änderung der Lichtintensität**

Nimmt die Leuchtkraft einer äusseren Lichtquelle (z.B. durch Lufttrübung) ab, täuscht dies ein Entfernen der Lichtquelle vor. Beim Formationsflug durch verschiedenen feuchte Luftschichten kann es sehr schwierig sein, aufgrund der Positionslichter den Abstand zum nächsten Flugzeug richtig einzuschätzen.

- **Autokinese**

Fixiert man im Dunkeln ein einzelnes Licht über mehrere Sekunden, scheint sich dieses zu bewegen. Durch Vergleich mit einer fixen Referenz im Raum kann die Illusion erkannt werden.

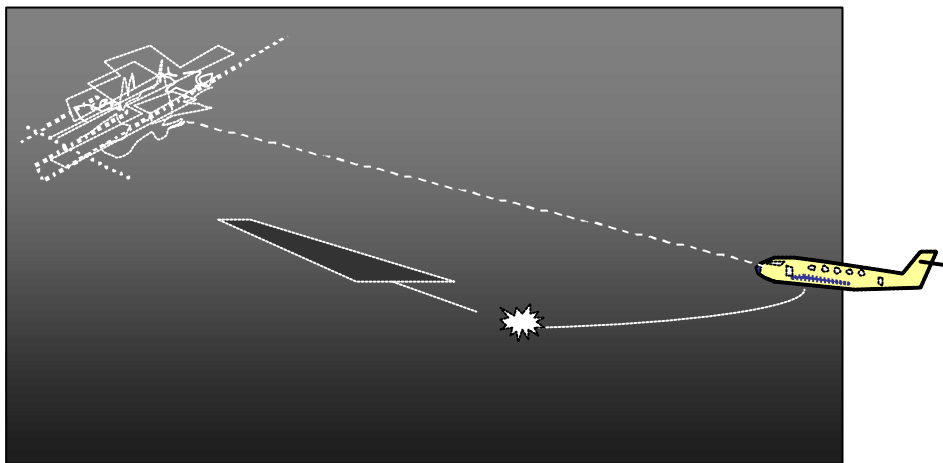
**Einzelne Lichter im Dunkeln nur mit Bezug auf fixe Referenz über längere Zeit fixieren**

- **Black – hole und whiteout Anflüge**

Bei einem Anflug in dunkler Nacht über Wasser oder dunkles Terrain fehlen die optischen Reize aus der Peripherie des Gesichtsfeldes. Der Pilot sieht im schlechtesten Fall nur gerade die Pistenbeleuchtung, der Rest ist schwarz ein Horizont kann nicht abgegrenzt werden (= black hole).

Dies erweckt den Eindruck, das Flugzeug ruhe, während sich die Piste bewege.

Besonders erschwerend ist der black – hole – approach, wenn im fernen Hintergrund die Lichter einer Stadt auf *ansteigendem* Terrain sichtbar sind. Die Stadt wird dann als visuelle Referenz gewählt. Weil man sie aber in der Ebene wähnt, wird die eigene Höhe als zu hoch eingeschätzt, der Anflug erfolgt zu tief.



Beim whiteout – approach verwischt der Horizont z. B. zwischen einer schneebedeckten Oberfläche und einem hellen dunstigen Himmel, so dass er nicht mehr abgrenzbar ist. Eine andere whiteout – Situation entsteht durch aufwirbelnden Schnee, besonders häufig bei Helikopterlandungen im Schnee.

Die beim whiteout entstehenden Probleme sind analog zum black - hole.

**Beim black – hole und whiteout approach ist die ständige Kontrolle von Altitude und Attitude lebenswichtig !**

- **Bewegungs – Illusionen**

Bewegung eines fixierten Objekts erweckt den Eindruck, man bewege sich selber und das Objekt stehe still (Vorwärtsfahren eines Zuges auf dem benachbarten Geleise wird als Rückwärtsfahren des eigenen Zuges missdeutet, etc.)

Diese Art Illusion wird in den Flugsimulatoren genutzt

## Vestibuläre Illusionen = Täuschungen des Gleichgewichtssinnes

die Sinnesempfindungen der Augen, des Gleichgewichts und der Körpersensoren (Druck / Tast / Gelenk / Sehnen / Muskeln) passen nicht zusammen (mismatch), die resultierende Wahrnehmung ist verzerrt oder eventuell völlig falsch.

Durch den Versuch des ZNS, die divergierenden Empfindungen doch noch zu korrelieren, werden auch vegetative Zentren gereizt, vorab das Brechzentrum und Zentren der Temperaturregelung und der Blutdruckkontrolle

Dadurch entstehen eventuell die typischen Zeichen der **Kinetose = motion sickness** (Luft- / Reise- / Seekrankheit)

⇒ Übelkeit, Brechreiz, Schweissausbrüche, Kollaps

### Beispiele von vestibulären Illusionen:

- **IMC mit Turbulenz**

- ⇒ Augen auf Instrumente gerichtet, dashboard = "Horizont"  
periphere Zonen der Retina melden keine Bewegung
- ⇒ Gleichgewichtsorgane melden Bewegungen des Flugzeugs
- ⇒ der mismatch erzeugt eine Kinetose

(gleiche Probleme bestehen z.B. beim Lesen im fahrenden Fahrzeug / Schiff)

- **IMC im raschen, kurzen Kurvenflug**

- Augen ruhen auf Instrumenten, "Horizont" steht still  
Gleichgewichtsorgan nimmt aber Drehung wahr
- ⇒ stellt Augen entsprechend nach
- ⇒ Drehschwindel, Kinetose

- **IMC im langgezogenen flachen Kurvenflug**

- Augen ruhen auf Instrumenten, "Horizont" steht still  
Gleichgewichtsorgan nimmt Beginn der Drehung wahr, Fortsetzung der Kurve wird nicht mehr erkannt (keine Beschl.)
- ⇒ Ausleiten der Kurve wird als Drehung zur Gegenseite missdeutet.

- **IMC in enger, koordinierter Steilkurve**

- Augen ruhen auf Instrumenten  
Drehung wird nicht wahrgenommen bzw. visuell unterdrückt
- ⇒ Fliehkräfte der Steilkurve werden als Steigen missdeutet

- **IMC mit unterschwelligem Rollen ( $< 1^\circ / \text{sec}^2$ ) ("Leans")**

- ⇒ Rollbewegung wird nicht wahrgenommen
- korrigiert der Pilot schliesslich die Rollabweichung mit einer raschen Rollbewegung zur Gegenseite wird dies vom Gleichgewicht wahrgenommen und als
- ⇒ Eindruck der Querlage zur Gegenseite missdeutet.
- ⇒ als Kompensation lehnt der Pilot Richtung ursprüngliche Rollbewegung ("leans")

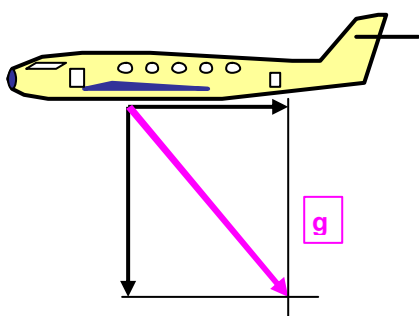
- **Graveyard Spin (Graveyard = Friedhof)**

- ⇒ dauert ein Spin länger, wird die Drehbewegung nicht mehr wahrgenommen (keine Beschleunigung)
- ⇒ beim spin recovery entsteht der Eindruck eines Spins zur Gegenseite
- ⇒ Pilot korrigiert die Fluglage und erzeugt damit wieder den ursprünglichen Spin
- ⇒ Spin und Gegenspin reihen sich im schlimmsten Fall aneinander bis zum Aufschlag am Boden

- **Graveyard Spiral**

in längerer Steilspirale verliert der Pilot den Eindruck der Drehung. Leitet er die Spirale aus, entsteht der Eindruck einer Gegendrehung und Rollen zur Gegenseite. Vertraut er seinem Gefühl (anstatt den Instrumenten !!), korrigiert er in die ursprüngliche Spirale zurück, denn nur so hat er den Eindruck eines level flight. Merkt er nun, dass er Höhe verliert, zieht er am Steuerhorn und / oder gibt mehr power. Dadurch wird die Spirale steiler, die g – Belastung steigt und gibt dem Piloten das Gefühl, das Flugzeug aufzufangen, obwohl er sich nur umso rascher dem Boden nähert. Nur konsequentes Vertrauen auf die Instrumente kann hier die Katastrophe abwenden!

- **Somato – grafische Illusion**



Wird der Körper beschleunigt wie z.B. beim takeoff, zeigt die resultierende g – Belastung nach unten und rückwärts. Dies ergibt den Eindruck einer nose- high attitude. Korrigiert der Pilot mit Drücken des Steuerhorns, folgt rasch ein crash in nose-down attitude. Speziell gefährdet sind Piloten nach Katapultstart vom carrier in IMC

- **Kopfstand – Illusion**

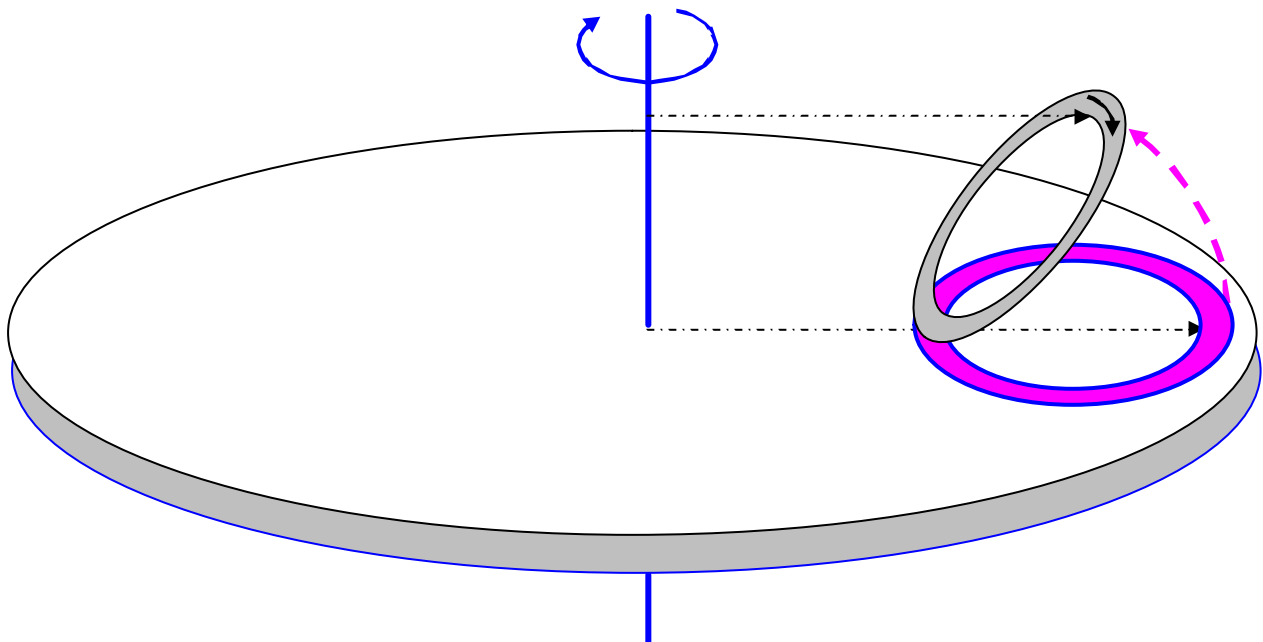
Ein rascher level off in IMC aus steilem Steigflug erzeugt eine negative g-Belastung. Man wird vom Sitz gehoben und in die Gurten gepresst und es entsteht der Eindruck einer Kippung nach hinten, bis man schliesslich glaubt, auf dem Kopf zu fliegen

- **Occulo – grafische Illusion**

⇒ visuelle Entsprechung der somatografischen Illusion. Beispiel: speed brakes ⇒ somatografisch Eindruck einer nose-down attitude. Gleichzeitig scheint sich das Instrumenten- pannel nach unten zu bewegen = occulografische Illusion

- **Coriolis – Illusion**

liegt ein Bogengang in einer gleichförmig rotierenden Ebene, so wird nach kurzer Zeit keine Beschleunigung mehr wahrgenommen (horizontaler Bogengang in langgezogenem Kurvenflug). Kippt man den Bogengang aus der Ebene heraus, nimmt die Umlaufgeschwindigkeit am äusseren Bogengangsende ab. Da die Endolymphe Trägheitsbedingt weiterläuft, entsteht der Eindruck einer Drehung in der Ebene des betreffenden Bogenganges (Senken oder Heben des Kopfes im Kurvenflug). Die Nachstellbewegung der Augen (Nystagmus) wird subjektiv als Drehschwindel (Vertigo) wahrgenommen.



typische Manöver:

- Bücken bei Eindrehen in den Anflug (um eine Anflugkarte aufzuheben)
- Einleiten eines sinkfluges aus koordinierter Kurve
- Kopfdrehen zur Luftraumbeobachtung bei Sinkflug-Einleitung

**Orientierungsverluste und Vertigo** entstehen vor allem, wenn die visuelle Wahrnehmung gestört ist, also in **IMC**. Das **Fliegen nach Instrumenten** ist dann **überlebenswichtig**.

Da der künstliche Horizont aber klein ist, werden bei seiner Fixation nur die zentralen Gebiete des Gesichtsfeldes gereizt. Die für die Kontrolle der Fluglage entscheidenden **peripheren Reize des Gesichtsfeldes fehlen**, bzw werden durch die fixen Konturen des Instrumentenbrettes verfälscht.

**Das Fliegen nach dem künstlichen Horizont bedarf deshalb ausgedehnter und fortlaufender Übung.**

Darüber hinaus helfen folgende Massnahmen, einer Desorientierung oder einem Vertigo vorzubeugen:

- keine unnötigen Kopfbewegungen
- gute Trimmung
- koordinierte Steuerbewegungen
- keine Strobelights in Wolken

merke:

Bei visueller Kontrolle (VMC), mit Übung und durch zweckmässiges Verhalten können viele der genannten Illusionen bis zu einem gewissen Grad unterdrückt werden. Andererseits kann der Einfluss von **Alkohol, Medikamenten, Stress, Schlafmangel, Infektionskrankheiten** die Toleranz für Orientierungsstörungen drastisch verringern.

Abhilfe bei Kinetose:

- Kopf ruhig in Neutralstellung halten
- geradeaus, wenn möglich auf unbewegte Strukturen schauen
- Frischluft zuführen

Prävention der Kinetose:

- kleine fett- und eiweissarme Mahlzeiten, genügend trinken
- Sitzposition möglichst im Schwerpunkt des Flugzeugs
- Medikamente (**nur** für Passagiere)

Bei Reizung des Gleichgewichtsorgans aus **Krankheitsgründen** kann ein sehr heftiger Drehschwindel entstehen, der die räumliche Orientierung absolut verunmöglicht.

## Auswirkungen auf den Körper - Pathophysiologie

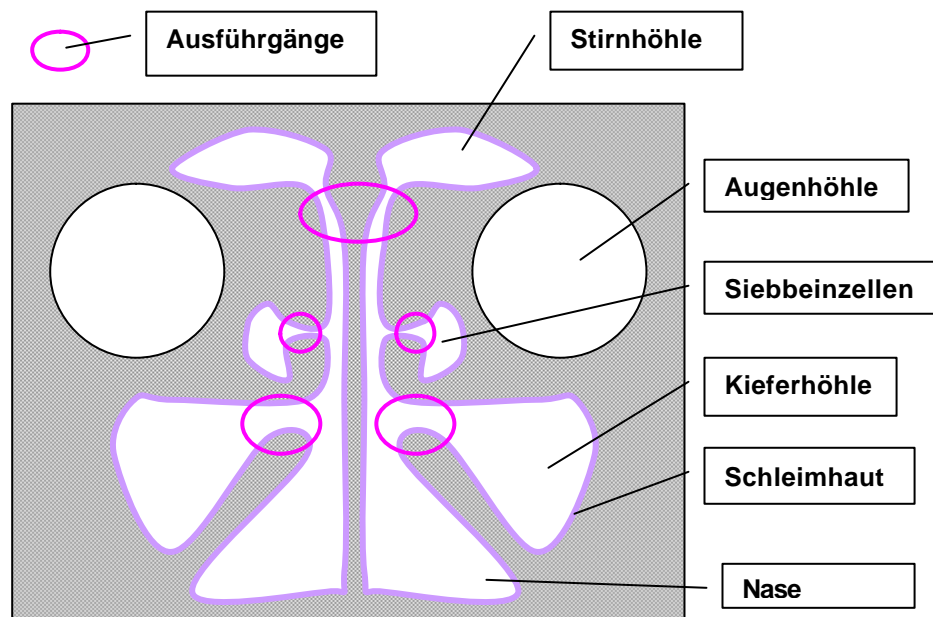
### Physikalische Wirkung von Druckänderungen

Mit zunehmender Flughöhe nimmt der Luftdruck ab. Beim Aufstieg strömt die Luft deshalb aus den Nasennebenhöhlen (Stirnhöhlen, Kieferhöhlen, Siebbeinzellen, Keilbeinhöhle) über die Ausführgänge in die Nase und damit nach aussen.

Beim Abstieg wird Luft über die Ausführgänge in die Nebenhöhlen eingesogen.

Bei Erkältung sind die Schleimhäute verdickt und die Ausführgänge zum Teil durch Schleim verlegt. Es entsteht ein Ventileffekt, der die Luft bei Überdruck (Aufstieg) zwar ausströmen lässt, bei Unterdruck (Abstieg) kann sie aber nicht mehr nach fließen. Der zunehmende Unterdruck in den Nebenhöhlen beim **Abstieg** kann ganz massive Schmerzen verursachen. Bei raschem Abstieg oder bei Druckabfall in der Kabine kann es sogar zu Blutungen der Schleimhaut kommen (Barosinusitis)

### Nase und Nebenhöhlen ( Sinus)



Im **Steigflug** dagegen dehnen sich Gase in den Hohlorganen aus (**Magen, Darm**), was zu unangenehmen **Blähungen** führen kann. Auf der anderen Seite wird überall dort, wo Gase oder Flüssigkeiten in Höhlen eingeschlossen sind, die sich nicht ausdehnen lassen, der Druck im **Steigflug** zunehmen. Auch dies kann sehr schmerzhaft sein, (z. B. bei **Zahnabszessen, sogenannte Barodontalgie**)

## Sauerstoffmangel = Hypoxie

⇒ es gelangt zu wenig Sauerstoff ins Gewebe

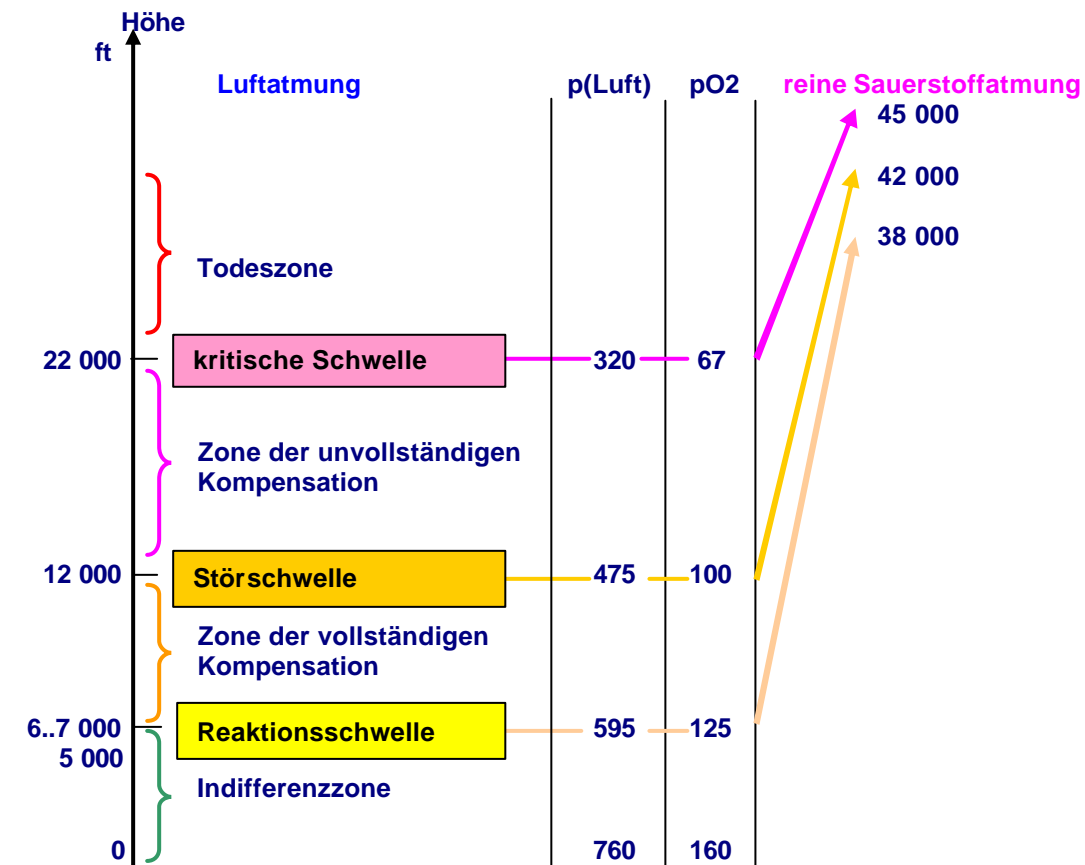
### Gründe:

- 🔥 zu tiefer Sauerstoffpartialdruck der Einatemluft (Dalton!)
- 🔥 Kreislaufschwäche
- 🔥 Blutverlust
- 🔥 zu wenig Hämoglobin (Anämie)
- 🔥 Gifte, Konkurrenten des Sauerstoffs (CO beim Rauchen)
- 🔥 Lungenkrankheiten....

Anfänglich hat der Körper Kompensationsmöglichkeiten:

- 👍 Schlagvolumen ↑
- 👍 Pulsrate ↑
- 👍 Atemfrequenz und Atemtiefe ↑

Mit zunehmender Höhe reichen diese Mechanismen nicht mehr aus und der Sauerstoffmangel wird manifest.



## Sauerstoffmangel - Symptome:

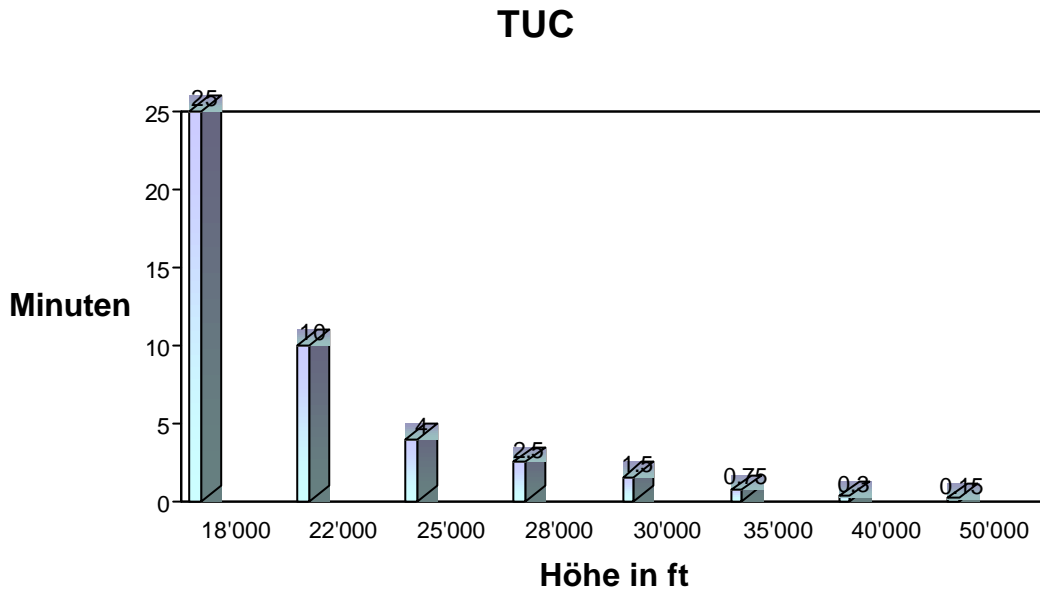
- ab 5'000 ft      **Nachtsehen** ↓
- ab 7'000 ft      **Puls** ↑, **Schlagvolumen** ↑, **Atmung** ↑
- ab 12'000 ft      **diffuse körperliche und geistige Verschlechterung**  
**Müdigkeit, Schläfrigkeit**  
**Wärme- / Hitzegefühle in Kopf und Körper**  
**Druckgefühl im Kopf**  
**Verlangsamung, Konzentrationsschwäche**  
**Wiederholungen, Wurstigkeit**  
**Hyperventilation, Kribbeln an Mundwinkeln und Fingern**  
**Sehstörungen / Schwindel**  
**Euphorie, Kritiklosigkeit, Urteilsfähigkeit** ↓,  
**Gedächtnis** ↓  
**Gesichtsfeldeinschränkung, Farbsehen** ↓
- ab 22'000 ft      **Zittern, Blässe, Schwitzen**  
**Klossige verlangsamte Sprache**  
**Koordinationsstörungen**  
**Muskelzuckungen**  
⋮  
**Bewusstlosigkeit**  
⋮  
**Tod durch Kreislaufversagen**

merke:

**Grenzen gelten für junge gesunde Leute  
Kranke, Ältere, Raucher etc reagieren rascher !**

**fast alle Leute haben spezifische individuelle oft noch harmlose Symptome des Sauerstoffmangels (Besorgtheit, Müdigkeit, Kopfschmerz, Schwindel, Übelkeit, heisse / kalte Schauder). Diese Symptome zu kennen, ist von ganz grosser Bedeutung, um einen Sauerstoffmangel frühzeitig zu bemerken.**

**TUC = Time of useful consciousness**  
**EPT = effective performance time**  
**= Selbstrettungszeit**

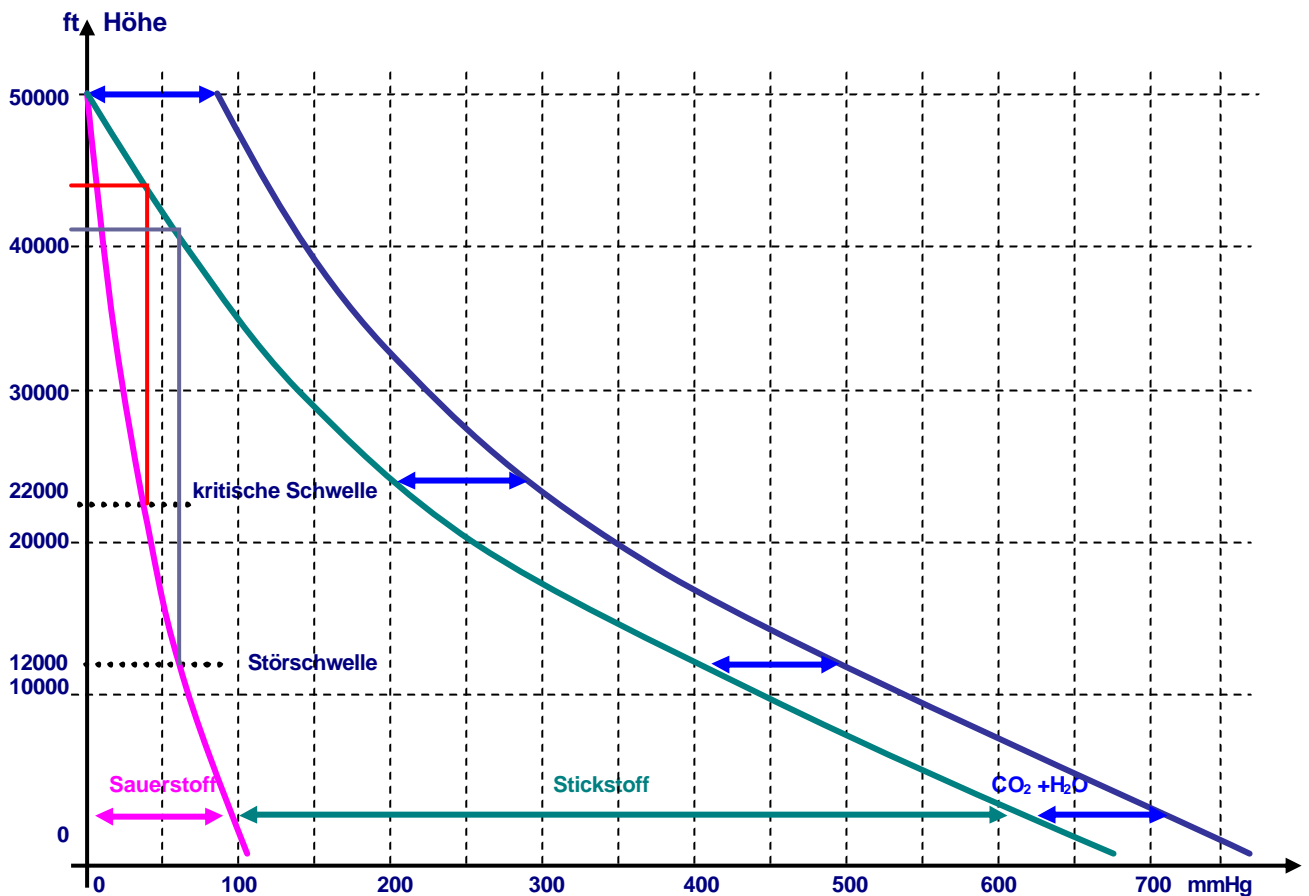


Diese Zeiten gelten für gesunde Personen in Ruhe und mässig rascher Dekompression. Bei sehr rascher Dekompression sind die Zeiten für die TUC noch um bis 50 % verkürzt (durch den sehr plötzlichen Druckabfall, diffundiert O<sub>2</sub> aus dem Blut in die Alveolen und wird abgeatmet!)

Bei körperlicher Arbeit ist die TUC ebenfalls deutlich reduziert.

**Schlussfolgerung: Sauerstoff in Griffnähe bereit**

## Gasdruck bei Luft- bzw reiner Sauerstoffatmung in der Lunge



### Abhilfe gegen Sauerstoffmangel

- Erhöhen des Sauerstoffpartialdrucks ⇒ Sauerstoffatmung
  - Erhöhen des Umgebungsluftdrucks ⇒ Druckkabinen
- ⇒ Druckanzüge

Bsp Sauerstoffatmung:

Höhe: 18'000 ft

Forderung: Sauerstoffgehalt wie auf SL

Frage: % O<sub>2</sub> ?

Abschätzung:

Auf SL: Druck 760 mmHg ⇒ pO<sub>2</sub> = 21% = 160 mmHg

Druck auf 18'000 ft: 380 mmHg ⇒ davon 160 mmHg O<sub>2</sub> = 42 % O<sub>2</sub>

Sauerstoffbedarf für SL-Aequivalent:

Höhe	% O <sub>2</sub>
SL	21
5'000 ft	25
10'000 ft	31
15'000 ft	40
20'000 ft	49
25'000 ft	62
30'000 ft	81
34'000 ft	100

## Erhöhen des Umgebungsluftdrucks

- Druckkabinen

oberhalb 34'000 ft kann auch mit 100 %-iger Sauerstoffatmung kein genügend hoher  $O_2$  – Partialdruck in den Lungen erzeugt werden; ab dieser Höhe muss der Umgebungsdruck erhöht werden. Im Linienverkehr wird der Druck mit der Druckkabine auf einen Wert entsprechend 5000....8000 ft (1500...2500 m) stabilisiert. Damit ist man für gesunde Passagiere auch ohne Sauerstoffzugabe im Bereich der vollständigen Kompensation.

Für **Kranke** (Herzkrankheiten, Lungenkrankheiten, Blutverlust, Anämie, etc. ) muss aber auch auf dieser Höhe eventuell **zusätzlich Sauerstoff** gegeben werden

- Druckanzüge
- Überdruckatmung

## Probleme des Druckabfalls in der Druckkabine

### physikalisch

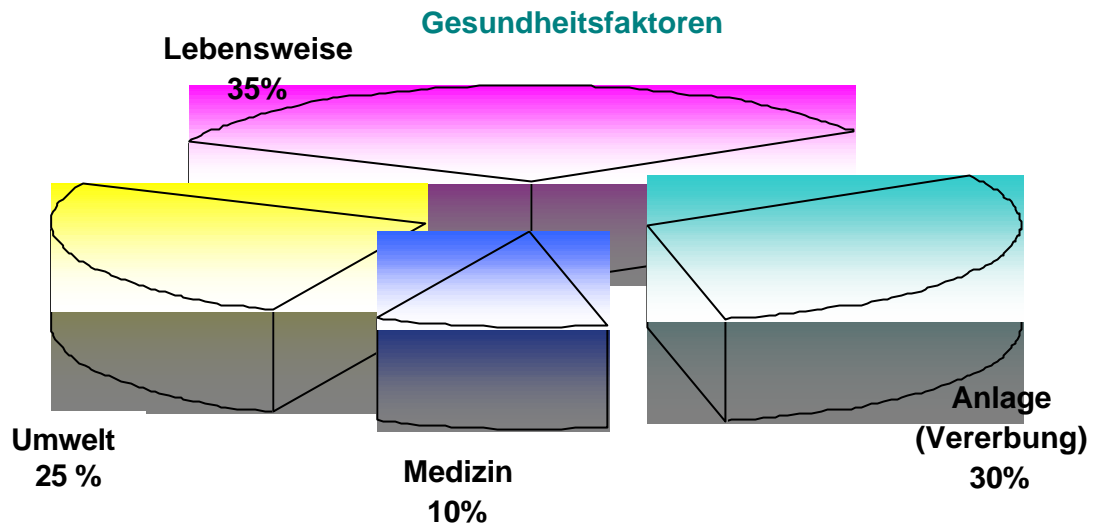
- Lärm ( Zischen .....Knall)
- Luftstoss (air blast), bei rascher Deko können sogar Passagiere mitgerissen werden
- Nebel (Druckabfall und Abkühlung senken den maximal möglichen Wassergehalt der Luft)

### physiologisch

- Sauerstoffmangel (Hypoxie)
- Ausdehnung der Körpergase (Boyle-Mariotte)
- Dekompressionskrankheit
- Hypothermie (Untertemperatur)

## Gesundheitsvorsorge

Die Gesundheit wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst:

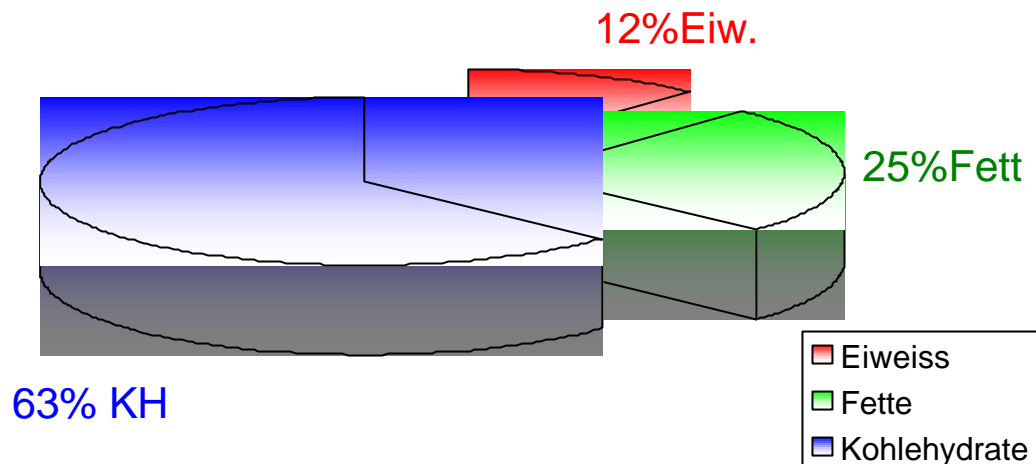


Mit gesunder Lebensweise tragen wir also wesentlich mehr zu einer guten Gesundheit bei als durch medizinische Massnahmen!

- 😊 **Ausgewogene Ernährung**
- 😊 **genügend Flüssigkeit**
- 😊 **genügend Schlaf**
- 😊 **regelmässig Sport**
- 😊 **Impfungen up-to-date**
- 😊 **Expositionsprophylaxe**
- 😊 **vernünftiger Umgang mit Suchtmitteln**
- 😊 **sparsamer Einsatz von Medikamenten**

## Ausgewogene Ernährung:

### Grundnahrungsmittelbedarf



(Ist – Zustand in der Schweiz:           - 40% KH  
  - 35% Fett  
  - 15% Eiweiss  
  - 10% Alkohol )

<b>Kaloriengehalt:</b>	- KH	4.1 kcal / g (17.2 kJoule/g)
	- Eiweiss	4.1 kcal / g (17.2 kJoule/g)
	- Fett	9.3 kcal / g (39.1 kJoule/g)
	- Alkohol	7.3 kcal / g (30.6 kJoule/g)

Verteilung der Nahrung über den Tag:

- Frühstück	30%
- Znüni	10%
- Mittagessen	30%
- Zvieri	10%
- Nachtessen	20%

weiter wichtig:

- **Ballaststoffe:** unverdauliche Quellmittel(Cellulose), vermehren das Stuhlvolumen und regen damit die Darmtätigkeit an  
**Ballaststoffe** brauchen **Wasser!!**, sonst nützen sie nichts
- **Mineralstoffe** (Salze wie Na K Ca Cl Mg .....
- **Spurenelemente** wie Fe Cu I F Zn Se .....
- **Vitamine** A B<sub>1</sub> B<sub>2</sub> B<sub>6</sub> B<sub>12</sub> C D E K .....

**Körpergewicht** Sollgewicht: **BMI 20...25**(BMI 25...27 leichtes Übergewicht  
BMI 27...30 mässiges Übergewicht  
BMI > 30 schweres Übergewicht)

Body Mass Index:  $BMI = \frac{\text{Gewicht in kg}}{(\text{Grösse in m})^2}$

Bsp: Gewicht 70 kg, Grösse 174 cm  $\Rightarrow BMI = 70 / (1.74)^2 = 23.12$

**Normalgewicht / Idealgewicht:**

Formel nach Broca:  $\text{Normalgewicht [kg]} = \text{Grösse[cm]} - 100$

$\text{Idealgewicht [kg]} = \text{Normalgewicht} - 10\% ( ? )$   
 $- 15\% ( ? )$

Kalorienbedarf pro 24 h: **25 kcal pro kg Sollgewicht (Grundumsatz)**  
+ 30 % für sitzende Tätigkeit  
+ 50 % für leichte körperliche Arbeit  
+ 100... % für schwere Arbeit

(Bsp: 70 kg sitzend: 1750 kcal Grundumsatz / Tag + 525 kcal = 2275 kcal)

**Flüssigkeitshaushalt**

In Ruhe gelten etwa folgende Zahlen pro 24h :

Wasseraufnahme:		Wasserabgabe:	
Getränke	1300 ml	Urin + Stuhl	1500 ml
"feste" Nahrung	900 ml	Atmung und Haut	700 ml
Gesamtmenge	2200 ml	Gesamtmenge	2200 ml

Bei körperlicher Anstrengung und / oder in sehr trockener Luft ist der Flüssigkeitsverlust durch die Haut und über die Atmung massiv gesteigert, bis auf *mehrere Liter pro Tag*.

→ Anpassen der Trinkmenge besonders - bei Anstrengung  
- bei längeren Flügen

👉 **soviel trinken dass etwa 1500 ml Urin / 24h gelöst werden**

Faustregel für Cockpit und Kabine für Langstreckenflüge:

**etwa 250 ml pro Stunde zusätzliche Flüssigkeit**

Abnahme der Leistungsfähigkeit bei Flüssigkeitsmangel:

- 2 % (KG): Dauerleistungsfähigkeit ↓ 10%
- 4 % (KG): Dauerleistungsfähigkeit ↓ 40% !!

## Körperrhythmus, Schlaf und Zeitverschiebung

**innere Uhr:** steuert Tag / Nacht – Rhythmus  
ca 25 Stunden (= zirkadianer Rhythmus)  
synchronisiert von äusseren Zeitgebern  
(hell/dunkel, Lärm, Uhren, Arbeit, soziale Faktoren)

### Zeitverschiebung

Bei Flügen über mehrere Zeitzonen hinweg, kann sich der zirkadiane Rhythmus nur schrittweise anpassen: **ca 1 h/Tag**  
(Bsp: nach einem Flug von LSZH an die Ostküste der U.S.A. ist die innere Uhr etwa nach 6 Tagen umgestellt).  
Die meisten Menschen bewältigen die Zeitverschiebung besser bei einem Flug nach Westen. Medikamente (Melatonin) verkürzen eventuell die Umstellungszeit, dürfen aber für Piloten nach heutigen Erkenntnissen *nicht* empfohlen werden.

**Schlaf:** vom Gehirn gesteuert, dient der körperlichen und geistigen Regeneration.  
Schlafbedürfnis individuell stark verschieden, im Mittel ca 8 h Schlaf pro 16 h Wachsein.

Schlafentzug wird nur wenige Stunden ohne Beeinträchtigung toleriert (besser bei körperlich gut Trainierten). Dauert Schlafentzug länger als einige Stunden, sinkt die Motivation und es treten Konzentrationsstörungen und Leistungsabfall auf. Dauert der Schlafentzug tagelang, können ernste geistige Störungen bis hin zu Psychosen (Geisteskrankheiten) ausgelöst werden.

Andererseits kann der Schlafbedarf durch regelmässiges körperliches Training bei den meisten Leuten gesenkt werden!

Im Langstreckenverkehr spielt die Zeitverschiebung und die damit verbundene Desynchronisation des Körperrhythmus (=Jet lag) mit verminderter Schlafqualität eine grosse Rolle.

Abhilfe muss individuell angepasst erfolgen, da die Bedürfnisse verschieden sind.

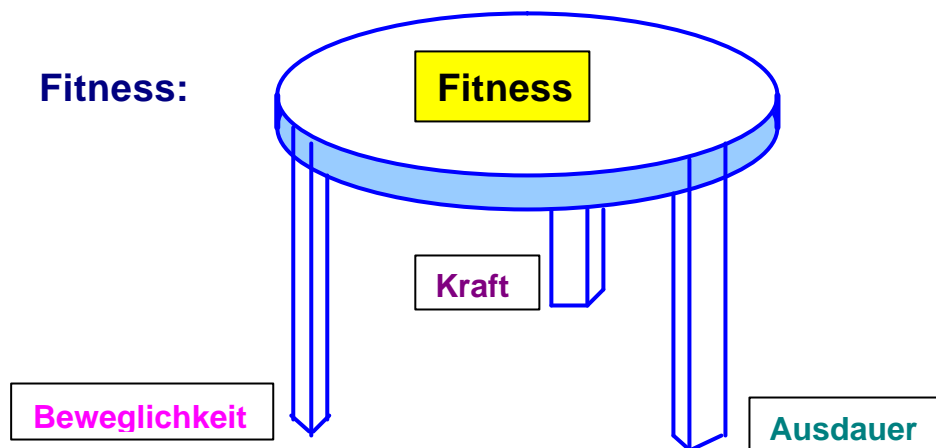
Einerseits bemühen sich die Fluggesellschaften, ein optimales Verhältnis zwischen Einsatz- und Ruhezeit zu erreichen. Andererseits müssen sich die Crew-Mitglieder an die vorgegebenen Ruhezeiten halten.

Nach anstrengenden Flügen soll ausgiebig geschlafen werden.

Die Schlafdauer kann aber auch aufgeteilt werden, damit vor dem nächsten Einsatz nochmals ausreichend geschlafen werden kann. Dies ist vor allem dann sinnvoll, wenn der Aufenthalt etwa 24 Stunden beträgt.

Manche Menschen profitieren auch von kurzen Schlafperioden (nap), besonders bei positiver Zeitverschiebung (Flug nach Westen).

## Sport



Als Gesundheitsvorsorge ist das Training der Ausdauer am wichtigsten, da dadurch praktisch alle Risikofaktoren für Herz- Kreislaufkrankheiten günstig beeinflusst werden.

Je älter der Mensch wird, desto bedeutungsvoller wird aber auch das Training der **Beweglichkeit** und der **Kraft**.

Allgemeine Empfehlung für Dauerleistungstraining:

**3 x pro Woche 20 min Puls 170 – ½ Alter**

(Moser/Frank: - Laufen: 2 x 20 min, Puls 130  
- Radfahren: 3 x 30 min, Puls 130  
- Schwimmen: 2 x 15 min, Puls 130)

### Energieverbrauch bei Dauerleistungstraining

(Mittelwerte für normalgewichtige mittelgrosse Personen)

Joggen	9 km/h	10 kcal/min
	12 km/h	11.4 kcal/min
	15 km/h	13.1 kcal/min
Rad	10 km/h	2.8 kcal/min
	15 km/h	4.8 kcal/min
	20 km/h	7.8 kcal/min
Gehen	4.8 km/h	2.8 kcal/min
	6 km/h	4.4 kcal/min
	7.2 km/h	7.8 kcal/min
Brustschwimmen	20 m/min	4.5 kcal/min
	28 m/min	6.9 kcal/min
	36 m/min	10.0 kcal/min
Crawl	40 m/min	11 kcal/min
	50 m/min	14 kcal/min

## **Impfungen**

### **Basisimpfungen für alle Erwachsenen:**

- Starrkrampf (Tetanus) alle 10 Jahre
- Diphtherie alle 10 Jahre
- Kinderlähmung (Poliomyelitis) alle 10 Jahre
- Masern-Mumps-Röteln (MMR) mit 15 Mt und 5-7 J

**zusätzlich empfohlen:**

- Hepatitis A: 2 Impfungen im Abstand von 6 - 12 Mt
- Hepatitis B: 3 Impfungen (0,1,6 Monate)

**für besondere Fälle:**

- Tuberculose (heute nur noch bei Risikogruppen)
- Gelbfieber (Übertragung durch tropische Mücke, Impfung nur bei Tropenärzten und an speziellen Zentren möglich)
- Cholera (Durchfallerkrankung, Impfung schützt nur schlecht)
- Typhus (Durchfall durch Salmonellen, Impfung gut)
- Meningokokken-Meningitis (viele Menschen auf engem Raum)
- Zecken- Frühsommer - Meningo – Encephalitis




### **Malaria: Übertragung durch Stechmücken (Tropen/Subtropen)**

- ⇒ bis heute **keine wirksame Impfung bekannt**
- ⇒ für Kurzeitenaufenthalt prophylaktisch Medikamente
  - ⇒ abhängig vom Reiseziel (Beratung notwendig)
- ⇒ Expositionsprophylaxe
  - ⇒ Insektenmittel
  - ⇒ Moskitonetz
  - ⇒ lange Kleider

## **Expositionsprophylaxe**

- persönliche Schutzmassnahmen um die Wahrscheinlichkeit eines Krankheitsbefalls zu reduzieren

**beso wichtig: Vorsichtsmassnahmen bezüglich Hygiene und Ernährung**

-  **Wasser:** Mineralwasser auch zum Zähneputzen  
Getränke ohne Eis
-  **Speisen:** nur gekocht / gebraten  
Obst schälen  
keine Salate  
keine Milchprodukte  
kein Speiseeis
-  **Sex:** stets mit Kondomen

### **Expositionsprophylaxe gegen Umwelteinflüsse**

-  **Insekten:** ⇒ lange Kleider bei Insektenflug  
⇒ Insektenschutzmittel / Moskitonetz
-  **Tiere:** freilebend oft Überträger von Krankheiten  
(Tollwut, Parasiten....) ⇒ **freilebende Tiere**

### **meiden**

-  **Gewässer:** oft verschmutzt (stehende Gewässer)

Übertragung von Wurmkrankheiten ⇨ **nicht**

**Baden**



**Strand:** oft verschmutzt mit Kot (Hunde/Katzen/Affen)

⇨ **stets Schuhe tragen !**

## Alkohol

- 7.15 kcal / g Brennwert (leere Kalorien)
- rasche Aufnahme im Körper  
(Mund wenige %, Magen 20%, Rest im Dünndarm)  
**aufgenommene g Alkohol**
- Promillewert =  $\frac{\text{aufgenommene g Alkohol}}{\text{kg Körpergewicht} \times N}$   
**N = 0.7 bei Normalgewicht**  
0.6 bei Übergewicht (mehr Fett)  
0.8 bei Übergewicht (mehr Muskeln)

- Abbau 0.1 ‰ pro Stunde

- Alkoholgehalt von

- 3 dl Bier (4%) 12 g Alkohol
- 1 dl Wein (12%) 12 g Alkohol
- 4 cl Spirituosen (40%) 16 g Alkohol




(Bsp: 1 Person 70 kg, 175 cm trinkt 5 dl Wein  
Alkoholgehalt: 60 g  
Promillewert:  $60 / (0.7 \times 70) = 1.2 \text{ ‰}$   
Abbau braucht 12 Stunden!)

### Auswirkungen auf den Körper

- ab 0.3 ‰ - Störung des Farbsehens
- Kritiklosigkeit und Risikobereitschaft ↑
- ab 0.5 ‰ - flugunfähig ( >> 1.3 ‰ bei Autofahren)

## Rauchen

### Giftstoffe im Zigarettenrauch:

-  Nikotin
-  krebserregende Stoffe
-  Kohlenmonoxid (CO)

### Nikotin: Nervengift und Suchtmittel

erzeugt beim ersten Rauchen Vergiftungssymptome wie

- Blässe
- Übelkeit
- Schwindel
- unregelmässiger Puls
- Blutdruckveränderungen
- Schweissausbruch
- Schwäche

erzeugt beim Raucher (in für den Nichtraucher mehrfach tödlicher Dosierung)

- Gefässverengung (Infarkt, Raucherbein...)
- Magen- oder Zwölffingerdarm-Geschwüre (Ulcus)
- raschere Verdauung (Durchfälle)

### Krebserregende Stoffe (Kanzerogene) wie Benzpyren und andere:

- begünstigen Bronchus – und Kehlkopfkarcinome

**Kohlenmonoxid (CO)** ⇨ verdrängt Sauerstoff vom Hämoglobinmolekül  
(Hämoglobin bindet CO 200 mal besser als O<sub>2</sub>)

⇒ **damit sinkt die Höhentoleranz des Rauchers massiv.**

## Medikamente:

**grundsätzlich nicht beim Fliegen**

⇒ unvorhersehbare Nebenwirkungen

### Schafmittel

⇒ prinzipiell verboten (hang over)

⇒ potenzieren Alkoholwirkung!

⇒ nach Absprache mit Fliegerarzt kurzwirkende  
Einschlafmittel erlaubt bis 8 h vor dem

### Dienstantritt

### Grippe / Schnupfen

⇒ machen hartnäckige Müdigkeit ⇒ verboten

### Nasentropfen

⇒ prinzipiell erlaubt für kurze Zeit (wenige Tage)

⇒ bei längerer Anwendung Gewöhnung

⇒ Wirkung lässt nach, Dosis muss ↑ werden

### Beruhigungsmittel (Tranquilizer) gegen Nervosität und Angst

⇒ wer solche Mittel braucht ist prinzipiell

**fluguntauglich, sie sind immer verboten**

### Aufputzmittel (Weckamine zur Leistungssteigerung / Wachsein)

⇒ führen zu Kritiklosigkeit, Selbstüberschätzung

⇒ mit Alkohol zusammen katastrophale Wirkung  
möglich.

⇒ immer verboten

### Schmerzmittel ⇒ einfache Mittel wie Acetylsalicylsäure (Aspirin<sup>â</sup> ....)

oder Paracetamol (Panadol<sup>â</sup>, Tylenol<sup>â</sup> .....

⇒ in kleinen Dosen nach Absprache mit

### Fliegerarzt

erlaubt, sofern Wirkung vorher bekannt

⇒ **opiatähnliche Mittel sind verboten**

### Antibiotika

⇒ werden bei bakteriellen Infekten gegen Rezept  
abgegeben. Der zugrundeliegende Infekt

**schliesst in**

**der Regel Flugtauglichkeit aus**

### Medikamentenallergie

⇒ immer möglich, bei jedem Menschen und  
auf jedes Medikament

⇒ Hautausschläge, Jucken.....

⇒ Atemnot.....Blutdruckabfall.....Schock.....†

## Herz - Kreislaufkrankheiten und Risikofaktoren

Grundproblem:

- Wandschaden an den Arterien mit
- Ablagerungen von Blutplättchen /Gerinnseln
- Einlagerung von Fett, das später verkalkt

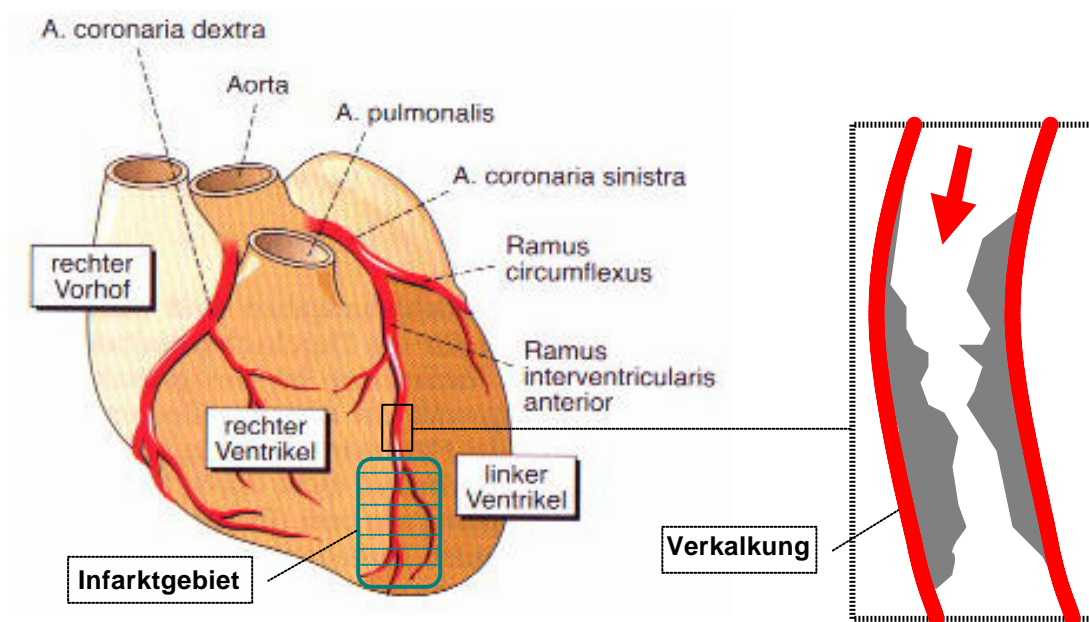
Konsequenz:

**Verengung und Verhärtung der Arterien  
= Arteriosklerose**

typische Krankheiten:

**Koronarsklerose = Arteriosklerose der Herzkranzgefäße**

- ⇒ **Angina pectoris:** krampfartige Schmerzen über dem Herzen als Zeichen der Mangeldurchblutung des Herzmuskels bei teilweisem Verschluss der Kranzarterie
- ⇒ **Herzinfarkt:** vollständiger Verschluss einer Herzkranzarterie mit Ausfall des zugehörigen Herzmuskelanteils



**Cerebralsklerose = Arteriosklerose der Hirngefäße**

- ⇒ **Hirnschlag:** Verschluss einer Hirnarterie oder Riss einer Hirnarterie mit Hirnblutung

**Periphere arterielle Verschlusskrankheit = Arteriosklerose der Beinarterien**

- ⇒ "Raucherbein"

**Risikofaktoren:**

**a) fixe Risikofaktoren:**

- Erbgut
- Geschlecht
- Alter
- Rasse

**b) beeinflussbare Risikofaktoren:**

- Bluthochdruck (Hypertonie)
- Rauchen
- Blutfette (Cholesterin u.a.)
- Stress
- Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus)
- Übergewicht

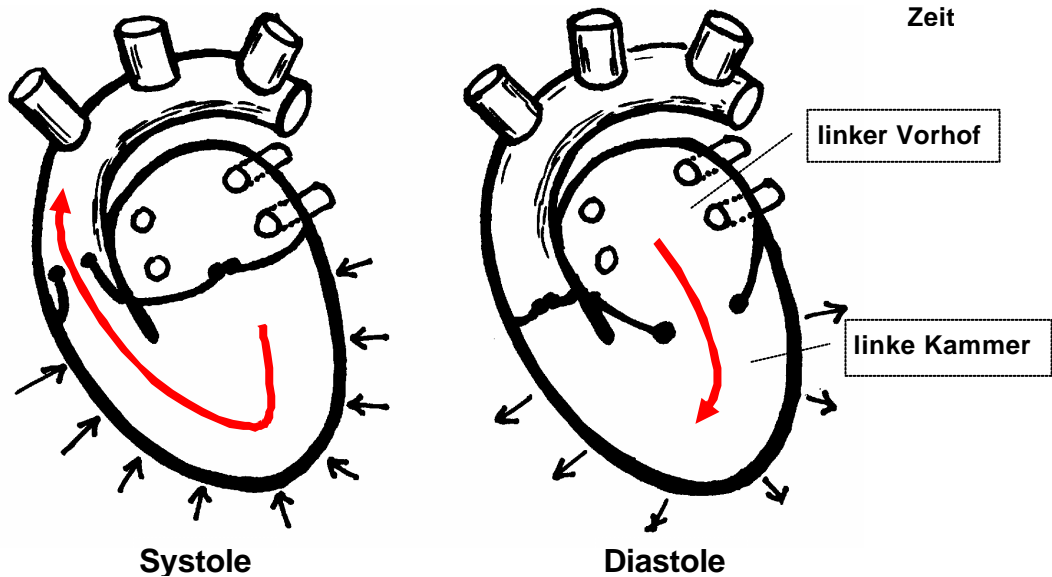
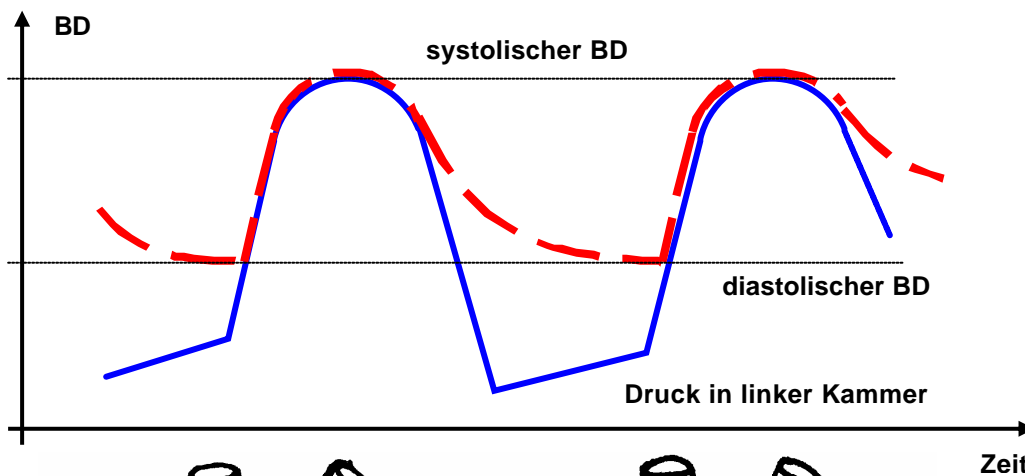
**Blutdruck**

Druck in den grossen Arterien gemessen in mmHg

systolischer Wert < 140 mmHg

diastolischer Wert < 90 mmHg

zu hoher Blutdruck macht lange Zeit keine Beschwerden und wird deshalb oft nur zufällig erkannt (Routineuntersuch)



**Rauchen** ⇒ siehe unter Gesundheitsvorsorge

**Blutfette** ⇒ **Cholesterin** ⇒ **LDL – Cholesterin**  
begünstigt Gefässverkalkung  
⇒ **HDL – Cholesterin**  
verzögert Gefässverkalkung

**Empfehlung für kleines Risiko:** Gesamtcholesterin < 5.2 mmol/l  
Cholesterin / HDL < 5

**Herkunft:** ⇒ Nahrungsmittel mit viel tierischen Fetten (Milch, Milchprodukte, Butter, Schokolade, Eier, Fleisch, Wurstwaren, Innereien)

⇒ vom Körper selbst hergestellt, vererbte Form mit zu hohem Sollwert der Cholesterinproduktion

**Abhilfe:** ⇒ im ersten Fall Cholesterin-arme Diät, im zweiten Fall Medikamente.

## Stress

Als Risikofaktor für Herz-Kreislaufkrankheiten gilt vor allem eine Belastung, die als ungerecht empfunden wird (Opferrolle).

Dieser Stress hat also stets etwas mit unserer persönlichen Wertung zu tun!!

## Übergewicht

⇒ bedeutsam ab BMI > 30

## Einfluss der Risikofaktoren:

⇒ steigern Risiko für Herz-Kreislaufkrankheiten je um den Faktor 2...5

⇒ mehrere Risikofaktoren multiplizieren sich in der Bedeutung

⇒ Raucher mit hohem BD, ÜG, hohem Cholesterin und Diabetes:

**Risiko bis 1000 x grösser als ohne Risikofaktoren**

## Ausdauer

Fähigkeit, körperlich und seelisch möglichst lange einer Belastung zu widerstehen, deren Intensität und Dauer letztlich zur Erschöpfung führt

und

sich nach dieser Belastung seelisch und körperlich möglichst rasch und vollständig zu erholen

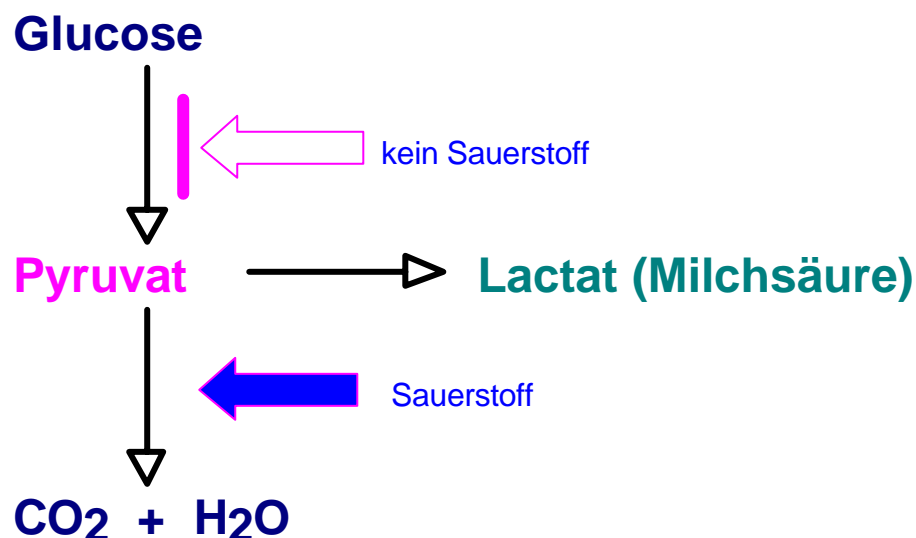
**Ausdauer = Ermüdungswiderstandsfähigkeit und rasche Erholungsfähigkeit**

Bedeutung für den Körper:

**leistungsfähige Herz - Kreislauf - Funktion**

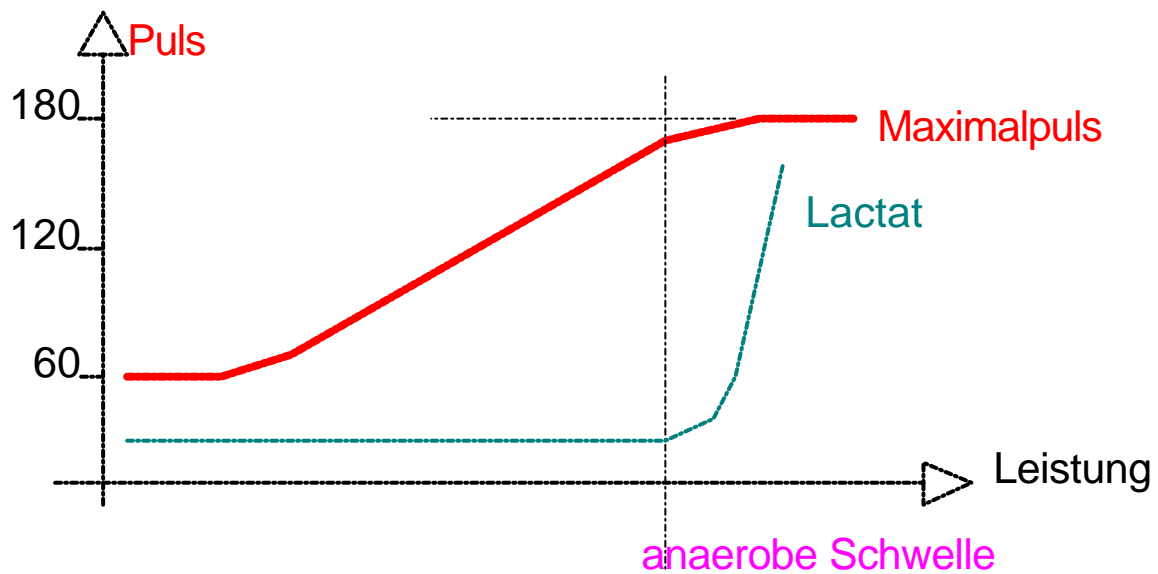
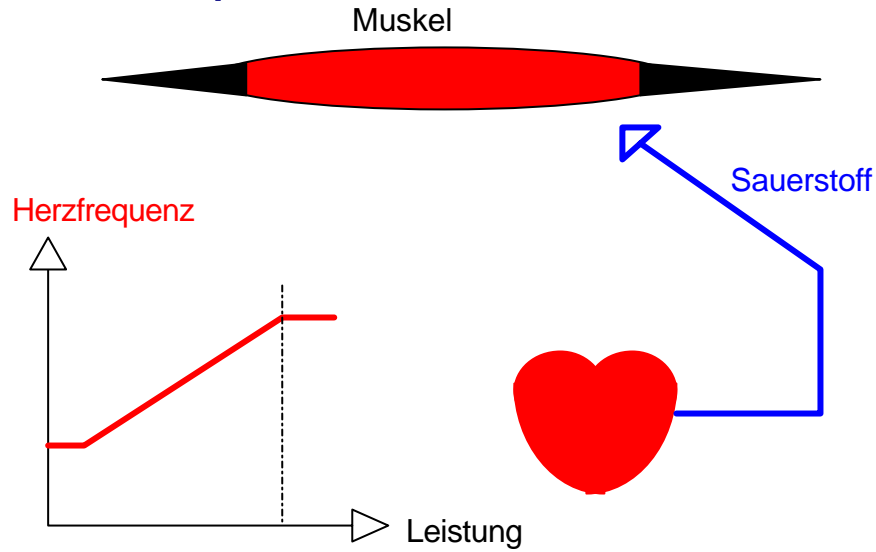
## Muskelarbeit und Kreislaufsystem

Der Muskel gewinnt seine Energie durch Verbrennen von Zucker, Fett oder (im Notfall) Eiweiss!

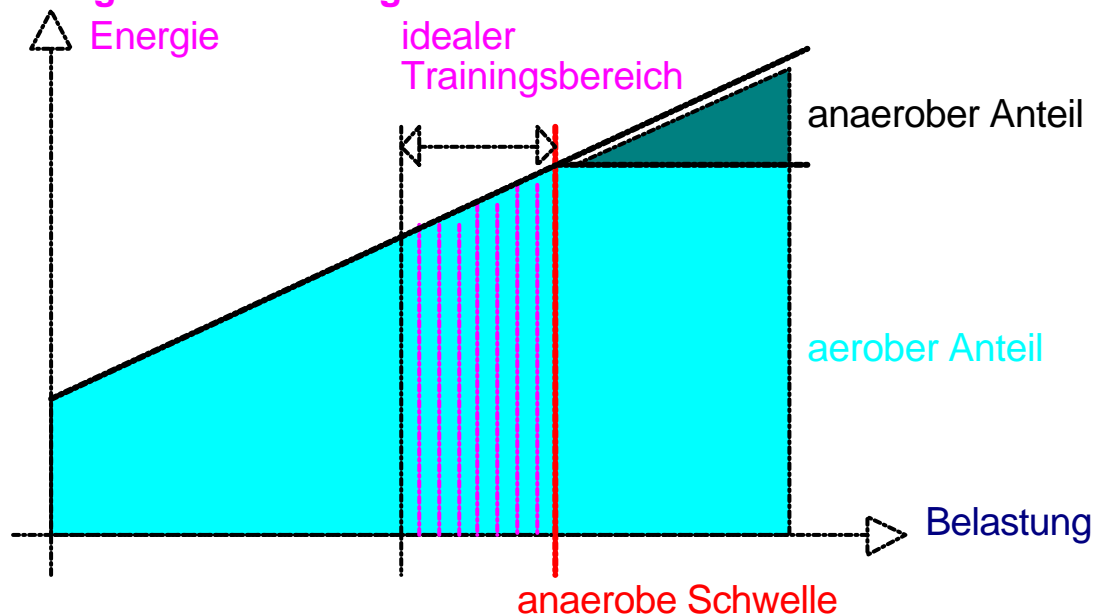


Hat der Muskel genügend Sauerstoff, geht die Verbrennung bis zu CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O. Fehlt der Sauerstoff, entsteht obligat Milchsäure, und der Muskel übersäuert.

## Sauerstoff - Transport in den Muskel



## Energie und Trainingsbereich



## Trainingspraxis Ausdauer

- © **Belastungsart**
  - Gehen / Laufen / Joggen
  - Radfahren / Hometrainer
  - Schwimmen / Wetvest
  - Ski-Langlauf
  - Aerobic / Konditionsgymnastik
  - Tanzen
  - Inline-scating
  - etc
  
- © **Intensität**
  - Puls 170 minus halbes Alter
  - Unterhaltung knapp möglich
  - Atmung leicht beschleunigt
  
- © **Dauer**
  - min 12 Minuten (stady state)
  - besser 20 ..... 30 Minuten
  
- © **Häufigkeit**
  - 3 mal pro Woche

## Flankierende Massnahmen

- Einstieg auf tiefem Leistungsniveau
- Freude und Plausch im Vordergrund
- Kombination mit anderen Aktivitäten
- Tauglich Ausrüstung (Schuhe, Anzug, Hilfen)
- Wetter berücksichtigen
- Vielseitigkeit im Training (Art, Dauer, Intensität ...)
- angepasste Ernährung, genügend Flüssigkeit
- genügend Schlaf

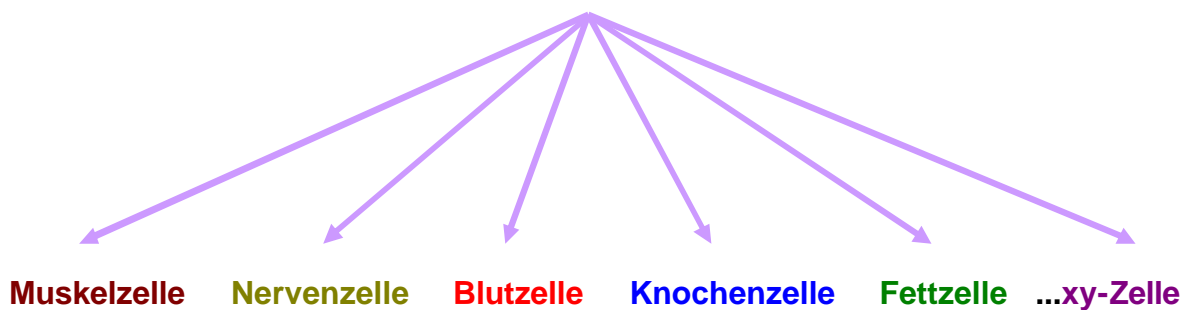
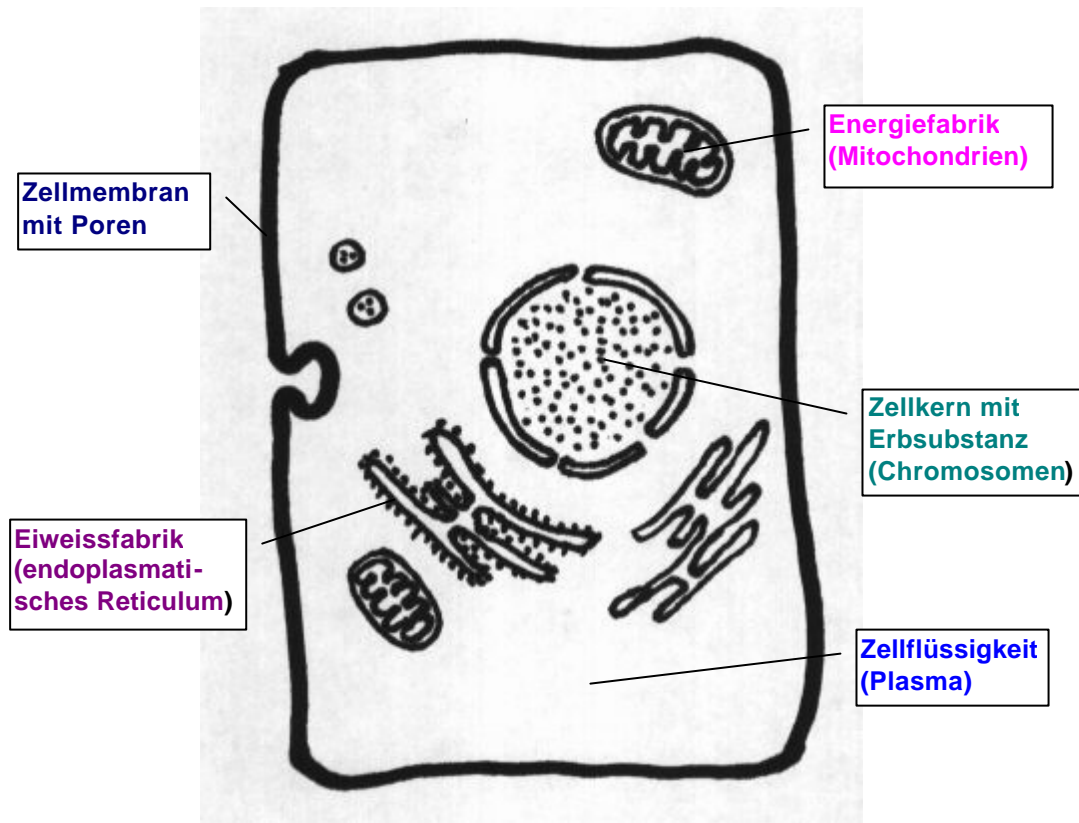
## Effekt des Ausdauertrainings

- © Herz - Schlagvolumen -
- © Ruhepuls -
- © Herzminutenvolumen -
- © Blutdruck wird normalisiert
- © Cholesterinprofil bessert
- © Körpergewicht wird optimiert
- © Stresstoleranz -
- © Stimmungslage -
- © depressive Verstimmungen -
- © Angstzustände -
- © Osteoporose wird verzögert

**Ausdauertraining senkt das Risiko  
für eine Herz-Kreislaufkrankheit**

## Zelle und Gewebe

### Grundbauplan der Zelle



Durch Anpassung des Grundbauplans an spezielle Erfordernisse ergeben sich verschiedene Zellen. Diese speziellen Zellen können dann auch spezielle Aufgaben verrichten.

Zellverbände gleicher Zellen heissen Gewebe. Unser Körper ist aus einer Vielzahl von verschiedenen Geweben aufgebaut. (Muskelgewebe, Nervengewebe, Knochengewebe, Fettgewebe.....)

## Sinnesorgane

**Definition:** Organ mit *spezialisierten Zellen*, welche *ganz bestimmte Reize* aus der Aussenwelt *selektiv* aufnehmen und in eine *Sinnesempfindung* umwandeln.

Der Reiz muss dabei eine bestimmte Stärke, die *Reizschwelle*, überschreiten, um eine Sinnesempfindung auszulösen.

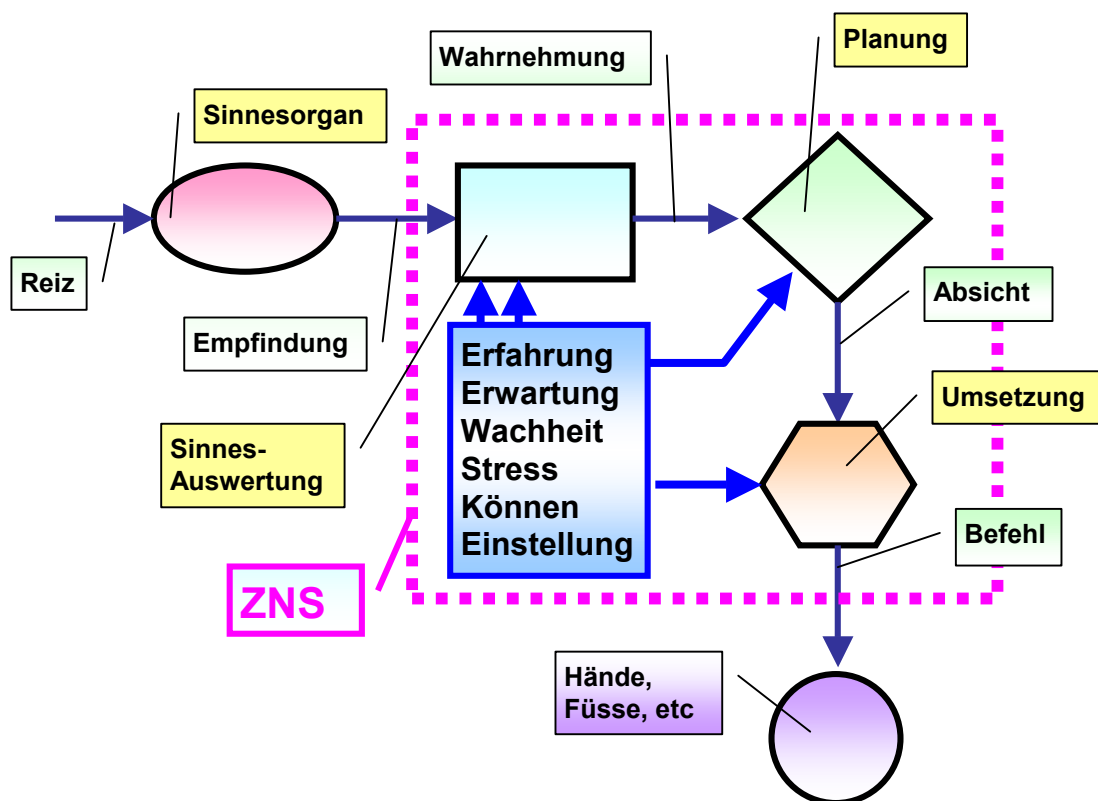
Die Sinnesempfindung wird im Zentralnervensystem zur *Sinneswahrnehmung* weiterverarbeitet, welche *bewusst* werden *oder unbewusst* bleiben kann.

Die Verarbeitung der Sinnesempfindung zur Sinneswahrnehmung ist stark geprägt von unseren *Fähigkeiten* und unserer *Erfahrung*

Die Gesamtheit aller Sinneswahrnehmungen konstruiert uns ein *Abbild der Wirklichkeit*, das einerseits sehr *unvollständig* und andererseits *individuell stark verschieden* ist.

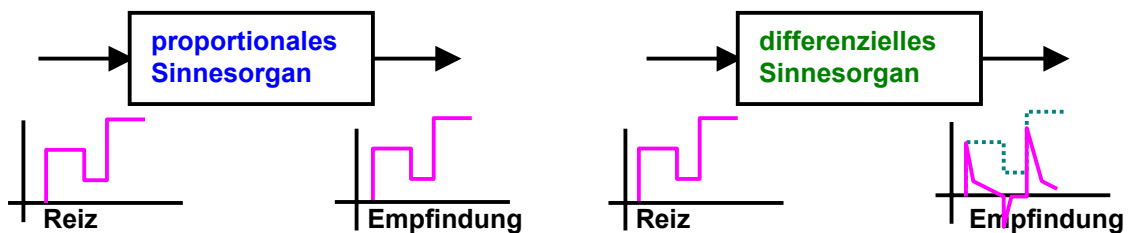
Die *Wahrnehmung* ist überdies stark *abhängig* von *Erwartung* und *Erfahrung*. *Sinnesempfindungen* können erstaunlich *"zurechtgebogen"* werden, um eine *erwartete Wahrnehmung* zu erzeugen.

## Schema Sinnesorgane



**Proportionale** Sinnesorgane (z.B. die Augen , Gehör) erzeugen auch bei über lange Zeit konstanten Reizen eine konstante Sinnesempfindung

**Differenzielle** Sinnesorgane (z.B. die Bogengänge im Gleichgewichtsorgan) brauchen einen ständigen Wechsel der Reizintensität, um eine Sinnesempfindung zu erzeugen. Bleibt die Intensität längere Zeit konstant, verblasst die Empfindung.



Bei einigen Sinnesorganen ist trotz proportionaler Empfindung die **Auswertung** differenziell, d.h. bei gleichbleibender *Sinnesempfindung*, verblasst die **Wahrnehmung** (man gewöhnt sich daran)

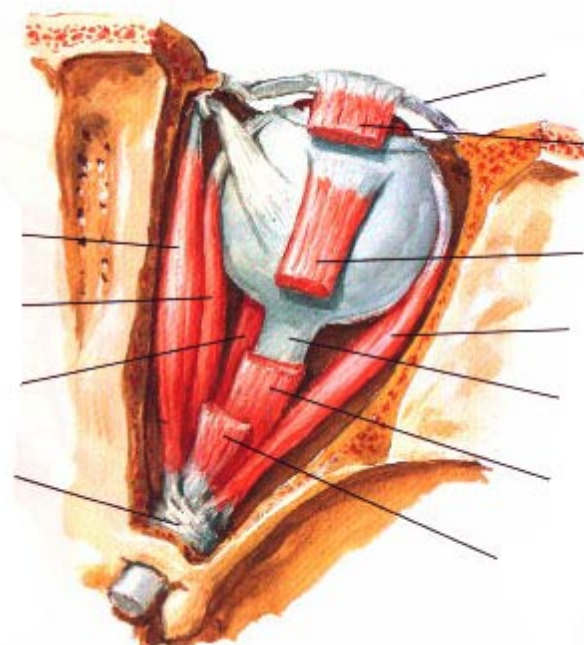
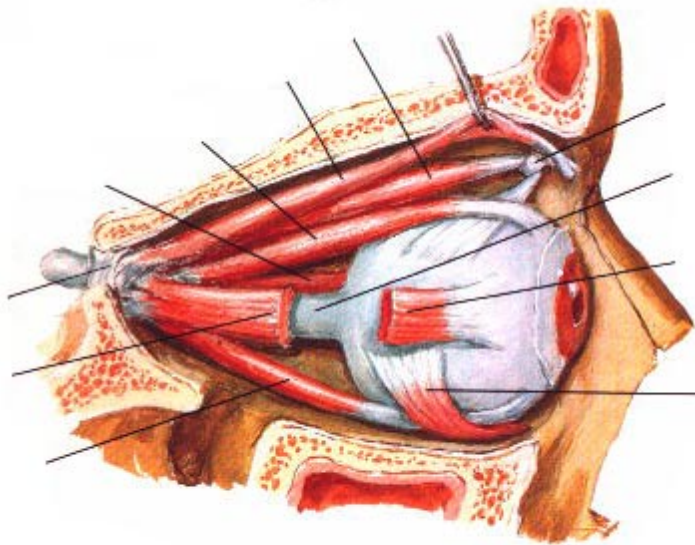
Dies ist z.B. so beim Tastsinn, indem wir nach kurzer Zeit nicht mehr merken, dass wir auf einem Stuhl sitzen, eine Veränderung der Sitzposition aber sofort wahrnehmen.

Auch das Gehör wird weitgehend differenziell ausgewertet, indem es gleichbleibende Reize unterdrücken kann und nur die Änderungen weitermeldet. So nimmt man bereits nach kurzer Zeit den Lärm der Flugzeugtriebwerke nicht mehr wahr, ist aber schlagartig alarmiert, wenn er plötzlich ausbleibt.

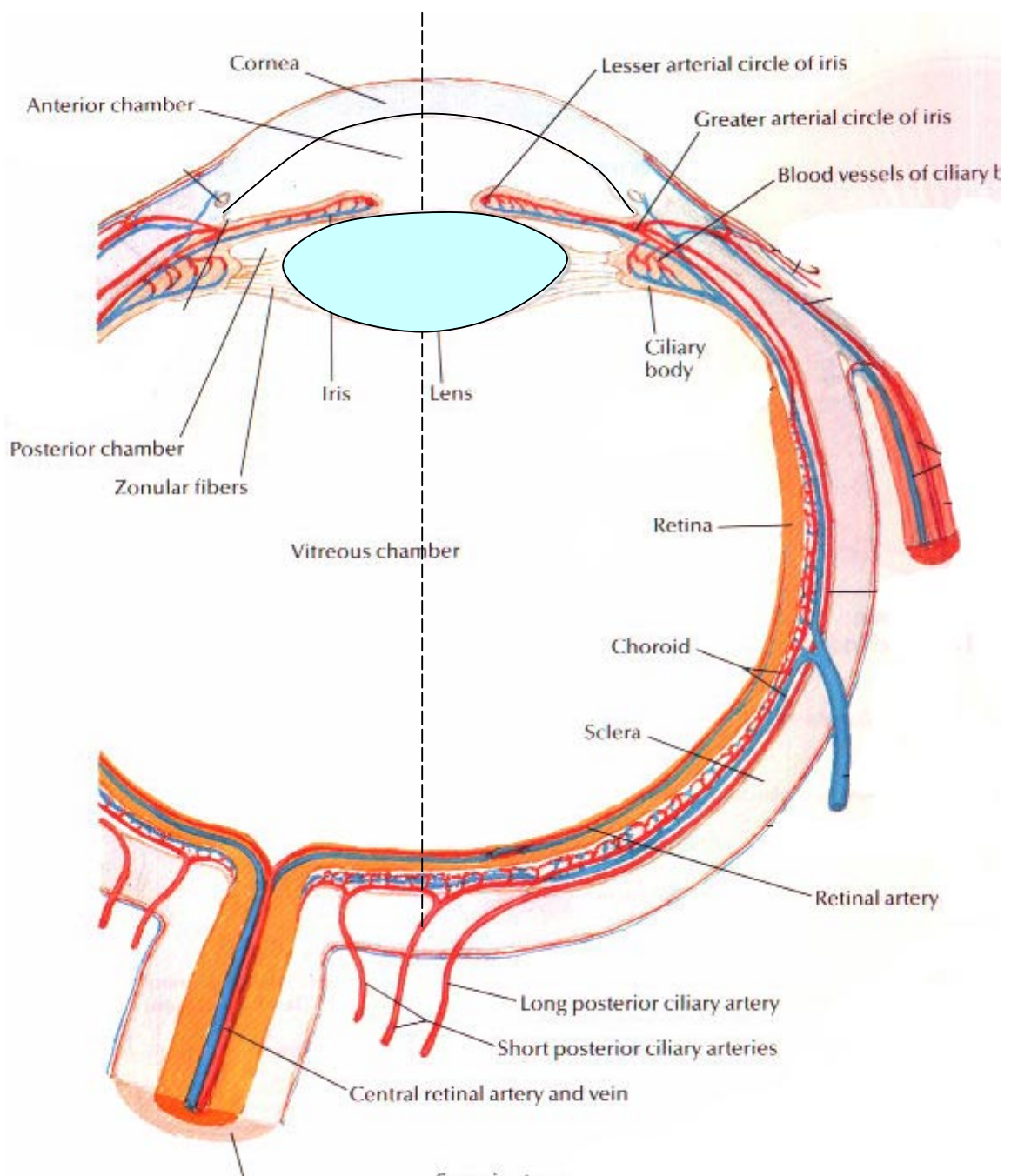
## Das Auge

- Gesichtssinn:
- Erkennen von **Konturen und Strukturen**
  - Wahrnehmen von **Lichtintensität**
  - Wahrnehmen von **Farbe**
  - **Stereoskopisches** (räumliches) Sehen

Lage und Einbau:



**Aufbau:**



- **Lederhaut:** Schutzhülle, vorderster Teil durchsichtig = **Hornhaut**
- **Linse:** brechendes Medium (zusammen mit der Hornhaut)
- **Aderhaut:** Blutversorgung, bildet im vorderen Teil die **Iris (Regenbogenhaut)**
- **Pupille:** Öffnung der Iris
- **Ziliarmuskel:** regelt die Linsenspannung und damit die **Brechkraft**
- **Netzhaut:** Schicht von lichtempfindlichen Nervenzellen (**Zapfen / Stäbchen**)
- **Glaskörper:** gallertige Masse, die das Innere des Auges ausfüllt

## Optisches System:

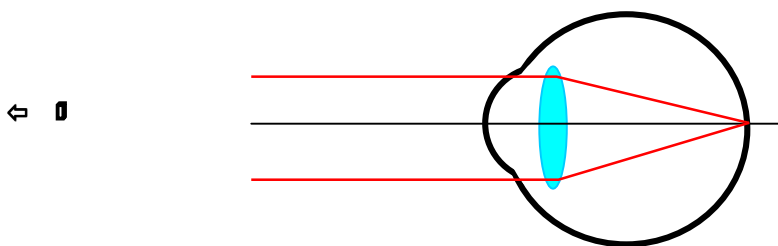
Das Auge hat zwei brechende Medien: **Hornhaut** und **Linse**

Die **Hornhaut** hat eine fixe Brechung von ca **42 Dioptrien**  
(1dpt = 1/ Brennweite in m)

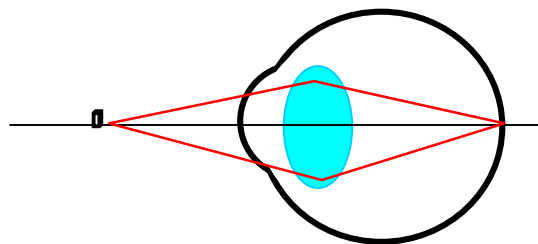
Die **Linse** hat eine variable Brechkraft von ca **16 ...20...30 Dioptrien**

## Akkommodation

Objekt entfernt: Linse **flach**

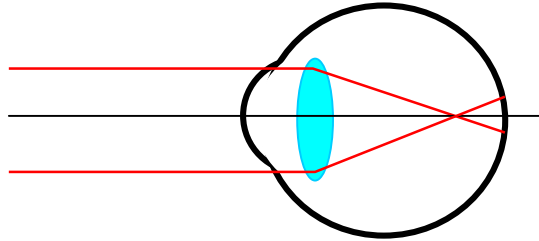


Objekt nah: Linse **dick**

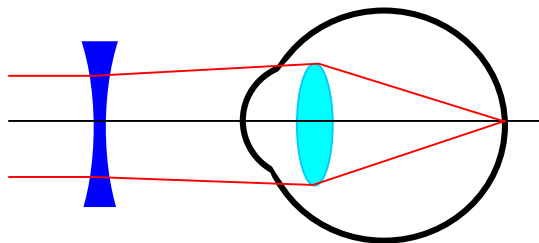


## Fehlsichtigkeiten

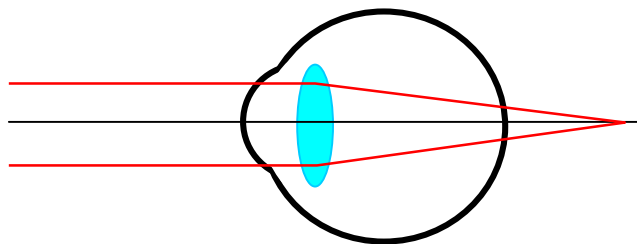
**Kurzsichtigkeit (Myopie):** - Auge zu lang  
- Brennpunkt vor der Netzhaut



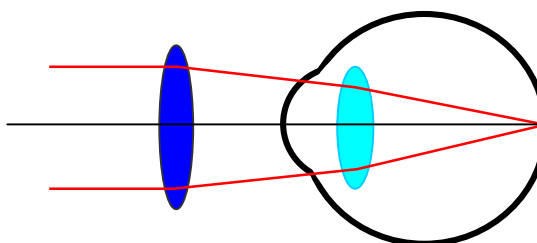
- Korrektur mit **Streulinse**:



**Weitsichtigkeit (Hyperopie):** - Auge zu kurz  
- Brennpunkt hinter der Netzhaut

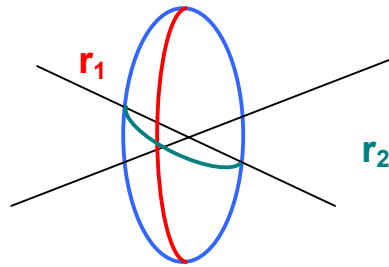


- Korrektur mit **Sammellinse**



- Altersweitsichtigkeit:**
- Linse zu starr
  - Nah - Akkomodation unmöglich
  - Korrektur mit **Sammellinse** für die Nähe (**Lesebrille**)

- Astigmatismus:**
- Brechkraft von Hornhaut / Linse nicht in jeder Richtung gleich, d.h. der Krümmungsradius der Linse ändert je nach Winkel



- Korrektur mit **Kombination aus sphärischem und zylindrischem Glas**

## Sinneszellen der Netzhaut

Die Netzhaut wird von einer Schicht Nervenzellen gebildet, deren Nervenendigungen das Auge gebündelt im Sehnerv verlassen

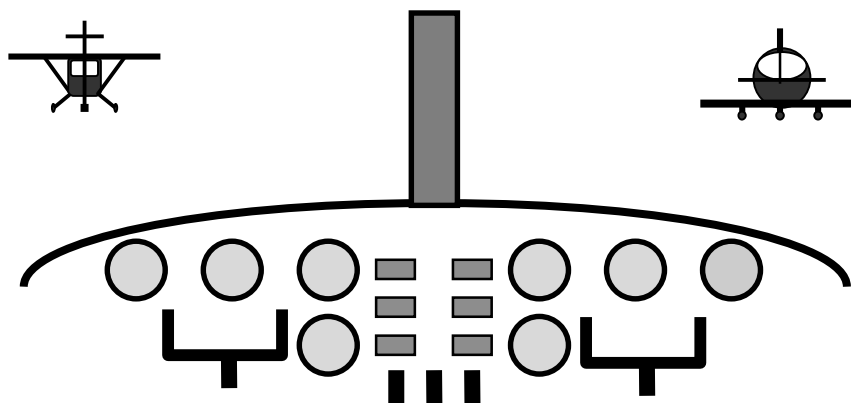
**Zapfenzellen:** - für das *Tagsehen* (sind also wenig lichtempfindlich! und haben eine *schlechte Dunkeladaptation*)  
ca 5 Mio

- *farbtüchtig*, es gibt *rot-* / *grün-* / *blau-* empfindliche Zapfen
- *dicht gesät in der Zentralgrube*, peripher ganz wenige
- *eins-zu-eins-Verschaltung*, d.h. jede Zapfenzelle hat eine eigene Nervenfasern im Sehnerv. Dies ergibt eine maximale Bildauflösung d.h. *schärfstes Sehen*

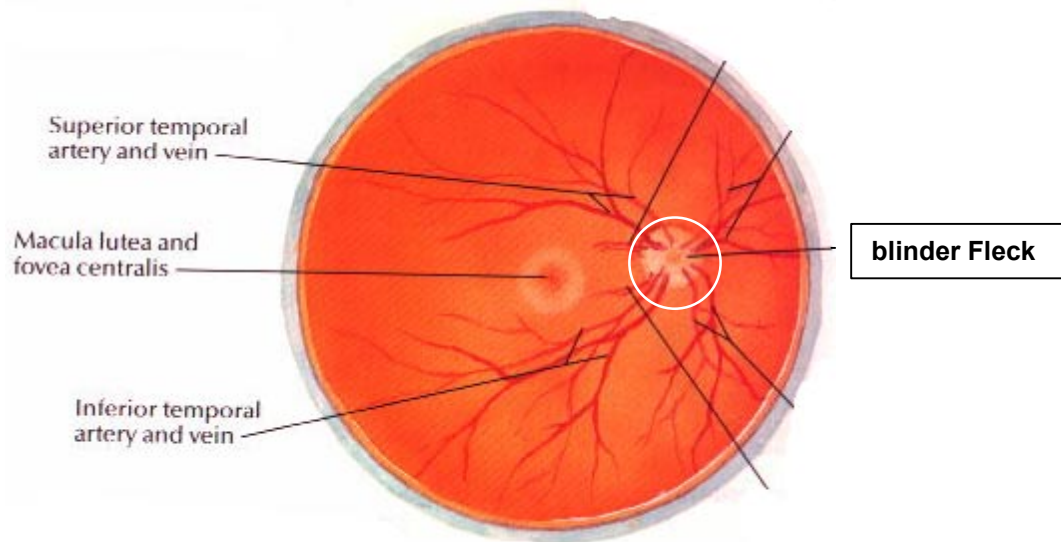
**Stäbchenzellen:** - *schwarz - weiss* - empfindlich (Helligkeits-empfindlich)  
ca 100 Mio

- für das *Dämmerungssehen*, da sehr gute Dunkeladaptation
- *peripher*, d.h. nur ausserhalb der Zentralgrube zu finden
- *in Gruppen verschaltet*, d.h. mehrere Stäbchenzellen zusammen haben eine gemeinsame Nervenfasern. Dies ergibt eine sehr *hohe Lichtempfindlichkeit*, aber eine *schlechtere Bildauflösung* (Die Nervenfasern wird bereits erregt, wenn eine einzige Stäbchenzelle belichtet wird; die Information, welche Zelle nun genau belichtet wurde geht aber durch die Gruppenverschaltung verloren)
- *hohe Empfindlichkeit für Bewegungen*

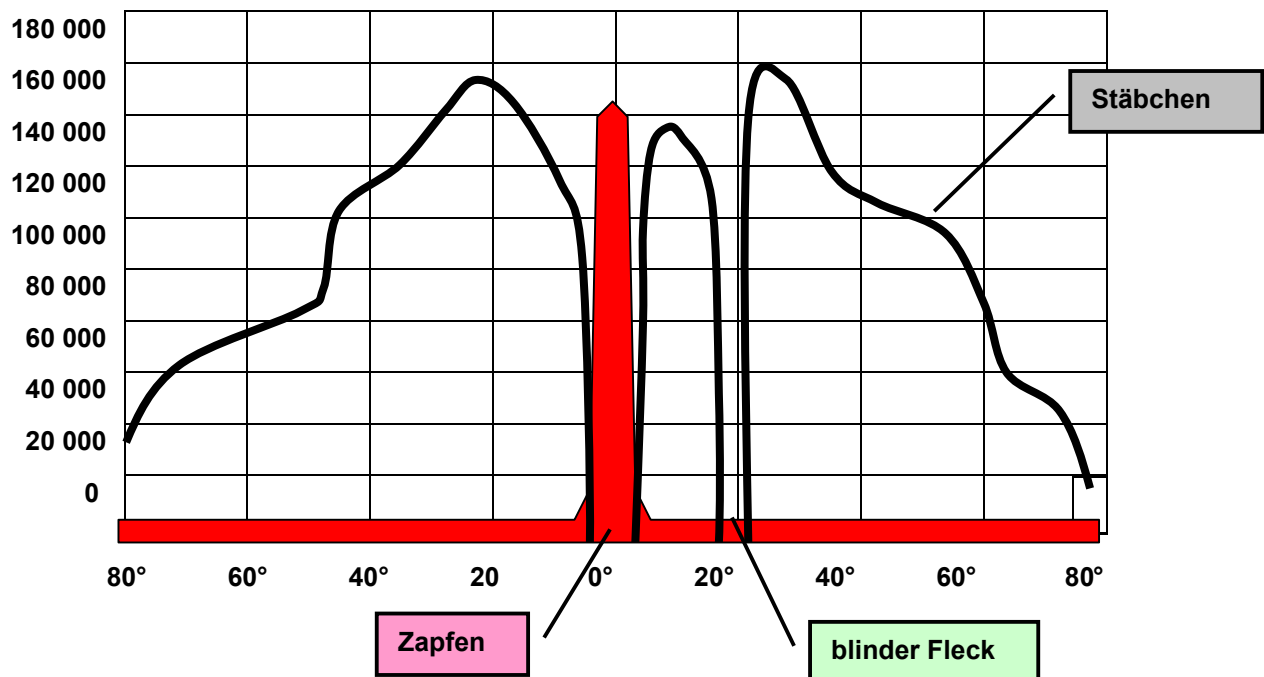
**Blinder Fleck** - an der Stelle, *wo der Sehnerv das Auge verlässt*, gibt es weder Zapfen noch Stäbchen. Diese Stelle ist deshalb *blind*



## Netzhaut

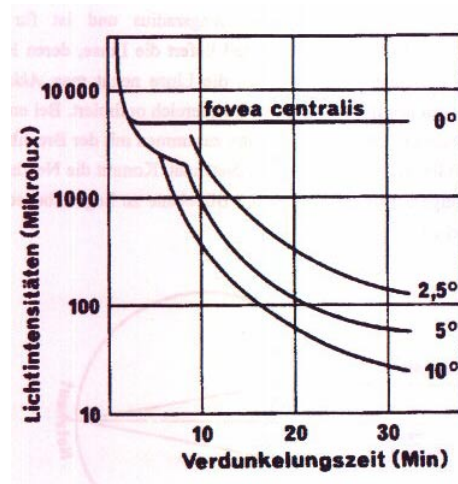


### Anzahl Zapfen und Stäbchen pro $\text{mm}^2$



- Gesichtsfeld:**
- Bereich welcher vom geradeausblickenden Auge noch wahrgenommen wird.
  - Das Gesichtsfeld reicht nach der Seite etwas über  $90^\circ$ , in die anderen Richtungen wird es begrenzt
    - nach oben durch die Augenbrauen
    - nach unten durch die Wange
    - gegen die Mitte durch die Nase

## Dämmerungssehen $\Rightarrow$ Dunkeladaptation



In der Dämmerung ergibt sich durch die schlechte Adaptation der Zapfenzellen ein zweiter „blinder Fleck“ im Zentrum des Sehens (Zentralskotom). Um eine Struktur sehen zu können, muss man in der Dämmerung paradoxerweise knapp daran vorbeischaun.

Limitierende Faktoren für das Nachtsehen:

- Blendung
- Sauerstoffmangel (bereits ab einer Höhe von 5000')
- Nikotin (lähmt als Nervengift die Reizübertragung im Sehnerv und verschlechtert damit die Dunkeladaptation)

**KEIN NIKOTIN VOR EINEM NACHTFLUG**

## Auflösungsvermögen / Sehschärfe (Visus)

= kleinster Winkel unter welchem zwei benachbarte Punkte noch getrennt wahrnehmbar sind. Dieser Winkel ist gegeben durch die Architektur und die Grösse der Zapfen in der Fovea centralis. Er beträgt beim menschlichen Auge etwa

 = 1 Bogenminute

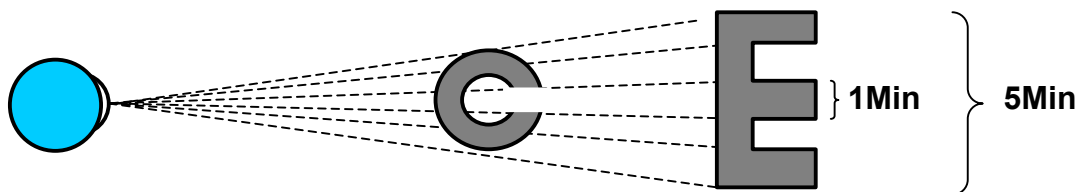
Umgerechnet auf **5 m Distanz** kann man damit zwei Punkte gerade noch unterscheiden, wenn sie **1.5 mm auseinander** liegen.

Eine solche Sehschärfe wird definiert als **Visus 1.0**

Eine Sehschärfe von 1.0 entspricht dem durchschnittlichen, normalsichtigen Auge.

Junge gesunde Leute erreichen oft einen Visus von 1.5 bis 2.0

### Visusprüfung: Sehprobentafel

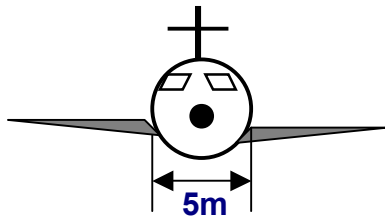


### Zeitbedarf für die Bildverarbeitung

Sinneseindruck auf Netzhaut	0.1 sec	
Fokussieren mit zentralem Sehen	0.3 sec	
Wahrnehmen und Erkennen	<u>0.7 sec</u>	
total bis Erkennen		1.1 sec
Entscheidung		2.0 sec
Steuerausschlag		0.4 sec
Ausweichbewegung des Flugzeugs		2.0 sec
total		5.5 sec

Bei einer Fluggeschwindigkeit von 360 kt sind dies **0.55 NM  $\cong$  1 km**

## Kollisionskurs



- Wahrnehmungsgrenze bei Visus 1.0 für 5m Rumpfdurchmesser 9 NM
- Geschwindigkeit beider ACFT je 360 kt
- Kollisionsgeschwindigkeit 720 kt
- Zeitreserve bis zur Kollision 45 sec
- Zeitbedarf bis Ausweichbewegung 5.5 sec
- Zeitreserve für Ausweichen 39.5 sec

Zeitreserve für Ausweichen bei doppelter Grösse bis Erkennen 17 sec  
 bei dreifacher Grösse bis Erkennen 9.5 sec  
 bei vierfacher Grösse bis Erkennen 6.75 sec

## Grössenvergleich bei Kollisionskurs: (closing speed 250kt)

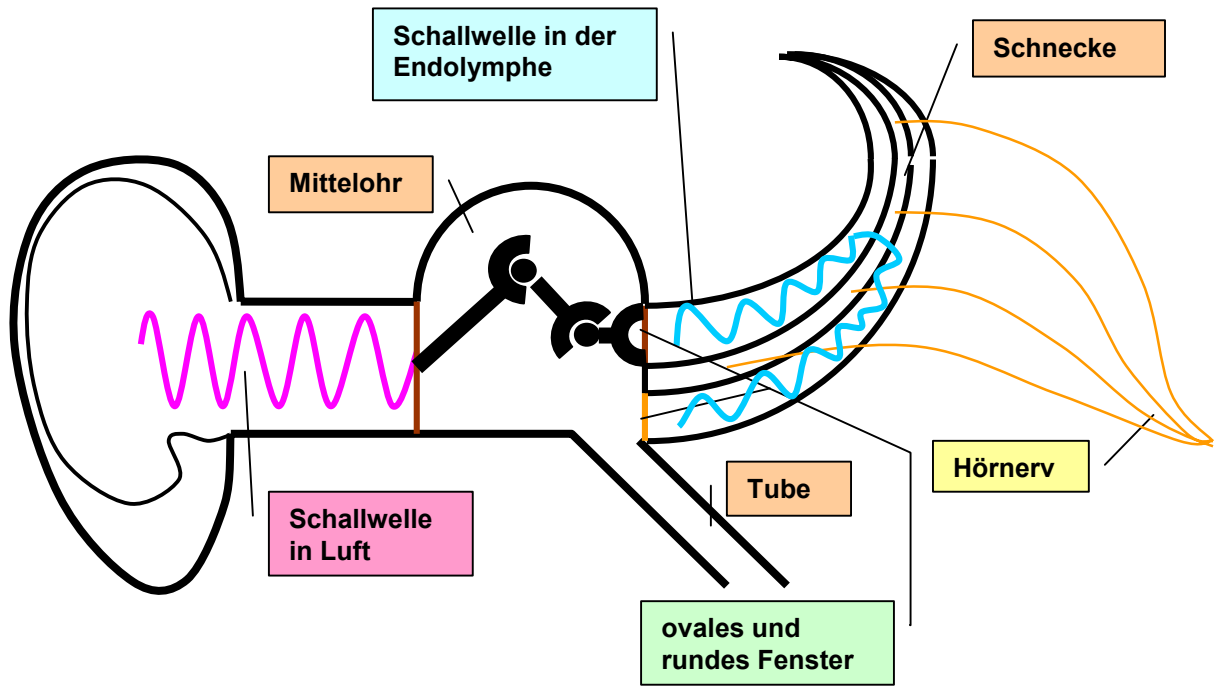
Approximate Distance	View	Approximate Time to Impact
1 n.m. 1850 m		14 seconds
1/2 n.m. 925 m		7 seconds
1/4 n.m. 460 m		4 seconds
1/8 n.m. 230 m		2 seconds
1/16 n.m. 115 m		1 second

## Ohr ⇒ Gehör und Gleichgewicht

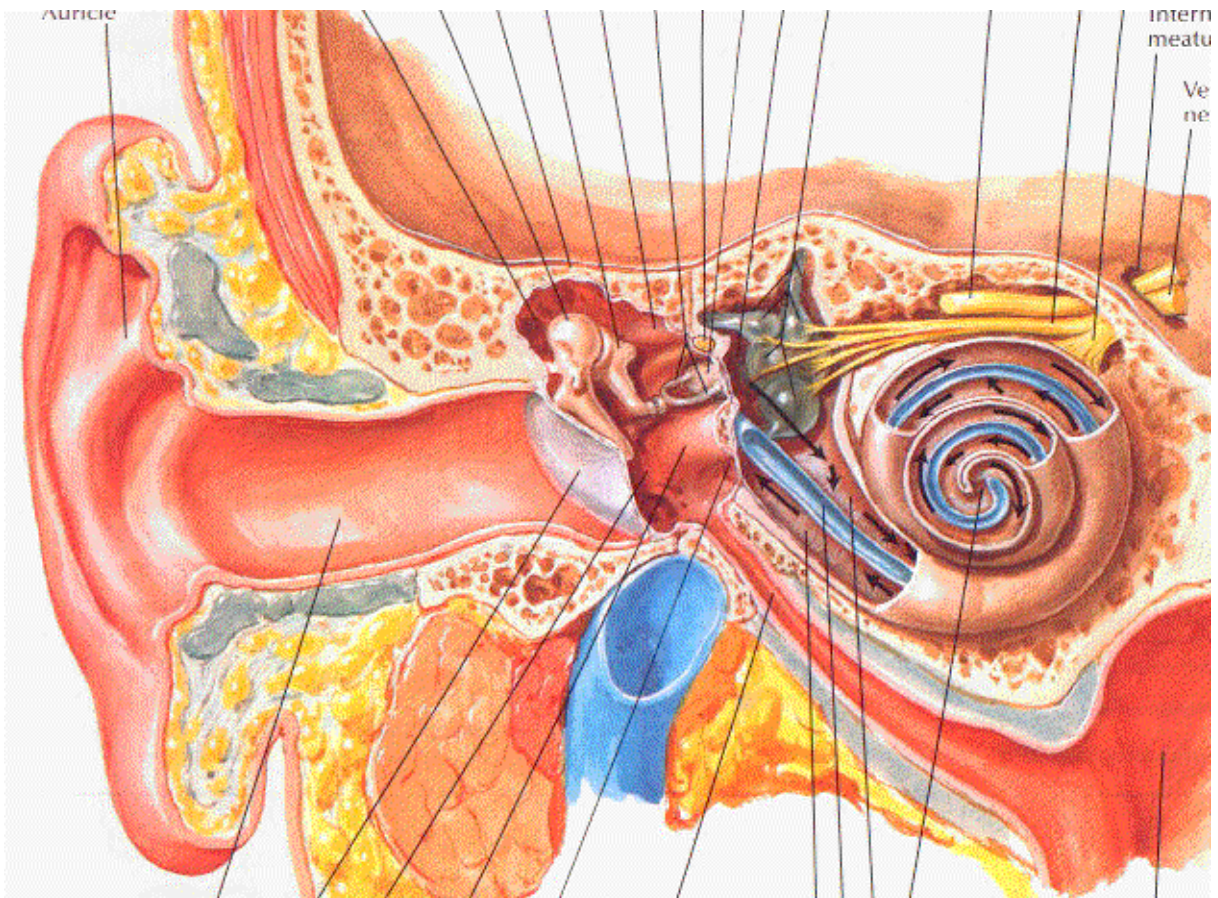
- äusseres Ohr
  - ⇒ Ohrmuschel
  - ⇒ äusserer Gehörgang
  - ⇒ Schalleitung zum Mittelohr
  
- **Trennwand** ⇒ Trommelfell, trennt äusseres Ohr vom Mittelohr ab
  
- Mittelohr
  - ⇒ Gehörknöchelchen
  - ⇒ Hammer, Amboss, Steigbügel
  - ⇒ **aerohydraulischer Wandler, überträgt die Schwingungen des Trommelfells via ovales Fenster auf die Perilymphe und Endolymphe des Innenohrs**
  - ⇒ offene Verbindung mit dem Rachen = Tube (Eustachische Röhre)
  
- **Trennwand** ⇒ ovales Fenster, trennt Mittelohr vom Innenohr ab
  
- Innenohr
  - ⇒ mit Flüssigkeit (Endolymphe) gefülltes kompliziertes Gangsystem bestehend aus
  - ⇒ Schnecke = Schallempfindungsorgan
  - ⇒ Vorhof mit 2 Statolithenorganen
    - ⇒ messen Linearbeschleunigung
  - ⇒ 3 Bogengänge
    - ⇒ messen Radial- und Winkelbeschleunigung

**Druckausgleich** ⇒ das Mittelohr verbraucht laufend Luft. Damit kein Unterdruck entsteht, muss diese Luft ständig nachgeliefert werden. Dies geschieht vom Rachen her durch die Tube, welche bei Bewegungen des Gaumens wie Schlucken, Gähnen etc. oder auch willkürlich durch das Valsalva - Pressmanöver (Pressen mit geschlossenem Mund und zugehaltener Nase) geöffnet wird und Luft einströmen lässt. Bei Erkältung ist der Tubeneingang verlegt und / oder geschwollen und der Druckausgleich funktioniert nicht. Im **Sinkflug** können damit massive Schmerzen entstehen.

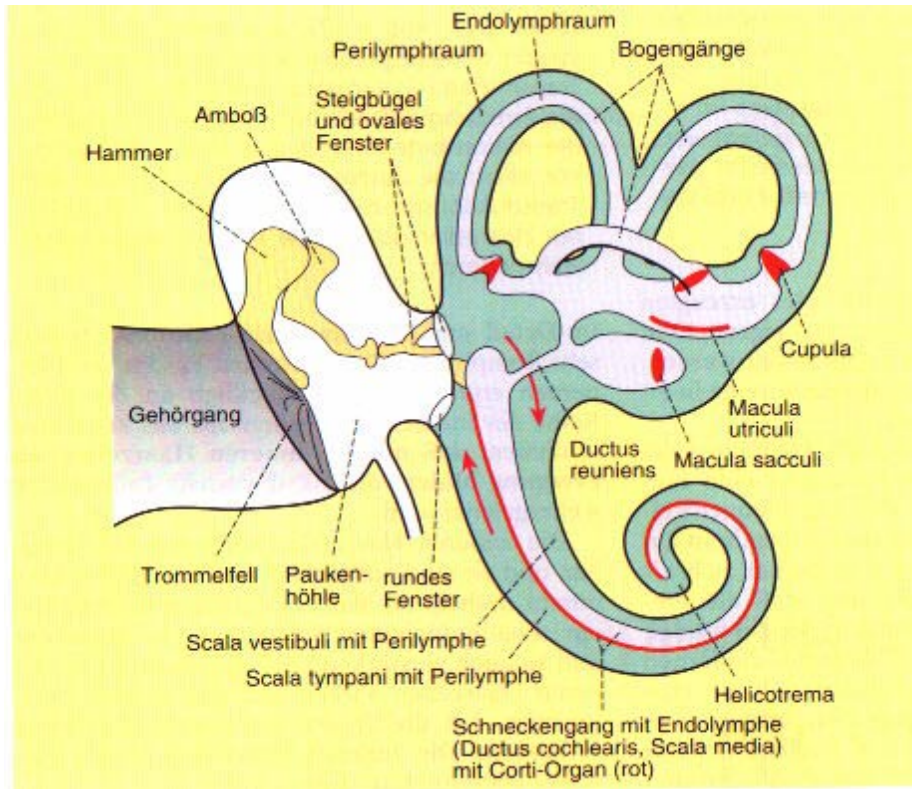
## Schema des Gehörorgans



## Anatomische Übersicht

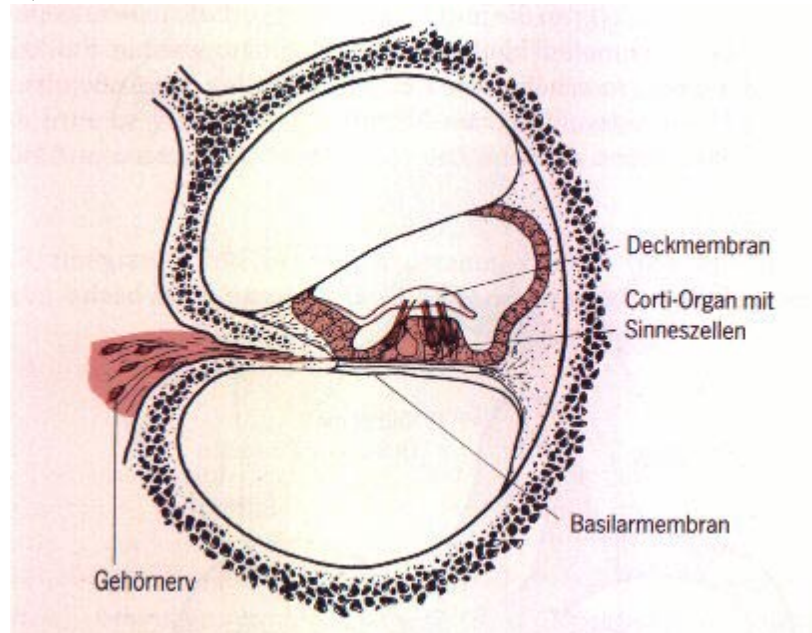


## Schnecke und Bogengänge schematisch



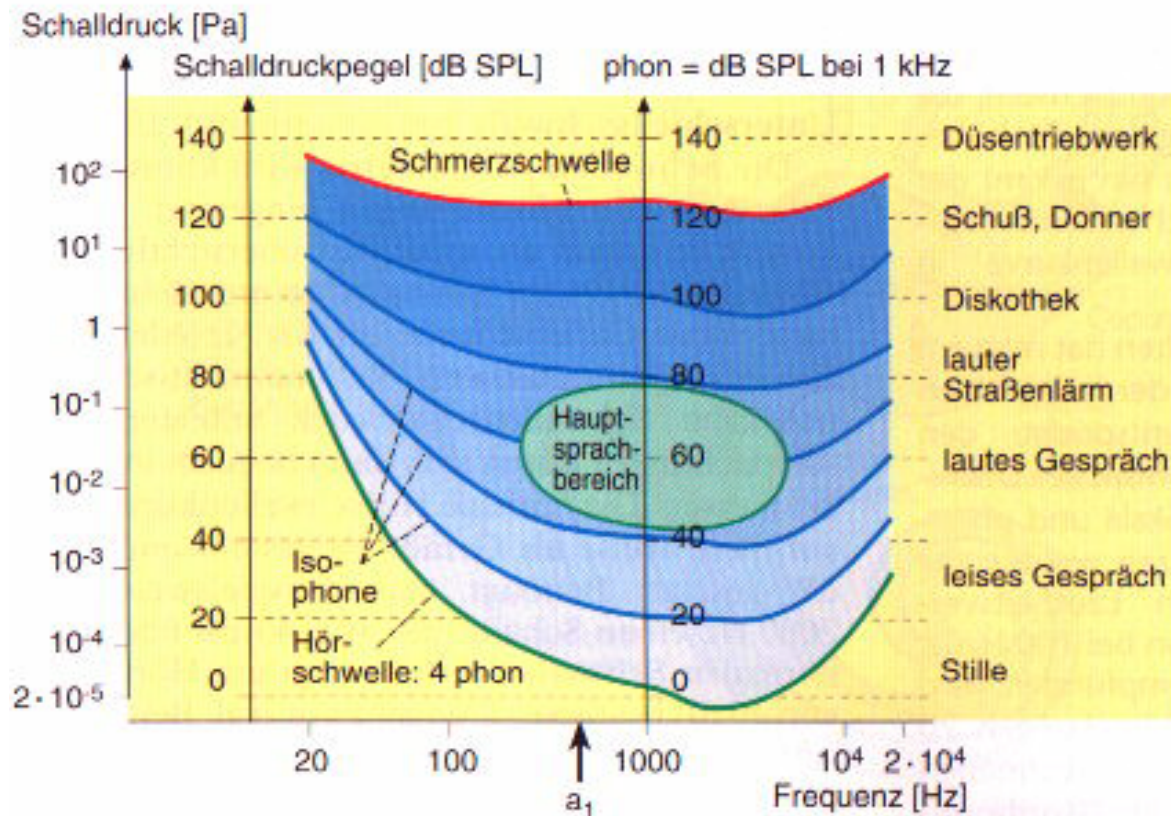
(Bild aus Golenhofen: Physiologie, Urban & Schwarzenberg 1997)

## Querschnitt durch die Schnecke:



(Bild aus Moser/Frank: Flugmedizin für Piloten, Thieme, TRIAS 1988)

## Schalldruckpegel und Dezibel – Skala



## Gehörschäden

Dauerschall von 85 dB während mindestens 8 Stunden führt zu Schädigung des Gehörs. Ist die Lärmquelle lauter als 85 dB, treten die Schäden bereits nach kürzerer Exposition auf.

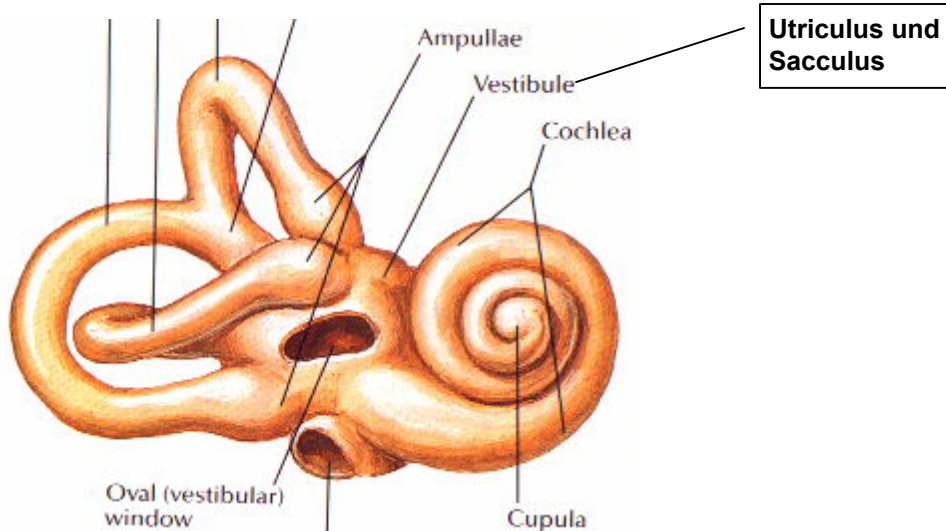
Erstes Anzeichen einer Schädigung ist ein Pfeifen im Ohr (Tinnitus) nach einer Lärmbelastung, z. B. nach Discobesuch (gemäss Gesetz beträgt der maximal zulässige mittlere Immissionsspiegel in einer Disco 93 dB, was etwa zwei Stunden pro Tag ohne schädigende Wirkung vertragen wird).

Das Ohr hat für Schädigungen ein "Gedächtnis". Ein vorgeschädigtes Ohr erträgt deshalb weniger Lärm als ein gesundes. Wer also einmal einen Tinnitus gehabt hat, muss sich besonders gut schützen.

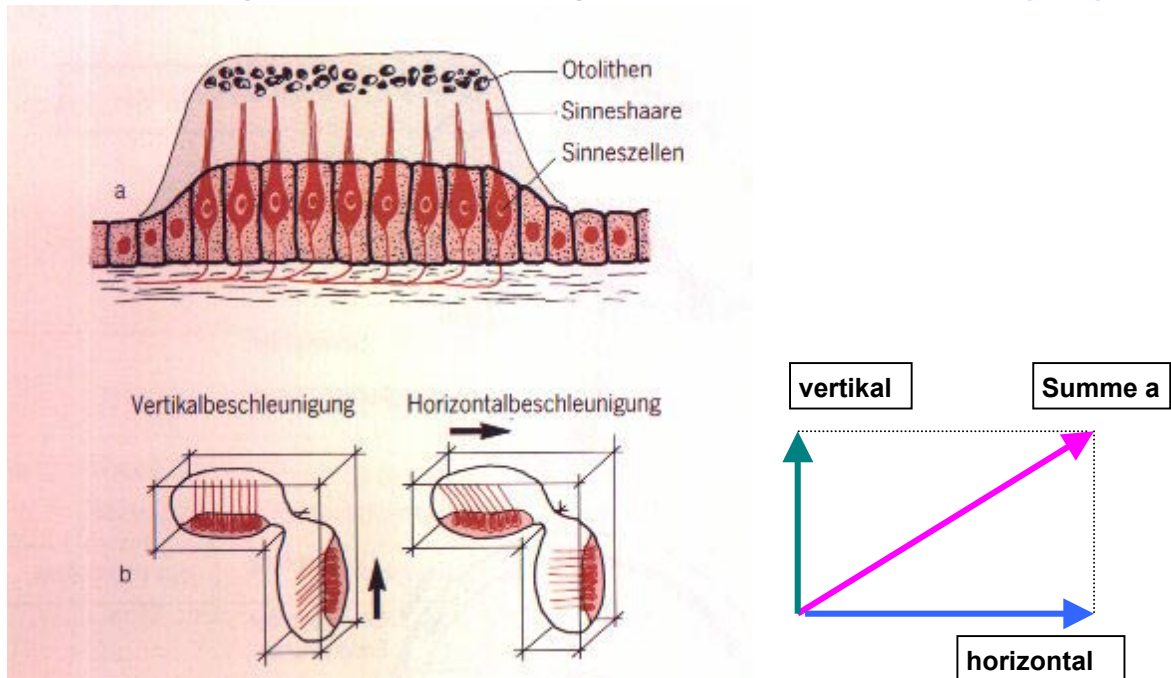


⇒ Gleichgewichtsorgan = Vestibularapparat

- im Felsenbein der Schädelbasis eingebettetes Hohlsystem
- häutig ausgekleidet und
- mit Endolymphe gefüllt
- zusammenhängend mit der Schnecke
  - Vorhof mit zwei Statolithenorganen (Utriculus und Sacculus)
  - drei Bogengänge



Statolithenorgane = Otolithenorgane ⇒ Linearbeschleunigung

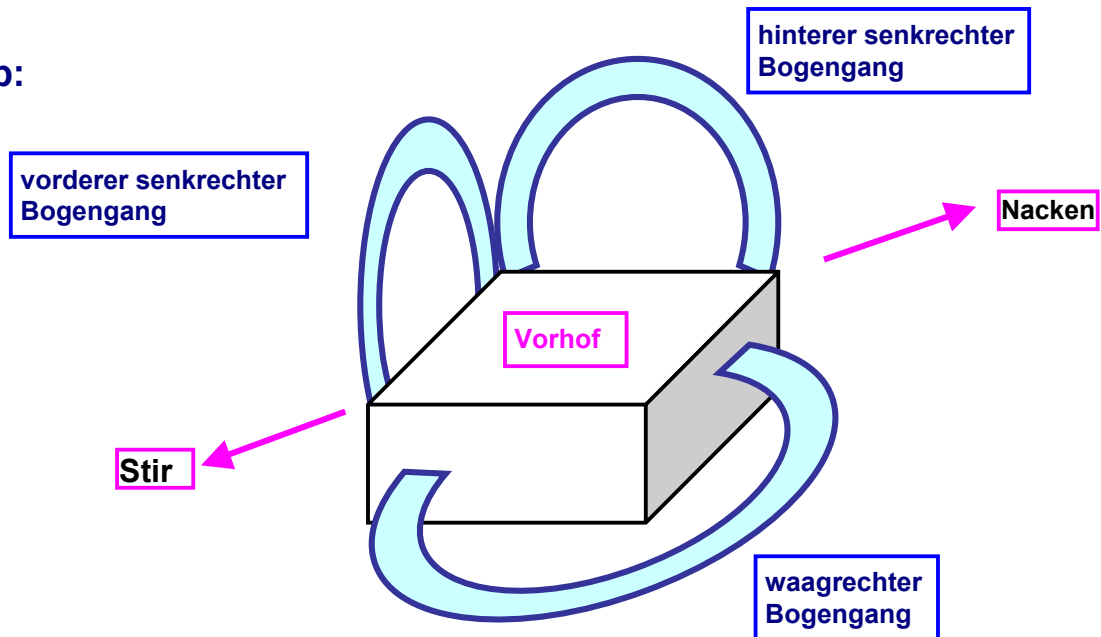


Eine Linearbeschleunigung  $a$  in irgend einer Richtung wird für die Sinnesempfindung zerlegt in ihre horizontale (utriculus) und vertikale (sacculus) Komponente. Aus diesen beiden Vektoren wird im ZNS der Summenvektor gebildet und daraus die Sinneswahrnehmung der entsprechenden Linearbeschleunigung berechnet.

### 3 Bogengänge → Radial - und Winkelbeschleunigungen

- 1 waagrechter Bogengang
- 1 vorderer senkrechter Bogengang
- 1 hinterer senkrechter Bogengang
- bilden drei etwa rechtwinklig aufeinander stehende Ebenen
- können damit jede beliebige Winkelbeschleunigung messen

Prinzip:



Reizschwelle für Winkelbeschleunigung:  $\sim 1^\circ / \text{sec}^2$   
langsamere Beschleunigungen werden nicht erkannt!

merke:

**Bogengänge und Statolithenorgane messen Beschleunigungen, gleichförmige (nicht beschleunigte) Bewegungen werden nicht erkannt**

## rechtes Ohr

