Tauchmedizin

DTSA Silber/Gold

Stefan Overhagen

FA Anästhesie

Tauch- und Überdruckmedizin (nach GTÜM e.V.)

St.Josef-Hospital Oberhausen

www.tcsoverhagen.de

Apnoe-Blackout

- Willentliches Verschieben des BBP (breathhold-breaking-point) durch Hyperventilation.

Effekte:

1. pCO_2 sinkt dramatisch
2. pO_2 steig nicht an
3. Unterschiedliche Impulsstärke der Chemorezeptoren,

O_2-Rezeptor ist wesentlich impulsschwächer als der CO_2-Rezeptor

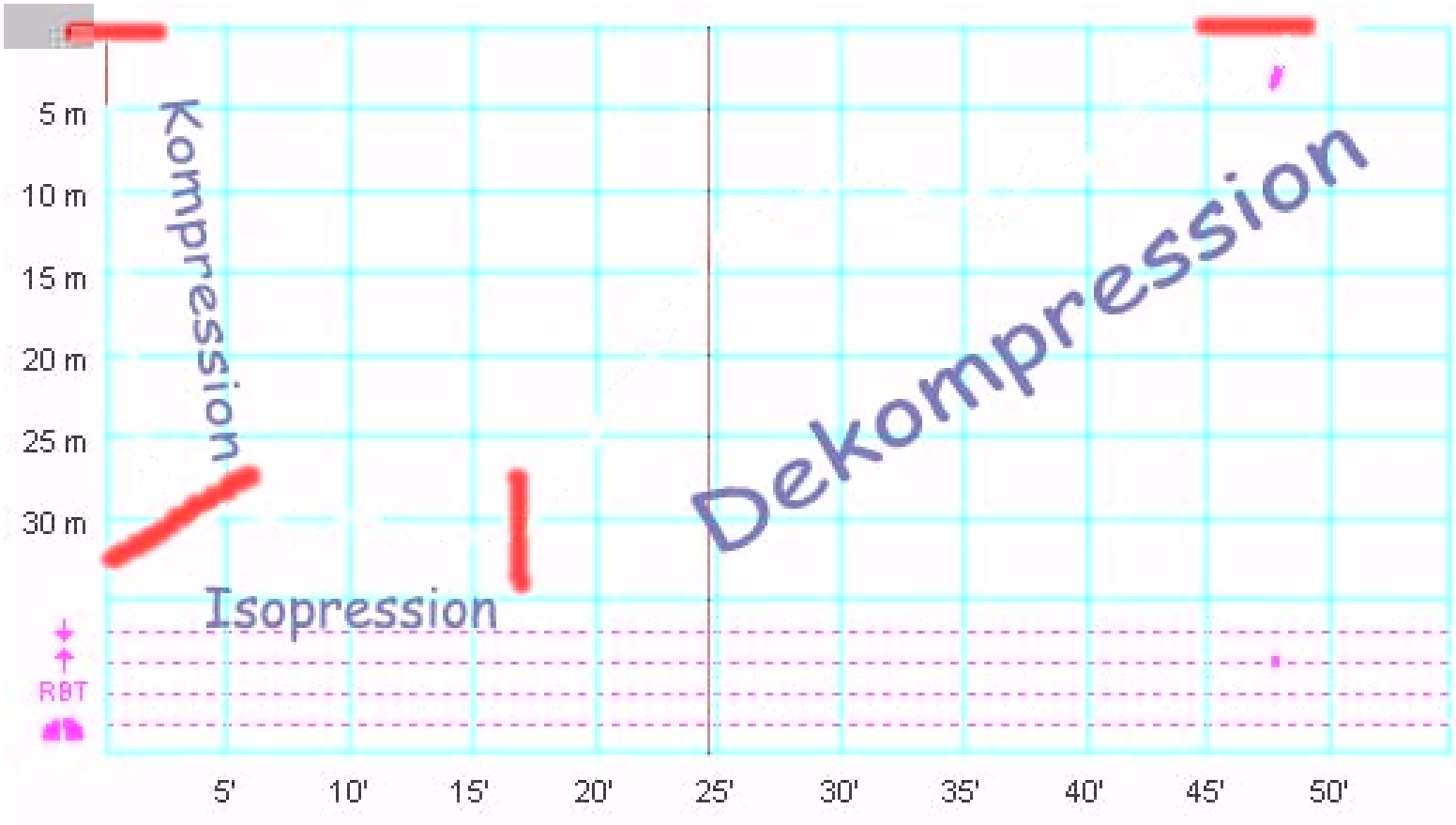
O_2-Mangel wird nicht rechtzeitig bemerkt

Bevor O2-Mangel registriert wird, ist der Sauerstoffspiegel unter ein kritisches Niveau gesunken

➔ Ohnmacht

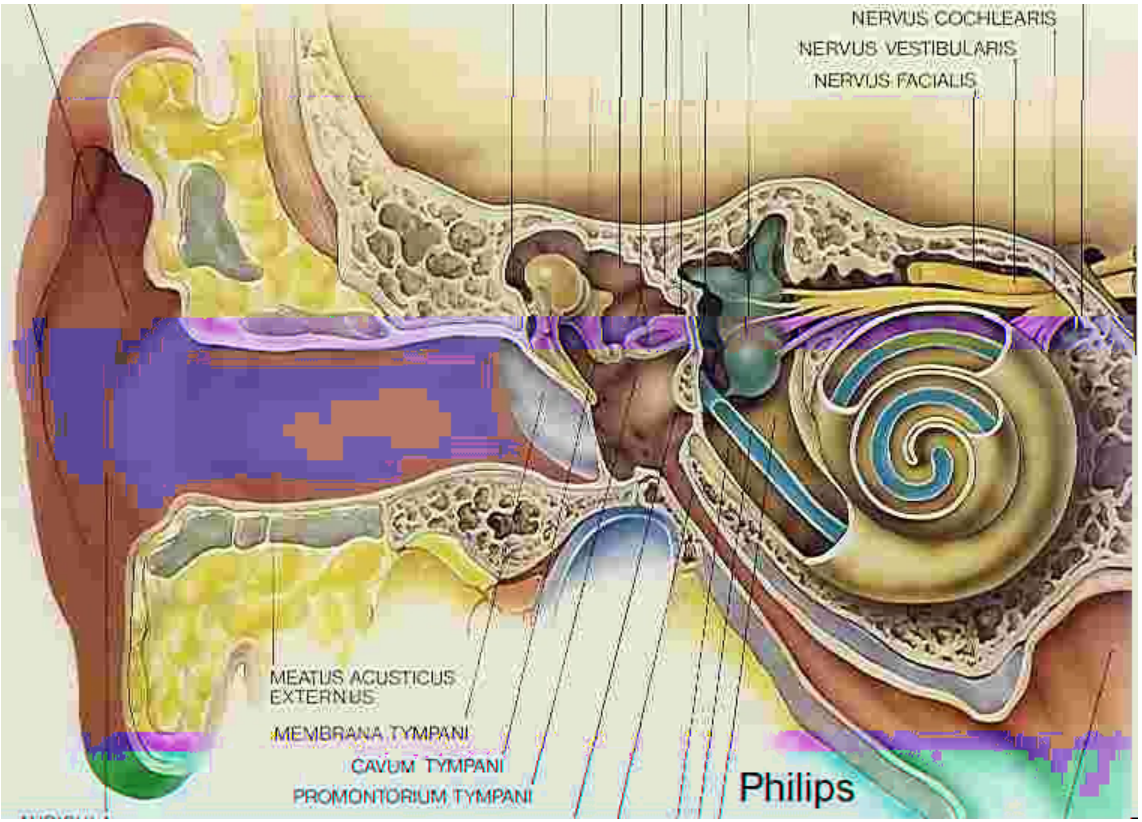
©S.Overhagen 2006

Tauchgangsphasen



©S.Overhagen 2006

Barotrauma I

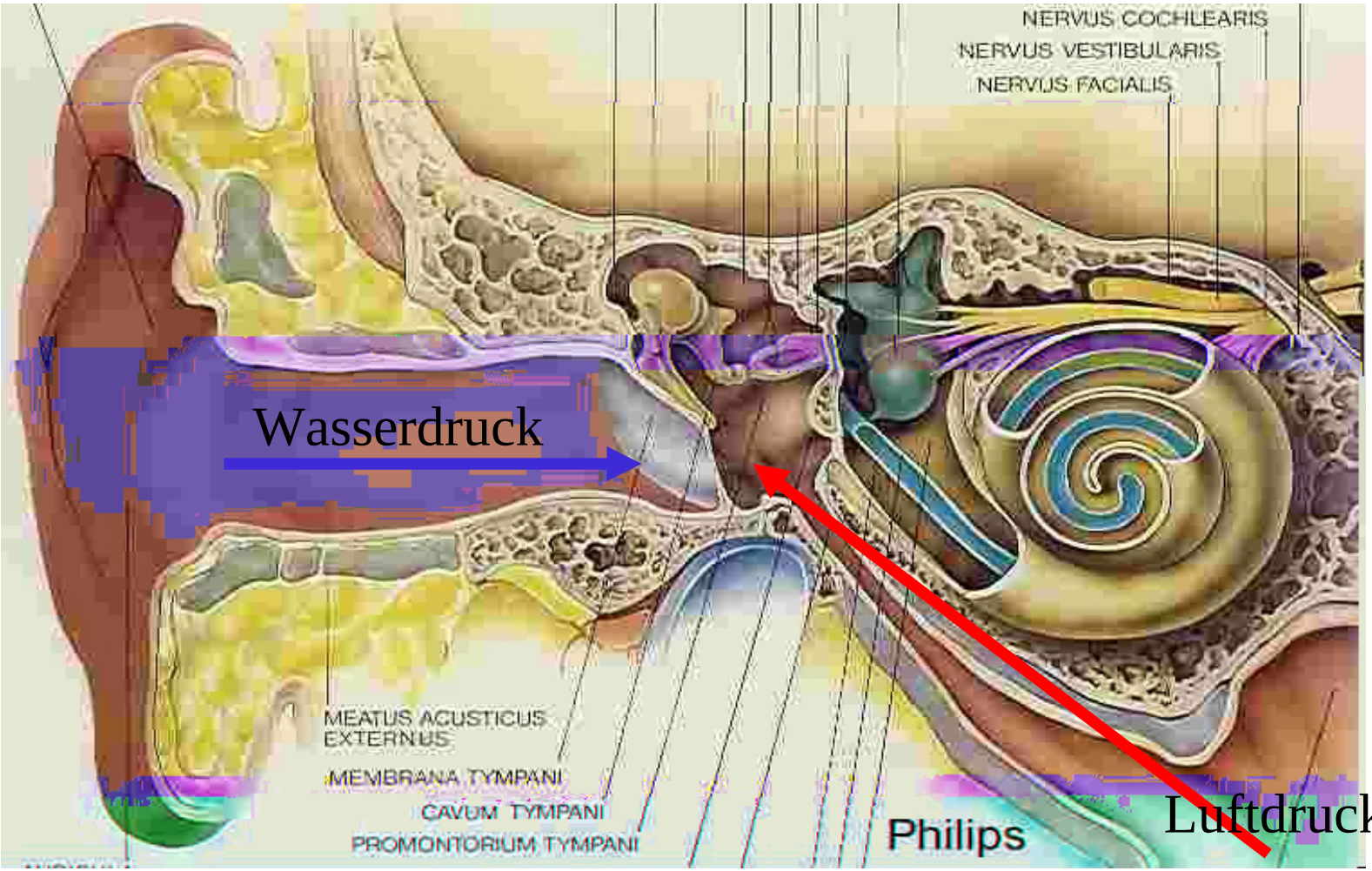


Barotraumen :

- Trommelfell
- Nasennebenhöhlen, Stirnhöhlen
- Warzenfortsatz

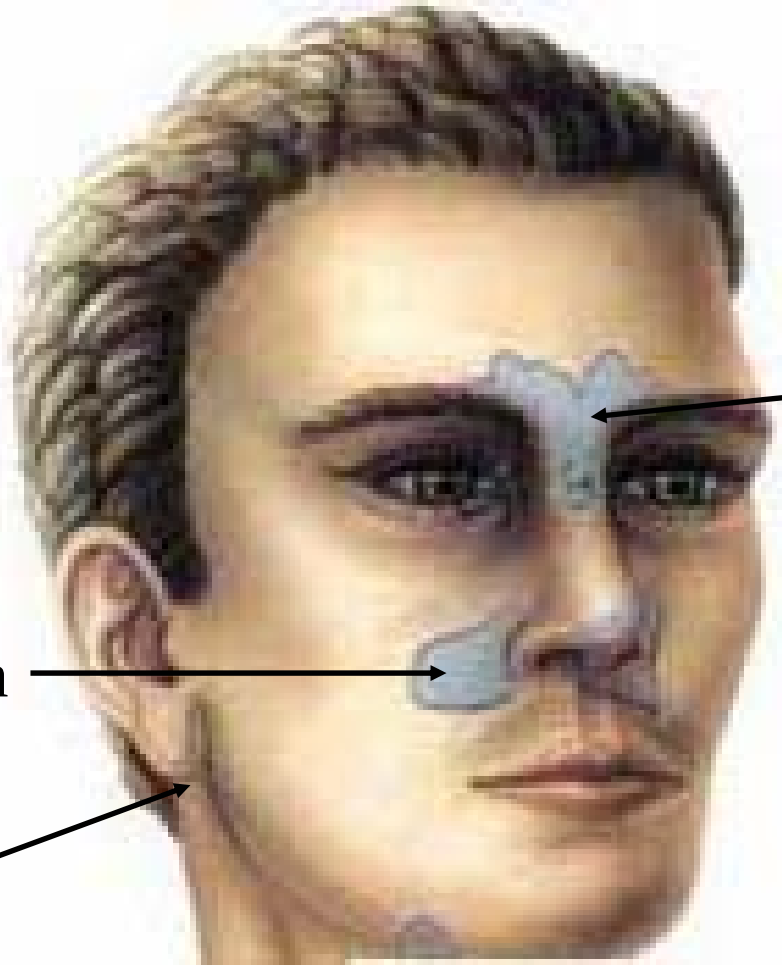
©S.Overhagen 2006

Barotrauma I



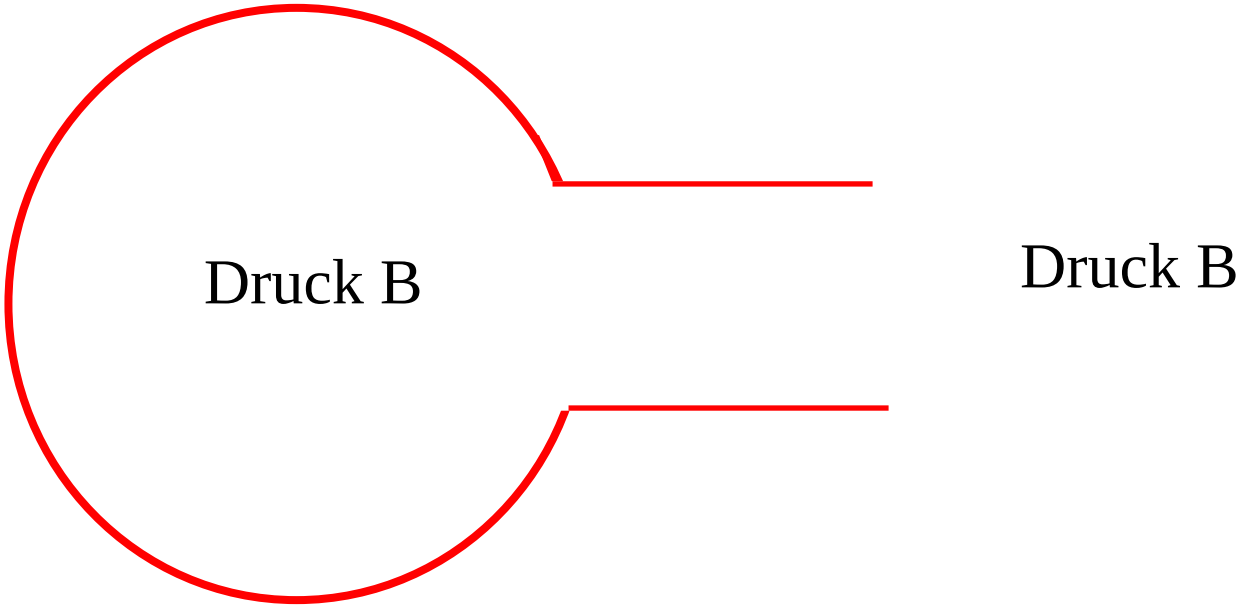
©S.Overhagen 2006

Barotrauma II



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

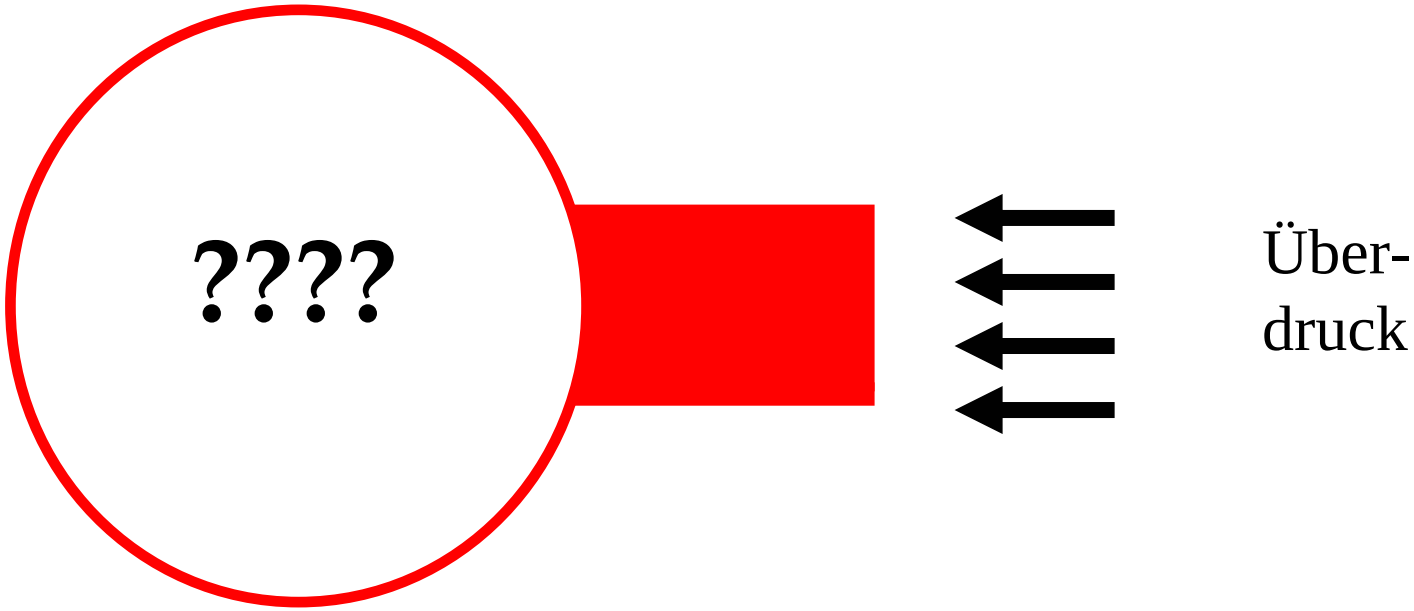
Barotrauma II



Kommunizierendes System

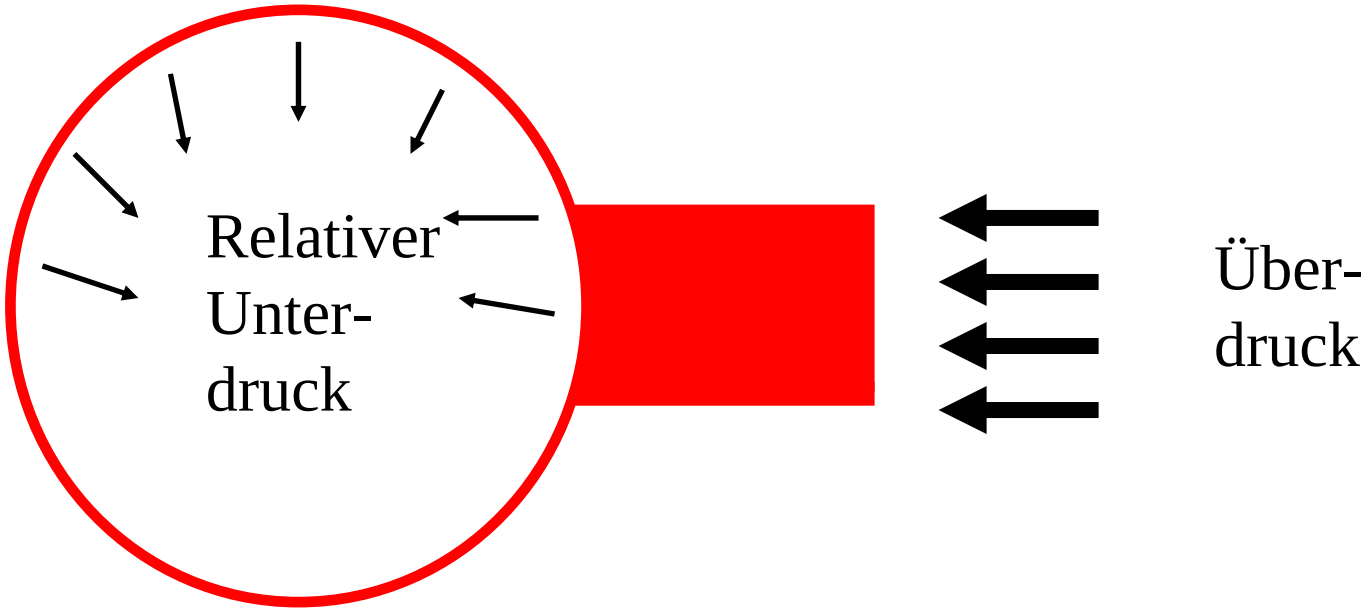
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma II



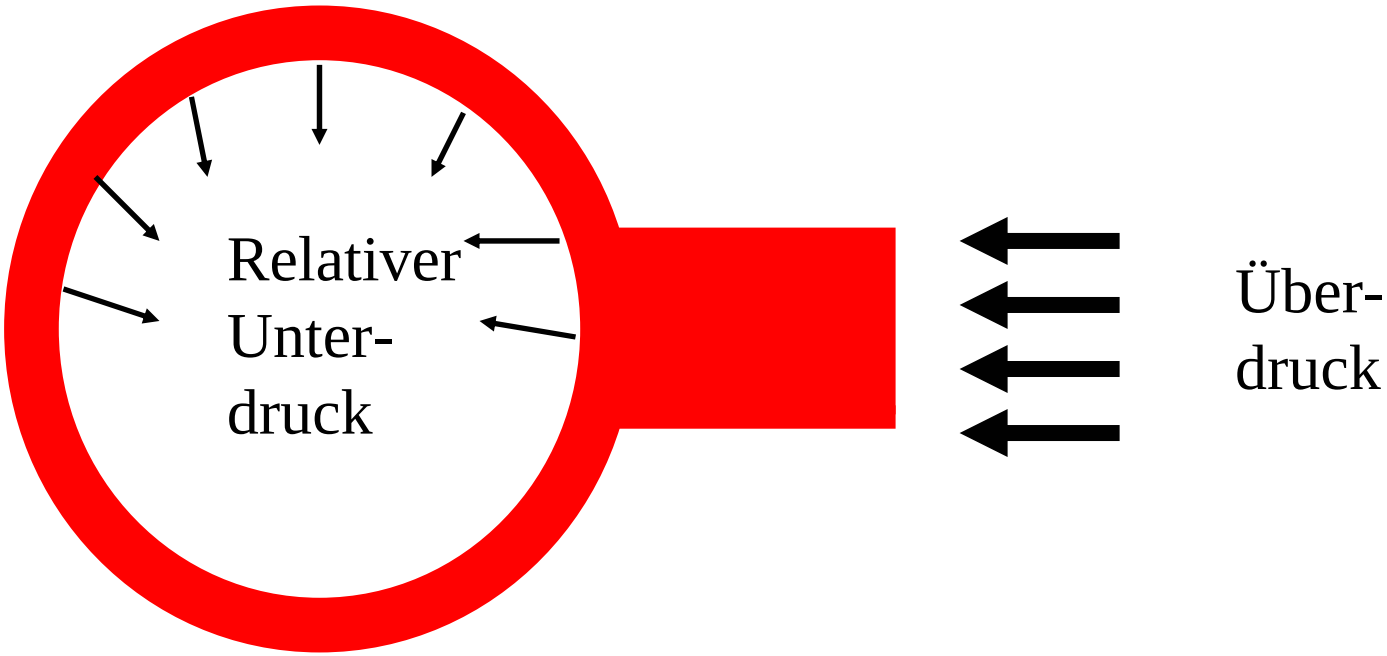
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma II



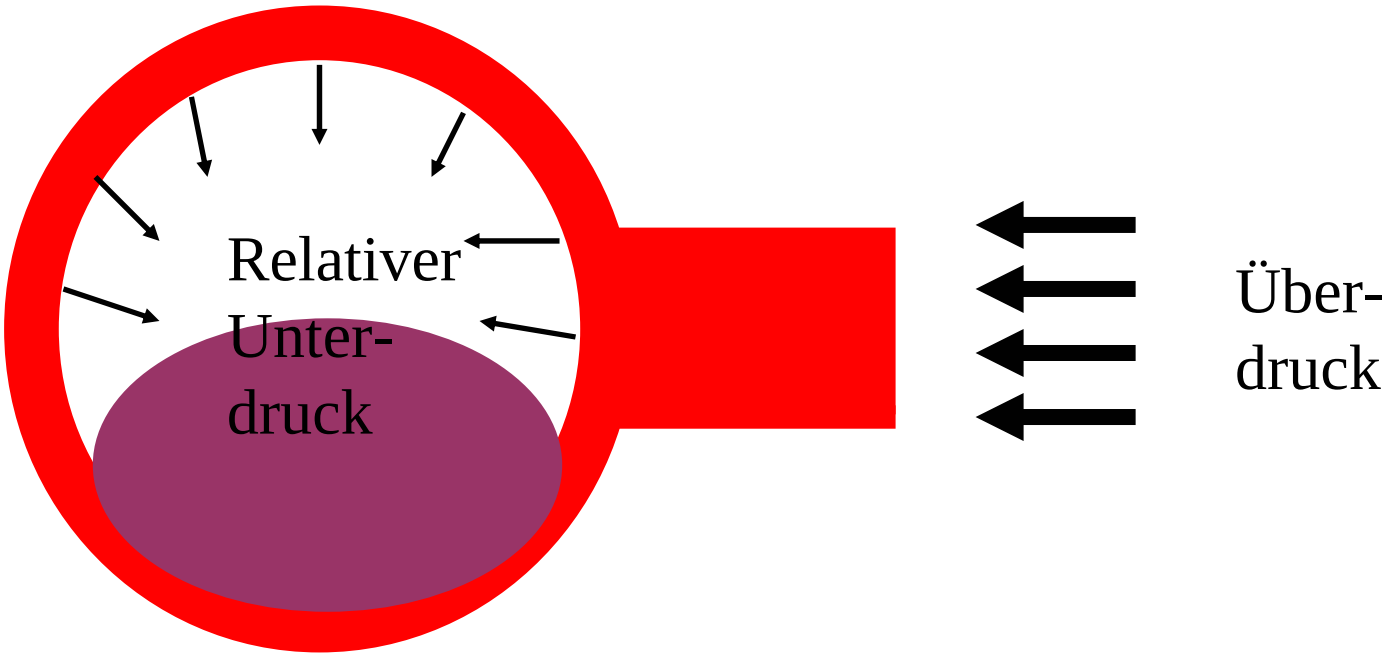
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma II



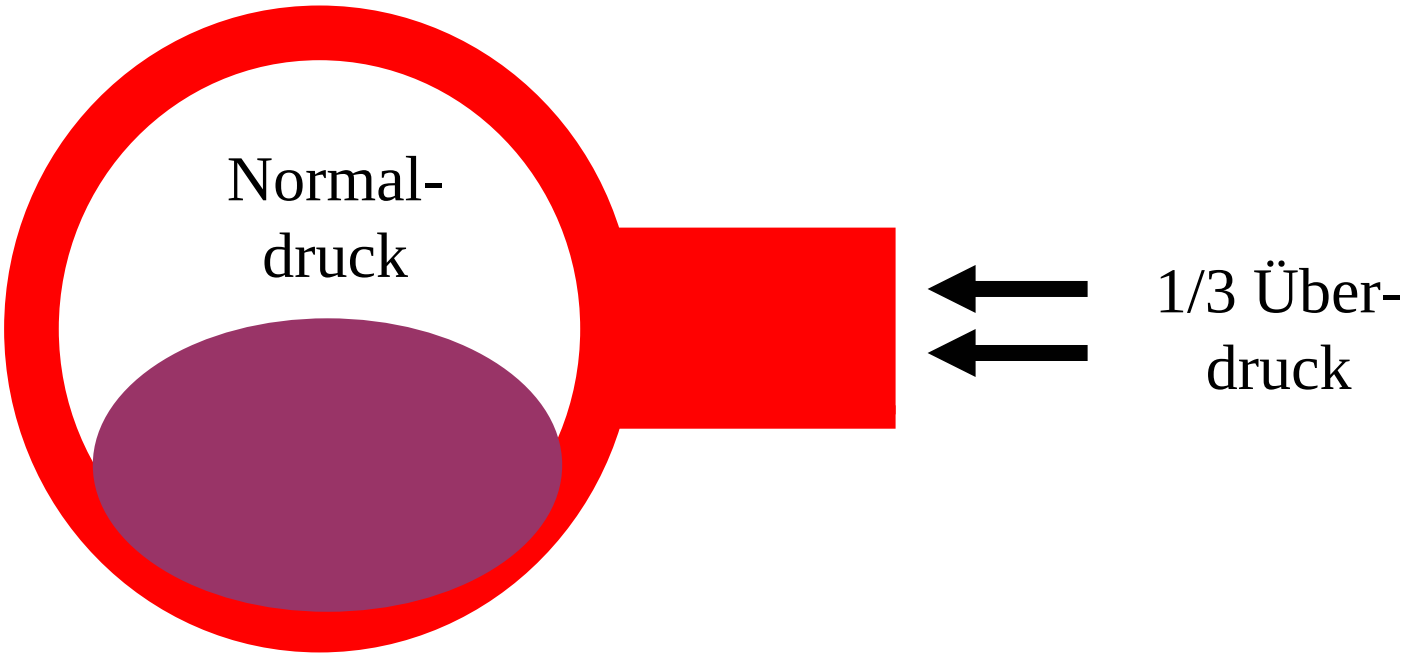
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma II



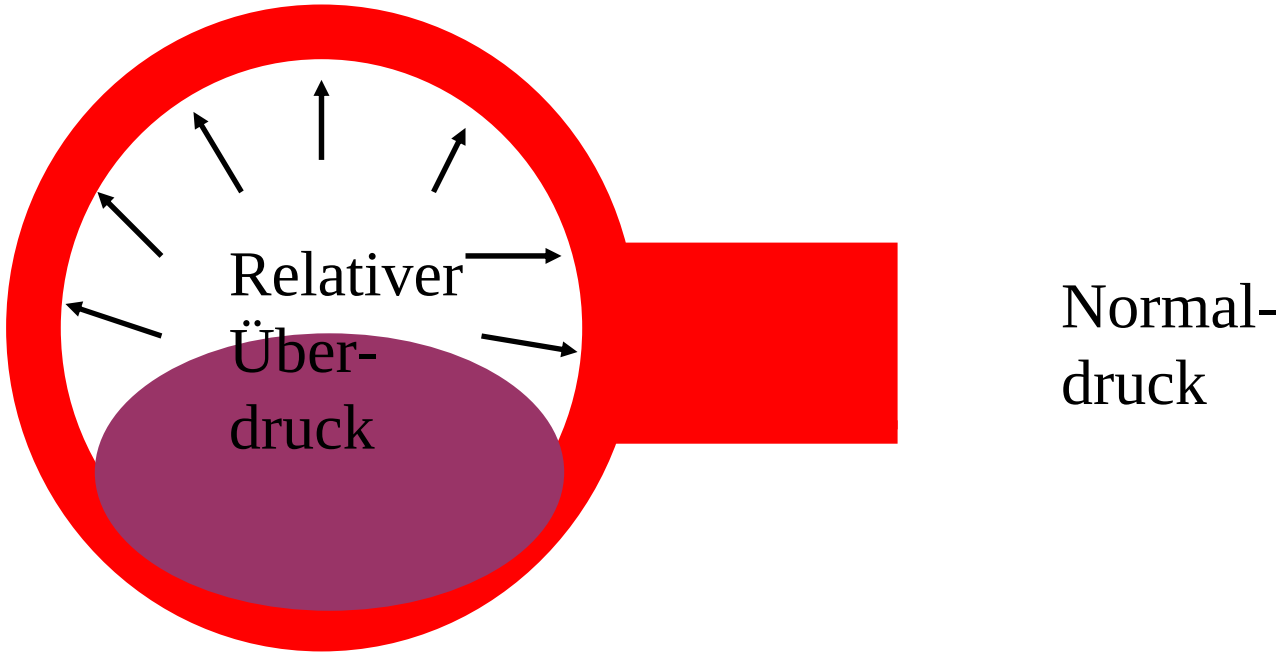
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma II



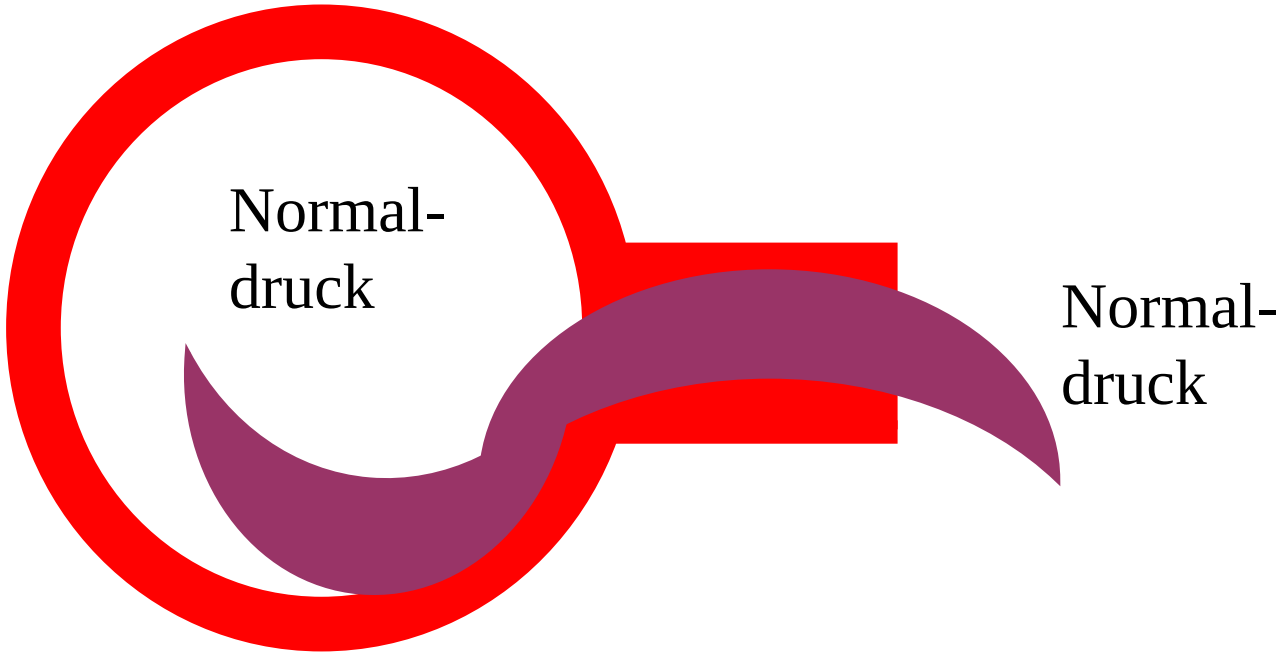
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma II



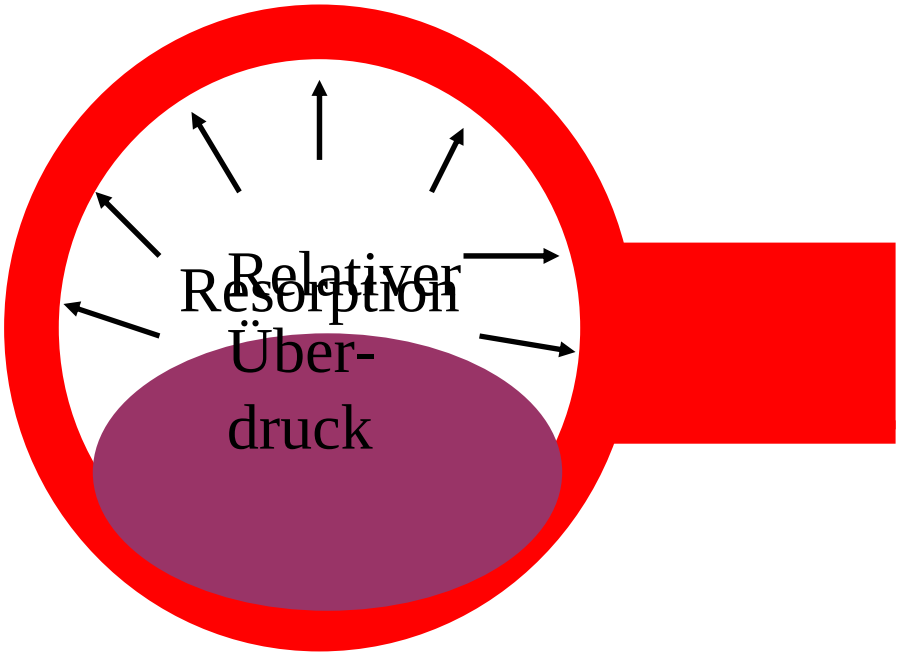
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma II



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

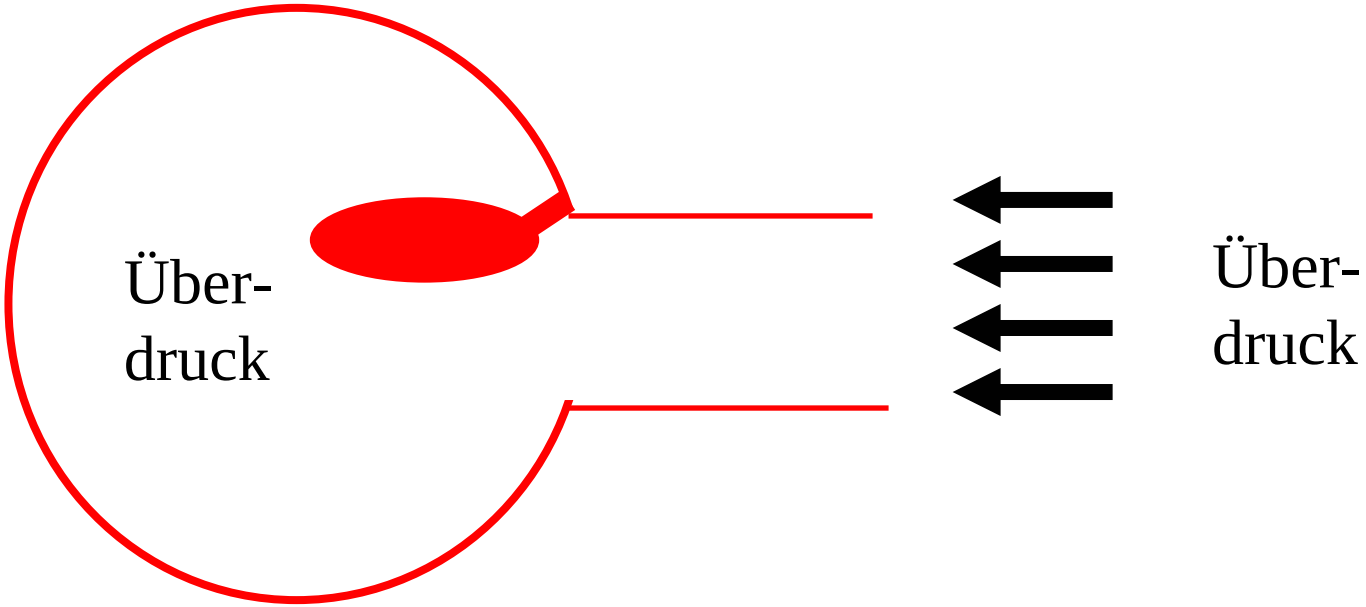
Barotrauma II



Normal-
druck

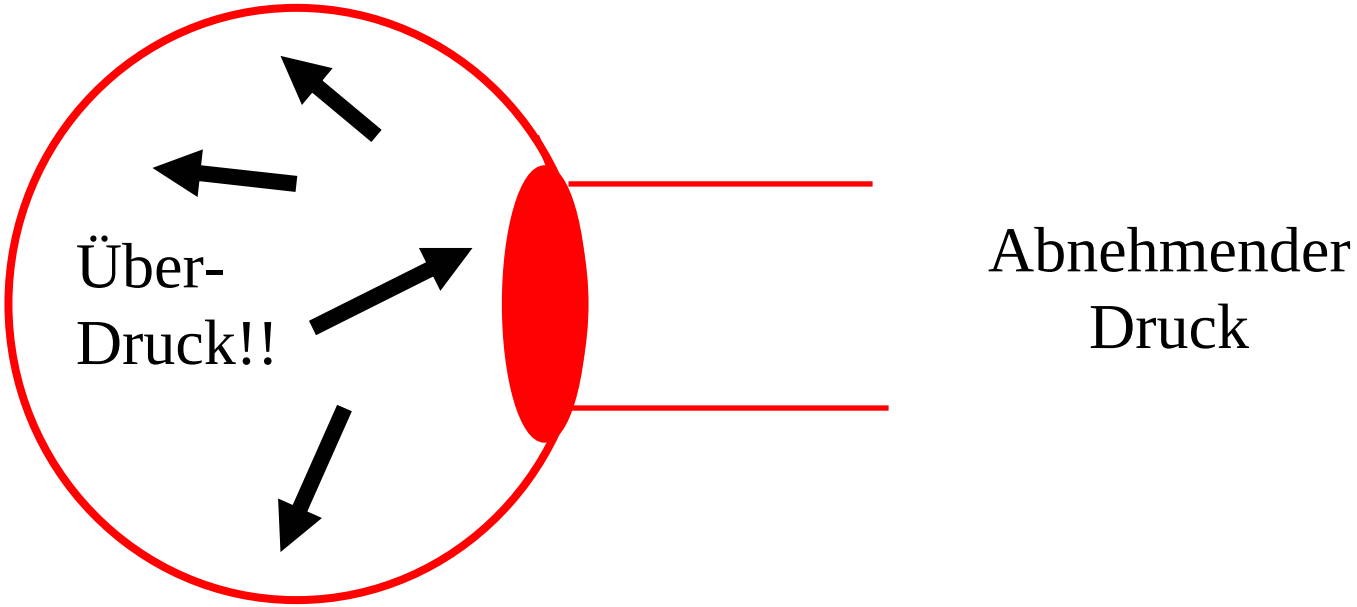
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma III, invers



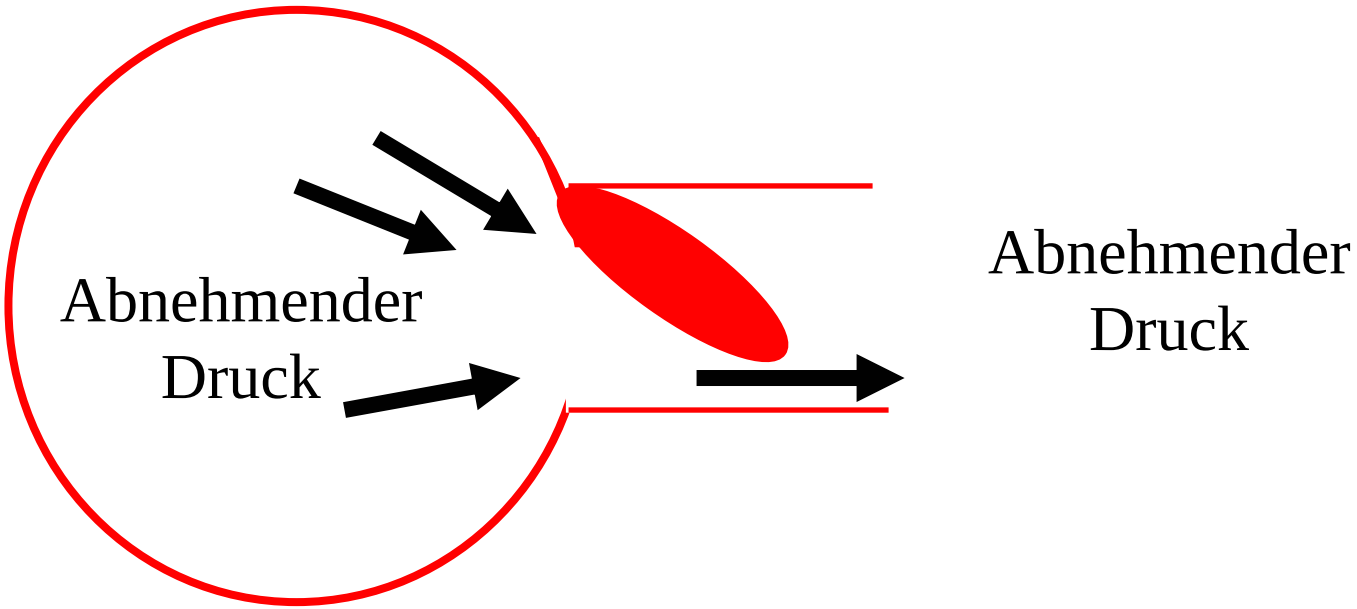
©S.Overhagen 2006

Barotrauma III, invers



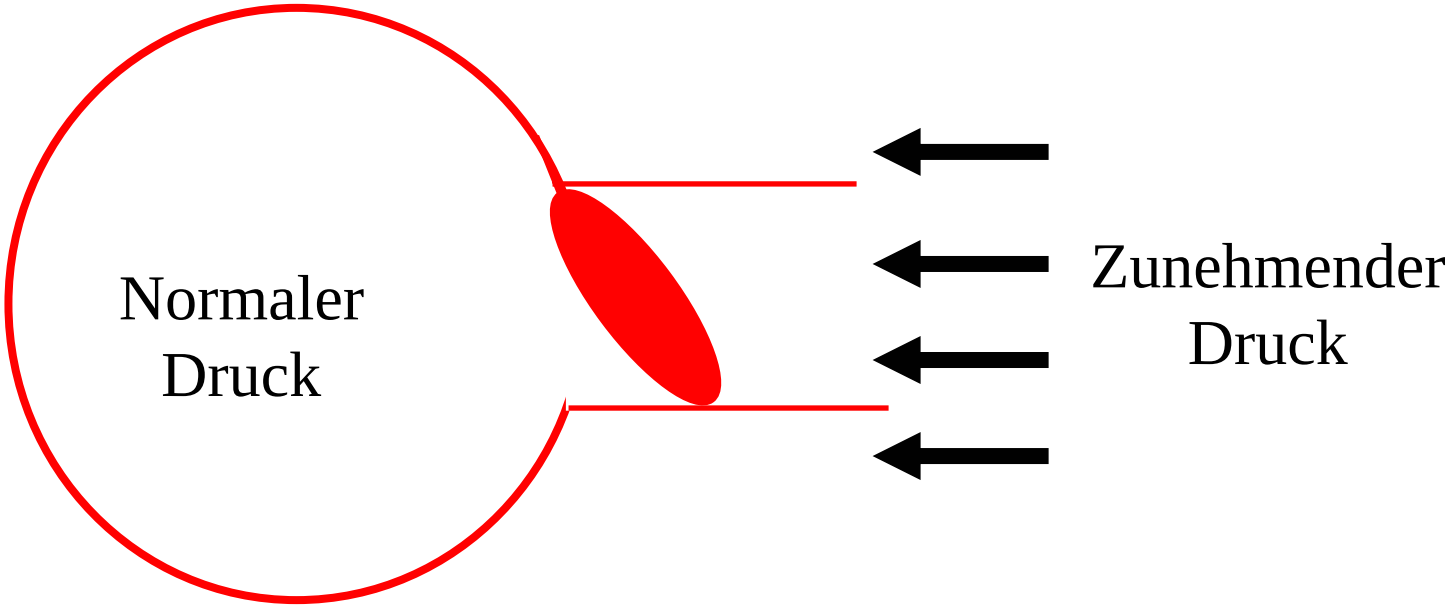
©S.Overhagen 2006

Barotrauma III, invers



©S.Overhagen 2006

Barotrauma III, invers

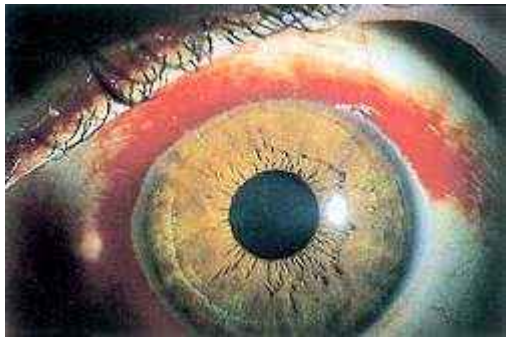


©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

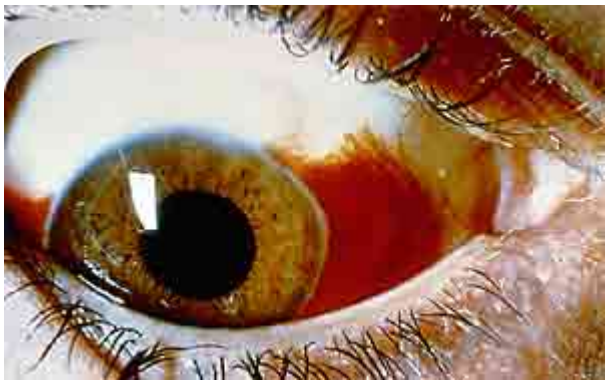
Barotrauma III, invers

- Relativer Unterdruck in der Tauchermaske beim Abtauchen

  ➔ Barotrauma des Auges



- ☠ Einblutungen in die Bindehaut



©S.Overhagen 2006

Barotrauma IV, Lunge

Mechanismen:

- „Luftanhalten“, bzw. nicht Ausatmen
- Glottiskrampf
- Asthma
- Air-Trapping

  Rückhaltung von Atemluft durch kleine Bronchial- und Alveolarverschlüsse

©S.Overhagen 2006

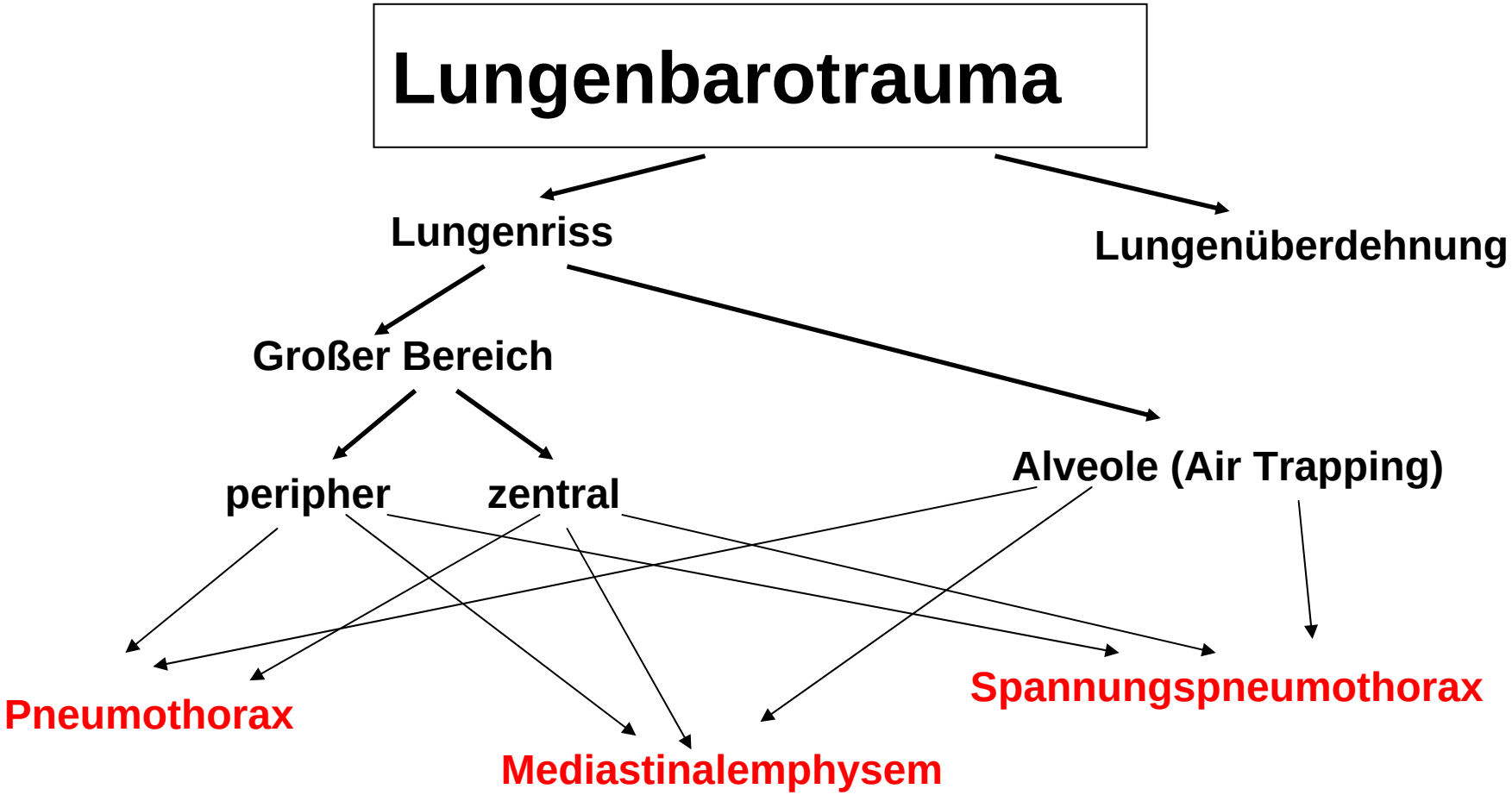
Barotrauma IV, Lunge

Symptome:

- Dyspnoe, Hustenreiz und Hämoptysen
- Hautemphysem, Dysphagie, plötzliche Heiserkeit wegen Recurrensparese, retrosternale Schmerzen, kardiogener Schock
- DIC (disseminierte intravasale Coagulopathie): Einblutungen in Haut und Schleimhäute

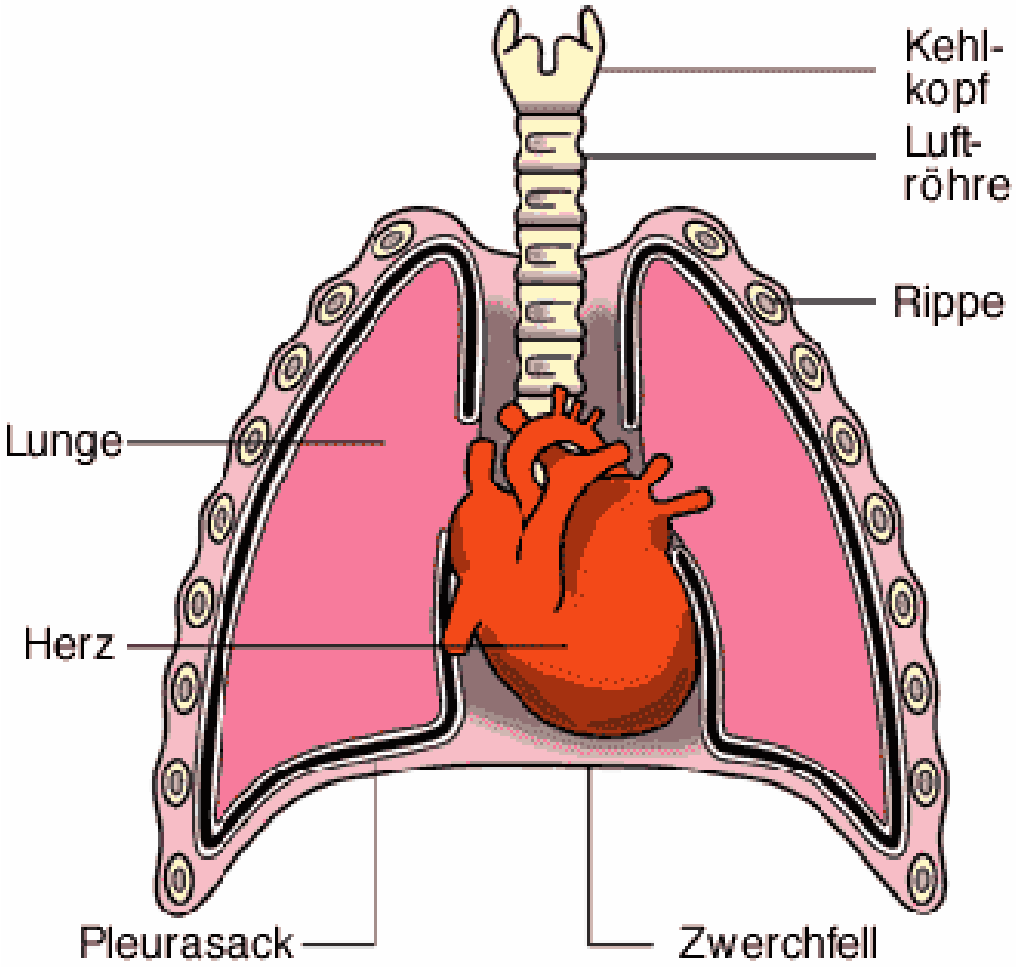
©S.Overhagen 2006

Barotrauma IV, Lunge



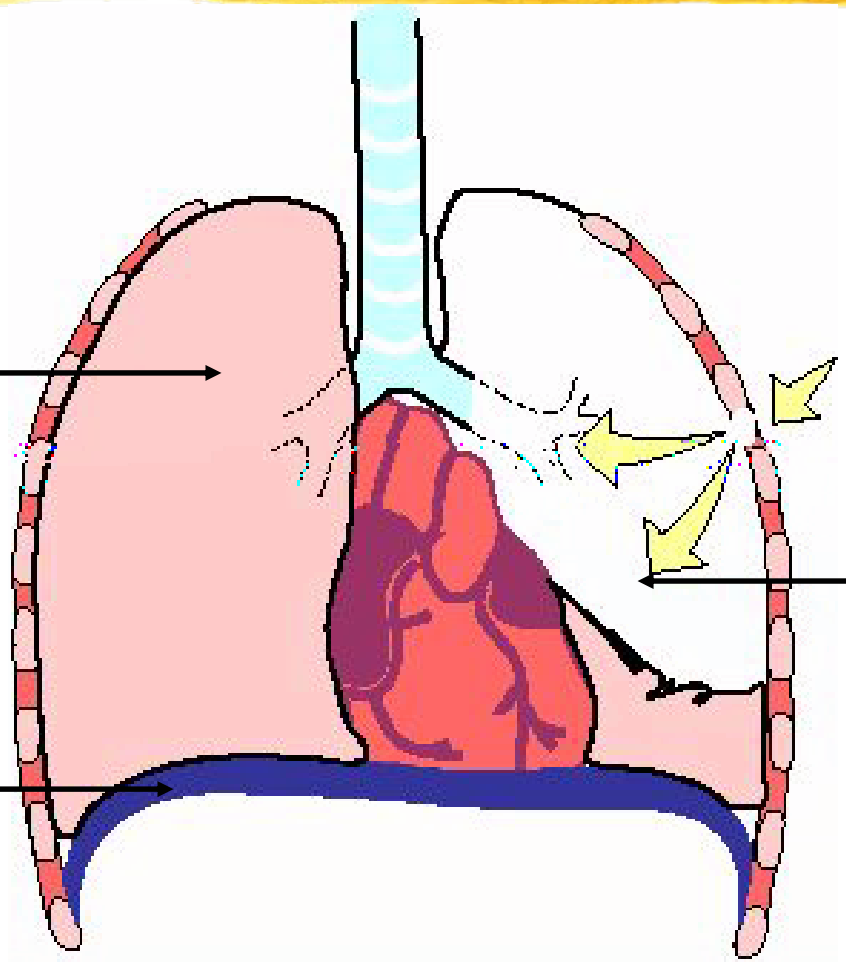
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma IV, Lunge



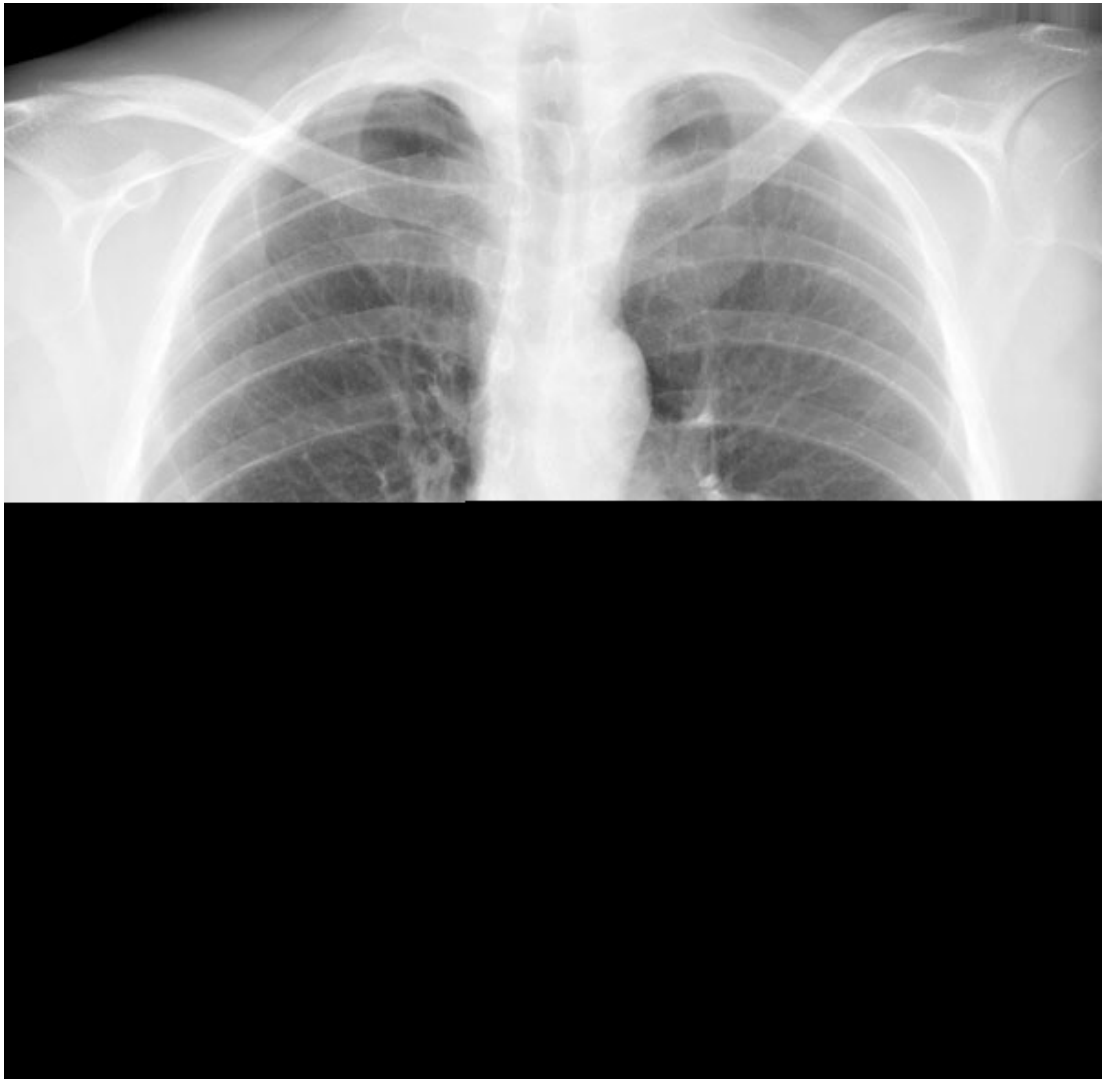
©S.Overhagen 2006

Barotrauma IV, Lunge



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

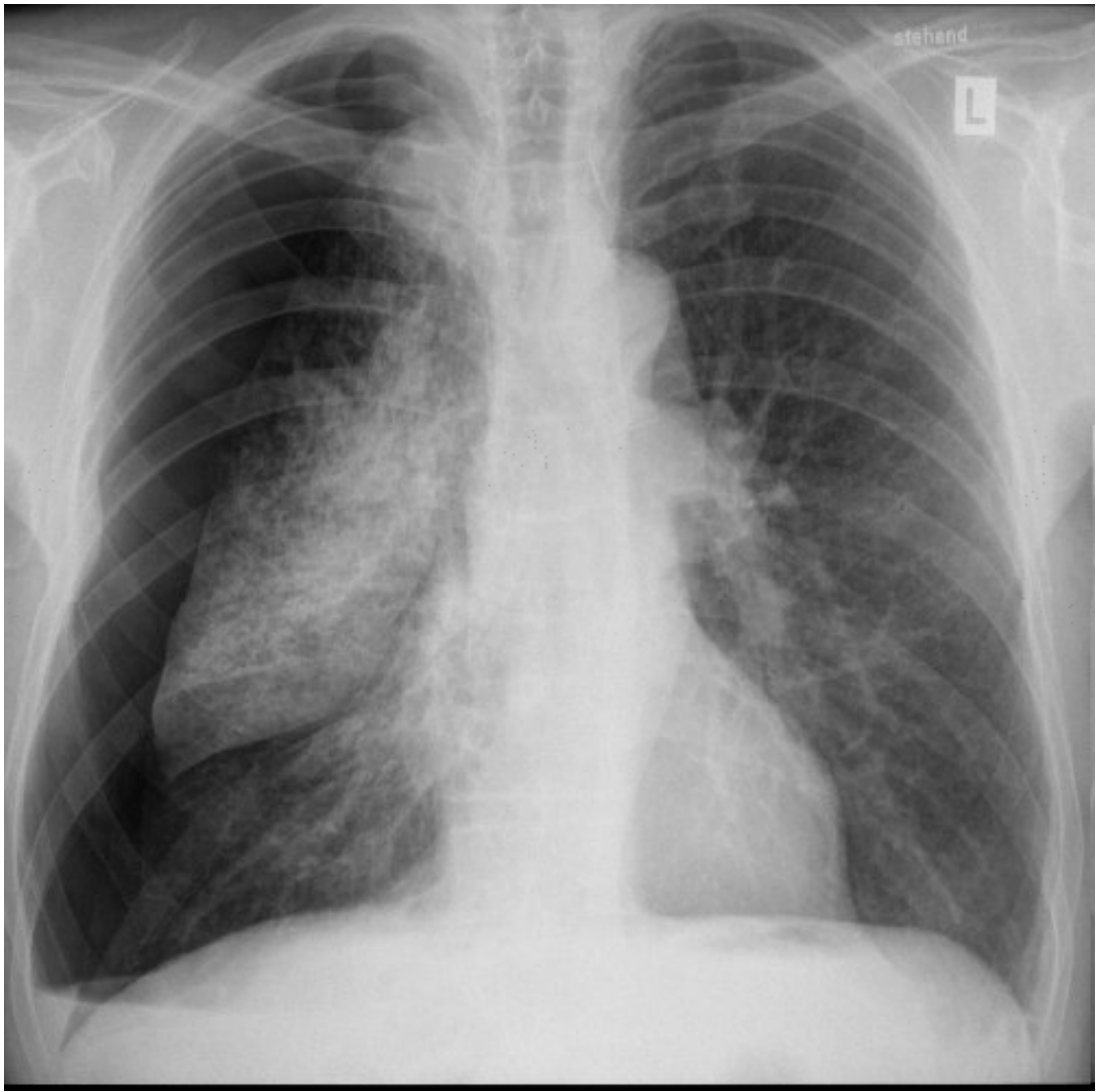
Barotrauma IV, Lunge



©S.Overhagen 2006

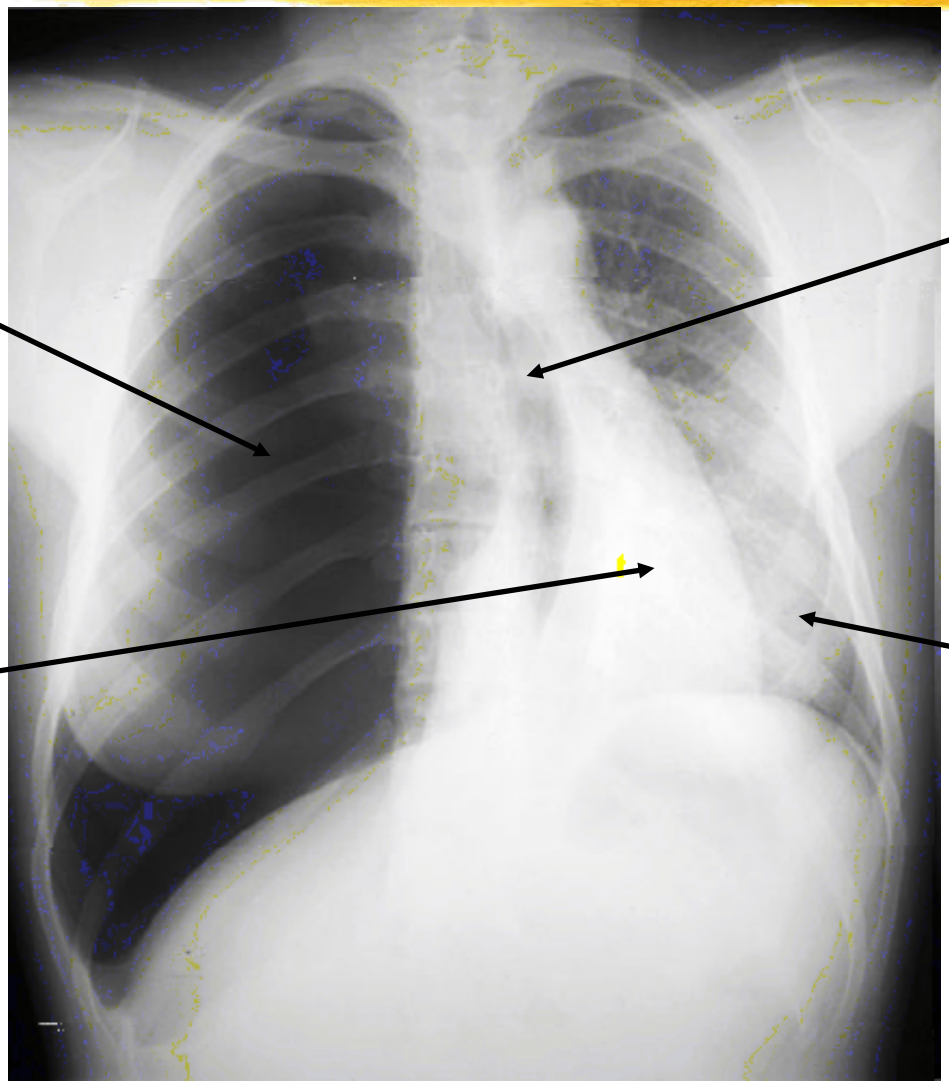
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma IV, Lunge



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma IV, Lunge



Ventil-
pneumothorax
(Spannungspneu)

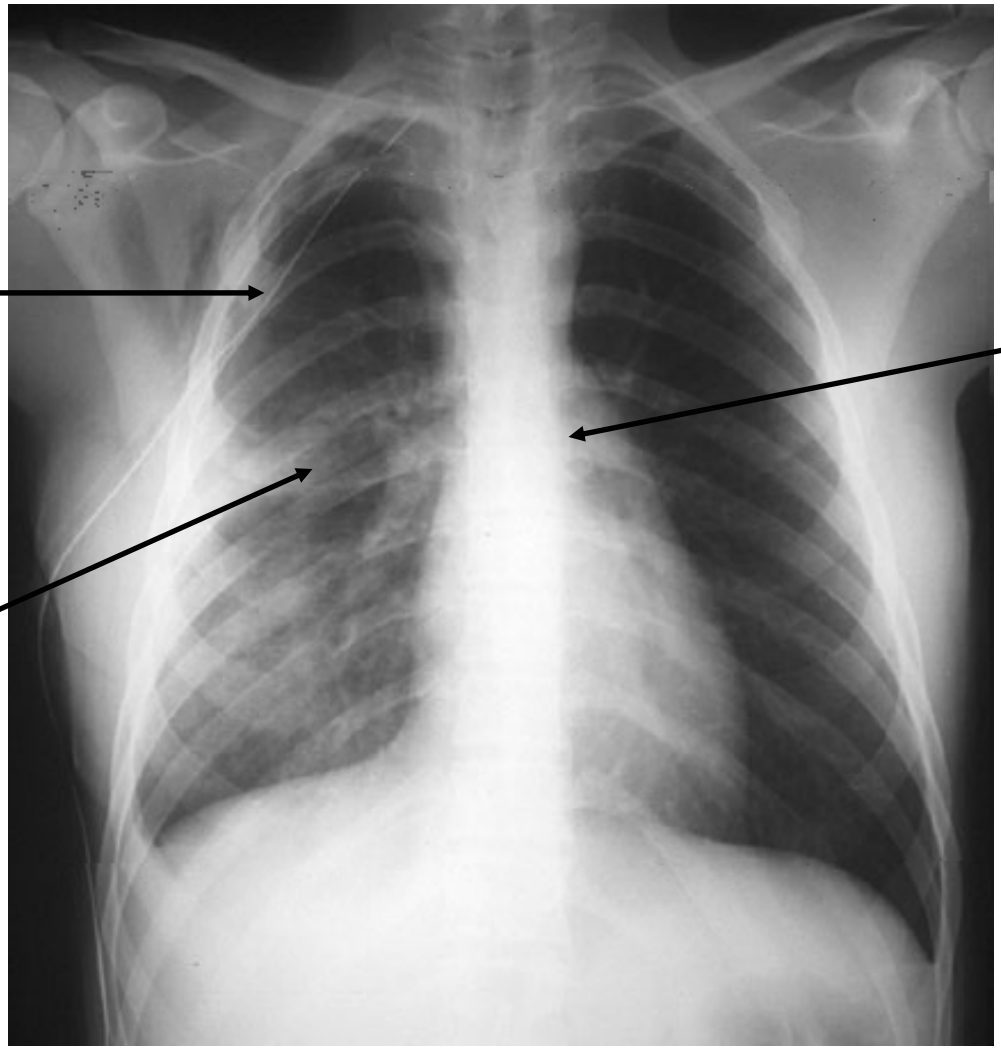
Verschobenes
Mediastinum

Verschobenes
Herz

Komprimierte
Restlunge

©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Barotrauma IV, Lunge



Bülau-Drainage

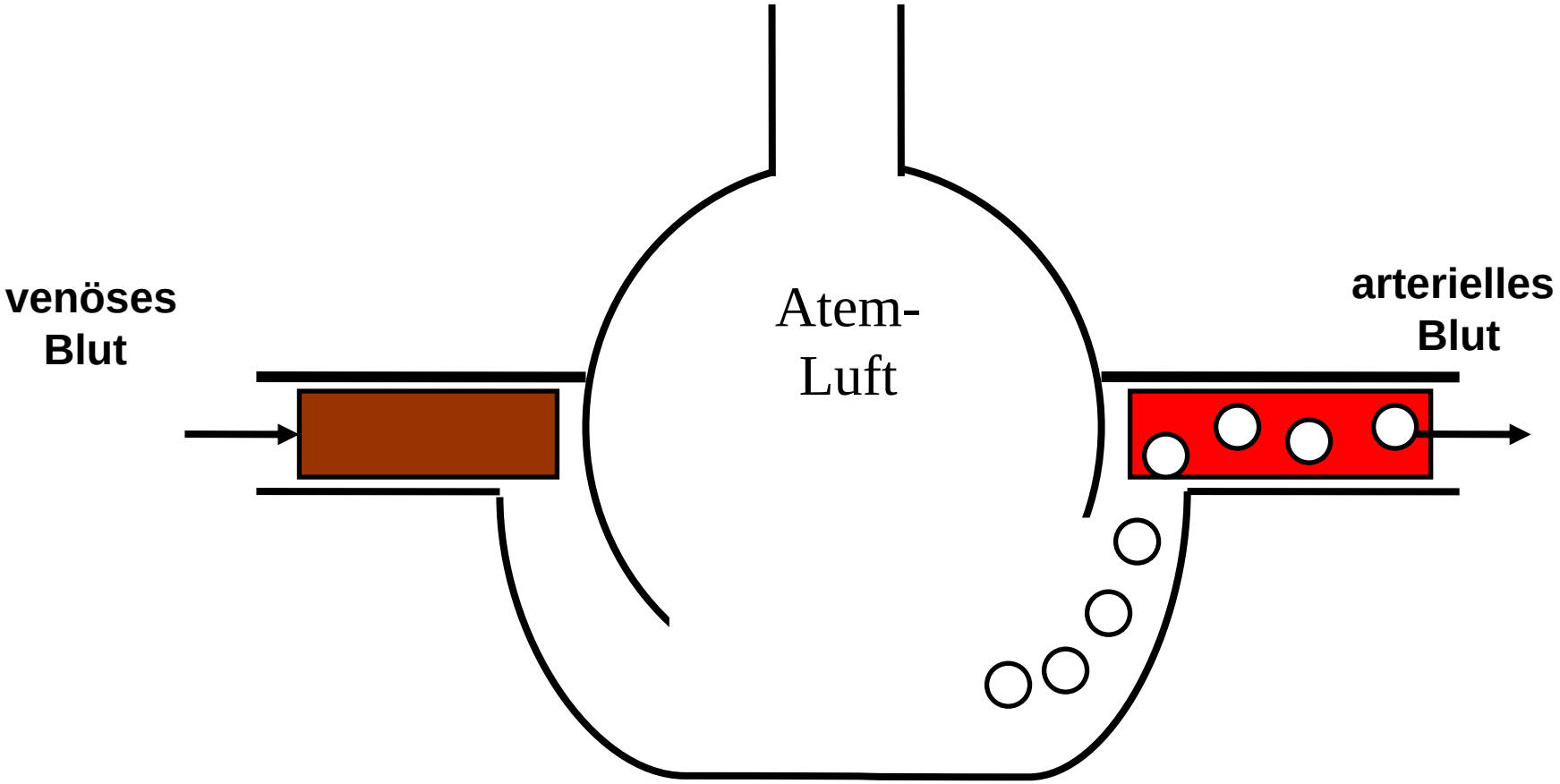
Mediastinum mittelständig

Wieder entfaltete rechte Lunge

©S.Overhagen 2006

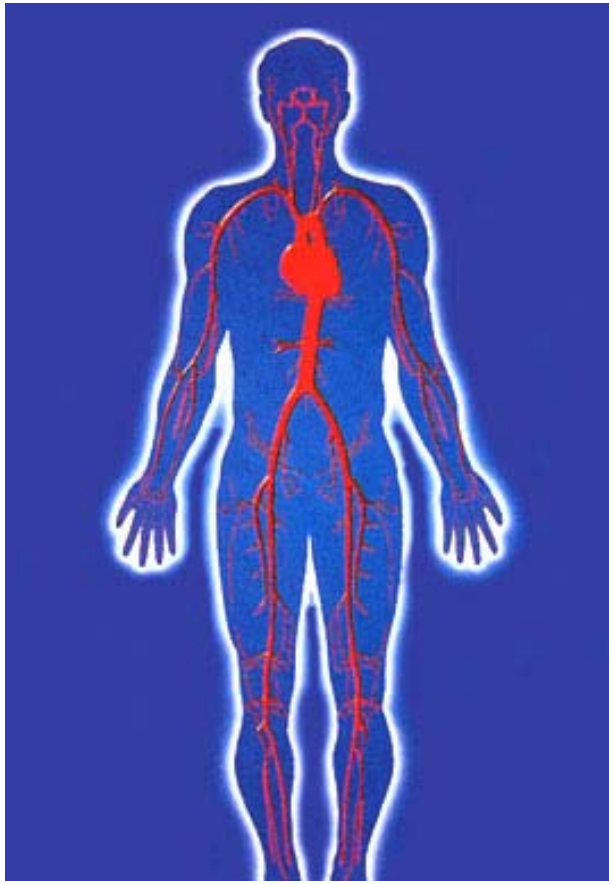
www.tcsoverhagen.de

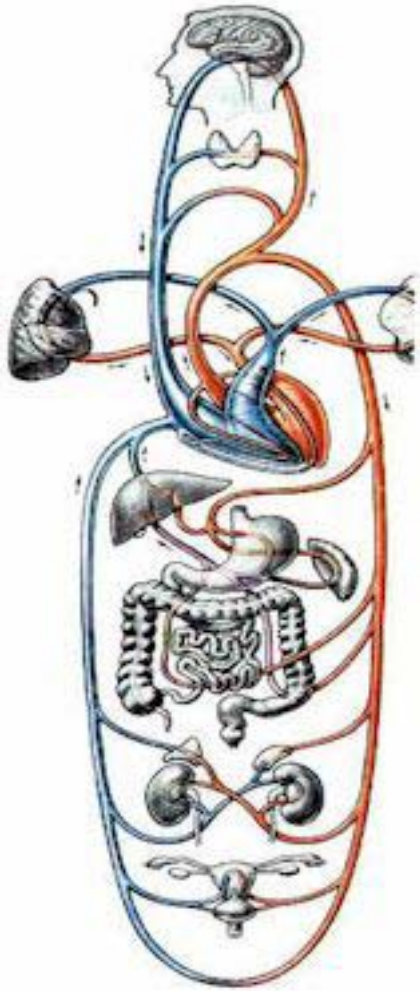
AGE



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

AGE





©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

AGE

arterielle Gasembolie oder Atemgasembolie

Übertritt von Atemluft aus der Lunge in das arterielle System

Cerebrale arterielle Gasembolie (CAGE)

- Benommenheit, Schwindel, Verwirrtheit, Desorientiertheit
- Sprach- und/oder Sehstörungen, Nervenausfälle unterschiedlichster Ausprägung bis zum Atemstillstand, Pupillenungleichheit

Koronare arterielle Gasembolie

- Symptome wie beim Herzinfarkt

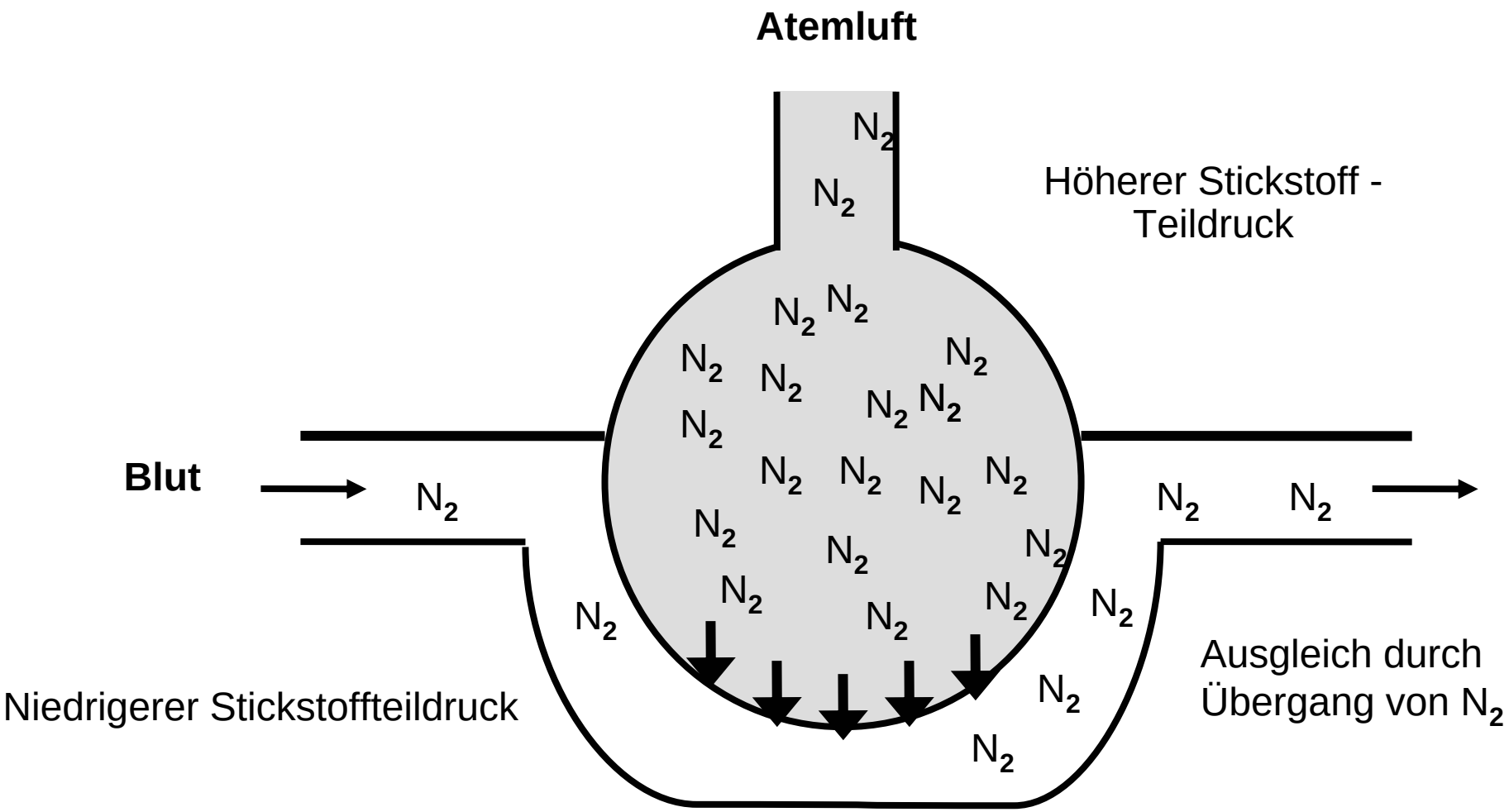
Gasembolie in andere Arterien

- Symptome wie bei akuten arteriellen Verschlüssen durch Thromben

Lebensgefahr!!!!

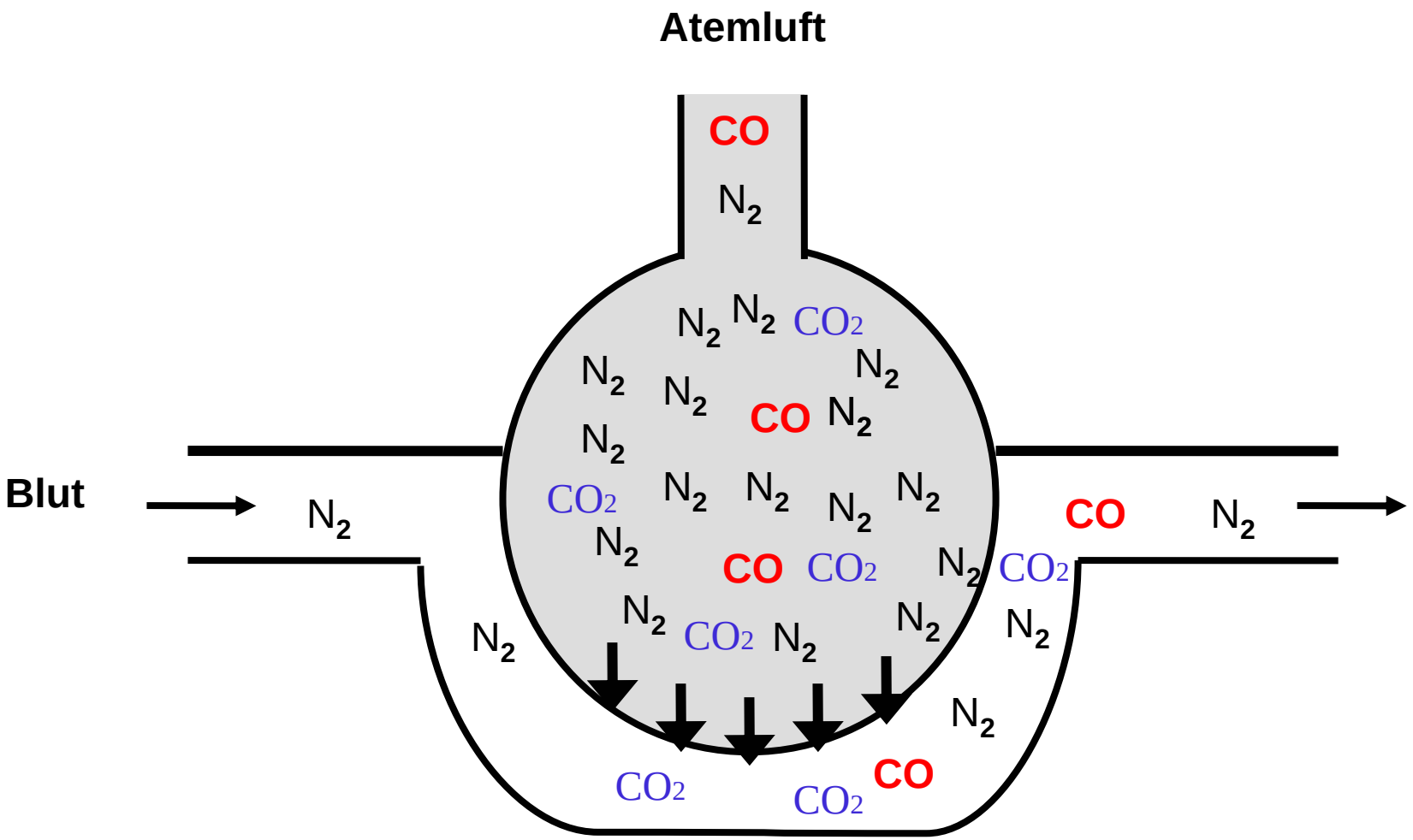
©S.Overhagen 2006

Stickstoffsättigung



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Atemgasintoxikation



©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation

Vorkommen:

- Verunreinigte Atemluft im PTG
- Rauchen vor dem TG

- Brandrauch
- Abbeizen mit Methylenchlorid
- Kohlebergbau
- Weinkellerei
- Abortgruben mit schlechter Lüftung
- Getreide- und Futtersilos

©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation

CO-Intoxikation I

- Geruch- und geschmackloses Gas
- 200fach – 300fach höhere Affinität zum Hämoglobin als Sauerstoff, Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve, Direkte Reaktion mit Cytochrom P-450 und Cytochrom a3- Oxygenase (zelluläre Hypoxie), Bindung an Myoglobin
- Sogenanntes „Inneres Ersticken“, der Sauerstoff kann nicht mehr an Hämoglobin gebunden werden, durch Linksverschiebung kann der vorhandene Sauerstoff nur schlecht abgegeben werden

©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation

CO-Intoxikation II

Konz.	**Symptome, Wirkungen**
0,005%	**MAK-Wert**
0,01%	nach einigen Stunden Einwirkung: leichte Beschwerden, wie Kopfschmerzen, evtl. leichtes Unwohlsein
0,05%	nach einigen Stunden Einwirkung: heftige Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Schwächegefühl, Ohnmachtsneigung
0,1% - 0,2%	schwerste Symptome, evtl. kirschrote Haut, Tod nach ca. 30 Minuten Einwirkung
>0,2%	in wenigen Minuten Tod durch Atemlähmung und Herzversagen

©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation

CO-Intoxikation III

- Leichte Symptome: Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit und Erbrechen, Konzentrationsstörungen, Sehstörungen
- Schwere Symptome: Atemnot (Lungenödem, Koronarinsuffizienz); Koma (zerebrale Hypoxie, Hirnödem, petechiale Blutungen und Nekrosen); Herz- Kreislaufstillstand (Herzinfarkt und Kardiomyopathie)
- Bei bis zu 40% der nicht durch HBO behandelten Patienten treten Wochen später Schäden auf, die direkt in der CO-Intoxikation begründet ist: Verwirrtheitszustände, Psychosen, Demenz, Denk- und Verhaltensstörungen, Urininkontinenz, dilatative Kardiomyopathie

©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation

CO_2-Intoxikation

- Geruch- und geschmackloses Gas
- Gleiche Affinität zum Hämoglobin wie Sauerstoff
- Lange vor letaler Gefahr heftige Symptome:
- Kopfschmerzen, Husten, Erbrechen, Müdigkeit, Verwirrtheit, Krämpfe, Kreislaufschwäche
- Gefahr durch CO_2-Narkose und Atemstillstand
- Blut-pH sinkt, Linksverschiebung der Sauerstoffbindungskurve

©S.Overhagen 2006

Essoufflement

- Hyperkapnie
- Erhöhung des Atemwegswiederstands durch Verdichtung
- Durch Verdichtung des Atemgases wird eine ehemals laminare Strömung turbulent
- Beengung durch engen Tauchanzug und ausgeprägte Begurtung
- Schlechter Trainingszustand des Tauchers

➔Zunehmend flachere Atmung

➔ CO_2-Retention

©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation

Therapie:

- CO_2 muss abgeatmet werden, durch forcierte Atmung mit 100% O_2, eventuell Beatmung bei Ohnmacht.
- Mehrfache Affinität des CO muss überboten werden.
- In HBO werden PO_2 von bis zu 4,5 bar erreicht, das aber nur mit intubiertem und relaxierten Patienten.
- Direkter Einfluss auf die Bindung des CO im Cytochrom und des Myoglobin
- Eventuelle Nachbeatmung auf einer Intensivstation

©S.Overhagen 2006

Essoufflement

- Trotz erhöhter Atemleistung zunehmender Sauerstoffmangel
- Taucher verspürt durch steigenden CO_2 und sinkenden O_2 einen immer stärkeren Atemdrang

➔Panik

➔Bewusstlosigkeit

©S.Overhagen 2006

DCS

- DCS I: nur Schmerz

1. Taucherflöhe
2. Muskel- und Gelenkschmerzen, („Bends“)
3. Geschwollene, schmerzhafte Lymphknoten, sehr selten
4. Sonstiges: extreme Müdigkeit, Apathie

- DCS II: Symptome wie Typ I, zusätzlich mit neurologischer u/o pulmonaler Symptomatik

1. Schwindel, Erbrechen
2. Hör-/Seh-/Sprachstörungen
3. Gestörte Muskelkoordination („Staggers“)
4. Sensibilitätsstörungen, Lähmungen, Blasen- und Mastdarmschwäche, Querschnittssymptomatik
5. Akute Atemnot („Chokes“) mit Brustschmerz, Husten, Erstickungsgefühl
6. Paradoxe Embolie mit Halbseitensymptomatik möglich

©S.Overhagen 2006

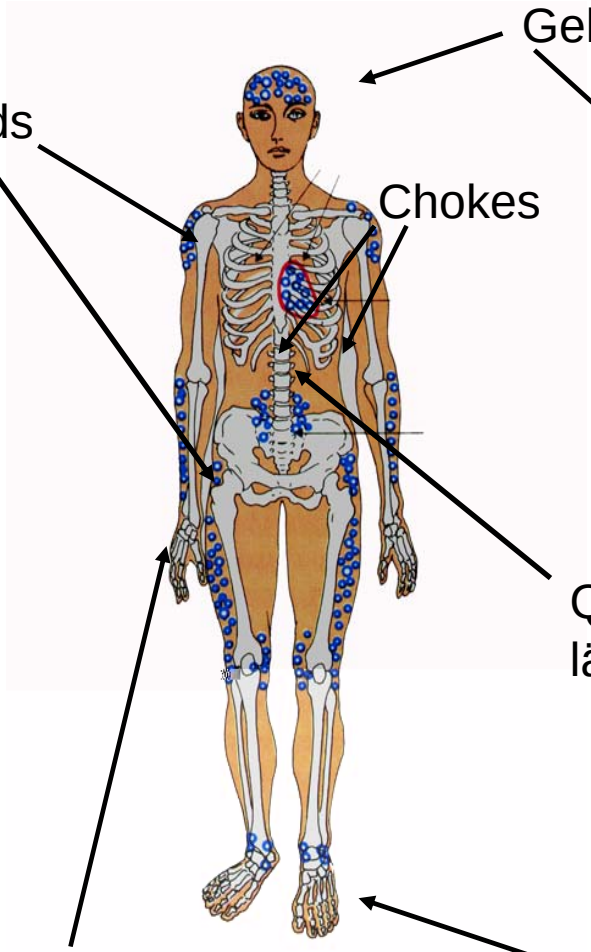
DCS

Maßnahmen bei DCS-Symptomen

- Lagerung flach
- Normobar 100% Sauerstoff so lange wie möglich
- Gabe von Flüssigkeit, wenn bewusstseinsklar oral, sonst i.v.
- Verunfallten warm halten
- Psychische Betreuung
- Erhaltung der Vitalfunktion, ggf. CPR
- Rettungsdienst alarmieren, Notarztindikation, dringender Hinweis auf Druckkammer(!)
-

©S.Overhagen 2006

DCS - Lokalisationen



©S.Overhagen 2006

Effekte der HBO-Therapie

Gesamt-druck	pAO_2 Luftatmung	pAO_2 O_2-Atmung
1 bar	102 mmHg	673 mmHg
1,5 bar	182 mmHg	1053 mmHg
2 bar	262 mmHg	1433 mmHg
2,5 bar	342 mmHg	1813 mmHg
3 bar	422 mmHg	2193 mmHg
4 bar	582 mmHg	----------

©S.Overhagen 2006

Effekte der HBO-Therapie

	HBO	Luft	100 % O2-Atmung
Oxygenierungsdauer	60 -90 Min	---------	solange wie notwendig
Umgebungsdruck	2 - 3 bar	1 bar	1 bar
Physikalisch gelöster Sauerstoff im Plasma (ml/dl)	>9,0 ml	0,3 ml	2,0 ml
O2-Partialdruck im Blut	1.600-2.000 mmHg	100-150 mmHg	600 (-700) mmHg

©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation II

Sauerstoffvergiftung I

- Sauerstoff wird in hoher Dosis toxisch
- Gefahr beim Tauchen erst durch Tek-Diving und Kreislaufgeräte
- Partialdruckabhängig, ab ca. 3 bar O_2 sichere Intoxikation (Summierung der Intox-Zeiten beachten!!) mit cerebralen Krämpfen, sog. Paul-Bert-Effekt
- Keine Gefahr für Folgeschäden, Mechanismus nicht genau geklärt. Gefahr für Taucher nur in Verbindung mit Wasser➔ Ertrinken

©S.Overhagen 2006

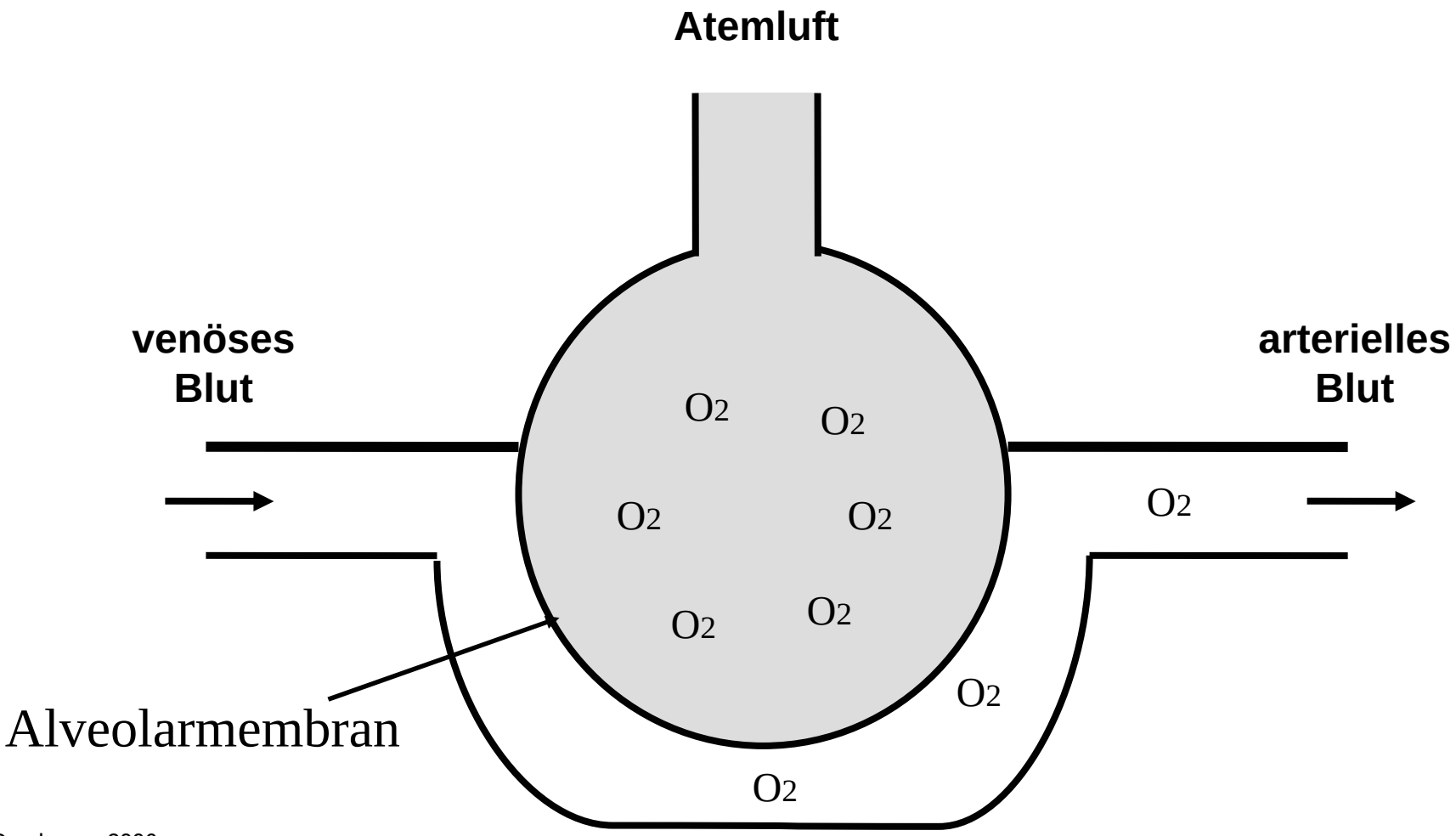
Atemgasintoxikation II

Sauerstoffvergiftung II

- Pulmonale Sauerstoffintoxikation, sog. Lorrain-Smith-Effekt, äußert sich im Verlust der Lungenelastizität und der Verlängerung der Sauerstoffdiffusionsstrecke,
- Verminderung der Vitalkapazität ab 24h 100% O2 um ca. 10%

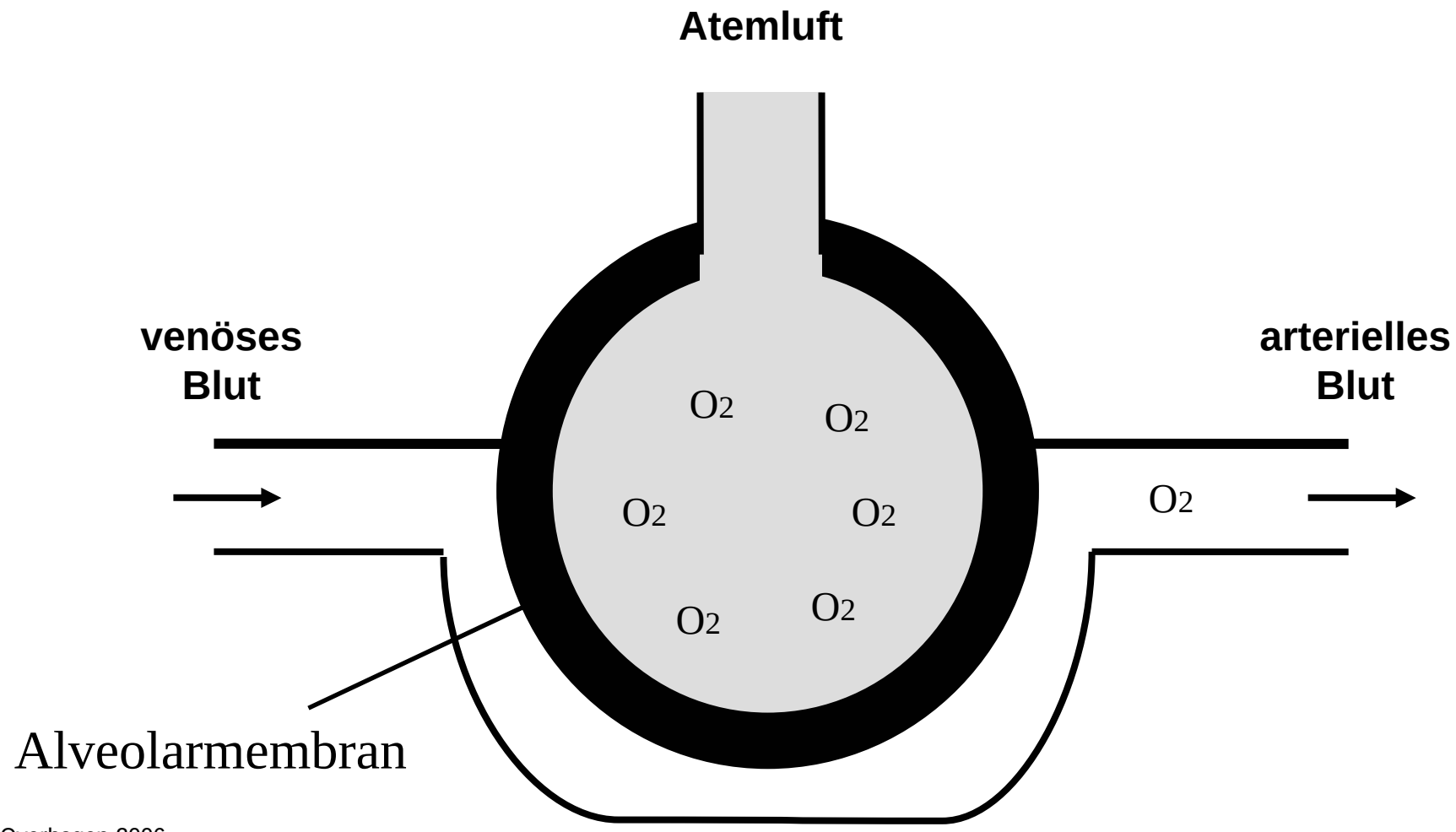
©S.Overhagen 2006

Atemgasintoxikation II



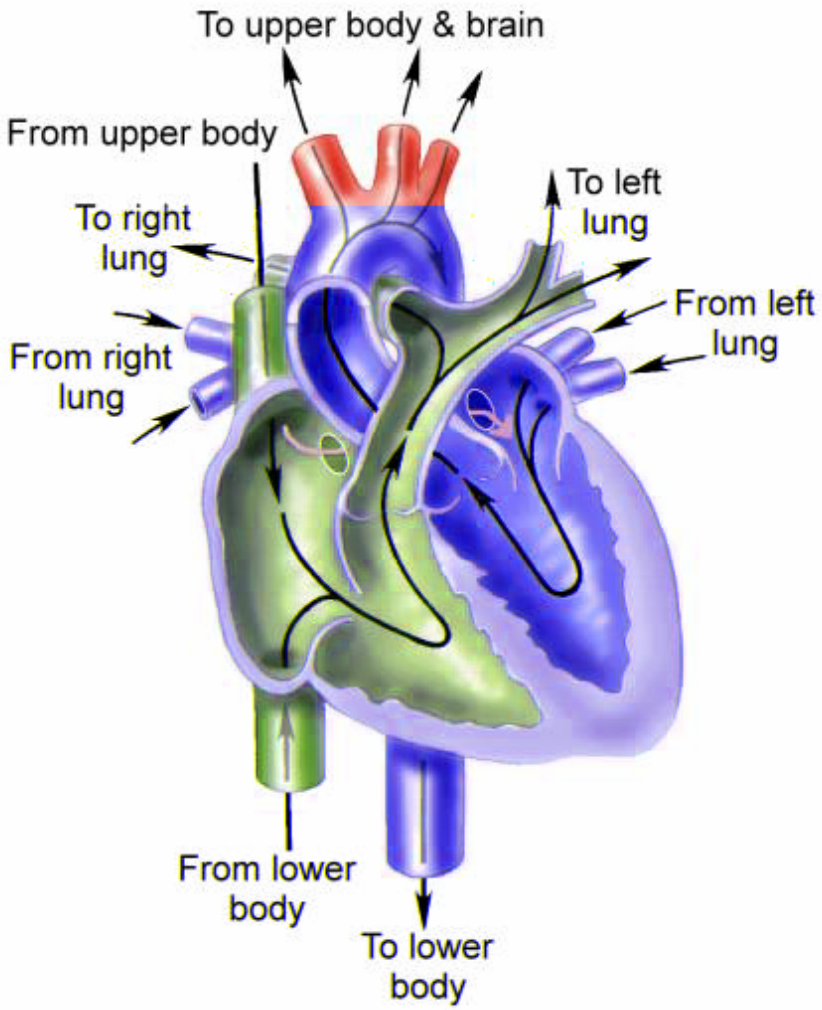
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Atemgasintoxikation II



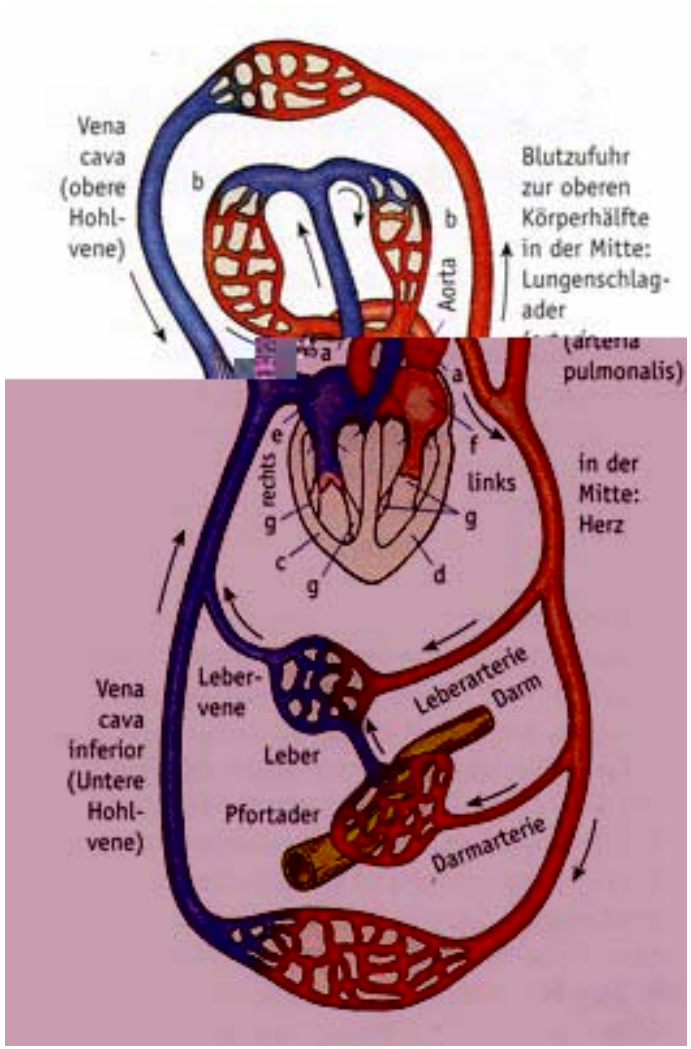
©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

PFO



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

PFO



©S.Overhagen 2006

PFO

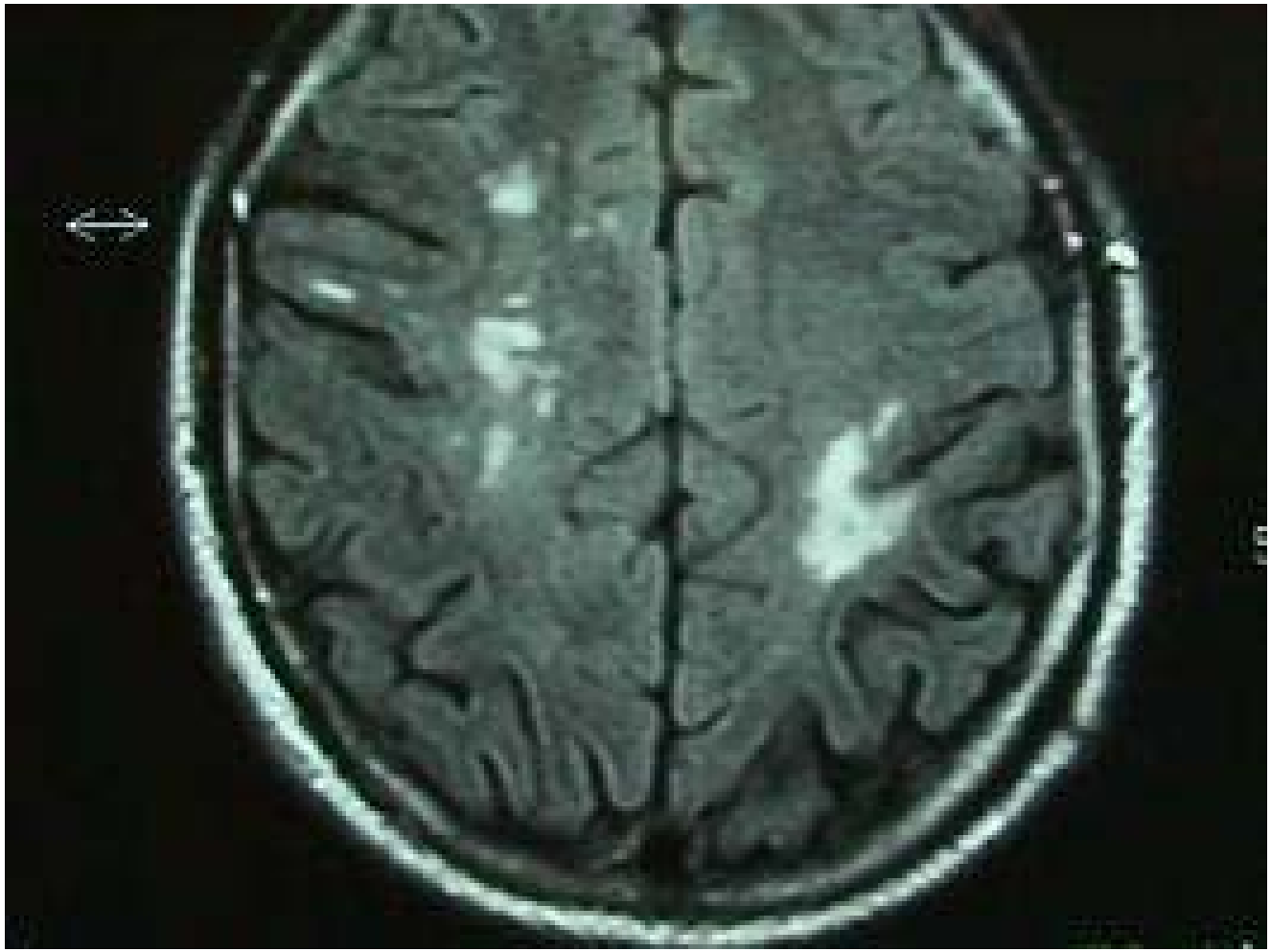
- Gefahr des Übertretens von venös vorhandenen Gasblasen in das arterielle System
- Festsetzen im Kapillarstromgebiet aller denkbaren Körperkompartimente und in Extremitäten: Taucherflöhe
- Erschwertes „Durcharbeiten“ zurück in das venöse System

➔Erheblich verlängerte Dekompression

➔Gefahr unbemerkter Hirndefekte

©S.Overhagen 2006

PFO



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Dehydratation

- Durch Vorhofreflex wird atrio-natriuretisches Hormon ausgeschüttet
- Körper scheidet „überflüssiges“ Volumen in Form von Urin aus (Leiterdrängler-Syndrom)
- Jeder Taucher hat nach einem 45-minütigem, nicht-dekopflichtigem Tauchgang einen Volumenbedarf von 0,75 Liter Wasser
- Erschwerend wirken Hitze und körperliche Anstrengung (Landtauchgänge mit Strandwanderungen in praller Sonne, angerödelte Ausfahrt im Zodiak bei 35^0 Celsius)

©S.Overhagen 2006

Dehydratation

- Blut dickt ein, die flüssige Phase nimmt von ca. 60% bis auf 40% und im Extremfall auf 35% ab
- Stickstoff wird in der flüssigen Phase des Blutes (Plasma) transportiert

➔Verlängerte Dekompression

Fehlendes Transportmedium um Stickstoff aus den Geweben zur Lunge zurück zu transportieren.

©S.Overhagen 2006

Sonnenstich

- Sonnenstich
- Kopf und Nacken werden längere Zeit ungeschützt der Sonne ausgesetzt.
- Durch die UV-Strahlung und Hitzeeinwirkung kommt es zu einer Reizung der Hirnhäute mit Kopf- und Nackenschmerzen, hochrote, heiße Kopfhaut, Übelkeit und Erbrechen.
- In fortgeschrittenem Stadium Bewusstseinsstörungen und Krampfanfälle. In schweren Fällen kann ein Hirnödem und Meningitis entstehen, die einen medizinischen Notfall darstellen.

©S.Overhagen 2006

Hitzeerschöpfung

- Hitzeerschöpfung
- Entwickelt sich in heißer Umgebung langsam über mehrere Tage, wobei dem Körper nicht ausreichend Flüssigkeit und Mineralsalze zugeführt wurden, oder schnell bei gleichzeitig anstrengender körperlicher Betätigung.
- Erste Anzeichen können sein:
  Sehr starkes Schwitzen, Blässe, Schwächegefühl, Schwindel, Kopfschmerzen, Übelkeit oder Erbrechen, Kreislaufkollaps. Der Puls ist schwach und schnell, die Atmung flach und schnell. Es können auch Hitzekrämpfe auftreten. Die Hitzerschöpfung kann unbehandelt in einen Hitzschlag übergehen.

©S.Overhagen 2006

Hitzschlag

- Hitzschlag
- lebensbedrohlicher Notfall, erfordert sofortige ärztliche Behandlung!
- Der Organismus ist nicht mehr in der Lage, eine normale Körpertemperatur aufrecht zu halten, so dass die Körpertemperatur rapide über 40° steigt.
- Kann sich aus einer Hitzeerschöpfung entwickeln aber auch, wenn dem Körper die Möglichkeit genommen ist, die Außentemperatur auszugleichen, z.B. durch zu warme Kleidung oder einen Aufenthalt im geschlossenen Pkw.
- Anzeichen: rote, heiße Haut, Schweißbildung kann, muss aber nicht fehlen, rasender, starker Pulsschlag, starke Kopfschmerzen, Verwirrtheit, Übelkeit und schließlich Bewusstlosigkeit.

➔ Keine Anwendung von fiebersenkenden Medikamenten! Hier ist nur die Abkühlung durch kaltes Wasser möglich.

©S.Overhagen 2006

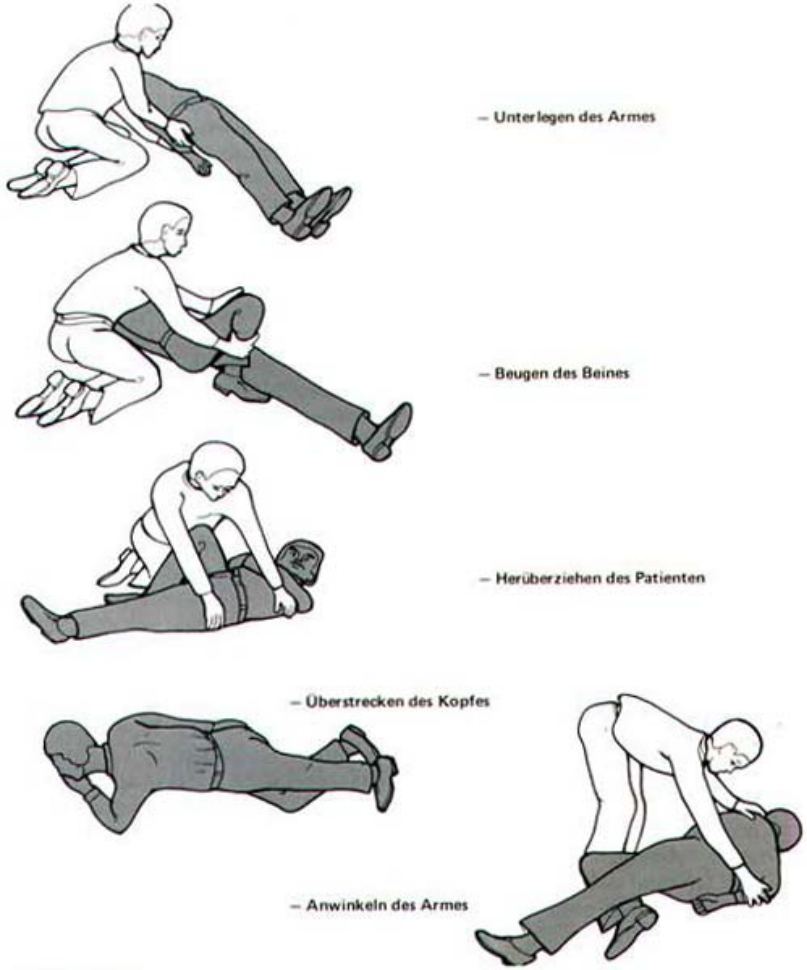
Was tun??

Erste Maßnahmen bei Hitzeschäden

- Alle körperlichen Tätigkeiten beenden und sich in einem kühlen, möglichst klimatisierten Raum ausruhen (mindestens Schatten!!)
- Bei Hitzeerschöpfung den Körper durch ein kaltes Bad oder Dusche abkühlen. Bei einem Hitzschlag kann die sofortige Abkühlung mit kaltem Wasser lebensrettend sein!
- Mit Mineralwasser verdünnte Fruchtsäfte, sog. Sportlerdrinks oder die Mischung aus 1 Liter Tee mit 3 EL Zucker und 2 TL Salz trinken. Die Getränke sollten nicht zu kalt sein, da es sonst zu Magenkrämpfen kommen könnte.
- Leichte, luftige Kleidung tragen

©S.Overhagen 2006

Stabile Seitenlage



©S.Overhagen 2006
www.tcsoverhagen.de

Süßwasserertrinken

- Patient inhaliert hypotone Flüssigkeit
- Durch Diffusionsgradienten zur Körperflüssigkeit ==>
- Überschwemmung des Körpers mit inhalierter Flüssigkeit

Lungenödem und hypotone Hyperhydratation

©S.Overhagen 2006

Süßwasserertrinken

- Durch überschießende Aufnahme von hypotoner Flüssigkeit:

- Massive Überwässerung
- Aufquellen von Erythrozyten bis zum Zerplatzen ==> Hämolyse

Sofortiger Flüssigkeitsentzug durch massiven Einsatz von Diuretika

©S.Overhagen 2006

Salzwasserertrinken

- Patient inhaliert hypertone Flüssigkeit
- Diffusionsgradient zur inhalierten Flüssigkeit ==>
- Körperflüssigkeit wird durch die Lungenmembranen in das Lungeninnere gesogen

Lungenödem und hypertone Hypohydratation

©S.Overhagen 2006

Salzwasserertrinken

- ==> Patient bekommt trotz relativem Flüssigkeitsmangel Lungenödem
- Patient benötigt viel Flüssigkeit

Erste Maßnahme: Inhalation von Cortison -Aerosol

©S.Overhagen 2006

Salzwasserertrinken

- Patienten die nach primär erfolgreicher Reanimation völlig wiederhergestellt sind:

Lungenödemgefahr bis zu 24 h nach erfolgreicher Reanimation

©S.Overhagen 2006

Behandlung des Ertrinkens

- Reanimation mit HDM und Atemspende
- Wenn möglich Intubation und O_2 - Gabe
- Erwärmen des Patienten
- Einweisung in ein Krankenhaus mit Intensivstation

“ Ein kalter Ertrunkener ist kein toter Ertrunkener!!”

©S.Overhagen 2006