



Tauchunfälle & Tauchunfallmanagement.

Dezember 2012



Tauchunfälle, Tauchunfallmanagement



Marine
Wir. Dienen. Deutschland.





„SCUBA-Diving“ – Tauchen mit Pressluft [40 Meter]
Scuba = Self Containing Underwater Breathing Apparatus



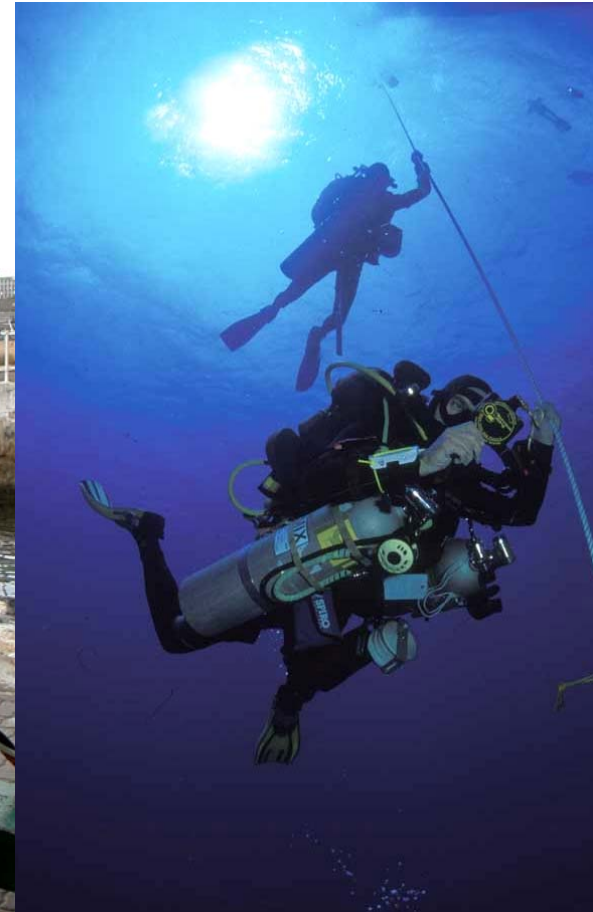


Partialdrucke Luft / O₂

Tiefe (m)	Druck (bar)	O ₂ (bar)	N ₂ (bar)	100% O ₂ (bar)
0	1	0,2	0,8	1,0
10	2	0,4	1,6	2,0
20	3	0,6	2,4	3,0
30	4	0,8	3,2	4,0
40	5	1,0	4,0	5,0
50	6	1,2	4,8	6,0
90	10	2,2	8,8	10,0



„Tec Diving“ – Tauchen mit veränderlichen Gasgemischen [50 - 120 – 200 m]







Tauchunfälle, Tauchunfallmanagement



Marine
Wir. Dienen. Deutschland.

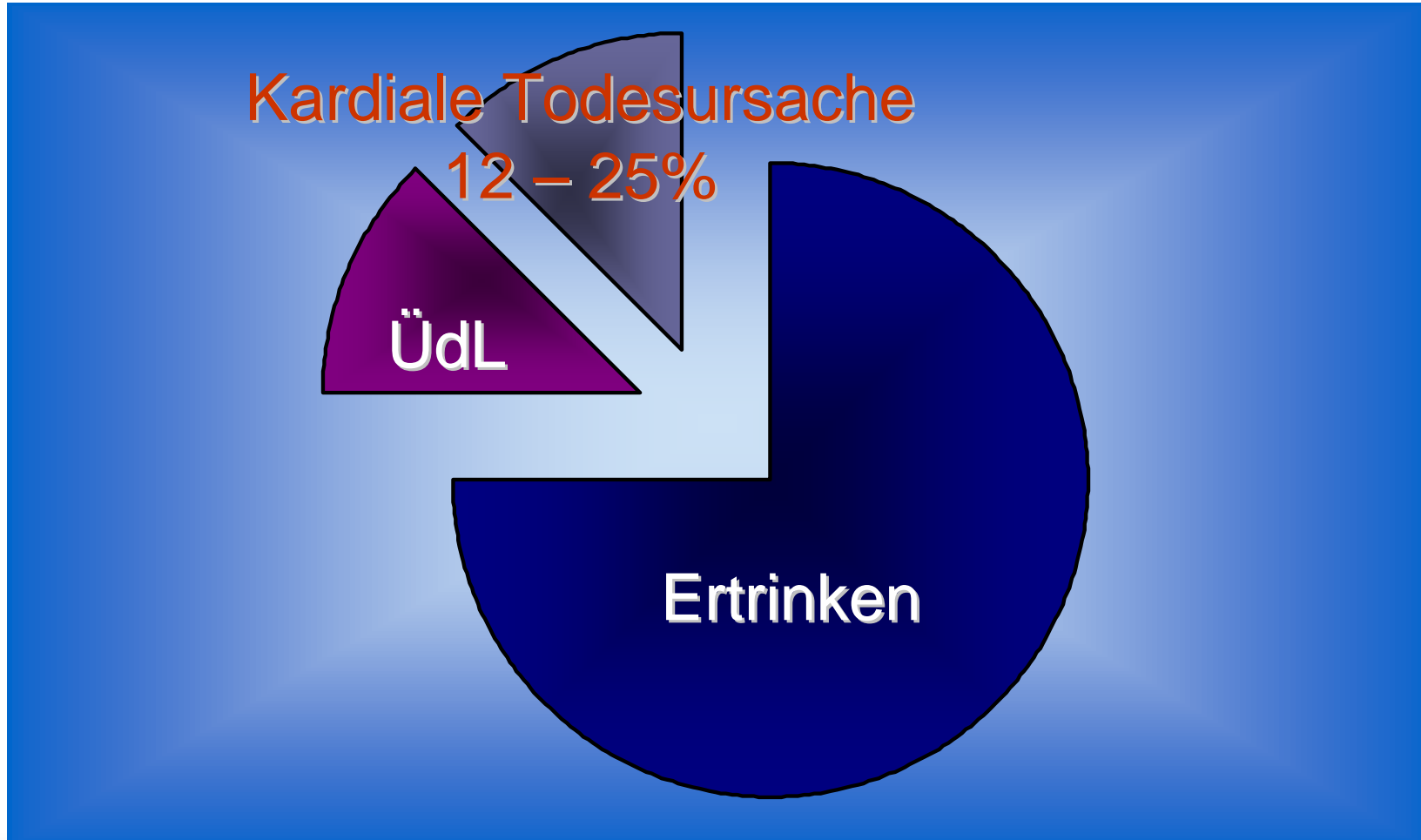


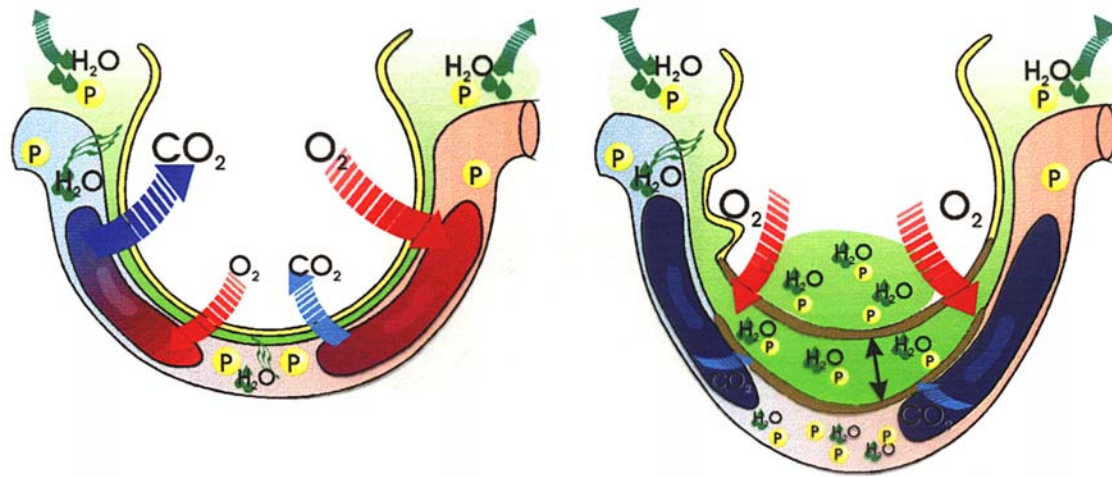


Ertrinkungsunfall beim Tauchen



Sporttauchen – Todesursachen :





ARDS

⇒ Verminderung der Diffusionskapazität
(interstitielles/intraalveoläres Ödem)

⇒ Ausbildung einer Diffusionsbarriere
(fibröse Lungenareale)

Folge: hypoxämische Anoxie

⇒ Surfactantmangel - verminderte Compliance

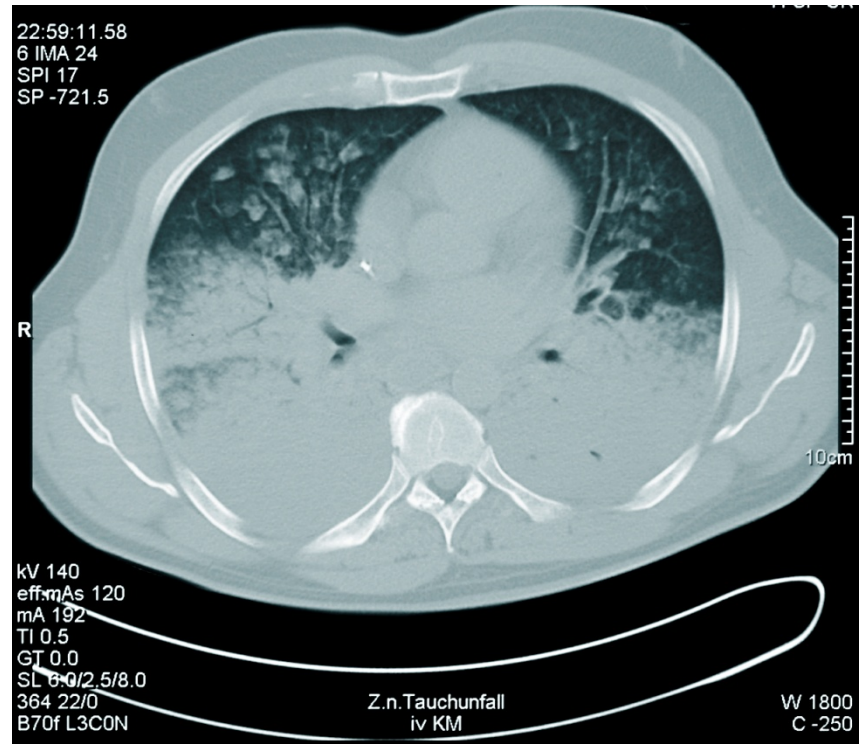
↳ Dystelektasen / Atelektasen

⇒ reflektorische Vasokonstriktion (pulmonaler Hypertonus)

↳ ausgeprägte Rechtsherzbelastung

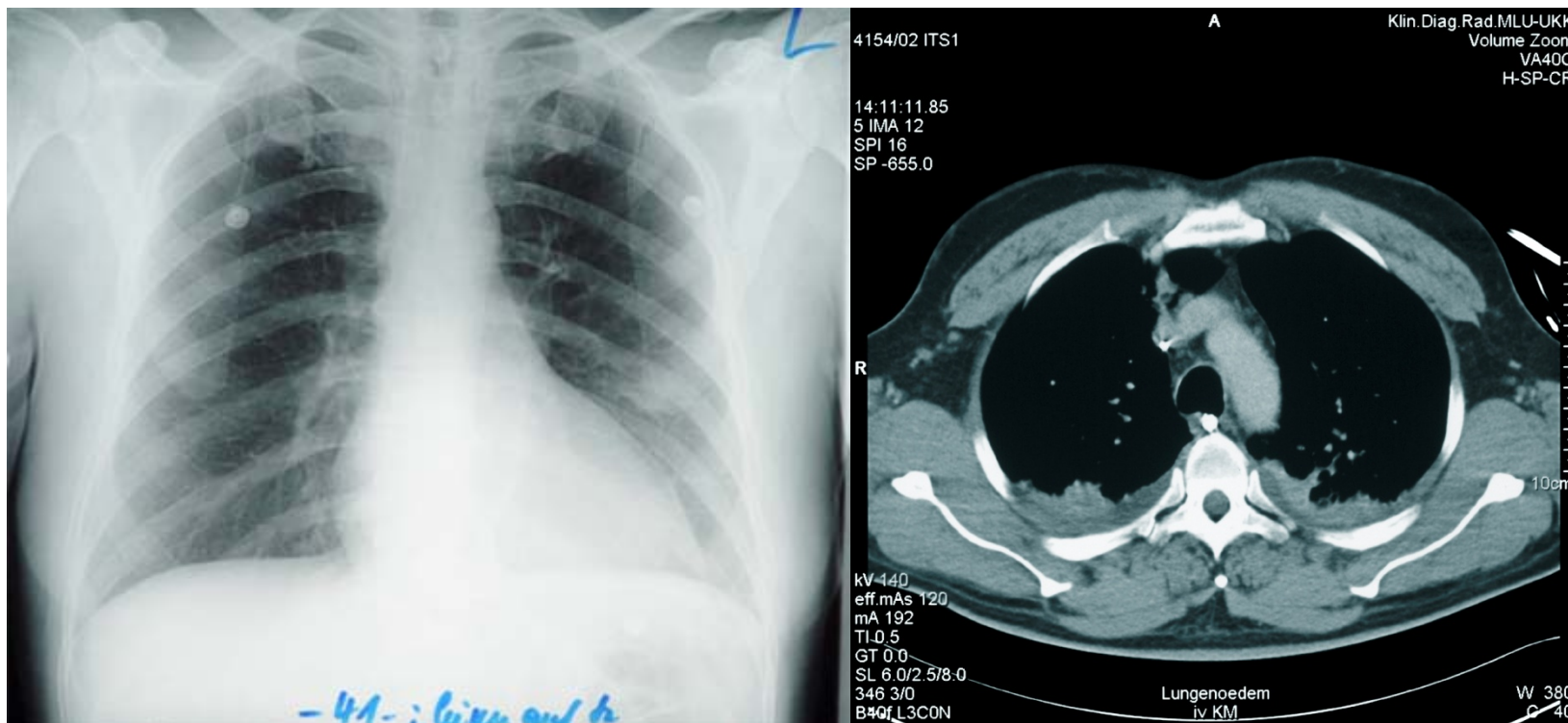


Fallbeispiel: 45 j. männlicher Taucher





Nach 45 Tagen komplikationsreicher Behandlung auf der Intensivstation





Folgen der Wasseraspilation

- Peripherer Atemwegswiderstand \uparrow .
- Surfactant \downarrow .
- Schädigung Basalmembran Alveolen.
- Alveolitis mit eiweißreichem Exsudat und Lungenödem.
- Ventilations-Perfusions-Imbalance.
- Compliance \downarrow .
- Intrapulmonale Shunts \uparrow .
- Selten: Hämolyse, Elektrolytimbalance.



Notfalltherapie Ertrinken



Allgemeine Therapie Ertrinken (I)

1. Sichern von Rettern.
2. Retten aus Immersion oder Submersion:
Kurzzeit: Vertikal mit Aspirationsschutz.
Länger: Möglichst horizontal.
Auf stabile Plattform bringen.
3. Flachlagerung auf Rücken.
4. Überprüfung Vitalfunktionen.
5. Vorsicht beim Kopfüberstrecken (Schiengriff).



Allgemeine Therapie Ertrinken (II)

6. Hypoxiebekämpfung:
Bei suffizienter Spontanatmung O_2 mit $F_iO_2 \uparrow$.
7. Ggf. stabile Seitenlagerung.
8. Reanimationsmaßnahmen:
Initial 2 Beatmungen.
Dann Thoraxkompression und Beatmung 30:2.
Sofort, beherzt und anhaltend.



Spezielle Therapie Ertrinken

1. Frühzeitige Intubation: Aspirationsschutz!.
2. Absaugen obere Atemwege und Trachea.
3. Kein Heimlich-Handgriff o. ä.
4. Zügig Magensonde legen.
5. Tidalvolumen initial 10 ml/kg KG.
6. PEEP 5 – 10 mm Hg.
7. Transport unter laufender Reanimation.
8. Stets stationäre Aufnahme.



Barotrauma und Blackout



**Kompressions-Phase
(Barotrauma)**

**Dekompressions-
Phase (Unfälle)**

**Isopressions-Phase
(Blackout - Partialdruck Atemgase)**





Barotraumen

(Baros = Druck, Trauma = Verletzung)

Luftgefüllte Räume oder an luftgefüllte Räume angrenzende Bereiche!

- Augen, Gesichtshaut
- Ohr
- Nasennebenhöhlen
- Zähne
- Lunge
- Gastrointestinal-Trakt





**Kompressions-Phase
(Barotrauma)**

**Dekompressions-
Phase (Unfälle)**

**Isopressions-Phase
„Blackout“
(Partialdruck Atemgase)**





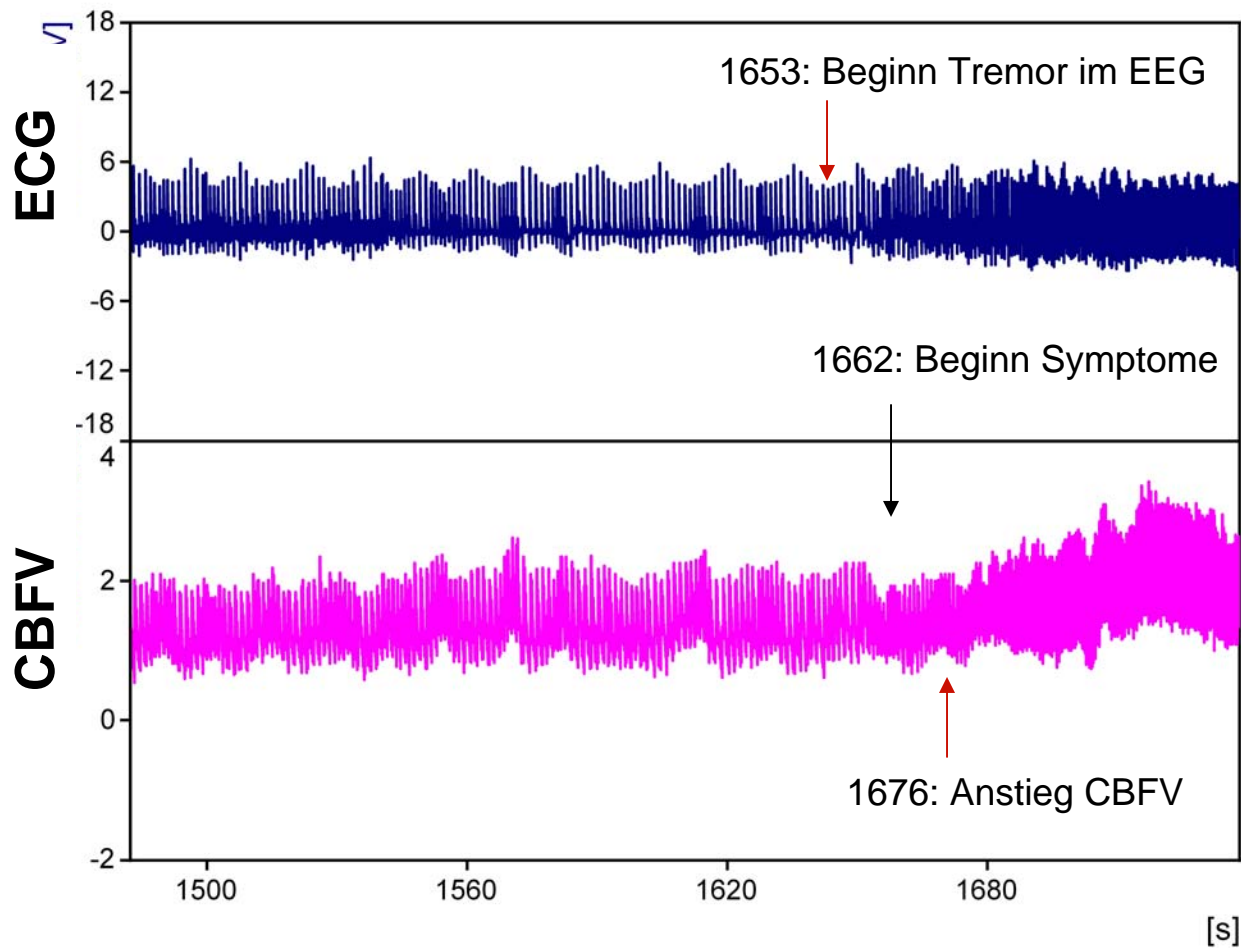
Blackout Immersionsphase

Grenzwert pN_2 (ZNS): 4,0 bar

Grenzwert pO_2 (ZNS): 1,6 bar oder geringer



Sauerstoffintoxikation bei 3,0 bar pO_2

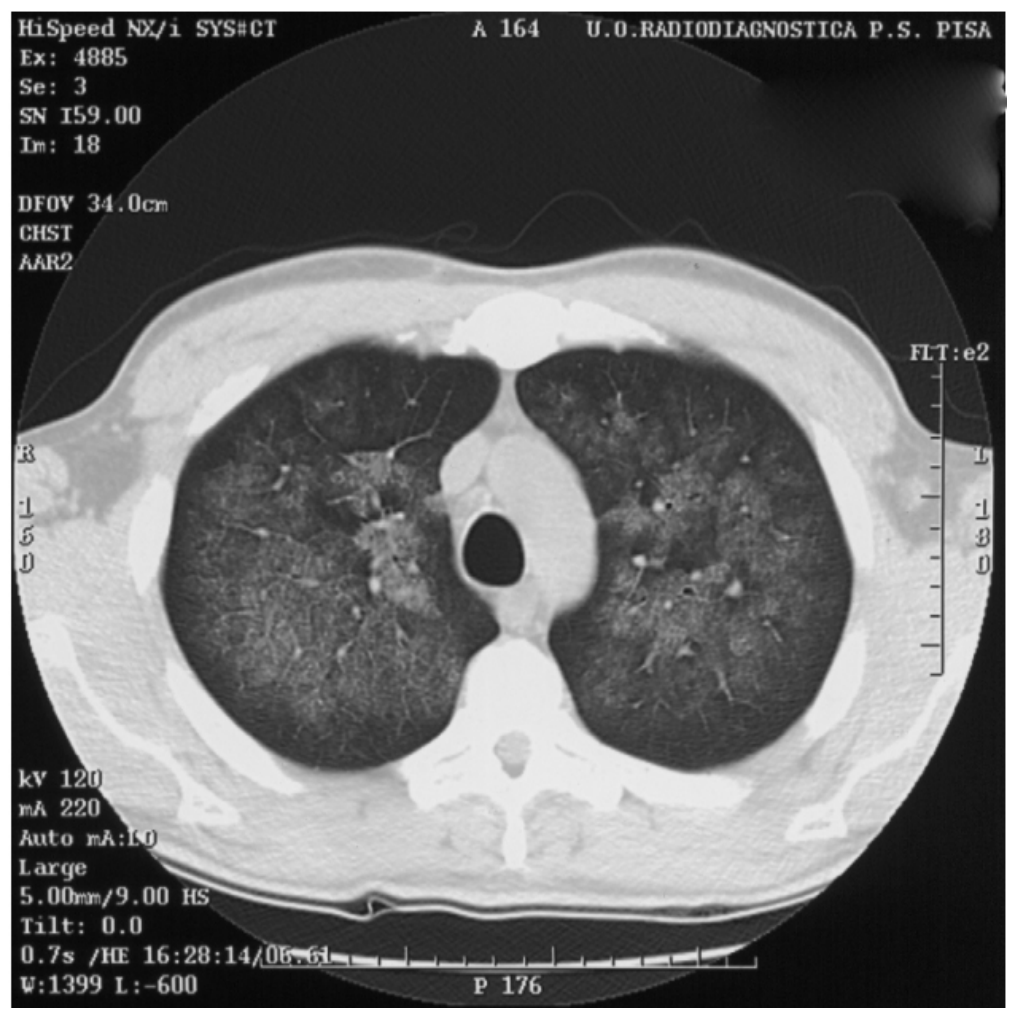




Taucher- / Schwimmer Lungenödem

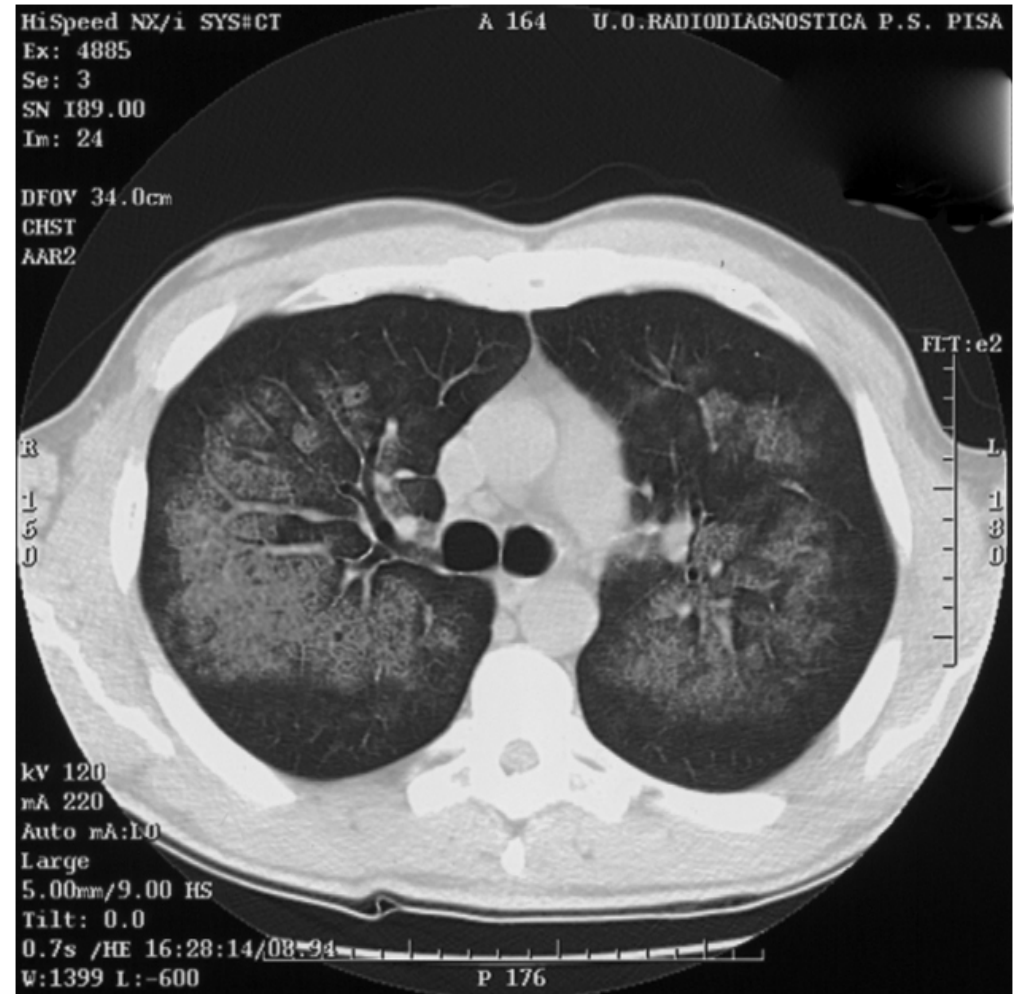


HR-CT apikal





HR-CT parahilär



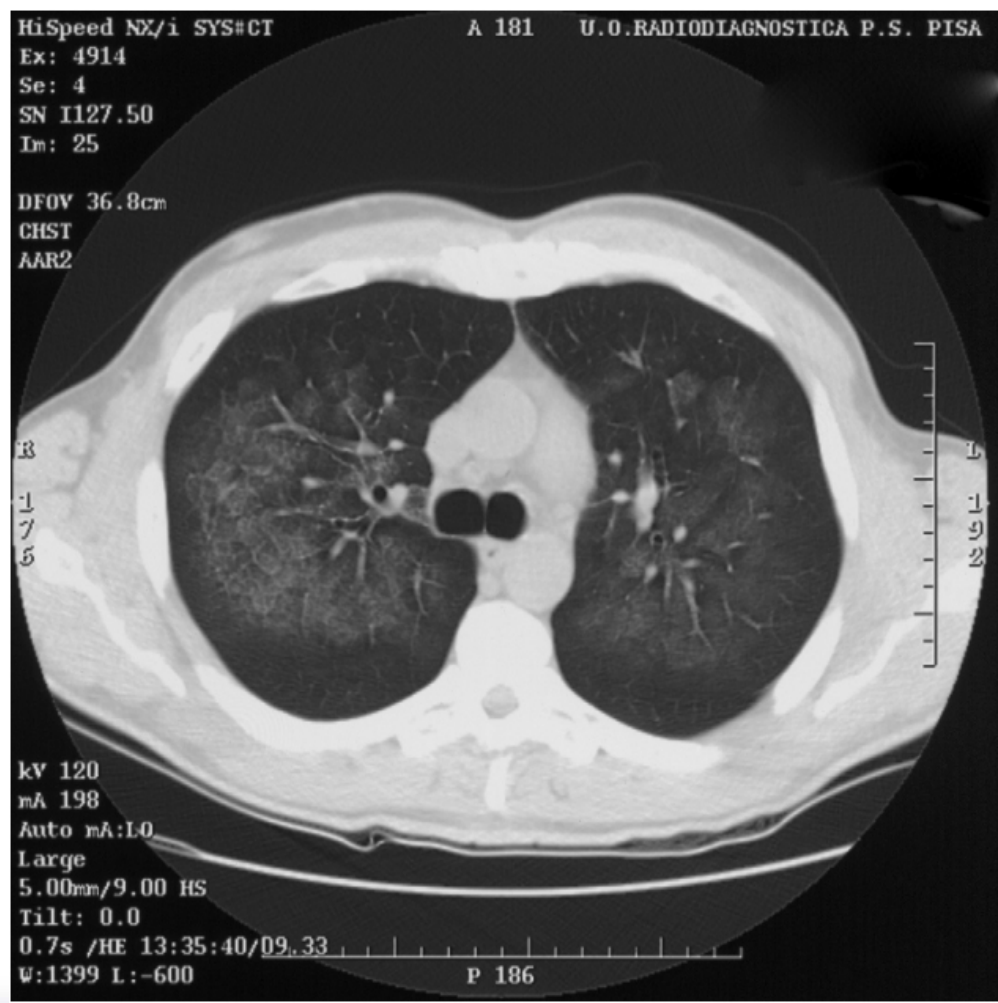


HR-CT basal



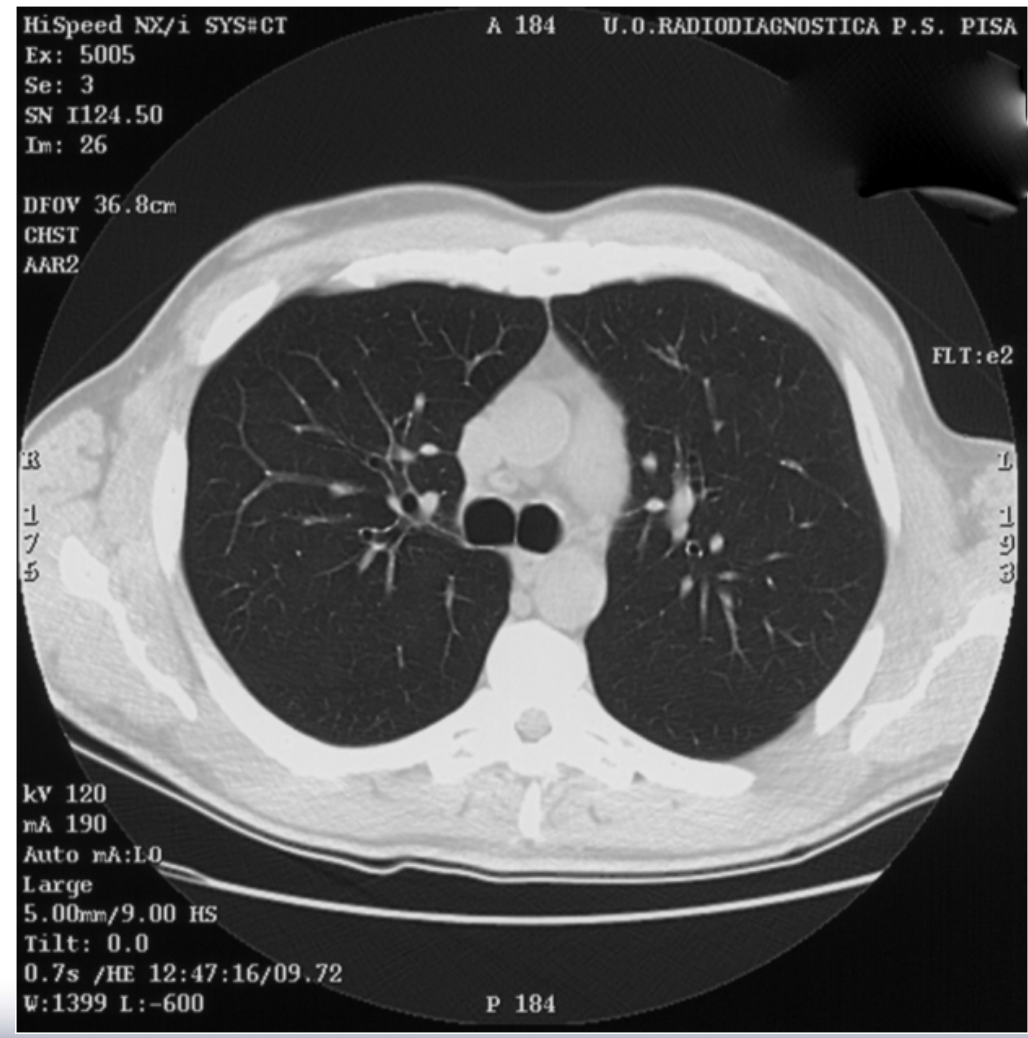


HR-CT parahilär - Kontrolle nach 3 Tagen



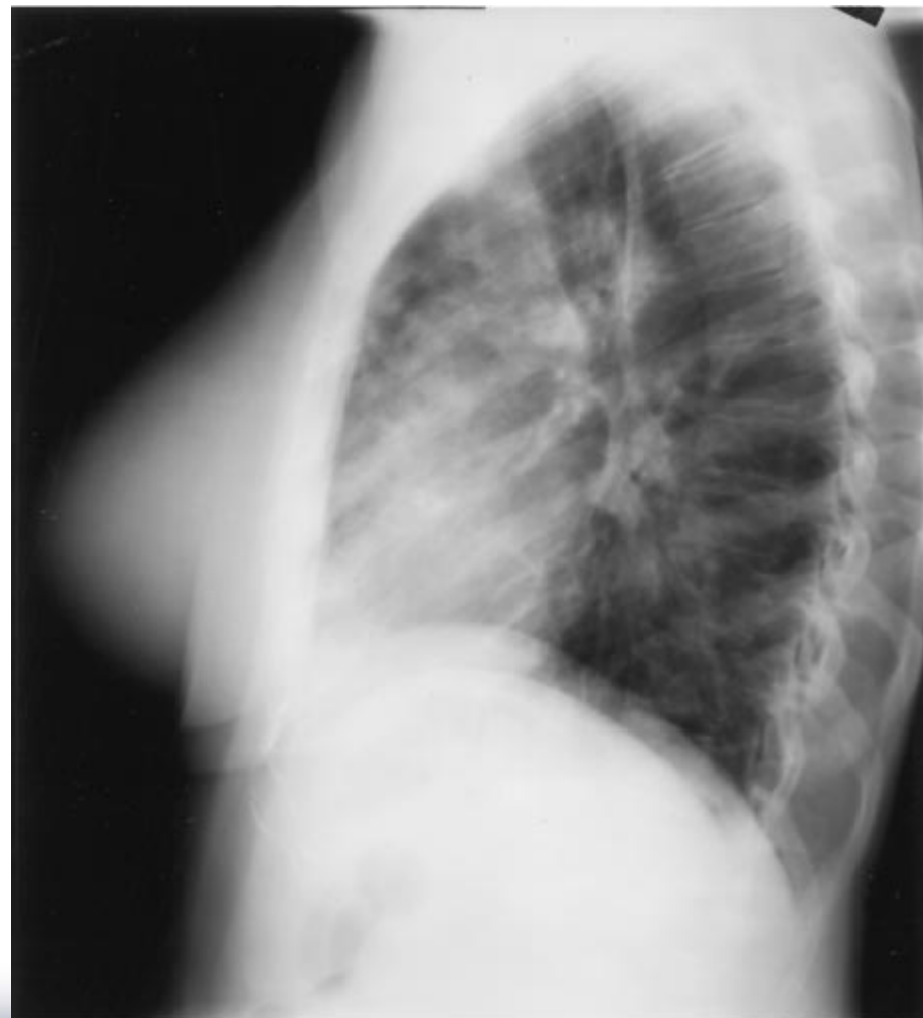


HR-CT parahilär - Kontrolle nach 10 Tagen





Eher diskretes Lungenödem nach Apnoetauchen





Gesicherte Ursachen (Taucher-) Lungenödem

1. Lungenbelastung
 - Vorlast ↑↑
 - Negative Pressure Breathing.
2. Herzbelastung
 - Nachlast ↑↑
 - Belastungshypertonie.
3. Hydrostatische Belastung
 - Lage im Wasser.
4. Physischer und psychischer Stress.



Maßnahmen bei Immersions- /Submersions-LE:

- Aus dem Wasser und beengende Kleidung öffnen
- $FiO_2=1$ (wie beim Tauchunfall)
- Halbsitzende Lagerung (**anders als beim Tauchunfall**)
- Diuretika (Furosemid) (**keine Flüssigkeitsgabe**)
- Wenig trinken, besser gar nichts (**anders als beim Tauchunfall**)
- Notarzt-Begleitung in Klinik → Intensivüberwachung!



„Gas-Bläschen“

Eigentliche Tauchunfälle



**Kompressions-Phase
(Barotrauma)**

**Dekompressions-
Phase (Unfälle)**

**Isopressions-Phase
(Partialdruck Atemgase)**





**Dekompressionsunfall
Decompression Illness**

DCI



Arterielle Gasembolie
Arterial Gas Embolism

AGE

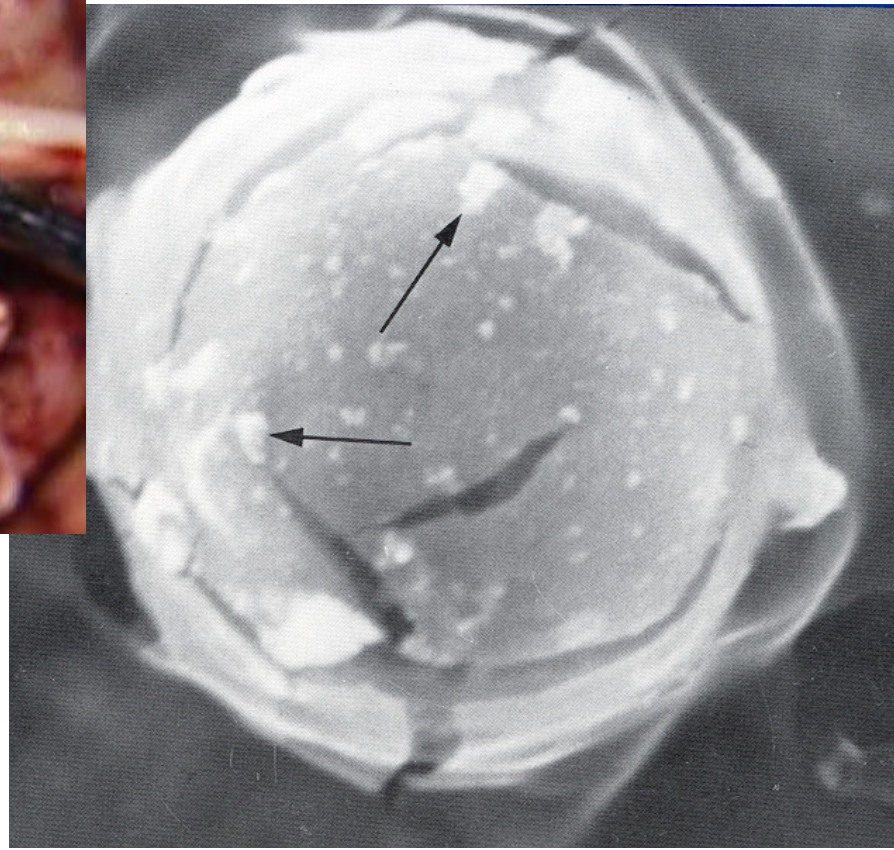
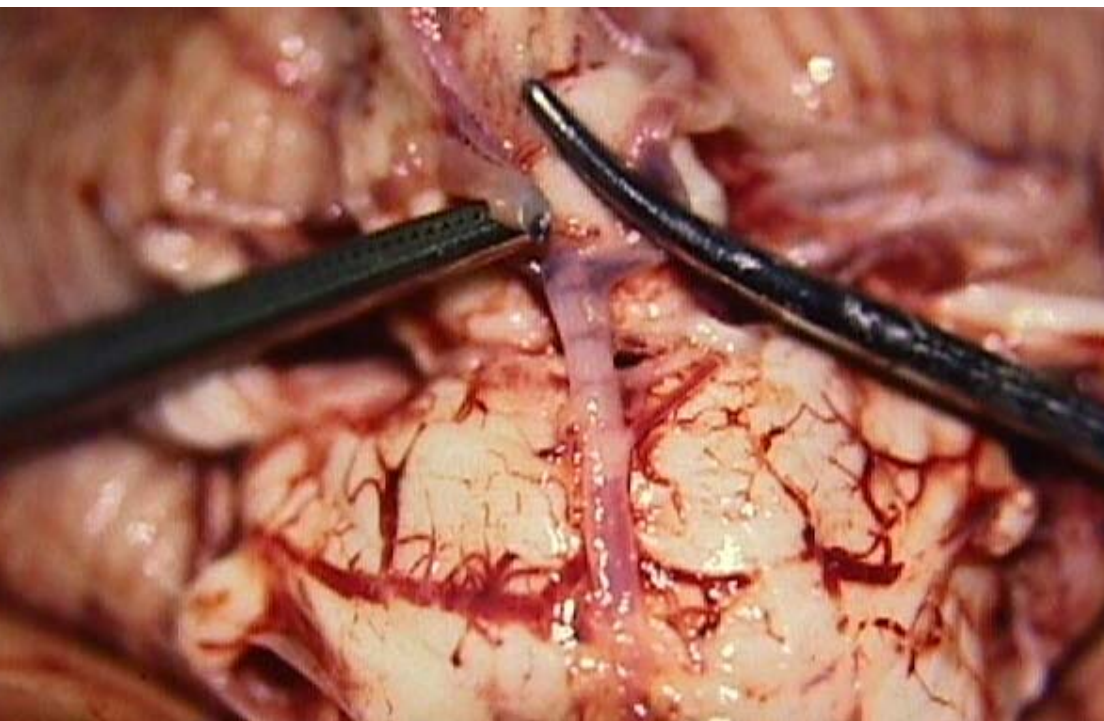
Dekompressionskrankheit
Decompression Sickness

DCS

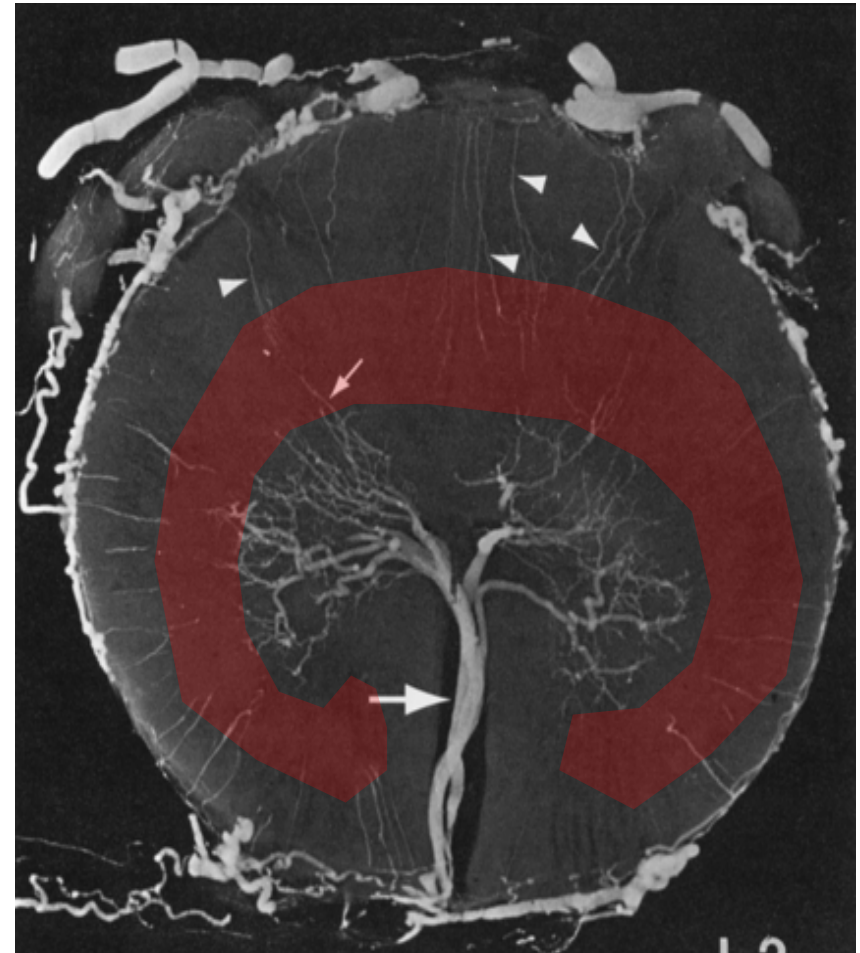
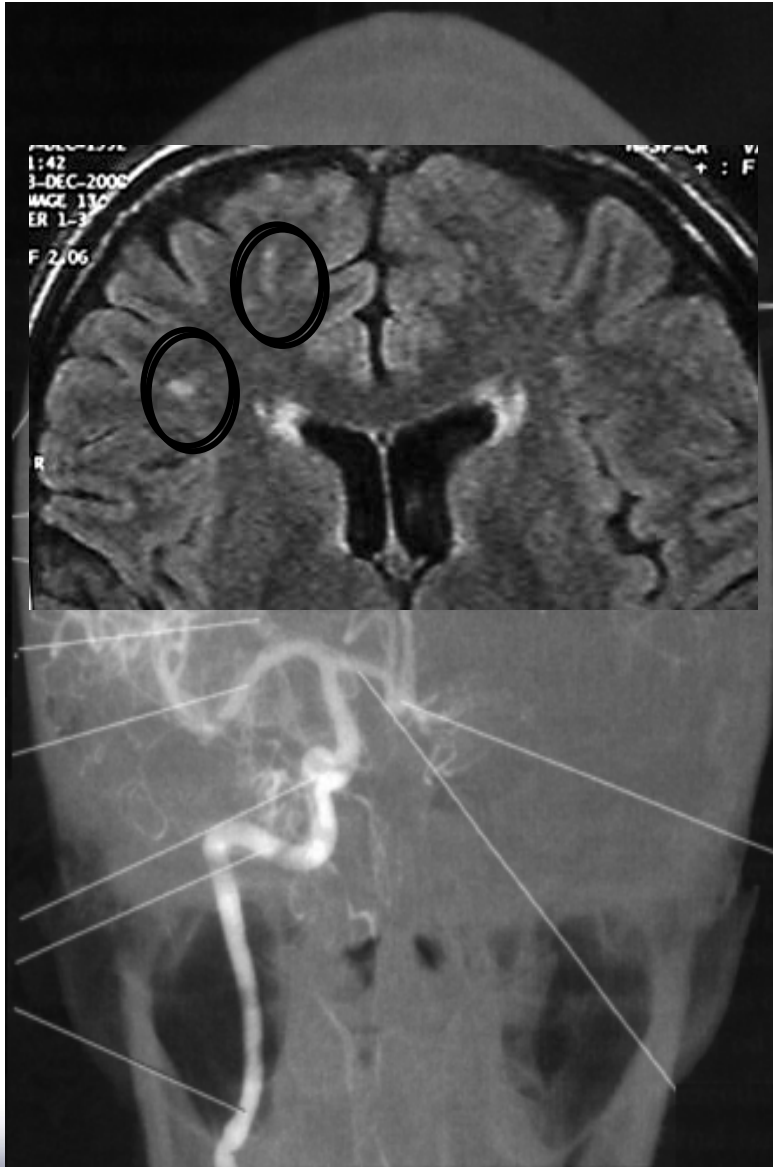
An underwater photograph showing a diver in silhouette against a bright blue background. The diver is positioned near a dark, rocky coral reef structure. The text 'Dekompressions-Krankheit (DCS)' is overlaid in white, bold, sans-serif font.

Dekompressions- Krankheit (DCS)





Problem: Inertgas-Bläschen – Mikroblase in Vitro



Funktionelles Endstromgebiet – zerebral, spinal



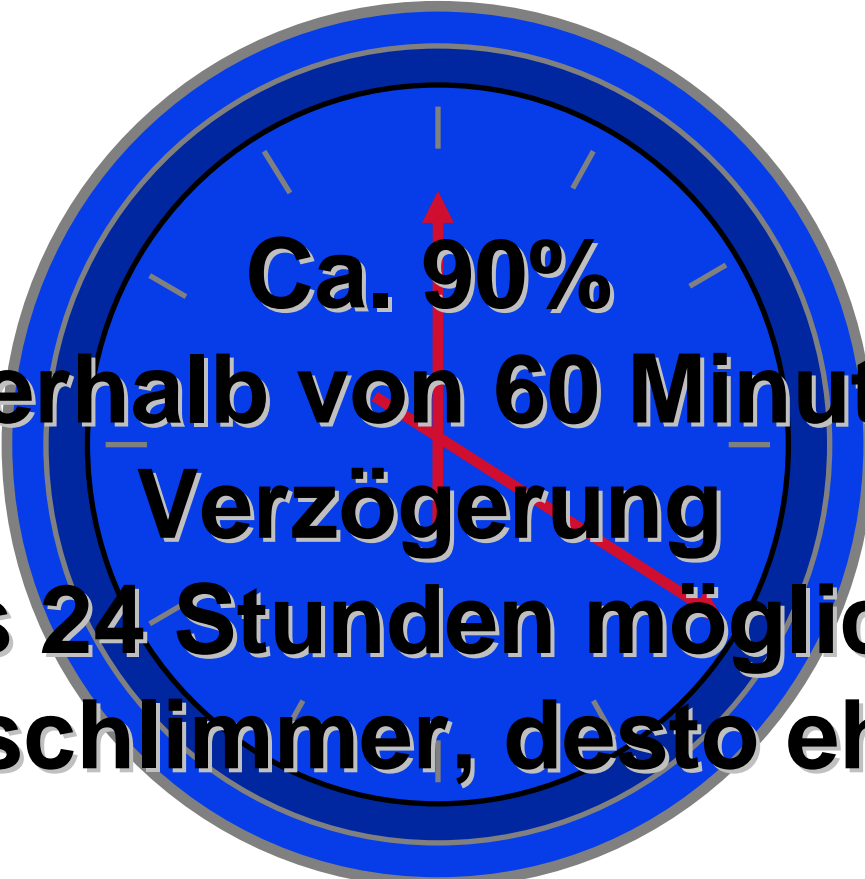
Symptome Dekompressionsunfall (1):

- Hautverfärbungen.
- Hautschmerzen.
- Ermüdungserscheinungen.
- Muskel- und Gelenkschmerzen.
- Thoraxschmerzen und Dyspnoe.
- Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel.
- Meniere-artige Symptome.



Symptome Dekompressionsunfall (2):

- Miktions-, Defäkations-, Erektionsstörungen.
- Seh-, Hör- und Sprechstörungen.
- Koordinationsstörungen.
- Psychische Auffälligkeiten.
- Dys- und Parästhesien.
- Paresen, Para- und Tetraplegien.
- Somnolenz, Konvulsionen.
- Bewusstlosigkeit, Koma.



Ca. 90%
innerhalb von 60 Minuten,
Verzögerung
bis 24 Stunden möglich!
Je schlimmer, desto eher!

A microscopic image showing numerous small, bright blue, spherical gas bubbles of varying sizes against a dark blue, textured background. The bubbles are scattered throughout the field of view.

Gasbläschen + Gasembolien (AGE)



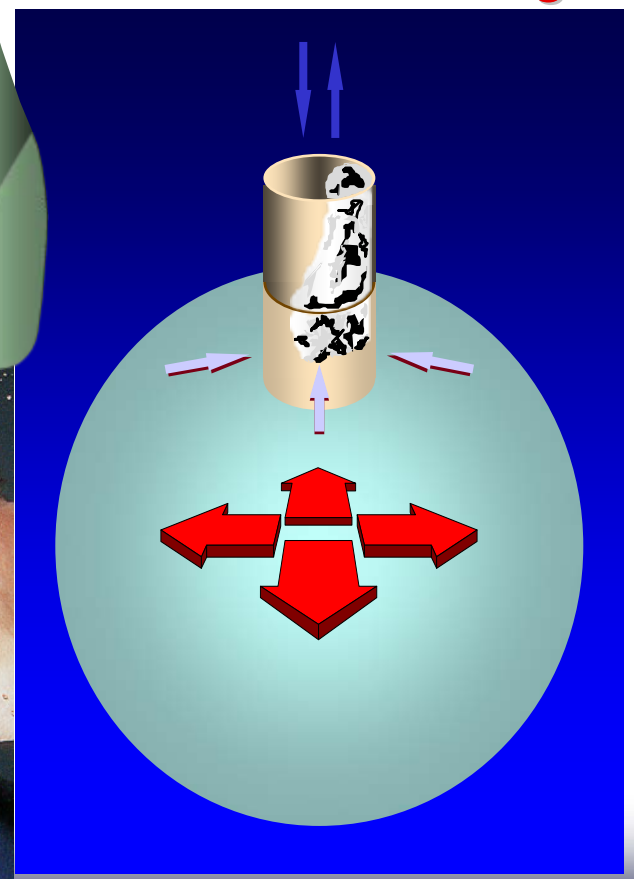
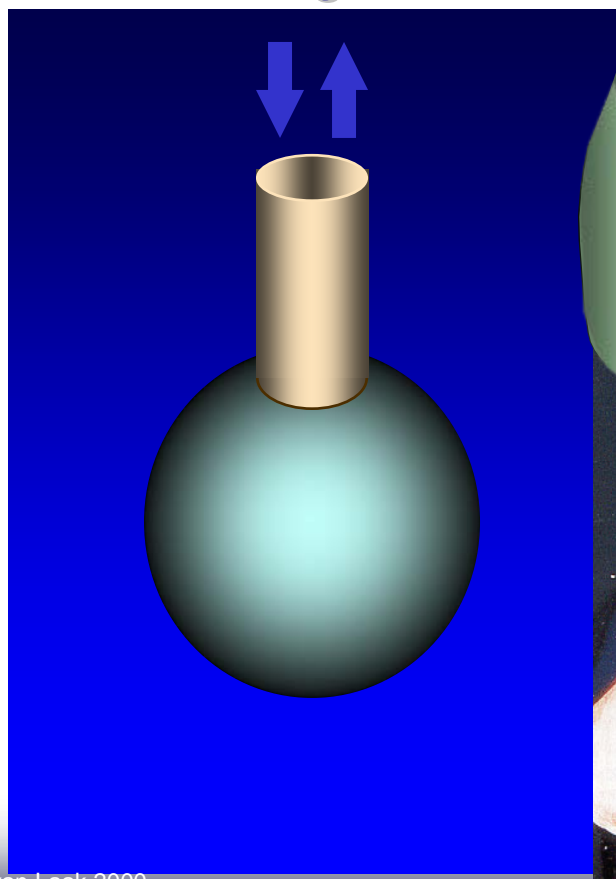
Tauchunfall: Überdehnung der Lungen



Gefahr Überdehnung der Lungen: Air-Trapping

Atemweg verlegt
Alveolarruptur ab Druck-
gradient von 30 mm Hg

Atemweg frei





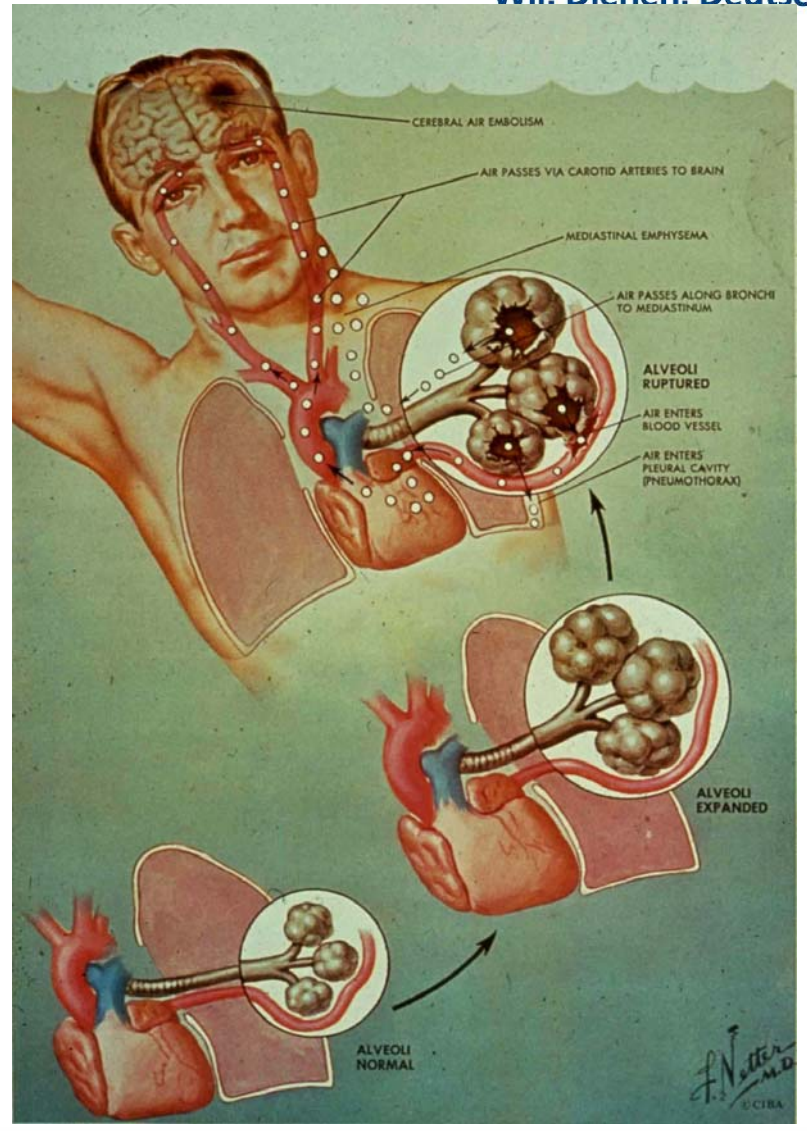
**Schnell
an der Wasseroberfläche,
sekundäre Verschlechterung
möglich!**



Tauchunfälle, Tauchunfallmanagement



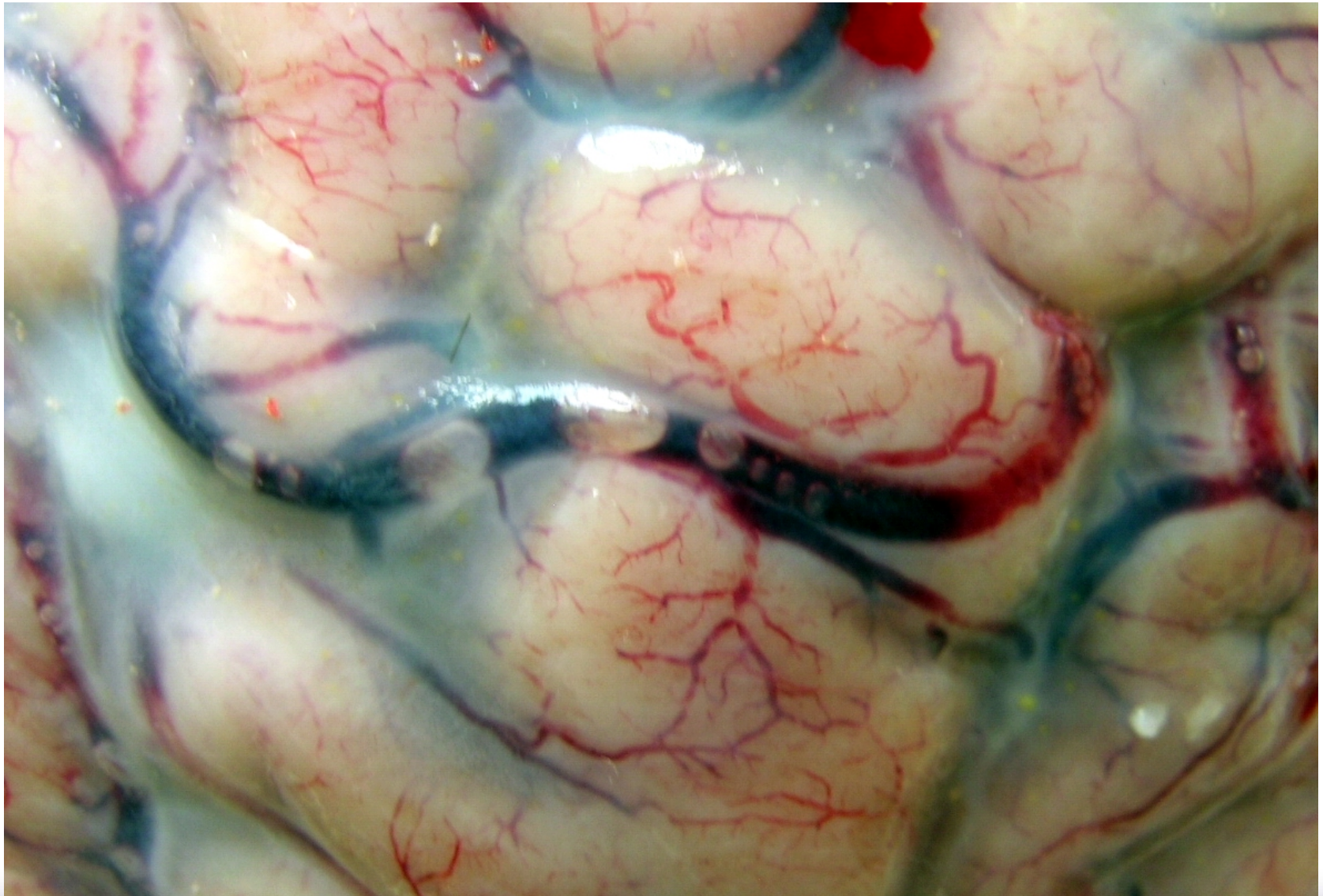
Marine
Wir. Dienen. Deutschland.



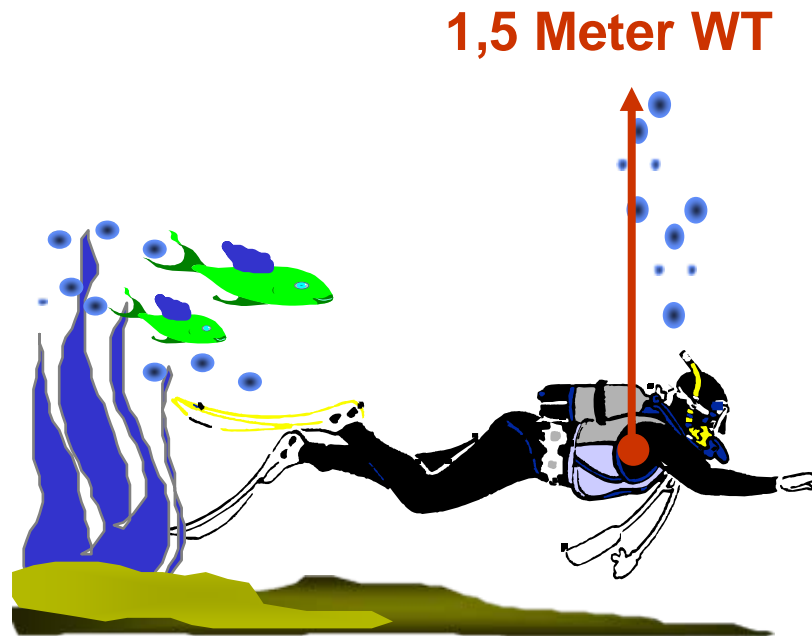
Netters Tauchunfall: Überdehnung der Lungen - ÜdL



1. **Luftembolie ins ZNS.**
2. Pneumothorax.
3. **Spannungspneumothorax.**
4. Mediastinalemphysem.
5. Subkutanemphysem.



Tauchunfall: Überdehnung der Lungen mit Gasembolie



Sichere Tiefe ÜdL: 1,5 Meter!
Es gibt keine sichere Tauchtiefe!



Notfalltherapie Tauchunfälle



Erstmaßnahmen bei Tauchunfall gemäß Leitlinie (GTÜM e.V.) :

- Sofortige Erste Hilfe durch Laien.
- Sauerstoffatmung, normobar.
- Notfallmedizinische Maßnahmen.
- Zielgerichteter (Luft-) Transport.
- Taucherärztliche Telefonberatung.





- Taucher retten, Befreien von Ausrüstung.
- Sicherung der Vitalfunktionen nach allgemeinen Regeln der Notfallmedizin.
- Reaktion ?
 - flache Rückenlage.
- Keine Reaktion ?
 - stabile Seitenlage.
- Kontinuierliche Gabe von 100% O₂ vorzugsweise „on demand“.



- Volumensubstitution
 - oral: ≥ 1 Liter Wasser pro Stunde
 - i.v.: 500 – 1000 ml bilanziertes Kristalloid.
- Dexamethason 100 mg i.v.
- Acetylsalicylsäure 500 mg i.v.
- Diazepam / Dormicum hochdosiert i.v.
- Ggf. tiefe Sedierung.
- Kontrollierte Beatmung mit FiO_2 1,0.



- Notaufnahme, Intensivstation.
- Cave! Ertrinken, Pneumothorax.
- Bei eindeutigen Tauchunfällen („Bläschen“):
Hyperbares Therapiezentrum.
- RTW/NAW nur bei kurzen Strecken, sonst:
- i. d. R. Helikopter < 300 m Flughöhe.



- Diagnostik
 - Neurologische Untersuchung, EEG.
 - Nativ-CT.
 - MRI.
- Antiödematöse Therapie.
- Hyperbare Sauerstofftherapie (HBOT).



Tauchunfälle, Tauchunfallmanagement




Marine
Wir. Dienen. Deutschland.




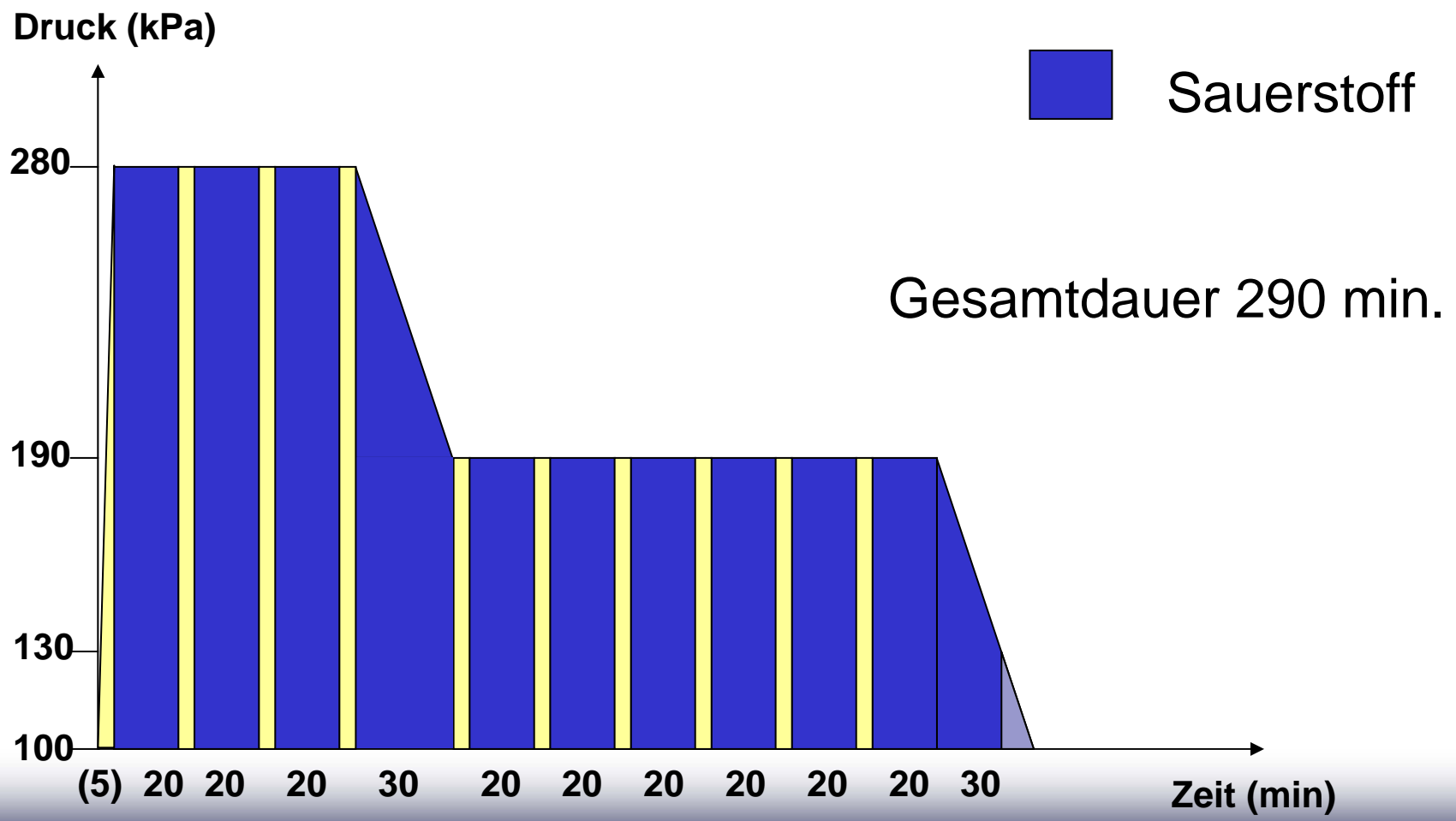




USN TT 6 (TS 280/60)

 Luft

 Sauerstoff





Zeitintervall bis zur Druckkammerbehandlung :

- **Sofort** : exzellente Chancen bei Erstbehandlung.
- **4 h** : gute Chancen Erst- und Folgebehandlung.
- **12 h** : gute Chancen nach Folgebehandlungen.
- **24 h** : mäßige Chancen nach $> 5 < 10$ Tx.
- **> 24 h** : Restchancen nach Langzeittherapie.



Kosten hyperbare Sauerstofftherapie :

2.500 €








5.000 €

12.500 €



Rationale für HBOT

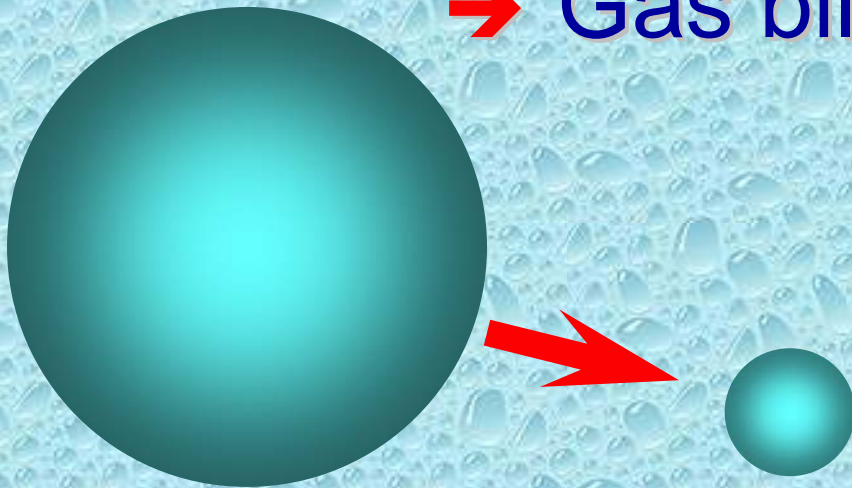
Blasengröße

Tiefe (m)	Druck (bar)	Rel. Volumen (%)	Blasengröße (schematisch)	Rel. Durchmesser (%)
0	1	100		100
10	2	50		80
20	3	33,3		70
30	4	25		63
40	5	20		58,5
50	6	16,6		55
90	10	10		46

Notfallindikation:

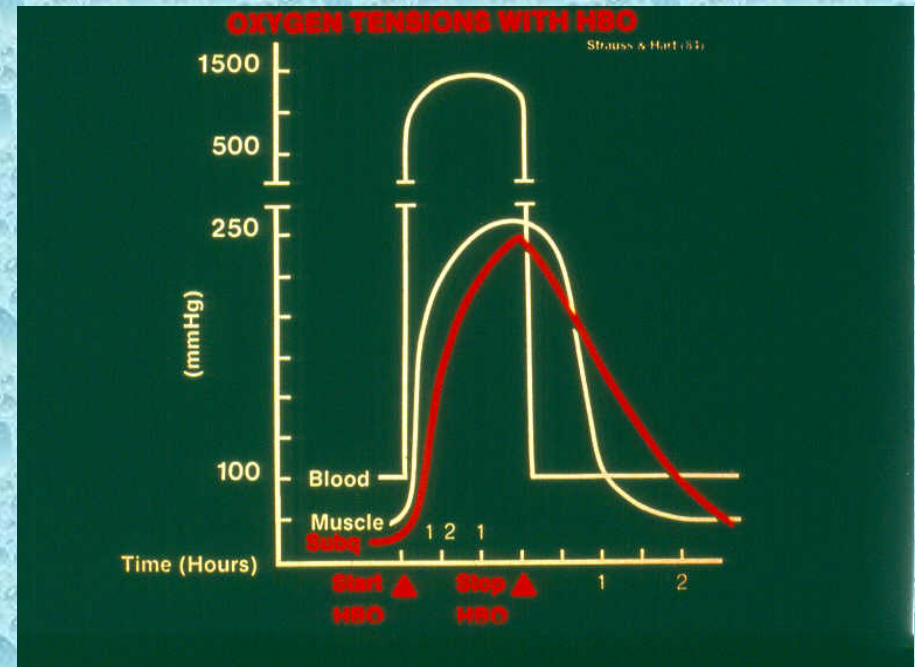
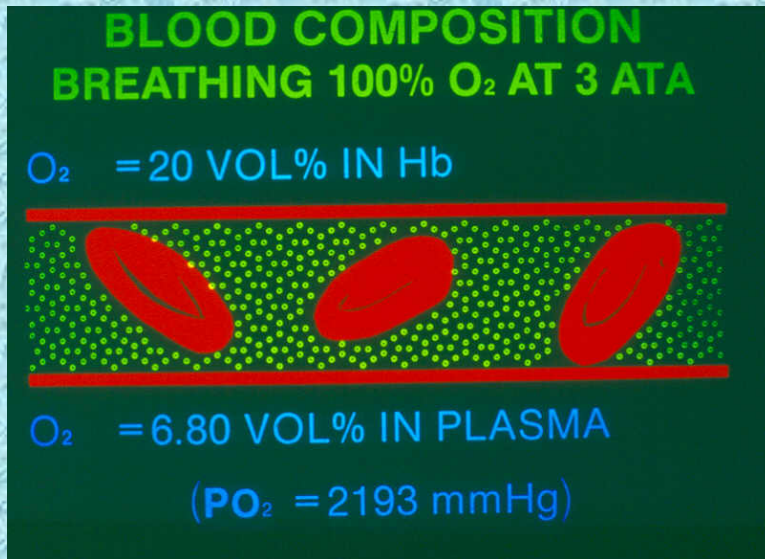
„Volumenreduktion von Gas“

- Tauchunfälle (AGE, DCI)
- Gas bildende Infektionen



(Notfall-) Indikation:

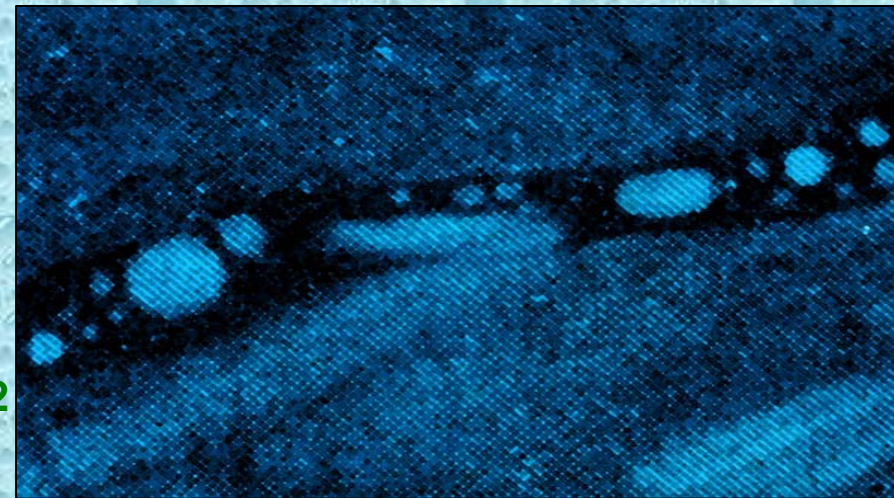
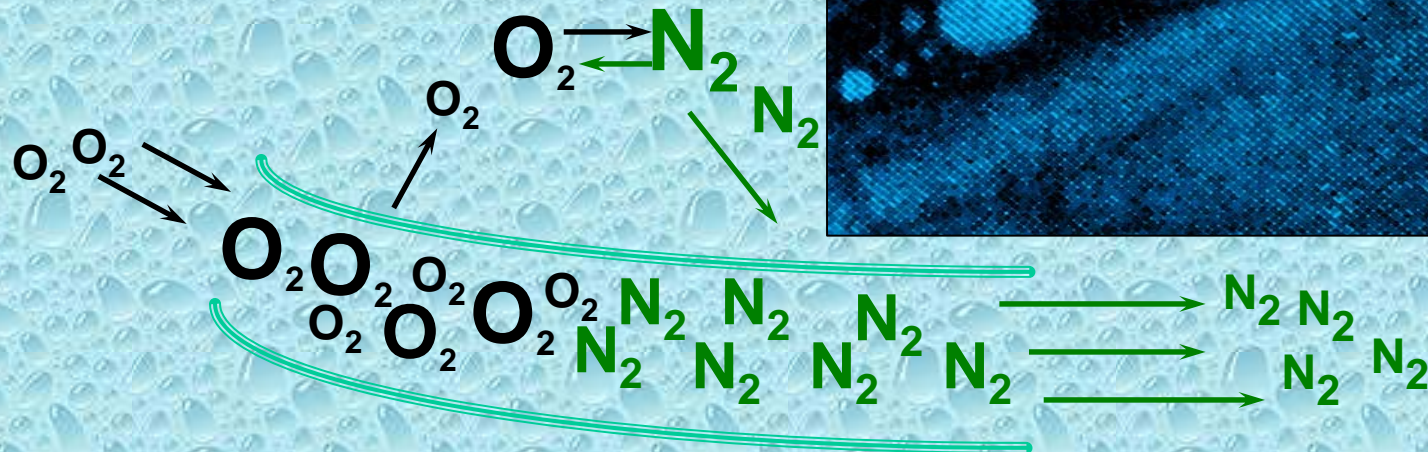
„Erhöhung pO_2 Plasma + Gewebe“



- im Plasma x 15
- Diffusion → Gewebe x 2 - 4
- erhöhter pO_2 Gewebe 2 - 3 h

(Notfall-) Indikation: „Inertgaselimination“

- aus Gasbläschen
- aus gasgefüllten Räumen
- aus Geweben





Zum Mitnehmen



1. Ertrinken → Gewebehypoxie, auf die unmittelbar, mit höchstmöglicher Effizienz und unter Ausschöpfung aller Reanimationsmöglichkeiten reagiert werden muss.
2. ZNS und Lungen → primär gefährdete Organe.



3. Bei Ertrinken ist die besondere Gefährdung das verzögerte Lungenödem. Bei den geringsten Auffälligkeiten bedarf es kompromissloser klinischer Überwachung.
4. Entscheidend ist die frühzeitige Intubation mit initial maximaler Sauerstoffbeatmung.



5. Tauchunfall → uneinheitliches klinisches Bild, häufig mit spinaler Neurologie.

6. Jedes gesundheitliche Ereignis in zeitlichem Zusammenhang mit Gerätetauchen ist so lange als Tauchunfall anzusehen, bis das Gegenteil bewiesen ist.



7. Notfalltherapie vor HBOT → kontinuierlich normobarer Sauerstoff und vornehmlich isotonische Hämodilution.

8. Tauchmedizinische Konsultation und zügiger Transport zur HBOT, i. d. R. Heli MedEvac.



9. Taucher-Lungenödem in Erwägung ziehen!

10. An Mediastinal-Emphysem, Pneumothorax und Spannungs-Pneumothorax denken!