



Atemgasintoxikationen

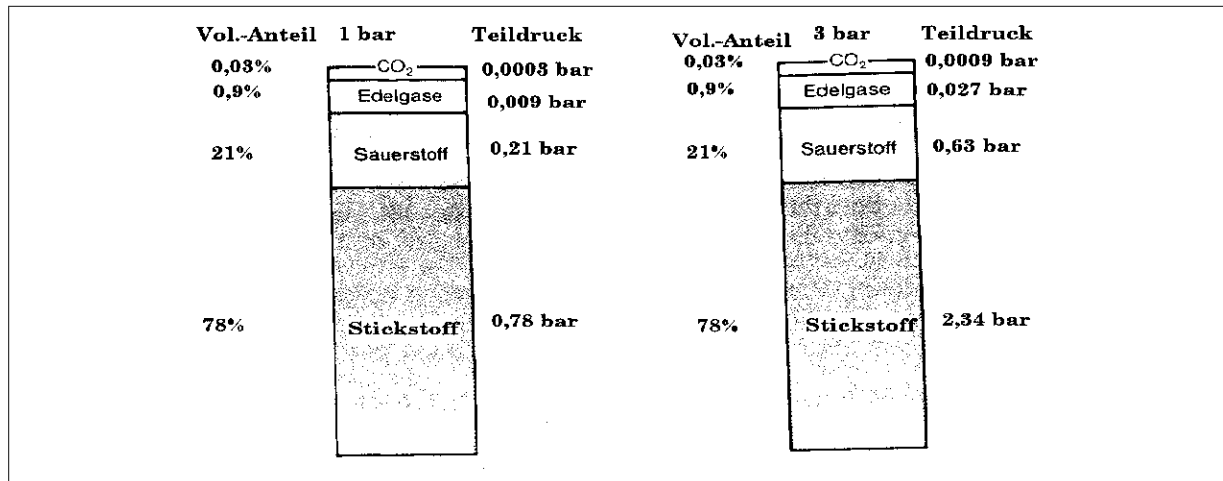
beim Tauchen

Dr. Heiko Lier

Arzt für Anästhesie
Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und Spezielle Intensivmedizin
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Sigmund-Freud-Straße 25 D-53105 Bonn

Atemgasintoxikationen beim Tauchen sind Krankheiten der Isopressionsphase

→ Eine an der Wasseroberfläche harmlose Verunreinigung der Atemluft führt unter Überdruckbedingungen zu toxischen Partialdrücken und tritt daher während des Tauchganges auf (Gesetze von HENRY und DALTON).



I. CO (Kohlenmonoxid)

Allgemein

- geruchs-, geschmacks- und farblos, leichter als Luft
- entsteht bei unvollständiger Verbrennung von Holz oder Kohle und bei Verbrennungsmotoren
- sehr toxisch

Pathophysiologie

- 300mal höhere Affinität zum Hämoglobin + verdrängt Sauerstoff aus Bindung an Hämoglobin + stärkere Bindung an den Eisenanteil des Hämoglobin als O₂
- es entsteht Carboxyhämoglobin (COHb)
- 1gr Hb bindet sowohl 1,34 ml O₂ (HÜFNER-Zahl) als auch 1,34 ml CO, wegen höherer Affinität schnelle weitgehende Besetzung des Hämoglobin mit CO

⇒ Hypoxie (O₂-Mangel im Blut)

Ursachen

- Rauchen: 20 Zigaretten pro Tag entsprechen einem COHb-Gehalt von 5 % des gesamten gebundenen Hb, bei 30 Zigaretten pro Tag sind es 10-15 %.
- Ansaugen verunreinigter Luft bei der Flaschenfüllung (Abgase von Verbrennungsmotoren [Kompressor, stark befahrene Straße])

Symptome (sehr unspezifisch!):

- MAK (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) für CO = 0,005%



4. Bonner Tauchersymposium 19. März 2003

- Obere unschädliche CO-Konzentration in Atemluft = 0,01 Vol%
- Bei 0,03 Vol% erste Symptome:

Schwindel, Benommenheit, Ohrensausen, „Alkohol-Schwips“, reduzierte Konzentrations- und Urteilsfähigkeit

- (eventuell) zunehmend rosige Haut
- Bei 0,07 Vol% sind bereits 50% der Hb-Moleküle mit CO besetzt:
flache Atmung, Bewußtlosigkeit, tetanische Krämpfe (rhythmisch aufeinanderfolgende Zuckungen der Muskeln) ⇒ Tod

Therapie

- Die Zeit, nach der sich bei einem vergifteten Menschen beim Atmen der normalen Atemluft der CO-Gehalt des Blutes halbiert hat, liegt bei ca. 4 Stunden. Unter Sauerstoffbeatmung mit einem Druck von 1 bar beträgt die Halbierungszeit nur noch rund eine 3/4 Stunde, und bei einer Sauerstoffüberdruck-Behandlung (Überdruckkammer) liegt sie nur noch bei 20 Minuten.
- O₂-Gabe, möglichst Beatmung (Überdruck, aber keine nasse Rekompensation!) zur kompetitiven Verdrängung des CO aus der Bindung an das Hb
- Eventuell hyperosmolare, intravenöse Lösung (Hirnödemprophylaxe)

II. CO₂ (Kohlendioxid)

Allgemein

- geruchs-, geschmacks- und farblos, schwerer als Luft
- stärkster Atemanreiz des Menschen
- bei atmosphärischem Druck: 0,03 Vol% in der Einatemluft, rund 4 Vol% in der Ausatemluft

Pathophysiologie

vermehrter Kohlendioxidanfall (= Hyperkapnie) → Steigerung von Atemfrequenz und -zugvolumen (schnelle, tiefe Atemzüge)

Ursachen

- verlängerter Schnorchel (= vergrößerter Totraum)
- alte Lungenautomaten mit Faltenschlauch → rund 500 ml Totraum → erhöhter CO₂-Partialdruck bereits ab 15 m Tiefe möglich
- Ansaugen verunreinigter Luft bei der Flaschenfüllung
- Helmtaucher (regelmäßige Frischluftspülung notwendig)
- Defekte CO₂-Patrone oder Tauchtiefe über 10 m (fehlende Abatmung von CO₂ bei vollständiger Sättigung des Hb mit O₂) beim Tauchen mit geschlossenen Systemen („Kreislaufgeräte“, CCR = Circuit-Closed-Rebreather)



Symptome

- MAK (Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) für CO₂ = 0,5%
- CO₂-Konzentration in Atemluft von 1,5 Vol% führt zu einem Anstieg des Atemminutenvolumens auf 15-18 l/min (Norm: 10-12 Atemzüge mit je rund 500 ml, also etwa 5-6 l/min)
- CO₂-Konzentration in Atemluft von 5-6 Vol% steigert das Atemminutenvolumen auf etwa 25 l/min

Da eine weitere Steigung über 25 l/min nicht möglich ist, treten ab 6 Vol% CO₂ in Atemluft Vergiftungserscheinungen auf:

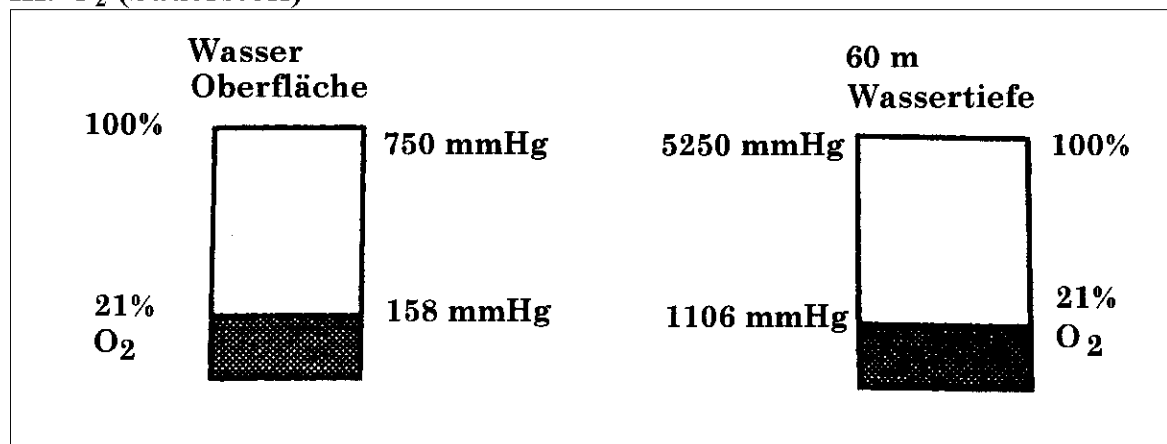
zunehmende Atemnot, Kopfschmerz, Schwindel, Brechreiz, Herzklopfen, Blutdruckanstieg, Schweißausbrüche, Bewußtlosigkeit, Streckkrämpfe

⇒ **ab 10-12 Vol% Tod**

Therapie

O₂-Gabe, PEEP-Beatmung

III. O₂ (Sauerstoff)



Allgemein

Seltene Vergiftungen

Ob O₂ toxisch wirkt, ist von der Dauer der Exposition und dem Partialdruck abhängig. deutliche individuelle Schwankungen

Ursache

Kreislaufgeräte mit reinem O₂ + Tauchtiefe > 7,5 m + > 1 Stunde (→ pO₂ > 1,75 mmHg)
Preßluftgeräte + Tauchtiefe > 75 m (75 m = 8,5 bar x 0,21% O₂ → pO₂ > 1,75 mmHg)
Mischgeräte (Nitrox) + fehlende Anpassung des Mischverhältnisses von O₂ zu Füllgas an die Tauchtiefe (d.h. fehlende Reduzierung des O₂-Anteils)

(Achtung: Vergiftungen bei Nitrox-Gemischen zeigen oft keine oder kaum Vorboten und führen gleich zu Krampfanfällen.)



Symptome

Zentrales Nerven System: Schwindel, Sehstörung (Augenflimmern), Unruhe, Zuckungen um Mund und Augen, Krämpfe (beginnend an den Händen), Fieber, Bewußtlosigkeit, Grand mal-Anfall → oft Erholung → erneuter generalisierter Krampfanfall ⇒ Tod (PAUL-BERT-Effekt)
Lunge: Bei 1 bar und reiner O₂-Atmung kommt es nach mehreren Stunden zu einer Verdickung oder Schwellung der Alveolen sowie auch der Wände der Lungengefäße, dann zu Ödembildung und bei weiterem Fortschreiten zum Zusammenfall von Alveolen (LORRAINE-SMITH-Effekt).

Therapie:

reduzierte O₂-Gabe in der Druckkammer

III. N₂ (Stickstoff) = Tiefenrausch

Allgemein

Mit rund 78 Vol% Hauptanteil der Umgebungsluft
inertes Gas, d.h. unter atmosphärischen Bedingungen geht N₂ im Organismus keine chemische Reaktion ein

Physiologie

Unter Überdruckbedingungen ist die Fettlöslichkeit jedoch um den Faktor 5 erhöht, besonders das zentrale Nervensystem ist sehr lipophil → N₂ diffundiert in die Zellen, führt zu Änderungen der Membranpotentiale und blockiert so die Reizweiterleitung an den Synapsen → zentralnervöse Wirkung ⇒ bereits ab Tauchtiefen von 30 m (also N₂-Partialdrücken von 3,2 bar) können euphorische Zustände auftreten, bei etwa 60 m sind diese bei allen Tauchern anzutreffen.

Der erhöhte CO₂-Partialdruck in den Alveolen (Lungenbläschen) erhöht die narkotische Wirkung des Stickstoffs.

Auch der erhöhte O₂-Partialdruck verstärkt die Wirkung.

Die Tauchtiefe, bei der ein Tiefenrausch auftreten kann, ist sehr inter- und intra-individuell unterschiedlich (körperliche Leistungsfähigkeit, „Wohlfühlen“, Medikamente und Alkohol [Restalkohol → Tiefenrausch in 10 m Tiefe möglich]).

Symptome (→ „Alkoholrausch“)

Eventuell metallischer Geschmack, „Kauen“ auf dem Mundstück Optische / akustische Halluzinationen (falsches Farbsehen, Tunnelblick) Euphorie reduzierte Urteilskraft, Sorglosigkeit Angstgefühle, Beklemmungen Bewußtseinstrübungen bis hin zur Bewußtlosigkeit

Therapie

sofortiges kontrolliertes Auftauchen in geringere Tiefe (kein Notaufstieg unter Mißachtung der Deko-Regeln); keine Spätfolgen bekannt



Quellen:

DLRG-Präsidium, Fragenkatalog für Rettungstaucher

Holzappel RB, Praxis der Tauchmedizin, Thieme-Verlag

Thalman ED, OXTOX: If You Dive Nitrox You Should Know About OXTOX, DAN,
www.diversalertnetwork.org/medical/articles

4. Bonner Tauchersymposium 19. März 2003

