

Bergseetauchen / Altitude

Tauchen in der Höhe

über 750 Metern erfordert spezielle Tabellen und Computermodelle, denn mit dem Aufstieg auf einen Berg sinkt der Umgebungsdruck und damit nach dem Gesetz von Henry auch die lösliche Stickstoffmenge in allen Geweben. Wie nach einem Tauchgang kommt es zu einer Übersättigung mit Stickstoff in allen Geweben des Körpers - allerdings mit dem Unterschied, dass in diesem Fall nicht nur Gewebe mit kurzem und mittleren Halbwertszeiten übersättigt sind, sondern auch Gewebe mit langen Halbwertszeiten. Wird zum Beispiel ein Höhenunterschied von 2000 Metern überwunden, so sinkt der Umgebungsdruck um ca. 0,2 bar. Der im Anschluss an diese Fahrt zuviel gelöste Stickstoff würde sehr langsam aus den Geweben an das Blut abgegeben und von dort aus zur Lunge transportiert und abgeatmet werden. Dabei würden zuerst die Gewebe mit kurzen Halbwertszeiten entsättigt werden und dann die Gewebe mit langen Halbwertszeiten. Dieser Zustand entspricht also dem eines Wiederholungstauchgangs, obwohl der Taucher noch gar nicht im Wasser war. Betrachtet man Bergseetabellen, so fällt auf, dass vor allem bei Flachwassertauchgängen bis 15 Metern die Nullzeit erheblich von der Austauschabelle auf Meereshöhe differiert. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass die durch den Aufstieg entstandene Übersättigung im Körper mit einberechnet wird. Dabei sind gerade lange Flachwassertauchgänge gefährlich, da hierbei die langsamen Gewebe weiter aufgesättigt werden. Die kurzen Gewebe werden zwar ebenfalls aufgesättigt, jedoch besitzen diese zum einen eine höhere Übersättigungstoleranz, zum anderen entsättigen sie sich aber auch viel schneller.



Bergseetauchen / Altitude

Tauchen in der Höhe

Bei Tauchgängen in Bergseen muss also berücksichtigt werden, dass der Luftdruck auf Bergseehöhe womöglich erheblich unter dem Luftdruck auf Meereshöhe liegt. So beträgt der Luftdruck in 2.000 m Höhe durchschnittlich 0,8 bar. In 30 m Tiefe herrscht hier ein Umgebungsdruck von 3,8 bar im Gegensatz zu 4,0 bar im Meer. Für die N₂-Sättigung und -Entsättigung während eines Tauchgangs sind die relativen Veränderungen des Umgebungsdrucks wichtig, nicht die absoluten Druckänderungen, weil die relativen Konzentrationsunterschiede zwischen Lunge, Blut und Geweben die Diffusionsgeschwindigkeiten bestimmen. Ist beim Tauchen im Meer der Druck in 30 m Wassertiefe gleich dem 4-fachen Umgebungsdruck an der Oberfläche, so ist diese Relation im Beispiel-Bergsee bereits in 24 m Wassertiefe erreicht.

Bei gleicher Tauchganglänge entsprechen die relativen Druckveränderungen eines Tauchgangs im Meer auf 30 m Tiefe also einem Bergseetauchgang auf 24 m Tiefe. Entsprechend sind in dem o.g. 24 m-Beispiel-Tauchgang die Dekovorschriften eines Meerestauchgangs auf 30 m Wassertiefe anzuwenden.

Analog zur Berechnung der entsprechenden Bergsee-Tauchtiefe müssen auch die Tiefen der ggf. einzuhaltenden Deko-Stufen auf die Druckverhältnisse in 2.000 m Höhe umgerechnet werden. Ein 3 m Deko-Stop im Meer entspricht hier einer Tiefe von 2,4 m, ein 6 m Stop müsste in 4,8 m Tiefe durchgeführt werden.

Streng genommen müsste auch die vorgeschriebene Aufstiegs geschwindigkeit von 30 m auf 0 m im Meer auf die im Bergsee kürzere Distanz von 24 m auf 0 m umgerechnet werden.

Bergseetauchen / Altitude

Was unterscheidet das Bergseetauchen von Tauchen auf Meereshöhe ?

- n Klares, aber kaltes Gewässer
- n Veränderte Druckverhältnisse
- n Bedingt durch den niedrigen Umgebungsdruck sind andere Austauschzeiten zu beachten.
- n Beschwerlichere Anfahrten / Anmärsche, Anreisen

Bergseetauchen / Altitude

Reize des Bergseetauchens

- n **Grandiose Kulissen**
- n **Grosse Sichtweiten und Sichttiefen, da meistens sehr nährstoffarmes Wasser**



Flussbarsche und Metallungeheuer im Plansee – Tirol / Österreich

Physikalische Grundlagen

Meereshöhe

- Normaldruck 1,013 bar
- Varianz bis zu 50 mbar
- > zur Erleichterung des Rechnens 1 bar auf Normalnull (NN)

Berghöhe

- Faustformel errechnet nach der Barometrischen Höhenformel:
Der Druck nimmt um 0,1 bar pro 1000 Meter ab

Wassertiefe	Meereshöhe 0 m	Bergsee 5000 m
0 m	1 bar	0,5 bar
10 m	2 bar	1,5 bar
20 m	3 bar	2,5 bar

Physikalische Grundlagen

- n **Auswirkungen der veränderten Druckverhältnisse sind längere Dekozeiten, andere Tiefen der Dekostops, kürzere Nullzeiten.**
- n **Daraus ergibt sich der Gebrauch einer anderen Dekotabelle (Bergseetabelle) und eine Umstellung des Tauchcomputers auf die entsprechende Höhe.**
- n **Die Unterscheidung, ob es sich um einen Bergsee handelt, wird von den Verbänden leider recht unterschiedlich behandelt. So nennt PADI bereits einen Tauchgang ab 501 Höhenmeter Bergseetauchgang, der VDST jedoch erst ab 701 Höhenmeter.**

Partialdruck & Sauerstoff

Absinkender Partialdruck von Sauerstoff mit ansteigender Höhe
z.B. ppO₂ in 3000m 0,147 bar (21 % von 0,7 bar)

- Der Körper reagiert durch;
stärkere Atmung, erhöhte Herzfrequenz, erhöhte Produktion von roten Blutkörperchen (Dauer: 8 – 10 Tage, maximal Verdopplung, Blut wird dickflüssiger, Gerinnungsfähigkeit steigt.)
- Körper ist gesättigt der normalen Umgebung entsprechend – erst nach 1-2 Tagen an den neuen Umgebungsdruck angepasst.
- Für Dekoberechnung **WICHTIG – VORSÄTTIGUNG!!**

Partialdruck & Sauerstoff

Der Körper reagiert ;

- **Mit größerer Anstrengung durch verringerten Sauerstoffteildruck**
- **Tiefenrauschempfindlichkeit nimmt zu**
- **Größerer Flüssigkeitsverlust**

Beachte deshalb;

- **Keine Wiederholungstauchgänge**
- **Besondere Planungsvorbereitung ist wichtig**
- **Bei Verwendung von Membran- oder Rohrfedertiefenmesser auf den absoluten Druck achten**
- **Bei Verwendung von Boyle- Mariottsche Tiefenmesser wird das Verhältnis des aktuellen Drucks zum Druck an der Oberfläche angezeigt, somit zeigen sie eine zu grosse Tiefe an**

Verstärktes Druckgefälle

Druckgefälle zwischen Tauchtiefen und Oberfläche
ändern sich - Dekoberechnung

Meereshöhe:

Tiefe: 30m

Druck: 4 bar

Auftauchen an die Oberfläche:

Oberflächendruck: 1 bar

Reduktion des Drucks auf 25%

Bergsee auf 2000m:

Tiefe: 30m

Druck: 3,8 bar

Auftauchen an die Oberfläche:

Oberflächendruck: 0,8 bar

Reduktion des Drucks auf 21%

**Achtung; je höher das Druckgefälle, umso grösser die
Gefahr der Gasblasenbildung**

- Spezielle Bergseetabellen!! -

Die Faktoren Temperatur, UV-Strahlung und Dampfdruck

Temperaturabnahme;
ca. 0,6 – 0,8 C° pro 100 Höhenmeter, (wegen geringerer Wärmeleitung der dünneren Atmosphäre)

Höherer UV-Anteil;
Erhöhte Sonnenbrandgefahr, verblenden der Augen (wegen abnehmender Absorptionswirkung der Luft)

Erhöhte Flüssigkeitsabgabe;
durch den geringeren Dampfdruck des Wassers und die verstärkte Atmung

Tauchen nach der Bergseeformel

Errechnung der äquivalenten Tauchtiefe zur Benutzung mit der „normalen“, Dekotabelle. Nicht so sicher wie die entsprechenden Bergsee – Tabellen!!

Bergseeformel:

Plansee: 1000m über NN (Tauchgang auf 30m)

Druck in Meereshöhe

----- = Korrekturfaktor

Umgebungsdruck Oberfläche: 0,9 bar

Druck in Bergseehöhe

Äquivalente Tiefe / Korrekturfaktor =
Ware Tiefe

Korrekturfaktor: 1bar / 0,9 bar = 1,1
Äquivalente Tiefe: 30m*1,1 = 33m

Dekostufen:

Dekostufe (Tabelle) / Korrekturfaktor =
Einzuhaltende Tiefe

Dekostufe: 3m / 1,1 = 2,7m
6m / 1,1 = 5,3m

Dekoberechnung mit der Bergseetabelle

- Dekotabellen gelten immer nur in einem bestimmten Bereich

„ normale „ Dekotabelle 2000: 0 m – 700 m

Bergseetabelle (Max Hahn): 700 m – 1500 m

Bühlmantabellen: 701 m – 2500 m

bzw. bei voller Anpassung: 2500 m – 4500 m [1]

Ablesen der Bergseetabelle äquivalent zur Normaltabelle

ACHTUNG:

**Das Flugverbot gilt auch, wenn nach dem Tauchgang nicht geflogen,
sondern ein Pass überquert werden soll!!!**

Gefahren beim Tauchen in Bergseen

- Erschöpfung, es sei denn man kann bis zum Ufer des Gewässers fahren
- Sonnenbrand und Sonnenstich: Haut und Kopfschutz, Sonnenbrille
- Kälte
- Wetterumschlag

Adequate Sicherheitsausrüstung:

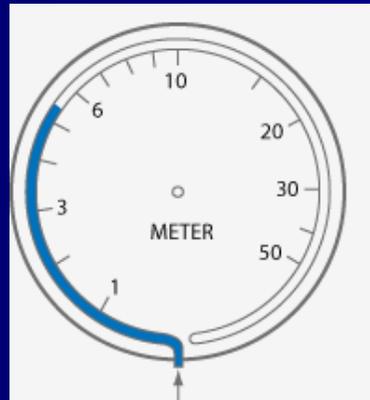
**Handy, Lampe, Feuerzeug, Signalpfeife,
etwas Essbares, Verbandszeug und Karte.
Bei Notfallplanung berücksichtigen, dass
der Hubschrauber nicht überall landen kann.**

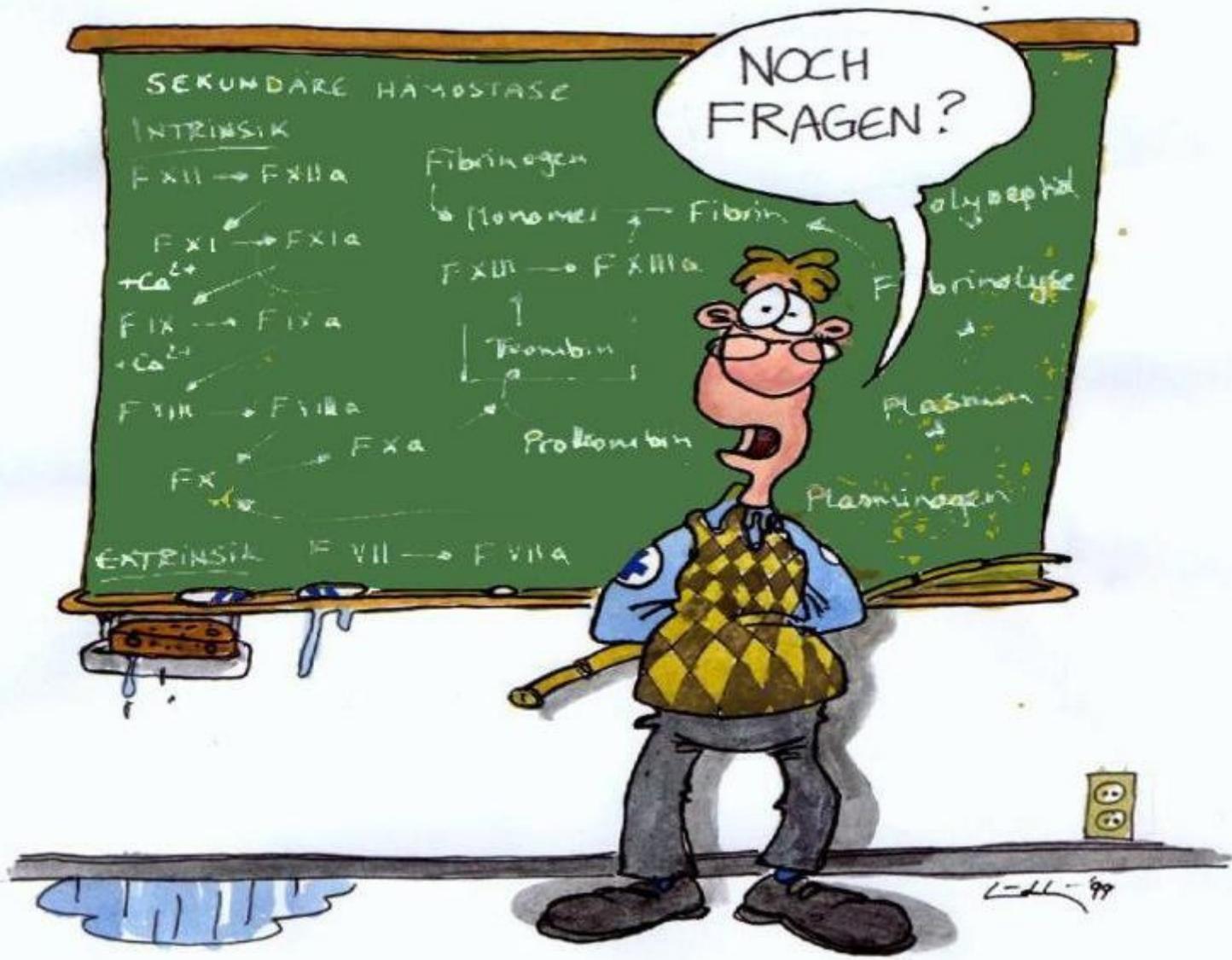
Persönliche und Ausrüstungsvoraussetzung

- Bei beschwerlichem Anmarsch eine entsprechende physische **Kondition**
 - Geringe Wassertemperatur verlangt guten Kälteschutz, am besten einen Trockentauchanzug
 - 2 separate absperrbare Ventile mit 2 kompletten (Kaltwassertauglichen) Atemreglern.
 - Spezielle Dekompressionstabellen bzw. Tiefenmesser
 - Umstellen des Tauchcomputers auf Bergseemodus
 - Bei mechanischen Tiefenmessern muss ein einstellbarer Nullpunkt vorhanden sein.
 - Boyle Mariottscher Tiefenmesser (offenes System, Kapillartiefenmesser) zeigt immer die rechnerische Tauchtiefe an!
- Beispiel: Tatsächliche Tiefe: 30 m
 Höhenlage der Tauchstelle: 850 m
 Rechnerische Tauchtiefe: 36 m

Der Boyle Mariot Tiefenmesser

Um die Skala herum ist ein Röhren, das auf einer Seite offen ist. An der Oberfläche befindet sich Luft in dem Röhren. Taucht man nun ab, wird durch den zunehmenden Druck Wasser in das Röhren gepresst und die Luft im Röhren zusammengedrückt. Die Kante zwischen Wasser und Luft kann man gut sehen. An ihr wird die Tiefe abgelesen. In 10 m Tiefe ist das Röhren zur Hälfte mit Wasser gefüllt, in 20 m Tiefe zu einem Drittel, usw..





SEKUNDÄRE HÄMOSTASE

INTRINSIK

F XII → FXIIa

F XI → FXIa

+Ca²⁺

F IX → FIXa

+Ca²⁺

F VIII → FVIIIa

F X → FXa

EXTRINSIK

F VII → FVIIa

Fibrinogen

Monomer

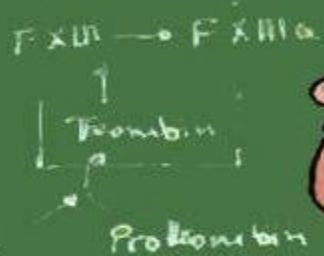
Fibrin

Polypeptid

Fibrinolyse

Plasmin

Plasminogen



NOCH FRAGEN?

L-11-99

1 Minute Pause



Copyright by Erwin Haigis
2007