

Bergseetauchen nach Bühlmann – was sonst?

Menschliche Gewebe werden durch den Blutstrom mit gelöster Atemluft geladen oder entladen, je nachdem ob der Druck der Atemluft größer oder kleiner ist, als der augenblickliche Gewebedruck. Wenn der Blutstrom im gleichen Zeitraum gleich viele Gasteilchen aus einem Gewebe fort trägt, wie er im Gewebe ablagert, ist der Gleichgewichtszustand der Sättigung eingetreten. Der Gewebedruck hat sich an den Umgebungsdruck angepasst. Wenn der Druck der Atemluft steigt oder fällt, weil der Taucher abtaucht oder zu einem Bergsee aufsteigt, beginnt auch der Gewebedruck zu steigen oder zu fallen. **Alle Gewebe nehmen zeitverzögert den messbaren (absoluten) Druck der Atemluft an.** Die Halbwertszeit eines Gewebes gibt an, wie lang es dauert, bis der augenblickliche Druckunterschied halbiert wird. Viele Tauchcomputer rechnen mit Halbwertszeiten von 5-640 Minuten. Es dauert 6 Perioden der Halbwertszeit, bis sich ein Gewebe an den veränderten Druck anpasst. Das „schnellste“ Gewebe braucht zur Anpassung $6 \times 5 \text{ min} = 30 \text{ min}$, das „langsamste“ $6 \times 640 \text{ min} \approx 3 \text{ Tage}$.

Tauchcomputer messen den **Umgebungsdruck** in kurzen zeitlichen Abständen und berechnen, **wie weit sich die einzelnen Gewebedrücke an diesen Druck angepasst haben.** Der Umgebungsdruck steigt mit der Tiefe um **0.1 bar pro Meter** und fällt mit der Seehöhe (in Höhenbereichen wo wir tauchen) um etwa **0.1 bar pro 1000 m**. 10 m tief in 2000 m Seehöhe herrscht somit ein Umgebungsdruck von $1 \text{ bar} + 0.8 \text{ bar} = 1.8 \text{ bar}$. Genaue Berechnungsunterlagen sind im Buch „Tauchmedizin“ von Bühlmann, Völlm, Nussberger ISBN 3-540-42979-4 angegeben. Wenn für das sog. „Leitgewebe“ ein **„symptomlos tolerierter Umgebungsdruck“** von 1.3 bar berechnet wurde, darf der Taucher im Meer bis 3 m Dekotiefe aufsteigen, in 2000 m Seehöhe nur bis 5 m Tiefe (ceiling), weil dort ein um 0.2 bar geringerer Luftdruck herrscht und der „tolerierter Umgebungsdruck“ 2 m tiefer auftritt.

Wenn ein Rettungstaucher auf Meeresebene wohnt und im Rettungshubschrauber theoretisch in 5000 m Seehöhe aufsteigt, ist nach Bühlmann die **Grenze der Belastbarkeit seiner langsamsten Gewebe erreicht**. An Tauchen ist gar nicht zu denken, weil es keine Nullzeit gibt und ein 5 min Tauchgang in 20 m Tiefe über 1 Stunde Dekompression erfordern würde. **Der Aufstieg zum Bergsee darf auf keinen Fall vernachlässigt werden.**

Der Umgebungsdruck nimmt sowohl beim Aufstieg im Wasser als auch beim Aufstieg in der Luft weitgehend linear ab. Berechnet man die Dekompression nach den oben angegebenen Unterlagen, so kann der veränderte Luftdruck am Bergsee durch einen **LINEAREN TIEFENZUSCHLAG** berücksichtigt werden,



der auch mit Nitrox anwendbar ist. Die Lufttiefe ist ja nichts anderes, als ein **linearer Tiefenzuschlag**. Die Seehöhe kann daher durch Anreicherung der Atemluft mit Sauerstoff exakt kompensiert werden.

Berechnet man nach Bühlmann die Nullzeiten für angepasste Gewebe in 1000 m Seehöhe, so ergeben sich **identische Nullzeiten, wenn man die Tiefe für einen Meerestau- gang um 5 % erhöht.** Wenn der Tauchplatz höher liegt als der Wohnort, reichen 5 % gewöhnlich nicht

aus, weil die Zeit zur Anpassung an den verminderten Druck zu kurz ist. Mit **10 % Zuschlag pro 1000 m Seehöhe** wird auch ein schneller Aufstieg zum Bergsee (für Einsatztaucher) mit eingeschlossen.

Wenn die Dekompression mit 10 % Tiefenzuschlag und einer **Null-Meter Bühlmann-tabelle** (Dekoplaner) geplant wird, erhält man Dekoprofile, die konservativer sind als jene der Originaltabelle 701-2500 m, welche ebenfalls den Aufstieg zum Bergsee berücksichtigt. Die Verlängerung der Dekompression ist jedoch zumutbar. 10, 20 oder 30 % können von 2 Tauchern gemeinsam ohne gefährlichen Rechenfehler „im Kopf“ zur Tiefe zugeschlagen werden.

Die „Zuschlagsmethode“ ermöglicht die Planung von Tauchgängen mit beliebigen Nitroxmischungen in beliebiger Seehöhe auf der Grundlage des Rechenmodells von Bühlmann. **Die Planung von Bergseetauchgängen bringt daher grundsätzlich auch mit der 0-700 Meter Tabelle übereinstimmende Ergebnisse.** Da man Planungsfehler nie ausschließen kann, muss der Tauchgang mit einem bergseetauglichen Computer durchgeführt werden.

Ein leicht überprüfbares Planungsbeispiel:

Tauchgang 33 m, 30 min; einstündiger Aufstieg mit dem Auto von 700 m in 2500 m Seehöhe. Die Planung erfolgt mit der 0-700 m Tabelle von Bühlmann. Höhendifferenz der Tabellen = $2500 \text{ m} - 700 \text{ m} = 1800 \text{ m}$ ergibt Tiefenzuschlag = 18 %
 $\text{Tiefe} + 18 \% = 33 \text{ m} + 6 \text{ m} = 39 \text{ m}$

Tauchgang 39 m, 30 min, Dekompression mit der 0-700 m Tabelle: Deko = $3 + 7 + 18 \text{ G} = 28 \text{ min}$. Die passende 701-2500 m Tabelle ergibt für 33 m, 30 min nur Deko = $1 + 3 + 6 + 14 \text{ G} = 24 \text{ min}$.

Die Dekompression beginnt in beiden Fällen in 9 m Tiefe. Die Dekompression mit der 2500 m Tabelle ist absichtlich etwas kürzer, weil die 3 m Stufe in 4 und 2 m aufgespalten wurde, um die Deko zu verkürzen.

Würde man die Bühlmann-tabelle für die Anwendung der „antiquierten Bergseeformel“ missbrauchen ergäbe sich $33 \text{ m} / 0.75 \approx 45 \text{ m}$ „fiktive Tiefe“ und die doppelte Dekozeit $3 + 6 + 10 + 27 \text{ G} = 46 \text{ min}$, aber so ein Unfug erscheint nicht gerade sinnvoll.