

Deep- Stopps / Pyle- Stopps

Richard Pyle ist Biologe. Er fing in Hawaii Fische für Aquarien in Tiefen weit jenseits von 100 Metern Tiefe. Nach den Tauchgängen verspürte er gelegentlich heftige Kopfschmerzen und Mattigkeit, also typische Anzeichen einer leichten Deko- Krankheit. Er analysierte die Tauchgänge, um herauszubekommen, wann die Probleme auftraten und wann nicht: wenig geschlafen, schlecht aufgelegt, wenig getrunken, harte Deko- Zeiten, ... nichts passte. Nur eine Gemeinsamkeit galt für alle Fälle: Immer wenn er ohne Beute nach Hause kam, hatte er Kopfschmerzen, hatte er dagegen einen Fisch gefangen, fühlte er sich anschließend wohl.

Der Unterschied zwischen den Tauchgängen war folgender: Um ein Bersten der Schwimmblase der Fische zu verhindern, mussten beim Auftauchen sehr früh, d.h. in großer Tiefe, Stopps eingelegt werden, um diese Schwimmblase zu punktieren. Diese Stopps mussten einige Male vor dem Erreichen der ersten Deko- Stufe wiederholt werden. Offensichtlich verbesserten die Stopps in großer Tiefe die Dekompression ganz entscheidend. Ähnliche Prozeduren wurden von den Muscheltauchern in Okinawa oder den Korallentauchern im Mittelmeer empirisch, das heißt nach schmerzhaften Erfahrungen, ermittelt. Gemeinsam ist allen Methoden ein mehr oder minder schneller Aufstieg auf mittlere Tiefen, dort eine gewisse Verweilzeit gefolgt von normalen Deko- Stopps und langsamen Aufstiegsgeschwindigkeiten. Sie konnten das Wasser problemlos verlassen, obwohl klassische Gewebemodelle katastrophale Folgen prophezeien würden. Pyle gab folgende Richtlinien (Tiefen in Fuß) an:

2-3 minutes at half the distance between your bottom and your first "required" deco stop - - on no-deco dives, this would be half the depth - - and 2-3 minutes at half the distance between that depth and the first deco stop.

(Old rule - outdated. On really deep bounce dives (where the distance between bottom and first deco stop is on the order of 150-200 feet), change it to 1/3 instead of 1/2., and make the third deep stop 7/2 the distance from the 2nd deep stop to the first deco stop.) Also, keep the ascent rate slow between stops no matter how deep you are.

Bottom is 220, first "required" stop is 40: hang out at 730 for 2-3 minutes

($220 - 40 = 180$, $780/2 = 90$; $220 - 90 = 730$), then hang out at 85 for 2-3 minutes ($1730 - 40 = 90$, $90/2 = 45$; $730 - 45 = 85$), then again at about 60 for 2-3 minutes ($85 - 40 = 45$, $45/2 = 23$; $85 - 23 = 60$), then go on out and finish your decompression schedule.

Also, note that in the last calculation, numbers were rounded. This is because decompression is NOT an exact science, nor should ad-hoc modifications to deco schedule be so precise. / always round my numbers to depths that are more or less comfortable to stop at (/ e., 60 feet instead of the more precise 62.5 feet).

(Old rule - outdated: If you're worried about the extra ongassing on the deep stops, then extend your 20 and 70-foot stops by 20%.)

If you're worried about the extra ongassing on the deep stops, then recalculate the schedule as a multi-level dive to include the extra time at depth.

If you're using a computer, then stay at least 20 feet deeper than the computer's ceiling, and don't ascend above 20 feet until the computer dears. / add another stop at 10 feet for several minutes, or / gradually ascent at 1 ft/min from 20 feet to the surface. This advice applies ONLY to deep bounce dives, where the distance between the bottom and the first deco stop is very large. / would recommend other things for different profiles.

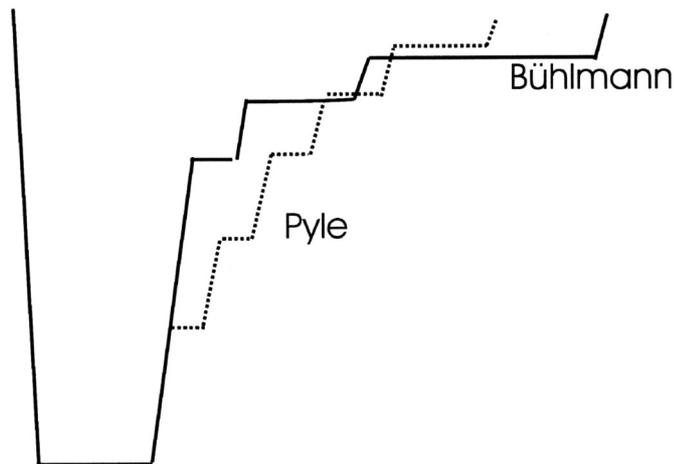
"If you get bent, don't sue me because it's your own damn fault for diving in the first place. if you don't get bent, send me monetary gifts for your appreciation. WHATEVER happens to you when you willingly go underwater is COMPLETELY and ENTIRELY your own responsibility. if you cannot accept this responsibility, stay out of the water!"

Aloha, Rich

Das Ganze in Kurzfassung: Der erste Pyle-Stopp sollte in der Mitte zwischen der Grundtiefe und dem ersten Deko-Stopp liegen, der zweite Pyle-Stopp sollte in der Mitte zwischen dem ersten Pyle-Stopp und dem ersten Deko-Stopp liegen. Wer will, kann auf diese Weise auch noch einen dritten Stopp einlegen. Die Tiefenwerte können gerundet werden. Stopps sollten 2-3 Minuten dauern und die Aufstiegsgeschwindigkeiten dazwischen müssen gering bleiben. Wer sich Sorge wegen zusätzlicher Aufsättigung während der Stopps macht, kann den Tauchgang als Multilevelprofil nachrechnen.

Die WKPP-Taucher legen ihren tiefsten Deep- Stopp im übrigen bereits bei 80% der Grundtiefe ein, also deutlich tiefer als der Vorschlag von Pyle. Die Tauchgänge sind allerdings auch vom Profil her anders, nicht kurz und extrem tief, sondern tief und extrem lang. Dies zeigt, welche Bedeutung diesem neuen Vorgehen beigemessen wird.

Sporttaucher, die nicht so extreme Profile tauchen, können auch folgende Regel befolgen: eine Minute Stopp 9m unterhalb des ersten Tabellenstopps, zwei Minuten Stopp 6 Meter darunter und drei Minuten Stopp 3 Meter darunter. Man kann dies als vorgezogenen Sicherheitsstopps betrachten.



Die Stufendekompression mit Deep- Stopps beginnt früher, erlaubt aber trotz weiterer Aufsättigung ein früheres Austauchen, da die Anzahl der Blasenkeime geringer ist.

Wie wirken Pyle- Stopps?

Ausgangslage:

- Beim Auftauchen bilden sich immer mikroskopisch kleine Gasbläschen.
- Durch die Druckreduzierung werden diese Blasen immer größer.

Bühlmann- Dekompression:

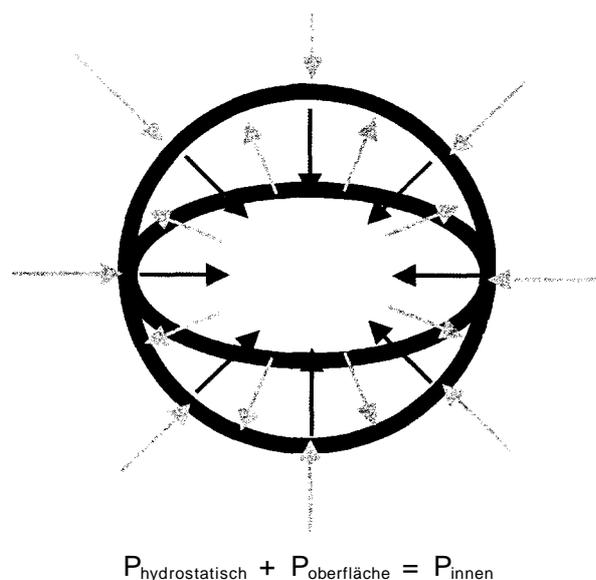
Man taucht so weit auf, dass die Bläschen in Anzahl und Größe gerade noch so gering sind, dass sie keine Symptome erzeugen. Während der Deko- Stopps werden Bläschen abgebaut und Gas ausgewaschen. Problem: Kleine Bläschen können im Zweifelsfall wachsen (Blasenkeim- Problematik) oder

feinste Kapillaren verstopfen (Auge, Gehirn), ohne dass der Taucher es merkt (außer evtl. Kopfschmerzen).

Spötter behaupten, dass die langen Dekozeiten auf den letzten Stufen die Strafe dafür sind, dass man zuvor etwas falsch gemacht hat.

Pyle- Dekompression:

Das Größerwerden von Bläschen wird nur gestoppt, wenn man die Druckreduzierung stoppt, d.h., wenn man isobar auf konstanter Tiefe bleibt. Während des Stopps wird Gas abgeatmet und die Konzentration im Blut verringert sich auf einen Wert, der geringer ist als der Wert zum Zeitpunkt der Blasenkeimbildung. Die Bläschen sammeln sich im Lungenfilter, also dem Ort, an dem beim Aufstieg der größte Gasgradient auswärts auftritt. Der Gasdruck im Bläschen ist ferner in Folge der Oberflächenspannung ($p - 1/r$) größer als der Umgebungsdruck. Dadurch löst sich gemäß Henry'schem Gesetz Gas aus der Blase im Blut und diffundiert von dort zur Lunge. Dies hat zur Folge, dass die Blase kleiner wird, wodurch der Drucküberschuss auf Grund der Oberflächenspannung weiter erhöht wird. Gas wird noch schneller ins Blut abgegeben, **bis sich die Blase aufgelöst hat**. Kommt man an der eigentlichen Deko- Stufe an, hat man deutlich weniger Micro- Bubbles im Blut, welche Probleme bereiten könnten - im Idealfall nur die kleinsten, die zwischen dem letzten Pyle- Stopp und der untersten Deko- Stufe entstanden sind.



Adaptive Modelle

Im Gegensatz zu Tabellen können sich Computer an die aktuelle

Tauchsituation anpassen. Sie messen Daten, die den Tauchgang charakterisieren und passen das Berechnungsmodell an die Situation an:

Messgröße	Messung	Einfluss
Kälte	Thermometer	Löslichkeit der Gase im Gewebe nimmt zu
JoJo- Tauchen	Anzahl Richtungswechsel	Mikro- Bubbles werden durch Lungenfilter gepresst
Arbeit unter Wasser	Luftverbrauch	Stärkere Gewebedurchblutung, schneller Sättigung
Aufstiegsgeschwindigkeiten	dP/dt	Bildung von Mikro- Bubbles nimmt zu
Multiday- NonLimit	Logbuch	Langzeitsättigung, Zunahme Rechts- Links- Shunt

Die in Computern einprogrammierten Algorithmen basieren meist auf einem Perfusionsmodell, wonach die Halbwertszeit eines Gewebes von dessen Durchblutung abhängt. Bei Arbeitsbelastung nimmt die Durchblutung einiger Gewebe (z.B. Muskeln) stark zu, wodurch sich deren Halbwertszeit verkürzt und die Gewebe schneller aufsättigen. Der Ansatz „doppelter Luftverbrauch - halbe Halbwertszeit und halbe Nullzeitgrenze“ stimmt jedoch nicht.

Der luftintegrierte Uwaterc- Aladin- Computer war wohl der erste Computer, der diese Faktoren in die Berechnung der Dekompression mit einbezogen hat. Auch wenn die Simulation von echten Blasenmodellen in einem Computer am Arm nicht möglich ist (zumindest **1999** noch nicht), so kann man vereinfachte Resultate von solchen Simulationen ebenfalls mit in die Software aufnehmen.