

## **Was verbirgt sich hinter 'Deep Stops' ?**

Nachfolgend möchte ich über 'Deep Stops' (oder auch 'Deep Safety Stops', 'Tiefenstopps', 'Tiefe Dekostopps') berichten, eine modifizierte Dekompressionstechnik, die ursprünglich aus dem Bereich des Technischen Tauchens stammt. Darunter versteht man zusätzliche Dekostopps auf deutlich tieferen als den üblichen Austauschstufen. Nach Ansicht vieler Fachleute kann die Anwendung von Tiefenstopps auch für Sporttaucher durchaus vorteilhaft sein.

**Zitat 1:** Kongressbericht über die 1. Europäische Konferenz über Überdruckmedizin in Lille, September 1994, Workshop Nr. 1 - Dekompressionserkrankung (DCS)

*'Nach wie vor erscheint die Ursache für die Dekompressionserkrankung undurchsichtig. Sicher ist, dass dafür isolierte Gasbläschen verantwortlich sind, welche ihren Ursprung in den Gefäßen, den Körpergeweben und -Flüssigkeiten haben. Sicher ist auch, dass es keine DCS ohne Bläschen gibt. Auch gibt es keinen sicheren Schutz davor, die beste Versicherung ist jedoch immer noch die für jede Situation adäquate Dekompression'*

*'Die tatsächliche Inzidenz der Dekompressionserkrankung ist wegen der hohen Dunkelziffer unbekannt'*

- Wegen der vielseitigen Symptomatik wird DCS als solche oft nicht erkannt, insbesondere bei leichten Symptomen. So ist das nach tieferen Tauchgängen häufig vorhandene Gefühl von starker Müdigkeit, Abgeschlagenheit oder Schwäche ('Dekompressionsstress') oft nicht alleine durch die körperliche Belastung während des Tauchgangs erklärbar. Es wird allgemein als durch stille Bläschen bzw. Mikrobläschen verursachtes leichtes DCS-Symptom interpretiert, aber als solches wegen seiner Unspezifität vom Betroffenen oft nicht erkannt.

**Zitat 2:** Dr. Alessandro Marroni, Präsident DAN Europe, in "Alert Diver" 3. Quartal 2003

*'Beim Tauchen ist der menschliche Körper verschiedenen Belastungen ausgesetzt. Eine große, und noch immer weitgehend unbewältigte Herausforderung ist die Vermeidung der Dekompressionskrankheit (DCS). Seit 150 Jahren wird versucht, DCS zu verstehen, vorherzusagen und zu vermeiden, aber trotz aller Anstrengungen bleibt sie eine geheimnisvolle und schwer zu fassende Erkrankung. Eines aber wissen wir - sie wird durch die Dekompression verursacht. Entsprechend muss die Lösung darin liegen, die Art und Weise des Dekomprimierens zu optimieren. Für das Sporttauchen - üblicherweise nicht dekompressionspflichtig, sondern innerhalb der Nullzeit - bedeutet das, dass wir die Art und Weise unseres Aufstiegs zur Oberfläche untersuchen und möglicherweise verändern müssen.'*

Beide Zitate zeigen – obwohl 10 Jahre dazwischen vergangen sind – dass das Thema Dekompression trotz vieler neuer Erkenntnisse bei weitem nicht abgeschlossen ist, sondern noch immer an der Optimierung der Dekompressionstechnik gearbeitet wird. Dies zeigt sich z. B. in immer weiter verfeinerten Programmen für die Dekompressionsberechnung durch Tauchcomputer (adaptive Modelle), aber auch in der Festschreibung zunehmend geringerer Aufstiegsgeschwindigkeiten bei der Überarbeitung von Dekompressionstabellen:

## Zulässige Aufstiegspeedigkeiten verschiedener Dekompressionstabellen

Tabelle / Autor	Jahr	V <sub>max</sub>	Bemerkungen
Ehm / Seemann	ca. 1965	20 m/min	bei Nullzeit-Tauchgang
G.E.R.S (französisch)	ca. 1970	17m/min	strikt einzuhalten
US Navy		18m/min	ursprünglich
US Navy		15m/min 10m/min	unterhalb 20m 20m bis 0m
Bühlmann/Hahn	ca. 1984	10m/min	unterhalb 25m auch schneller
Comex Pro	Mai 1992	12 m/min	
Deco 92 und Deco 2000	1992 / 2000	10m/min	oberhalb von 10m Tiefe 6m/min

Weitere Konzepte anderer Organisationen: Aufstieg mit 3 m/min oder Stopp alle 3 m beim Aufstieg.

Im Zusammenhang mit der Dekompressionslehre begegnen wir in jüngerer Zeit auch als Sporttaucher dem Begriff der "Tiefen Dekostopps" oder neudeutsch "Deep Stops" oder "Deep Safety Stops", welcher eine modifizierte Dekompressionstechnik beschreibt, die aus der zunächst noch empirischen Suche nach effektiverer Dekompressionstechnik resultiert und hauptsächlich im Bereich des Technischen Tauchens und des Höhlentauchens vor allen im US-amerikanischen Einflussbereich – wenn man entsprechenden Publikationen Glauben schenken darf – bereits erfolgreich praktiziert wird.

### Historie

Bereits aus Zeiten vor der systematischen Beschäftigung mit Tiefenstopps wird über Perlentaucher in Nordaustralien berichtet (Le Messurier und Hills), die regelmäßig Tauchgänge bis ca. 100 m Tiefe und 1 Stunde Dauer unternehmen, zweimal täglich, sechs Tage pro Woche, zehn Monate im Jahr. Aus ökonomischen Erwägungen wurde hier eine Verkürzung der herkömmlichen Dekompressionspläne angestrebt, und dies wurde mit recht gutem Erfolg angeblich durch 'Deep Stops' erreicht (...deeper decompression stops, but shorter times than required by Haldane theory). Die Behandlung von dann doch vereinzelt auftretenden DCS-Symptomen erfolgte durch nasse Rekompensation mit reiner Sauerstoffatmung in Tiefen bis 20 m (!!).

Über die ebenfalls aus wirtschaftlichen Gründen erforderliche Anwendung ähnlicher Dekompressionspraktiken bei tauchenden Fischern auf Hawaii berichten Farm und Hayashi: dort absolvieren Taucher acht bis zwölf Tauchgänge am Tag auf Tiefen bis 120 m (mit abnehmenden Tiefen der Wiederholungstauchgänge).

In beiden Fällen sind die Tauchgangs-Profile gekennzeichnet durch 'Deep Stops' und gegenüber konventioneller Dekompression verkürzten Gesamt-Dekozeiten.

Höhlentaucher, die bei der Erforschung und Kartographierung der Höhlen des Woodville Karst Plain Project (WKPP) in Florida mitarbeiteten (Eindringtiefen bis 19.000 ft., Tauchgänge teilweise ca. 95 m tief, 6 Stunden Dauer ohne Dekozeit) entwickelten nach dem 'trial-and-error' – Verfahren bei unzähligen Tauchgängen über mehrere Jahre empirisch modifizierte Dekoregeln, mit denen sie die Gesamtdekozeit von 20 Stunden nach dem konventionellen Haldane - Verfahren durch Einführung von Tiefenstopps auf 12 Stunden reduzieren konnten. Die so entwickelten Dekompressionspläne waren auch im Hinblick auf das Befinden der Taucher nach den Tauchgängen effektiver.

Auf der Suche nach Informationen über das Phänomen 'Tiefenstopps' trifft man insbesondere auf zwei Namen: **Richard L. Pyle** und **Bruce R. Wienke**, welche die Technik der 'Deep Stops' propagieren und darüber publizieren.

Richard L. Pyle ist Taucher, Meeresbiologe und Ichthyologe auf Hawaii. Nach unseren Maßstäben muss man ihn auf Grund seiner (Unfall)berichte als Hardcore -Taucher beschreiben. Er berichtet über unzählige Tauchgänge in Tiefen von 60 bis 75 m (oft mehrmals täglich), die er schon zu Zeiten unternahm, bevor der Begriff des 'technical diving' existierte – zur Beobachtung, aber teilweise auch, um Fische zu sammeln. Ziemlich häufig nach diesen Tauchgängen fühlte er sich wenigstens müde oder erschöpft, teilweise litt er an Muskelschmerzen. Da diese Symptome nach 70 m – Tauchgängen von einer Stunde Dauer viel intensiver waren als nach Tauchgängen von 4 bis 6 Stunden auf wesentlich geringere Tiefen, folgerte er, dass diese Symptome nach dem Tauchen weniger auf körperliche Belastung oder Auskühlung während des Tauchgangs zurückzuführen seien, als eher auf die Inertgasaufsättigung. Andererseits traten diese Symptome wiederum nur unregelmäßig auf: manches mal blieb er symptomfrei, ein anderes mal wiederum war er nach dem Tauchgang so müde, dass er es kaum schaffte, auf der Fahrt nach Hause wach zu bleiben. Auf der Suche nach einer einheitlichen Ursache konnte er allmählich weitgehend alle denkbaren Faktoren (Anstrengung, Wassertemperatur, Tauchgangs-Dauer, Gasmischung, verlängerte Dekozeiten, Schlaf in der Nacht vor dem Tauchgang, Dehydratation, Ernährung..) ausschließen – was schließlich blieb, war die Beobachtung, dass er stets nach Tauchgängen, bei denen er Fische fing, trotz der oft daraus resultierenden körperlichen Mehrbelastung praktisch symptomfrei blieb, während nach Tauchgängen, bei denen er keine Fische sammelte, die Symptome teilweise sehr stark waren (dabei berichtet er über eine Bandbreite, die von Müdigkeit über Gelenkschmerzen, einmal bis hin zur Querschnittslähmung reichten, -> <http://www.bishopmuseum.org/research/treks/palautz97/cmd.html>).

Worin lag jetzt aber der grundsätzliche Unterschied zwischen diesen Tauchgängen mit Fischfang und jenen ohne?

Es war ganz einfach so, dass Pyle die gefangenen Fische lebend zur Oberfläche bringen wollte. Und dazu war es erforderlich, dass er beim Aufstieg aus solch großen Tiefen einzelne Pausen einlegte, um mit einer Kanüle die luftgefüllte Schwimmblase der gesammelten Fische vom entstehenden Überdruck zu befreien, um zu verhindern, dass sie platzt und dadurch die Fische sterben. Diese Pausen waren *unbewusst ausgeführte Tiefenstopps*, die dazu führten, dass der Dekostress nach dem Tauchgang minimiert wurde bzw. gar nicht erst auftrat. Aus der Analyse dieses Tauchverhaltens und ausgeprägter praktischer Erprobung leitete Pyle empirisch eine leicht anzuwendende Regel für die Durchführung von Tiefenstopps ab (sog. Pyle-Stops), die später erläutert wird.

Bruce R. Wienke ist Programm-Manager am Los Alamos National Laboratory, Instructor Trainer / Tech Instructor beim US-amerikanischen Tauchlehrerverband NAUI, darüber hinaus arbeitet er in zahlreichen Gremien mit, die sich mit dem technischen Tauchen und der Dekompressionstheorie beschäftigen. Er hat bei der Entwicklung von Dekompressionsprogrammen mitgearbeitet, die in einigen Tauchcomputern des Marktes im Einsatz sind (Scubapro, Suunto) und entwickelte den RGBM – Algorithmus (Reduced Gradient Bubble Model). Alle seine Tätigkeiten hier im einzelnen aufzuzählen würde zu viel Raum beanspruchen (die

Aufstellung betrug eine  $\frac{3}{4}$ , klein gedruckte DIN A 4 – Seite), aber es lässt erkennen, dass es sich hier nicht um einen Pseudofachmann handelt.

Wienke nun setzt sich beim Betrachten der Wirkung von Tiefenstopps nicht mit der empirischen Erprobung auseinander, sondern stellt auf Basis der vorliegenden Berichte fest, dass Tiefenstopps offensichtlich funktionieren und sucht nach einer Erklärung.

## **Physik**

Die herkömmlichen Dekoregeln, die weitgehend auf den Erkenntnissen von Haldane (um 1908) beruhen, besagen: schnell raus aus der Tiefe zur tiefsten Dekostufe unter maximaler Ausnutzung der möglichen Übersättigungstoleranz des jeweiligen Leitgewebes => dadurch schnelle Entsättigung der Gewebe (Diffusionsgeschwindigkeit: abhängig vom Konzentrationsgefälle; hohes Konzentrationsgefälle => hohe Diffusionsgeschwindigkeit => schnelle Entsättigung). Dabei geht die Haldane'sche Theorie allerdings von der Annahme aus, dass alles Inertgas in gelöster Form vorliegt, dass das bis zum Abatmen auch so bleibt und Gasblasen erst dann entstehen, wenn die Übersättigungstoleranz eines Gewebes überschritten wird. In sofern erscheint die Regel 'raus aus der Tiefe' erst mal richtig und sinnvoll.

Allerdings wissen wir ja heute durch die verfeinerten diagnostischen Möglichkeiten der Doppler-Ultraschalluntersuchungstechnik, dass praktisch nach allen tiefen Tauchgängen Mikroblasen nachweisbar sind, die durch die Druckentlastung beim Austauchen entstehen. Diese vergrößern sich einerseits beim weiteren Aufstieg, andererseits können sie als Blasenkeime für die Entstehung größerer Blasen fungieren, ohne dass dabei Symptome von Dekostress oder Dekorkrankheit auftreten müssen. Dieser Sachverhalt ist in modernen Dekompressionsprogrammen zwar berücksichtigt, aber nicht derart, dass versucht wird, die Entstehung dieser Bläschen gänzlich zu vermeiden, sondern derart, dass ihre Entstehung in einem unkritischen (d.h. keine ernsthaften DCS-Symptome erzeugenden) Umfang akzeptiert und von einer durch diese Bläschen verursachten verlangsamten Entsättigung ausgegangen wird.

Schließlich ist es ja auch leicht vorstellbar, dass bei einem Aufstieg von z.B. 50 m Tauchtiefe zu einem Dekostopp in 6 m Tiefe – also über einen Bereich von 44 m (entsprechend einer Umgebungsdruckabnahme von 4,4 bar) innerhalb von 4,4 Minuten (Aufstieg mit 10 m/min) keine Zeit im Übermaß vorhanden ist, um die Gewebesättigung auch eines schnellen Gewebes auf unkritische Werte zu reduzieren, und so die Grenze seiner Übersättigungstoleranz annähernd erreicht wird. Eine derartige relativ rapide Druckentlastung führt nach heutigen Erkenntnissen zur Entstehung von Mikrobläschen. Und diese Mikroblasen können sich durch zu zahlreiches Auftreten bei der konventionellen Dekompression als fatal erweisen, da sie nämlich zu den oben angeführten Symptomen von 'Dekostress' oder mehr führen, weil ihre Elimination dem Haldane-Modell nicht folgt und folglich zur effektiven Ausgasung andere Verfahrensweisen notwendig sind.

Dazu eine kleine Exkursion zur *Physik der Gasblasen*:

Wir wissen bereits, dass die Auflösung von Gasblasen durch Erhöhung des Umgebungsdrucks begünstigt wird (Verkleinerung der Blasen nach Boyle-Mariotte, Löslichkeit von Gasen in Flüssigkeiten nach Henry).

Weiterhin besteht an der Grenzfläche Blase/Körpergewebe – ähnlich wie bei einer Seifenblase - eine Oberflächenspannung, welche in der Blase selbst einen Zusatzdruck  $\Delta p$  erzeugt, der sich zum Umgebungsdruck addiert und dadurch den Innendruck der Blase auf einen Wert über den vorherrschenden Umgebungsdruck vergrößert.

Dadurch wird die Auflösung der Blase unterstützt – und zwar um so effektiver, je größer dieser Innendruck ist. Für die Größe des durch die Oberflächenspannung zusätzlich entstehenden Druckanteils  $\Delta p$  gilt das Gesetz von Laplace, das besagt, dass  $\Delta p$  zum Radius des Bläschens umgekehrt proportional ist, dass also bei kleinen Bläschen ein größerer Innendruck vorliegt und sie sich daher besser auflösen als große:

Gesetz von Laplace:

$$\Delta p = \gamma \times 1/r_{\text{Blase}}$$

Innendruck der Gasblase:

$$p_{\text{Blase}} = p_{\text{Umgebung}} + \Delta p$$

$$p_{\text{Blase}} = p_{\text{Umgebung}} + (\gamma \times 1/r_{\text{Blase}})$$

Wir befinden uns nun also beim Aufstieg in einem Dilemma:

Einerseits müssen wir, um dem Haldane-Modell und den darauf aufbauenden Dekompressionsmodellen folgend die gelösten Gasanteile aus den Geweben auszugasen und nicht weiter aufzusättigen, mit der vorgegebenen Aufstiegsgeschwindigkeit in einen möglichst geringen, aber noch zulässigen Umgebungsdruck gelangen, also so weit auftauchen, wie es die Übersättigungstoleranz des aktuellen Leitgewebes zulässt.

Andererseits wollen wir beim Aufstieg entstehende Gasbläschen klein halten und möglichst gleich wieder auflösen, noch besser gar nicht erst entstehen lassen, müssen uns also weiterhin unter entsprechendem hohem Umgebungsdruck aufhalten, d. h., in einer Tiefe verweilen, die genügend Umgebungsdruck bewirkt, um Mikrobläschen klein zu halten und aufzulösen.

Ein Ausweg aus diesen konträren Forderungen scheint sich in der Einführung von 'Deep Stops' zu zeigen: Sie ermöglichen die partielle Inertgas-Elimination aus den schnelleren Geweben bereits in der Tiefe und vermindern oder verhindern dadurch die Bildung von Mikroblasen.

Wienke übersetzte nun diese sich widersprechenden Forderungen in mathematische Formeln und erarbeitete ein Dekompressionsmodell, welches das Vorkommen von Stickstoff in beiden Phasen berücksichtigt – nämlich sowohl als physikalisch gelöstes Gas als auch in Form von Gasbläschen. Dieses Modell baut auf einem Modell von Yount aus 1986 auf und liegt in seiner aktuellen Form als RGBM-Modell vor, nach dem z.B. neuere Mares Tauchcomputer arbeiten. Interessanterweise korrelieren die dadurch ermittelten Werte für Tiefenstopps grob mit denen, die Pyle empirisch ermittelt hat.

Neben den positiven Berichten über die Vorzüge der Tiefenstopps ist es mittlerweile auch gelungen, durch Doppler-Ultraschalluntersuchungen an einer großen Zahl von Sporttauchern nachzuweisen, dass Tiefenstopps die Mikroblasenbildung massiv reduzieren, oft sogar unterdrücken (DAN).

### **Die Praxis der Tiefenstopps**

Zur praktischen Ausführung von Tiefenstopps gibt es diverse Verfahren, deren Anwendung für den Sporttaucher mehr oder weniger praktikabel ist.

Dabei handelt es sich einerseits um Modifizierungen von bestehenden Dekompressionsalgorithmen, wie z.B.

**Tiefen-Stopps nach Gradientenfaktoren**, die dadurch errechnet werden, dass in einem PC - Dekompressionsprogramm die Übersättigungstoleranzen der einzelnen Kompartimente (die numerisch in so genannten M-Werten ausgedrückt werden) um einen bestimmten Faktor reduziert werden oder das

**Berechnungsmodell ZH-L 17 TS**, eine von deutschen Höhlentauchern eingeführte Erweiterung des bekannten Bühlmann - Rechenmodells ZH-L 16 um ein Kompartiment mit kurzer Halbsättigungszeit, aber besonders hoher Empfindlichkeit gegenüber einer Inertgasübersättigung, also geringer Übersättigungstoleranz, entsprechend einem niedrigen M-Wert.

Diese modifizierten Dekompressionsprogramme liefern gute Ergebnisse, haben aber den Nachteil, dass ein vorgesehener Tauchgang vorher am PC berechnet und der errechnete Tauchgangsverlauf dann später penibel eingehalten werden muss.

Für den Sporttaucher weitaus praktikabler sind die Verfahren zur Ermittlung der Tiefenstopps nach Pyle und die so genannten GVE-Stopps (Gas-Volume-Expansion).

**GVE-Stopps (Gas-Volume-Expansion-Stopps):** hier stellt man sich ein vom Taucher mitgeführtes, imaginäres Gasvolumen vor, das sich beim Aufstieg ausdehnt. Immer dann, wenn rechnerisch ein bestimmter Volumenzuwachs erreicht (z. B. 50 %) ist, wird ein Stopp eingelegt. Dieses Vorgehen bewirkt eine gewisse Anpassung der Aufstiegsgeschwindigkeit an die relative Druckänderung.

Beispiel: Tauchgang auf 50 m Tiefe, erster Dekostopp auf 9 m Tiefe, zulässige Volumenvergrößerung 50 %

Tiefe	Druck	V <sub>imagin</sub>	P <sub>Umgebung</sub> x V <sub>imagin</sub>
50 m	6 bar	1 l	6 barl
30 m	4 bar	1,5 l	6 barl
17 m	2,6667 bar	2,25 l	6 barl
8 m (entfällt)	1,7778 bar	3,375 l	6 barl

**Pyle Stops:** empirisch aus systematischer Analyse seines Tauchverhaltens und des Befindens nach dem jeweiligen Tauchgang erarbeitete Pyle eine einfache und vor allem einfach anzuwendende Regel:

- Ermitteln des tiefsten regulären Dekostopps (bzw. geplanten Sicherheits-Dekostopps) nach Tabelle oder Computer wie üblich.
- Erster Pyle-Stop = mittlere Tiefe zwischen der Tiefe zu Beginn des Aufstiegs und der tiefsten Dekostufe bzw. bei Nullzeit-Tauchgang der Tiefe des geplanten Sicherheits-Stopps, dort ca. 2 min anhalten.
- Kontrolle und ggfs. Neuberechnung des Austauschplans. Sofern die Distanz zwischen erstem Pyle-Stop und tiefster Dekostufe bzw. Sicherheitsstopp größer ist als 9 m: zweiter Pyle-Stop = mittlere Tiefe zwischen erstem Pyle-Stop und tiefster Dekostufe bzw. Sicherheitsstopp usw..

**Beispiel:**

- Maximaltiefe: 50 m - tiefster Dekostopp nach Tauchcomputer 9 m => 1. Pyle-Stop: (50 m + 9 m) : 2 = 29,5 m => 1. Pyle-Stop bei 30 m.

- Aufstieg auf 30 m - Stopp ca. 2 min: aktuelle Tiefe 30 m - Dekostopp nach Tauchcomputer 9 m => nächster Pyle-Stop:  $(30 \text{ m} + 9 \text{ m}) : 2 = 19,5 \text{ m}$  => 2. Pyle-Stop bei 20m.
- Aufstieg auf 20 m - Stopp ca. 2 min: aktuelle Tiefe 20 m - Dekostopp nach Tauchcomputer 9 m => nächster Pyle-Stop:  $(20 \text{ m} + 9 \text{ m}) : 2 = 14,5 \text{ m}$  => 3. Pyle-Stop bei 15 m.
- Aufstieg auf 15 m – Stopp ca. 2 min: aktuelle Tiefe 15 m - Dekostopp nach Tauchcomputer 9 m => kein weiterer Pyle-Stop, da Abstand zu tiefster Dekostufe kleiner ist als 9 m.

Zeitdauer der 'Deep Stops': die Empfehlungen schwanken zwischen 1 bis 2 Minuten (Wienke) und 2 bis 3 Minuten (Pyle); da zur einigermaßen wirksamen Inertgas-Abatmung das komplette Blutvolumen die Lunge wenigstens zweimal durchströmt haben sollte, erscheint 1 Minute allerdings zu kurz.

Der Aufstieg zwischen den 'Deep Stops' erfolgt mit den üblichen 10 m / min.

**Modernste Methode zur Durchführung von Tiefenstopps:** mittlerweile sind Tauchcomputer im Handel, welche Tiefenstopps berechnen (alle neuen Mares – Tauchcomputer, welche mit dem Mares - Wienke – RGBM - Algorithmus arbeiten.

Grundlegender Unterschied der Tiefenstopps nach Pyle bzw. Wienke:

Die Pyle-Regel baut auf den herkömmlichen Dekompressionsvorschriften auf und erweitert sie um Tiefenstopps. Dabei weist Pyle ausdrücklich darauf hin, dass durch den Aufenthalt auf den Tiefenstopps eine weitere Aufsättigung der langsameren Gewebe erfolgt, die eine Neukalkulation der Dekostufen erforderlich macht und evtl. eine Verlängerung der gesamten Dekozeit bewirkt.

Wienke dagegen bezieht sich bei seinen Ausführungen zu Tiefenstopps auf Darstellungen praktischer Anwender (Woodville Karst Plain Project), die nicht nur über eine Verminderung der Mikroblasenbildung, sondern auch eine zum Teil deutliche Verkürzung der gesamten Aufstiegszeit einschließlich Dekompressionszeit berichten. Dazu, ob er es wagt, eine solche Verkürzung in seinem kommerziell genutzten RGBM-Modell für eine so inhomogene Gruppe wie die Sporttaucher zu implementieren, kann ich allerdings derzeit keine Aussage machen.

### **Nach- und Vorteile von 'Deep Stops':**

Nachteile:

- Zusätzliche Berechnungen erforderlich.
- Weitere Aufsättigung vor allem der langsameren Gewebe während der Tiefenstopps, daraus resultierend
- evtl. längere Dekozeiten bzw.
- evtl. können als Nullzeit-Tauchgänge geplante Tauchgänge dekompressionspflichtig werden.
- Höherer Luftverbrauch

Vorteile:

- Sicherheitsgewinn durch geringere Mikroblasenbelastung.

Tendenziell bewirken tiefe Dekostopps in der Summe eine Verringerung der Aufstiegs-  
geschwindigkeit, eine Entwicklung, welche sich bereits auch schon über die Jahre bei den ver-  
schiedenen Generationen von Dekotabellen abzeichnet.

### **Fazit / Zusammenfassung**

'Deep Stops' stellen eine modifizierte Technik der Dekompression dar, welche die herkömm-  
lichen Dekompressionspläne um zusätzliche, nach bestimmten Regeln zu ermittelnde tiefe  
Stopps auf deutlich tieferen als den üblichen Austauschstufen erweitert.

Der Hauptvorteil von 'Deep Stops' liegt offensichtlich in einer aus ihrer Anwendung resultie-  
renden geringeren Belastung des Tauchers durch Mikrobläschen und reduziertem De-  
kostress, andererseits ist von einer weiteren Inertgasaufsättigung der langsameren Gewebe  
auszugehen.

Für den Sporttaucher sind sie nach der Regel von Richard L. Pyle einfach durchzuführen,  
mittlerweile auch durch entsprechende Tauchcomputer, deren Rechenmodell Deep Stops  
bereits ermittelt.

### **Quellenangaben:**

Aspacher, Bernd: *Enzyklopädie des Technischen Tauchens*

Aspacher, Bernd: *Mischgastauchen Regensburg, Interessantes: Pyle – Stopps*, Word-Do-  
kument per e-Mail

Baker, Erik C.: *Clearing up the Confusion about Deep Stops*, in Immersed – International  
Technical Diving Magazine, Vol. 3, No. 4 – Winter 1998

Hillen, Benjamin: *Tiefen-Stopps*, in Divemaster 2/2002, Nr. 38

Marroni, Alessandro: *Editorial*, in Alert Diver III Quarter 2003

Pyle, Richard L.: *The Importance of Deep Safety Stops: Rethinking Ascent Patterns From  
Decompression Dives*, in Cave Diving Group Newsletter, 121: 2-5.

Pyle, Richard L.: *Confessions of a Mortal Diver: Learning the Hard Way*, Internet-Download  
(<http://www.bishopmuseum.org/research/treks/palautz97/cmd.html>).

Wienke, Bruce R.: *Deep Stops*, Internet-Download ([http://www.gap-  
software.com/pdf/stopp.pdf](http://www.gap-software.com/pdf/stopp.pdf))