

# Tauchgangsplanung eines 50m Tauchgangs

Bericht: Urs Anliker, Walter Ciscato

In diesem Beitrag wird am Beispiel eines typischen Wracktauchgangs in Frankreich aufgezeigt, wie man neben dem üblichen Tauchgang nach Bühlmann-Tabelle mit kleinem Aufwand die Grundzeit erweitern und somit den Tauchgang länger geniessen kann.

Betrachtet wird ein Tauchgang mit einer geplanten Tiefe von 50m. Planungsstart ist eine Grundzeit von 12min. Ziel ist es die verschiedenen Aspekte der Tauchgangsplanung (Dekompressionsplan, Gaswahl und

Gasvorrat) zu beleuchten. Gestartet wird mit dem Standard-Wracktauchgang in Frankreich. Dieser wird nun weiter ausgebaut, bis die Geduld des Skippers bei einer Stunde Tauchzeit erschöpft ist.

Dieser Tauchgang könnte zum Beispiel an der Togo (Südfrankreich) stattfinden, dabei sollen die Aufbauten des Wracks und nicht der Sandgrund betrachtet werden. Der Divemaster gibt eine Grundzeit von 12min vor. Die folgende Tabelle gibt uns Informationen zum Dekompressionsplan:

## Informationen zum Dekompressionsplan

| Algorithmus Computer         | Bühlmann 1986 | Deko 2000 | VR3 | Galileo | V-Planner Sicherheit +2 | V-Planner (nominal) | GAP (0.3/0.8) | GAP (0.2/0.9) | GAP RGBM (nominal) |
|------------------------------|---------------|-----------|-----|---------|-------------------------|---------------------|---------------|---------------|--------------------|
| 30m                          |               |           | 2   |         | 1                       | 1                   |               |               |                    |
| 21m                          |               |           |     |         | 1                       | 1                   |               |               |                    |
| 18m                          |               |           | 2   |         | 1                       | 1                   | 1             | 1             | 1                  |
| 15m                          |               |           |     |         | 2                       | 2                   | 1             | 1             | 2                  |
| 12m                          |               |           |     |         | 3                       | 2                   | 1             | 1             | 1                  |
| 9m                           |               | 1         | 1   | 2       | 3                       | 3                   | 2             | 1             | 2                  |
| 6m                           | 3             | 3         | 4   | 4       | 6                       | 5                   | 4             | 3             | 4                  |
| 3m                           | 6             | 7         | 12  | 16      | 12                      | 10                  | 7             | 5             | 4                  |
| Tauchzeit                    | 26            | 28        | 39  | 40      | 43                      | 39                  | 31            | 27            | 30                 |
| Luftverbrauch (AMV 20lt/min) | 2290lt        |           |     |         | 2640lt                  | 2520lt              |               |               | 2240lt             |

**Die Frage nach dem korrekten Tauchgangsplan ist berechtigt. Die Antwort lautet : Alle!**

Wie gut oder wie schlecht der Körper auf einen Tauchgangsplan reagiert, zeigt sich nach dem Tauchgang. Fühlt man sich niedergeschlagen oder verspürt Symptome der Dekompressionskrankheit, war die Tauchgangsplanung nicht optimal. Die geplanten Dekompressionszeiten waren in diesem Beispiel nicht angepasst.

In den letzten Jahren haben sich Tendenzen gebildet, wie ein guter Tauchgangsplan aussehen sollte.

**Zu beachtende Punkte sind:**

- Die Distanz von der Tauchgangstiefe (mittlere Tiefe der letzten 5 Minuten) bis zum ersten Stopp ist im Bereich von 20m
- Ab dem ersten Stopp wird alle 3m ein Stopp eingelegt (kontinuierlicher Aufstieg)

Diese beiden Punkte werden weder von den Bühlmann basierten Tabellen noch von den Tauchcomputern (Galileo und VR3) erfüllt. Nach einem Aufstieg von 15m-20m beginnt die Entsättigung der schnellen Gewebe. Hält man die Aufstiegsgeschwindigkeit von 10m/min weiter ein, tritt eine Übersättigung der schnellen Gewebe auf. Diese Übersättigung kann 1bar und mehr betragen. Man geht heute davon aus, dass diese Übersättigung zu einer erhöhten Anzahl von Mikrogasblasen führt.

Wurde die Aufstiegsgeschwindigkeit reduziert, ist es ungeschickt diese wieder stark zu erhöhen, d.h. nicht alle

3m einen Stopp einzulegen. Durch die beschleunigte Reduktion des Umgebungsdruckes kann das Blasenwachstum erneut angeregt werden.

Diese Erfahrungen wurden vor allem bei Mischgas-Tauchgängen gesammelt. Über die Korrektheit der Übertragung auf Lufttauchgänge ist man sich nicht einig. Eine DAN Studie von 2004 hat eine Reduktion des Blasenauftretens beim Einsatz von zusätzlichen Deep Stopps (deutlich tiefere Stopps als das Bühlmann-Modell vorgibt) gezeigt. DAN hat Lufttauchgänge auf 25m (25 Minuten Grundzeit) mit zusätzlichen Sicherheitsstopps auf 15m und 6m und unterschiedlichen Aufstiegsgeschwindigkeiten untersucht. Studien, welche ein erhöhtes Risiko bei Deep Stopps aufzeigten verwendeten oft Stopps, welche nur um wenige Meter tiefer als die Bühlmann Stopps liegen und nicht Stopps welche 15m – 20m flacher als die maximale Tiefe sind. Studien dieser Art sind zum Beispiel von Christian Gutvik und Alf O. Brubakk (2007) veröffentlicht worden (Stopps 0m bis 6m tiefer als Bühlmann, längere Dekompressionszeit auf ersten Stufen dafür weniger auf der letzten 3m-Stufe).

Die Studie von Wayne Gerth und David Doolette (2007) liegt nahe an dem beschriebenen Vorgehen. Gerth und Doolette verglichen Lufttauchgängen mit einer Tiefe von 170 fsw (52m) und einer Grundzeit von 27 Minuten bei 115W Arbeit(!) auf Tiefe. Die Dekompressionspläne hatten bei 40fsw (12m), „WALI8 Thalmann Algorithm“ oder bei 70fsw (21m), „probabilistic BVM(3) bubble model“ den ersten

Stopp. Bei der Verwendung des ersten Plans trat eine DCS Rate von 1% und beim zweiten eine von 5% auf.

Die Studien sind auf Grund ihrer verschiedenen Tauchtiefen, Grundzeiten, Dekompressionsstrategien und Belastung auf der Tiefe nur schwer vergleichbar. Des Weiteren ist eine Übertragbarkeit auf die Beispieltauchgänge wegen der Randbedingungen zum Teil fraglich. Eine Studie, welche verschiedene Dekompressionsstrategien bei identischen, ans Sporttauchen angelehnten Randbedingungen vergleicht könnte hier Klarheit schaffen. Als Beispiel wird oben beschriebener Tauchgangsplan herangezogen.

Betrachtet man die Aufstiegszeiten von V-Planner und GAP stellt sich die Frage, welches die korrekte Tauchgangsdauer ist - 30 oder 40 Minuten. Diese Frage lässt sich nur durch einen Tauchgang beantworten. Das persönliche Gefühl wie Müdigkeit und/oder Mikroblasenaufkommen nach dem Tauchgang geben einen Hinweis über die Dekompressionsqualität. Das Mikroblasenaufkommen kann mittels einem Doppler-/Ultraschallgerät gemessen werden. Bei einer Erhöhung der Tauchgangsdauer und einem ähnlichem Verlauf der Druckreduktion geht man davon aus, dass weniger Mikroblasen auftreten. Bei einem geringen Blasenauftreten nimmt man an, dass ein tieferes Risiko bezüglich des Eintretens einer Dekompressionskrankheit besteht.

Der 50m-Tauchgang mit einer Grundzeit von 12 min wird typischerweise mit einer 15 Liter Flasche durchgeführt.

Der Luftverbrauch der Tabelle 1 (und allen weiteren) ist mit einem AMV von 20lt/min berechnet. Der Aufstieg von 50m bis zur Oberfläche benötigt nach obiger Tabelle in etwa 800-1200lt Luft. Während der Grundzeit werden ca. 1500lt (100 bar) veratmet. 2250lt entsprechen 150bar aus einer 15lt-Flasche. Für den Divemaster wird dieser Tauchgang noch im grünen Bereich sein. Wie sieht es aber im Fall eines kompletten Luftverlustes aus? Einer der Taucher eines Zweier-Teams hat keine Luft mehr? Doppel-10lt-Flasche (D10) oder Doppel-12lt-Flasche (D12) bieten einen erheblichen Sicherheitsgewinn, da beide Taucher an einem Gerät dieser Grösse bis zur Oberfläche auftauchen können – inkl. Einhaltung der geplanten Dekompressionsstopps. Bei der Verwendung einer 15lt-Flasche ist dies nicht mehr möglich.

Ziel ist es nun die Gesamttauchzeit bis auf eine Stunde auszudehnen. Nach V-Planner nominell ist dies bei einer Grundzeit von 17 Minuten erreicht. Die Grundzeit ist um 40% länger als der ursprüngliche Plan und der Luftverbrauch auf 3700lt gestiegen. D10 bietet nun nicht mehr die nötige Sicherheit, und bei einer D12 geht der Tauchgang sehr knapp aus.

**Wie kann die Gassicherheit erhöht werden?**

Man nehme einen zusätzlichen Luftvorrat mit, hier also eine Stage-Flasche. Die Möglichkeit eines grösseren Rückengerätes wird hier nicht betrachtet. Die Stage-Flasche kann natürlich mit einem anderen Gas als Luft befüllt werden. Die nächste Tabelle zeigt einen Überblick bei der Verwendung von Sauerstoff, EAN80 oder EAN50.

Die Dekompressionszeiten in diesem Beispiel sind nahezu unabhängig von der Gaswahl. Der Unterschied ist innerhalb einer Einstellung und desselben Tools im Bereich von 1 - 2 Minuten. Es kann Sauerstoff, EAN80 oder ein EAN50 verwendet werden, die Tauchzeit bleibt in etwa gleich. Unschön ist, dass GAP mit dem RGBM Algorithmus Sprünge nach dem Gaswechsel zulässt. Dies widerspricht dem Grundsatz eines kontinuierlichen Aufstieges.

Die Gaswechselstufe des EAN50 wurde künstlich auf 5 Minuten erhöht. Dies gibt dem Gas Zeit seine Wirkung zu entfalten, Übersättigungen werden abgebaut und das Sauerstoff-Fenster ist optimal geöffnet. Dieses „Fenster“ kann dazu führen, dass die totale Gasspannung im venösen Blutkreislauf tiefer als der Alveolen- / Umgebungsdruck ist. Es wird vermutet, dass ein Unterdruck bzw. eine Untersättigung zur Auflösung und Verhinderung von Mikroblasen führt.

Die Qualität der Sauerstoffdekompression könnte verbessert werden, wenn die gesamte Dekompressionszeit mit Sauerstoff auf 6m durchgeführt wird oder die Dauer des 6m- und des 3m-Stopps vertauscht wird. Durch den eingeführten Gaswechsel, ist der Unterschied zwischen den drei gewählten Programmen nur noch wenige Minuten (max. 5 Minuten im Vergleich zu 9 Minuten ohne Gaswechsel).

**Das EAN50 bietet zwei Vorteile:**

- Die Entsättigung der schnellen und mittleren Gewebe beginnt durch den

**i Tauchgangsplan 50m/17min mit Luft**

| Software                    | GAP (0.3/0.8)   |                 |                 | GAP RGBM (nominal) |                 |                 | V-Planner (nominal) |                 |                 | Luft  |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|-------|
| Dekom.-Gas                  | O2              | EAN80           | EAN50           | O2                 | EAN80           | EAN50           | O2                  | EAN80           | EAN50           |       |
| 24m                         |                 |                 |                 | 1                  | 1               | 1               | 1                   | 1               | 1               | 1     |
| 21m                         | 1               | 1               | 5               | 1                  | 1               | 5               | 1                   | 1               | 5               | 2     |
| 18m                         | 1               | 1               | 1               | 2                  | 1               |                 | 1                   | 1               | 1               | 2     |
| 15m                         | 2               | 2               | 1               | 2                  | 2               |                 | 3                   | 3               | 1               | 3     |
| 12m                         | 3               | 3               | 1               | 3                  | 4               |                 | 3                   | 3               | 1               | 3     |
| 9m                          | 4               | 3               | 1               | 4                  | 2               | 2               | 5                   | 3               | 2               | 5     |
| 6m                          | 4               | 3               | 4               | 2                  | 2               | 3               | 3                   | 3               | 4               | 8     |
| 3m                          | 6               | 6               | 8               | 4                  | 5               | 6               | 7                   | 8               | 9               | 17    |
| Tauchzeit                   | 40              | 39              | 41              | 39                 | 38              | 38              | 43                  | 42              | 43              | 60    |
| Luftverbrauch (AMV 20l/min) | 2840lt<br>260lt | 2690lt<br>370lt | 2330lt<br>850lt | 2920lt<br>185lt    | 2770lt<br>370lt | 2360lt<br>700lt | 2870lt<br>275lt     | 2675lt<br>410lt | 2290lt<br>900lt | 3670l |

**Die Stopps mit Dekompressionsgas sind blau hinterlegt.**

tieferen Inertgasanteil des Dekompressionsgases schon auf 21m.

- Bei einem Ausfall des Rückengases auf der Tiefe muss eine Distanz von „nur“ 30m ohne lange Dekompressionsstopps überwunden werden bis man auf eine unabhängige Gasversorgung wechseln kann.

Einziger Nachteil des EAN50 ist die hohe Gasmenge, welche mitgeführt werden muss. In obigem Beispiel zwei bis drei Mal mehr als bei Sauerstoff oder EAN80.

Welche Grösse der Stage-Flasche ist für obigen Tauchgang angemessen? Veratmet werden ca. 800lt Gas. Führt man das Dekompressionsgas nur für sich selbst mit, wäre eine 40cuf (5.5lt Volumen; 1100lt Gasvorrat) passend. Möchte man dem Tauchpartner bei

Problemen mit der Stage-Flasche aus-helfen (Wechselatmung) oder Verzö-gerungen kompensieren, muss auf die grössere 80cuf Stage-Flasche (11.1lt Volumen, 2220lt Gasvorrat) zurückge-griffen werden.

Betrachtet wird nochmals die Planung bei einer Grundzeit von 12min. Die Tauchgangsdauer ist im Vergleich zum Tauchcomputer und zur Planung mit V-Planner immer noch in etwa gleich lang. Der Divemaster kann also immer noch guten Mutes hinter dem Tauchgang stehen. Beim Ausfall des Dekompressionsgases müsste er 20 Minuten länger warten, dies ist aber eine Notfallbetrachtung. Er würde in so einem Fall sicher Verständnis zeigen.

Auch im Meer zeigt die Stickstoff-Nar-kose auf 50m ihre Auswirkungen. Wie

sieht der Tauchgangsplan aus, falls ein Tx21/35 (Trimixmischung mit 21% Sauerstoffanteil und 35% Heliumanteil) verwendet wird? Dies zeigt die nächste Tabelle. (links unten)

Es fällt auf dass die Tauchgangspläne fast identisch zum Tauchgang mit Luft sind. Interessant zu beobachten ist ebenfalls, dass V-Planner (VPM Blasenmodell) die Verwendung von Helium belohnt, d.h. die Tauchzeit wird leicht verkürzt (Einsparung von 3 bis 4 Minuten). Beim RGBM geht dies in die andere Richtung (5 Minuten längere Tauchzeit).

Als letzter Schritt wird nun noch eine Stunde Tauchzeit angestrebt. Dies erreicht man bei der Planung nach V-Planner (nominal) und GAP RGBM (nominal) bei 26min Grundzeit beziehungsweise nach 25min bei Kon-servatismus +2.

Der Gasverbrauch von 3300lt (Rü-ckengerät) und 1150lt (EAN50) zwingt zur Verwendung eines grösseren Gerätes, denn beim Ausfall des EAN50 Dekompressionsgases benötigt man 5670lt bis zur Oberfläche. Es muss also mindestens mit einem Doppel-15l Gerät getaucht werden, oder eine wei-tere Stage-Flasche mitgeführt werden. Die zusätzliche Verwendung von Sau-erstoff würde die Dekompressionszeit nur um 5 Minuten verkürzen.

Ist man in der Lage den Tauchgang mit einem AMV von 15lt/min durchzuziehen, sieht es mit einem Gasverbrauch von 2500lt (Tauchgang nach Plan) und 4250lt (Ausfall des EAN50) schon besser aus. Die D12 würde hier noch ausreichen.

Offen bleiben folgende Fragen: Kann man bei einem Notfall den Luftver-brauch bei 15lt/min halten, oder geht dieser bei Stress über die 20lt/min? Kann man bei einem Ausfall des EAN50 100 Minuten tauchen, oder zwingt einem die Harnblase oder an-dere Umstände (Gezeiten, Strömung oder Mittagessen) zu einem kürzeren Tauchgang?

Fazit: Durch das Mitführen einer Stage-Flasche mit einem Dekompres-sionsgas werden die Dekompressi-onszeiten deutlich verkürzt (bezie-hungsweise die Grundzeit erhöht), und die Gefahr eines lebensbedrohlichen Gasverlusts reduziert. Durch die Ver-wendung eines Tx21/35 anstelle von Luft konnte bei gleicher Ausrüstung und gleicher Tauchgangsdauer die Stickstoff-Narkose reduziert werden. Mit einem kleinen Aufwand haben wir mehr Grundzeit, mehr Sicherheit und mehr Spass.

**Disclaimer:**  
Die hier gezeigten Tauchgangspläne sind Beispiele. Bei veränderten Ein-gangsparametern (Meter über Meer, Ab- oder Aufstiegsgeschwindigkeit) werden sich die Dekompressionszeiten verändern.

**Eine hundertprozentige Sicherheit gibt es nicht! Es besteht immer ein minimales Risiko, dass Dekompressionsprobleme auftreten können.**

Die Durchführung von Tauchgängen dieser Art erfordert eine entsprechende Ausbildung und angemessene Erfah-rung. UA, WC

**Tauchgangsplan 50m/17min mit Tx21/35.**

| Software                             | GAP (0.3/0.8)   |                 |                 | GAP RGBM (nominal) |                 |                 | V-Planner (nominal) |                 |                 | Tx21/35 |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|-----------------|---------|
|                                      | O2              | EAN80           | EAN50           | O2                 | EAN80           | EAN50           | O2                  | EAN80           | EAN50           |         |
| <b>Dekom.-Gas</b>                    |                 |                 |                 |                    |                 |                 |                     |                 |                 |         |
| <b>27m</b>                           | 1               | 1               | 1               |                    |                 |                 |                     |                 |                 | 1       |
| <b>24m</b>                           | 1               | 1               | 1               | 1                  | 1               | 1               | 1                   | 1               | 1               | 1       |
| <b>21m</b>                           | 1               | 1               | 5               | 1                  | 1               | 5               | 1                   | 1               | 5               | 1       |
| <b>18m</b>                           | 1               | 1               | 0               | 2                  | 2               |                 | 1                   | 1               | 1               | 1       |
| <b>15m</b>                           | 1               | 1               | 1               | 2                  | 2               |                 | 2                   | 2               | 1               | 2       |
| <b>12m</b>                           | 3               | 3               | 1               | 4                  | 4               |                 | 2                   | 3               | 1               | 3       |
| <b>9m</b>                            | 4               | 3               | 1               | 5                  | 2               | 2               | 4                   | 2               | 1               | 5       |
| <b>6m</b>                            | 4               | 3               | 2               | 4                  | 4               | 4               | 4                   | 3               | 2               | 7       |
| <b>3m</b>                            | 7               | 7               | 9               | 5                  | 6               | 7               | 6                   | 6               | 8               | 17      |
| <b>Tauchzeit</b>                     | 42              | 40              | 41              | 45                 | 43              | 40              | 40                  | 39              | 39              | 57      |
| <b>Luftver-brauch (AMV 20 l/min)</b> | 2870lt<br>310lt | 2712lt<br>390lt | 2420lt<br>790lt | 3060lt<br>280lt    | 2880lt<br>370lt | 2360lt<br>750lt | 2730lt<br>280lt     | 2625lt<br>350lt | 2290lt<br>750lt | 3540lt  |

Die Stopps mit Dekompressionsgas sind blau hinterlegt.