

# Dekompressionsstrategien

## ***Sättigung/Entsättigung die Grundlagen***

### **Gesetz von Henry**

Gasteilchen lösen sich in einer Flüssigkeit in Abhängigkeit von Partialdruck (Tiefe, Anteil im Atemgas), Dauer (Grundzeit), Grösse der Oberfläche, Löslichkeit des Gases in der Flüssigkeit und Temperatur. Beim Tauchen sind der Partialdruck und die Dauer veränderbar.

### **Gas austausch durch Diffusion**

Das Partialdruckgefälle eines Gases zwischen zwei Orten ist die treibende Kraft der Diffusion. Die Diffusionsrichtung ist vom Ort des höheren Drucks zum Ort des geringeren Drucks. Die Diffusion findet bis zum Druckausgleich statt. Die Diffusionsgeschwindigkeit wird mittels Halbwertszeit angegeben. Innerhalb einer Halbwertszeit wird der Druckunterschied halbiert.

### **Durchblutung**

Die Atemgasbestandteile können nicht direkt aus der Umgebung in die einzelnen Gewebe diffundieren. Um unseren Körper mit dem benötigten Sauerstoff zu versorgen besitzen wir ein Transportsystem, den Blutkreislauf. Dieses System wird ebenfalls von den anderen Atemgasbestandteilen (Kohlendioxid, Stickstoff, Helium) genutzt. Bühlmann nimmt eine parallele Auf- und Entsättigung der Gewebe an, d.h. die Gewebe bzw. Kompartimente werden abhängig von ihrer Durchblutung aufgesättigt. Das Blut transportiert das Inertgas zu den Geweben und wieder zurück. Eine hohe Durchblutung ( $l/(kg \cdot min)$ ) schlägt sich in einer kurzen Halbwertszeit nieder, z.B. Gehirn, Nieren. Eine kleine Durchblutung führt zu langen Halbwertszeiten, z.B. Knochen. Ändert sich die Durchblutung, werden ebenfalls Halbwertszeiten und Übersättigungstoleranzen verändert, so lassen sich die Probleme durch Kälte, Anstrengung, Sauna und heisses Bad erklären.

### **Ent-/Aufsättigung**

Bei allen uns bekannten Modellen werden die Sättigungsvorgänge mittels Exponentialfunktionen (Halbwertszeiten) beschrieben. Die Unterschiede liegen bei der Berechnung der tolerierten Übersättigungstoleranz, diese wird im nächsten Kapitel beschrieben.

## ***Dekompressionsmodelle***

### **Haldane - Bühlmann**

Die physiologische Erklärung von Schreiner zu der von Haldane vorgestellten Theorie sagt aus, dass allein die Vaskularisation (Durchblutung) sich auf die Sättigungs- und Entsättigungsphänomene auswirkt. Der Ort der Gasdiffusion wird aufgrund des Kapillarenreichtums der entsprechenden Gewebe als unwesentlich angesehen. Dies führt zu folgenden Hypothesen:

- Beim Austritt des Atemgases aus der Lunge ist der Inertgaspartialdruck in der Alveolenluft und die Spannung (Partialdruck) dieses Gases im Arterienblut im Gleichgewicht.
- Beim Austritt des Blutes aus einem Kompartiment sind die Spannungen des gelösten Inertgases im Blut und im Kompartiment im Gleichgewicht.
- Das Gesetz der Inertgaslösung im Organismus unter dem Einfluss eines positiven Unterschieds zwischen seinem Partialdruck in der geatmeten Luft und seinem Druck im Gewebe ist dasselbe wie das Ausscheidungsgesetz dieses Gases unter dem Einfluss negativen Unterschieds.

Die Arbeiten von A.A. Bühlmann finden ihre Grundlagen bei verschiedenen Arbeiten in den 60er und 70er Jahren, namentlich von Workmann und Schreiner. Bühlmann verwendete 16 Kompartimente mit Halbwertszeiten zwischen 4 und 635 Minuten für Stickstoff. Die Heliumhalbwertszeiten sind 2.65x kürzer (Quadratwurzel des Verhältnis der beiden Molekulargewichte). Bühlmanns Hauptleistungen liegt in der empirischen Untersuchung von einigen hundert Tauchgängen. Bühlmann führte seine Untersuchungen ohne Doppler-Messungen durch. Aktuelle Untersuchungen bei DAN von E. Voellm zeigen, dass bei Tauchgänge nach den Bühlmann Tabellen nachweisbare Mikrobblasen entstehen. Von verschiedenen Autoren wurde Tabellen (z.B. Deco92, Deco2000) veröffentlicht, welche identische Grundlagen verwenden, aber unterschiedliche Koeffizienten (a und b) und Halbwertszeiten besitzen. Nach Bühlmann berechnet sich die Übersättigungstoleranz nach:

$$P_{amb\ tol} = (pt(te) - a)b$$

$p_{Amb\ (tol)}$	Tolerierter Umgebungsdruck	in bar
$pt\ (te)$	Inertgasdruck im Gewebe am Ende der Exposition	in bar
a	Koeffizient	in bar
b	Koeffizient	(-)

Auf Grund der tiefen Anforderung an benötigter Rechenleistung, wurde das „Bühlmann“-Modell in fast allen erhältlichen Computer implementiert. Dies geschah mit unterschiedlichen Koeffizienten und Halbwertszeiten, so dass die Verwandtschaft nicht immer erkennbar ist.

## Pyle Stopps

### Vorgehen:

1. Berechne das Tauchgangsprofil wie üblich (Tabelle, Computer).
2. Nimm die Distanz zwischen tiefsten nötigen Dekostopp (bzw. Sicherheitsstopp) und finde den Druck- oder Tiefenmittelpunkt, wobei letzterer einfacher zu berechnen ist. Dies ist nun der erste tiefe Sicherheitsstopp, er sollte so ca. 2-3 Minuten dauern.
3. Berechne das neue Tauchgangsprofil.
4. Ist die Distanz zwischen dem ersten tiefen Stop und dem verlangten Dekostopp (Sicherheitsstopp) grösser als 10m, füge einen weiteren Sicherheitsstopp beim Mittelpunkt vom verlangten Dekostopp und deinem ersten tiefen Stopp hinzu.
5. Wiederhole dies, bis der Abstand zum nächsten Stopp kleiner als 10m ist.

### **Auswirkungen:**

Durch den Halt von 2-3 Minuten werden die Bläschen schon im Anfangsstadium abgeatmet und die Übersättigung der schnellen Gewebe abgebaut bzw. limitiert. Da sich Bläschen in den Extremitäten befinden und eine kleine Verzögerung durch die Diffusion vom Gewebe ins Blut besteht, wird mehr als eine Blutumwälzung benötigt, bis alle Bläschen durch die Lungenkapillaren ausgefiltert worden sind.

Die Erfahrung zeigt, dass man sich nach Tauchgängen mit tiefen Sicherheitsstopps weniger müde fühlt. Ein ähnliches Verfahren ist im VR3 Tauchcomputer von Delta Technologies implementiert. Man geht heute davon aus, dass die Pyle-Stopps zu weit auseinander liegen, und dass Übersättigungen der schnellen Gewebe entstehen, welche zu Mikroblasen führen.

### **Gradient Factors (GF)**

Das Bühlmann-Modell erlaubt einen hohen Druckunterschied zwischen Umgebung und einem schnellen Kompartiment, d.h. die Koeffizienten a und b sind gross. Der Druckunterschied kann bei einem 40m Tauchgang 1.5 bar erreichen. Untersuchungen von Tauchgängen, welche am Ende der Nullzeitgrenze liegen, zeigen ein erhöhtes Aufkommen von Mikroblasen. Tauchgänge, welche eine höhere Stickstoffsättigung aufwiesen, aber einen langsamen Aufstieg (Dekompressionsstopps), zeigen eine Verringerung der Blasenbelastung. Bei 30m/16' mit direktem Aufstieg wurde ein Shunt von ca. 9% gemessen, bei 40m/25' ca. 4% und bei 24m/61' ca. 2' (Quelle: Sättigung/Entsättigung Manual CMAS.ch). Eine mögliche Erklärung ist der grosse Druckunterschied zwischen Gewebe- und Umgebungsdruck. Die Gradient-Factor-Methode reduziert den maximal tolerierten Druckgradienten (Unterschied) zwischen Gewebe und Umgebung.

Als Faustregel wird der erste Stopp 15m bis 20m höher als die maximal Tiefe eingelegt. Der *tiefste effektive Stopp* ist erreicht, falls die Gewebespannung bzw. Kompartimentssättigung gleichhoch wie der Umgebungsdruck ist („Off gassing starts“). Die langsamen Gewebe werden sich auf dieser Tiefe (Ausnahme Sättigungstauchgang) weiter aufsättigen und die flachen Stopps verlängern. Die Aufstiegsgeschwindigkeit sollte ab dem tiefsten effektiven Stopp deutlich reduziert werden.

Die ‚Gradient Factors‘-Methode kontrolliert den Druckunterschied zwischen Gewebe- und Umgebungsdruck während des gesamten Aufstiegs. Der ‚Low Factor‘ legt die Tiefe des ersten Stopps fest in Abhängigkeit der Tiefe (Umgebungsdruck) und der momentanen Gewebesättigung. Der ‚High Factor‘ bestimmt die Sicherheitsmarge im Vergleich zum Bühlmann am Ende der Dekompression. Mit ‚High‘ 1 erreicht man die von Bühlmann bestimmte tolerierte Übersättigung an der Oberfläche.

Ich habe gute Erfahrung gemacht mit GF 0.1/0.9.

### **VPM / RGBM**

In den Körpergeweben existieren Blasenkeime vor jedem Tauchgang. Diese entstehen durch den Unterdruck, welcher durch die Reibung des Blutstromes an den Blutadern erzeugt wird. Die Keime werden durch die Reduktion des Umgebungsdruckes und in die Keime hinein diffundierendes Gas zum Wachstum stimuliert. Die Blasen neigen zu einem starken Wachstum, wenn das umgebene Gewebe stark aufgesättigt ist. Dies tritt bei langen, tiefen

und/oder Wiederholungstauchgängen auf. Es ist nun möglich Dekompressionsstrategien zu entwickeln, die die Bildung und das Wachstum von Blasen minimieren, sogenannte Blasenmodelle. Die Dekompressionsstopps von Blasenmodellen starten deutlich tiefer als die Stopps der Bühlmann-Tabelle. Dies reduziert den Inertgaspartialdruckunterschied zwischen Gewebe und Umgebungsdruck (bzw. Inertgaspartialdruck im Blut).

### **VPM - Varying Permeability Model**

Das VPM - Varying Permeability Model - entwickelt von Yount et al., berücksichtigt gelöstes Gas und Blasenmechanismen. Es postuliert die Existenz von Blasenkeimen, die so klein sind, dass sie in Lösung bleiben – nicht ausgeschwemmt werden – aber stark genug um nicht aufgelöst zu werden. Die Bläschen werden durch die Oberflächenspannung und den Umgebungsdruck zusammengepresst, nach aussen wirkt der Blaseninnendruck. Die Oberfläche der Blase ist gasdurchlässig, d.h. Gas kann durch Diffusion von innen nach aussen gelangen und von aussen nach innen. Die Modellierung der Inertgasaufnahme ist identisch mit dem Bühlmann-Modell (Exponentialfunktionen). Der Aufstieg wird bei Bühlmann durch die Übersättigung eines Kompartimentes limitiert. VPM limitiert das totale Blasenvolumen. Der Aufstieg wird durch den Druckunterschied zwischen Gewebe und Umgebung bestimmt. Berechnungen von Yount ergeben für einen Tauchgang auf 30m mit einer Grundzeit von 40 Minuten eine Aufstiegszeit von 12 Minuten, dabei entstanden im Durchschnitt 0.42 Blasen pro Experiment. Nach der Navy-Tabelle ergibt sich eine Aufstiegszeit von 17 Minuten und 12.9 Blasen pro Experiment.

Ich verwende persönlich einen Konservatismus von +2 bei V-Planner.

### **RGBM – Reduced Gradient Bubble Model**

RGBM – Reduced Gradient Bubble Model – wurde von B.R. Wienke entwickelt, dabei wird das kritische Blasenvolumen auf Wiederholungstauchgänge erweitert. Um nicht jeden Tauchgang von den vorhergehenden und nachfolgenden Tauchgängen abhängig zu machen, schlug Wienke vor, den Gradienten G zu reduzieren. Dies führte zum Namen des Modells – Reduced Gradient. Dabei ist die Reduktion des Gradienten von verschiedenen Faktoren abhängig:

- Entstehung von neuen Blasenkeimen, Grössenordnung von Tagen
- Verhältnis der Tauchtiefe, dies ist eins so lange der nachfolgende Tauchgang flacher ist. Kleiner als eins, sobald der zweite Tauchgang tiefer geht als der vorangehende.
- Blasenwachstum durch Repetivtauchgänge, Grössenordnung von Stunden

Die Resultate von RGBM sind vergleichbar mit VPM, obwohl B.R. Wienke behauptet, dass zwischen den Modellen keine Verwandtschaft besteht.

## Vergleich verschiedener Dekompressionsstrategien

	40m/40'	Tx21/35	Tx50/25	O2					
Tiefe	V-planner +2	Pyle (zPlan)	GF(GAP) 0.1/0.9	MF GF	XS (Pyle)	XS (GF)	XS (MF GF)	Ratio	
	EAN für Deko								
30									1
27		1	1	1	1	1	1	1	1
24			1	1			1	1	1
21	5	1	1	5		1	5	5	5
18	1		1	1	1	1	1	3	3
15	2	1	2	1		1	1	3	3
12	3		4	3		2	1	3	3
9	4	1	5	3	6	7	5	3	3
6	16	26	17	17	19	22	23	9	9
Deko	31	30	32	32	27	36	38	29	

Welches ist das richtige Profil? Für jeden Algorithmus ist sein Profil korrekt. Der Taucher muss selbst entscheiden, welches Profil für ihn funktioniert. Dies kann nur mit Tests ermittelt werden. V-Planner gibt 30m als tiefster effektiven Stopp an. Die Dekompressionszeit ist für alle Algorithmen im Bereich von 30 Minuten. Die Verteilung der einzelnen Stopps fällt unterschiedlich aus. Ratio-Deko nach GUE ergibt die kürzeste Sauerstoffdekompressionszeit (in etwa die Hälfte der Software-Programme) und startet am tiefsten mit den Stopps.

	60m/30'	Tx18/45	Tx50/25	O2					
Tiefe	V-planner +2	Pyle (zPlan)	GF(GAP) 0.1/0.9	MF GF	XS (Pyle)	XS (GF)	XS (MF GF)		
	EAN für Deko								
42				1	1		1	1	1
39	1	1		1	1	1	1	1	1
36	1			1	1		1	1	1
33	1			1	1		1	1	1
30	2			1	1	1	1	1	1
27	2	1		2	2		1	1	1
24	3	1		3	3		1	1	1
21	10			2	10	1	2	10	10
18	2			4	2	2	3	1	1
15	3			4	3	4	5	1	1
12	5	7		6	4	5	6	5	5
9	6	7		10	7	8	10	10	10
6	25	26		28	28	26	32	32	32
Deko	61	43		64	64	48	65	66	

Beim zweiten Beispieltauchgang (60m/30') liegt der tiefste effektive Stopp auf 46m, dies entspricht 80% des Druckes der maximalen Tiefe bzw. 14m flacher als die Maximaltiefe.

## ***Dekompressionsgrundregeln***

Unabhängig von der verwendeten Software bzw. Dekompressionsmodell haben sich in den letzten Jahren folgende Grundsätze „durchgesetzt“:

- **Dehydration** ist einer der wichtigsten Auslöser der Dekompressionskrankheit. Ist der Körper dehydriert, nimmt das Blutvolumen ab und das Blut wird zähflüssiger. Im Blutkreislauf zeigt sich eine Verlangsamung der Zirkulation und somit eine Verringerung des Inertgasabtransportes. Ein verlangsamter Intertagsabtransport erhöht das Risiko eines Dekompressionszwischenfalles deutlich. Um eine Dehydration zu verhindern, muss vor dem Tauchgang kontinuierlich Flüssigkeit zu geführt werden. Ist der Urin klar besteht die Chance, dass der Körper genügend Flüssigkeit aufgenommen hat. Wird ein Liter Flüssigkeit in wenigen Minuten aufgenommen, ist der Urin ebenfalls klar. Der Körper konnte die Flüssigkeitsmenge nicht aufnehmen. Die Flüssigkeitsaufnahme muss mehrere Stunden vor dem Tauchgang beginnen. Idealerweise schon am Abend vor dem Tauchgang. Alkohol (auch am Abend vorher) und koffeinhaltige Getränke entziehen dem Körper Flüssigkeit, dies sollte vermieden werden.
- **Anstrengung** vor und nach dem Tauchgang sollten vermieden werden. Ein Verweilen im Wasser nach dem Tauchgang von 10 bis 15 Minuten reduziert das Blasenauftreten deutlich. Es wurde von Dekompressionsunfällen berichtet, welche auf Grund einer Anstrengung nach dem Tauchgang entstanden sind. Zum Beispiel Stages aus dem Wasser tragen, Abhang hinauf klettern.
- Ein gesundes Kreislaufsystem bzw. gute **Fitness** stellt die Grundlage für eine optimale Entsättigung dar; der Körper wird bestmöglich durchblutet und der Körper besitzt Leistungsreserven um in kritischen Situationen zu reagieren. Ein gut trainierter Körper kann ebenfalls die Belastung durch Kälte, Körperspannung und Konzentration besser verkraften als ein ‚Coach-Potato‘. Ebenfalls stellt das Bewegen der Ausrüstung an Land Anforderungen an Kraft und Ausdauer. Der Einstieg ist nicht immer direkt neben dem Parkplatz. Unter Wasser kann Strömung auftreten, gut wenn man auf diese reagieren kann.
- Der **Sauerstoffpartialdruck** wird im Grundgemisch tief gehalten, als Daumenregel, sollte die CNS% O<sub>2</sub> Belastung bis 21m deutlich unter 50% liegen.
- Bei den tiefen Dekompressionsgasen (tiefer als 21m) wird der maximale Sauerstoffpartialdruck von 1.6bar nicht ausgeschöpft, da die Einsparung bezüglich Dekompressionsdauer klein und eine Sauerstoffvergiftung auf der Tiefe lebensgefährlich ist. Ein Partialdruck von 1.4bar hat sich als geeignet erwiesen. Idealerweise liegt der Partialdruck des Dekompressionsgases zwischen 0.8bar und 1.6bar bzw. 1.4bar.
- **Sauerstoff** ist das ideale Dekompressionsgas. Sauerstoff bietet das optimale Sauerstoff-Fenster (Untersättigung im venösen Blutkreislauf). Die schnellste Entsättigung wird erreicht, da kein Inertgas die Entsättigung behindert. Aus folgenden Gründen wird kein 80/20 verwendet:

- Reduzierter Inertgasgradient bei der Verwendung von 80/20
- Die negativen Effekte des aggressiven Sauerstoffes auf die Lunge (Anschwellen der Alveolen → Verlängerte Diffusionsstrecke) können erfolgreich mit Breaks entgegen gewirkt werden. Die Zeit während der Sauerstoff geatmet wird, darf nur so lange sein wie sich die Lunge „schnell“ wieder erholen kann. Typischerweise wird diese Zeit zwischen 10 – 15 Minuten angesetzt. Für eine effektive Erholung der Lunge muss das Break-Gas einen Sauerstoffpartialdruck von unter 0.5bar aufweisen. Dies ist normalerweise nur beim Grundgemisch der Fall. Die Zeit auf dem Breakgas liegt um 5'. In dieser Zeit findet keine wesentliche weitere Aufsättigung statt. Da alle Gewebe über den Blutkreislauf mit der Lunge verbunden sind, wird in den 5 Minuten auf dem Break-Gas das Inertgas weiter zu den Kapillaren hin diffundieren (nach 10 bis 15 Minuten erwartet man kein Inertgas mehr im Gewebe direkt um die Kapillaren - die Speicher sind geleert). Wechselt man zurück auf den Sauerstoff sind die „Speicher“ (Gewebe bei den Kapillaren) wieder gefüllt und Inertgas kann abtransportiert werden (Push-Pull-Effekt).
- Reduziertes Sauerstoff-Fenster bei 80/20.
- Probleme bei der Herstellung von 80/20.
- Vor dem Wechsel auf ein Gas mit einem hohen Sauerstoffpartialdruck wird ein Break durchgeführt, um der Lunge Zeit zur Erholung zu geben. Zum Beispiel werden die letzten 5 Minuten auf 9m mit einem Sauerstoffpartialdruck von 0.5bar oder weniger durchgeführt.
- Die Zeit auf der **Gaswechselstufe** sollte mindestens 5 Minuten betragen. Idealerweise ist die Wechselstufe der längste Stopp mit diesem Gas. Wird die Zeit länger als 15 Minuten muss man sich Gedanken bezüglich Breaks machen. Der Körper benötigt eine gewisse Zeit, bis das neue Gas zu wirken beginnt, ebenfalls will man das Sauerstoff-Fenster optimieren. Durch den hohen Sauerstoffpartialdruck entsteht eine „grosse“ Untersättigung im Venösen Blutkreislauf und Inertgas kann optimal abtransportiert werden (= Sauerstoff-Fenster).
- Der **Helium-Anteil** sollte im Grundgemisch hoch sein, eine EAD von 30m und weniger wird angestrebt. Die Reduktion des Tiefenrauschs ist ein Faktor; ebenfalls möchte man den Atemwiderstand reduzieren und möglichst wenig Stickstoff aufnehmen. Explorations-Tauchgänge haben gezeigt, dass Helium deutlich besser entsättigt und den Körper weniger belastet. Man geht heute davon aus, dass der Stickstoff eine Immunreaktion auslöst. Durch die kleinere Molekülmasse des Heliums, werden höhere Diffusionsgeschwindigkeiten beobachtet, d.h. Helium entsättigt schneller und Heliumblasen werden schneller aufgelöst als Stickstoffblasen.
- Jedes Inertgas sollte einen **Gradienten** aufweisen, d.h. alle Gase entsättigen sich während des gesamten Aufstieges. Dies führt dazu, dass man Helium ins Dekompressionsgemisch beifügt. Eine Variante dies zu realisieren ist den Stickstoffanteil in allen Gemischen konstant zu halten. Zum Beispiel wird bei einem Bottom-Mix von 15/55, ein

Tx50/20 als Dekompressionsgas eingesetzt. Subjektiv wird bei Tauchgängen mit Helium im Dekompressionsgas eine bessere Dekompressionsqualität empfunden, d.h. zum Beispiel kleinere Müdigkeit.

- **Anatomische Besonderheiten** (z.B. PFO) können die Effektivität der Entsättigung stark beeinflussen. Werden die Tiefenstopps korrekt durchgeführt, sollten bis zum Ende des Tauchgangs keine Mikroblasen entstehen, wenn doch müssen diese über die Lunge abgeatmet werden. Um die Effektivität der Dekompression zu erhöhen, erlaubt man auf den höheren Stopps Mikroblasen, z.B. wird der 9m Stopp eher kurz gehalten. Die Mikroblasen werden sich dann auf 6m (mit Sauerstoff) wieder auflösen. Der Aufstieg von 6m zur Oberfläche führt ebenfalls zu Mikroblasen, nachdem Tauchgang nachweisbar mittels Dopplermessung. Um die Blasenanzahl klein zu halten sollte der **Aufstieg mit max. 1m/min** durchgeführt werden, d.h. 1m hoch und warten bis die Minutenanzeige des Tiefenmeters wechselt. Bestehen anatomische Besonderheiten, die eine Verbindung zwischen venösem und arteriellem Körperkreislauf führen, wird der Lungenfilter ausgeschaltet und Mikroblasen können in den arteriellen Körperkreislauf gelangen, welche dann lebensgefährliche Schäden anrichten können (Lähmung, Ausfall von Sinnesorganen). Die identischen Effekte werden beobachtet, wenn der Lungenfilter blockiert ist, d.h. zu viele Mikroblasen zur Lunge gelangen (Dekompressionsstufen nicht eingehalten) oder die Lunge vorgeschädigt ist (z.B. durch Rauchen, hohe Sauerstoffpartialdrücke während der Grundzeit und/oder ersten Phase der Dekompression).
- Die ideale **Wasserlage** während der Dekompression (und des Tauchgangs) ist die horizontale. Der Druckunterschied innerhalb der Lunge ist minimal, und somit ist die Belüftung der Lunge optimiert. Eine gute Belüftung der Lunge ist für die Entsättigung wichtig.



## **Anhang: Tauchen mit VR3**

Der VR3 von Delta Technologies erfreut sich seit längerem grosser Beliebtheit bei Tauchern – insbesondere wenn man mit mehreren Gemischen ins Wasser steigt. Dieser Tauchcomputer kann bis zu 10 verschiedene Gemische (Luft, Sauerstoff, Nitrox und Trimix) in die Dekompressionsberechnung miteinbeziehen. Bei diesem Hilfsmittel zur Dekompressionsberechnung trifft man auf zwei Lager: die *Fans*, die dem Computer zu 100% vertrauen und die „Hasser“ bzw. Skeptiker, welche den Computer für gefährlich halten. Für mich ist der VR3 ein interessantes Hilfsmittel. Gasauswahl, Gasmanagement muss wie bei der Berechnung von Tabellen durchgeführt werden. Den Ausfall des Tauchcomputers sollte kein Problem darstellen. Die Tauchgangsplanung ist somit dieselbe, wie wenn kein Tauchcomputer zur Verfügung stehen würde. So könnte man auch gleich nach Tabelle tauchen ☺

Ich setzte den VR3 als „Real-Time-Feedback“ für meine Tauchgänge ein. Nach dem heutigen Verständnis der Sättigung/Entsättigung, liefert der VR3 veraltete und z.T. gefährliche Profile. Wie schon Taucher schmerzhaft erfahren mussten.

Profile die ich ohne Probleme überstehe, sehen wie folgt aus, d.h. es ist gut möglich das andere Taucher damit DCS Probleme haben werden. Einstellung des VR3 ist 0% Sicherheit und 3m als letzter Stopp.

Ab dem ersten Tiefenstopp wird die Aufstiegs geschwindigkeit auf 3m/min reduziert (alle 3m wechselt die Minuten-Anzeige), dies ist typischerweise 15m-20m höher als die maximale Tiefe. Ab dem zweiten Tiefenstopp (oder etwas später) wird die Aufstiegs geschwindigkeit auf 2min/3m reduziert, dies ist erneut 15m-20m höher als die maximale Tiefe. Der 27m- und 24m-Stopp dauern 3 bis 5 Minuten in Abhängigkeit von der Grundzeit. Der 21m-Stopp (Gaswechsel auf ein Tx50/20) dauert mindestens 5 Minuten falls der 9m Stopp kürzer als 8 Minuten ist (VR3), 10 Minuten falls 9m Stopp kürzer 15 Minuten, sonst 15 Minuten. Danach mit 3 bis 5 Minuten pro 3m hoch. Keine der Dekompressionsstufen überspringen (d.h. alle 3m einen Stopp einlegen), obwohl dies der VR3 erlauben würde. Den 9m-Stopp beende ich nach Ceiling vom VR3, d.h. ich tauche nach 10 bis 15 Minuten bis zur Ceiling hoch und folge dieser. Den VR3 wird auf 7m auf Sauerstoff umgestellt. Auf 6m findet der reale Gaswechsel statt. Die Sauerstoffstufe auf 6m dauert ca. 5-10 Minuten länger als die vom VR3 vorgegebene Stufe auf 6m, danach mit einer Aufstiegs geschwindigkeit zwischen 0.5m und 1m/min hoch bis zur Ceiling. Der VR3 wird sich nach ca. 2' auf 1.5m oder flacher ausschalten und so kann der Tauchgang ohne ‚Use Table‘ beendet werden.

Diese Dekompressionskurve könnte man auch ohne VR3 im Kopf zusammenstellen ☺ Spätestens nachdem man ein paar Mal ähnliche Profile getaucht ist. Der Computer bestätigt somit nur noch, ob mein Dekompressionsplan auf dem richtigen Weg ist.