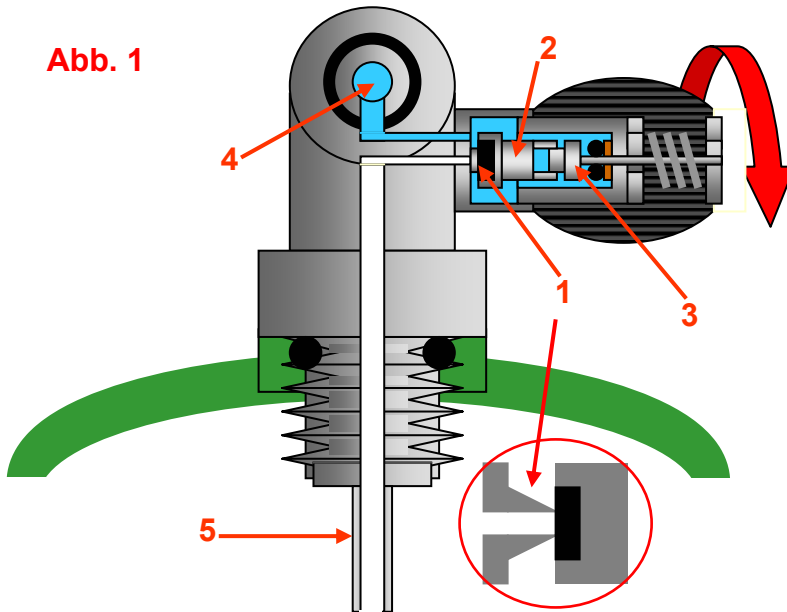


# Inhalt

Einleitung .....	3
Flaschen und Ventile .....	4
Erste Stufen - Einleitung.....	13
Kolbengesteuerte erste Stufen .....	15
Membrangesteuerte erste Stufen.....	19
Kräfteausgleich und CBS .....	24
Erste Stufen: Qualität .....	25
Zweite Stufen - Einleitung.....	29
Die traditionelle zweite Stufe.....	30
“Downstream Override” zweite Stufen.....	34
Pilot zweite Stufen.....	36
Zweite Stufen - Zusätze.....	37
Automatenvereisung .....	39
Feldtest von Automaten .....	41
Wartung von Lungenautomaten .....	46
Pflege von Lungenautomaten .....	57
Kreislauftauchgeräte .....	57
Sauerstoff und Tauchausrüstung.....	62
Inflator .....	63
Überdruckventile und Schnellablässe .....	67
Geschichte der Tarierwesten .....	68
Finimeter .....	71
Tiefenmesser .....	73
Kompasse.....	75
Index.....	76

Abb. 1

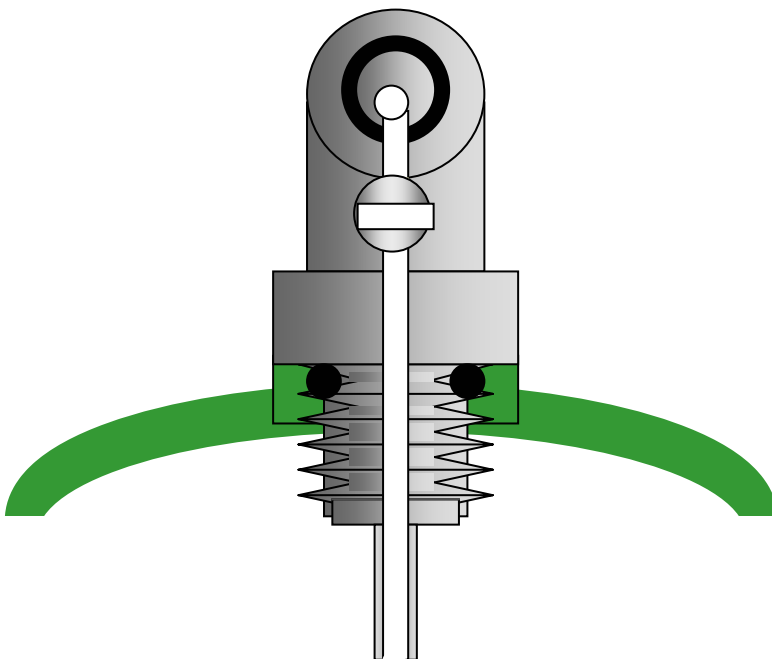


Der Druck in der Flasche wird durch das Ventil (weich) blockiert, welches auf dem Sitz (hart, scharf) schliesst. (Abb. 1 – Nummer 1). Das Ventil ist Teil der "Unterspindel" (Nummer 2), die mittels einer Art "Schraubenzieher", der "Überspindel" (Nummer 3), rein- und rausgeschraubt wird. Die Überspindel wiederum ist mit dem Handrad verbunden.

Bringt man ein geschlossenes Ventil ohne angeschraubten Automat unter Wasser, füllt sich der ganze blau markierte Bereich. Ein Luftstoss beseitigt nur einen Teil des Wassers, da ein Grossteil des „hinter“ dem Luftstrom verbleibt. Somit bleibt ein Rückstand an Salz, Schmutz und Mineralien im Ventil, wodurch ein problemloser Betrieb gestört wird.

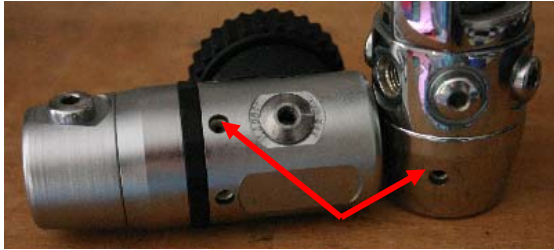
Dies ist vor allem ein Problem, wenn Du mit einem Doppelabgang tauchst, aber nur eine erste Stufe anschliesst. Um Schaden am Ventil zu verhindern, musst Du bei einem Doppelabgang immer zwei erste Stufen anschliessen, oder wenigstens das unbenutzte Ventil mit einem wasserdichten Stopfen verschliessen.

Nicht nur wegen den Rückständen stellt Wasser im Ventil ein Problem dar, sondern auch, weil es beim Füllen in die Flasche gedrückt werden kann. Wie erwähnt, führt Wasser in der Flasche zu Problemen durch Korrosion oder kann ein Vereisen der ersten Stufe (aufgrund von Wasserdunst) verursachen. Dank der kurzen Röhre unter dem Ventil (Abb. 1 – Nummer 5), gelangt das Wasser nicht in Tropfenform in die erste Stufe. Eine Flasche, die unter nasser "Tauchausrüstung" begraben ist und deren Ventilöffnung nach oben zeigt, verursacht früher oder später das selbe Problem.

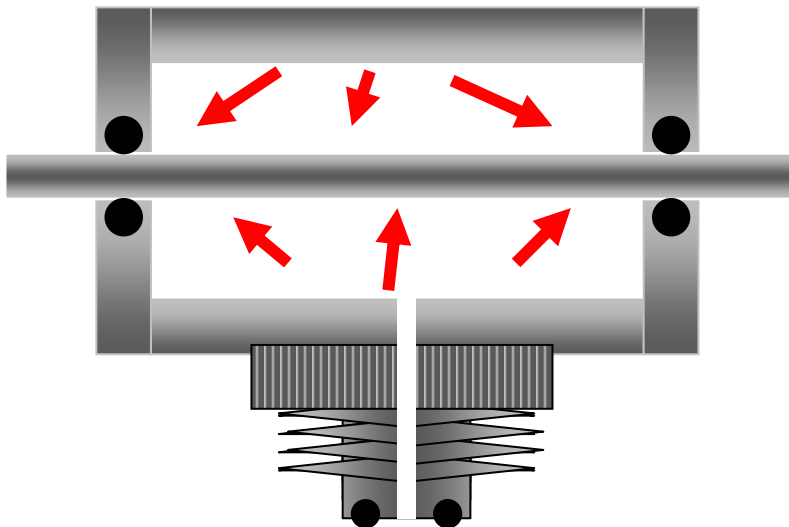


Kugelventile sind Ventile, die mit einer viertel Umdrehung öffnen und schliessen. Einst waren sie im Tauchsport häufig anzutreffen, heute aber kaum mehr. Der Mechanismus geht über eine durchbohrte "Kugel". Mit einer viertel Umdrehung ist das Loch entweder in einer Linie mit der Ventilbohrung und das Ventil öffnet sich, oder es steht 90° zu der Ventilbohrung, dann ist das Ventil geschlossen.

## Kolbengesteuerte erste Stufen

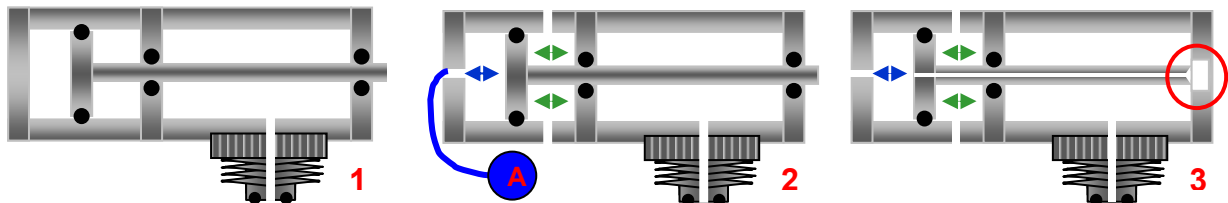


Obwohl es membrangesteuerte erste Stufen schon viel länger gibt, schauen wir uns zuerst kolbengesteuerte erste Stufen an. Kolbengesteuerte erste Stufen wurden 1963 (unbalanciert) und 1965 (balanciert) eingeführt. Damals waren sie ein kostengünstiger und einfacher Weg erste Stufen fürs Tauchen herzustellen. Du erkennst kolbengesteuerte erste Stufen daran, dass sie Löcher haben, durch welche Wasser in die Umgebungsdruckkammer eindringt (solange die Löcher nicht unter einem Plastik-, Neopren-, oder Silikonschutz verborgen sind).



Die Zeichnung links kennen wir schon von der Einführung über erste Stufen. Diese "erste Stufe" ist mit einem DIN Ventil an die Flasche angeschlossen. Bei offener Flasche ist der Kammerdruck in der ersten Stufe identisch zum Flaschendruck. Daher auch der Name: "Hochdruckkammer".

*In der Hochdruckkammer gibt es keine Fläche, wo der Druck in axialer Richtung arbeiten kann, es gibt nur radial liegende Oberflächen. Der Flaschendruck hat keinen Einfluss auf die Bewegung des Metallstabes – dem Kolben.*



In Abbildung 1 fügen wir eine zweite Kammer zu unserer "ersten Stufe" hinzu und geben unserem einfachen Metallstab die Form eines „echten“ Kolbens einer ersten Stufe. Der Kolben muss mit einem O-Ring abgedichtet sein, wodurch nun die neue Kammer in zwei Teile geteilt ist. Beide Seiten des Kolbens in der "neuen" Kammer haben eine Oberfläche, wo der Druck in axialer Richtung wirkt. In dieser besteht kein Hochdruck (Flaschendruck), da ein O-Ring den Durchgang zwischen Hochdruckkammer und „neuer“ Kammer abdichtet. In Abbildung 1 ist der Druck in der "neuen" Kammer nicht definiert, aber es ist sicher, dass der Druck auf beiden Seiten des Kolbens ungefähr gleich ist. Auf beiden Seiten des Kolbens gibt es eine axiale Fläche von beinahe gleicher Grösse, auf die der Druck wirkt. Der Kolben bewegt sich also so weit, bis auf beiden Seiten der Fläche der gleiche Druck herrscht.

In Abbildung 2 bohren wir nun drei Löcher in die "neue" Kammer und schliessen eine zweite Stufe (A) am äussersten linken Loch an. Die anderen zwei Löcher stehen in Verbindungen mit dem Umgebungsdruck. Der Druck innerhalb der zwei Teile der "neuen" Kammer ist nun definiert. Der Druck in der Kammer mit den grünen Pfeilen ist gleich dem Aussendruck – an der Oberfläche 1 bar. Ist dies nicht der Fall, bewegt sich der Kolben bis beide Drücke bei Umgebungsdruck gleich sind. Atmest Du von der zweiten Stufe ein, ziehst Du den Kolben nach links. Die zwei Teile der "neuen" Kammer haben somit einen Namen: Der Teil mit den Löchern erlaubt es dem Umgebungsdruck in die erste Stufe zu gelangen, also in die "Umgebungsdruckkammer" (oder Wasserkammer). Die linke Kammer

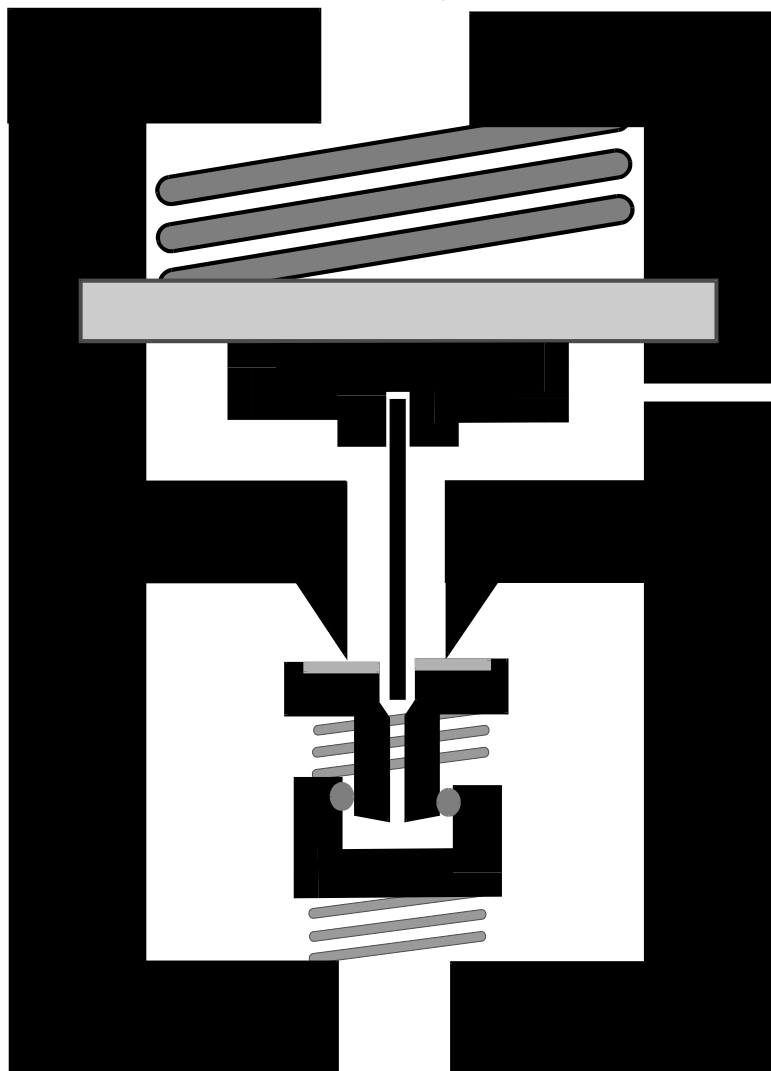
Unbalancierte membran gesteuerte erste Stufen sind selten. Einige Modelle werden noch getaucht und ein oder zwei Hersteller produzieren diesen Typ von erster Stufe noch. Nahezu jede membran gesteuerte erste Stufe, die Du in Tauchgeschäften findest, ist allerdings balanciert. Dafür gibt es zwei Gründe. Erstens erlauben die heutigen Präzisionsbohrungen eine viel einfachere Herstellung, und zweitens haben unbalancierte membran gesteuerte erste Stufen keine lange Lebensdauer. Der pyramidenförmige Sitz verschleisst das weiche Ventil sehr schnell. Mit jedem Schliessvorgang wird das weiche Material etwas zur Seite gedrückt, wodurch der Durchmesser des Ventils mit der Zeit grösser wird. Der Sitz muss also tiefer in das Ventil hineindrücken, wodurch die Membrane (über die Nadel) weiter zurück gestossen wird. Die Feder hat somit auch weniger Platz und die Federkraft steigt an. Der Mitteldruck steigt und die zweite Stufe fängt an abzublasen. Dies kann leicht neu eingestellt werden, aber der Einstellungsvorgang muss von einem Techniker gemacht werden.

Die membran gesteuerte erste Stufe wurde in den Neunzigern die beliebteste erste Stufe im Sporttauchen. Sogar Hersteller mit einer langen Tradition in der Produktion von kolbengesteuerten ersten Stufen, haben nun membran gesteuerte erste Stufen in ihrem Sortiment. Der grosse Vorteil dieser ersten Stufe ist, dass kein Wasser zu beweglichen Teilen des Automaten gelangt. Salz, Mineralien, Sand und Schmutz können nicht in die erste Stufe gelangen und der Materialverschleiss reduziert sich.

Balancierte membran gesteuerte erste Stufen unterliegen der gleichen Formel wie balancierte kolbengesteuerte erste Stufen. Das ganze wird aber mit einer ganz anderen Technik erreicht.

$$MP \text{ (Mitteldruck)} = P_{\text{Feder}} + P_{\text{Umgebung}}$$

Auf den ersten Blick sind membran gesteuerte erste Stufen komplizierter aufgebaut. Erinnern wir uns einfach an die Einführung über erste Stufen, dann ist ihr Aufbau leicht verständlich.



Die balancierte membran gesteuerte erste Stufe ist nahezu identisch zur unbalancierten membran gesteuerten ersten Stufe, aber statt eines pyramidenförmigen Sitzes finden wir einen normal Sitz (mit den scharfen Kanten) und ein Ventil (das weiche Material auf dem kleinen Kolben).

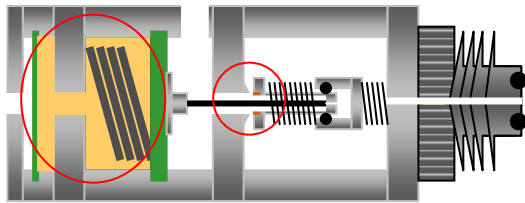


Auch zweite Stufen ohne Bypass können mit einem Luftleitblech ausgestattet sein. Dies hilft in der Erzeugung eines Wirbels, aber der Totraum wird so nur unwesentlich verkleinert. Einige dieser Luftleitbleche sind fix eingestellt und andere kann der Taucher in eine unterstützende (als max. angegebene) oder normale Position (als min. angegebene) stellen. Ein Luftleitblech (und ein Bypass) unterstützen ein Abblasen, was zu einem grossen Verlust von Atemgas schon vor dem Tauchgang führen kann (zum Abblasen kann es nur kommen, wenn der Lungenautomat nicht im Mund des Tauchers ist). Hat es einen Knopf, um den Venturieffekt zu deaktivieren, brauchst Du die Ausrüstung nicht mehr mit allzu grosser Sorgfalt behandeln. Viele Taucher bevorzugen diese Art von Knopf an ihrem Oktopus, andere achten einfach sorgsam auf die Position ihrer zweiten Stufen.

Zweite Stufen von guter Qualität blasen stark ab, wenn sie unvorsichtig behandelt werden. Das heisst nicht, dass sie zu fein eingestellt sind, sie tun nur, wozu sie gebaut wurden: den Kraftaufwand für eine Atmung unterstützen.

## Automatenvereisung

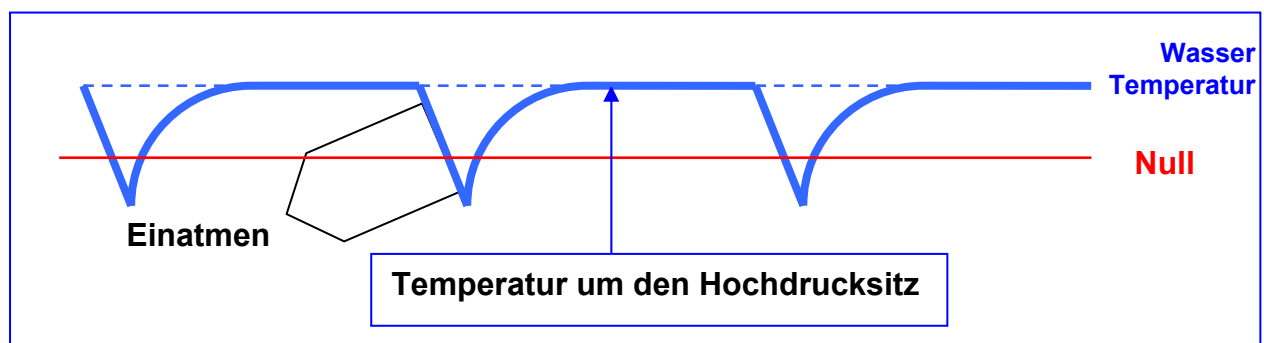
Beim Tauchen in kaltem Wasser, führt Eis im Lungenautomat zum Abblasen. Um Eis zu bilden, brauchen wir zwei Faktoren: Temperaturen unter Null Grad Celsius und Wasser. Fehlt einer dieser Faktoren, vereist ein Automat nicht. Erste Stufen vereisen kaum. Tiefe Temperaturen entstehen dort, wo der Druck abfällt. Folglich in einer ersten Stufe, um den Hochdrucksitz. Egal welche erste Stufe wir uns anschauen, kolbengesteuert oder membrangesteuert, balanciert oder unbalanciert, der Ort wo der Druckabfall stattfindet, ist normalerweise wasserfrei.



Gelangt Wasser zum Hochdrucksitz, kommt es von der Flasche. Darum müssen wir so vorsichtig sein, dass kein Wasser in die Tauchflasche gelangt, wie wir im Kapitel über Flaschen und Ventile schon besprochen haben. Feuchte Luft, die in die erste Stufe gelangt, kann Wassertropfen um den Hochdrucksitz herum bilden, und sobald die Temperatur unter Null fällt, bildet sich Eis. Das Ventil schliesst dann nicht mehr auf dem Sitz. Die

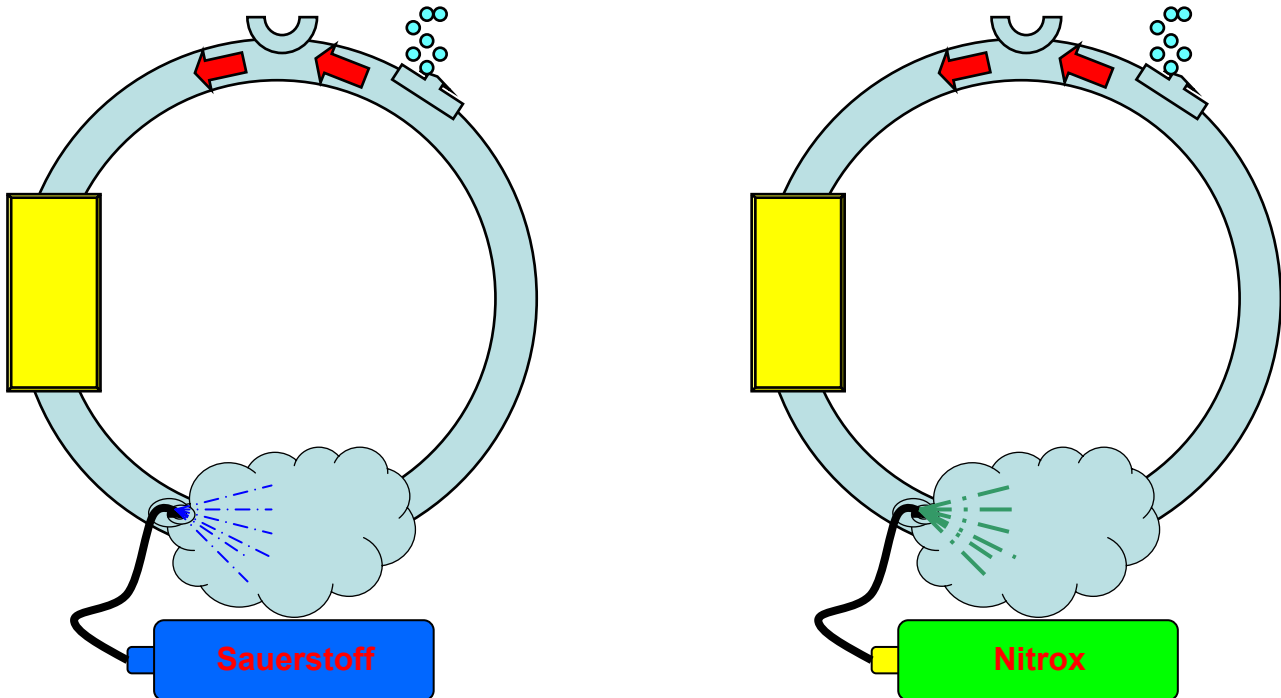
Tauchflasche muss also unbedingt trocken sein, bevor die Kaltwassertauchsaison anfängt.

Einige erste Stufen sind mit Zusätzen ausgestattet, die Vereisung verhindern sollen. Meist funktionieren diese nicht, da sie vom eigentlichen Problem weit weg angebracht sind. Nur am Hochdrucksitz fällt die Temperatur unter Null Grad. Die erste Stufe ist immer aus Metall gebaut (ein guter Wärmeleiter) und wir tauchen immer in Wassertemperaturen über Null Grad Celsius. Atmet der Taucher ein, fällt die Temperatur um den Hochdrucksitz unter Null (was kein Problem ist, solange die Flaschenluft trocken ist), aber auf Grund der höheren Wassertemperatur steigt die Temperatur wieder über Null, bevor der Taucher das nächste Mal einatmet.



Die Isolation der Mitteldruckfeder kann Mineralien und Salze abhalten, in die Mitteldruckkammer einzudringen, aber Vereisung nicht. Statt diese Zusätze zu kaufen, sollte der Taucher eher sicherstellen, dass keine Feuchtigkeit in die Tauchflasche gelangt. Daher lasse Deine Flaschen nur bei seriösen Füllstationen mit gutem Ruf, die eine gute Filteranlage haben, füllen.

Da immer Sauerstoff und Stickstoff aus dem System entweichen und nur Sauerstoff hinzugefügt wird (ausser dem Stickstoff, der von der Ausatemluft des Tauchers stammt), ist der Sauerstoffanteil grösser, als in einem geschlossenen Kreislaufgerät. Der Taucher muss viel vorsichtiger auf die maximale Tauchtiefe achten. Ein halbgeschlossenes Nitrox-Kreislaufgerät funktioniert genau so.



**Geschlossenes Kreislaufgerät = Injektion basiert auf gemessenem O<sub>2</sub> Verbrauch**  
**Halbgeschlossenes Kreislaufgerät = Injektion basiert auf angenommenem O<sub>2</sub> Verbrauch**

Die Konstruktion von halbgeschlossenen Nitrox-Kreislaufgeräten ist identisch mit den halbgeschlossenen Sauerstoff-Kreislaufgeräten, aber der Anteil von Atemgas, das eingespritzt wird, kann nicht linear berechnet werden. Du kannst nicht sagen, dass ein Taucher, der 2 Liter pro Minute reinen Sauerstoff verbraucht, vier Liter EANx50 pro Minute benötigt (was 2 Liter Stickstoff und 2 Liter Sauerstoff sind). Du musst den Sauerstoff, der durch das Überdruckventil entweicht, mit berechnen. Die Formel um den benötigten Fluss für eine gegebene Nitroxmischung zu berechnen lautet:

$$\text{Fluss} = \frac{(\text{Angenommener Verbrauch} - \text{angenommener Verbrauch} \times \% \text{Gegenlunge O}_2 \text{ Anteil})}{(\text{Flaschen O}_2 \text{ Anteil} - \% \text{Gegenlunge O}_2 \text{ Anteil})}$$

Wir können den benötigten Fluss berechnen, wenn wir einen gewissen Sauerstoffverbrauch annehmen und die Nitroxmischung kennen. Zuvor müssen wir noch den Sauerstoffanteil in der Gegenlunge festlegen. Da der Taucher nicht in eine hypoxische Situation kommen soll, wollen wir keinen Sauerstoffanteil unter dem Sauerstoffanteil in der Luft, also 21 Prozent. Für das Beispiel von 2 Liter pro Minute Sauerstoffverbrauch, ein EANx50 und 21 Prozent Sauerstoff in der Gegenlunge:

$$\text{Fluss} = \frac{(2 \text{ Liter/Minute} - 2 \text{ Liter/Minute} \times 0.21)}{(0.5 - 0.21)}$$

