



**SF2 ECCR
BEDIENUNGSANLEITUNG**

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Copyright / Warnung | 4 |
| Sicherheit | 5 |
| Vorwort | 6 |
| Kapitel 1 – Funktionsweise des SF2 | 7 |
| Kapitel 2 – Der Atemkalk | 10 |
| 2.1 Kalkstandzeit | 11 |
| 2.2 Lagerung | 11 |
| 2.3 Einfluss der Temperatur auf die Atemkalkleistung | 11 |
| 2.4 Einfluss von Anstrengung auf die Standzeit | 11 |
| 2.5 Standzeiten des SF2 Scrubbers | 12 |
| Kapitel 3 – Sauerstoffsensoren | 13 |
| 3.1 Funktionsprinzip und Aufbau eines Sensors | 13 |
| 3.2 Einfluss von Druck | 14 |
| 3.3 Einfluss von Feuchtigkeit und Wasser | 14 |
| 3.4 Alterung von Sauerstoffsensoren | 15 |
| Kapitel 4 – SF2 Einzelkomponenten | 16 |
| 4.1 Kopf | 17 |
| 4.2 Mittelteil | 17 |
| 4.3 Frame und Zubehör | 18 |
| Kapitel 5 – Montage des SF2 | 19 |
| 5.1 Montage Flaschen | 19 |
| 5.2 Montage Balg | 20 |
| 5.3 Montage Scrubber und oberes Carbonrohr | 21 |
| 5.4 Montage Batterie Solenoid | 22 |
| 5.5 Montage Sensoren | 23 |
| 5.6 Montage Loop | 24 |
| Kapitel 6 - Montage Zubehör | 27 |
| 6.1 Manual Add Kit & Off Board Gas | 27 |
| 6.2 Montage Atemregler, Wing & Harness | 28 |
| Kapitel 7 - Kalibrieren der Sauerstoffsensoren | 31 |
| Kapitel 8 – Sicherheitsschecks vor dem Tauchgang | 33 |
| 8.1 Test Gasfluss / Gasrichtung Loop | 33 |
| 8.2 Über- und Unterdrucktest | 34 |
| 8.3 Assembly Check (Zusammenbau) | 35 |
| 8.4 Pre-dive Check | 35 |
| 8.5 Pre-jump Check | 36 |
| Kapitel 9 – Nach dem Tauchen | 37 |
| 9.1 Demontage des SF2 | 37 |
| 9.2 Reinigung des SF2 | 38 |
| 9.3 Desinfizieren | 38 |
| 9.4 Transport und Lagerung | 39 |
| Kapitel 10 – Instandhaltung und Wartung | 39 |
| Kapitel 11 – Shearwater Controller | 40 |
| Kapitel 12 – Anhang | |
| 12.1 Checkliste | |
| 12.2 Weitere Bedienungsanleitungen | |

Herzlichen Glückwunsch zum Kauf Deines SF2 ECCR Kreislaufgerätes. Dieses wurde unter Verwendung von hochwertigem Material sorgfältig nach genauen Standards hergestellt. Unter vorschriftsmäßiger Verwendung wird der SF2 ECCR das Tauchen komfortabler, angenehmer und aufregender machen.

Der SF2 ECCR ist für den Gebrauch durch zertifizierte Taucher bestimmt, die im Umgang mit Kreislaufgeräten ausgebildet sind, oder für solche Taucher, die unter der direkten Aufsicht eines qualifizierten Tauchlehrers stehen.

Selbst wenn sie im Umgang mit Kreislaufgeräten erfahren sind, empfehlen wir dringend sich die Zeit zu nehmen diese Anleitung zu lesen. Sie beinhaltet viele wichtige Sicherheitshinweise und -techniken, die dabei helfen die Lebensdauer Ihres Kreislaufgerätes zu verlängern.

Sollte die Gebrauchsanleitung nicht verfügbar oder verloren gegangen sein, kann diese von unserer Webseite heruntergeladen werden.

www.scubaforce.eu

Bei weiteren Fragen stehen wir Ihnen natürlich jederzeit zur Verfügung:

SCUBA FORCE
Dive2gether.net Tauchsport GmbH
Reststrauch 197
41199 Mönchengladbach
Tel.: +49 (0) 2166 1456880
Email: mail@scubaforce.eu

Der SF2 ECCR ist gemäß Modul B der PSA Verordnung (EU) 2016/425 zertifiziert. Die grundlegenden Gesundheitsschutz- und Sicherheitsanforderungen werden unter Berücksichtigung der EN14143:2013 erfüllt.

Durchführendes Prüfinstitut:
DEKRA
Testing and Certification GmbH
Adlerstrasse 29
45307 Essen

Unser besonderer Dank für die Unterstützung bei dieser Bedienungsanleitung geht an Dr. Frank Hartig, Dr. Andrea Köhler und Uwe Breidenstein die Texte, Fotos und Grafiken zur Verfügung gestellt haben. Natürlich auch an alle Fotografen weltweit die uns immer wieder mit fantastischem Bildmaterial versorgen.

30 METER SIND GENUG!

Schon seit vielen Jahren gilt im Technischen Tauchen eine Luftgrenze von 30 Metern. Und das macht auch absolut sind. Komplexe Aufgaben, schnelles Reagieren, logisch und strukturiert vorgehen – all dies erfordert einen klaren Kopf.

Kreislauftauchen ist eine komplexe Angelegenheit! Sicherheit muss immer im Vordergrund stehen und wir als Hersteller übernehmen Verantwortung. Von daher ist die Einsatztiefe des SF2 ECCR mit Luft auf als Diluent auf 30 Meter begrenzt. Die Zertifizierungstiefe für Trimix als Diluent ist nach wie vor 100 Meter.

Copyright

Alle Rechte, sowie technische Änderungen vorbehalten. Auch der auszugsweise Nachdruck, Übersetzung oder die fotomechanische Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie) bedarf der vorherigen Zustimmung von SCUBA FORCE – dive2gether.net Tauchsport GmbH.

Bitte lesen Sie diese Bedienungsanleitung sorgfältig bevor Sie Ihr Kreislaufgerät benutzen. Diese Bedienungsanleitung ist kein Ersatz für ein generelles Ausbildungsbuch für Kreislaufgeräte und die ordnungsgemäße Schulung durch einen autorisierten SF2 Ausbilder.

Warnung, Vorsicht und Anmerkung

Beachten Sie besonders alle Informationen die mit Warnung, Vorsicht und Anmerkung gemäß nachfolgenden Symbolen gekennzeichnet sind:



WARNUNG

Eine **WARNUNG** kennzeichnet ein Verfahren oder Situation, die, wenn sie nicht vermieden werden, zu ernststen Verletzungen, oder noch schlimmerem führen können.



VORSICHT

VORSICHT weist auf eine Situation oder Benutzungshinweis hin, die das Produkt beschädigen und als Folge zu Verletzungen des Benutzers führen können.



ANMERKUNG

ANMERKUNG verweist mit Nachdruck auf wichtige Punkte, Hinweise und Erinnerungen.



WARNUNG

Diese Bedienungsanleitung enthält wichtige Instruktionen für die korrekte Verwendung und Pflege Ihres neuen Kreislaufgerätes. Deshalb ist es extrem wichtig, dass Sie sich Zeit zum Lesen dieser Anleitung nehmen, um alle Merkmale Ihres Kreislaufgerätes verstehen und genießen zu können. Unsachgemäßer Gebrauch Ihres Kreislaufgerätes kann zu ernsthaften Verletzungen oder Tod führen.

Technische Hilfe

Bei Unklarheiten in dieser Gebrauchsanleitung, oder für den Fall, dass Sie keine ausreichenden Antworten von Ihrem Tauchgeschäft oder Tauchlehrer bekommen, setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung

Sicherheit

Wichtige Sicherheitshinweise

Dieses Kreislaufgerät ist zur Verwendung durch zertifizierte Gerätetaucher, die einen Kreislaufgerätekurs abgeschlossen haben, oder solche, die in Ausbildung und unter Aufsicht eines qualifizierten Tauchlehrers stehen, gedacht.



WARNUNG

Folgen Sie allen Anweisungen und halten Sie sich an diese Sicherheitsmaßnahmen. Falsche oder unsachgemäße Handhabung des Kreislaufgeräts kann zu schweren Verletzungen oder zum Tod führen.



WARNUNG

Diese Gebrauchsanleitung ist KEIN Ersatz für einen Kreislaufgerätekurs durch einen qualifizierten Tauchlehrer. VERWENDEN SIE KEIN Kreislaufgerät bevor Sie praktische Fertigkeiten, inklusive Notfallfertigkeiten, in beaufsichtigter Umgebung und unter der Aufsicht eines Tauchlehrers, der durch eine national anerkannte Tauchausbildungsorganisation zertifiziert und zur Ausbildung für den Gebrauch von Kreislaufgeräten berechtigt ist, geübt und perfektioniert haben.



Warnung

Die unachtsame Verwendung des SF2 kann aufgrund von Sauerstoffmangel in jeder Umgebung ohne vorherige Warnzeichen zu Bewusstlosigkeit führen. Die unachtsame Verwendung des SF2 in Tiefen unter Wasser von mehr als 6 MSW (Meter Meerwasser) [20 FSW (Fuß Meerwasser)] kann ohne vorherige Warnzeichen zu Bewusstlosigkeit führen. Beide Situationen können schwere oder tödliche Verletzungen verursachen. Der SF2 ist mit einem ausgeklügelten elektronischen Steuerungssystem ausgestattet, das es einem entsprechend geschulten Benutzer ermöglicht, diese Situationen zu vermeiden. Es liegt in der alleinigen Verantwortung des Benutzers, die Anzeigen dieses Systems bei Verwendung des SF2 sorgfältig zu überwachen und im Falle eines Problems über Kenntnisse über Rettungsmaßnahmen zu verfügen.

Herzlich willkommen in einer neuen, leisen Welt des Tauchens. Mit dem Erwerb des SF2 ECCR hast Du einen weiteren, großen Schritt in deiner taucherischen Entwicklung gemacht.

Neue Abenteuer warten auf dich. Mit einem Kreislaufgerät kannst du Regionen erreichen die dir bis jetzt verschlossen blieben.

Weltweit gehört der SF2 ECCR zu den beliebtesten und am meisten verkauften Kreislaufgeräten. Sein einfacher Aufbau, seine hohe Zuverlässigkeit, seine einfache Vor- und Nachbereitung sind nur einige Punkte die dazu geführt haben, dass der SF2 ECCR eine große Fangemeinde bei Sport-, Wrack- und Höhlentauchern hat. Immer wenn hohe Zuverlässigkeit mit besonderer Performance gefragt sind, kommt der SF2 zum Einsatz.

Schon bald wirst auch du zu den begeisterten Anhänger des Kreiseltauchens im Allgemeinen und dem SF2 im Besonderen gehören.

Doch zuvor musst du noch lernen und arbeiten. Dein SF2 Tauchkurs beginnt in Kürze und innerhalb eines kurzen Zeitraums wirst du mit vielen neuen theoretischen und praktischen Kenntnissen bzw. Fertigkeiten konfrontiert werden.

Kreiseltauchen macht Spaß, aber Wissen und Können sind wichtig damit es auch sicher ist. Wir glauben an den gut ausgebildeten Taucher, der bereit ist zu trainieren und seine Fertigkeiten zu perfektionieren. Tauchausrüstung, auch ein Kreislaufgerät sind Tools die der Taucher beherrschen muss – nicht umgekehrt.



Kapitel 1 – Funktionsweise des SF2

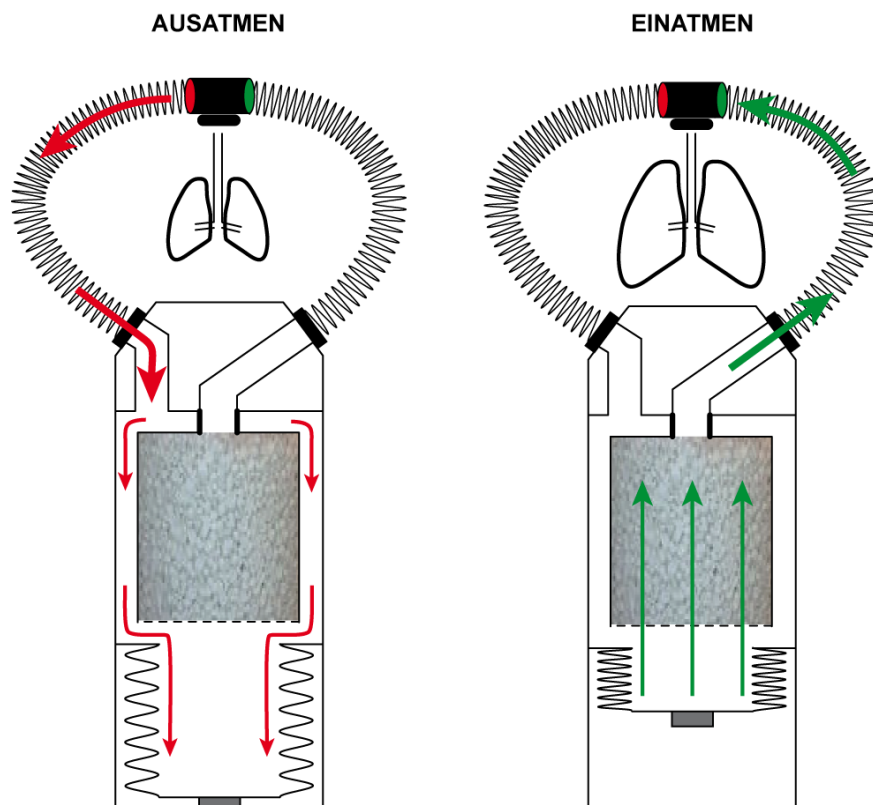
Der SF2 gehört zur Kategorie der CCR Kreislaufgeräte: **C**losed **C**ircuit **R**ebreather. Damit beschreibt man ein komplett geschlossenes System bei dem nur der verbrauchte Sauerstoff zugefügt wird, dies kann manuell geschehen (dann spricht man von einem MCCR) oder elektronisch wie beim SF2.

Der SF2 ist also ein ECCR **E**lectronik **C**losed **C**ircuit **R**ebreather. Das Grundprinzip ist tatsächlich relativ einfach und hat sich schon seit Jahrzehnten bewährt. Über Sauerstoffsensoren – dazu später mehr – wird der O₂ Anteil im Gas gemessen. Fällt dieser Anteil unter einen voreingestellten Wert, strömt über ein elektronisch gesteuertes Magnetventil (Solenoid) so lange Sauerstoff ins System bis dieser wieder dem eingestellten Wert entspricht.

Was in der Theorie einfach klingt wird in der Praxis von verschiedenen Faktoren beeinflusst zum Beispiel zu- oder abnehmender Druck beim Ab- bzw. Auftauchen.

Im Gegensatz zum offenen System gibt der Taucher beim Kreislauftauchen kein Gas an die Umgebung ab, er atmet also im Kreis, was auch den Namen erklärt. (Entsteht ein Überdruck im System zum Beispiel beim Auftauchen – wird auch beim geschlossenen Kreislaufgerät Gas an die Umgebung abgegeben.)

Die Aufrechterhaltung dieses Kreises ist wichtig und muss vor jedem Tauchgang kontrolliert werden. Beim SF2 sitzen die Flatterventile, auch Richtungsmembranen genannt, im Mundstück. Gas fließt aus Sicht des Tauchers, also mit dem Gerät auf dem Rücken, von rechts nach links.



Unser Körper verbraucht (metabolisiert) den geatmeten Sauerstoff. Hierbei entsteht Kohlendioxid – CO₂. Normalerweise geben wir dieses Gas beim Atmen wieder an die Umgebung ab. Da unser Kreislauf aber geschlossen ist, bleibt auch das CO₂ im System. Eine Hyperkapnie, also eine Erhöhung des Kohlendioxidanteils im Blut (ca. 45 mmHg) kann schnell zu lebensbedrohlichen Situationen führen, insbesondere unter Wasser. Damit dies nicht passiert wird das entstandene CO₂ in einem Kanister mit Atemkalk, auch darauf gehen wir später kurz ein, gebunden.

Da wir nur im Kreis atmen können, wenn das Gas einen Raum hat in dem es aufgefangen wird, in unserem Körper ist das die Lunge, verfügt der SF2 über eine „Gegenlunge“ in Balgform. Diese Art der Gegenlunge ist weltweit einzigartig und hat verschiedene Vorteile: Sie ist kompakt, einfach zu montieren, durch die Carbonrohre geschützt und zu guter Letzt auch noch eine riesige Wasserfalle an deren untersten Punkt das Überdruckventil sitzt.

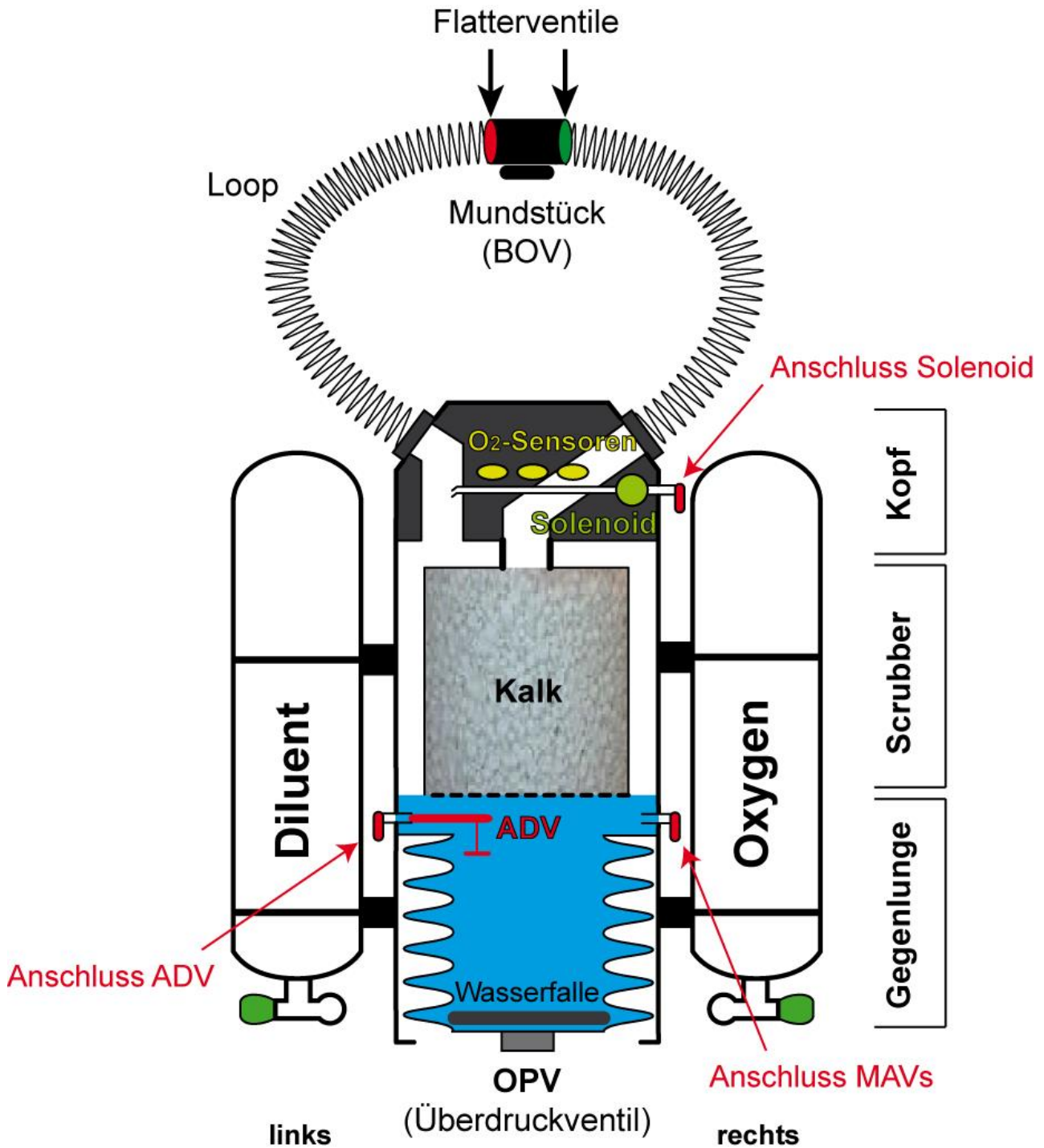
Damit sind die wichtigsten Komponenten des SF2 und eines

Kreislaufgerätes im allgemeinen beschrieben. Es fehlt nur noch die Gasversorgung. Wie eingangs erwähnt wird der verbrauchte Sauerstoff dem System wieder zugefügt und zwar in reiner Form. Der SF2 verfügt also über eine Sauerstoffflasche die, wiederum aus Sicht des Tauchers mit angelegtem Gerät, auf der rechten Seite sitzt. Reiner Sauerstoff wird ab einer Tiefe von ca. sechs Metern „giftig“, er ist nicht mehr ohne Gefahren atembar. Der Sauerstoff muss also verdünnt werden. Im englischen heißt dies dilute und deshalb hat sich der Begriff Diluent Flasche etabliert. Als Diluentgas kommen beim SF2 zwei Gase zum Einsatz: Zum einen normale Luft und zum anderen Trimix Gemische also ein Gas welches aus Sauerstoff, Stickstoff und Helium besteht.

Das Schema auf der nächsten Seite gibt einen guten Überblick über den Aufbau des SF2.



SCHEMATISCHE DARSTELLUNG SF2 ECCR



Kapitel 2 – Der Atemkalk

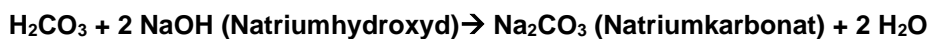
Das Auswaschen des Kohlenstoffdioxids (CO₂) im Kreislaufgerät geschieht mit Hilfe des Atemkalkes durch eine chemische Reaktion. Dabei reagiert der Atemkalk in mehreren Stufen mit dem CO₂ und es entsteht neben dem Endprodukt Calciumcarbonat (Kalk) auch Wasser und Wärme. Die Feuchtigkeit sowie Wärme treiben wiederum die Kalkreaktion voran.

Vereinfacht ausgedrückt entsteht aus CO₂ und Calciumhydroxid schlussendlich Calciumcarbonat. Dazu braucht es Wasser (ca. 14-18% Feuchtigkeit) und etwas Natriumhydroxid (ca. 3%) als Reaktionsbeschleuniger.

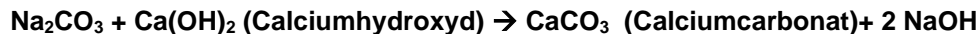
Kohlenstoffdioxid reagiert mit Wasser zu Kohlensäure. Daher ist eine gewisse Grundfeuchte des Kalks (sowie die Feuchtigkeit in der Atemluft) notwendig, um die Reaktion zu starten.



In einem weiteren Schritt reagiert die Kohlensäure mit dem ätzenden Natriumhydroxid zu Natriumcarbonat. Dabei entsteht wieder Wasser.



Schlussendlich reagiert das Natriumcarbonat mit dem Calciumhydroxid zu Kalk und das Natriumhydroxid wird wieder regeneriert.



Die Reaktionsstoffe Wasser und Natriumhydroxid werden während des Prozesses ständig erneuert und gehen wieder in die Reaktion ein. Nur das Calciumhydroxid wird verbraucht und begrenzt daher die Absorptionskapazität (**Standzeit**) des Kalks. Zum Verständnis: Der Atemkalk bindet das CO₂ nicht in gasförmigem Zustand, wie z.B. Filterpatronen im Kompressor. Filterpatronen geben aufgrund der völlig anderen Art der Bindung das herausgefilterte CO₂ mit der Zeit wieder an die Umgebungsluft ab. Die chemische Reaktion des Atemkalkes hingegen führt zu einer kompletten Umwandlung des gasförmigen CO₂ aus der Atemluft zu einer festen Komponente, dem Calciumcarbonat. Sowohl in frischem, als auch in nassem, als auch in verbrauchtem Kalk ist kein gasförmiges CO₂ vorhanden.

Durch die exotherme (=wärmefreisetzende) chemische Reaktion entsteht Wärme. Das erkennt man daran, dass der Scrubber nach einem Tauchgang, selbst in eisigem Wasser, handwarm ist. Diese Wärme verhindert die Auskühlung des Atemgases und minimiert den Wärmeverlust über die Lunge deutlich.

Der Kalk verbraucht sich in Schichten. Das CO₂ aus der Ausatemluft strömt in den frischen Atemkalk ein und reagiert sofort zu Calciumcarbonat. Ist der Kalk bereits schon etwas verbraucht, verlagert sich die Reaktionszone (reagierende Schicht des Atemkalkes) dementsprechend weiter nach vorne. Der Atemkalk ist verbraucht, wenn die Reaktionszone sich dem Ende des Schrubbers nähert. Die Dicke der Reaktionszone ist von verschiedenen Faktoren wie Kalkart (Partikelgröße), Reaktivität (Reaktionstemperatur) und Gasflussgeschwindigkeit (Gasdichte) abhängig.

2.1 Kalkstandzeit

Die Kalkstandzeit eines Scrubbers hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Primär hängt das Absorptionsvermögen natürlich von der Art bzw. vom Hersteller ab, aber Lagerung, Füllung des Scrubbers, Tauchbedingungen, Temperatur, Anstrengung etc. haben großen Einfluss auf die unter Standardbedingungen ermittelten Normwerte des Atemkalkes.

2.2 Lagerung

Um die Kalkreaktion zu starten, wird Feuchtigkeit benötigt (CO₂ reagiert mit Wasser zu Kohlensäure). Deshalb enthält Atemkalk etwa zwischen 14-20% Wasser. Falsche Lagerung führt zur **Austrocknung** und damit zum **Verlust der Reaktivität** des Kalks. Frischer Kalk, wenn er nicht luftdicht verschlossen gelagert wird, ist nach spätestens 4 Wochen ausgetrocknet. Darüber hinaus würde der Kalk das CO₂ aus der Luft binden und damit seine Absorptionsfähigkeit verlieren. Daher sollte ein gefüllter Scrubber nicht zu lange herumstehen. Für einen Wiederholungstauchgang am Wochenende ist das okay, nach spätestens 2 Wochen sollte er aber ersetzt werden.

2.3 Einfluss der Temperatur auf die Atemkalkleistung

Die Atemkalkleistung ist besonders **temperaturabhängig**. Je niedriger die Umgebungstemperatur ist, desto schlechter läuft die Kalkreaktion ab. Das heißt, dass im Kaltwasser die Kalkfilterleistung deutlich niedriger ist als im Warmwasser. Kann man mit einer Kalkfüllung im warmen Mexiko z.B. 6 Stunden tauchen, so reicht die gleiche Füllung im 3°C kalten Bergsee vielleicht nur für 3 Stunden. Bei 20°C z.B. beträgt die Auswaschleistung des Kalks 100%, bei 15°C sinkt sie auf etwa 80%, bei 10°C auf etwa 65% und bei 4°C auf weniger als 50%. In puncto temperaturabhängige Auswaschleistung ist unbedingt anzumerken, dass hier die Auswaschrate pro Zeiteinheit gemeint. **Der Kalk wird in der Kälte also nicht schneller verbraucht, sondern er reagiert nur langsamer bzw. die Reaktionszone wird größer.**

2.4 Einfluss von Anstrengung auf die Standzeit

Ein ganz weiterer wichtiger Punkt für die Kalkstandzeit ist die körperliche Aktivität und damit die CO₂ Produktion. Diese kann sich nämlich bei Anstrengungen und Stress bis zu verzehnfachen! Tiefe CCR Tauchgänge in kaltem Wasser mit Stress und Anstrengung sind daher Hochrisikofaktoren für einen CO₂-Durchbruch bzw. für eine Hyperkapnie. In Ruhe verbraucht ein Mensch etwa 0,3 l/min Sauerstoff und setzt diesen (je nach respiratorischen Quotienten) in CO₂ um. Bei Anstrengung erhöht sich der O₂-Verbrauch bzw. die CO₂-Produktion auf etwa 3,0 l/min, Spitzensportler schaffen sogar noch mehr.

Ein durchschnittlicher Scrubber fasst etwa 2 kg Kalk, hat also ein Absorptionsvermögen von etwa 300 l CO₂ (ca. 150 l/kg). Üblicherweise rechnet man mit einer durchschnittlichen CO₂-Produktion von 1,0 - 1,5 l/min bei einem Tauchgang. Das bedeutet, eine frische Scrubberfüllung hält etwa für 200-300 min. Bei Verdoppelung des Sauerstoffverbrauchs bzw. CO₂-Produktion aufgrund von Anstrengung halbiert sich dementsprechend die Standzeit. Je nach persönlicher Konstitution, Tauchgangsbedingungen (Temperatur, Anstrengung, Stress etc.) und Sicherheitszuschlag reduziert man die Standzeit.

2.5 Standzeit des SF2 Scrubbers

1 kg Atemkalk kann laut Atemkalk-Hersteller (Molecular Sofnolime) ca. **110-150 l CO₂** binden. Nun kann man über den Metabolismus die ungefähre Kalkzeit berechnen. Der Scrubber des SF2s fasst bis zu 2,4 kg. Das theoretische CO₂-Absorptionsvermögen beträgt also etwa 360 l CO₂. (2,4 x 150). Man rechnet normalerweise mit 1-1,5 l/min Sauerstoffverbrauch bzw. CO₂-Produktion, entsprechend einer körperlichen Aktivität von etwa 100 Watt. Das heißt die theoretische Kalkstandzeit beträgt etwa **4 Stunden** (360/1,5 = 240 min).



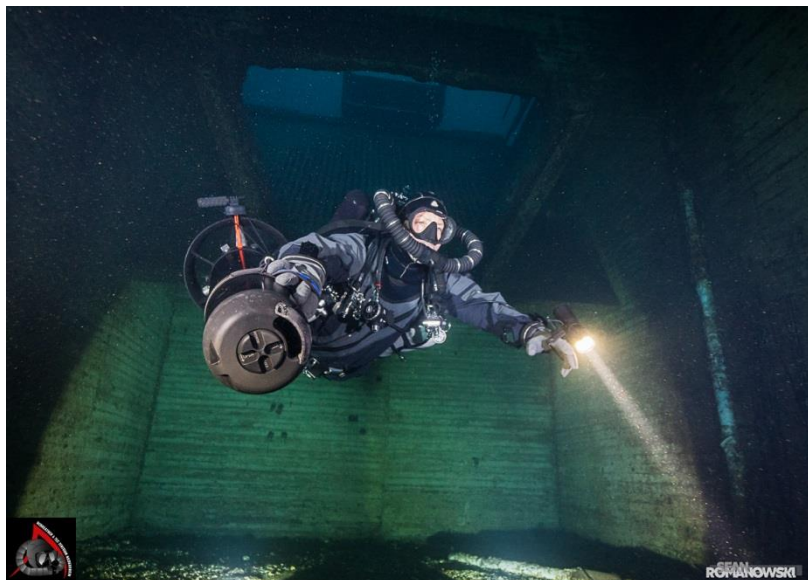
VORSICHT

Der Kalk sollte unter normalen Bedingungen nicht länger als **3,5 Stunden** benutzt werden. Dies gilt sowohl für Wiederholungstauchgänge, als auch für Einzeltauchgänge.



WARNUNG

Unter extremen Bedingungen reduziert sich die Kalkstandzeit gewaltig. **Im Rahmen der Zertifizierung wird der Kalk auf 30 Meter, einer Wassertemperatur von 4° Celsius und einem Atem-Minuten-Volumen von 40 Liter die Minute getestet: Unter diesen Bedingungen reduziert sich die Kalkstandzeit auf 100 Minuten.**



Kapitel 3 – Sauerstoffsensoren

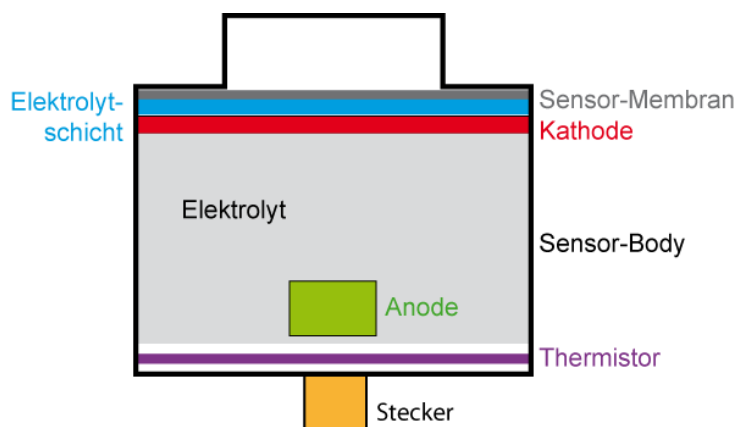
Da der Sauerstoffgehalt im Atemgas von Kreislaufgeräten zuverlässig und permanent gemessen werden muss, werden dafür Sauerstoffsensoren verwendet. Um die Sicherheit und Genauigkeit der O₂-Messung zu erhöhen, sind im SF2-CCR drei Sauerstoffsensoren verbaut. Die Sensoren befinden sich im Kopf, wo sie gut geschützt und dennoch leicht zugänglich sind. Die Messwerte werden permanent dem Controller übermittelt, der dann gegebenenfalls über das Solenoid den Setpoint regelt. Sollte ein Sensor fehlerhaft werden, kann er vom Controller ausgezählt werden. Trotzdem bleiben immer noch zwei Sensoren zur Verfügung und der Tauchgang kann beendet werden.

Es gibt viele verschiedene Bauarten von Sauerstoffsensoren, für die Verwendung im Tauchsport haben sich aber aus vielen Gründen **galvanische Sauerstoffsensoren** durchgesetzt. Diese sind als Komplettseinheit aufgebaut und werden, wenn die inneren Komponenten verbraucht sind, weggeworfen und ersetzt.

3.1 Funktionsprinzip und Aufbau eines Sensors

Ein galvanischer Sauerstoffsensor ist eine Art von Brennstoffzelle, die eine chemische Reaktionsenergie in elektrische Energie umwandelt (wie eine Batterie). Das heißt, diese Sensoren benötigen keine externe Polarisierungsspannung, sondern sind selbst die Stromquelle. Sauerstoff reagiert dabei mit den Bestandteilen der Zelle (Redox-Reaktion) wodurch ein Strom entsteht, der proportional zum herrschenden Sauerstoffpartialdruck ist.

Eine Kathode überträgt Elektronen auf den Sauerstoff (Reduktion). Die so entstehenden Hydroxidionen (OH⁻) wandern in einem Elektrolyten zur Anode und geben dort die Elektronen wieder ab (Oxidation der Anode). Das heißt, die Anode wird chemisch verändert bzw. verbraucht. Die in der Reaktion freigesetzten Elektronen verursachen einen **elektrischen Strom, der direkt proportional zum Sauerstoffpartialdruck** ist. Praktisch alle Sauerstoffsensoren messen den Partialdruck und nicht den prozentualen Anteil des Gases. Dies macht auch Sinn, da der menschliche Körper ebenso auf den tatsächlichen Sauerstoffpartialdruck reagiert und nicht auf prozentuelle Anteile im Atemgas. Nur wenn der Umgebungsdruck 1 bar ist und nicht zwischen Kalibrierung und Messung variiert, ist die Prozentanzeige (bzw. Fraktion) gleich dem Partialdruck.



3.2 Einfluss von Druck

Sauerstoffsensoren messen in der Regel den Sauerstoffpartialdruck und nicht den prozentualen Anteil. Daher beeinflusst der umgebende Luftdruck die Messung bzw. Kalibrierung deutlich. Auf Meeresebene herrscht ein Sauerstoffpartialdruck von 0,209 bar. Ein kalibriertes Sauerstoffmessgerät würde dementsprechend 20,9% anzeigen. Wäre der Sensor nun einem Druck von 2 bar ausgesetzt, würde er 41,8% (entsprechend 0,418 bar) anzeigen, obwohl sich die Luftzusammensetzung nicht geändert hat.

In 5000 m hingegen würde er nur 10,45% (0,1045 bar) anzeigen. Dies hat zur Folge, dass bei Änderung der Meereshöhe oder bei starken Wetterschwankungen neu kalibriert werden muss. Luftdruckschwankungen von 30 mbar aufgrund von Wetterumschwüngen führen zu einem Messfehler von etwa 3% (1 mbar Druckänderung entspricht einem Fehler von 0,1%). Das heißt, die Messung des Sauerstoffgehaltes muss immer unter den gleichen Bedingungen stattfinden, wie zuvor kalibriert wurde. Die meisten neueren Sauerstoffanalyser haben jedoch mittlerweile einen Drucksensor/Barometer integriert, sodass der Analyser Druckschwankungen von selber korrigiert.

Druckschwankungen in dieser Größenordnung können auch entstehen, wenn der Sensor zur Messung direkt an ein Flaschenventil oder an ein Mundstück gehalten wird. Durch einen zu hohen Gasfluss (oder wenn Gas direkt auf die Membran strömt) strömt mehr Gas auf die Membran, als Gas entweichen kann. Dies verursacht einen „Backpressure“ an der Membran, was als erhöhter Partialdruck vom Sensor registriert wird. Folglich führt das zu fehlerhaften Messwerten und kann darüber hinaus auch zur Zerstörung der Membran führen.

Eine **Flussrate von 0,1-5 l/min** beeinflusst weder die Messgenauigkeit noch zerstört sie die Sensormembran.

Um diverse Druckschwankungen ausgleichen zu können, ist in den meisten Sensoren auf der Rückseite eine Ausgleichsmembran eingebaut. Dies ist auch notwendig, um Volumenschwankungen aufgrund von Temperaturveränderungen abzufedern. Das bedeutet aber, dass die Ausgleichsmembran immer dem gleichen Druck ausgesetzt werden muss wie die Sensormembran. Ist ein Sensor so verbaut, dass die Ausgleichsmembran nicht dem Umgebungsdruck ausgesetzt ist, führt das nicht nur zu fehlerhaften Messwerten sondern auch zur Zerstörung des Sensors.

Sauerstoffsensoren verhalten sich unter Wasser wie ein menschlicher Körper. Da der Hauptbestandteil der Sensoren eine Flüssigkeit ist, absorbieren sie Gas beim Abtauchen und geben es beim Auftauchen wieder ab.

Dazu benötigen sie Zeit, um sich zu stabilisieren. Schnelle Änderungen von Druck oder Temperatur können daher zu einer Blasenbildung führen und die Funktion des Sensors beeinflussen. Vor allem eine zu schnelle Druckreduktion kann zu Blasenbildung im Elektrolyten führen. Blasen im Sensor verhindern die Diffusion des Sauerstoffs. Die Sauerstoffmessung stoppt und der Output sinkt.

3.3 Einfluss von Feuchtigkeit und Wasser

Feuchtigkeit beeinflusst die Genauigkeit eines guten Sensors nicht direkt. Allerdings nimmt die Feuchtigkeit im Gas einen gewissen Volumenanteil ein und übt damit auch einen Partialdruck aus. Die Partialdrücke der restlichen Gasbestandteile reduzieren sich dadurch entsprechend und der Sensor zeigt weniger Sauerstoff bei steigender Feuchtigkeit (bei gleicher Umgebung) an.

Extreme Feuchtigkeit oder sogar Kondensation an der Sensoroberfläche beeinträchtigt die Sensorfunktion jedoch deutlich. Wasser an der Sensormembran verhindert die Diffusion von Sauerstoff, sodass der Sensor funktionsunfähig wird. In Umgebungen mit extrem hoher Luftfeuchtigkeit sollte die Membran vor der Kalibrierung bzw. Messung entweder mit einem weichen, fuselfreien Tuch vorsichtig abgewischt werden und/oder der Sensor während der Messung nach unten gehalten werden. Dadurch können sich aufgrund der Oberflächenspannung des Wassers Tropfen bilden, die nach unten abfallen. Auch das leichte (!) Anströmen der Membran mit trockenem Gas aus einer Taucherflasche führt zum Auftrocknen der Feuchtigkeit.

Besonders Rebreather haben das Problem der hohen Gasfeuchtigkeit (aufgrund der Atmung) sowie der Kondensation (aufgrund des kalten umgebenden Wassers). Um Fehlfunktionen der Sensoren wegen Kondensation zu verhindern, sind diese meist in einer speziellen Art und Weise im Kopf verbaut. Bei der Kalibrierung würde die Luftfeuchtigkeit einen Einfluss auf das Ergebnis haben. Da man aber (zumindest beim Rebreathertauchen) mit trockenen Tauchgasen kalibriert, fällt dieses Problem in der Regel weg. Allerdings sollte aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit im Kreislauf nie nach einem Tauchgang kalibriert werden.

3.4 Alterung von Sauerstoffsensoren

Sauerstoffsensoren beginnen ab dem Zeitpunkt der Produktion zu altern. Die Schnelligkeit der Alterung, d.h. der Ablauf der chemischen Reaktion und damit der Verbrauch der Anode, ist abhängig vom umgebenden Sauerstoffgehalt und der Temperatur. Üblicherweise sinkt der Sensor-Output in Luft um etwa 5-10% pro Jahr.

Das bedeutet, der Output eines R-17/R-22 Sensors sinkt pro Jahr um ca. 1 mV in Luft (von z.B. 10 mV auf 9 mV) oder 5 mV in reinem Sauerstoff (von 50 mV auf 45 mV). Werden Sauerstoffsensoren in reinem Sauerstoff gelagert, verkürzt sich die Lebensdauer auf etwa ein Fünftel. In der Originalverpackung altern Sensoren zwar viel langsamer, aber ruhen nicht vollständig.



ANMERKUNG

Der Alterungsprozess eines Sauerstoffsensors beginnt nicht erst mit dem Auspacken sondern mit dem Herstellungsdatum!



WARNUNG

Die SF2 Sensoren haben einen Aufdruck:
DO NOT USE AFTER – gefolgt von einem Datum. Nach dem Erreichen des Datums muss der Sensor getauscht werden. Der Einsatz eines abgelaufenen Sensors kann zu lebensgefährlichen Situationen führen.



Sauerstoffsensoren sollten aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit im Kreislauf nie nach einem Tauchgang kalibriert werden.

Kapitel 4 – SF2 Einzel-Komponenten



Frontansicht

Zubehör:

Wing, Backplate, Bebänderung, Finimeter

SF2 Komponenten:

Loop, Controller, Fischerkabel

Rückenansicht

Zubehör:

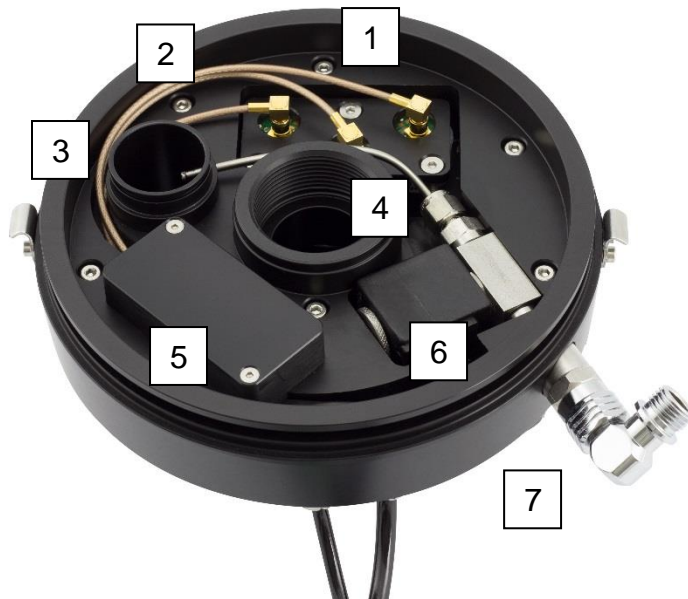
Diluent- und Sauerstoff-Flasche

SF2 Komponenten:

Unteres Carbonrohr (Gegenlunge); Obereres Carbonrohr (Scrubber); Kopf (Elektronik und Sensoren)



4.1 Kopf



1. Sensorabdeckung – darunter befinden sich die Sauerstoffsensoren.

2. Sensorkabel

3. Ausatemseite – mit Sauerstoffeinspritzung.

4. Einatemseite

5. Batteriefach

6. Solenoid

7. Sauerstoffanschluss

4.2 Mittelteil



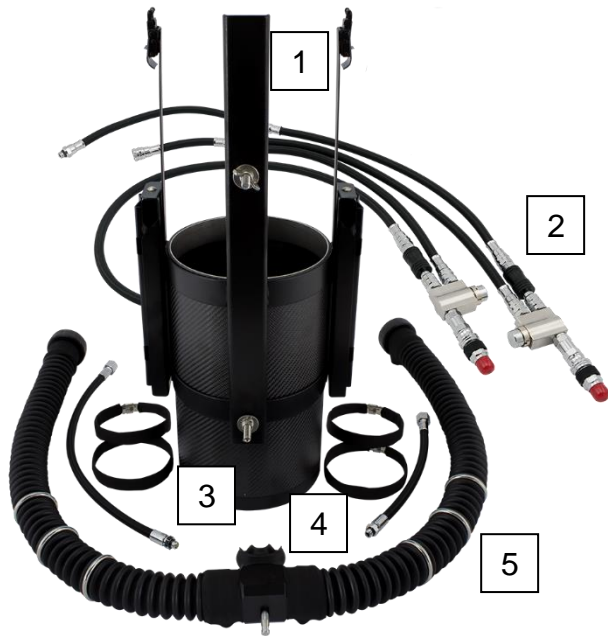
1. ADV

2. Gasanschluss ADV

3. Gasanschluss Manuelle Einspeisung

4. Atembalg / Gegenlunge

4.3 Frame und Zubehör



1. Backmount Frame mit Flaschenhalter weiblich
2. Manual Add Kit mit Offboard Gas
3. Schlauchschellen mit Schlauch für Sauerstoff
4. Schlauchschellen mit Schlauch für Diluent
5. Loop mit Mundstück und Anschlüssen



Kalkbehälter



Pony Clamp
Flaschenhalter männlich



3 Liter Flaschen
Abbildung zeigt G5/8
Ventile auf beiden Seiten.
Innerhalb der EU werden
die Flaschen für die
Sauerstoffseite mit einem
M26x2 Ventil ausgeliefert

Kapitel 5 – Montage des SF2

Der SF2 wird im vormontierten Zustand geliefert. Alle wesentlichen Bestandteile sind bereits montiert und kontrolliert. Zubehör wie Druckgasflaschen, Wing, Atemregler müssen noch montiert werden und auf die persönliche Größe angepasst werden (Harness). Dies geschieht im Rahmen des SF2 Tauchkurses unter direkter Supervision des Tauchlehrers. Dieser gibt praktische Tipps und beaufsichtigt die korrekte Montage aller Komponenten. Nur so kann eine ordnungsgemäße Funktion gewährleistet werden.



WARNUNG

Die Erstmontage des SF2 muss unter direkter Supervision eines autorisierten SF2 Tauchlehrers stattfinden. Nur eine ordnungsgemäße Montage garantiert die fehlerfreie Funktion des Geräts.

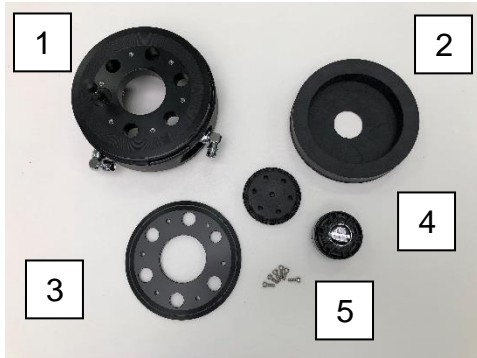
5.1 Montage Flaschen

Die Pony Clamps männlich werden mit Hilfe der Schlauchschellen an den Flaschen montiert. Dabei muss sowohl die Position als auch die Höhe beachtet werden. (siehe nachstehende Bilder)

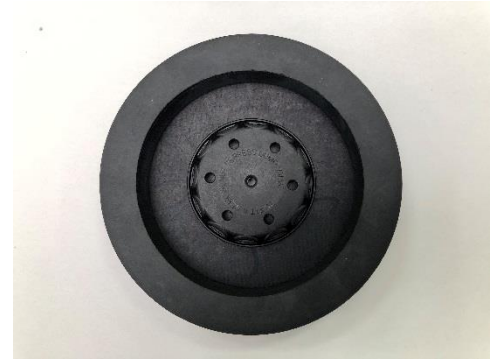


5.2 Montage Balg

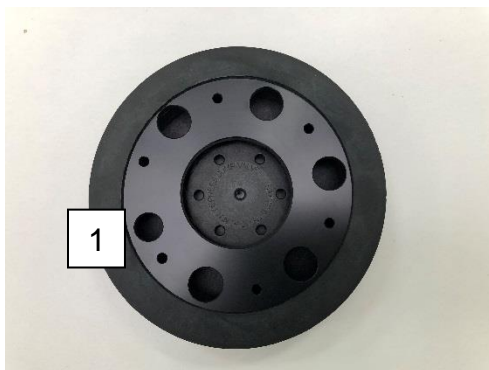
Der Balg ist bei Auslieferung montiert. Trotzdem ist es wichtig zu wissen wie dieser montiert wird, da er von Zeit zu Zeit für die Reinigung heraus genommen oder im unwahrscheinlichen Fall der Beschädigung getauscht werden muss.



Einzelkomponenten des Mittelteils: 1. Mittelteil 2. Atembalg 3. Balg-Spannscheibe 4. Überdruckventil. 5. Schrauben



Zunächst muss die Mutter des Überdruckventils im Atembalg platziert werden.



Die Balgspannscheibe wird in den oberen Ring des Atembalgs geschoben. Hierbei zeigt die gewölbte Seite nach außen. 1. Die etwas kleinere Öffnung wird später über den Stößel vom Trigger geschoben



Die Gewindebuchsen werden vor der Montage leicht gefettet. 1. Stößel vom Trigger geschoben



Die Balgspanscheibe wird mit Hilfe der Schrauben am Mitteteil befestigt. Die Schrauben werden handfest angezogen.



Das Überdruckventil wird in den Atembalg geschraubt. Auch hierbei ist handfest völlig ausreichend. Die Mutter braucht leichten Gegendruck damit sie sich nicht mitdreht.

5.3 Montage Scrubber und oberes Carbonrohr



Das Mitteteil wird in den Backmount Frame geschoben. Dabei müssen die beiden Gasabschlüsse zwischen Pony Clamps und Plate-Aufnahme positioniert werden. Danach wird der Kalkbehälter auf das Mitteteil gestellt. Der O-Ring am Kalkanschluss (1) muss regelmäßig kontrolliert werden. Danach wird das obere Carbonrohr montiert. Im inneren des Carbonrohrs befindet sich ein Aufkleber mit Seriennummer. Dieser Aufkleber ist unten (zeigt also Richtung Mitteteil). Der Atemkalk muss im Behälter verdichtet werden, die ordentliche Füllung ist wichtig für die Funktion. **Montage und Füllung des Kalkbehälter sind wichtige Bestandteile des SF2 Tauchkurses. Dein Tauchlehrer zeigt dir wie es richtig geht und steht dir bei Fragen zur Verfügung.**

5.4 Montage Batterie Solenoid



Zum Einlegen der Batterie muss zunächst das Batteriefach geöffnet werden. Dazu werden die zwei Inbusschrauben mit einem passenden Schlüssel herausgeschraubt. Bei der Batterie die das Solenoid mit Strom versorgt handelt es sich um eine Standard 9 Volt Batterie. Diese wird über einen Spritzwasser geschützten Stecker mit dem System verbunden. Danach werden die Schrauben wieder handfest angezogen.

5.5 Montage Sensoren



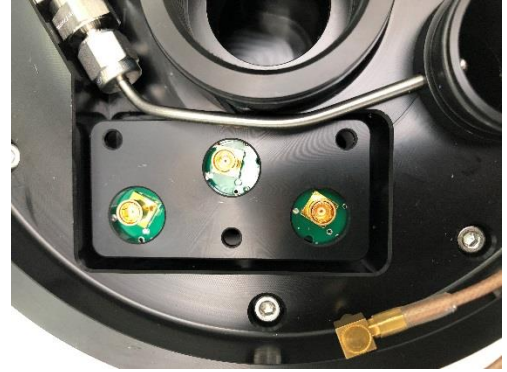
Folgende Teile werden bei der Sensormontage benötigt:
 3 x Sauerstoffsensoren; 3 x O-Ring; Sensorabdeckplatte; 3 x Schrauben



Zunächst werden die O-Ring in Position gelegt. Beim Wechsel der Sensoren kommt es häufig vor, dass die O-Ringe an den alten Sensoren festhängen.



Die Sauerstoffsensoren werden einfach in Position gebracht



Die Sensorhalteplatte hat drei Löcher. Diese müssen richtig positioniert werden damit die Schrauben passen.



Die Schrauben werden handfest angezogen.



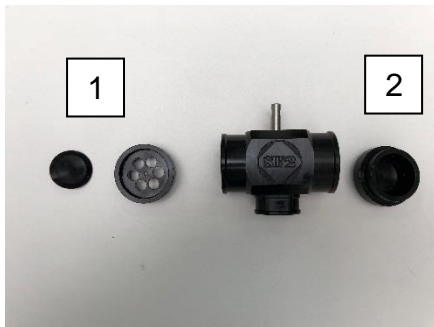
Die Sensorkabel werden auf die Sensoren gesteckt. Die Länge des Kabels bestimmt welches Kabel auf welchen Sensor kommt.

5.6 Montage Loop



WARNUNG

Der Loop bestimmt den Kreislauf des Gerätes. Von daher ist es besonders wichtig diesen vorschriftsmäßig zu montieren. Fehlmontage kann zu ernsthaften Unfällen führen.



1. Ventilträger Ausatemseite. Die Richtungsmembran wird vorsichtig wie im mittleren Bild gezeigt montiert. 2. Ventilträger Einatemseite. Die Richtungsmembran wird vorsichtig wie im mittleren Bild gezeigt montiert. Danach werden die Ventilträger ins Mundstück gesteckt. Ausatemseite links / Einatemseite rechts. (Logo Position auf dem Mundstück wie auf den Fotos.

Die Richtungsventile im Mundstück bestimmen den Kreislauf. Eine ordnungsgemäße Montage ist enorm wichtig für die Funktion des Gerätes. Dein Tauchlehrer zeigt dir wie es richtig geht und steht dir bei Fragen zur Verfügung.



Die Atemschläuche haben an beiden Anschlussstücken unterschiedliche Durchmesser. Die Seite mit dem höheren Durchmesser kommt ans Mundstück und wird mit der Schlauchschelle befestigt



Die Anschlussstutzen des Loops haben unterschiedliche Durchmesser um Verwechslungen auszuschließen. Mit bloßem Auge ist der Unterschied schwer zu erkennen. Es ist hilfreich den Stutzen kurz in den Kopf zu schieben. Die Ausatemseite hat den größeren Durchmesser, passt also nicht auf die Einatemseite. Der O-Ring auf der Ausatemseite ist auch dicker als der auf der Einatemseite. Wenn die Seite bestimmt ist wird der Stutzen in die Überwurfmutter geschoben und mit der Schlauchschelle befestigt.



Der eigentliche SF2 ist jetzt fertig montiert – jetzt kann das Zubehör montiert werden.

6.0 Montage Zubehör

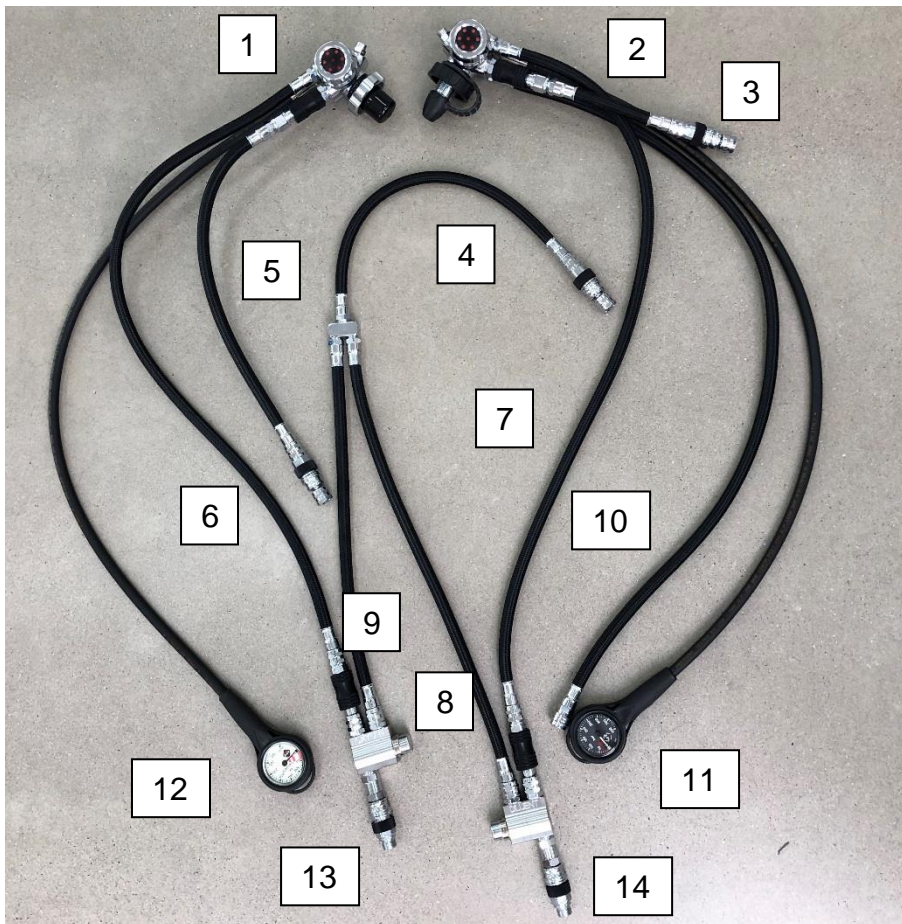
6.1 Manual Add Kit & Off Board Gas

Das Manual Add Kit ermöglicht es dem Taucher das Kreislaufgerät im Notfall manuell zu steuern. Die Offboardconnectoren ermöglichen es externes Gas anzulegen und das Kreislaufgerät damit zu betreiben.



ANMERKUNG

Das manuelle Steuern des Kreislaufgerätes erfordert Übung. Im Rahmen Ihres Tauchkurses wird ihr Tauchlehrer dies mit Ihnen üben und genaue Vorgehensweisen zeigen. Üben sie dies regelmäßig.



1. Erste Stufe Sauerstoff 2. 1. Stufe Diluent 3. LP 15 cm (ADV) mit Flow Stopper und Quick Disconnect 4. LP 40 cm (Manueller Port) mit Quick Disconnect 5. LP 50 cm (Solenoid) mit Flow Stopper und Quick Disconnect 6. LP 80 cm (O2 Zulauf Manual Add) mit Flow Stopper 7. LP 80 cm (Diluent Zulauf Manual Add) mit Flow Stopper 8. LP 50cm (Diluent Zulauf Rebbi) 9. LP 40cm Sauerstoff Zulauf Rebbi 10. Inflater Hose Wing 90 cm 11. Finimeter Diluent 12. Finimeter Sauerstoff 13. Manual Add Block Sauerstoff mit Gas Connector 14. Manual Add Block Diluent mit Gas Connector

6.2 Montage Atemregler, Wing & Harness

Die Montage des Zubehörs erfordert ein wenig handwerkliches Geschick und Grundkenntnisse über Tauchausrüstung. Versuch dies nicht alleine. Dein SF2 Tauchlehrer steht dir mit Rat und Tat zur Seite und wird neben der Montage auch die individuelle Größenanpassung gemeinsam mit dir durchführen.



Nachdem die Flaschen an den SF2 befestigt wurden können die Atemregler angeschraubt werden. Es empfiehlt sich das Gerät dabei hinzulegen, da dies das Arbeiten erleichtert. Die Mitteldruckschläuche müssen von den Manual Adds abgeschraubt werden, da diese bei der Montage hinderlich sind.



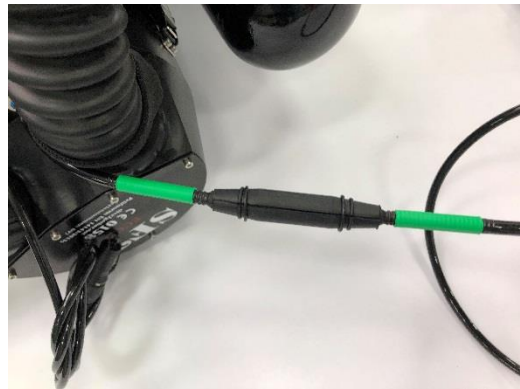
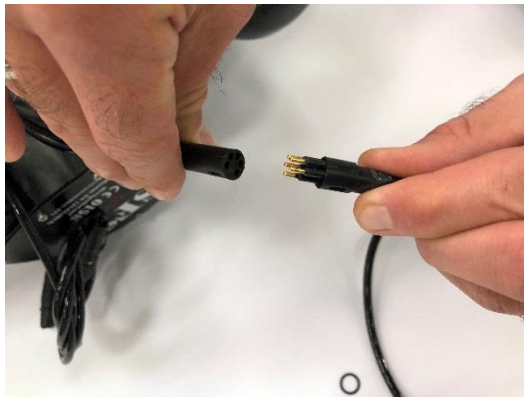
Wenn die Mitteldruckschläuche mit Quick Disconnect ausgestattet sind, in der Variante „Ready to Dive“ dann können sie einfach angeklickt werden. Die Konnektoren haben eine „Lock“ Funktion, die durch Drehen des schwarzen Rings aktiviert wird. Hierdurch wird verhindert, dass die Schläuche unbeabsichtigt abspringen. Ohne Quick Disconnect werden die Schläuche einfach handfest mit einem Maulschlüssel angezogen.



Um die Montage zu vereinfachen wird das Wing mit Flügelmutter am Träger befestigt. Danach werden die Schläuche und die Finimeter durch die oberen Schlitze des Wings nach vorne geführt.



Jetzt kann die Backplate mit Harness auf dem Wing montiert werden. Die Schläuche werden vorsichtig durch die „Bungees“ am Harness geführt und wieder mit den Manual Adds verbunden. Hierbei muss darauf geachtet werden, dass jeder Schlauch an der richtigen Stelle angeschlossen wird weil es ansonsten zu Fehlfunktionen kommt.



Der Controller des SF2 verfügt über eine wasserdichte Steckverbindung die wie auf der zweiten Abbildung gezeigt gesichert wird.



ANMERKUNG

Die Schnellkupplung darf unter Wasser NICHT Auseinandergenommen werden. Insbesondere im Salzwasser kann es zu Schäden an den Kontakten kommen und kostenintensive Reparaturen fällig werden.



Zu guter Letzt wird entweder das HUD oder ein Petrel Ext. an die Fischerbuchse angeschlossen. Zu beiden Geräten gibt es separate Bedienungsanleitungen die ebenfalls sorgfältig gelesen werden müssen. Der SF2 ECCR ist jetzt fertig zum Tauchen.

7.0 Kalibrieren der Sauerstoff-Sensoren

Das Kalibrieren der Sensoren ist sehr wichtig, damit unter Wasser der korrekte Sauerstoffpartialdruck des Atemgases angezeigt wird. Prinzipiell wird mit **reinem Sauerstoff** kalibriert und die Kalibrierung **mindestens jede Woche** bzw. bei veränderten äußeren Umständen durchgeführt. Bei Änderung des Luftdruckes (z.B. Bergseetauchen oder bei großen Wetterschwankungen) sollte neu kalibriert werden. Auch wenn Wartungen am Kopf durchgeführt wurden, wenn Wasser in den Kopf gekommen ist oder wenn beim letzten Tauchgang irgendetwas auffällig war, muss neu kalibriert werden.

Man kalibriert aus mehreren Gründen mit reinem Sauerstoff. Da man beim Kreislauftauchen meist mit einem Setpoint von 1,0 - 1,3 taucht, kommt die Kalibrierung mit reinem Sauerstoff dem Gasgemisch am nächsten. Darüber hinaus hat ein Fehler bei Kalibrierung mit Luft größere Auswirkungen, als mit reinem Sauerstoff. Ein Fehler von etwa 1% bei Luftkalibrierung (z.B. 20% statt 20,9%) entspricht einer Abweichung von 5% in reinem Sauerstoff (95% statt 100%). Aus diesem Grunde wird üblicherweise auch auf 98% und nicht auf die tatsächlichen 100% kalibriert, da man davon ausgehen muss, dass die Spülung des Kopfes nicht vollständig bzw. noch Restfeuchtigkeit im System oder auf der Sensormembran ist.



Zum Kalibrieren des SF2 benötigt man das Kalibrierset. Dieses besteht aus einer Schutzkappe mit Inflatornippel, einem Inflatorschlauch und der männlichen Kupplung des Quick Disconnect Sets. Ein separates Kalibriergas wird nicht benötigt, da auf die Sauerstoffflasche des SF2 zurückgegriffen werden kann.



Schalte den Controller ein und spüle den Kopf für ca. 5 sec mit Sauerstoff und warte dann etwa 10 sec. Wiederhole diesen Vorgang 2-3 Mal, bis sich die Sensoren stabilisiert haben. Wenn die Sensoren in ihren Anzeigen nicht mehr schwanken, drücken Sie bei leichtem Gasfluss (0,5-5 l/min) auf „Kalibrieren“ und warten Sie auf die Bestätigung. Üblicherweise wird am Controller der Kalibrierungswert auf 98% gestellt, weil man von einer gewissen Restfeuchtigkeit und einer nicht 100%igen Spülung des Systems ausgeht. Kalibriere auf diese Art und Weise ebenso den Backup-Computer/Monitor bzw. das HUD!

8. Sicherheitschecks vor dem Tauchgang

Die Funktionstests und das Abarbeiten der Checklisten sind für ein reibungsloses Funktionieren des SF2 essentiell. Auch wenn der reine Zusammenbau schon vorher gemacht wird, muss am Tauchplatz das gesamte Tauchgerät geprüft und die Checkliste durchgegangen werden.

Wichtige Funktionstests sind die Druckprüfungen auf Dichtigkeit des Systems sowie die Kontrolle der Schlauchverläufe, Shut-Offs und Anschlüsse.

Darüber hinaus müssen alle Ventile (Solenoid, ADV, OPV, MAVs) ordnungsgemäß funktionieren und der Controller angeschaltet sein.

Auch oder gerade wenn man schon sehr viel Erfahrung mit Kreislaufgeräten hat, sollte man die Tests und Checks immer mit einer kurzen Checkliste abarbeiten.

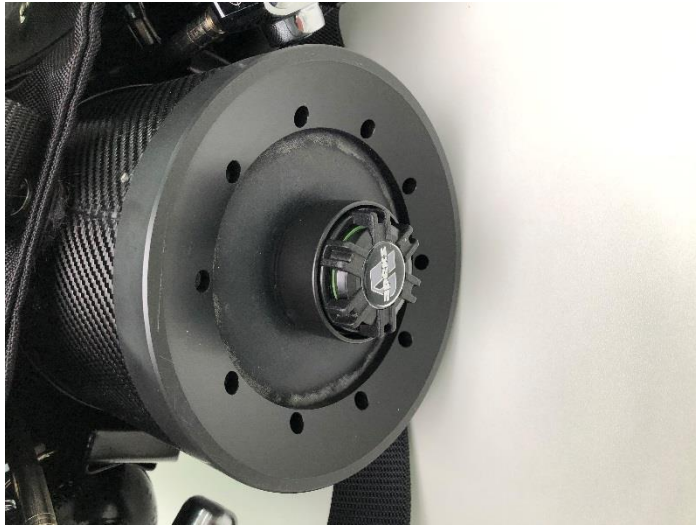
Checklisten und SOPs (standard operating procedures) sind auch für Profis gedacht! Hier kann man sehr viel aus der Fliegerei und Notfallmedizin lernen, wo aufgrund ausführlicher Zwischenfall- und Unfallanalysen Checklisten unverzichtbar geworden sind.

8.1 Test Glasfluss / Gasrichtung Loop



Der Atemschlauch muss vor jedem Tauchgang überprüft werden, da er die Verbindung zwischen Taucher und SF2 darstellt. Überprüfe den Atemschlauch auf Risse und Beschädigungen und kontrollieren die O-Ringe an den Anschlüssen. Nehme das geöffnete Mundstück in den Mund und dichte nacheinander beide Öffnungen des Loops mit der Handfläche ab. Beim Verschließen der Einatemseite (rechts) muss beim Einatmen ein Unterdruck entstehen, beim Ausatmen und Verschließen der Ausatemseite (links) ein Überdruck. Ist die Dichtigkeit der Atemgarnitur gegeben, kann sie an den Kopf des SF2 geschraubt werden. Eine Verwechslung der Anschlüsse ist aufgrund der Bauweise nicht möglich, trotzdem sollten Sie sich angewöhnen, die Atemgarnitur sofort richtig in die Hand zu nehmen. Das Mundstück zeigt zum SF2 wobei der Schieber (in geschlossener Position) bzw. das kleine Loch für das Ausblasen nach unten zeigt.

8.2 Über- und Unterdrucktest



Überdrucktest

Mit Hilfe des Überdrucktests wird das gesamte System auf Dichtigkeit geprüft und darüber hinaus auch die Funktion des Überdruck- bzw. Auslassventil (OPV) der Gegenlung getestet. Kippe dazu das fertig montierte Gerät oder lege es hin, damit das OPV der Gegenlung frei ist. Drehe das OPV zu und führe den Überdrucktest durch. Nimm den Loop in den Mund, atme durch die Nase ein und durch den Mund aus, bis das OPV abbläst. Schließe den Loop

und warte für 1-2 Minuten. Prüfe nun, ob die Gegenlung immer noch prall nach außen drückt. Öffne Sie nun das Mundstück und achte darauf, ob der Restdruck gehalten wurde.



Unterdrucktest

Mit Hilfe des Unterdrucktests wird das gesamte System nochmals auf Dichtigkeit geprüft. Der Unterdrucktest ist sensibler und daher noch wichtiger als der Überdrucktest. Nimm den Loop in den Mund, atme durch den Mund ein und durch die Nase aus. Saug so lange die Luft aus dem Kreislauf, bis ein Unterdruck entsteht. Schließe den Loop und warte für einige Minuten. Öffne nun das Mundstück und achte darauf, ob der Unterdruck gehalten wurde (Geräusch von einströmendem Gas).

8.3 Assembly Check (Zusammenbau)

- Überprüfe alle Tauchflaschen auf den korrekten Inhalt (Gas) und kontrolliere die Flaschendrucke. Dazu zählen nicht nur die Sauerstoff- und Diluentflasche, sondern auch die Argonflasche sowie alle Bailout-Stages.
- Stelle sicher, dass der Scrubber korrekt gefüllt und eingebaut wurde.
- Überprüfe die ordnungsgemäße Verriegelung der beiden Kopfclamps, der drei D-Gasanschlüsse (Solenoid, ADV und MAV) und der Tankhalterungen.
- Überprüfe die Einstellungen am Controller sowie den Batterieladezustand.
- Kippe den SF2, kontrollieren Sie die Gegenlung und prüfen Sie ob das Auslass-/Überdruckventil der Gegenlung geschlossen ist. Führe den Überdrucktest durch.
- Richte den SF2 auf und führe den Unterdrucktest durch.

8.4 Pre-dive-Check

Sauerstoff-Seite:

- Schalte den Controller an und atme aus dem Loop. Drehe die Sauerstoffflasche auf und überprüfe die Funktion des Solenoids und des Solenoid-Shut-Offs. Teste auch, ob der Controller den Setpoint stabil halten kann. Überprüfe nun das Sauerstoff-MAV und das MAV Shut-Off und kontrolliere abschließend den Flaschendruck.
- Stelle den Setpoint auf 0.19, schließe die Sauerstoffflasche und atme den Loop leer.

Diluent-Seite:

- Drehe die Diluentflasche auf und atme den Loop leer, bis das ADV anspricht. Überprüfen auch die Funktion des ADV-Shut-Offs. Teste nun das Diluent-MAV, das Diluent-MAV Shut-Off sowie den Wing-Inflator/-OPV.
- Kontrolliere abschließend den Flaschendruck.



8.6 Prejump-Check

- Kontrollieren Sie Ihre Ausrüstung auf Vollständigkeit (Lampen, Masken, Boje etc.)
- Öffnen Sie die Tauchflaschen sowie Bailout-Stages.
- Überprüfen Sie den Inflator und das Einlassventil (Wing und Trockentauchanzug).
- Schalten Sie den Controller und den Monitor an.
- Stellen Sie mit dem Sauerstoff-MAV den pO₂ auf >0,7 bar und atmen Sie den Loop probetalber.



WARNUNG

Schalte den Controller immer an **BEVOR** du ins Wasser gehst. Der Controller schaltet sich erst in der Abtauchphase automatisch an. Schwimmst du an der Oberfläche und atmest durch den Loop kann es zu einer lebensgefährlichen Hypoxie kommen.

LET'S GO DIVING!



9. Nach dem Tauchen

Die richtige Vorgehensweise bei der Demontage und anschließende Pflege ist wichtig damit du lange Freude an dem SF2 hast und wichtige Bauteile nicht unnötig in Mitleidenschaft gezogen werden.

9.1 Demontage des SF2

1. Gerät abstellen, **nicht hinlegen**, da sonst der Speichel bzw. Wasser des Loops in den Kopf rinnt (Sauerstoffsensoren)!
2. Controller und Backup-Computer abschalten.
3. Nach Salzwassertauchgängen das gesamte Gerät mit Süßwasser abduschen/spülen, am besten unter Druck.
4. Loop an der Ausatemseite abschrauben und nach unten hängen lassen, damit Speichel etc. abrinnen kann. Mundstück öffnen.
5. Flaschen zudrehen und mittels MAVs und/oder Inflator entlüften. Den Sauerstoffmagnetventil-Anschluss abkoppeln.
6. Tanks kurz aus der Verriegelung lösen, damit die Kopfverriegelung geöffnet werden kann.
7. Kopf abnehmen, Kopfabdeckscheibe entfernen und kontrollieren, ob die Sauerstoffsensoren feucht sind. Ist der Kopf trocken, kann die Abdeckscheibe wieder montiert werden. Tipp: Beim Abnehmen des Kopfes am Sauerstoffventil-Anschluss ziehen und am Anschluss der MAV Einspeisung gegenhalten.
8. Scrubber aus dem Oberrohr entfernen und kontrollieren, ob der Scrubber bzw. das obere Karbonrohr sowie die Gegenlunge innen feucht/nass ist (am besten mit einer Lampe hinein leuchten). Ist alles trocken und die Standzeit noch nicht abgelaufen, kann der Scrubber für einen Wiederholungstauchgang wieder eingesetzt werden.

9.2 Reinigung des SF2

Ist ein weiterer Tauchgang geplant, kann der SF2 wieder zusammengebaut werden. Ist der Tauchtag jedoch zu Ende, sollte der SF2 komplett demontiert werden, um die Einzelkomponenten reinigen und trocknen zu können.

9. Loop ganz abschrauben, ausspülen und zum Trocknen aufhängen.

10. Scrubber herausnehmen und in einen luftdichten Sack packen (Beschriftung mit Datum und Tauchzeit). Ist die Standzeit abgelaufen, den verbrauchten Atemkalk fachgerecht entsorgen und den Atemkalkbehälter reinigen.

11. Gegenlunge herausnehmen, auswaschen und verkehrt herum zum Trocknen aufstellen

12. Loop, Oberrohr und Mittelteil mit Gegenlunge regelmäßig desinfizieren.



9.3 Desinfizieren

Der Atemkreislauf des SF2 sollte regelmäßig desinfiziert werden, um eine Keimbesiedelung der Bauteile auszuschließen. Etwa alle 15-20 Tauchstunden (in tropischen oder warmen Regionen alle 10-15 h) sollte daher eine Desinfektion von Atemgarnitur, Oberrohr, Mittelteil und Gegenlunge durchgeführt werden. Für die Desinfektion muss EW-80 laut Anweisung des Herstellers verwendet werden. EW80 wurde speziell für die Anforderungen von Tauchern, aber auch Feuerwehr, Polizei und Militär entwickelt und eignet sich daher besonders gut für die Desinfektion von Kreislaufgeräten.

9.4 Transport und Lagerung

Für den Transport des SF2 z.B. im Auto müssen die Sauerstoff- und Diluenttanks abgenommen und separat transportiert werden. Aufgrund von Erschütterungen oder Hebelkräften während der Fahrt könnten ansonsten die Tankhalterungen am SF2 beschädigt werden.

Die Lagerung des SF2 sollte an einem trockenen, schattigen und gut belüfteten Ort erfolgen. Vermeide unnötige UV- bzw. Sonneneinstrahlung sowie hohe Temperaturen.

Entferne den Atemkalk, reinige alle Einzelteile des SF2 und fette die O-Ringe mit einem sauerstoffkompatiblen Fett. Desinfiziere die Bestandteile des Atemkreislaufs und lagere den Loop nicht hängend.

Für längere Lagerzeiten sollten alle Batterien (Sauerstoffmagnetventil und Controller) sowie die Sauerstoffsensoren ausgebaut werden. Kaputte Batterien oder Sauerstoffsensoren können auslaufen und die Kontakte bzw. Anschlüsse korrodieren.

10. Instandhaltung und Wartung

Der SF2 ist ein sehr robustes und wartungsarmes Kreislaufgerät, er sollte jedoch trotzdem immer mit Sorgfalt behandelt und regelmäßig gewartet werden. Generell müssen alle Bauteile regelmäßig visuell kontrolliert und entsprechend gereinigt und gepflegt werden.

Um die Funktion des SF2 nicht zu beeinträchtigen, müssen bestimmte Bauteile in regelmäßigen Intervallen gewartet oder ausgetauscht werden.

Folgende Wartungen dürfen vom Benutzer selbst ausgeführt werden:

Austausch der O-Ringe, der Flatterventile, der Sauerstoffsensoren und der Batterien.

Alle Arbeiten an der Elektronik, am Sauerstoffmagnetventil, an den ersten Stufen und am Korpus dürfen nur vom Hersteller oder einem autorisierten Service-Center durchgeführt werden.

Unabhängig von den vorgegebenen Wartungsintervallen müssen verbrauchte oder defekte Bauteile sofort ersetzt werden.

Verwende dazu ausschließlich Originalersatzteile. Werden andere Teile verwendet, erlischt die Garantie. Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass Funktionsstörungen aufgrund falscher Ersatzteile zu lebensbedrohlichen Zwischenfällen oder zum Tod führen.



ANMERKUNG

Der SF2 muss alle 12 Monate in einer dafür qualifizierten und vom Hersteller autorisierten Werkstatt gewartet werden.

12. Anhang

11.1 Checkliste

| SF2-CCR Checkliste | | |
|--------------------|--|-----------|
| ZUSAMMENBAU | | |
| 1. | Alle Flaschen auf Inhalt + Druck kontrollieren (O2, Dil, Argon, Stages) | |
| 2. | Gegenlunge-OPV zuge dreht, Atemkalk kontrolliert und eingebaut | |
| 3. | Kalibrierung <small>(falls nötig)</small> | |
| 4. | Atemgarnitur-Test | |
| 5. | QD-Anschlüsse 1+2+3 zu, Kopfclamps zu, alle Schläuche fest | |
| 6. | Überdruck-Test | |
| 7. | Unterdruck-Test | |
| PRE-DIVE-CHECK | | |
| 1. | Controller anschalten → Loop atmen | |
| 2. | O2 Tank öffnen → Solenoid / Shut-off kontrollieren → Solenoid kann Setpoint stabil halten → O2 MAV / Shut-off kontrollieren → Finimeter → O2 Tank schließen. | O2 Seite |
| 3. | Setpoint auf 0.19 stellen, Loop leer atmen | |
| 4. | Diluent Tank öffnen → ADV / Shut-off kontrollieren → DIL MAV / Shut-off kontrollieren → Wing Inflator → Finimeter → DIL Tank schließen. | DIL Seite |
| 5. | Controller-Einstellungen kontrollieren (Plan, Gase, Batterie, Funktionen) | |
| PRE-JUMP-CHECK | | |
| 1. | Ausrüstung kontrollieren (Lampen, Boje, Masken etc.) | |
| 2. | Flaschen AUF, Controller AN, Inflatoren angesteckt | |
| 3. | pO2 > 0,7 → Loop Anatmen | |

12.2 Weitere Bedienungsanleitungen

Für den sicheren Gebrauch des SF2 ist es unabdingbar folgende Bedienungsanleitungen gründlich zu lesen.

1. Shearwater Petrel Dive Can
2. Shearwater Petrel Ext.
3. SF2 ECCR HUD

Sollten dir diesen Bedienungsanleitungen nicht vorliegen findest du diese auf unserer Webseite im Download Bereich.

www.scubaforce.eu

Übereinstimmung mit CE Anforderungen

In Übereinstimmung mit der Europäischen Norm EN14143:2013, Absatz 8 sind folgende Informationen besonders zu beachten.

- 8.1 Dieses Handbuch enthält Informationen, die geschulte und qualifizierte Personen dazu berechtigen den SF2 auf sichere Weise zusammenzubauen und zu verwenden
- 8.2 Dieses Handbuch wurde ursprünglich in deutscher Sprache verfasst
- 8.3 Die Anwendung des SF2 ist ein autonomes Sporttauchgerät. Für Tauchgänge mit Luft und Trimix Gas. Der SF2 ist für eine maximale Tiefe von 30 Metern (90 Fuß) mit Luftverdünnungsmittel oder bis zu 100 m (325 Fuß) mit Trimix-Verdünnungsmittel zugelassen. Der SF2 verwendet zwei Gasversorgungen: Trimix- oder Luftverdünnungsmittel und Sauerstoff; und diejenigen, die durch das Atmen erzeugt werden, Gasgemisch, das durch das SF2 gemischt wird. Die Verwendung des SF2 ist auf das Tauchen unter Wasser nur durch entsprechend geschulte Personen beschränkt. Detaillierte Anweisungen zur Montage des SF2 einschließlich Beschreibungen der einzelnen Komponenten, der speziellen Verbindung zwischen den Komponenten sowie der verschiedenen Sicherheitselemente finden Sie in diesem Handbuch.
- Der Benutzer sollte in der Lage sein, die Risiken zu verstehen und die mit der Verwendung des SF2 und der Verwendung dieses Handbuchs verbundenen Risiken in Verbindung mit einer qualifizierten Ausbildung des SF2-Tauchlehreres vor dem Tauchen einzuschätzen. Die Betriebstemperatur für den SF2 liegt zwischen mindestens 4 ° Celsius und höchstens 34 ° Celsius. Die Verwendung des Geräts außerhalb dieser Grenzen kann zu Fehlfunktionen führen. Der SF2 ist für Tauchgänge vorgesehen, bei denen eine geringe bis mäßige Arbeitsleistung erforderlich ist. Obwohl der SF2 in der Lage ist, hohen Arbeitsleistungen standzuhalten, ist dies nicht sein eigentlicher Einsatzzweck. Der SF2 soll den Taucher mit einem Atemgasgemisch mit einem Sauerstoffpartialdruck zwischen 0,4 bar (mindestens 0,35 bar) und 1,3 bar (maximal 1,5 bar) versorgen. Abhängig von der Tiefe des Tauchgangs sollte der Sauerstoffanteil im Atemgas zwischen 21% und 100% liegen. Stickstoff zwischen 0% und 79% und Helium zwischen 0% und 90%, abhängig vom verwendeten Verdünnungsmittel, d.h. Luft oder

Trimix. Benutzer müssen die Anzeigen und Alarmsysteme überwachen und angemessen reagieren, wenn die Sauerstoffkonzentration gefährlich wird. Der SF2 erfordert die Überwachung eines LCD-Displays und sollte daher nur in Gewässern mit einer Mindestsichtweite von mindestens 30 cm verwendet werden. Die Verwendung des SF2 unter Bedingungen, die keine Überwachung des LCD-Displays ermöglichen, birgt ein erhöhtes Risiko.

- Der SF2 enthält Sauerstoff unter hohem Druck als eine seiner Gasversorgungen und verwendet Geräte, die speziell gereinigt und für den Umgang mit Hochdrucksauerstoff vorbereitet wurden. Dementsprechend ist beim Umgang mit diesen Gasgemischen besondere Vorsicht geboten, insbesondere beim Nachfüllen der Gasflaschen.
- Für jeder Komponente, die mit Hochdrucksauerstoff in Kontakt kommt (z.B. Atemregler auf der Sauerstoffseite und angeschlossene pneumatische Teile), muss angemessener Umgang und Sauberkeit gewährleistet werden. Komponenten die Hochdrucksauerstoff ausgesetzt sind, müssen von einem qualifizierten Servicecenter gewartet werden. Die Nichtbeachtung dieser Anweisung kann zu einem Sauerstoffbrand und schweren Verletzungen einschließlich des Todes führen.
- Der SF2 erfordert vor dem Tauchen eine ordnungsgemäße Montage und wichtige Sicherheitsschecks die vom Taucher durchzuführen sind. Details zu beiden Punkten sind in diesem Handbuch enthalten.
- Die Verwendung des SF2 ohne vollständige Prüfung des Systems birgt ein erhöhtes Risiko für den Taucher.
- Kapitel neun des Handbuchs beschreibt Pflege und Reinigung nach dem Tauchgang sowie Anweisungen für die Langzeitlagerung des SF2. Darüber hinaus wird darin die Haltbarkeit bestimmter Komponenten, verschiedene Sicherheitsmaßnahmen sowie die Wartungs- und Inspektionsintervalle beschrieben. Die Nichtbeachtung dieser Hinweise kann zur Beschädigung einzelner Komponenten führen, was wiederum zu Fehlfunktionen des SF2 führen kann
- 8.4 Die Verdünnungsflasche (Diluent) des SF2 darf nur mit Trimix oder Luft gefüllt werden. Das verwendete Helium muss der Kategorie 6.0 entsprechen. Die Sauerstoffflasche darf nur mit medizinischen (atembaren) Sauerstoff der Kategorie 5.1 gefüllt werden. Der SF2 darf nur mit Molecular Sofnolime befüllt werden.
- Ergänzungen und Veränderungen am Gerät durch Dritte sind nicht zulässig.
- 8.5 Die Atemkalkstandzeit dieses Geräts beträgt 100 Minuten unter folgenden Bedingungen: Tauchtiefe 30 Meter; Wassertemperatur 4 ° Celsius, AMV 40 Liter / Minute.
- 8.6 In Bezug auf Langzeitauswirkungen auf die Gesundheit durch das Tauchen von Kreislaufgeräten gibt es weder Erkenntnisse noch medizinische Studien. Trotzdem ist es für den Benutzer wichtig sich über aktuelle Forschung auf dem Laufenden zu halten.

11.4 Begrifflichkeiten und Abkürzungen

SF2 ECCR:

Kurzform SF2 / ScubaForce 2

Atemschläuche / Loop:

Besteht aus den Atemschläuchen, dem Mundstück und den Verbindungsstücken.

Atemkalk:

Granulat welches, durch einen chemischen Prozess in der Lage ist Kohlendioxid (CO₂) zu binden und somit das Gas atembar hält.

ADV:

Automatisches Bypassventil. Über das ADV wird das Verdünnungsgas automatisch zugeführt, sobald das Volumen im Kreislauf unter das eingeatmete Volumen fällt. Dies kann durch Absteigen (Druckzunahme), reinigen der Maske, Verbrauch von Sauerstoff usw. geschehen.

Bailout:

Notfallverfahren. Hierbei wird das Kreislaufgerät verlassen und auf das offene System gewechselt.

CO₂:

Kohlendioxid.

Hyperkapnie:

Erhöhter Anteil von CO₂ im Blutkreislauf

Hypoxie:

Sauerstoffmangel (niedriger Sauerstoffgehalt)

Hyperoxie:

Sauerstoffüberschuss (erhöhter Sauerstoffgehalt)

Diluent:

Verdünnungsgas (Luft oder Trimix). Das Gas wird gebraucht um den Sauerstoffanteil im Atemgas zu reduzieren/ verdünnen.

ECCR:

Electronic-Closed-Circuit-Rebreather (elektronisch gesteuertes komplett geschlossenes Kreislaufgerät)

Counterlung:

Gegenlung – Balg zum Sammeln des ausgeatmeten Gases.

Controller:

Computer der mit den Sauerstoffzellenverbunden ist und den Sauerstoffanteil im Gerät konstant hält.

Kalibrierung:

Sauerstoffzellen müssen vor der Nutzung mit 98 oder 100% Sauerstoff kalibriert werden.

Canister / Scrubber:

Atemkalkbehälter

PPO2:

Sauerstoffpartialdruck

LOOP:

Kreislauf bestehend aus menschlicher Lunge, Gegenlunge, Kalkbehälter und Atemschlange

Petrel 2:

Controller und Tauchcomputer – wird am Arm getragen.

Setpoint:

Am Controller eingestellter PPO2 Wert.

O2 Sensor:

Chemische Sauerstoffzelle zur Analyse der Sauerstoffanteils im Atemgas.

Solenoid:

Magnetventil - wird elektronisch geöffnet wenn der Sauerstoffanteil im Atemgas unter den eingestellten Wert fällt.

OPV:

Over Pressure Valve – Überdruckventil. Öffnet bei einem bestimmten Überdruck im Kreislaufgerät. Dient auch dazu eingetretenes Wasser aus dem Gerät zu entfernen.

Wasserfalle:

Verhindert das eingetretenes Wasser, Speichel oder Kondenswasser in den Elektronik oder Kalkbereich gelangt. Beim SF2 ist der Atembalg die Wasserfalle. Hier befindet sich auch das OPV über welches eingetretenes Wasser auch aus dem Gerät entfernt werden kann.