



Korrosion an Tauchflaschen

„Wie gefährlich ist Rost in der Tauchflasche und wie lässt er sich verhindern?“ Diese Frage eines Lesers hat uns bewegt, das Thema etwas genauer unter die Lupe zu nehmen.

Vorab eine etwas befremdlich wirkende Antwort: Eisen rostet nicht ...?.. wenn die relative Luftfeuchtigkeit unter 50% bleibt! Stahlflaschen, die nur mit dem in der Norm für die Reinheit der Atemluft DIN EN 12021 (alt DIN 3188) angegebenen maximalen Feuchtegehalt von 25 mg/m³ Wasser gefüllt werden, bleiben innen rostfrei. Offensichtlich wird hier viel gesündigt, sowohl bei der Füllung der Druckluftflaschen als auch beim Einsatz, sodass Rost doch ein Thema ist. Ein Beitrag von Werner Scheyer.

Metalle werden, abhängig von ihrer Widerstandsfähigkeit im Lauf der Zeit durch äußere Einflüsse zersetzt. Dieser Vorgang heißt Korrosion. Bei Eisen und Stahl spricht man auch von Rosten. Ursache sind chemische und elektrochemische Vorgänge. Bei der chemischen Korrosion ist die Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit entscheidend, während die elektrochemische Korrosion zwischen verschiedenen Metallen unter Anwesenheit eines Elektrolyten stattfindet.

Es bildet sich ein galvanisches Element, durch den Stromfluss wird das unedlere Element zerstört es korrodiert zu einem Oxid. Diese Kontaktkorrosion kann auch an einer Metalllegierung zwischen den unterschiedlichen Metallkristallen erfolgen, man spricht dann von interkristaliner Korrosion.

Ein Elektrolyt ist jede leitende Flüssigkeit wie See-, Leitungs- oder Regenwasser sowie eine hohe Luftfeuchtigkeit. Wie schnell ein Metall bei der elektrochemischen Korrosion zerstört wird, hängt von seiner Stellung in der elektrochemischen Spannungsreihe ab, je weiter oben es steht, d. h. je positiver sein Standardpotential ist, umso edler und umso widerstandsfähiger ist es.

Einige Metalle, wie z.B. das Aluminium, bilden an der Oberfläche eine dichte Oxidschicht, die vor weiterer Zerstörung durch die chemische Korrosion schützt, während bei Eisen die Oxidschicht porös ist und immer weiter eindringt, bis zur vollkommenen Zerstörung.

Schutz der Flaschen vor Korrosion

Außenschutz bei Stahlflaschen

Hier unterscheiden wir zwischen einem echten und einem unechten Oberflächenschutz.



Vorn: Halb flammgespritzverzinkte Flasche nach der Bewitterung. Dahinter: Eine immerhin 32 Jahre alte Stahlflasche mit einwandfreier Oberfläche, trotz ca. 3000 Einsätzen.

Ein unechter Schutz wäre eine normale Lackschicht, die nur solange schützt, wie sie porenfrei ist. Es genügt ein leichter Schlag, ein kleiner Riss, schon dringt Feuchtigkeit ein und der Rost breitet sich unter der Farbe aus. Ein echter Oberflächenschutz dagegen wirkt auch dann, wenn er das zu schützende Metall nur unvollkommen überdeckt bzw. be-

schädigt ist. So ein Schutz wäre bei Druckluftflaschen aus Stahl eine Flammgespritzverzinkung. Die Flasche wird dazu mit einem groben Material sandgestrahlt, um eine raue Oberfläche zu bekommen. Danach wird ein Zinkdraht in eine Schweißflamme geführt, er schmilzt und das flüssige Zink spritzt auf die Flasche und „verkrallt“ sich

Elektrochemische Spannungsreihe

Gold	+ 1,5	↑ edel
Platin	+ 0,86	
Silber	+ 0,80	
Kupfer	+ 0,34	
Blei	- 0,13	↓ unedel
Zinn	- 0,14	
Nickel	- 0,23	
Eisen	- 0,44	
Chrom	- 0,74	
Zink	- 0,76	
Aluminium	- 1,67	
Magnesium	- 2,40	

Je weiter zwei Elemente in der Spannungsreihe auseinander liegen, umso höher ist die Spannungsdifferenz und das Zerstörungspotential.

in der rauhen Oberfläche. Das ist ein dauerhafter und sehr effektiver Schutz, auch dann, wenn die Zinkschicht durchbrochen ist. Der Schutz erfolgt durch die elektrochemische Korrosion, das Zink steht in der Spannungsreihe weiter unten, ist also unedler und wird im Lauf der Zeit zerstört. Das Eisen bleibt rostfrei.

Das gleiche Prinzip wird im Schiffsbau angewendet, um Eisenrumpf und Bronzeschraube zu schützen wird eine „Opferanode“ aus Zink montiert, die nach und nach zerfressen wird.

Die nach der Flammstanzverzinkung auf der Flasche aufgetragenen Lackschichten dienen nur noch der optischen Verschönerung und der Kennzeichnung des Flascheninhaltes. Die anstelle der Flammstanzverzinkung in der Werbung angepriesene Lackierung mit einer Zinkstaubgrundierung ist billiger, wirkt ähnlich aber nicht so gut, da die einzelnen Zinkteilchen in einem Bindemittel eingebettet und so teilweise voneinander isoliert sind ist der Schutz eingeschränkt. Ähnlich wirkt übrigens auch der Aluminiumlack, der nach der TÜV-Prüfung auf die eingeschlagenen Zahlen aufgestrichen wird.

Leider werden diese Kennzeichnungen immer noch mit brachialer Gewalt in den Flaschenhals geschlagen. Für die Herstellerkennzeichnung mag das noch angehen, da sie das ganze Flaschenleben halten müssen, nicht aber für die wiederkehrenden Prüfungen. Warum geht es nicht so wie beim Auto mit einem Aufkleber? Das hätte auch den Vorteil, dass die Prüffrist auch bei montiertem Schutznetz ablesbar ist. Es wird wohl noch Jahre dauern, bis die Dampfmaschinenmentalität in den Köpfen der zuständigen Ausschussmitglieder ausgetauscht ist.

Innenschutz bei Stahlflaschen

Wie schon in der Einleitung erwähnt ist ein Innenschutz der Stahlflaschen nicht erforderlich und auch nicht zugelassen. Die in der ehemaligen DDR damals übliche Innenlackierung barg die Gefahr der unbemerkten Unterrostung. Der Lack hebt sich im Laufe der Zeit ab und wird porös, da bei voller Flasche Gasmoleküle in und unter den Lack diffundieren und bei schnellem Druckwechsel während des Tauchens nicht schnell genug zurückkommen. Der Lack erleidet also einen Dekompressionsschaden.



Unterrostete Oberfläche.



Nach der Wende und der Übergangsfrist mussten daher alle diese Flaschen innen sauber sandgestrahlt werden. Auch die Auskleidung mit Öl oder Fett ist nicht zugelassen. Einmal beeinträchtigt es den Geruch und Geschmack der Atemluft, bei Verwendung mit angereichertem Sauerstoffanteil besteht sogar Explosionsgefahr! In der Theorie ist jede Flasche innen trocken, in der Praxis ist das aber schon fast die Ausnahme. Wie aber kommt das Wasser in die Flasche? Das haben wir schon im *DIVEMASTER 2/99* behandelt, hier nochmals kurz die Zusammenfassung:

Totales Leeratmen der Flasche

Die erste Stufe des Atemregler ist dann offen und Wasser könnte über diesen Weg eindringen. Das ist zwar eher unwahrscheinlich, da immer noch ein geringer innerer Überdruck in der Flasche besteht, aber theoretisch möglich. Die TRG (Technische Regeln Gase) fordert aus diesem Grund auch, dass bei vollkommen leergeatmeter Flasche das Ventil demontiert und die Flasche auf Feuchtigkeit untersucht werden muss, bevor sie wieder gefüllt wird.

Falsches Überströmen aus einer Spenderflasche

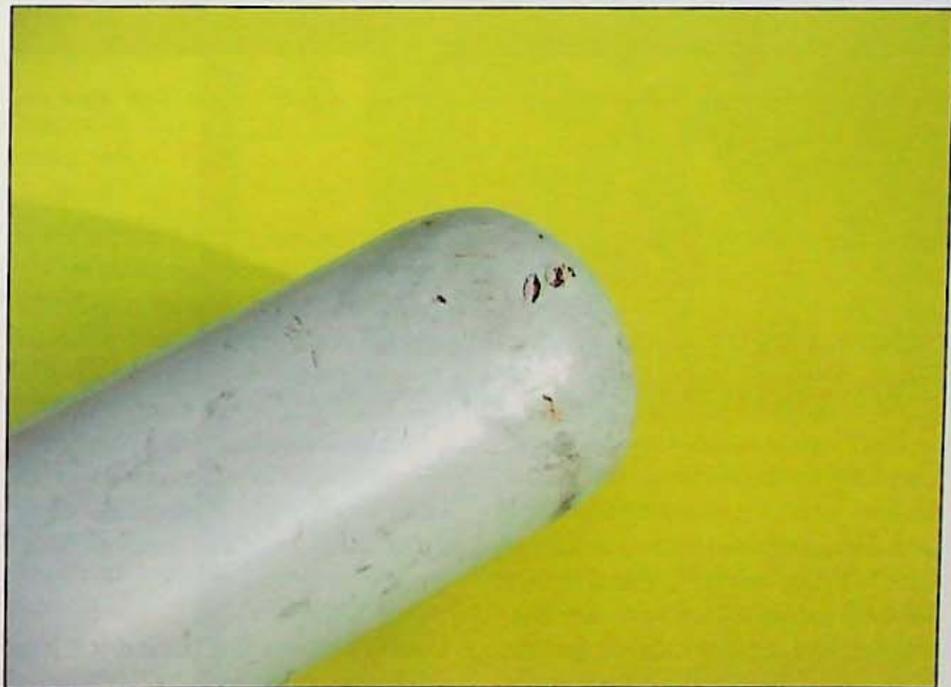
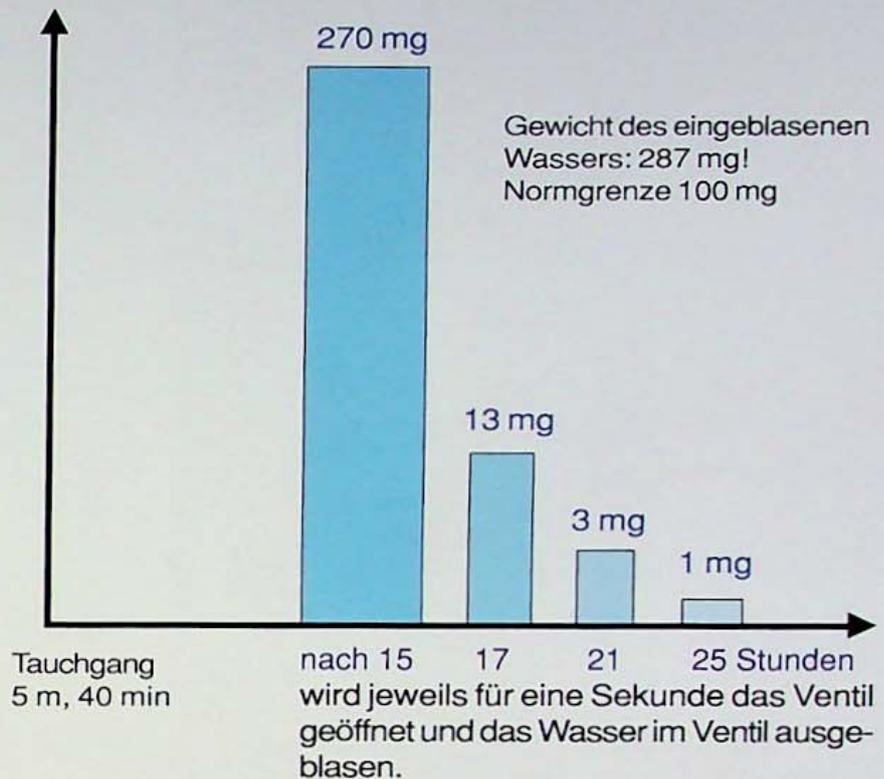
Beim Überströmen muss das Ventil der Spenderflasche voll geöffnet werden, gedrosselt wird am Ventil der Empfängerflasche. Nur so ist in der Empfängerflasche der maximale Druck und der minimale Feuchteanteil.

Fehlende Nachtrocknung nach der TÜV-Prüfung

Eine fehlende Nachtrocknung wäre eine grobe Schlaperei der mit der TÜV-Prüfung beauftragten Firma. Nach der Druckprobe, die aus Sicherheitsgründen mit Wasserfüllung erfolgt, muss jede Flasche mit Heißluft getrocknet und gleich wieder verschlossen werden. Verantwortungsvolle Firmen wie z.B. die Tauchertechnik Brandenburg GmbH (siehe *DIVEMASTER 2/99*) setzen dem Prüfwasser noch einen Zusatz zu („OMNICOR“), der kurzzeitig die Korrosion in der Flasche verhindert. Es ist sehr empfehlenswert, in regelmäßigen Abständen die Arbeit seiner TÜV-Stelle zu überprüfen! Verbleibende Feuchtigkeit in der Flasche fördert das Rosten und die innere Vereisung des Atemreglers, auch

Wassergehalt der Flaschenluft

Bleibt ein Abgang eines Doppelventiles offen, gelangt beim Tauchgang Wasser in den Bereich der Unter- und Oberspindel. Wird danach über diesen Abgang gefüllt, wird das Wasser in die Flasche gedrückt.



Beispiel für unechten Oberflächenschutz. Die Oberfläche ist durch Schlag porös geworden und ist unterrostet.

Foto: Werner Scheyer



Ein Kolben aus einer kolbengesteuerten 1. Stufe, defekt wegen dem Rost aus einer Flasche.

wenn dieser als kaltwassertauglich zertifiziert ist!

Fehlende Ventiltrocknung vor dem Füllen

Nach dem Demontieren des Atemreglers von der Flasche verbleibt immer etwas Wasser im Anschlussgewinde, das vor dem Anschluss an den Kompressor kurz ausgeblasen werden muß, da es sonst in die Flasche gelangt. Noch kritischer ist es, wenn an ein Ventil mit zwei Abspereinheiten nur ein Atemregler angeschlossen wird, der zweite Abgang aber offen bleibt. Während des Tauchgangs wird so Wasser in diesen Abgang gepresst, bis in den Bereich der Oberspindel. Wird dann über die

sen Abgang wieder gefüllt, kann das Wasser kaum durch ein kurzzeitiges Öffnen des Ventils entfernt werden, es gelangt in die Flasche. Bei einem entsprechenden Versuch wurde 15 Stunden nach dem Tauchgang bei einmaligem, kurzen Öffnen des Ventils 270 mg Wasser ausgeblasen, auch bei späteren, mehrmaligem Öffnen kam noch Wasser! Die insgesamt gemessene Wassermenge von 287 mg lag so fast dreimal höher als die Normgrenze.

Überschrittene Standzeit des Filters am Kompressor

Diese Standzeit ist von so vielen Faktoren abhängig (siehe *DIVEMASTER* 2/99), dass die

in den Betriebsanleitungen angegebenen Wechselintervalle nur grobe Anhaltspunkte darstellen. Sicher sein kann man nur, wenn die abgegebene Luft immer kontinuierlich überwacht wird, wie es beispielsweise beim Bauer Securussystem oder dem Feuchtemessgerät von Lenhard & Wagner erfolgt.

Dass hier einer der Hauptsünden liegt, zeigen regelmäßige Messungen in der Praxis im In- und Ausland. Empfehlenswert ist es beispielsweise, bei Reisen ans Mittelmeer nach dem Urlaub sofort die eingesetzten Flaschen auf Feuchtigkeit zu kontrollieren, da in dem hektischen Basisbetrieb während der kurzen Saison die maximale Filterstandzeit oft ignoriert wird.

Selbst wenn der Luftgeschmack noch in Ordnung ist, kann der Feuchtigkeitsgehalt schon viel zu hoch sein, was im warmen Mittelmeereswasser natürlich nicht zu einer Vereisung führt, der Rost macht sich erst später bemerkbar.

Korrosionsschutz bei Alufaschen

Der Run auf Aluminiumflaschen ist zumindest im Inland vorbei, die Nachfrage ist kaum noch vorhanden, Alufaschen gelten doch als schwerer.

Für Tauchbasen am Meer haben sie aber immer noch Vorteile, da sie weder innen noch außen einen Oberflächenschutz benötigen, die natürliche, sich an der Oberfläche bildende Oxidschicht ist dicht und schützt.

Werden auf einer Tauchbasis mit entsprechend warmem Wasser nur Tauchflaschen aus Aluminium verwendet, könnte man sich sogar das Trockenmittel im Filter des Kompressors sparen.

Die sich dann in der Flasche niederschlagende Feuchtigkeit würde das sehr stabile Aluminiumoxid binden. Dieses bildet sich dadurch, dass sich bei jedem Füllvorgang die Flasche etwas dehnt wodurch die sehr spröde Oxidschicht aufreißt, frisches Aluminium liegt wieder frei an der Oberfläche und oxidiert sofort wieder.

Das Oxid ist ein sehr feiner, weißer Puder. Die Feuchtigkeit in der Flasche würde aber die Kontaktkorrosion innen zwischen Ventil und Flasche fördern, daher sollte auch an dieser Stelle isoliert werden, beispielsweise durch eine Lage Teflonband am Gewinde unterhalb der O-Ringdichtung, da die elektrochemische Korrosion an Stellen, wo das Alu-



Klein: Normales Wasserschutzrohr.
Daneben: Metall-Wasserschutzrohr mit Metall-Sinterfilter. Norm-Forderung: Oberfläche mindestens 900mm².
Daneben: Sinterfilter aus geschäumtem Polyurethan von AIRCON für kleinkonische und zylindrische Flaschen-Einschraubgewinde.

minium mit anderen Metallen zusammen kommt sehr problematisch ist.

Metallschellen an Tragegestellen, ebenso die Auflagepunkte des Ventils am Flaschenhals, müssen isoliert werden. Bei den Schellen genügt ein breites Gummi- oder Kunststoffband, am Ventil hat sich seewasserbeständiges Fett oder ein elastischer Kleber bewährt. Das Ventil wird ganz eingeschraubt und dann wieder etwa Umdrehung herausgedreht. Es bildet sich dann ein etwa 0,5 mm breiter Spalt, der mit Fett gefüllt, bzw. über den der Kleber gestrichen wird. Nun wird das Ventil mit dem vom Hersteller angegebenen Drehmoment (meist 100 Nm, entspricht dem Gewicht eines vollen 10 l-Eimers an einem 1 Meter langen Hebel, nicht mehr!) angezogen. Der dünne Film im Spalt und das über den Spalt herausgedrückte Material wirkt als Isolation gegen die elektrischen Ströme des galvanischen Elementes zwischen Aluminium und dem Chrom des Ventils.

Auswirkungen der Korrosionsprodukte

Die Korrosionsprodukte Rost bzw. Aluminiumoxid können sowohl gesundheitliche wie technische Probleme machen,

iAX

Joint Relax

Schluß m
 Muskelverspannungen
 und Kopfschmerzen
 durch das Mundstück

Der größte Vorteil von JAX beim Tauchen ist die Entspannung der Mundmuskulatur und insbesondere die des Unterkiefers. Diese Entspannung bringt dem Taucher eine höhere Sicherheit, vor allem bei mittlerem oder langem Aufenthalt unter Wasser.*

Die Stabilität von JAX ist hervorragend. Die Haftfläche modelliert sich bei individueller Anpassung an die Zähne und garantiert daher einen festen und sicheren Sitz. Dies gewährt absolute Sicherheit auch bei zufälligen Stößen oder starker Strömung, bei der ein normales Mundstück verloren gehen kann.

Erstaunlich ist die lange Lebensdauer. Es wurden Haltbarkeitstests mit über 30 Tauchgängen durchgeführt. Dabei traten weder Brüche noch Risse auf. Angetesteten Mundstücke blieben vollständig unversehrt.

...*Die mit diesem Mundstück nach zwei Jahren der Verwendung unter allen möglichen Bedingungen gemachten Erfahrungen erlauben es uns, die hohe Qualität dieses Produktes zu bestätigen. Die vom ganzen Team empfundenen Vorteile sind so positiv, dass es für uns undenkbar ist, eine Rückkehr zur Verwendung herkömmlicher Mundstücke in Betracht zu ziehen.*

*Massimo G. Giudicelli, Abteilungsleiter des nationalen Feuerwehrcorps und verantwortlicher Taucher des Sicherheits- und Unterstützungsteams des Athleten Umberto Pelizzari.

Das anatomische
 physiologische
 Mundstück

- Vermeidet Irritationen des Zahnfleisches.
- Entspannt die Muskelbänder.
- Schützt das Unterkiefergelenk.

15 Sek. im kochendes Wasser tauchen
 Selbständiges Modellieren
 Perfektes physiologisches Einpassen

Patent Pending

Sollten Sie JAX nicht bei Ihrem Händler finden, bestellen Sie mit diesem Coupon.
 Hiermit bestelle ich das anatomische, physiologische Mundstück JAX
 Preis: 49,90 DM. Ab 3 Stck.: 45,00DM/Stck inkl. MwSt. und Versandkosten
 Menge:.....Preis/Stck.....DM=Summe:.....DM

Per Nachnahme. Oder Vorkasse durch:
 Banküberweisung (VR-Bank Untertaunus, BLZ: 510 91700 Konto:50. 4888. 02)
 Online Bestellung: <http://cgi.eucanect.com/jax/order.html>
 Kreditk.: Visa Master Nr. / / / Gültig bis: /

Name und Vorname: _____ Tel. _____
 PLZ/Ort _____ Str. _____

Diesen Abschnitt per Fax an: 06128 978015 oder per Brief an: **jaxeurope GmbH**
 Kurt Schumacher Str. 30 65232 Taunusstein

Sind Sie Händler, so rufen Sie uns bitte an unter 06128 953933

Jetzt im Fachhandel erhältlich



Kopf einer Alufflasche mit bis zu 4mm tiefen Korrosionslöchern an der Kontaktstelle zwischen Alu und Ventil.

da die sehr feinen Anteile auch die etwas groben Sinterfilter im Eingang der ersten Stufe passieren können.

Die gesundheitlichen Probleme betreffen die Wirkungen in der Lunge. Der größte Anteil wird zwar durch die Schleimschicht in den zuführenden Atemwegen gebunden und durch die Flimmerhaare in Richtung Rachen befördert und dort verschluckt oder ausgehustet. Ein Rest kann aber auch in die Lungenbläschen gelangen. Dort wird er von Fresszellen abgebaut oder auch eingelagert und von Bindegewebe umhüllt.

Die technischen Probleme betreffen den Atemregler. Die den Eingangssinterfilter passierenden Anteile können sich in die Dichtung der ersten Stufe einpressen, wodurch

diese mit der Zeit undicht wird. Der Mitteldruck steigt dann und die zweite Stufe bläst zur Sicherheit ab, ein klarer Fall für den Service mit den entsprechenden Kosten.

Es gab Fälle, bei denen eine einzige, innen rostige Flasche alle Atemregler einer Basis mit der Zeit außer Betrieb gesetzt hat. Das ist auch die Erklärung, warum vor dem Urlaub frisch gewartete Atemregler danach schnell wieder abbliesen, die Flaschen am Urlaubsort waren eben innen rostig, was man dann auch an der Dichtung in der ersten Stufe nachweisen kann.

Schutz vor Korrosionsprodukten

Die Konsequenzen aus den obigen Ausführungen sind:

- 1) Regelmäßige Überprüfung des Flascheninneren auf Feuchtigkeit und Rost sowie gegebenenfalls eine Innenreinigung durch Sandstrahlen oder Rollieren (Drehen mit Schleifmitteln).
- 2) Verhinderung der chemischen Korrosion in Stahlflaschen durch Senkung der Luftfeuchtigkeit unter 50%
- 3) Einsatz von zusätzlichen, sehr feinen Sinterfiltern am Flaschenventil
- 4) Einsatz zusätzlicher „Personal Filter“

Der erste und zweite Punkt ist zwar wünschenswert, auch im Interesse einer langen Lebensdauer der Flasche, allerdings haben TaucherInnen oft kaum die Möglichkeit oder eine Einflussnahmemöglichkeit, wenn sie nicht selbst füllen und die TÜV-Vorbereitungen (Ventildemontage und Montage) machen.

Der dritte Punkt stellt eigentlich die wichtigste Lösungsmöglichkeit dar. Es gibt heute Feinfilter aus geschäumtem Polyurethan, die alle Korrosionsprodukte aus der Flasche zurückhalten, unabhängig ob Stahlflasche oder Aluminium. Sie werden an Stelle des Wasserschutzrohres am Ventil montiert und ragen in die Flasche hinein. Geliefert werden diese bläulichen wasserabstoßenden Feinfilter von der Fa. AIRCON über den Fachhandel. Zusätzlich zu der Filterwirkung stellen sie einen sehr effektiven Schutz gegen die innere Vereisung der ersten Stufe dar, da sie den Taupunkt auf minus 50 Grad Celsius absenken, weit unter die Temperatur, die bei der Entspannung der Luft in der ersten Stufe erreicht wird.

Da nicht alle Ventile am Wasserschutzrohr das gleiche Gewinde haben, gibt es jeweils entsprechende Adapter. Diese Filter sind auch für die alten, kleinkonischen Flascheneinschraubgewinde lieferbar. Sie sind im Durchmesser etwas kleiner wegen der kleineren Bohrung.

Personal Filter werden beim Füllen zwischen dem Kompressoranschluss und der Flasche montiert. Sie sollen Feinpartikel aber auch Feuchtigkeit und Öldämpfe zurückhalten, beispielsweise wenn mit angereicherten Sauerstoffgemischen gearbeitet wird.