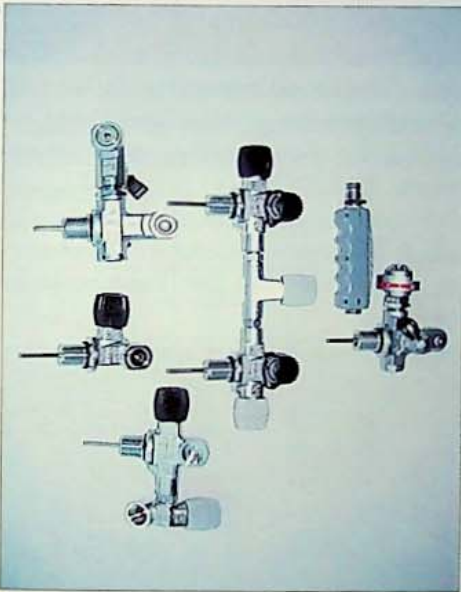




Gasflaschenventile

Gasflaschenventile für den Tauchsport haben mit dem zunehmenden Sicherheitsbewußtsein in den letzten Jahren bemerkenswerte Verbesserungen erfahren. Waren es zu Beginn der Sporttaucherei Ventile mit nur einem Abgang an den der Atemregler angeschlossen wurde, sind es heute teilweise komplette Systeme, die kaum noch Wünsche offen lassen. Oft sind es aber diese zahlreichen Anschlußmöglichkeiten, die wieder Probleme erzeugen, weil man beispielsweise vor lauter Schläuchen das Ventil im Falle einer Vereisung eines Atemreglers mit Neoprenhandschuhen nicht schnell genug schließen kann. Wir haben uns einige der am Markt angebotenen Ventile mit doppelter Absperrung genauer angeschaut. Ein Bericht von Werner Scheyer.

Fotos: Werner Scheyer, MTI-Press



Scubaprossystem, Mono- und Doppelventile für Einzel- und Doppelflaschenmontage

Herstellung von Ventilen

Das Rohmaterial für die Herstellung von Ventilen sind Stangen aus einer Messinglegierung, bestehend aus Kupfer, Zink und einer geringen Beimengung von Blei. Die Stangen werden in Stücke geschnitten und in einem Durchlaufofen auf 800 Grad Celsius erwärmt. Auf einer 300-Tonnen-Pressen erfolgt die Umformung des runden Messingstückes in die Rohform des späteren Ventils, wobei das Material, das nicht in die Form paßt, also zu viel ist, als Grat herausgepresst wird. Diese Art der Herstellung hat nicht nur den Vorteil, daß weniger Material zerspannt werden muß, als wenn das Ventil aus einem Block herausgearbeitet wird, auch die Festigkeit ist größer, da sich bei der Umformung der Faserverlauf des Materials in etwa der späteren Ventilform anpaßt. Nach dem Abstanzen des Grates erfolgt die Weiterbearbeitung der Rohlinge auf großen, weitgehend vollautomatisch arbeitenden Werkzeug-

maschinen, auf denen die Flächen überdreht, die Löcher gebohrt und die Gewinde geschnitten werden. Nach jedem Arbeitsgang erfolgen Prüfungen. Die weiteren Schritte betreffen nur noch die Optik, Polieren der Oberfläche mit anschließendem Vernickeln und Verchromen geben den Teilen ein ansprechendes Äußeres.

Nach der Montage der Unter- und Oberspindeln mit ihren Dichtungen und Gleitscheiben und dem Aufsetzen der Handräder sind die Ventile bereit zur Endprüfung. Vor allem die Dichtigkeitsprüfung erfordert einen hohen Aufwand, hier wird mit Heliumgas und speziellen Sensoren gearbeitet, und so jede Undichtigkeit sofort entdeckt. Ventile dürfen nur eingesetzt werden, wenn sie der Bauart nach zugelassen sind. Dazu werden Muster vorab von der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) in Berlin eingehend untersucht. Nur wenn alle Prüfungen bestanden werden, vergibt das Arbeitsministerium des entsprechenden Landes die Bauartzulassungs-Nummer, die auf allen Ventilen lesbar angebracht sein muß. Die Bauartzulassung beispielsweise der AIRCON-Ventile lautet 08-D-27, wobei das "D" darauf hinweist, daß die Ventile in Deutschland hergestellt werden. Noch strenger sind die Vorschriften bei Nitrox-Ventilen, da in Deutschland jedes Gasmisch, das mehr als 21% Sauerstoff enthält, so behandelt werden muß, wie reiner Sauerstoff (in den USA gilt das erst ab 40% Sauerstoffgehalt). Die Nitrox-Ventile müssen ausbrennsichere Dichtungen haben und dürfen nur mit von der BAM freigegebenen Mitteln geschmiert werden.

Einschraubgewinde

Die neue Euronorm EN 144 schreibt zwar für die Flascheneinschraubgewinde M 25 x 2 ISO oder



Rohform eines Ventils

M18 x 1,5 vor, wegen der langen Übergangsfristen von 15 Jahren sind aber auch die Flaschen mit kleinkonischen Gewinden noch lange im Einsatz.

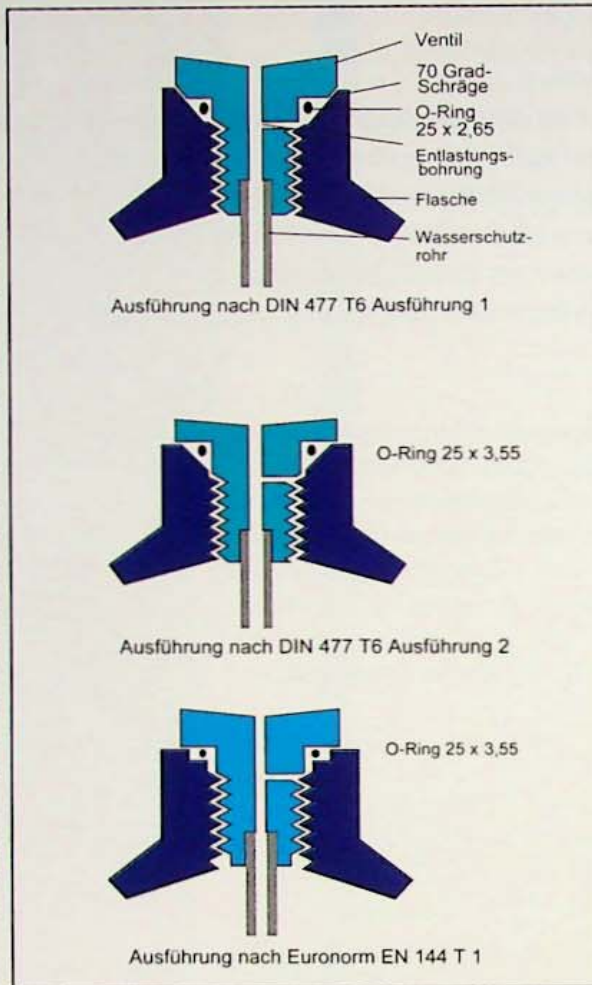
Diese Flaschen wurden früher meist mit Einfachventilen ausgerüstet. Wegen des gestiegenen Sicherheitsstandards werden heute Ventile mit mehreren Abgängen und auch mit doppelter Absperrung gewünscht.

Die Firma AIRCON hat sich daher entschieden, auch die Doppelventile noch zusätzlich mit kleinkonischem Gewinden anzubieten. Es ist nicht ganz einfach, Entwicklungen, die Jahrzehnte ihre eigenen Wege gingen, jetzt europaweit unter einen Hut zu bringen. Ein Beispiel dafür sind die verschiedenen Montage- und Dichtungsformen der Ventile in Deutschland und in den umliegenden Ländern. Schon in Deutschland gab es hier unterschiedliche Ausführungen. Vor 20 Jahren waren es ausschließlich klein- und großkonische Gewinde, die in den Taucherflaschen eingesetzt wurden. Die Abdichtung erfolgte mit Bleikappen oder Teflonband. Die Abdichtung war sicher, da beim Einschrauben des

Ventils durch die konische Form der Durchmesser immer größer wurde und sich dadurch das Dichtungsmaterial fest in die Gewindegänge preßte. Allerdings wurden oft einzelne Gewindegänge überlastet und dadurch geschädigt, bei zu hohem Anzugsmoment konnte in ungünstigen Fällen sogar der Flaschenhals durch die Keilwirkung des konischen Ventiltengewindes gesprengt werden. War das Ventil durch Verunreinigungen aus der Flasche zugesetzt, konnte es bei der Demontage herausgeschleudert werden, wenn der Druck nicht vorher abgebaut war, da der Durchmesser nach etwa drei oder vier Umdrehungen um so viel geringer wurde, daß das Gewinde nicht mehr trug. Auch die Ventilhöhe konnte unterschiedlich sein, was sich bei Doppelflaschenmontage unangenehm bemerkbar machte. Diese und andere Nachteile bewogen den Druckgasausschuß vor etwa 20 Jahren, ein zylindrisches Gewinde M 25 x 2 ISO in Deutschland in der DIN 477 Teil 6, Ausführung 1 festzulegen. Die Dichtung erfolgte mit einem Rundschnurring (O-Ring) mit den Abmessungen 25 x 2,65 und der Härte 70 Shore. Um Seitenkräfte bei Schlägen auf das Ventil besser abfangen zu können, wurde die Flasche mit einer 70 Grad Senkung versehen, in die sich eine entsprechende Anfasung am Ventil hineinlegte. Diese Ausführung hatte aber Nachteile, wie man nach einiger Zeit feststellte.

Die schmale Fase schnitt sich wegen der hohen punktförmigen Belastung vor allem bei Aluminiumflaschen stark ein, was zu Kontaktkorrosion führte. Um diesen Nachteil zu beheben, wurde eine abgeänderte Dichtungsform unter der Ausführung 2 festgelegt. Das Ventil liegt bei dieser Ausführung plan auf, die Abdichtung erfolgt mit einem etwas dickeren O-Ring (25x3,55). Durch die O-Ringdichtung kam man mit einem verhältnismäßig geringem Anzugsmoment von etwa 80 Nm aus.

Als zusätzliche Sicherheit wurden die Ventile mit einer Entlastungsbohrung ausgestattet. Lockert sich das Ventil im gefüllten Zustand der Druckluftflasche, kann sich der Flaschendruck gefahrlos über das Wasserschutzrohr und die Entla-



stungsbohrung abbauen, sobald der O-Ring nicht mehr vollkommen anliegt. Aber Vorsicht! Erfolgt das Abströmen zu schnell, kann die Bohrung durch Eis blockiert werden! Im Zuge der Harmonisierung der nationalen Normen in Europa wurde wieder eine Änderung fällig. Die Euronorm EN 144 sieht unter T 1 nun keine Schräge mehr vor, die Flaschen erhalten eine 2,7 Millimeter tiefe Eindrehung, in der der O-Ring (25x3,55) liegt. Diese Norm ersetzt die alte nationale Norm, die Übergangsfrist beträgt 15 Jahre.

Wir können nur warnen, Flaschen und Ventile mit nicht zueinander passenden Dichtungssystemen zu montieren. Diese Gefahr besteht, da Flaschen und Ventile aller drei Möglichkeiten am Markt zu finden sind. Wird zum Beispiel ein Ventil nach DIN 477 T 6 Ausführung 1 mit einer nach EN-Norm gefertigten Flasche kombiniert, so überdeckt der Bund des Ventils die Senkung nur unvollkommen, der O-Ring kann herausgepreßt werden. Das Ventil fliegt zwar nicht heraus, da sich der Druck vorher über die Entlastungsbohrung abbaut, der Tauchgang fällt aber aus. Findige Händler helfen sich offenbar da-



Eine Flasche mit deutschem TÜV! 3/4"-Einschraubgewinde und Ventil mit M25 x 2,5 Gewinde. Der vorprogrammierte Unfall!

Offenbar hat der TÜV das falsche Gewinde übersehen. Glücklicherweise wurde der Fehler bei der Ventilmontage bemerkt.



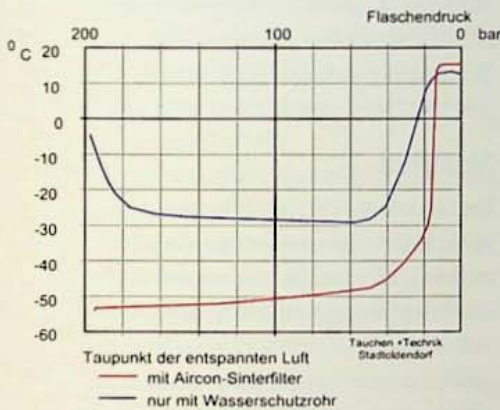
Verschiedene Wasserschutzrohre und Sinterfilter. Links die beiden Filter der Firma Aircon für kleinkonische und zylindrische Flascheneinschraubgewinde

durch, daß sie in diesen Fällen dickere O-Ringe verwenden. Das ist aber nicht zulässig, da damit die Bauartzulassung des Ventils erlischt und die Flasche weder gefüllt noch transportiert werden darf. Der Händler übernimmt auch die volle Produkthaftung! Ein weiteres Problem sind die im Ausland verwendeten zylindrischen Gewinde 3/4". Ein deutsches Ventil paßt bei etwas großen Toleranzen zwar in eine ausländische Flasche, das Gewinde trägt aber nicht, bei etwa 150 bar fliegt es mit Getöse raus! Billige Schnäppchen im Ausland können dann teuer werden. Ventilmontagen darum nur durch Fachleute.



Wasserschutzrohr und Sinterfilter

Vom Ventil ragt ein dünnes Rohr in die Flasche hinein, das Wasserschutzrohr. Es soll verhindern, daß eventueller Schmutz oder Kondenswasser aus der Flasche direkt zum Atemregler gelangt, wenn der Taucher über Kopf abtaucht. Auch ein zusätzlicher Sinterfilter am Ende des Wasserschutzrohres ist ratsam. Dieser Filter muß nach Norm eine nutzbare Oberfläche von 900 Quadratmillimeter haben. Er schützt auch den im Eingang der ersten Stufe vorhandenen Sinterfilter, dessen Oberfläche höchstens 1/10 davon ist. Wie unsere Messungen ergeben haben, zeigen hier die Sinterfilter aus der Medizin aus geschäumtem, wasserabweisendem Polyethylen besonders gute Eigenschaften bezüglich des Vereisungsschutzes.



Diese Filter werden von der Firma Aircon angeboten und sind, mit entsprechenden Adaptern versehen, für alle zylindrischen und kleinkonischen Ventilen einsetzbar.

Das Filter hält alle Verunreinigungen mit einer Korngröße über 6µm (6/1000stel mm) zurück, beispielsweise auch Roststaub oder das chemisch sehr stabile Aluminiumoxid bei Aluflaschen, das wegen möglicher Lungenschädigungen in die Diskussion geraten ist.

Anzugsmomente

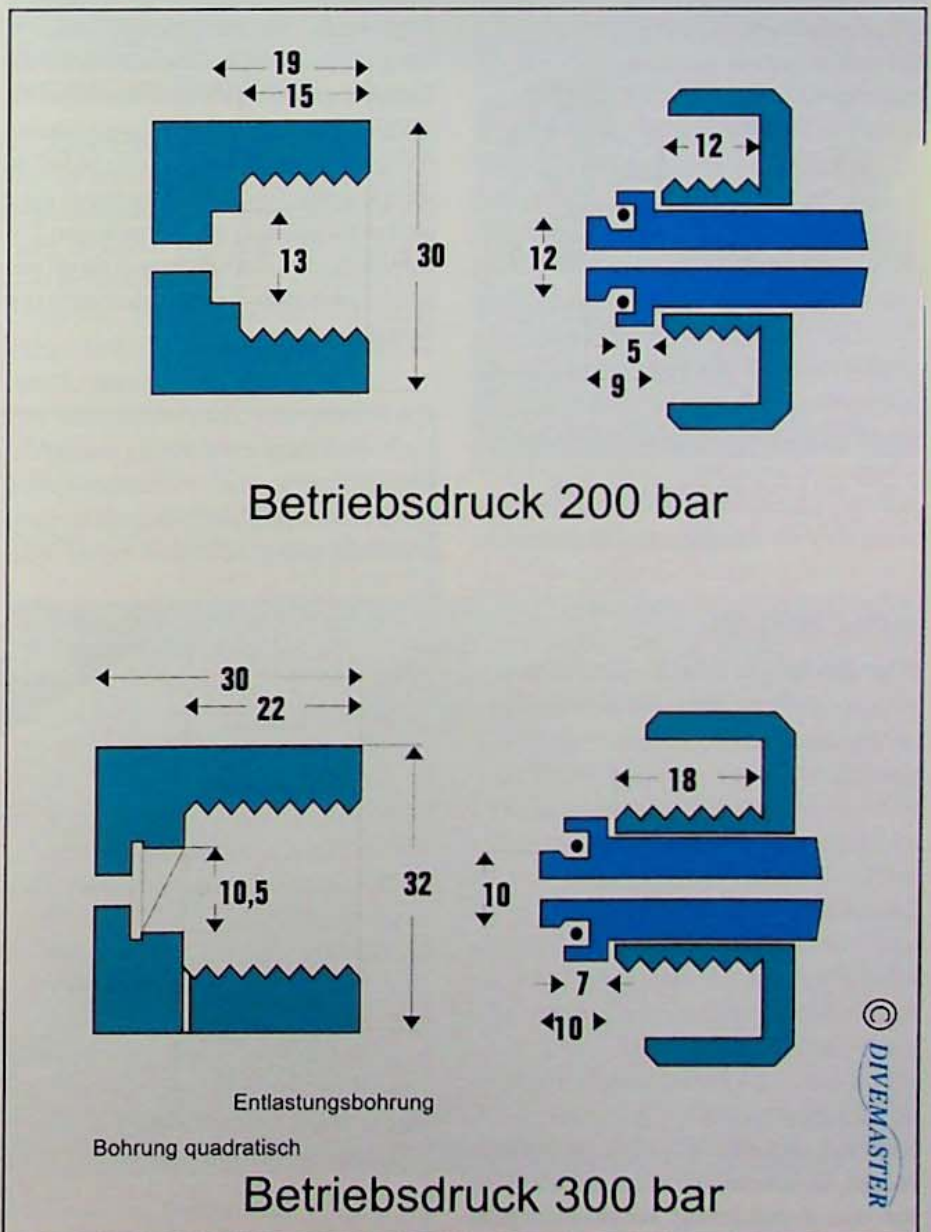
Grundsätzlich gelten die von den Ventilherstellern angegebenen Anzugsmomente beim Einschrauben in die Druckluftflasche. Wie unsere langjährigen Erfahrungen zeigen, wird in kaum einem Betrieb mit entsprechenden Drehmomentschlüsseln gearbeitet, von den Montagen auf Tauchbasen ganz zu schweigen. Mit Ausnahme von großkonischen Ventilen, deren Anzugsmoment bei 200 Nm liegen, werden alle anderen Ventile mit etwa 60 bis 100 Nm angezogen, wo-

bei der niedrigere Wert für Aluflaschen gilt. Als Faustformel sollte man sich daher einprägen: 100 Nm entsprechen dem Gewicht eines vollen Wassereimers an einem 1 Meter langen Hebel, ein stärkeres Anzugsmoment ist nicht nötig, der Einsatz von langen Hebeln und einem Hammer gefährlicher Unfug! Der dichtende O-Ring sollte bei jeder Ventilmontage erneuert werden.

Ausgangsstutzen

Bei den Ausgangsstutzen wird in DIN (Handrad) 200 oder 300 bar und in INT (Bügelanschluß) unterschieden. Während es für das 200 bar System zwischen DIN und INT in jeder Richtung entsprechende Adapter gibt, ist das zwischen DIN 200 und DIN 300 bar zur Sicherheit

nicht möglich. Eine 300 bar-Flasche darf zwar an einem 200 bar-Kompressor zu füllen sein, umgekehrt darf das aber nicht möglich sein. Ebenso kann ein Atemregler für 300 bar problemlos an einer 200 bar-Flasche betrieben werden, umgekehrt ist aber auch das nicht möglich. Erreicht wird das durch unterschiedliche Gewindelängen und runde bzw. quadratische Vertiefungen im Ausgangsstutzen. Eine quadratische Vertiefung deutet immer auf ein 300 bar-System hin, ein Regler für 200 bar mit rundem Ansatz kann dort nicht dichtend eingeschraubt werden. Nach Öffnen des Ventils würde die Luft durch eine seitlich angebrachte Entlastungsbohrung entweichen. Während es bei den DIN-Handradanschlüssen bei richtiger Ausführung so gut wie nie Probleme gibt, sind bei den INT-



Bügelanschlüssen Probleme die Regel, einmal durch unterschiedliche Bügel, durch abweichende Abmessungen der verschiedenen Systeme und durch den freiliegenden Dichtungs-O-Ring. INT bedeutet übrigens nicht "international", es ist nur eine Buchstabenkombination, die so gewählt wurde, daß sie eine Internationalität suggeriert! Die Sicherheit des DIN-Handradanschlusses spricht sich wohl auch in Amerika herum, bei den auf Sicherheit bedachten Höhlentauchern wird er dort, wie auch bei der 300 bar-Technik, ausschließlich verwendet, trotzdem sollte ein entsprechender Adapter immer im Reisegepäck sein!



Ventil mit Einschraubadapter von DIN auf INT

Aufbau der Ventile

Unterschieden wird in Ventile mit Betätigung in axialer Richtung und in Hähne, deren Betätigung senkrecht zur Achsrichtung erfolgt. Das Kugelventil von Scubapro gehört danach streng genommen zu den Hähnen, wird in der Tauchergangssprache aber auch als Ventil bezeichnet. Ventile bestehen aus dem Ventilkörper, der in die Flasche geschraubt wird, der Unterspindel mit der Dichtung, der Oberspindel mit Gleitscheibe und Handrad sowie den Ausgangsstutzen zum Anschluß des Atemreglers. Die Unterspindel wird mittels Gewinde geführt, wogegen die Oberspindel frei drehbar ist. Die Drehung der Oberspindel überträgt sich über einen Mitnehmer (Schneide, Vier- oder Sechskant) auf die Unterspindel, die sich dadurch je nach Drehrichtung auf- oder abwärts bewegt. Rechts herum geht

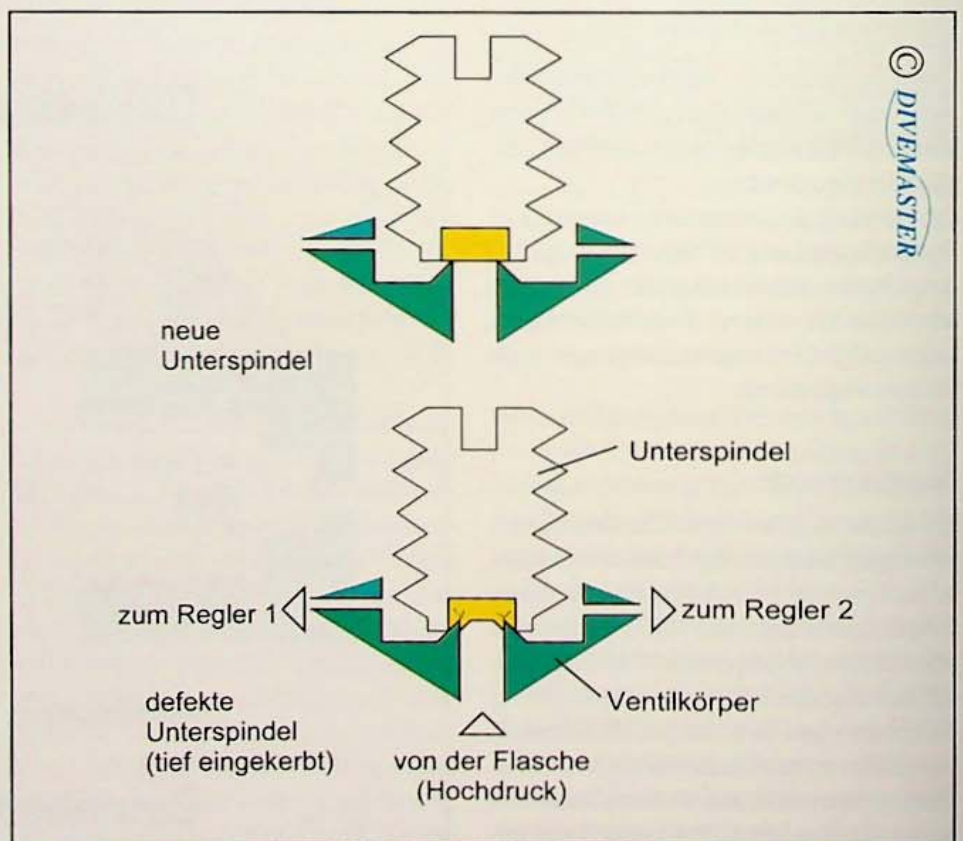
zu, die Dichtung der Unterspindel preßt sich dabei auf die Zuströmöffnung, bis ein bestimmter Flächendruck erreicht ist und die Zufuhr der Druckluft unterbrochen wird. Die Norm schreibt zur völligen Öffnung eines Ventils mindestens zwei Umdrehungen vor, damit sich das Ventil beim Tauchgang durch zufälligen Stoß an einem Hindernis nicht ungewollt schließt. Damit im Betrieb nicht Luft an der Oberspindel entlang entweicht, sind dort zusätzlich O-Ringdichtungen vorhanden; damit die Ventile leichtgängig sind, werden Teflungleitscheiben eingebaut. Beim Kugelventil liegt eine polierte, durchbohrte Stahlkugel in zwei durchbohrten Halbschalen aus Teflon. Je nach Stellung der Kugel dichtet das Ventil oder läßt die Luft strömen. Die Drehung der Kugel erfolgt durch einen von außen betätigten Mitnehmer, der in einen Schlitz an der Kugel eingreift. Hier genügt eine 90 Grad-Drehung, um das Ventil zu öffnen. Da aber beide Endstellungen des Hebels mit Arretierungen versehen sind, ist ein unbeabsichtigtes Schließen des Ventils ausgeschlossen, die Sicherheit ist auch so gewährleistet. Das Kugelventil kann nicht mit Gewalt fester geschlossen werden, Undichtigkeiten sind durch Fehler an der Kugel oder an den Lagerschalen bedingt und erfordern eine Revision.



Schnitt eines Aircon-Ventiles

Sicherheit

Ventile, wie die Druckluftflaschen auch, sind hochbelastete Teile und entsprechend sorgfältig zu behandeln. Die luftzuführenden Bohrungen in den Ventilen müssen mehrere gegensätzliche





Forderungen erfüllen. Die Bohrungsdurchmesser müssen so groß sein, daß die Luftlieferleistung von Hochleistungsatmeregeln nicht merklich begrenzt wird. Zu große Durchmesser dagegen schmälern einmal die Festigkeit, sodaß bei Schlägen auf das Ventil oder beim Fall auf das Ventil dieses abreißen kann. Eine weitere Gefahr ist dann, daß die sehr schnell abströmende Luft einen Rückstoßeffekt erzeugt und die Flasche wegfliet.

Wir haben einen solchen Abschlagversuch gemacht. Unter entsprechenden Sicherheitsvorkehrungen und aus sicherer Entfernung wurde auf einer Art Guillotine ein 30kg-Gewicht aus 1,5 Meter Höhe auf das Ventil einer mit 200 bar gefüllten 10 l-Druckluftflasche fallen gelassen. Das Ventil brach ab und die Luft strömte mit ohrenbetäubendem Zischen aus dem nun offenen, etwa 4 Millimeter großen Loch ab. Während das Ventil nur etwas wegrollte, torkelte die Flasche etwa 10 Meter zischend über den Boden, sodaß im Ernstfall unter ungünstigen Umständen Verletzungen möglich wären.

Natürlich hat sich auch die Industrie über Zwischenfälle dieser Art Gedanken gemacht und auf Abhilfe gesonnen. Das Ergebnis sind teils intelligente, teils unsinnige Lösungen. Zu der letzteren Gruppe gehört sicher die sogar mit einer Bauartzulassungsnummer versehene Abbruchsicherung in Form von zwei ineinander geschraubten Ringen, die zwischen Flasche und Ventil verspannt werden, um speziell bei kleinkonischen Ventilen, die am Einschraubpunkt sehr dünn sind, ein Abbrechen zu verhindern. Bei vielen Feuerwehren besteht heute schon die Vorschrift, Flaschen mit kleinkonischem Gewinde nur noch dann zu füllen, wenn sie mit dieser Sicherung ausgerüstet sind. Nach unserer Auffassung ist das aber reine Geldmacherei oder auch der gewollte Zwang, neue Flaschen und Ventile anzuschaffen. Man hat dabei am grünen Tisch einen Grenzwert von 120 J festgelegt, bei dem das Ventil noch nicht abreißen darf.

Es kann aber niemand garantieren, daß dieser Wert in der Praxis nicht überschritten wird, auch die wesentlich dickeren Ventile mit zylindrischem Gewinde sind schon abgerissen, wenn eine Flasche vom Wagen ungünstig direkt auf das Ventil fällt. Wenn es wirklich um zusätzliche Sicherheit geht, ist das von der Fa. Auer entwickelte System sinnvoller. Dort geht man davon aus, daß jedes Ventil abreißen kann, es aber eine Sicherheit geben muß, daß in diesem Fall die Luft nur dosiert abgegeben werden darf. Der Kern die-



Auerventil mit Drosselkolben

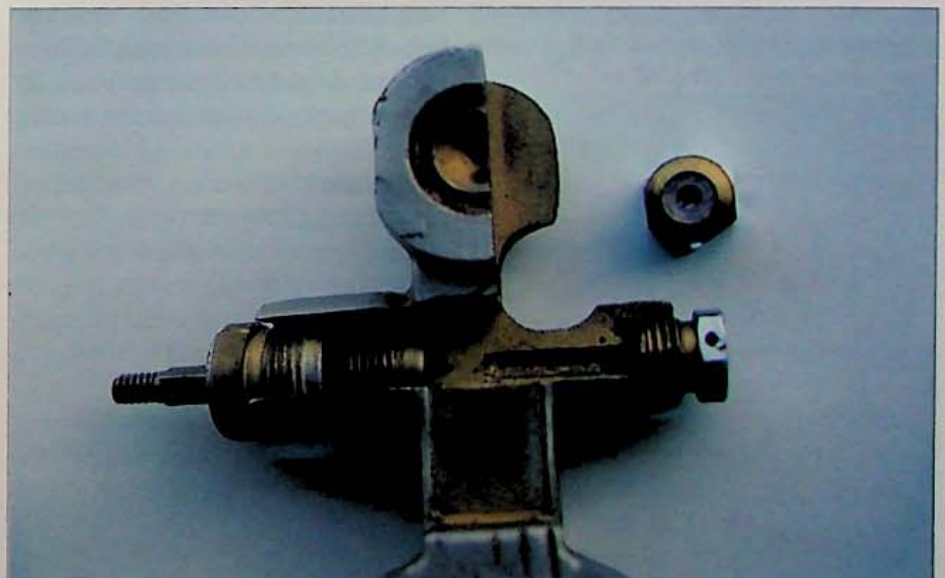
ser Sicherheitseinrichtung ist ein kleiner Kolben, der sich mit einem langen Stift an der Unterspindel abstößt. Bricht das Ventil ab, fehlt die Stütze, der Kolben wird vom Flaschendruck nach oben gedrückt und blockiert die Abströmöffnung zum größten Teil. Durch den nun noch offenen, kleinen Spalt kann die Luft langsam abströmen ohne Schaden zu verursachen.

Eine weitere Gefahr besteht, wenn gefüllte Druckluftflaschen z.B. bei einem Brand stark erhitzt werden, was einen Druckanstieg in der Flasche und eine Materialschwächung an der Flasche zur Folge hat. In den USA müssen alle Ventile

mit einer Berstscheibe ausgestattet sein, die etwa bei einem Druck von 240 bar zerreißt und die Luft so dosiert abströmen läßt. Auch ein Überfüllen der Flasche etwa mit einem 300 bar-Kompressor ist somit unmöglich. In Deutschland gibt es diese Vorschrift nicht. Nach Aussage der Fa. Auer ist aber die Gefahr gering, da die Dichtungen der Unterspindel bei Temperaturen über 150 bis 200 Grad Celsius weich werden, heraus fliegen und so die Luft abströmen lassen. Möglicherweise sind die Vorschriften in den USA strenger, weil dort bevorzugt Aluflaschen eingesetzt werden, die sich bereits bei Temperaturen um 200 Grad Celsius im Materialge-

füge verändern und dann schon bei Betriebsdruck bersten können, wie entsprechende Unfälle gezeigt haben. Die in Deutschland eingesetzten Stahlflaschen sind gegen höhere Temperaturen wesentlich unempfindlicher.

Auch hierzu haben wir einen Versuche gemacht. Eine mit 200 bar gefüllte Westenflasche wurde unter entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen ins Feuer geworfen. Bereits nach kurzer Zeit begann die Luft schlagartig abzuströmen, die Dichtung war also plastisch geworden und herausgeflogen. Dieser Versuch ist allerdings nicht zur Nachahmung empfohlen, und nach wie vor empfoh-



US-Ventil mit Berstscheibe

Fotos: Werner Scheyer, MTI-Press

len wir, bei längeren Transporten z.B. zum Mittelmeer die Flasche vorher bis auf den Restdruck zu entleeren.

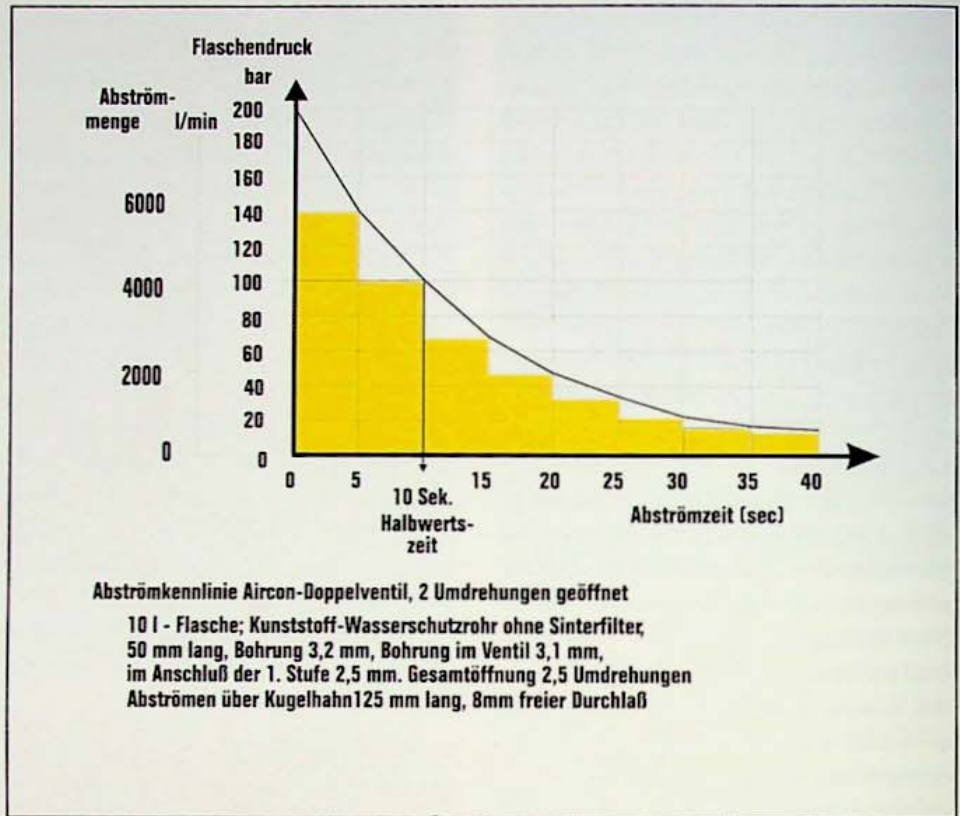
Öffnung des Ventils

Vor Jahren hatte die Wasserschutzpolizei am Bodensee in einer Pressemitteilung berichtet, daß mindestens einige der Unfälle dort darauf zurückzuführen sind, daß die Ventile der Opfer nicht voll geöffnet waren und sie dadurch in der Tiefe nicht genug Luft bekamen. Wir haben daher auch diesen Aspekt untersucht, um festzustellen, welchen Einfluß ein ungenügend geöffnetes Ventil auf die Abströmmenge hat. Ein Ventil mit einer maximalen Öffnung von 2,5 Umdrehungen wurde bei drei Versuchen 1/4 - 1/2 und eine Umdrehung geöffnet und jeweils die abströmende Luftmenge gemessen.

Ist das Ventil nur 1/4 Umdrehung geöffnet, ist die Drosselung sehr stark, der Taucher bekäme in größerer Tiefe zu wenig Luft, wie eigene Erfahrungen bestätigen. Die Halbwertszeit lag bei 22 Sekunden. Eine Öffnung mit 1/2 Umdrehung dagegen hat dagegen kaum noch einen Drossel-effekt, die Halbwertszeit fiel auf 17 Sekunden, was in etwa dem Wert dieses voll aufgedrehten Ventils entsprach. Diese Werte sind natürlich abhängig von der Gewindesteigung der Unterspindel und von Hersteller zu Hersteller verschieden. Wir sollten daher nach wie vor bei der Regel bleiben, das Ventil bis zum Anschlag aufzudrehen und dann etwa eine halbe Umdrehung wieder zu schließen. Das hat den Vorteil, daß das Ventil nicht fest an einem Endanschlag liegt und unter Umständen durch thermische Spannungen beschädigt werden kann.



Abströmeinrichtung



Ein weiterer Grund ist psychologischer Art. Ein bereits geöffnetes Ventil, welches von einem Partner geöffnet, aber dabei irrtümlich falsch betätigt und damit geschlossen wird, gibt dann dem abtauchenden Taucher noch Luft wenn die Regel eingehalten wird.

Luftlieferungleistung

Wieviel Luft kann eigentlich durch das geöffnete Ventil strömen? Diese Frage ist nicht ganz uninteressant, könnte das Ventil doch den flotten Werbesprüchen mit astronomischen Luftlieferungleistungen der Automaten Grenzen setzen. Wir haben entsprechende Abströmversuche gemacht,

um Zahlenwerte zu erhalten. Die Ventile wurden dazu in 10 l-Flaschen montiert, und diese gefüllt. Die Ventile wurden wie in der Praxis üblich ganz bis zum Anschlag geöffnet und dann wieder eine halbe Umdrehung geschlossen. Bei vollem Abströmen würde sich die Luft so stark abkühlen, daß es zu Vereisungen käme, die unsere Messwerte verfälschen würden.

Wir haben daher nur immer für 5 Sekunden den Luftstrom freigegeben und dann wieder eine Pause von 30 Minuten gemacht. Damit das Öffnen und Schließen sehr schnell ging, blieb das Ventil immer in der geöffneten Stellung, der Luftstrom wurde nur mit einem vorgeschalteten Ku-

Übersicht (alles ca.-Werte!)

Ventil	Abströmmenge	max. Halbwertszeit	Abströmmenge bei 50 bar
Aircon Doppel	7000 l/min	10 sec	ca. 2200 l/min
Spiro Sub	6500 l/min	12 sec	ca. 2000 l/min
Kugelventil	10500 l/min	7 sec	ca. 4000 l/min
Seeman Sub	11000 l/min	6 sec	ca. 4400 l/min

Gemessen wurde jeweils am entfernteren Abgang des Doppelventils, die näher an der Flasche liegenden Abgänge der Ventile von Scubapro und Seemann-Sub haben dann wohl noch etwas kürzere Halbwertszeiten, da die Luft weniger umgelenkt werden muß.



gelventil mit 8 Millimeter freiem Durchgang an und abgestellt. Natürlich kann diese Versuchsanordnung nicht mit streng wissenschaftlichen Maßstäben gemessen werden, für unsere Zwecke ist die Genauigkeit aber ausreichend. Gemessen wurden Ventile verschiedener Hersteller, jeweils ohne Sinterfilter, nur mit Wasserschutzrohr. Aufgezeichnet wurde immer der Druckabfall nach jeweils 5 Sekunden freiem Abströmen und daraus zusätzlich die rechnerische Abströmmenge bezogen auf eine Minute ermittelt. Die entstehenden Kurven entsprechen den Entsättigungskurven bei der Dekompression. Auch hier können Halbwertszeiten angegeben werden, nach denen der augenblickliche Druck jeweils auf die Hälfte gefallen ist. Abhängig ist die Zeit von dem mechanischen Aufbau und den Bohrungsdurchmessern der Luftzuführungen. Als Beispiel das Aircon-Ventil mit gelb-schwarzem Handrad und Doppelabgang und einer luftzuführenden Bohrung von 2,5 Millimeter Durchmesser. Die Abströmmenge im ersten Moment beträgt über 7000 l/min, bei 40 bar Flaschendruck liegt sie immer noch bei 2000 l/min, die Halbwertszeit ist etwa 10 Sekunden. Extremere ist das Kugelventil von Scubapro mit über 10 000 l/min und einer Halbwertszeit von etwa 7 Sekunden und das Ventil von Seeman Sub mit fast 11 000 l/min und einer Halbwertszeit von etwa 6 Sekunden. Zu geringe Abströmmwerte bergen die theoretische Gefahr, daß bei Doppelbelastung (Oktopus und Inflatorbetrieb) bei niederem Flaschendruck die Luftlieferleistung zu knapp ist, bei zu hohen Werten besteht die Gefahr, daß bei irrtümlichem Öffnen des Ventils bei nicht oder falsch angeschraubtem Atemregler ein starker Rückstoß entsteht, der den nicht vorbereiteten Taucher umwirft. Der Effekt ist dann der gleiche, wie bei dem abreißen des Ventils, da auch die Abströmöffnungen gleichen Durchmesser haben. Die Messungen auf der Prüfbank zeigten zwar einen Einfluß des Ventils bei der Doppelbelastung, in der Praxis konnten wir das aber nicht nachvollziehen.

Atemminutenvolumen und Luftverbrauch

Der Atemminutenvolumenwert (AMV) bezeichnet das maximale Volumen, das der Taucher in einer Minute ein- und ausatmet. Er ist tiefenunabhängig. Um daraus den Luftverbrauch zu berechnen, muß er mit dem Umgebungsdruck multipliziert werden. Im Falle der Normbelastung nach EN 250: AMV: 25 Atemzüge pro Minute x 2,5 l Volumen = 62,5 l/min Luftverbrauch: 6 bar (30

Meter) x 62,5 l/min = 375 barl. Dieser Wert entspräche aber einem Dauerstrom. Da aber ein- und ausgeatmet werden muß, steht für die Einatmung nur die halbe Zeit zur Verfügung in dieser Periode muß der Regler daher die doppelte Luftmenge, also 750 barl/min liefern. Die Atmung ist keine Rechteckfunktion, sie steigt erst an, erreicht dann einen Spitzenwert, und fällt dann wieder ab. Sie nähert sich mehr einer Sinusfunktion. Die höchste Belastung für den Atemregler stellt der Spitzenwert dar, dafür muß er ausgelegt sein, ohne daß die Werte der Atemarbeit die Normgrenzen dort überschreiten. Dieser Spitzenwert liegt etwa 1,4-fach über dem Rechteckwert, was einer Abströmmenge von etwa 750 barl/min x 1,4 = 1050 barl/min entspricht. Dieser Wert trifft für die einfache Normbelastung zu. Bei unserer angenommenen Doppelbelastung mit zusätzlicher Inflatorbetätigung könnte die Abströmmenge aber auch auf etwa 2500 barl/min ansteigen.

Ventile mit doppelt absperzbaren Anschlüssen

Achtung! Bei diesen Ventilen müssen immer zwei Atemregler angeschlossen werden, oder der nicht benutzte Abgang muß mit einer dichtenden Blindschraube verschlossen werden, auch auf die Gefahr hin, daß bei Undichtigkeiten die Blindschraube nur noch mit Werkzeug und Kraft geöffnet werden kann. Wird das versäumt, gelangt während des Tauchgangs Wasser in den Bereich der Unter- und Oberspindel des offenen Anschlusses, das auch durch mehrmaliges Ausblasen nicht entfernt werden kann. Wird dann über diesen Anschluß die Flasche am Kompressor gefüllt, gelangt das Wasser in die Flasche: Rost und Vereisungsgefahr! Aus Sicherheitsgründen geht die Tendenz zu zwei getrennten Luftversorgungen. Will man Doppelflaschenmontage vermeiden, kann das durch Doppelventile mit einzeln absperzbaren Abgängen erreicht werden. Welchen Beitrag zur Sicherheit eine vollkommen getrennte Luftversorgung darstellt, zeigt das Beispiel des Kreidesees in Hemmoor. Seit dort nur noch mit zwei getrennten Luftversorgungen getaucht werden darf, haben die Zwischenfälle dramatisch abgenommen. Eine Sonderlösung stellt der „Airstop“ der Fa. Aircon dar, der dann eingesetzt werden kann, wenn ein Ventil mit zwei Abgängen vorhanden ist. In einen dieser Abgänge wird der Airstop montiert, an den der Hauptatemregler angeschraubt wird. Der zweite Regler wird an dem anderen Abgang an-

geschlossen. Vereist der Hauptregler, kann die Luftzufuhr am Airstop unterbrochen werden, der zweite Regler bleibt angeschlossen. Wird allerdings das falsche Handrad geschlossen, sind beide Regler abgestellt. Um diesen Fehler zu vermeiden, ist der Airstop mit einem gelben Handrad ausgerüstet, das auch bei schlechten Sichtverhältnissen noch gut zu erkennen ist.

Wie unsere Messungen zeigen, ist der Luftdurchsatz bei allen Ventilen mehr als ausreichend, da eine wesentliche Begrenzung erst im Bereich der Reserve (ca. 50 bar) erfolgt.

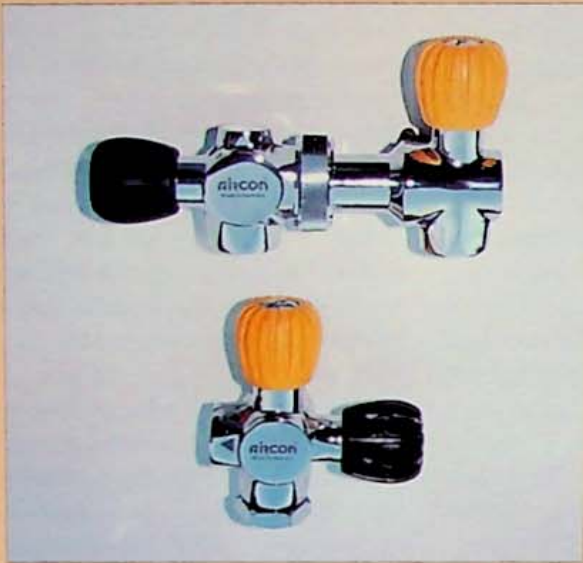
Ein weiterer, wichtiger Aspekt ist die Zugänglichkeit der Handräder bei montierten Atemreglern. Es muß gewährleistet sein, daß im Vereisungsfall das entsprechende Handrad auch mit Neoprenhandschuhen und bei schlechter Sicht schnell geschlossen werden kann, nur dann ist die gewünschte Sicherheit gegeben, sonst ist die doppelte Absperrung überflüssig. Die Betonung liegt hier auf schnell! Es bleibt wenig Zeit für das Schließen, wenn der Regler im Vereisungsfall voll öffnet. Die Zugänglichkeit hängt nicht nur vom Ventil ab, auch der Flaschendurchmesser (7-, 10-12-, 15 l Flasche), die Art der Atemregler, die Anzahl der Schlauchverbindungen und deren Montagen sowie Zusatzeinrichtungen wie Flaschengriffe können das Bedienen der Handräder behindern oder sogar unmöglich machen. Bei Neuanschaffungen daher immer Flasche, Ventil und Atemregler als Einheit betrachten und entsprechend auswählen.

Praxisversuch

Aircon-Ventil mit zwei Abgängen und Airstop: Gute Zugänglichkeit an beiden Handrädern, zumal der Airstop frei gedreht werden kann. Empfehlenswertes Zusatzteil, wenn man sich ein Doppelventil mit getrennter Absperrung sparen will. Nachteil: Dreht man am falschen Handrad, ist die Luftversorgung an beiden Atemreglern abgestellt.

Umbau auf INT nur über Würfeladapter. Aircon-Doppelventil mit getrennter Absperrung: Gute Zugänglichkeit an beiden Handrädern.

Der gewünschte Abgang liegt jeweils dem zugehörigen Handrad gegenüber, Kennzeichnung etwas klein. Positiv die unterschiedliche Farbkennzeichnung der Handräder. Am gelben Handrad sollte immer der Hauptregler angeschlossen sein, da es unter Wasser am besten zu erkennen ist. Umbau auf INT nur über Würfeladapter.



Einfachventil von Aircon mit montiertem „Air-stop“ und zusätzlich ein Doppelventil mit getrennter Absperrung

ScubaPro-Ventil mit Zusatz für getrennte Absperrung: Einzelkomponenten eines Bausatzes für weitere Kombinationen. Gute Zugänglichkeit an beiden Handrädern. Zuordnung einwandfrei zu erkennen. Farbkennzeichnung der Handräder (schwarz und grau) könnte ausgeprägter sein. Zweiter Abgang in verschiedenen Richtungen montierbar, danach Zugriffsmöglichkeit prüfen! Umbau auf INT über mitgelieferte Einschraubadapter.



Scubapro-Kugelventil mit Zusatz für getrennte Absperrung: Einzelkomponenten eines Bausatzes für weitere Kombinationen. Absperrhebel liegen etwas eng beieinander und sind scharfkantig. Vorteil bei der Absperrung: nur eine 90 Grad Drehung ist nötig, Zuordnung ist einwandfrei zu erkennen. Keine Farbkennzeichnung der Absperrhebel. Absperrhebel rasten in beiden Endstellungen ein, zur Verstellung müssen sie angehoben werden, das muß der Partner wissen, wenn er die Luftzufuhr zu dem Regler schnell absperrern will (Briefing!). Zweiter Abgang in verschiedenen Richtungen montierbar, danach Zugriffsmöglichkeit prüfen. Umbau auf INT über mitgelieferte Einschraubadapter. Eine stärkere Drosselung des Luftdurchsatzes wäre zu überlegen, da bei Fehlbedienung durch den geringen Schaltweg plötzlich ein sehr starker Rückstoß auftritt.

Seemann-Sub Doppelventil mit Zusatz für getrennte Absperrung: Einzelkomponenten eines Bausatzes für weitere Kombinationen. Handräder gut zugänglich, da zweiter Abgang umgedreht montierbar auch unter Druck um 360 Grad drehbar. Nach der Montage Zugriffsmöglichkeit prüfen. Zuordnung der Abgänge und Handräder einwandfrei erkennbar. Handräder gelb und schwarz. Umbau auf INT über Einschraubadapter.



Fotos: Werner Scheyer, MTI-Press