

# Taucherausrüstung

## Teil 1: Tauchflaschen

Wer kein Freitaucher ist, den trifft man unter Wasser mit einer oder mehreren Flaschen an, egal ob auf dem Rücken oder an der Seite (Buddies nicht mitgerechnet). Zum Auftakt dieser mehrteiligen Serie zum Thema Taucherausrüstung behandeln wir die verschiedenen Tauchflaschen. In der nächsten Ausgabe folgen Flaschenventile.

■ Text und Bilder: Bernd Nies

### Herstellung

Tauchflaschen werden aus einem einzigen Stück Stahl oder Alu hergestellt. Bei Stahl wird ein scheibenförmiger Rohling mittels Tiefziehen zu einem becherförmigen Hohlzylinder umgeformt. Bei Alu wird viel mehr Material verarbeitet. Der Rohling besteht aus einem massiven Zylinder. Zur Umformung wird das Kaltfliesspressverfahren angewandt.

In einem weiteren Schritt wird das noch offene Ende auf die gewünschte Länge gekürzt und der Flaschenhals geformt. Nach dem Härtevorgang wird auf einer Drehbank der Flaschenhals abgedreht, ein Loch gebohrt, eine Nut für den O-Ring gefräst und ein Gewinde geschnitten. Nach der Reinigung wird jede Flasche inspiziert, in einem Wassertank einem Drucktest unterzogen, die Herstellerangaben und Seriennummer eingeprägt. Eine Flasche aus jeder Serie wird einem genauen Materialtest unterzogen.

Bei Compositflaschen wird ein dünnwandiger Flaschenkörper aus Stahl, Alu oder Kunststoff mit in Kunstharz getränkten Kohlenfasern, manchmal auch zusätzlich mit Glasfasern umwickelt und in einem Ofen zusammengebacken. Zum Schluss wird eine Schutzschicht aufgetragen. Bei den sehr leichten All-Composite-Flaschen ist nur noch das Gewinde im Flaschenhals aus Metall.

### Stahlflaschen

Tauchflaschen aus Stahl sind in einer grossen Auswahl an Grössen, in unterschiedlichen Längen und für Betriebsdrücke von 200 - 300 bar verfügbar. Ein typisches Merkmal ist, dass

der Boden meist konvex (nach aussen gewölbt) ist und die Flasche daher oft einen Standfuss aus Kunststoff besitzt. Einige Hersteller bieten auch Flaschen mit einem konkaven, nach innen gewölbten Boden an. Übliche Wandstärken sind 4-5 mm. Je höher der Betriebsdruck, desto dicker ist die Wandstärke und höher das Gewicht.

Zum Schutz vor Korrosion muss die Oberfläche stets behandelt werden. Eine einfache Lackierung wirkt nur so lange, wie die Schicht unbeschädigt ist. Es besteht die Gefahr der Unterrostung, welche meist daran zu erkennen ist, dass die Lackschicht Blasen wirft. Ein echter Korrosionsschutz entsteht durch Flammsspritzverzinken oder Galvanisieren der Oberfläche. Die darüber liegende Lackierung dient dann nur der Schönheit. Die Innenseite bleibt unbehandelt.

### Aluflaschen

Bei Aluflaschen ist die Wandstärke mit 11-15 mm deutlich dicker, um eine ähnliche Festigkeit zu erreichen. Dadurch sind Aluflaschen an Land schwerer, obwohl Aluminium rund dreimal leichter als Stahl ist. Unter Wasser sind sie wegen des grösseren Aussenvolumens nahezu neutral – je nach Füllmenge und Salzgehalt des Wassers mit leichtem Ab- oder Auftrieb. Der Schwerpunkt liegt in der Nähe des Flaschenhalses mit dem Ventil und der ersten Stufe, weshalb Aluflaschen immer nach unten kippen.



Die gängigsten Stahlflaschengrössen für Sporttaucher. Die 10 Liter und lange 12 Liter, sowie die kurze 12 Liter und 15 Liter Flasche werden jeweils aus demselben Rohling gefertigt und haben deshalb dieselben Aussendurchmesser und Wandstärken, aber unterschiedliche Längen.

Der Boden von Aluflaschen ist flach, weshalb kein Standfuss benötigt wird. Durch die höhere Materialstärke am Boden ist dieser wenig empfindlich gegen Abnutzung. Die Auswahl von Flaschentypen ist nicht so umfangreich wie die von Stahlflaschen. Das am häufigsten anzutreffende Modell ist der Standard 80 cuft (11 Liter) Zylinder. Der Betriebsdruck liegt bei 200 bis 228 bar.

Als Oberflächenbehandlung gibt es lackiert, gebürstet oder unbehandelt (dirty beast). Entgegen landläufiger Meinung, können auch Aluflaschen korrodieren. Die Oberfläche ist zwar mit einer natürlichen Oxidschicht geschützt, doch an Kontaktstellen mit anderen Metallen (z.B. am Ventil) bildet sich in einer ständig feuchten Umgebung mit Salzwasser durch Elektrolyse Kontaktkorrosion. Kritisch ist, wenn Salzwasser ins Innere gelangt und lange Zeit unbemerkt bleibt. Wegen des erhöhten Sauerstoffpartialdruckes in der Flasche frisst sich das Salzwasser durchs Aluminium und es entsteht eine Sauce aus Aluminiumoxyd, die beim kopfüber Abtauchen die erste Stufe verstopfen kann.

### Compositflaschen

Compositflaschen haben zwei grundsätzliche Eigenschaften: geringes Gewicht und hohe Druckfestigkeit für einen Betriebsdruck von 300 bar. Der Vorteil von sehr leichten Flaschen liegt auf der Hand: An Land sind sie sehr angenehm zu tragen, weshalb sie gerne für Atemschutzgeräte von Rettungskräften eingesetzt werden. Unter Wasser wird dieser Vorteil aber zunichte gemacht, da entsprechend mehr Blei mitgenommen werden muss. Eine Flasche mit starkem Auftrieb ist unter Wasser alles andere als ideal und stört den idealen Trim.

Die fürs Tauchen geeigneten Flaschen haben einen genügend schweren Kern aus dünnwandigem Stahl, so dass unter Wasser ein neutrales bis leicht positives Tarierverhalten erreicht wird – ähnlich wie bei einer Aluflasche.

Kürzliche Untersuchungen haben gezeigt, dass sich beim Abatmen unter Wasser aufgrund des Joule-Thompson-Effektes die Luft im Inneren von Compositflaschen weitaus stärker abkühlt als in Flaschen aus Stahl. Ursache hierfür ist isolierende Eigenschaft der Ummantelung, welche zwischen den Atemzügen weniger Wärme aus dem umliegenden Wasser nach innen leiten kann. Dies kann in kaltem Wasser eine innere Vereisung der ersten Stufe begünstigen, falls sich Restfeuchtigkeit in der Flasche befindet.



*Vor dem Anschluss des Füllschlauches immer kurz das Ventil öffnen, um vorhandene Wasserreste auszublasen.*

### Betriebsdruck, Prüfdruck und Berstdruck

Eine Flasche sollte nicht mehr als auf den angegebenen Betriebsdruck befüllt werden. Bei der Prüfung werden Flaschen mit dem 1,5-fachen des Betriebsdruckes getestet. Dieser ist meist vom Hersteller eingestanzt. Der Berstdruck ist in der Regel mindestens 1,6 mal höher als der Prüfdruck, meist über 550 bar. Bei Compositflaschen ist er um ein Vielfaches höher.

Wenn eine Stahlflasche platzt, so entsteht meist ein Riss der Länge nach, aus dem dann das Gas entweicht. Platzt eine Aluflasche, so sprengt es meist Teile ab, welche dann wie ein Geschoss durch die Gegend fliegen. Compositflaschen blähen sich stark auf, bevor sie platzen.

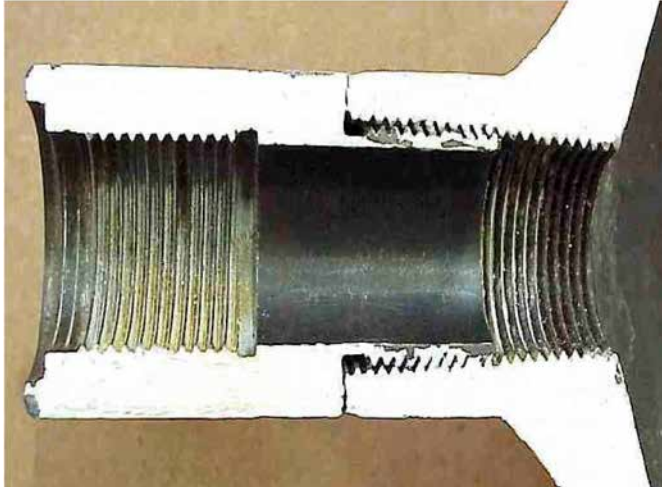
### Farbcodes

Die in der Industrie übliche Farbcodierung von Gasflaschen abhängig des enthaltenen Gases wird bei Tauchflaschen nicht konsequent übernommen. Flaschen sind in unterschiedlichen Farben erhältlich. Beim technischen Tauchen werden die Flaschen nicht farblich gekennzeichnet, sondern mit Mix und MOD (maximale Einsatztiefe) klar beschriftet.

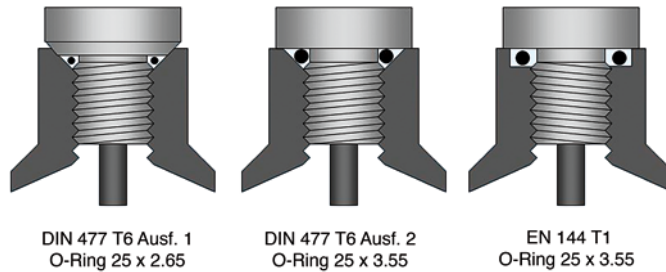
Für Atemluft ist nach neuer ISO Norm der Farbcode Schwarz/Weiss. Schwarz steht für Stickstoff, Weiss für Sauerstoff. Flaschen werden an der Schulter durch Ringe oder Segmente und ein «N» für neue Norm gezeichnet. In den USA ist Gelb die Farbe für Atemluft. Ältere Tauchflaschen sind daher meist gelb.

Der Farbcode für Trimix wäre Weiss/Schwarz/Braun (Braun für Helium). Für Heliox Weiss/Braun. Die häufig gebrauch-

Ein Adapter mit zylindrischem Aussen- und konischem Flaschengewinde eingeschraubt. Bei der Inbetriebnahme besteht hier das Risiko, dass die Gewindeverbindung der Beanspruchung nicht standhält und sich der Adapter wie ein Geschoss lösen kann. Quelle: SwissTS.



Flaschengewinde M25x2 in verschiedenen Ausführungen. Die Ventile und O-Ringe müssen zueinander passen. Neue Flaschen haben Gewinde nach EN 144 T1. Quelle: foerderkreis-sporttauchen.de



liche Kennzeichnung von Nitrox mit einem gelb/grünen Schriftzug leitet sich von den US Farbcodes ab: Gelb steht für Luft und Grün für Sauerstoff – zusammen also mit Sauerstoff angereicherte Luft.

### Ventilgewinde

Die bei Pressluftflaschen verwendeten Gewinde sorgen für allerlei Verwirrung. Sie lassen sich in drei Kategorien unterteilen: zylindrisch (metrisch), zylindrisch (imperial) und konisch (Whitworth).

Konische Gewinde haben eine Kegelform, d.h. der Durchmesser verjüngt sich gegen Ende, so dass sich das aussen- und innenliegende Gewinde beim Zuschrauben selbst abdichten. Ein Teflonband um die Gewindgänge gewickelt sorgt für eine zusätzliche Abdichtung. Das verbreitetste ist das kleinkonische (W19.8x1/14" keg) und grosskonische (W28.8x1/14" keg) Whitworth-Gewinde. Man begegnet ihnen noch bei äl-

teren Tauchflaschen und Pressluftflaschen für die Feuerwehr, sowie bei Speicherflaschen für Kompressoren. Für neue Flaschen ist das Gewinde nicht mehr zugelassen.

Für Tauchflaschen kommen heute zylindrische Gewinde zum Einsatz. Die Dichtung erfolgt mittels einem O-Ring, so dass auch die Gewindgänge gegen Eindringen von Wasser und Korrosion geschützt sind. In Europa und weiten Teilen der Welt sind die Gewinde metrisch. Kleine Flaschen besitzen ein M18x1.5, grössere ein M25x2.0 Gewinde. Letzteres gibt es in drei Standards, welche sich in der Form der Aussparung für den O-Ring unterscheiden. Die aktuell gültige Norm ist EN-144-1.



Oberflächenkorrosion an einer alten Stahlflasche bildet sich oft unter der Lackschicht, gut versteckt unter dem Gummifuss.



Eine Flasche, die schon mehrere Prüfungen hinter sich hatte. Die letzten beiden eingeschlagenen Prüfdaten sind oben: «Sichtprüfung im März 2009, nächster Termin Juni 2011» und unten: «Druckprüfung Juli 2012, nächster Termin Januar 2015».

In einigen wenigen Ländern, welche noch nicht das metrische System eingeführt haben (Liberia, Myanmar, USA) werden Tauchflaschen mit zylindrischem 3/4-14 NPSM Gewinde verkauft. Ältere Flaschen haben evl. ein 7/8-14 UNF Gewinde.

Achtung! Der Zusammenbau von Flaschen und Ventilen sollte unbedingt nur von fachkundigem Personal vorgenommen werden. Gewinde und Flaschen haben genormte Anzugsmomente, damit sie gut dichten und nicht beschädigt werden. Ventil- und Flaschengewinde sowie Dichtung müssen exakt zueinander passen. Unterschiedliche Gewindetypen können zwar teils ineinandergedreht werden, so dass es fest erscheint, doch beim Füllen der Flasche kann einem das Ventil um die Ohren fliegen.

### Pflege

Vor dem Anschliessen des Füllschlauchs sollte man das Ventil kurz öffnen, damit Wasserreste ausgeblasen und nicht in die Flasche gedrückt werden. Unsachgemässes Befüllen ist die Hauptursache für Wasser in der Flasche. Ein Tropfen Wasser pro Flasche ist bereits über dem Grenzwert.

Im Gummifuss bei Stahlflaschen sammelt sich gerne Feuchtigkeit, weshalb es an dieser Stelle häufig unbemerkt zu Rostbildung kommt. Besonders nach Tauchgängen im Salzwasser sollte dieser entfernt und die Flasche mit Süsswasser abgespült werden. Manche bohren in die Unterseite des Gummifusses extra Löcher, damit Wasser besser abfliessen oder der Gummifuss für den Tauchgang abgenommen werden kann. Das von vielen benutzte Flaschennetz schützt den Lack und

*Zusätzliche Löcher im Standfuss sorgen dafür, dass Feuchtigkeit besser entweicht. Es kann sein, dass dadurch die Saugwirkung geringer ist und er weniger gut haftet. Dann kann man ihn für den Tauchgang einfacher abnehmen.*



sorgt für mehr Reibung bei der Bebanderung der Tarierweste. Aber es hält die Feuchtigkeit fest, besonders unter dem Gummifuss. Technische Taucher verzichten aus diesem Grund komplett auf Standfuss und Flaschennetz.

Über einen längeren Zeitraum hinweg werden Flaschen am besten stehend in einem trockenen, kühlen Raum und einem Restdruck von etwa 30 bar gelagert. Allfällige Wasserreste im Innern sammeln sich so unten am dicken Flaschenboden, wo sie weniger Schaden anrichten. Der Restdruck verhindert das Eindringen von Feuchtigkeit und reduziert die Korrosion im Flascheninneren durch einen geringeren Sauerstoffpartialdruck.



*Aufgeschnittene Stahlflasche mit M25 Gewinde nach der älteren DIN 477 Norm (abgeschrägte O-Ring Nut). Im Innern hat sich Flugrost gebildet, doch der ist in diesem Ausmass harmlos.*

### Inspektion

Tauchflaschen müssen in der Schweiz gemäss Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR) alle fünf Jahre einer wiederkehrenden Prüfung unterzogen werden. Dazwischen, im Abstand von 2,5 Jahren, hat eine Sichtprüfung zu erfolgen.

In der Schweiz werden die Prüfungen von *Swiss TS Technical Services AG* (einem Unternehmen der SVTI-Gruppe) in Wallisellen durchgeführt. Für Tauchflaschen aus der Westschweiz gibt es neu eine Sammelstelle bei Dräger in Liebefeld. Die meisten Tauchshops bieten regelmässig Sammellieferungen für Tauchflaschenprüfungen an.

In Deutschland werden Tauchflaschen vom TÜV geprüft. Sicht- und Gewichtsprüfung alle 2,5 Jahre, Festigkeitsprüfung alle 5 Jahre. In Österreich wird visuell alle 40 und 80 Monate geprüft und alle 120 Monate eine Druckprüfung.

### Tipps zur Flaschenwahl

Wer in heimischen Gewässern regelmässig tauchen gehen will, der kauft sich am besten eine eigene Flasche. Die regelmässige Inspektion kostet zwar nochmals extra, doch ist man mit einer eigenen Flasche spontaner, hat genau die passende Flasche und kann seine Ausrüstung perfekt darauf abstimmen.

**Backmount (Mono):** Für Sporttaucher ist eine 12 Liter Stahlflasche die beste Wahl für die meisten Tauchgänge. Im Vergleich zur weit verbreiteten kurzen 12 Liter bietet die lange 12 Liter eine bessere Wasserlage und Erreichbarkeit der Ventile. Die Kurze ist dafür bequemer im Sitzen anzuziehen. Für flache Tauchgänge oder zierliche Menschen ist die 10 Liter Stahlflasche geeignet. Wer gross ist oder einen hohen Luftverbrauch hat, tendiert oft zu einer 15 Liter Stahlflasche, doch längerfristig ist hier aber ein Doppelgerät wegen der besseren Wasserlage und zusätzlichen Redundanz für tiefere Tauchgänge klar zu bevorzugen.

**Backmount (Doppel):** Bevorzugt für längere Tauchgänge ab 30m Tiefe, besonders im Kaltwasser. Die meistverbreitetsten Flaschengrössen sind 7 Liter, 8,5 Liter und 12 Liter. Die 10 Liter ist für die meisten zu kurz und bietet eine schlechtere Wasserlage. Entgegen der landläufigen Meinung ist ein Doppelgerät noch nicht gleichbedeutend mit technischem Tauchen.

**Sidemount:** Mit zwei Flaschen finden sowohl Alu wie auch Stahl Verwendung. Die einen bevorzugen Stahl, weil sie dadurch weniger Blei benötigen, die anderen schwören auf Alu, weil die Flaschen unter Wasser neutral sind. Die Länge sollte zur Körpergrösse passen, die Flasche mit Ventil von der Achselhöhle mindestens eine Handbreit über die Beckenknochen reichen. Übliche Grössen sind 7 Liter, 8,5 Liter, 12 Liter oder 80 cuft. Bei nur einer Flasche ist Alu klar bevorzugt, da man sonst zu starke Schlagseite kriegt.

**Stage- und Bailoutflasche:** Hier wird wegen des neutralen Tarriverhaltens fast ausnahmslos Alu verwendet, da diese meist alle auf der linken Seite getragen und unter Wasser an- und abgelegt werden. Es kommen 40 cuft, 80 cuft oder 7 Liter zur Verwendung.

**Füllgasflasche:** Flaschen mit Argon als Füllgas für den Trockenanzug bei Trimix-Tauchgängen haben Grössen von 1 bis 2 Liter. Aluflaschen sind zwar neutraler, Stahl dafür kompakter.

**Ponyflasche:** Eine Ponyflasche als Notfall-Luftversorgung für Monoflaschentaucher sollte in der Grösse der Tauchtiefe und Atemvolumen angepasst sein. Grössen 2 Liter bis 5 Liter. Bei 5 Liter stellt sich die Frage; warum nicht gleich Doppelgerät oder Sidemount.

**200 bar oder 300 bar?** Für viele rechnet sich der Aufwand für den Umstieg nicht. Da sich Gase bei diesem Druck nicht mehr linear verhalten, enthält eine Flasche bei 300 bar nur etwa 272 mal mehr Luftteilchen als bei 1 bar. Die Flaschen sind deutlich schwerer und man kann sie nicht überall auf 300 bar füllen, bzw. hat nach dem Abkühlen weniger drin. Neue erste Stufen sind meist alle für 300 bar ausgelegt. Die meisten nehmen stattdessen lieber etwas grössere 200 bar Flaschen. ■

Tauchflaschen im Vergleich

V	p	d	l	m	Material	Hersteller	Gewicht (kg) im			
							Süsswasser		Salzwasser (3%)	
							voll	50 bar	voll	50 bar
(l)	(bar)	(mm)	(mm)	(kg)						
7	232	152	595	8.6	Alu	Luxfer	1.4	-0.3	1.1	-0.6
7	232	140	593	7.2	Stahl	ECS	1.7	0.1	1.5	-0.2
6.8	300	139	590	6.25	Komposit	CarbonDive	1.5	-0.7	1.2	-1.0
10	200	171	575	10.2	Stahl	Faber	1.6	-0.4	1.2	-0.7
10	230	171	592	11	Stahl	Roth	2.4	0.0	2.0	-0.3
10	232	171	590	11.5	Stahl	ECS	2.9	0.6	2.6	0.2
10	300	171	620	15.0	Stahl	ECS	6.6	3.4	6.2	3.0
10.4	232	204	560	16.1	Alu	Luxfer	3.0	0.6	2.5	0.1
11.1	207	184	662	14.3	Alu	Luxfer	1.5	-0.8	1.0	-1.3
11.1	300	188	662	15.3	Komposit	Luxfer	3.2	-0.4	2.6	-1.0
12	200	171	670	12.0	Stahl	Faber	1.7	-0.6	1.3	-1.1
12	230	171	684	12.2	Stahl	Roth	2.0	-0.8	1.6	-1.2
12	232	171	690	14.5	Stahl	ECS	4.2	1.4	3.8	1.0
12	230	203	520	17	Stahl	Roth	6.4	3.6	5.9	3.1
12	232	204	535	15.3	Stahl	ECS	4.1	1.3	3.6	0.8
12	300	171	725	15.3	Stahl	ECS	5.3	1.4	4.8	0.9
12	300	181	630	10.9	Komposit	CarbonDive	1.5	-2.4	1.1	-2.8
13.2	228	203	666	18.6	Alu	Luxfer	3.0	0.0	2.4	-0.6
15	230	203	625	19	Stahl	Roth	5.9	2.4	5.3	1.8
15	232	204	640	18.0	Stahl	ECS	4.2	0.7	3.7	0.1

Tauchflaschen verschiedener Hersteller, Grössen und Materialien im Vergleich. V = Innenvolumen, p = Betriebsdruck, d = Durchmesser, l = Länge, m = Leermasse an Land. Die Angaben des relativen Gewichtes im Süsswasser und Salzwasser wurde anhand einer geometrischen Näherungsformel für das Aussenvolumen berechnet und sind inklusive 1 kg Ventil, aber ohne erste Stufe. Negative Werte bedeuten Auftrieb.

#### Hersteller

- CarbonDive, Österreich, [www.carbondive.com](http://www.carbondive.com)
- Catalina Cylinders, USA, [www.catalinacylinders.com](http://www.catalinacylinders.com)
- Euro Cylinder Systems (ECS), Deutschland, [www.eurocylinders.com](http://www.eurocylinders.com)
- Faber, Italien, [www.divefaber.com](http://www.divefaber.com)
- Luxfer, [www.luxfercylinders.com](http://www.luxfercylinders.com)
- MES, Türkei, [www.mescylinders.com](http://www.mescylinders.com)
- Vitkovice, Tschechien, [www.vitkovice.cz](http://www.vitkovice.cz)
- Roth, Frankreich, [www.rothmions.fr](http://www.rothmions.fr)