

Mundstücke von Kompaktreglern (Teil 1)

Von Dr.-Ing. Lothar Seveke

Moderne Sporttaucher finden wenig Bemerkenswertes an dem Mundstück ihres Einschlauchreglers. Das ist auf das Bissstück des Mundreglers aus Gummi, Silikon oder einem Kunststoffwerkstoff reduziert und wird höchstens nach ergonomischen Gesichtspunkten für einen bequemen und ermüdungsarmen Sitz im Mund ausgewählt (verschiedene Größen und ev. individuelle Anpassung an die Kieferform).

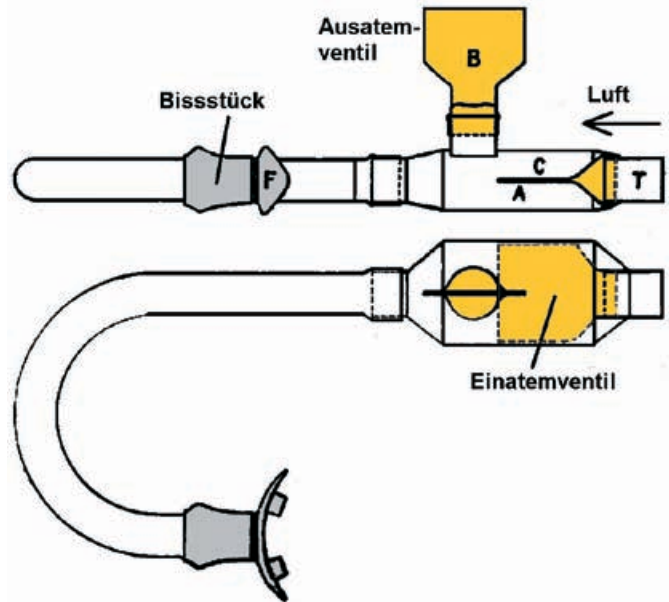
Für moderne Rebreather gewinnt die Mundstück-Gestaltung wieder erhebliche Bedeutung, was hier aber nur am Rande behandelt werden soll.

Bei Kompaktreglern mit Ein- und Ausatem-Faltenschlauch ist das Mundstück aber immer ein wesentlicher qualitätsbestimmender Bestandteil des Gesamtsystems gewesen. Es soll den Atemwiderstand nicht zusätzlich erhöhen und eine einfache ermüdungsarme Tragbarkeit der Schläuche bei unbehinderter Kopfbeweglichkeit unterstützen. Außerdem kommt es darauf an, Pendelatmung und damit CO₂-Belastung und das Volllaufen mit Wasser zu verhindern. Manchmal ist das Mundstück gar in die Reglerfunktion integriert, z.B. mit einem Injektor direkt vor dem Bissstück.

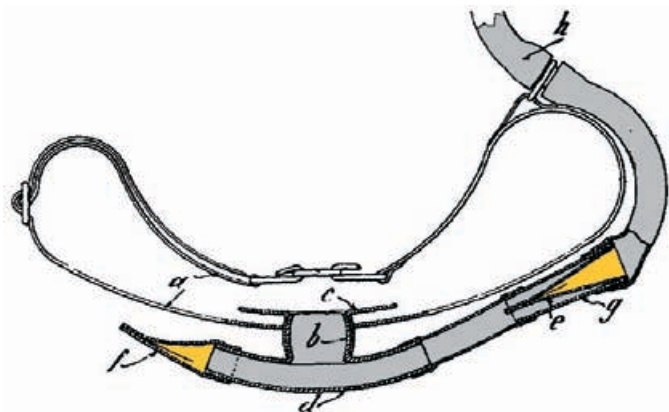
Das folgende aktuelle Beispiel mag die Bedeutung des Teilsystems Mundstück/Schläuche am Zweischlauchregler verdeutlichen:

Eines unserer HTG-Mitglieder mit wenig Zweischlauchererfahrung hatte als einer der ersten den neu von VDH produzierten Regler Argonaut-Kraken erworben, der zunächst mit der Silikon-Nachbildung des USD-curved-Mundstücks mit 1.5"-Schlauchanschlüssen ausgeliefert wurde. Ich war sehr gespannt auf seine Aussagen zum Atemverhalten des Reglers, hörte aber nur etwas über Probleme mit dem „schlabbrigen“ Mundstück, das keinen festen Sitz habe, und den hohen Auftrieb der Schläuche, die fast das Mundstück aus dem Mund rissen. Und, ja, der Regler atme sich schon ganz gut.

Der neue gute Regler trat also ganz in den Hintergrund gegenüber der „usability“ des Mundstücks.



Mundstück von Louis Denayrouze für das Atemgerät Aerophore

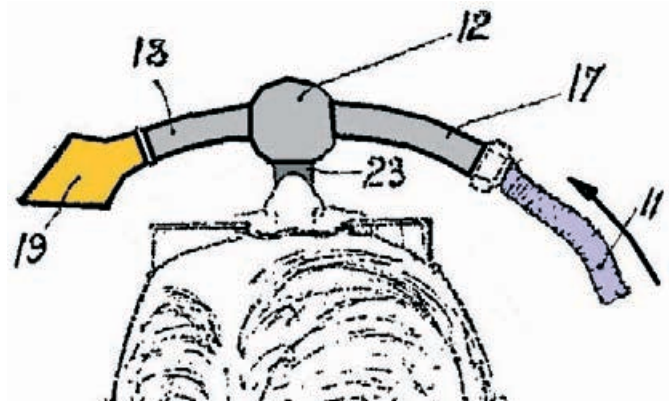


Mundstück von Fernex mit Ein- und Ausatemventil

Urform der Mundstücke

Vor der entscheidenden Idee von Gagnan und Cousteau 1943 [Gag01] zum Tauchregler wurde die lästige Ausatemluft der Tauchgeräte mit offenem Kreislauf genau wie bei trockenen Atem(schutz)geräten auch direkt am Mundstück über ein Richtungsventil in das Wasser abgeblasen (Rouquayrol, B. Denayrouze, Fernex/Le Prieur, Commeinhes u.a.).

Das Prinzip des Mundstücks für kompakte Atemregler, das später in dem des Royal Mistral oder dem Hope Page Vollenkung finden sollte, wurde aber schon 1872 von Louis Denayrouze (1848-1910) erfunden. Er produzierte zusammen mit Auguste Rouquayrol (1837-1883) ein Atemgerät, das dieser gemeinsam mit seinem Bruder Benoit Denayrouze (1826-1875) erfunden hatte, das „Aerophore“. Das diente vornehmlich für Rettungen im Bergbau, wurde aber auch zum Tauchen eingesetzt. Es hatte schon zwei Richtungsventile, wofür man damals die sog. „Entenschnabel“-Bauform nahm. Bis auf die zum



Mundstück aus dem Patent von Le Prieur

Einsatz unter Wasser wesentliche Idee zur Lage des Ausatemventils, die dann erst 1943 Gagnan hatte, war damit das moderne Kompaktregler-Mundstück vorgedacht.

Maurice Fernez (1885-1952) übernahm dieses Prinzip für sein einfaches Freeflow-Schlauchtauchgerät [Fer01] und verringerte den Totraum im Mundstück etwas. Yves le Prieur (1885-1963) ersetzte die Schlauchversorgung in dem Fernez-Gerät durch tragbare Pressluft-Flaschen und ließ im Mundstück das Einatemventil weg, wodurch dieses kürzer wurde. Der Freeflow ging ohnehin ständig in Richtung Mundstück und verhinderte das Eindringen von Wasser.

Dieses Mundstück übernahm Cousteau einfach für den ersten Versuch mit dem Gasregler Gagnans in der Marne 1943. Aber bei dem Test mit dem CG43-Prototypen floss Luft beim Tauchen entweder schon ohne Ausatmung ab oder ließ sich nur schwer ausblasen, je nach Schwimmelage des Tauchers. Es gab nur einen relativ kleinen Lagebereich, wo Ein- und Ausatmung gleichermaßen gut abliefen. Gagnan und Cousteau erkannten bei ihren Versuchen, dass das Ausatemventil sich möglichst auf der Ebene gleichen Drucks mit der regelnden Hauptmembran befinden muss.

Und das ist optimal dann der Fall, wenn die Ausatemluft über einen zweiten Faltschlauch zu einem Ausgang zurückgeführt wird, der möglichst nahe am Zentrum der Membran liegt. Das Mundstück verband jetzt den Mund des Tauchers mit dem Ein- und Ausatemschlauch. Angenehm war auch, dass die Luft nicht mehr am Gesicht entlang blubbernd aufstieg, sondern hinter dem Kopf.

Als Mundstück für den ersten Zweischlauch-Regler, den CG45, nahm man zunächst das vom Freeflow-Gerät von Le Prieur. Das ursprünglich direkt angebrachte Ausatemventil wurde einfach durch den Ausatemschlauch abgelöst. Leider verlor sich damit auch das Richtungsventil zum Ausatmen, nachdem zuvor schon wegen der freeflow-Geräte das Einatemventil entfallen war. Sie sollten erst Jahre später wiederentdeckt werden.



Le Prieur mit seinem Tauchgerät

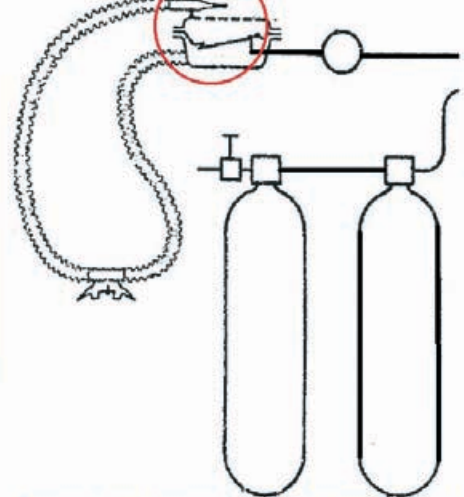
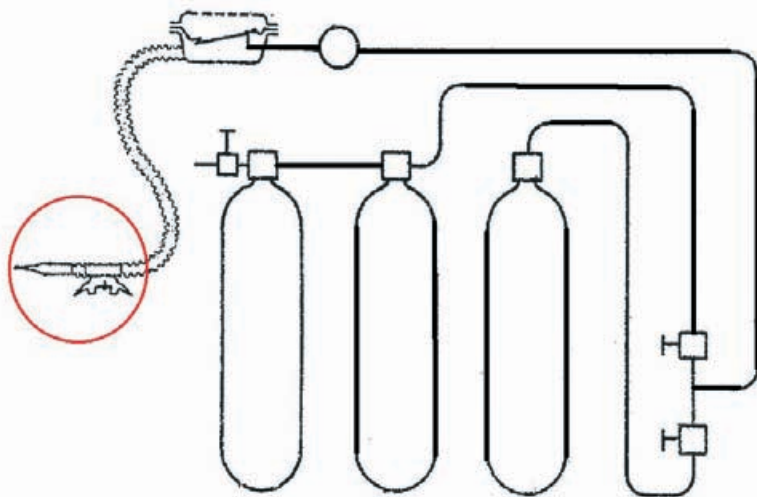


Aus dem Le-Prieur-Mundstück entwickeltes Zweischlauch-Mundstück der ersten CG45

Tauchgerät CG43

1. Versuch in der Marne Anf. 1943

2. Versuch in Bandol Juni 43



Ausschnitt aus dem Patent [Gag01]

Darstellung nach J. Chabbert, Facebook Groupe "Les Mistralopithèques",

Die langen steifen Stutzen erwiesen sich bald als ungünstig, da die Schläuche durch die Hebelwirkung bei Kopfbewegungen zu große Kräfte auf die Zähne übertrugen. Gagnan verkürzte also die Schlauchstutzen auf die unbedingt nötige Länge, wie das auch noch beim Mistral eingesetzt wurde. Der Stutzen für das Bissstück war aber immer noch zu lang, so dass die Schläuche viel Kraft übertragen konnten.



Kurzes Standard-Mundstück des Mistral

Beim ersten Mundstück des *MEDI713* und auch bei dem leicht gekrümmten Mundstück von *LOOSCO* wurde das berücksichtigt und auch dieser Stutzen nur so lang wie nötig gemacht.

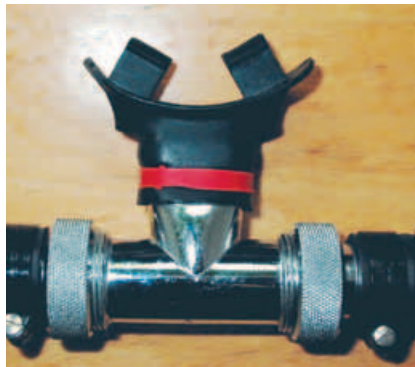


Ventilloser Mundstück des MEDI 713, DDR
(Samml. Kleeblatt)



Gebogenes Mundstück des Loosco-Reglers,
Niederlande
(Samml. Gompelman)

Normalerweise wurden die Schläuche durch Abbindungen oder verschiedenartige Klemmen direkt am Mundstück befestigt und nur für die Wartung entfernt. Aber für die Verwendung von Vollgesichtsmasken oder CV-Anzügen mit integrierter Maske setzte man auch für diese einfachen Mundstücke in der sogenannten Profiversion schon leicht lösbare Verbindungen mit Überwurfmutter ein (hier *La Spirotechnique* und *LOOSCO*). Schlauchstutzen mit Überwurfmutter erlauben auch die einfache Ausrichtung der Mundstücke, ohne die Schlauchklemmen lösen zu müssen. Dafür sollten allerdings die Muttern orthogonal auf der Schlauch-Mittelachse angeordnet sein (richtig beim *Duomat*-, falsch beim *Hydromat*-Mundstück, siehe Teil 2). Die Befestigung mit Ringmutter erleichtert außerdem die Trocknung der Schläuche nach dem Tauchgang.



Profi-Mundstück des Mistral mit
schraubbaren Schlauchstutzen

Einen anderen Weg gingen der tschechische Hersteller des Kompaktreglers *Chirana* und auch *Dräger* mit dem Einschlauchmundstück des *Delphin*. Hier blieben die Schläuche am Mundstück, nur das Bissstück wurde abgeschraubt und konnte auch gegen eine Vollgesichtsmaske getauscht werden.



Einfaches Mundstück des Chirana, CSSR
(Samml. LOLA)

Ähnlich war auch ein Mundstück von *Dräger* für den *PA60* aufgebaut, das noch eine Speichelfangbüchse hatte, da das Mundstück unter bestimmten Umständen nicht aus dem Mund genommen werden konnte. Wohl wegen der Klobigkeit verschwand dieses Merkmal schnell wieder.



Schweres Mundstück für den Dräger-PA60
mit Speichelfang
(Samml. Samojauska)

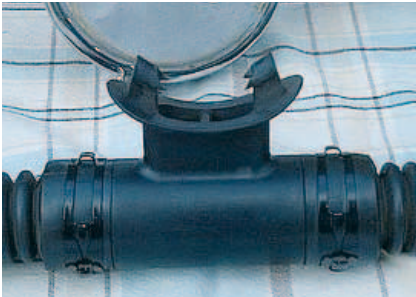
Leichtere Mundstücke

Zunächst waren die Mundstücke aus relativ schwerem Metall, meist verchromtem Messing, auf das ein austauschbares Bissstück aus Gummi aufgesteckt und befestigt wurde. Die französische Firma *Godel* und auch *USD* für seine *Aqua-Lung*-Familie brachten dann relativ schnell leichtere Mundstücke aus Gummi heraus, in die zudem das Bissstück gleich integriert war. Das erübrigte eine zusätzliche Befestigung, die oft das weiche Gummiteil beschädigte, ermöglichte aber keine individuellen Bissstücke. Dies entsprach aber der damaligen militärisch bestimmten Nutzerphilosophie der Marinen, so auch dem Denken von Cousteau, nachdem der Taucher sich den Gegebenheiten anzupassen und damit seine Aufgaben befehlsgemäß zu erfüllen habe.

Das Streben nach optimaler Ergonomie entstand erst mit der Dominanz der „Warmduscher-Sporttaucher“, die durch keine Unannehmlichkeiten von ihrem für die Hersteller gewinnträchtigen Hobby abgehalten werden sollten, drang dann aber mit der immer steigenden Leistungsoptimierung auch in den militärischen und professionellen Bereich ein.



Gummi-Mundstück von Godel für den CG45



Mundstück aus Gummi des DW StreamAir von USD

Charakteristisch für die Gummimundstücke der französischen Regler bis hin zum *Royal Mistral (RM)* war noch die integrierte Befestigungsmöglichkeit für ein Nackenband, das den Regler sicher im Mund halten sollte. Das Nackenband behinderte den Taucher aber unter normalen Bedingungen mehr als es nützte. Im Sporttauchbereich wurde es meist entfernt.

Gagnan hat an den einfachen Mundstücken für die Aqualung noch weiter gearbeitet [Gag02 von 1960], um sie zu verbessern. Das beschränkte sich aber scheinbar auf das Einbringen von Leitblechen, die das Strömungsverhalten und damit den Atemwiderstand verbessern sollten.



Einfaches Faltenrohr-Mundstück des Dräger-Delphin (F. Rothbrust)

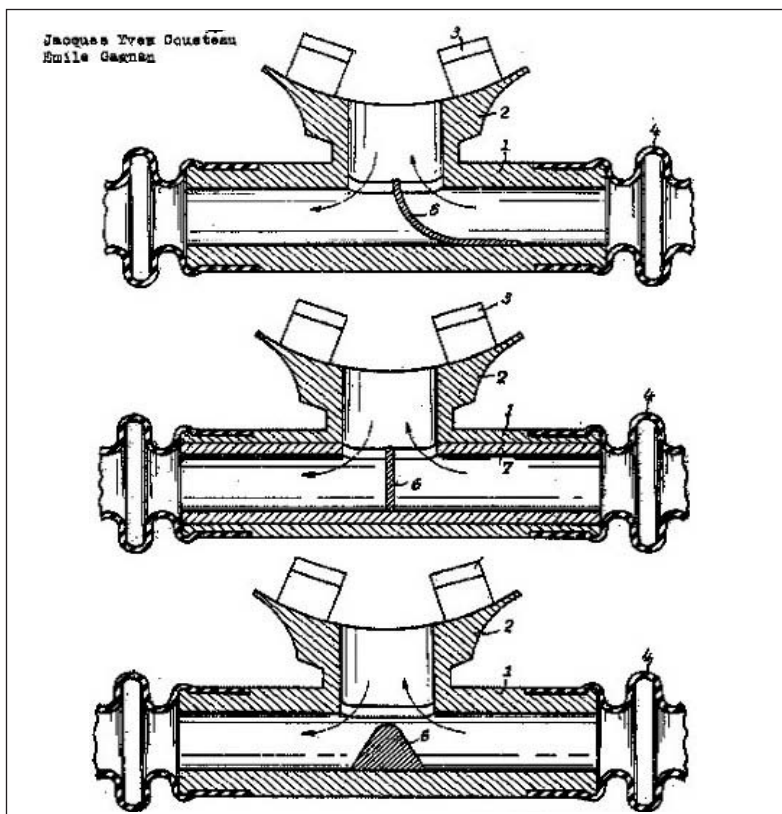


Mundstück des Dräger-Delphin mit wechselbarem Mundstück-Stutzen (J.C. DePoorter)

Eine Besonderheit stellen die Mundstücke von einschläuchigen Kompaktreglern (Pendelatmer) dar, wo Ein- und Ausatemschlauch in einem vereinigt sind. Die einfachen sind quasi nur ein Rohr, auf das das Bissstück gesteckt wird. Um das unangenehme Volllaufen mit Wasser zu vermeiden, sind die besseren mit einem Verschluss versehen, der das Wasser fern hält, wenn man das Mundstück aus dem Mund nimmt.

Mundstücke mit Richtungsventilen

Nachdem es also in den ersten etwa acht Jahren nach der Erfindung praktikabler Zweischlauch-Regler nur marginale Veränderungen an den Mundstücken gegeben hatte, kam 1953 in den USA das *Hope-Page-Mundstück*, zunächst als Option, auf den Markt. Das Mundstück sollte das damalige Hauptproblem beim Tauchen mit Kompaktreglern beseitigen, das Fluten der Schläuche mit Wasser, wenn das offene Mundstück ins Wasser tauchte.



Entwürfe von Gagnan zu Leitblechen in ventillosen Mundstücken [Gag02]

NON-RETURN

CHECK VALVES

EXHAUST INTAKE

FITS INTO ANY AQUA LUNG TYPE

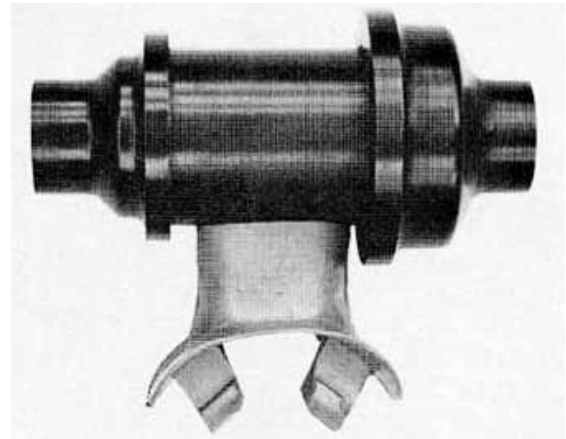
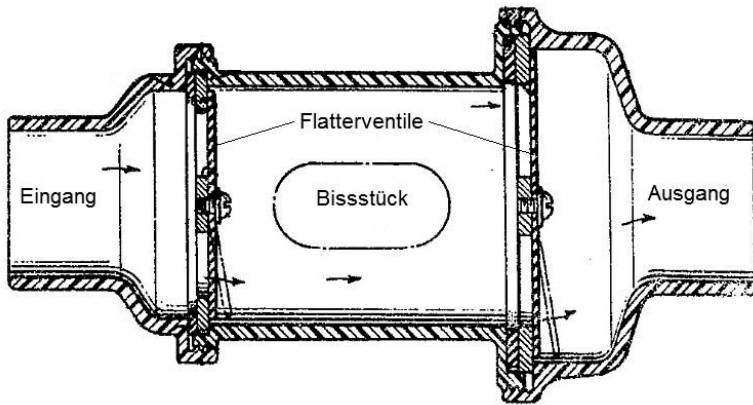
MOUTHPIECE

AND HOSE ASSEMBLY
WITH NO ALTERATIONS

In Gummimundstücke einsetzbare Richtungsventile (Prospekt Mar-Mac)

Für Taucher, die dieses Problem sehr störte, hatte es vorher schon Versuche gegeben, Ventile in vorhandenen Mundstücken aus Gummi nachzurüsten, z.B. die Einzelventile der Firma *Mar-Mac Ind.* in den USA.

Da die nicht dafür vorgesehenen Mundstücke aber nur einen geringen Durchmesser hatten, war der Ventildurchsatz zu gering, was den Atemwiderstand signifikant verschlechterte und häufig zu Vorurteilen gegen Richtungsventile führte.



Schema des originalen Hope-Page-Mundstücks [Hop01]

Metall-Mundstück Hope-Page mit zwei Richtungsventilen (Hope-Page-Prosp.)

Das Hope-Page-Mundstück aus eloxiertem Aluminium beinhaltete zwei Richtungsventile (Flatterscheiben) für die beiden Atemrichtungen und verhinderte so das Volllaufen der Schläuche, verringerte auch die Pendelatmung und insgesamt das zu bewegende Luftvolumen, was wiederum geringere Atemarbeit bedeutete. Der Ingenieur *Rory E. Hope* aus Kalifornien hatte es entwickelt, erhielt 1954 ein Patent darauf [Hope01] und stellte es in seiner Firma mit seinem Finanzierungspartner *Charles L. Page* in Metallausführung her. Das Ausatemventil war etwas größer als das Einatemventil. Der bekannte Commander *Francis „Doug“ Fane* vom UDT (*Underwater Demolition Team der US Navy*), der viele Entwicklungen für das Tauchen befördert hat, zeigte großes Interesse an dem Mundstück, ließ es erfolgreich für das UDT testen und empfahl es auch für das Sporttauchen [Mill02].

len ließ. Hope und Page kamen gegen die Verletzung ihres Urheberrechts nicht an und hatten Mühe, die finanziellen Verluste zu begrenzen [Mill01].

Für das Tauchen mit Zweischlauchreglern war die Erfindung eine wertvolle Innovation, da vor allem für Neueinsteiger die Nutzung des Tauchgerätes wesentlich angenehmer wurde und die Hemmschwelle sich absenkte, was die Popularität des Sporttauchens deutlich stärkte.



Hope-Page-Mundstück aus Plastik von Healthways (Samml. Kalb)

Im Katalog der deutschen Firma *Tauchtechnik* von 1963, die zu dieser Zeit überwiegend Mistral-Regler anbot, heißt es:

Ist ein Ventilmundstück praktisch?

In der Praxis des Tauchens kommt es bei Geräten mit Faltschläuchen vor, daß etwa durch Loslassen des Mundstücks eingedrungenes Wasser ausgeblasen werden muß. Für den Anfänger sind dabei im Mundstück eingebaute Rückschlagventile recht nützlich, sie erleichtern das Ausblasen. Für den erfahrenen Taucher sind sie meist überflüssig, daher auch herausnehmbar.



Healthways Hope-Page-Mundstück demontiert (VDH)

Es zeigte sich aber, dass auch die erfahrenen Taucher bald die Vorteile der Richtungsventile zu schätzen wussten, zumal diese einen ausreichenden Durchmesser hatten, um die Atemarbeit nicht zu stark zu erhöhen. Technisch gesehen waren die Richtungsventile nicht neu, da sie bei Rebreathern schon einige Zeit angewendet wurden, um das Eindringen von Wasser in die Kalkpatrone zu verhindern, den Kreislauf der Luft eindeutig zu steuern und CO2 fern zu halten.

Von 1954 bis Januar 1955 wurde das metallene Hope-Page-Mundstück auch von *USD* als Option für seine Regler vertrieben [Spen01]. Dann eignete sich *Healthways*, aus denen später *Scubapro* hervorging, die Erfindung an und produzierte von Februar 1955 bis 1961 ein modifiziertes Hope-Page-Mundstück aus Plastik (gleich große Flatterventile), das sich in der Massenproduktion wesentlich preiswerter herstell-

Bei der Plastikausführung von Healthways kann man wie bei einem Profi-Mundstück durch die Überwurfmuttern auch einfach die Ausrichtung des Mundstücks ändern und die Schläuche zum Austrocknen entfernen, was bei der Verbindung mit den üblichen Schlauchklemmen sonst beides nicht so leicht möglich war. Dass das Trocknen durchaus wichtig war, unterstreicht Miller in [Mil02]. Viele Sporttaucher litten in dieser Zeit an Lungenkrankheiten, die durch Bakterien in den ständig feuchten Faltschläuchen hervorgerufen wurden.

Das Hope-Page-Mundstück wird trotz seiner Vorteile durchaus auch kritisiert. Der Durchmesser der Ventile in dem originalen Metall-Mundstück ist noch zu klein, so dass für professionellen Einsatz der Luftdurchsatz zu gering sein kann. Im Plastik-Nachfolger wurden dann schon größere Flatterscheiben eingesetzt.

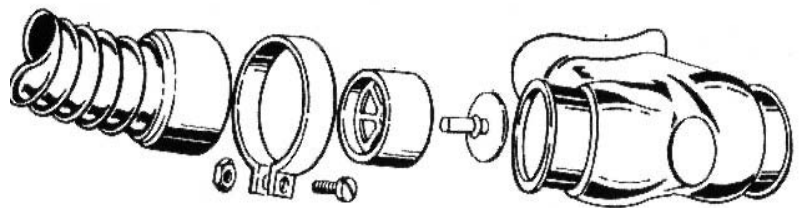
Der Ansatz für das Bissstück ist zu lang, da der Stutzen nicht in den Ventilkörper eingelassen ist, so dass durch die Hebelwirkung die von den Schläuchen auf den Mund wirkenden Kräfte vor allem bei langen Tauchgängen ermüden. Die Schlauchstutzen sind gerade axial angesetzt, was nochmal die Momente durch die Schläuche erhöht. Bei einigen Weiterentwicklungen anderer Hersteller wurde versucht, diese Nachteile einzuschränken, relativ gut dann beim Mundstück des *Mistral 61/Royal Mistral*.

Die U.S.-amerikanischen Hersteller folgten schnell dem Trend zu Richtungsventilen (Aqua-Stop) in den Mundstücken. Nachdem der größte Hersteller, *U.S. Divers*, 1956 das sog. *Kleer E-Z-Mundstück* (zunächst gerade, dann gebogen) für seine Regler eingeführt hatte, gab es dort praktisch nur noch solche Mundstücke (*Kleer E-Z* steht für *clear easy*).

Das Kleer E-Z hat Ventile mit genügend großem Durchmesser, die im Schlauchansatz sitzen und wird so nicht sehr breit, da die Schläuche bis an das Bissstück heran kommen. Das wird allerdings mit einem Schlauchdurchmesser von 1.5 inch erkaufte, so dass das Mundstück sehr dick wird und andere Mundstücke nicht eingesetzt werden können, die von 1-inch-Schläuchen ausgehen. Die Schläuche kommen günstig schräg an, aber das integrierte Bissstück ist so klein, dass Männer-Gebisse es schlecht halten können. Die verfügbaren Nachfertigungen aus Silikon sind zudem noch so weich, dass die Anordnung vor allem bei starker Gegenströmung sehr schwammig wird [Sea01].

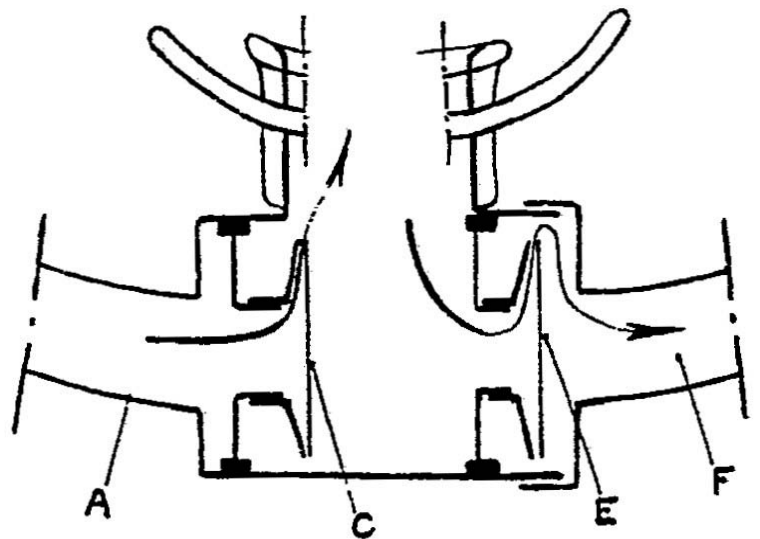


Das gebogene Kleer E-Z Mundstück zum DA AquaMaster von USD



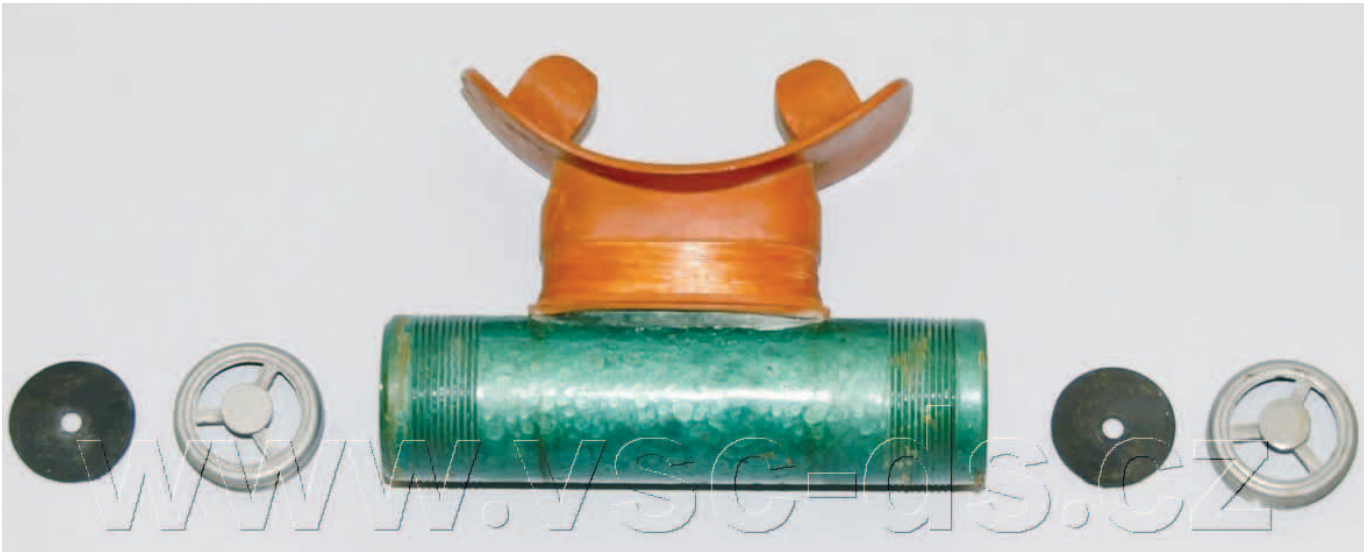
Schema des demontierten Kleer E-Z

(USD)



Aquastop-Mundstück nach Gazaix 1952 [Gaz01]

Europa folgte dem Trend zu Richtungsventilen bei Kompaktreglern langsamer. Zwar hatte *Gazaix* schon 1952 in Frankreich ein Patent eingereicht [Gaz01], das u.a. ein Aqua-Stop-Mundstück mit Scheibenventilen für Schwimmtaucher beinhaltete, aber erst, nachdem 1961 *La Spirotechnique* als führender Hersteller seine weit verbreiteten *Mistral 61* mit einem solchen Teil ausgestattet hatte, kamen auch *Dräger*, *Submarine Products*, *MEDI*,... mit Aqua-Stop auf den Markt. Patente und Entwicklungen gab es natürlich hier auch schon früher, z.B. [Vil01] von 1956.



Mundstück des AV2 (CSSR) mit Richtungsventilen

(D. Surani)



Gummi-Mundstück für PA61 von Dräger



Metall-Mundstück für PA61 von Dräger



Mundstück des polnischen Reglers MORS

(D. Surani)



Späte Version Mundstück MEDI713 mit einem Richtungsventil (D. Surani)



Demontiertes PA61-Mundstück

(D. Surani)



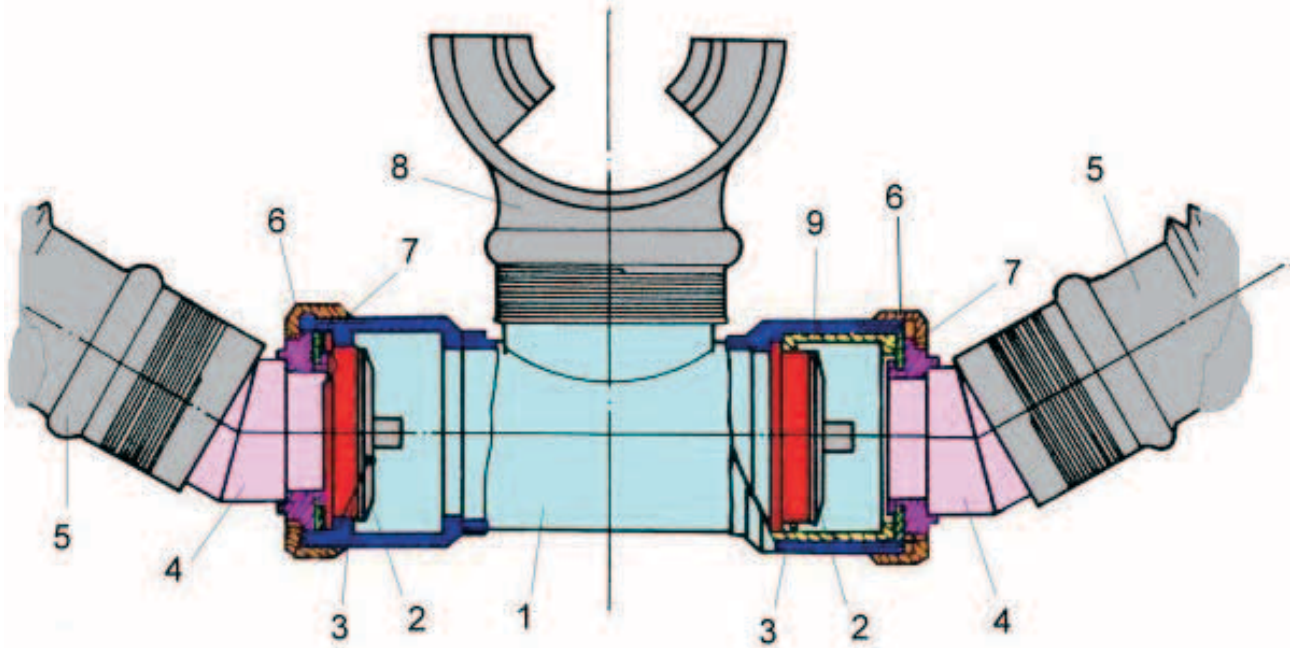
Demontiertes Standard-Mundstück für MEDI-Hydrumat

Oft wurde dabei der Anfangsfehler gemacht (wie schon von Mar-Mac s.o.), den zu durchströmenden Ventilquerschnitt zu klein zu wählen, wie bei dem hier gezeigten Mundstück des Reglers AV2 aus der CSSR. Ein- und Ausatemwiderstand erhöhten sich damit gegenüber dem ventilfreien Mundstück so stark, dass einige Taucher lieber auf diese Neuerung verzichteten. Ein Durchmesser der Ventilscheibe von 25 bis 35 mm hat sich bei den weiteren Entwicklungen dann durchgesetzt.

Die sparsame Firma *MEDI* aus der DDR stattete 1960 nur die Einatemseite des *MEDI713*-Mundstücks mit einem Ventil aus, wie übrigens auch *Northill* und der polnische Hersteller des Reglers *Mors*. Am *Mors* wurden aber auch Mundstücke mit zwei Glimmerventilen oder ganz ohne Ventile verwendet.

Die Bauform des zweiventiligen *Mors*-Mundstückes ist für die damalige Entwicklungsetappe wohl optimal zu nennen. Es ist trotz der Glimmer-Ventile sehr kurz, hat ein dezentral angesetztes Bissstück und Schraubringe zum schnellen Öffnen für die Trocknung, leider keine abgewinkelten Schlauchanschlüsse.

Die üblichen Mundstücke mit zwei Richtungsventilen waren in preiswerter Ausführung aus Gummi, meist mit einem integrierten Einheitsmundstück, und man konnte sie schlecht öffnen. Teurere Mundstücke, meist für professionellen Einsatz, waren aus verchromtem Messing und ließen sich durch Rändelringe leicht öffnen, an die Schlauchführung anpassen und auch an Vollgesichtsmasken schrauben. Das separate Bissstück konnte man individuell wählen. Typische Vertreter sind die hier gezeigten Mundstücke zu Dräger-Zweischlauchreglern, solide und funktionell gefertigt.



Schema des Hydromat-Mundstücks

(M. Klokosch)

Eine etwas kuriose, überschwere Ausführung ist das Mundstück zu den *Hydromat*-Reglern von *MEDI*. Es ist sehr breit, so dass die Schläuche erheblich am Gebiss zerran und hat ein großes Bissstück, das für Frauen und Kinder kaum geeignet ist. Beim Springen in das Wasser muss man es wirklich festhalten, um Nasenstüber zu vermeiden. Trotzdem hat es auch seine Liebhaber, die die Robustheit, die relativ großen Ventile, das leichte Öffnen zum Trocknen und die Austauschbarkeit des Bissstücks schätzen.

Dass Regler-Entwickler dem Mundstück erhebliche Bedeutung beimessen, zeigte sich, etwas unglücklich, an diesem Mundstück. Die letzte Version des *Hydromat-2*-Schlauchreglers hatte noch einen Mitteldruck-Abgang erhalten, wofür man etwas unbedacht den Luftaustritt der zweiten Stufe vom Einatemstutzen weg drehte. Als dann Klagen über einen erhöhten Atemwiderstand kamen, entwickelte man ein Mundstück mit vergrößerten Richtungsventilen, um das Defizit wieder auszugleichen.



Beim überwiegenden Teil dieser etwas moderneren Mundstücke ist zu beachten, dass sie nicht in beliebiger Ausrichtung eingesetzt werden können, da das Bissstück nicht zentrisch angesetzt ist, sondern etwas zum oberen Rand verschoben, damit das Mundstück in hängender Position stabiler liegt und sich am Kinn abstützen kann. Außerdem ist damit mehr Platz für den Naseneingriff zur Herstellung des Druckausgleichs. Da sich die Regler aus westlicher Produktion (USA, GB, Frankreich, Spanien,...) von denen östlicher Herkunft (DDR, CSSR,...) in der Ausrichtung von Ein- und Ausatemstutzen unterscheiden, sind deren Mundstücke nicht ohne weiteres austauschbar.

Bei *Hydromat* und *Saturn* z.B. lassen sich allerdings die Gehäuseschalen um die notwendigen 120° verdrehen, so dass man z.B. auch Mundstücke vom *Royal Mistral* einsetzen kann.

(Ende Teil 1, wird fortgesetzt)

Zeitleiste für innovative Mundstücke von Kompaktreglern		
1872	Mundstück für das Aerophore von <i>Louis Denayrouze</i> mit Richtungsventilen	Frankreich
1912	Mundstück nach <i>Maurice Fernez</i> mit zwei Ventilen	Frankreich
1926	<i>Fernez</i> -Mundstück für das <i>Le-Prieur</i> -Tauchgerät	Frankreich
1943	<i>Fernez</i> -Mundstück ohne Ventile für <i>CG43/45</i>	Frankreich
1945	kleines T-Mundstück ohne Ventile für <i>CG45</i> und ab 1955 für <i>Mistral</i>	Frankreich
1952	Patent <i>Gazaix</i> zum Aquastop-Mundstück	Frankreich
1953	<i>Hope-Page</i> -Metall-Mundstück mit Richtungsventilen, 1954-55 bei <i>USD</i>	USA
1955	<i>Hope-Page</i> -Plastik-Mundstück von <i>Healthways</i> produziert, bis 1956	USA
1956	<i>Kleer-E-Z</i> -Mundstück für <i>USD</i> -Regler	USA
1956	verschließbares Mundstück mit Einatemventil von <i>Northill</i>	USA
1958	verschließbares Mundstück o. Ventile von <i>Godel</i> für <i>Mistral</i> (Pat.1967?)	Frankreich
1959	verschließbares Mundstück mit Ventilen von <i>Godel</i>	Frankreich
1959	Ventil-Metall-Mundstücke für <i>PA61</i> von <i>Dräger</i>	BRD
1960	Mundstück mit Einatemventil für <i>MEDI713</i>	DDR
1961	Ventil-Mundstück für <i>Mistral 61</i> von <i>La Spirotechnique</i>	Frankreich
1961	Hartplast-Mundst. Aquastop von <i>Submarine Prod., Black Prince/Espadon</i>	England
1962	Mundstück mit extrem kl. Totraum von <i>Siebe & Gorman</i> für <i>Merlin</i>	England
1962	Ventil-Gummi-Mundstück für <i>Pa61/II</i> von <i>Dräger</i>	BRD
1965	schweres Metall-Mundstück für <i>MEDI-Hydromat</i>	DDR
1968	Vollgummi-Ventil-Mundstück für <i>Duomat</i> von <i>Dräger</i>	BRD
2015	verschließbares Ventil-Mundstück für <i>Argonaut-Kraken</i> von <i>VDH</i>	USA
2015	verschließbares Ventil-Mundstück für <i>Seawolf Mk5</i>	USA

Quellennachweis:

- [DLive) *Dr. Bob Davidov, Victor Sudakov*, Turbulent CO2 Bypass in Rebreather One-Way Valves, DeepLive 2011, goo.gl/rHv1aQ
- [Fer01] *Maurice Fernez*, Appareil respiratoire pour séjourner sous l'eau ou dans des milieux irrespirables, Pat. FR443.802, 14.05.1912
- [Gag01] *J.Y.Cousteau*, Air Liquide, Perfectionnements aux installations pour la respiration des scaphandriers, Pat. FR937.032, 08.07.1943
- [Gag02] *J.Y.Cousteau, Emile Gagnan*, Mouthpiece for breathing apparatus, Pat. US3,147,752, 28.10.1960
- [Gaz01] *Hubert-Joseph Gazaix*, Perfect. aux installations pour la respiration des scaphandriers se servant d'appareil scaphandre autonome..., Pat. FR1.059.236, 27.06.1952
- [Hop01] *Rory E. Page, Charles L. Hope*, Safety-First Underwater Breathing Apparatus, US-Pat. US2,823,670, 29.3.1954
- [Mill01] *Dr. Sam Miller*, Hope Page Ads, VDH group, 20.4.2013
- [Mill02] *Dr. Sam Miller*, Rory's Magic Mouthpiece, Historical Diver, No. 8, Summer 1996
- [Sea01] *John Ratliff (Searat)*, Dive Surface Valve, vintagescuba.proboards.com 8.4.2015
- [Spen01] *Ryan Spence*, Lembout Hope-Page, Facebook Groupe „Les Mistralopithèques“, 3.5.2015
- [Vil01] *Juan y Pedro Vilarrubis Ferrando*, UN APARATO REGULADOR DE LA RESPIRACION EN INMERSIONES ACUATICAS, Pat. ES231.378, Barcelona, 9.10.1956

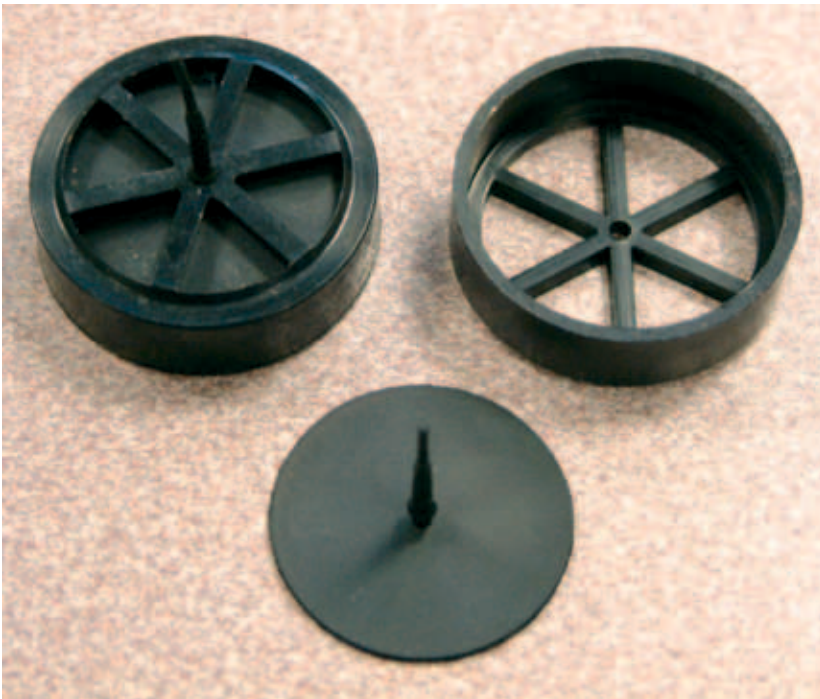
Die Patente können direkt eingesehen werden unter goo.gl/9QgEzp

Ich möchte Facebook-Mitgliedern der VDH-Gruppe, von Les Mistralopithèques und Freunden aus der HTG herzlich für die hilfreichen Diskussionen und Informationen danken!

Mundstücke von Kompaktreglern (Teil 2)

Von Dr.-Ing. Lothar Seveke (Teil 1 erschien in der TH7)

Richtungsventile

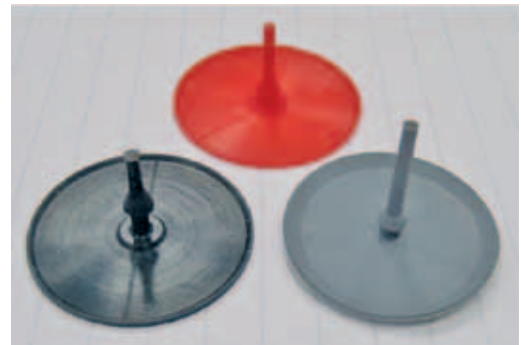


Ventil-Träger (Wagonräder) und -Scheiben des Royal-Mistral-Mundstücks

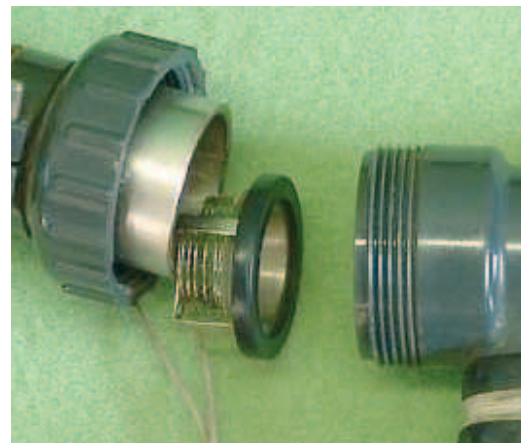
An den Richtungsventilen selbst hat sich nach dem Übergang von Denayrouzes Entenschnabel zum kleineren Scheibenventil prinzipiell kaum etwas verändert. Sie bestehen aus dem (Speichen-)Rad und einer dünnen Gummi- oder heute Silikon-Scheibe, die vom Luftstrom angehoben wird. Der Atemwiderstand und die Dichtheit hängen von der Elastizität und Ausformung der Flatterscheibe und auch der Auflage ab. Scheiben mit einem Auflagekragen (Pilzventile) und schmale ringförmige Auflagen werden in modernen Ventilen verwendet. Daneben gibt es die sog. Schirmventile mit einem etwas breiteren abgeschrägten Rand. Außerdem hat der Stiel des „Pilzes/Schirmes“ in Länge und Durchmesser Spiel im Loch des Trägers, so dass sich die Scheibe bei starkem Luftstrom auch noch darüber anheben kann.

Nach *DeepLive*, die mit modernsten Methoden Einweg-Ventile (für Rebreather) untersucht haben [DLive], sind die Eigenschaften der Ein- und Ausatemventile in Mundstücken neben der Form der Speichenräder stark von Form und Material der Ventilscheiben abhängig. Schirmventile dichten statisch und dynamisch besser als flache oder Pilzventile, feste Scheiben (Glimmer oder Polyurethan) dichten statisch schlechter als die weichen Scheiben aus Silikon, sind aber stabiler gegen Verwirbelungen im Atemgasstrom und dichten deshalb dynamisch besser (halten mehr CO₂ zurück).

Als einzige Ventile mit festen Scheiben sind mir solche mit Glimmerscheiben bekannt. Das Mineral Glimmer bleibt sehr lange formbeständig und ist nahezu unabhängig von Um-



Verschiedene Formen der Ventilscheiben [DLive]



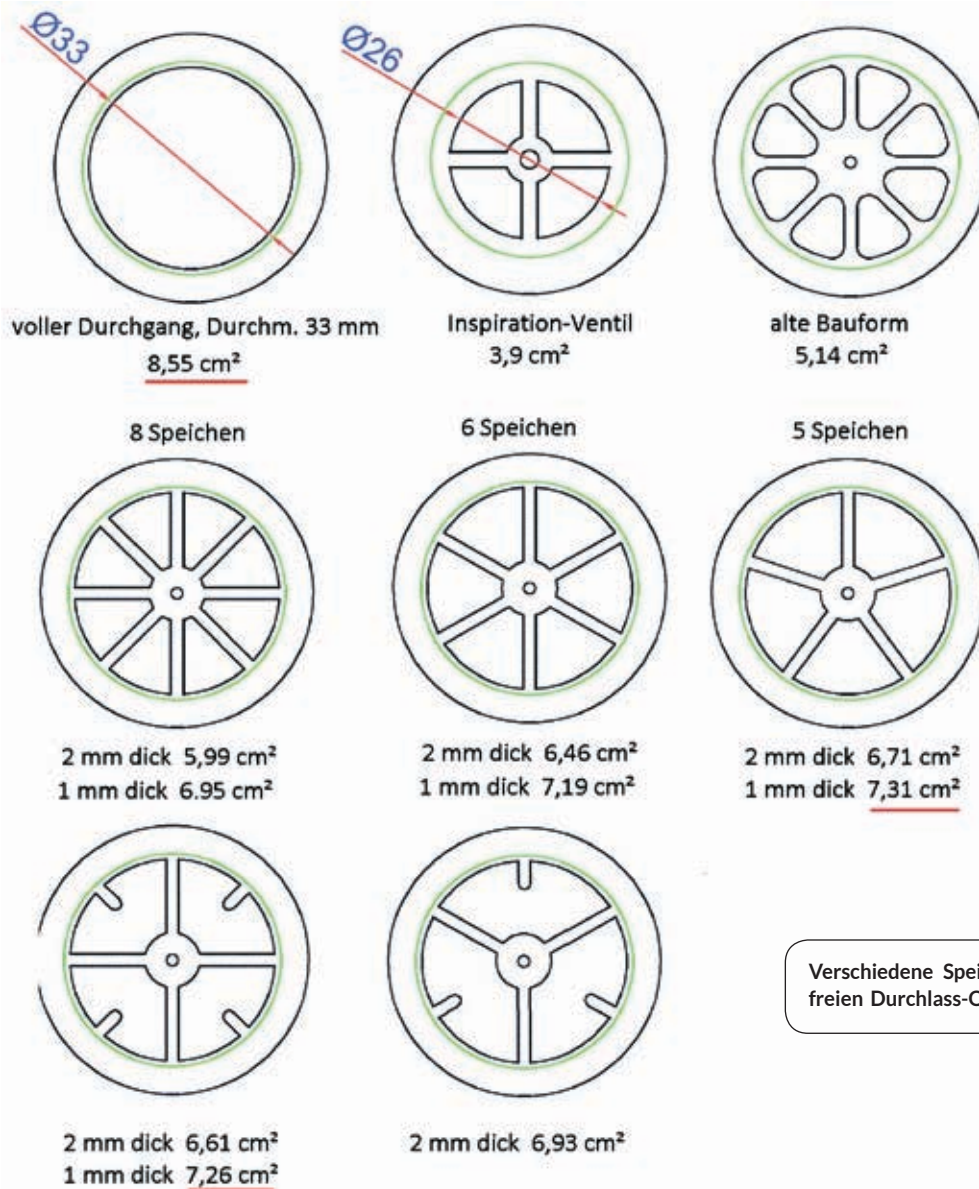
Ventil mit Glimmerscheibe (meist in Kreislaufgeräten) (M. Klokosch)

welteinflüssen. Es ist auch hitzebeständig, so dass Ventilträger verlötet werden können. Die Glimmerscheibe wird von einer weichen Spiralfeder auf die Auflage gedrückt.

Durch die Ablösung des Materials Gummi durch das ebenfalls sehr beständige Silikon hat der Einsatz von Glimmer Bedeutung verloren, bleibt für das Tieftauchen mit Rebreathern wegen der besseren CO₂-Sperrung aber interessant [DLive].

Es soll auch ähnliche Konstruktionen mit Plastikscheiben für Zweischlauchregler gegeben haben, z.B. von APAG, über die ich aber keine Informationen habe.

Flatterscheiben in senkrechter Anordnung zum Luftstrom erzeugen definitiv mehr Verwirbelungen und damit einen höheren Atemwiderstand als die Öffnungen eines Entenschnabel-Ventils, wie sie in den ersten Mundstücken von Denayrouze oder Ferner verwendet wurden (siehe 1. Teil des Artikels). Die bräuchten aber so viel Platz, dass man diesen Nachteil in Kauf nimmt. Schräg im Luftstrom angeordnete Flatterventile wie z.B. im Ausatemventil „duckbill eliminator“ von VDH verwendet, könnten hier helfen.



Bissstücke

Auch die Bissstücke der Mundstücke haben keine bedeutende Entwicklung genommen. Sie waren entweder in den (Hartgummi-)Grundkörper des Mundstücks integriert oder wie bei heutigen Mundreglern auf den Stützen am Mundstück befestigt. Die Integration in das Mundstück hat die Nachteile, dass man jeweils an ein Einheitsmundstück gebunden ist und nahezu das komplette (teure) Mundstück ausgetauscht werden muss, wenn das Bissstück verschlissen ist, was wegen der starken Beiß-Belastung an den Bisswarzen relativ häufig sein kann.

Die separaten Bissstücke lassen verschiedene Größen zu und spezielle Formen bis hin zur individuellen Anpassung (nach Methoden der Dentaltechnik oder bei speziellen Produkten durch Erwärmen und Ausformung durch Zubeißen). Wenn der Stützen für das Bissstück aber nicht in den Mundstückkörper eingelassen ist, steht das Bissstück weit vor und vergrößert die Hebelwirkung auf das Gebiss.



DivAir-Mundstück mit Schnellwechsel-Bissstück von Healthways

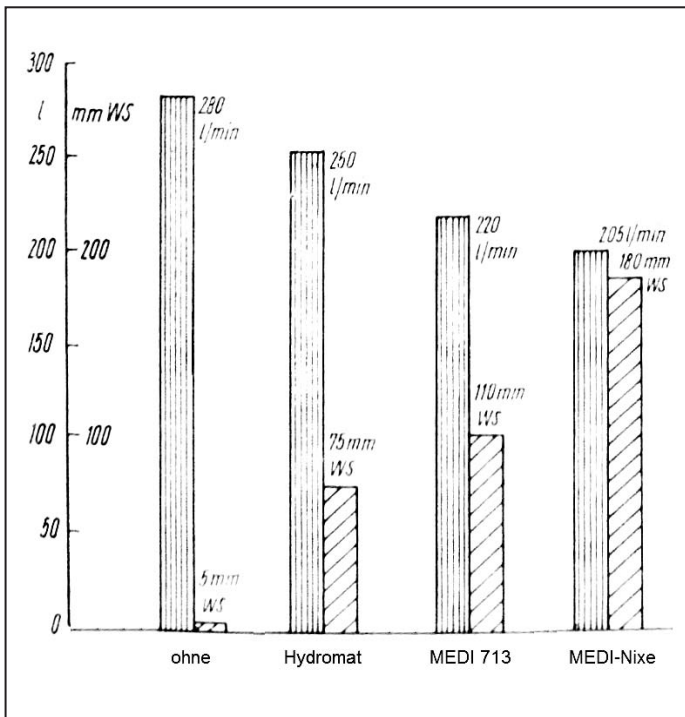
Die Bissstücke wurden früher, wie z.B. oben beim MEDI713 zu sehen, mit Bindegarn oder Sehne befestigt, heute zumeist mit Kabelbindern. Eine extravagante Befestigung hatte Healthways kurzzeitig, wohl, um das Bissstück schnell austauschen zu können, z.B. aus hygienischen Gründen bei Leihhausrüstungen.

Optimierung moderner Mundstücke

Dass die Gestaltung dieser scheinbar selbstverständlich aufgebauten Bestandteile des Reglers durchaus Einfluss auf den Atemkomfort hat, zeigten Messungen an Mundstücken, die in der Zeitschrift Poseidon 1966 [Netz01] und noch einmal 1970 [Zim01] veröffentlicht wurden.

Leider konnten in die Messungen keine Teile aus westlicher Produktion einbezogen werden, und es fanden sich in anderer Literatur auch keine vergleichbaren Messungen zu deren Mundstücken.

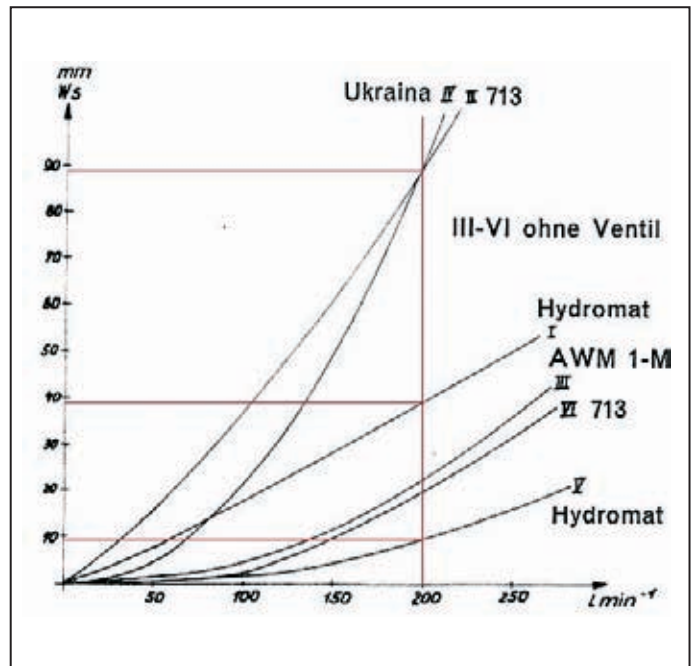
Die folgende Säulengrafik zeigt die maximale Luftlieferleistung (senkrechte Schraffur) und den Atemwiderstand (unter nicht näher bezeichneten Bedingungen, diagonale Schraffur) einer Anordnung aus einem Kompaktautomaten Hydromat ohne und mit drei verschiedenen Mundstücken (immer mit Hydromat-Schläuchen).



Luftlieferleistung und Atemwiderstand abh. von Mundstücken [Netz01]

Die zweite Grafik stellt die Verläufe des Atemwiderstandes bei veränderter Luftlieferleistung dar, zeigt aber auch den Einfluss unterschiedlicher Mundstücke.

Bei 200 l/min Atemvolumen, also bei extremer Belastung, unterscheidet sich der zusätzliche Atemwiderstand durch das Mundstück von Hydromat und MEDI713 immerhin um etwa 50 mmWS (I und II), und die Einwegventile machen im Hydromat einen Aufschlag von 30 mmWS aus (I und V).



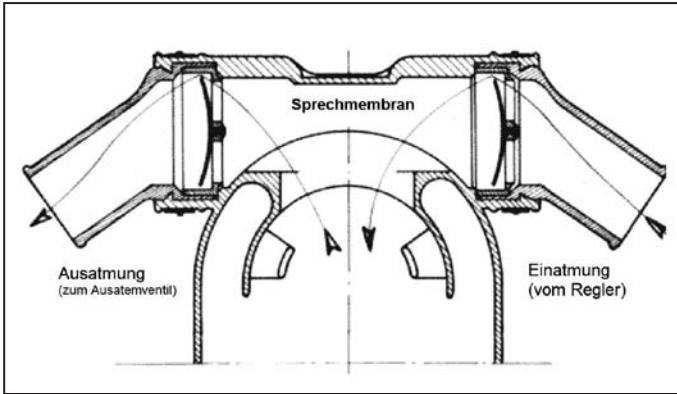
Verläufe Atemwiderstand von Zweischlauch-Mundstücken [Zim01]

nach [War01] mmWS	Widerstand subjektiv 1973
bis 100	sehr gering
100 bis 250	gering
250 bis 350	etwas hoch
350 bis 400	hoch
über 400	sehr hoch

Gemessener Atemwiderstand und seine subjektive Empfindung [War01]

Die unten stehende Tabelle wurde aus einem Artikel der Stiftung Warentest von 1973 abgeleitet [War01], für den relativ praxisnah die Atemwiderstände von u.a. vier Zweischlauchreglern gemessen wurden.

2-Schlauchregler	Hersteller	AV 30 l/min, 100 bar, 10m		AV 50 l/min, 100 bar, 40 m		aus [War01]
		Einatemwid.	Ausatemwid.	Einatemwid.	Ausatemwid.	
Duomat 310	Dräger	72	62	215	205	mm WS
Monomat 110		55	50	190	210	
Royal Mistral	Spirotechnique	65	175	140	480	
Snark III	Nemrod	50	75	90	405	



Schema des Mistral61-Mundstücks (Handbuch La Spirotechnique)



Demontiertes Mundstück des Royal Mistral

Die absoluten Messwerte zu vergleichen, ist sicher nicht sinnvoll, dafür sind die Randbedingungen zu unklar. Aber der Vergleich untereinander in einer Messreihe ist schon aufschlussreich, hier besonders interessant der Einfluss der Mundstücke. Es lohnt also, das Mundstück (neben anderen Komponenten) bzgl. des Atemverhaltens und natürlich auch des Trageverhaltens zu optimieren.

Mit dem Mundstück des *Mistral 61*, (1961 eingeführt) das später auch für den *Royal Mistral* eingesetzt wurde (ohne die Sprechmembran, die nie so recht funktionierte), hatte man bei *La Spirotechnique* schon einen sehr guten Wurf in Richtung des Optimums gelandet.

Das Mundstück ist

- leicht und trotzdem robust,
- hat schräg angesetzte Schlauchstutzen für eine gute Schlauchführung,
- einen relativ geringen Totraum,
- genügend große Ventildurchmesser und
- ein versenktes Bissstück für optimalen Sitz am Mund.
- Das Bissstück sitzt nicht zentrisch sondern leicht nach oben verschoben.

Die Nachteile sind Streitpunkte unter den Liebhabern:

- Das Bissstück ist integriert, kann also nicht individuell gestaltet und als nahezu einziges Verschleißteil nicht separat ausgetauscht werden.
- Einfache Spannbänder halten Ventilrad und Schlauchstutzen und dichten somit ohne weitere Dichtung auch das Gehäuse. Die dazu verwendete M3-Schraube ist unter ungünstigen Verhältnissen (Boot) etwas fummelig, und die Demontage der Schläuche zum Trocknen und die Ausrichtung der Schlauchstutzen erfordern immer ein Lockern der Spannbänder. Schraubbare Überwurfringe wären dafür günstiger, benötigten aber zusätzliche Dichtringe.

Das 1963 zum Royal Mistral eingeführte Mundstück war dem von 1961 sehr ähnlich, verzichtete auf die Sprechmembran und brachte kleine Verbesserungen am Bissstück.

Dass die Entwicklung eigentlich schon etwas weiter war, zeigt das ältere Mundstück zum in Polen hergestellten Regler Kaiman. Es verfügt über alle Vorteile des RM-Mundstücks, hat aber Schraubringe zum einfachen Abkoppeln der Schläuche. Die Flatterscheiben liegen weit im Inneren der Mundstückkammer, so dass der Totraum sehr klein ist. Die Schraubringe liegen allerdings auch hier in der Achse des Mundstückes und nicht in der Schlauchachse, so dass der Torsionsausgleich der Schläuche immer noch über die Spannbänder der Schläuche nach der Abschrägung erfolgen muss.



Für verschiedene Regler eingesetztes Mundstück von SubMarine GB aus Hartplast

Eine Variante dieses Mundstücks aus Hartplast von *Submarine Products* (1959 gegründet) aus England, eingesetzt auch für die *Mistral* in Lizenz bei *Espadon-Tarzan/Beuchat*, fand nicht die Verbreitung wie das *Mistral/RM*-Mundstück. Es hatte auch schraub- und so leicht entfernen- und ausrichtbare Schlauchstutzen und endlich ein wechselbares Bissstück, das allerdings nicht versenkt im Korpus saß und dadurch die Schläuche weiter vom Mund entfernte.



Mundstück des polnischen Reglers Kayman



Demontiertes Mundstück des Kayman (D. Surani)



Gummimundstück für den Snark III von Nemrod

Viele westeuropäische Hersteller erkannten die Vorteile der *Spiro*-Entwicklung und versuchten, sie mehr oder weniger nachzuahmen. *Nemrod* bot zum *Snark III* ein Mundstück mit Gummikörper mit abgeschrägtem Schlauchansatz und direkt am Korpus befestigten Schläuchen an. Wie beim *Kleer E-Z (USD, Voit)* musste der Schlauchanschluss dafür größer als 1" sein, es wurde aber nicht wie dort 1,5" gewählt, sondern eine Zwischengröße, die nirgendwo sonst passt.

Das Bissstück sitzt schön azentrisch, ist aber auch integriert. Die Anschlüsse für ein Nackenband sind nicht fest, sondern nur über das Bissstück geschoben, womit sie leicht entfernt und wieder angebracht werden können. Die Schläuche werden auch mit einem Spannband gehalten, mit den oben genannten Nachteilen, dazu noch mit einer sehr scharfkantigen Verschraubung, die extra mit einem Gummiband abgedeckt werden muss. Hauptkritikpunkt sind aber die in den Gummikörper gepressten Ventilräder, die sich nahezu nicht zerstörungsfrei austauschen lassen oder zumindest eine Erwärmung der Hülle erfordern.



Gummimundstück von Colombo (Schweiz)

Colombo (Schweiz) hat auch ein Mundstück mit integriertem und weit versenktem Bissstück gemacht, an dem Schläuche und Ventilräder mit dem



Mundstück von Dräger für den Duomat

gleichen Spannband gehalten werden. Die Schläuche gehen allerdings gerade zur Seite, so dass sie etwas abgespreizt geführt sind.

Dies Mundstück wurde anfangs auch von der deutschen Firma Tauchtechnik eingesetzt und schließlich dort nachgebaut.

Dräger ist mit einem Mundstück für *Duomat/Monomat* dem Ideal sehr nahe gekommen.

Die Schlauchstutzen können leicht mittels einer Überwurfschraube in Richtung der Schlauchachse entfernt werden (Trocknung). Azentrisches Bissstück und Ansätze für ein Halsband sind wie bei *Spiro* integriert. Der

(leicht) schräge Abgang der Schläuche wird durch eine Abrundung des Körpers erreicht. Die Gewinde für die Schlauchstutzen und die Ventilräder werden gemeinsam durch ein Spannband gehalten, das aber nur selten entfernt werden muss, da man ja die Überwurfschrauben hat. Der gesamte Schlauchansatz wird allerdings ziemlich lang (Ventile sitzen zu weit außen), so dass das Mundstück sehr breit ist, was sein Halten mit den Zähnen bei Kopfdrehungen erschwert, und relativ viel Totraum hat.

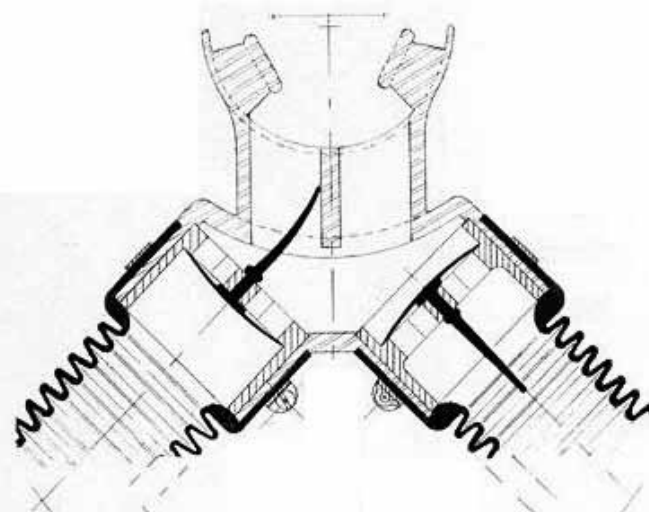
Um meine Vorstellungen von einem idealen Mundstück zu verdeutlichen, habe ich mal einen Prototypen gebaut, auf dem Bild im Vergleich mit dem RM-Mundstück. Es ist aus leichtem PVC, hat ein austauschbares Bissstück an einem versenkten Stutzen, hat große Richtungsventile und abschraubbare Schlauchstutzen in Achse des Schlauches an einem abgeknickten Mittelteil. Die Länge und damit das Innenvolumen könnten allerdings noch verringert werden.



Optimiertes Eigenbau-Mundstück als Prototyp im Vergl. mit einem RM-Mundstück



Gummi-Mundstück für die Merlin-Regler von Heinke, dann Siebe&Gorman



Schema des Merlin-Mundstücks (Heinke)

Einen ungewöhnlichen Ansatz hat *Heinke*, dann *Siebe & Gorman* für seine *Merlin*-Regler verfolgt (neben einem auch angebotenen ventillosen, T-förmigen Mundstück), wohl vor allem, um einen sehr kleinen Totraum zu erzielen, Korpus aus Gummi mit integriertem zentrischem Bissstück, Schläuche mit 1.5-inch-Ansatz, die mit Spannbändern gemeinsam mit den Ventilrädern gehalten werden. Die Schläuche zeigen allerdings schräg nach vorn, was einen extrem kleinen Raum zwischen Bissstück und den Ventilen ermöglicht.

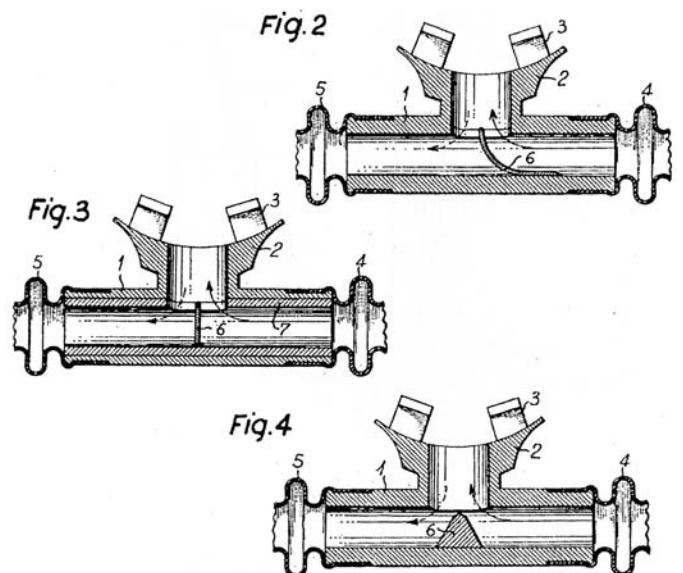
Wie sich die herzförmig nach vorn ragenden Schläuche tragen, kann ich leider nicht aus eigener Erfahrung sagen, bezweifle aber, dass es sehr angenehm ist. Die auch ungewöhnlichen langen 90°-Schlauchstutzen am Regler entspannen diese Schlauchführung eventuell etwas. Flattern bei Strömung und Hängenbleiben an Hindernissen sind aber sicher zu befürchten.



Metall-Mundstück des Merlin MK6 (Heinke)

Von dieser Mundstückform gab es zuvor auch eine Metall-Ausführung mit verschraubbaren Schlauchansätzen. Der Faltenbalg als Bissstückverlängerung auf dem Foto wurde nur mit der Avon-Vollgesichtsmaske verwendet, um das direkte Ausatmen in die Maske zu vermeiden.

Weitere Optimierungsversuche am Mundstück lassen sich unter dem Begriff „Leitbleche“ zusammenfassen, mit denen man einerseits die Strömungsverhältnisse verbessern, aber auch die Arbeitsweise des ev. vorhandenen Injektors im Regler beeinflussen wollte. In [Gag02] zeigt Gagnan schon 1960 einige Varianten, mit denen er experimentiert hatte. Sie fanden dann aber doch keinen direkten Eingang in produzierte Regler.



Von Gagnan erprobte Leitblech-Varianten aus [Gag02]

Eine extreme Form der Injektoranpassung, die bis in das Mundstück reichte, entwickelte Gagnan zuvor 1955 für den US-Divers-Regler DX Over-pressure, was in [Sev] näher beschrieben ist.

Aber auch bei den Mundstücken moderner Kompaktregler wird mit Leitblechen gearbeitet, wie die Entwicklung von Hero für den Argonaut Kraken zeigt [Hero].

Verschließbare Mundstücke

Mit den Mundstücken des *Royal Mistral* oder auch des *Duomat* war mit den genannten Einschränkungen in den 1970er Jahren eigentlich das optimale Teil geschaffen.

Aber die Eigenschaft eines Kompaktreglers, abzublasen, wenn die Reglermembran tiefer im Wasser liegt als das Mundstück, was bei erzwungenen Schwimmlagen sein kann, z.B. beim Rückenschwimmen an der Oberfläche, führte zu dem Wunsch, das einfach verhindern zu können. Dies erscheint vor allem wichtig, wenn man heute Taucher neu an diese Art des Tauchens heranführen will, denen es eventuell zu unsicher oder unbequem erscheint, das Mundstück in diesen Situationen einfach unter die Axel zu klemmen oder mit einem Stopfen zu verschließen. Um das Mundstück gut unter den Arm klemmen zu können, war man in den USA in den 1960er Jahren übrigens dazu übergegangen, statt der originalen Faltschläuche, die dazu zu kurz waren, solche von Gasmasken aus dem 2. Weltkrieg einzusetzen [Mill02].

Der Zwang, Wassereintritt unbedingt zu verhindern, hatte schon lange vorher bei Kreislaufgeräten zu verschließbaren Mundstücken geführt. Im militärischen und professionellen Bereich sollte das Abblasen ebenfalls vermieden und das Atmen an der Oberfläche ermöglicht werden, ohne das Mundstück aus dem Mund zu nehmen. Um ein Abblasen zu verhindern, ist es nur nötig, das Bissstück zu verschließen. Unter Wasser passiert es normalerweise nicht, dass die Luft zum Ausatemventil durchschießt, da dies (beim Abblasen) ja wiederum tiefer als das Mundstück, nämlich auf Membranhöhe, liegt.

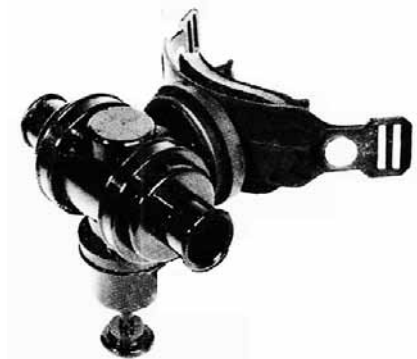


Verschließbares Mundstück des Chirana (CSSR)

Viele frühe Pressluft-Tauchgeräte (Dräger, Chirana, Ukraina,...) verwendeten die bewährten Mundstücke von den Kreislaufgeräten weiter, die von dort mit einer Absperrmöglichkeit ausgestattet waren.



Verschließbares Mundstück von Godel (Frankreich)



Verschließbares Mundstück von Godel mit Ventilen (Prospekt 1959)

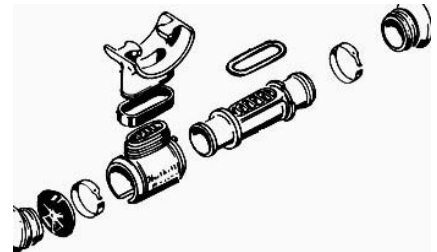
Die bekanntesten Mundstücke, die den Verschluss des Bissstücks und die Öffnung zur Luft an der Oberfläche ermöglichen, sind die der französischen Firma *Godel* [God01] mit einem verdrehbaren Innenring, die optional für den *Mistral/Royal Mistral* geliefert wurden. Diese gibt es ohne und mit Aquastop, wobei letztere sehr selten sind (rechtes Bild). Der Verschluss erfolgt über einen von außen zu betätigenden Knebel.

Ein anderes Prinzip wendete *Northill* (USA) schon 1956 für sein verschließbares Mundstück an. Hier wird ein



Verschließbares Mundstück von Northill (Willett)

äußerer Ring verdreht (geschlitztes Gummirohr, mit zwei Federklammern angepresst), auf dem das Bissstück sitzt, und so die Öffnung im inneren Rohr verschlossen.



Verschließbares Mundstück von Northill, Expl.darst (Handbuch)



Verschließbares Mundstück von Salvas (Italien) (Prospekt)



Verschließbares Mundstück mit Schnorchel von Salvas (Prospekt)

Das Verschlussprinzip von *Godel* wurde auch kombiniert mit einem Schnorchel, so dass man an der Oberfläche bequem von Regler- auf Schnorchelatmung umschalten konnte. Solche Mundstücke gab es z.B. von *Salvas* (Italien) und auch *Godel*.

Auch die Kombination des 2-Schlauch-Mundstücks mit der zweiten Stufe eines zur Sicherheit mitgeführten Einschlauchreglers wird genutzt, vorrangig vom Kreislaufgerät kommend. Das kann für bestimmte anspruchsvolle Tauchgänge sinnvoll sein, erscheint mir aber normalerweise übertrieben. Ein Einschlauch-Zweitregler, auf den

bei Bedarf gewechselt werden kann, sollte ausreichen.

Insgesamt sind solche Lösungen, mit Verschluss, Schnorchel, Zweitregler, recht wenig zum Einsatz gekommen, weil das Gros der Taucher mit dem Abblasen oder Wechseln auf den normalen Schnorchel oder den modernen Zweitregler genügend gut klar kam/ kommt und das Mundstück für den normalen Gebrauch zu sperrig wird.

Trotzdem bemühen sich die aktuellen Hersteller von Kompaktreglern, dem *Argonaut Kraken* und dem geplanten *Seawolf Mk5*, wieder um verschließbare Mundstücke für ihre Produkte (DSV - Dive Surface Valve). Motiv sind die für Kompaktregler neu zu gewinnenden Taucher, die möglichst wenig mit zusätzlichen „Problemen“ belastet werden sollen. Die geplanten Mundstücke sind recht interessante, mit moderner Technologie entwickelte Konstruktionen, die relativ klein und auch nicht zu teuer zu werden versprechen.



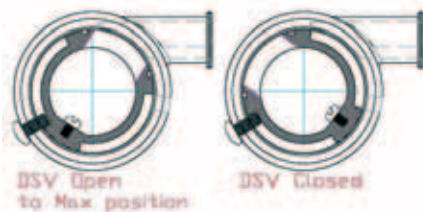
Mundstück für Argonaut Kraken (USA, Prototyp) (VDH)



Ausgelieferte Form des Kraken-Mundstücks



Mundstück für Seawolf (3D-Entwurf) (M. Story)



Schema des DSV-Mundstück für den Kraken (VDH)

Während VDH (Entwickler Luiz Hero) für den *Kraken* das Prinzip von *North-hill* mit dem verdrehbaren Bissstück bevorzugt, um einen hervorstehenden Stab zu vermeiden [Hero], geht der *Seawolf*-Entwickler Michael Story den gleichen Weg wie bei modernen Rebreathern und verstellt ein Innenrohr mit Öffnung. Für das erstere Mundstück sind wieder Schläuche mit 1,5"-Stutzen vorgesehen, um mit den

Schläuchen möglichst nahe an den Mund heran zu kommen und trotzdem einen großen Durchmesser der Ventile zu haben. Das *Seawolf*-Mundstück kann an 1"-Schläuche angeschlossen werden, wodurch es wegen der Reduzierung vom großen Ventildurchmesser auf den 1"-Schlauchstutzen etwas breiter wird. Beide neuen Mundstücke sind leider nicht abgewinkelt.

Inzwischen konnten wir das verschließbare *Kraken*-Mundstück tauchen und empfanden es als nicht angenehm. Es atmet sich gut, ist aber zu voluminös und zu leicht. Man muss Gewichtsringe nahe am Mundstück anbringen, damit es dem Taucher nicht den Kopf nach oben drückt [Hero]. Ein dem Aufwand entsprechender Nutzen der Verschließbarkeit war (noch) nicht erkennbar.

Quellennachweis:

- [DLive] *Dr. Bob Davidov, Victor Sudakov*, Turbulent CO2 Bypass in Rebreather One-Way Valves, DeepLive 2011, goo.gl/cXmHqj
- [Fer] *Maurice Fernez*, Appareil respiratoire pour séjourner sous l'eau ou dans des milieux irrespirables, Pat. FR443.802, 14.05.1912
- [Gag01] *J. Y. Cousteau*, *Air Liquide*, Perfectionnements aux installations pour la respiration des scaphandriers, Pat. FR937.032, 08.07.1943
- [Gag02] *J. Y. Cousteau, Emile Gagnan*, Mouthpiece for breathing apparatus, Pat. US3,147,752, 28.10.1960
- [Gaz] *Hubert-Joseph Gazaix*, Perfect. aux installations pour la respiration des scaphandriers se servant d'appareil scaphandre autonome..., Pat. FR1.059.236, 27.06.1952
- [God] *Edouard Paul Victor Raoul Godel*, Dispositif d'étanchéité pour robinet et robinet en faisant application, Pat. FR1.537.870, 18.07.1967
- [Hero] Luiz Hero, DSV style of mouthpiece, siehe u.g. Link
- [Hop] *Rory E. Page, Charles L. Hope*, Safety-First Underwater Breathing Apparatus, US-Pat. US2,823,670, 29.3.1954
- [Mill01] *Dr. Sam Miller*, Hope Page Ads, VDH group, 20.4.2013
- [Mill02] *Dr. Sam Miller*, Rory's Magic Mouthpiece, Historical Diver, No. 8, Summer 1996
- [Netz] *Günter Netzel*, Vor der Prüfung beachten, Poseidon xx/1966
- [Rat] *John Ratliff (Searat)*, Dive Surface Valve, goo.gl/f5gCzU 8.4.2015
- [Sev] *Dr. Lothar Seveke*, CG45 und Mistral - DIE Initiatoren für das Sporttauchen, TH05 S. 18 ff.
- [Spence] *Ryan Spence*, L'embout Hope-Page, Facebook Groupe „Les Mistralopitèques“, 3.5.2015
- [Vil] *Juan y Pedro Vilarrubis Ferrando*, UN APARATO REGULADOR DE LA RESPIRACION EN INMERSIONES ACUATICAS, Pat. ES231.378, Barcelona, 9.10.1956
- [War] *Stiftung Warentest*, Manchen ging die Luft aus, test 01/1973, S. 9-19
- [Zim] *Jörg Zimmermann*, Atembremsen unter der Lupe, Poseidon 2&3/1970

Die Patente können direkt eingesehen werden unter goo.gl/ynNyEz

Der 1. Teil des Artikels und weitere Zusatzinfos sind ebenfalls dort verfügbar.

Ich möchte Mitgliedern der VDH-Group, von Les Mistralopitèques und Freunden aus der HTG herzlich für die hilfreichen Diskussionen und Informationen danken!