

## Dräger PA 60/2

Der erste zweistufige Zweischlauchregler von Dräger für Sporttaucher

Von Franz Rothbrust



Zu Beginn der 1950er Jahre wurden zwei verschiedene Kompakt-Regler unter dem Namen „PA 60“ von Dräger in Lübeck produziert. Der „PA60“, um den es sich in diesem Beitrag handelt, ist das zweistufige Pendant zum einstufigen PA60/1, nennen wir ihn folgerichtig „PA60/2“.

### Rückblick

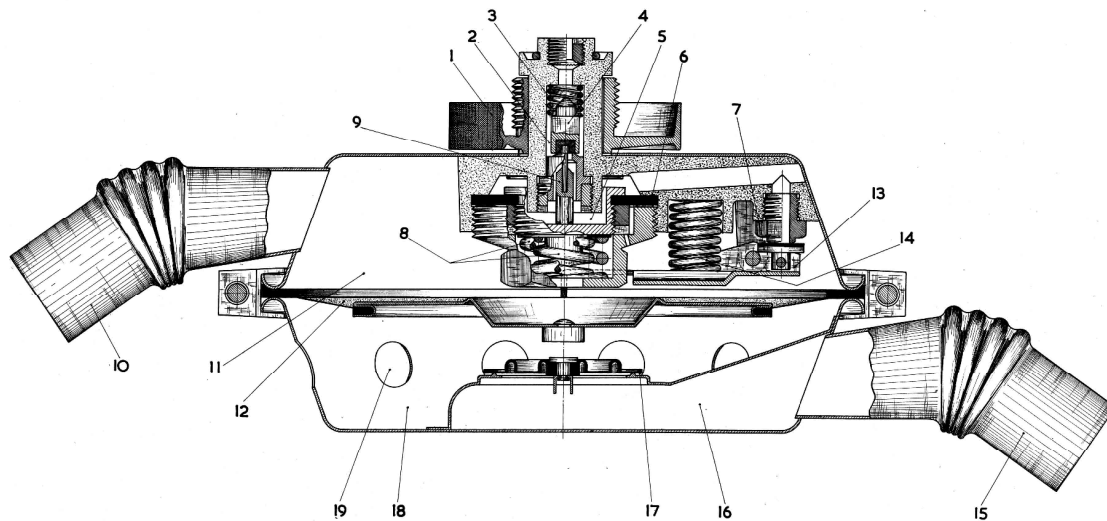
Dräger hat 1953 den ersten Atemregler für Sporttaucher aus deutscher Produktion zusammen mit Barakuda in den Markt gebracht, das war der einstufige Pendelatmer „Delphin“. Zwei Jahre darauf wurde, basierend auf den Delphin, der erste Zweischlauchregler aus deutscher Produktion, der PA60/1, in Lübeck vorgestellt. Beide Atemregler sind bereits in der Tauchhistorie vorgestellt worden. [1] [2]

### Der Lungenautomat PA60/2

Der PA60/2 wurde von Dräger ab 1955 vermarktet, er war vier Jahre, bis 1959, im Verkauf. Er ist im Katalog „Dräger-Pressluft-Tauchgeräte“ vom Juli 1955 erstmalig zu finden. Barakuda erwähnt ihn „mit einer zweistufigen Druckreduzierung“ im Katalog von 1956 zum ersten Mal. Die zugehörigen Barakuda Katalogfotos sind irreführend, sie zeigen bis 1960 den einstufigen PA60/1.

## Die technische Funktion

### DRÄGER LUNGEAUTOMAT



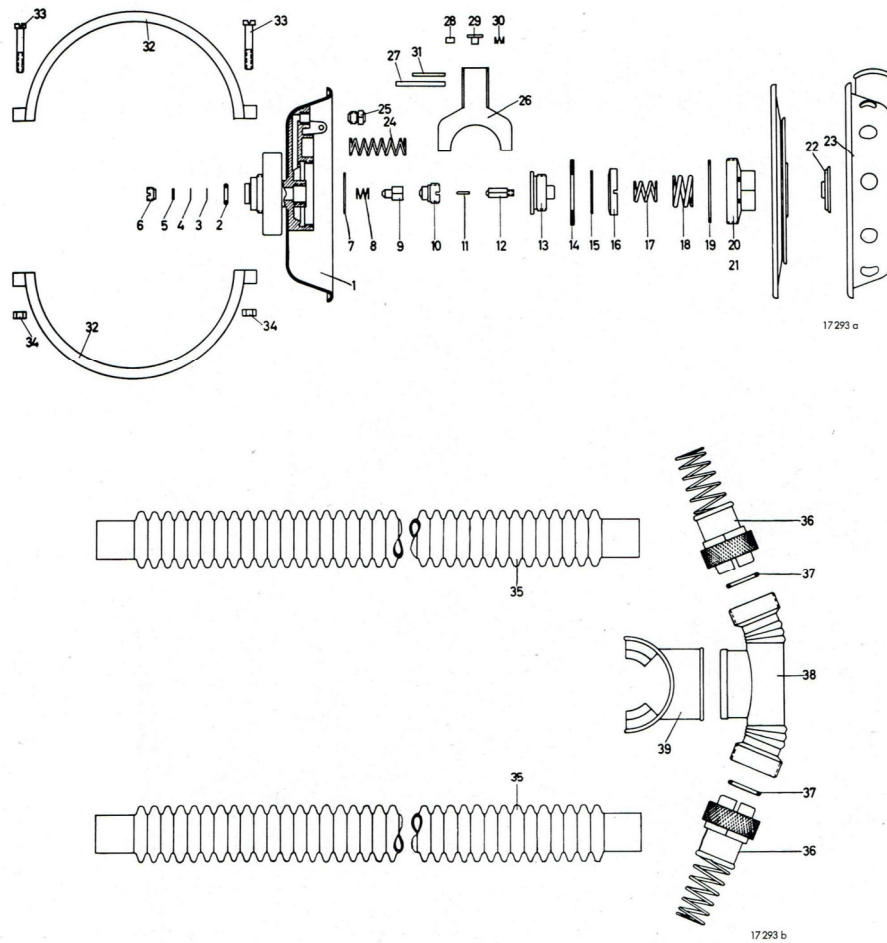
Diese wunderschöne detailreiche Schnittzeichnung stammt aus einem Lehrbuch der Dänischen Marine von 1957 [3]. Sie zeigt die erste Stufe unter Druck, der Schließbolzen 4 liegt am Dichtkegel. In drucklosem Zustand wäre die Mitteldruckmembran 6 nach oben durchgewölbt und der Schließbolzen stünde mit Abstand zum Dichtkegel.

Durch das Handrad 1 ist der Lungenautomat mit den Pressluftflaschen Verbunden. Die Pressluft strömt somit in den Anschlussstutzen 2, an der Schließfeder 3 und dem viereckigen Schließbolzen 4 vorbei in den Druckmindererraum 5, der durch die Membran 6 und das Hebelventil 7 abgeschlossen ist. Die in den Raum 5 nachströmende Luft wölbt nun entgegen der kräftigen Wirkung der Druckminderer-Doppelfeder 8 die Membran 6 durch. Die Folge ist, daß die Schließfeder 3 den Schließbolzen 4 verschieben kann, da mit dem durchwölben der Membran 6 auch die Druckplatte 9 mit dem Schließbolzen 4 berührenden Druckstift ausweicht. Der Schließbolzen 4 schließt den Pressluftzugang ab, sobald in dem Druckmindererraum 5 sich ein Druck von ca. 4 bar eingestellt hat. Unter diesem Druck, der unabhängig vom Flaschendruck stets etwa gleichbleibt, steht die Luft für die Entnahme für die Atmung bereit.

Beim Einatmen entsteht im Einatemschlauch 10 und in der Einatemkammer 11 unter der Membran 12 ein geringer Unterdruck, unter dessen Einwirkung sich die Membran nach unten durchwölbt. Sie drückt mit ihrer versteiften Mitte den Hebel 13 entgegen der Wirkung der Schließfeder 14 herunter, sodaß sich das Hebelventil 7 von seinem Sitz abhebt. Von dem Druckmindererraum 5 kann jetzt die Luft frei in die Einatemkammer und zu den Atemwegen fließen. Sobald die Einatmung beendet ist und damit der Unterdruck in der Einatemkammer aufhört, wird der Hebel 13 unter der Einwirkung der Feder 14 wieder hochgedrückt. Die Membran geht dadurch in die Ausgangsstellung zurück und gleichzeitig wird das Hebelventil 7 wieder geschlossen. Da bei der Einatmung Luft aus dem Druckmindererraum 5 abströmt, wird unter der Einwirkung der Doppelfeder 8 das Hochdruckventil 3&4 während der Dauer der Einatmung geöffnet, sodaß die Luft aus den Flaschen nachströmt.

Die Ausatemluft wird durch den Ausatemschlauch 15 in die Ausatemkammer 16 des Lungenautomaten geleitet. Unter dem entstehenden leichten Überdruck öffnet sich das Scheibenventil 17; die Ausatemluft entweicht in den Membranraum 18 und durch die Bohrungen 19 ins Freie. [4]

## Die Einzelteile des PA60/2



Die Nummerierung ist anders aufgebaut als im Lehrbuch der dänischen Marine.

- |                        |                               |
|------------------------|-------------------------------|
| 1 Bodenschale          | 21 Membran                    |
| 2 Dichtring (Gummi)    | 22 Ventilscheibe              |
| 3 Sieb (Nickel)        | 23 Deckel                     |
| 4 Sieb (Bronze)        | 24 Feder                      |
| 5 Gleitring (Zinn)     | 25 Kraterschraube             |
| 6 Siebschraube         | 26 Hebel                      |
| 7 Distanzfeder         | 27 Lagerstift                 |
| 8 Feder                | 28 Buchse                     |
| 9 Schließbolzen        | 29 Ventilteller               |
| 10 Kraterstück         | 30 Feder                      |
| 11 Stift               | 31 Lagerstift                 |
| 12 Druckstift          | 32 Spannringhälfte            |
| 13 Membrankappe        | 33 Spannschraube              |
| 14 Membran             | 34 Sechskantmutter            |
| 15 Gleitring (Messing) | 35 Faltenschlauch             |
| 16 Gewindingering      | 36 Anschlußtülle              |
| 17 Feder               | 37 Dichtring (Gummi)          |
| 18 Feder               | 38 + 39 Mundstück vollständig |
| 19 Gleitring (Messing) | 38 Mundstücktülle             |
| 20 Federgehäuse        | 39 Gummimundteil              |



Geöffnetes Automatengehäuse mit dem Y-förmigen Hebel (26) und dem Federgehäuse (20)

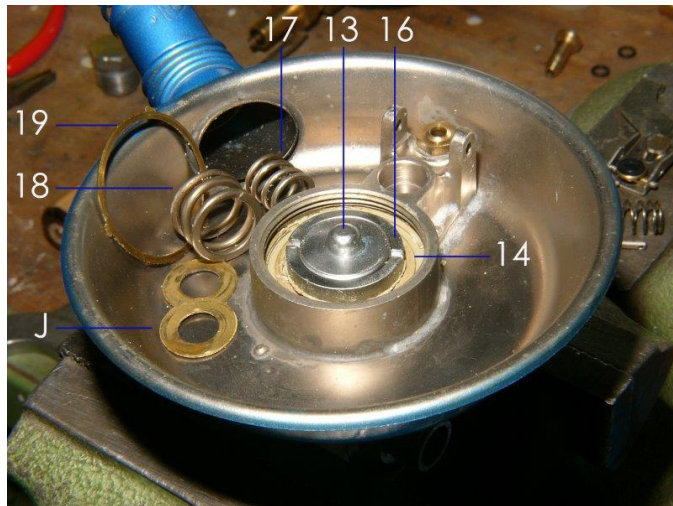


Hebel (26) von unten, Lagerstift (27) und Feder (24)

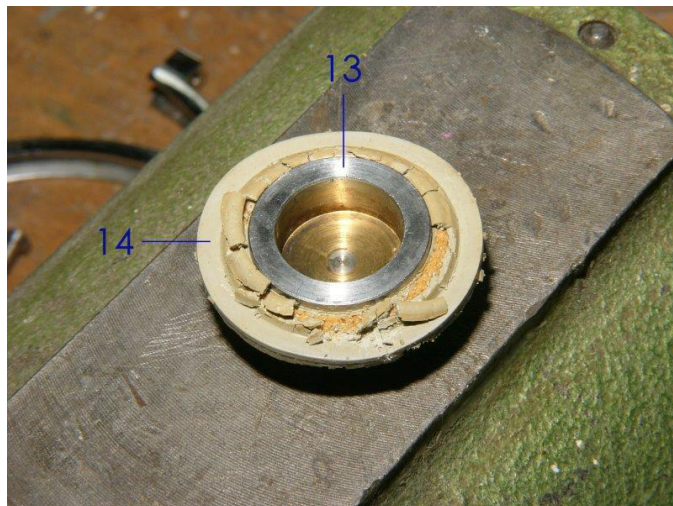


Druckminderer mit abgenommenem Federgehäuse (20). Darin sitzt die Druckfeder (18) sowie eine zweite Feder (17) in deren Mitte. Prinzipiell würde eine Feder reichen um genügend Gegendruck zum Mitteldruck aufzubauen. Um ein „Hämmern“ der ersten Stufe zu verhindern, werden zwei Federn mit deutlich verschiedenen Schwingungseigenschaften verwendet. So wirken die Federn gegenseitig als Schwingungsdämpfer.





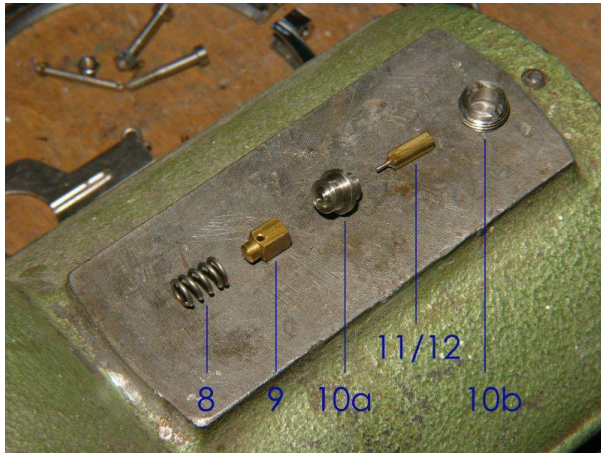
Membrankappe (13), Gewinding (16) und Mitteldruckmembran (14). Auf der linken Seite die beiden Druckfedern (17 & 18), der Gleitring (19) sowie zwei Mitteldruck-Justierscheiben (J). Die Justierscheiben sind in der Ersatzteilliste nicht aufgeführt.



Innenansicht der Membrankappe (13) mit der Mitteldruckmembran (14). Diese ist im Laufe der Jahrzehnte verhärtet und zerbröselt. Das Foto belegt, wie wichtig es ist, alte Automaten vor der Inbetriebnahme, zu warten.

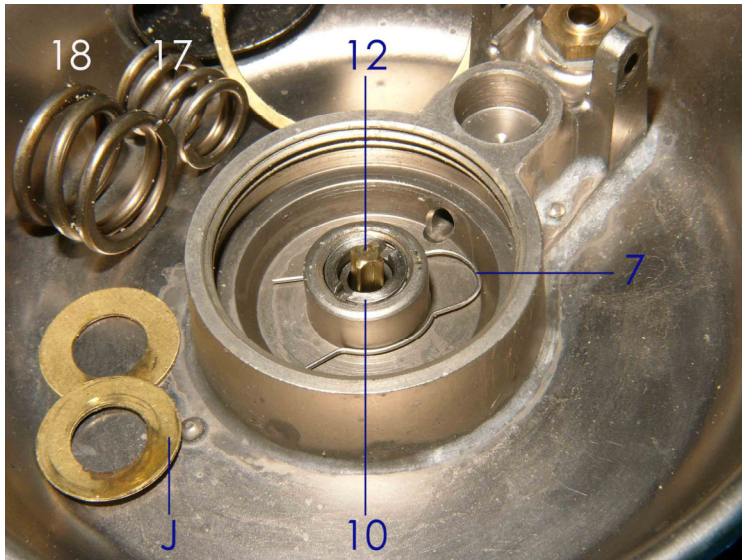


Mitteldruckmembran (14), Membrankappe (13), Gleitring (15) und Gewinding (16)



Teile des Hochdruckventils: Feder (8), Schließbolzen (9), Kraterstück (10), Stift (11) und Druckstift (12). Der Schließbolzen dichtet über eine Gummischeibe am Ventilkrater.

### Das Rätsel der Distanzfeder



Mitteldruckkammer mit abgenommener Membran. Ganz in der Mitte ist der Druckstift 12 inmitten vom Kraterstück 10 zu sehen. Am Boden der Mitteldruckkammer klemmt die Distanzfeder 7 um das runde Mittelteil. Deren Funktion ist nicht auf den ersten Blick zu erkennen.

Peter Jackson (HDS UK), ehemaliger Ingenieur bei Siebe Gorman, gab die entscheidenden Hinweise, er schrieb unter Verwendung der Nummerierung von Dräger:

*Die Feder 7 ist offensichtlich ein Teil der Konstruktion, wie es in der Explosionszeichnung zu sehen ist. Ihre Funktion ist nicht gleich zu erkennen, sie spielt aber eine wichtige Rolle. Im Falle eines hohen Luftdurchlasses durch den Regler, kann der Druck unter der Mitteldruckmembran 14 soweit abfallen, dass sie sich mit der Membrankappe 13 stark nach innen durchwölbt und den Luftstrom wirkungsvoll abschneidet. Dieses nachteilige Merkmal des Reglers wurde zweifellos erst entdeckt, nachdem er in Produktion gegangen war, sodass man annehmen kann, dass die Feder nachträglich hinzugefügt wurde. Eine bessere technische Lösung wäre es gewesen, den Rand der Membrankappe mit Zinnen zu durchbrechen.*

*Die Bedingung, die ich beschrieben habe, sind dynamisch. Wenn hohe Luftströme durch den Druckminderer fließen, kann es vorkommen, dass der Druck unter der Membran soweit*

abfällt, dass die Membrankappe den Gehäuseboden berührt. Die Luft aus der Pressluftflasche kann jedoch nicht immer schnell genug nachfließen um den gewünschten Mitteldruck aufrecht zu erhalten. Es gibt viele Faktoren, welche die Strömungsgeschwindigkeit in der ersten Stufe beeinflussen. Dazu zählt der gesamte Strömungswiderstand aller Durchgänge, einschließlich des Flaschenventils. Beim Automat wird der Durchfluß vom Filter und dem Hochdruckventil selbst bestimmt. Bei Mehrflaschengeräten addiert sich noch der Strömungswiderstand in der Brücke dazu. Hinzu kommt noch die Schleppwirkung des hohen Luftstroms auf das mit dem Druck schließende Ventil in Richtung des Dichtkegels. Dies ist besonders relevant in der Tiefe, wenn die Dichte der strömenden Luft zunimmt, sich ihr Strömungsdruck erhöht und eine zunehmende Schließkraft auf das Ventil bewirkt. Dies geschieht folglich, weil der Druck in der ersten Stufe um 1 bar je 10 Meter Tauchtiefe zunimmt. Es gibt noch eine weitere potentielle Einschränkung des Luftdurchflusses in die Mitteldruckkammer, die in der Schnittansicht aus dem Lehrbuch der Dänischen Marine zu sehen ist. Unter der Annahme, dass in der Zeichnung die Proportionen stimmen, kann es sein, dass wenn die Membran in Extremstellung (ohne Feder) den Boden der Kammer berührt und die konische Stirnfläche des Druckstifts 12 sehr nah an der hinteren Öffnung des Ventilkegels steht, ein höherer Luftdurchlass in der Mitteldruckkammer erheblich behindert wird.

Ein weiter Nachteil dieser Reglerkonstruktion ist die Tatsache, dass die Luft direkt aus dem Bereich unter der Membran, die das Volumen innerhalb der Membrankappe umfasst, zum Ventil der zweiten Stufe fließt. Da sich der Rand der Membrankappe der Innenseite des Gehäuses bei hohen Strömungen nähert, wird die Membran durch eine zunehmende Druckdifferenz beeinflusst. Luft tritt in den Bereich innerhalb der Membrankappe, fließt jedoch aus dem Bereich außerhalb ab. Wenn diese beiden Volumen, unabhängig vom Luftstrom, nicht ständig unter gleichem Druck stehen, dann ist eine korrekte Regulierung des Mitteldrucks unter solchen Bedingungen nicht möglich.

Wenn der Rand der Membrankappe sich dem Gehäuseboden nähert, kann sich durch den höheren Strömungswiderstand der Druck außerhalb der Membrankappe bei hohem Luftdurchgang, absenken. Das Endergebnis könnte womöglich sein, dass der Rand der Membrankappe gegen das Gehäuse abschließt. Dies wiederum wird nicht nur die Luftzufuhr zum Taucher behindern, sondern auch die anschließende Wiederherstellung des richtigen Mitteldrucks im Inneren der Membrankappe verzögern. Dieser muß sich zunächst auf ein deutlich höheres Niveau bewegen um die Membrankappe vom Gehäuseboden zu lösen damit die Druckluft wieder auf die Innenseite der Membran wirken kann.

Die daraus resultierenden schnellen Schwankungen im Mitteldruck können auch dazu führen, dass die erste Stufe beim Bestreben eine konstante Position einzunehmen, "hämmert". Insbesondere weil die Konstruktion keine andere Dämpfung als die beiden Membranvorspannfedern 17 & 18, hat. Ohne Zweifel dienen die beiden Federn, mit ihren deutlich unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften, auch dazu, das Auftreten von Schwingungen zu reduzieren. Diese können auch durch Turbulenzen in der Strömung aus der ersten Stufe entstehen. Insbesondere wenn die Luft direkt aus dem Bereich entnommen wird, wo sie auf die Membran gegen die Federn wirkt um damit den Druck zu regulieren.

Wenn der Regler nicht in Gebrauch ist, wird der Rand der Membrankappe gegen das Gehäuse gedrückt, so daß, wenn Hochdruckluft durch Öffnen des Zylinderventils einfließt, erneut der Druck unter der Nabe auf ein Niveau wesentlich über dem vorgesehenen Mitteldruck der zweiten Stufe ansteigt mit allen negativen Folgen für die Druckregulierung.

Also, Sie sehen, es ist unbedingt notwendig zu verhindern, dass der Rand der Membrankappe den Boden der Mitteldruckkammer berührt und das ist genau das was die kleine Distanzfeder tut! Der Regler sollte keinesfalls ohne die Feder verwendet werden.

Ich hoffe, dass dies nicht zu langweilig gewesen ist.

Die besten Wünsche,  
Peter Jackson



## Die Membran



Membran von der Unterseite. In der Mitte ist eine Kuppel eingepreßt. Der ypsilonförmige Hebel des PA60/2 liegt am umlaufenden Wulst unter der Kuppel an. Diese Membranform wurde für den einstufigen PA61/1 zu Beginn ebenfalls verwendet, dessen stabförmiger Steuerhebel ragt bis in den Mittelpunkt der Kuppel.

## Die Mundstücke

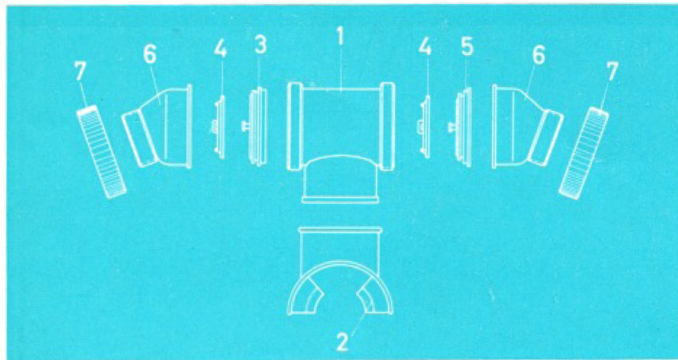


Einfaches Mundstück mit Schraubanschlüssen ohne Ventile.



Mundstück mit Richtungsventilen





18 536

### I. Mundstück mit Ein- und Ausatemventil

Der Lungenautomat PA 60 kann außer mit einem einfachen Mundstück oder einer Vollsichtmaske auch mit einem Ventilmundstück verwendet werden. Das Ventilmundstück verhindert ein Eindringen von Wasser in den Lungenautomaten sowie ein Zurückfließen vom Ausatemschlauch in das Mundstück. Schwierigkeiten durch eingedrungenes Wasser werden somit vollkommen behoben.

#### Einzelteile des Ventilmundstücks

BEZEICHNUNG	Nr. in der Abb.	Bestell- zeichen
<b>Ventilmundstück vollst.</b>	1-7	R 18160
Mundstücktülle	1	R 18154
Gummi-Mundteil	2	R 9447
Ventilträger	3	R 18159
Ventilscheibe	4	R 18157
Ventilträger	5	R 18158
Anschlußtülle	6	R 18216
Überwurfring	7	R 18220

Dräger Prospekt zum Ventilmundstück, Januar 1958

### Das Ausatemventil

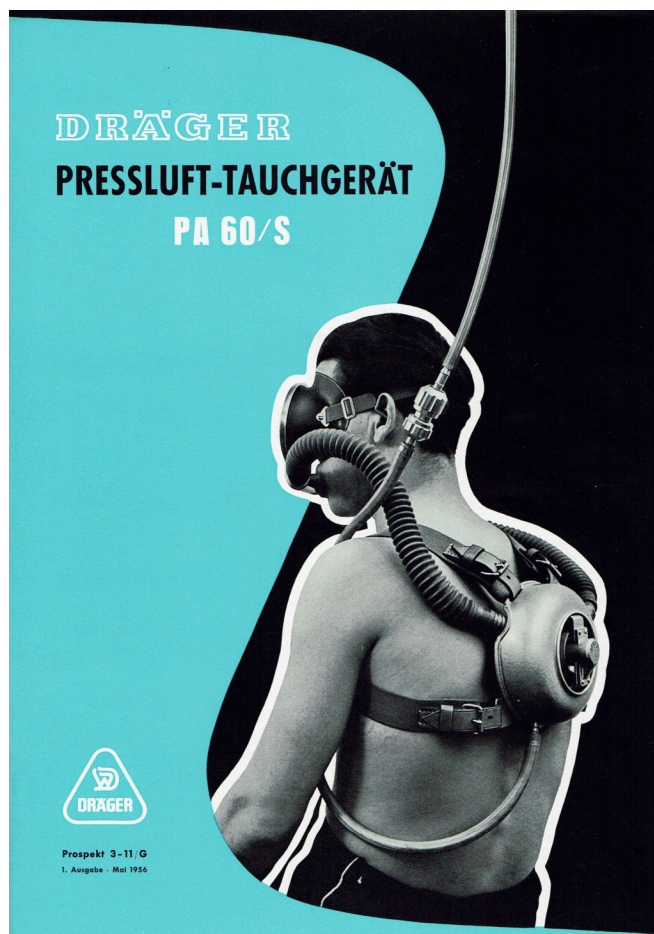


Innenansicht vom Deckel des Automatengehäuses. Die Ventilscheibe (22) sitzt gehäusemittig auf einer eingelöteten Kammer.



Blick unter die Ventilscheibe.

### Varia und Zubehör



Dräger Schlauchtauchgerät PA60/S  
Prospekt Mai 1956



Schlauchtauchgerät mit montiertem Automat, Innenansicht. Das Gerät wurde dankenswerter Weise vom Drägerarchiv für dieses Foto zur Verfügung gestellt.



Tiefenmesser mit und ohne Kompassaufsatz, Vollsichtmaske



## Tauchpraxis

Unser Mitglied, Heinz Dieter Seiffert schildert seine Persönlichen und praktischen Erfahrungen mit dem Dräger PA 60/2 Atemregler.

*Nach einem mehrjährigen aber auch tiefenbegrenzten Einsatz mit unseren in Eigenbau gefertigten Sauerstoff-Pendelatmern kamen meine Tauchkameraden und ich zu dem Entschluss, endlich auf Pressluft-Tauchgeräte umzusteigen.*

*Zunächst fand der Dräger Delphin II Regler aus Kostengründen seinen Einsatz, aber das Ergebnis war hier noch nicht befriedigend, sodass wir uns ab 1959 auf den Dräger Regler PA 60/2 konzentrierten und diesen dann in Freundeskreisen sowie auch im Verein jahrelang im Einsatz hatten.*

*Schon 1960 tauchte ich mit Freunden (u. A. mit Manfred Drosch und Peter Kopsch, heute auch Mitglied in der HTG) begeistert in Berliner Gewässern.*

*Auch im Roten Meer konnte 1964 dieser Regler zufriedenstellend, gerade beim Fotografieren unter Wasser, genutzt werden. Weiterhin fand der Regler ohne Probleme seinen Gebrauch beim Eintauchen mit Freunden.*

*Persönlich hatte ich noch einmal einen positiven Tauchgang auf Teneriffa. Gemeinsam mit einem Freund stieg ich auf eine heute unzulässige Tauchtiefe hinab, um aus einem Feld von Kaltwasserkorallen eine private Trophäe heraufzuholen.*

*Während dieser jahrelangen Nutzungen hat uns der Regler PA 60/2 nie in Stich gelassen. Mit der erforderlichen Pflege und Wartung diente er uns stets verlässlich als Atemregler und Luftspender.*

*Erst mit der Einführung der Einschlauch- Regler kam schließlich das gute Stück vorerst auf das Altenteil zur persönlichen Tauchausrüstung.*

Heinz-Dieter Seiffert



Foto Archiv H.D. Seiffert

In der Mitte unser Freund Manfred Drosch, der in Berlin einen guten großen Tauchladen betrieben hat, rechts auf dem Bild steht Peter Kopsch, den ich als Mitglied in die HTG werben konnte und der im Oktober 2016 ein kleines Taucher-Museum in Flensburg eröffnet hat. Links stehe ich selbst.



Alle Fotos, bis auf die gekennzeichneten, vom Autor

**Quellenverzeichnis:**

- [1] Tauchhistorie, Heft 4, Der „Delphin“ und die Dräger-Barakuda-Kleintauchgeräte
- [2] Tauchhistorie, Heft 6, Dräger PA 60/1, Der erste einstufige Zweischlauchregler von Dräger für Sporttaucher
- [3]: *Description of Scuba Diving Equipment* by Holmen, April 1957 Zeichnungen von Cdr. Poul Jarlskov
- [4] Dräger Presslufttauchgerät PA60 Gebrauchsanweisung Mai 1956
- [5] Dräger PA 60 Einzelteilliste 1956

Mein besonderer Dank geht an Peter Jackson HDS UK, Heinz Dieter Seiffert HTG DE, Sven Eric Jorgensen HDS DK, Dieter Harfst HTG DE und Stefan Linke vom Dräger Archiv.