



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.07.2005 Patentblatt 2005/29

(51) Int Cl.7: **A62B 19/00**

(21) Anmeldenummer: **05000657.6**

(22) Anmeldetag: **14.01.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR LV MK YU

(71) Anmelder: **Engl, Bernhard**
83071 Stephanskirchen (DE)

(72) Erfinder: **Engl, Bernhard**
83071 Stephanskirchen (DE)

(30) Priorität: **14.01.2004 DE 102004002034**

(54) **Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in Kreislaufatemgeräten**

(57) In einer Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in Kreislaufatemgeräten findet das aus einem automatischen Ventil (22) stammende trockene Mischgas (23) den neuen Verwendungszweck, zunächst die elektrischen und elektronischen Komponenten an den Anschlußseiten (3) der Gassensoren (1) trockenzuhalten, bevor es über erste Druckausgleichsmittel (31) in den Atemkreislauf (29, 30) gelangt. Das automatische Ventil verhindert einen Unterdruck in Vorkammer (34). Erste Druckausgleichsmittel verhindern einen Überdruck und das Zurücks trömen von feuchtem Atemgas aus dem Atemkreislauf. Der Druckausgleich der Gassensoren ist

stets gewährleistet, da ihre Druckausgleichsmembranen über die rückseitigen Öffnungen (3) mit der Vorkammer in Verbindung stehen. Druckausgleichsmittel können unter anderem Richtungsventile sein, optional auch Trockenpatronen mit einem Trocknungsmittel. Gegenüber dem bisherigen Stand der Technik gelingt der Erfindung eine besser funktionierende und auch für technische Laien geistig nachvollziehbare Lösung des Kondensationsproblems an den sicherheitsrelevanten elektrischen Komponenten von Kreislaufatemgeräten, wodurch die Produkthaftungsproblematik gerade im Falle von Kreislaufatmgeräten deutlich entschärft wird.

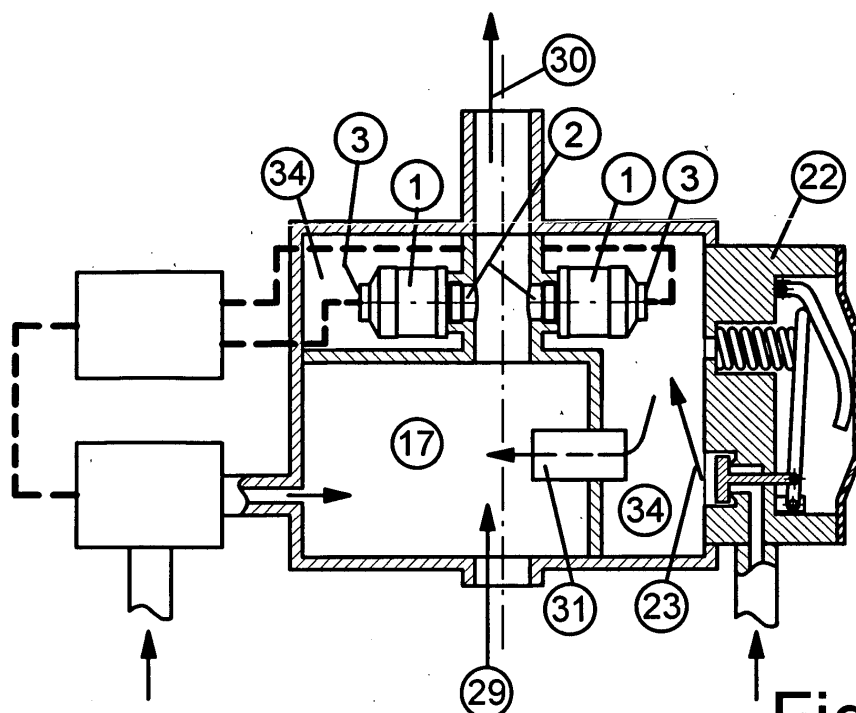


Fig. 3

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Moderne Kreislaufatemgeräte für Anwendung im Katastrophenschutz, bei der Feuerwehr oder unter Wasser benutzen als Atemgas statt reinem Sauerstoff ein Mischgas. Hier ist zur Überwachung der Sauerstoffdosierung der Einsatz von Sauerstoffsensoren zweckmäßig. Zusätzlich können auch Kohlendioxidsensoren vorhanden sein. Der langfristig zuverlässige Einsatz von derartigen elektrischen Gassensoren erfordert aufgrund der Feuchte im Atemkreislauf Schutzmaßnahmen zur Abwehr der Kondensation an elektrischen und elektronischen Komponenten des Atemgeräts.

Stand der Technik

[0002] Figur 1 zeigt das vereinfachte prinzipielle Aufbauchema eines Mischgas - Kreislaufatemgerätes nach dem bekannten Stand der Technik [1][2][3][4].

[0003] Beginnend mit der Gegenlung (12) im oberen Teil der Figur gelangt das darin enthaltene regenerierte Atemgas (30) über einen Einatemschlauch (13) zu einer Mundstückeinheit (14). In dieser sind Flatterventile enthalten, nicht dargestellt, die der Atemgaszirkulation die angegebene Richtung aufzwingen. Über den Ausatemschlauch (15) gelangt das ausgeatmete, verbrauchte Atemgas (28) in eine Atemkalkpatrone (16). Der darin befindliche Atemkalk, als Kugeln dargestellt, entzieht dem Atemgas Kohlendioxid und bindet es chemisch. Das vom Kohlendioxid weitgehend befreite und aus der Atemkalkpatrone stammende Atemgas (29) gelangt in eine Mischkammer (17), wo ein Mischungsprozeß stattfindet, um den Sauerstoffgehalt des Atemgases auf einen Sollwert zu bringen.

[0004] Die Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in den Atemkreislauf besteht zumeist aus einem automatischen Ventil für Mischgas (22), dem ein aus einem Druckgasbehälter stammendes und unter einem Mitteldruck stehendes Gasgemisch (21) zugeführt wird. Der zugehörige Druckgasbehälter und der Druckminderer sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

[0005] Das Gasgemisch besteht im Falle von Tauchgeräten gewöhnlich aus einem oder mehreren Inertgasen, etwa Helium oder Stickstoff, und einem geringen Sauerstoffanteil, der so bemessen ist, daß auch bei der maximalen Tauchtiefe ein physiologisch gefährlicher zu hoher Sauerstoffpartialdruck nicht auftreten kann. Bei Mischgasatemgeräten für atmosphärische Bedingungen wird als Gasgemisch gewöhnliche weitgehend getrocknete und ölfreie Preßluft eingesetzt.

[0006] Das automatische Ventil (22) ist gewöhnlich als lungenautomatisches Ventil ausgeführt, das über eine Membrane (24) gesteuert wird. Wenn im Atemgerät ein relativer Unterdruck gegenüber dem Umgebungsdruck herrscht, dann drückt die Membrane (24) über eine Hebelmechanik eine Feder zusammen und hebt das

Ventil vom Ventilsitz ab, wodurch das an (21) zugeführte Gasgemisch bei (23) in die Mischkammer (17) einströmt. Sobald Druckausgleich hergestellt ist, drückt die Feder die Membrane in die Ausgangslage zurück und der Ventil schließt sich wieder. Auf diese Weise wird sichergestellt, daß der Benutzer unabhängig vom Füllgrad der Gegenlung stets einen vollen Atemzug aus dem Gerät entnehmen kann. Bei Tauchgeräten wird zudem beim Abtauchen stets ein relativer Unterdruck im Atemkreislauf vermieden, ohne daß der Benutzer eingreifen muß.

[0007] Statt des automatischen Ventils wird bei manchen bekannten Atemgeräten ein manuell betätigtes Ventil zur Mischgaszufuhr benutzt, dies erschwert aber die Bedienung des Atemgeräts und ist daher nachteilig.

[0008] Im Atemkreislauf kann - vor allem in Tauchgeräten beim Auftauchen - ein relativer Überdruck entstehen. Es ist bekannt, an einer Stelle des Atemkreislaufs ein selbsttätig wirkendes Überdruckventil einzusetzen, das einen Überdruck im Atemkreislauf nach außen ableitet. Das Ablassen von Überdruck durch die Nase ist billiger und zuverlässiger, weshalb in den Figuren auf die Darstellung eines solchen optionalen Überdruckventils verzichtet wurde.

[0009] Die bisher beschriebenen Komponenten reichen noch nicht aus, um stets einen ausreichenden Sauerstoffanteil im Atemkreislauf sicherzustellen. Hierfür ist ein zusätzliches Dosierventil für Sauerstoff (19) zuständig, dem ein aus einem Druckgasbehälter stammendes und unter einem Mitteldruck stehendes Sauerstoffgas (18) zugeführt wird. Der zugehörige Druckgasbehälter und der Druckminderer sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt.

[0010] Bei elektronisch gesteuerten selbstmischenden Atemgeräten mit geschlossenem Kreislauf [1][2][3][4] wird das Dosierventil (19) aufgrund einer Messung des Sauerstoffpartialdrucks gesteuert, die mittels elektrochemischen Gassensoren (1) erfolgt, die in der Mischkammer (17) angeordnet sind. Manche frühere Atemgeräte hatten die Gassensoren in der Gegenlung untergebracht, was nachteilig ist, da die Sensoren dort bei Lageänderungen von Kondenswasser plötzlich ersäuft werden können. Die Signale der Gassensoren gelangen über elektrische Leitungen (25) zu einer Auswertungs elektronik (26), welche im Bedarfsfall über eine elektrische Steuerleitung (27) das Dosierventil (19) aktiviert.

[0011] Wenn dieses öffnet, gelangt daraus stammender Sauerstoff (20) in die Mischkammer.

[0012] Bei halbgeschlossenen Kreislaufatemgeräten [6] wird aus dem Dosierventil (19) ein konstanter Gasstrom aus einem Mischgas statt Sauerstoff in den Atemkreislauf geleitet, und der Überschuss wird regelmäßig über ein automatisch wirkendes Überdruckventil in die Umgebung abgelassen. Zwar benötigt diese Art von Kreislaufatemgeräten vom Prinzip her an sich keine Messung des Sauerstoffpartialdrucks, bei einer Störung der Dosierung - etwa durch ein Schmutzteilchen, das in

die Dosierdüse gelangt und diese teilweise verstopft - bliebe der Benutzer des Geräts jedoch ohne jede Warnung. Deshalb ist auch bei halbgeschlossenen Kreislaufatemgeräten eine Überwachung des Sauerstoffpartialdrucks durch Gassensoren zweckmäßig. Die Auswertungelektronik (26) schlägt dann bei Unter- oder Überschreitung von Grenzwerten lediglich Alarm, und die elektrische Steuerleitung (27) zum Dosierventil (19) entfällt.

[0013] Bei beiden Atemgerätevarianten wird durch diese bekannten Vorrichtungen sichergestellt, dass das aus der Mischkammer in die Gegenlunge einströmende regenerierte Atemgas (30) stets einen physiologisch einwandfreien Sauerstoffpartialdruck aufweist. Ein Störfall in der Dosierung kann fatal sein. Gerade bei Kreislaufatmergeräten führen Bewußtlosigkeit oder Kontrollverlust aufgrund einer fehlerhaften Sauerstoffdosierung regelmäßig zu tödlichen Unfällen. Hieraus ergibt sich die Forderung nach grösstmöglicher Zuverlässigkeit des Dosier- und Überwachungsprozesses. In der Fachwelt ist dieses Thema äußerst umstritten. Es gibt Gruppen, die jedwede Elektronik in der Dosierung fast dogmatisch ablehnen. Andere behaupten, es gäbe gar kein Problem, man könne mit wasserfesten Überzügen und Beschichtungen sowie wasserfesten Anschlusskabeln und Kabeldurchführungen auskommen. Dazu schwebt über allen Herstellern solcher Atemgeräte das Damoklesschwert der Produkthaftung. Das Ausmaß des Produkthaftungsproblems im technischen und historischen Kontext wird im folgenden kurz dargestellt, da es eine der wesentlichen Motivationen ist, die zu der erfinderischen Tätigkeit des Anmelders auf dem Gebiet der Kreislaufatemgeräte geführt hat.

[0014] Erste elektronisch gesteuerte selbstmischende Kreislaufatmergeräte kamen Ende der 1960er Jahre in unter der Bezeichnung "Electrolung" [1] in geringen Stückzahlen auf den Markt. Anfangs enthusiastisch als Revolution des Tauchsports gefeiert, wurden sie nach drei tödlichen Unfällen in den Jahren 1970 bis 1971, von denen zwei auf Fehlbedienung des Geräts zurückzuführen waren, und einer ungeklärt blieb, vom Hersteller vom Markt genommen, da die schwierige Produkthaftungslage einen langfristigen kommerziellen Erfolg in Frage gestellt hat. Für die folgenden Jahrzehnte blieben elektronisch gesteuerte selbstmischende Kreislaufatmergeräte eine Domäne der Militärs, etwa in Form der Mk 15 / Mk 16 Tauchgeräte der US - Navy. Das Grundlagenpatent für jene findet sich in [2], eine weiterentwickelte Form mit austauschbarem Atemkreislauf in [3]. Erst in jüngster Zeit gelangen elektronisch gesteuerte selbstmischende Kreislaufatmergeräte nach [4] vermehrt in die Hände von Sporttauchern, mit entsprechenden Unfallziffern [5], als wolle sich die Geschichte wiederholen. Elektronisch gesteuerte selbstmischende Kreislaufatmergeräte sind auch bei manchen Streitkräften umstritten. Die deutsche Bundesmarine setzt seit Jahrzehnten ein halbgeschlossenes Kreislaufatmergerät mit Konstantflußdosierung ein [6], und hat in jüngster

Zeit statt elektronisch gesteuerten Selbstmischern ein Nachfolgegerät beschafft, dessen Dosiersystem ebenfalls rein mechanisch arbeitet.

[0015] Ein wesentlicher Grund für diese Zurückhaltung ist, dass auch in Fachkreisen berechnigte Zweifel darüber bestehen, ob Gassensoren, ihre elektrischen Zuleitungen und ihre Auswertungelektronik sowie ein elektrisches Dosierventil im feuchten Innenleben eines Kreislaufatmergeräts langfristig zuverlässig betrieben werden können, ohne dass es dann und wann plötzlich zu gefährlichen Funktionsstörungen kommt. Als Wurzel dieses Übels wird die vom stets feuchten Atemgas verursachte Kondensation an den inneren Teilen des Atemgeräts angesehen.

[0016] Ein Beispiel für das Ausmaß der Kondensation findet sich in [7] auf einem Photo aus der Sensorkammer eines Geräts nach [4]. Ob diese so harmlos ist, wie im Text zum Photo behauptet wird, kann angezweifelt werden, denn gewöhnlich greifen Konstrukteure von Kreislaufatmergeräten zu aufwendigen Massnahmen, um die Kondensationsnässe zumindest von den Gassensoren und ihren elektrischen Zuleitungen fernzuhalten, und sie halten das Problem der Kondensation daher bestimmt nicht für so harmlos wie die Journalisten, die mit [7] offensichtlich einen Promotionsartikel geschrieben haben. In diesem Licht sind auch Aussagen von Tauchbasisbetreibern zu sehen, die dieses Gerät angeschafft haben, und nun gewinnbringend vermieten wollen. Die öffentliche Meinung ist angesichts der zahlreichen Todesfälle [5] gespalten und es werden auch sehr kritische Stimmen laut.

[0017] Es ist nicht Aufgabe dieser Patentanmeldung, über den möglichen Ausgang von laufenden Gerichtsprozessen zu spekulieren. Alleiniger Zweck dieser Ausführungen ist es zu verdeutlichen, daß der Anmelder unabhängig von den technischen Qualitäten dieses oder vergleichbarer Tauchgeräte genau in dieser Problematik den entscheidenden Hinderungsgrund dafür sieht, daß sich elektronisch gesteuerte selbstmischende Kreislaufatmergeräte am Markt für Sporttaucher bisher nicht in nennenswerten Stückzahlen durchsetzen konnten, denn auch bei bester Qualität der Konstruktion und der Herstellung des Tauchgeräts wird es immer wieder Unfälle geben, und einige davon werden tödlich verlaufen. Dies liegt unvermeidlich in der Natur des Tauchsports. Ein Mensch ist nun einmal kein Fisch und unter Wasser befindet er sich in einer für ihn an sich tödlichen Umgebung. Und wenn das Unglück zuschlägt, dann sollte der Gerätehersteller tunlichst in der Lage sein, dem Gericht ein einwandfreies Wirkprinzip zur Verhinderung der Folgen von Kondensationsnässe an den elektrischen und elektronischen Komponenten des Tauchgeräts zu präsentieren, dessen Funktion so einfach und so klar ist, dass sie auch von Juristen geistig nachvollzogen und verstanden werden kann. Bei den geringsten Zweifeln droht eine langwierige und zermürbende Auseinandersetzung mit Gutachtern und Gegengutachtern. Für den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg

ist letzteres eher hinderlich.

[0018] Der bisherige Stand der Technik kennt verschiedene Wirkprinzipien zur Lösung des Kondensationsproblems an den elektrischen und elektronischen Komponenten der Gassensoren.

[0019] Die naheliegenste Lösung, die auch dann und wann von Laien im Internet verbreitet wird, wäre ein wasserdichten Verguß der rückwärtigen Anschlußöffnung des Gassensors mit einem Kunstharz, nachdem der Sensor in das Atemgerät eingebaut und angeschlossen ist. Leider ist dies beim Einsatz von handelsüblichen Gassensoren [8], einer davon als Beispiel in Figur 2 dargestellt, nicht zulässig.

[0020] Es zeigt sich nämlich, daß der Gassensor (1) eine gasempfindliche Vorderseite (2) hat, an der sich eine empfindliche Diffusionsmembrane befindet (nicht dargestellt), während seine Rückseite mit den elektrischen Anschlüssen (4) eine Öffnung (3) aufweist, die nicht verschlossen werden darf, denn unterhalb der Leiterplatte (5) sitzt eine Druckausgleichsmembrane (7), welche für den Druckausgleich der Elektrolytkammer (6) notwendig ist. Auf der rückseitigen Anschlußöffnung (3) des Gassensors muß zur Sicherstellung seiner korrekten Funktion im wesentlichen derselbe Druck herrschen wie auf seiner gasempfindlichen Vorderseite (2). Wird dieser Druckausgleich behindert, etwa durch wasserdichten Verguß der Rückseite der Sensoren mit einem Kunstharz, dann erfolgt der Druckausgleich der Elektrolytkammer durch Deformation der empfindlichen Diffusionsmembrane an der gasempfindlichen Vorderseite, was unmittelbar zu Meßfehlern und langfristig zum Versagen des Gassensors führt. Zudem kann es bei handelsüblichen Gassensoren der dargestellten Bauart kaum gelingen, die Druckausgleichskammer (10) zwischen der Leiterplatte (5) und der Druckausgleichsmembrane (7) vollständig zu vergießen, da in der Leiterplatte gewöhnlich nur ein paar kleine Bohrungen vorhanden sind, meistens sind es Durchkontaktierungen von Leiterbahnen, oder unbestückte Bauelementpositionen, die gerade eben noch zum Druckausgleich der Druckausgleichskammer durch ein gasförmiges Medium ausreichen. Verbleibt jedoch in der Druckausgleichskammer durch unvollständigen Verguß auch nur ein kleiner Hohlraum, dann entsteht gerade bei Tauchgeräten beim Abtauchen darin ein relativer Unterdruck, der die Dichtung der Druckausgleichsmembrane (8) zu Leckagen veranlasst, zumal diese Dichtung zumeist nur mit einem eingepreßten Metallring (9) fixiert ist. Durch so eine Leckage gelangt dann die aggressive Elektrolytflüssigkeit zur Leiterplatte und zerfrisst deren Leiterbahnen und darauf eingelötete elektronische Bauelemente. Ein plötzlicher Ausfall des Gassensors ist die Folge.

[0021] Es ist hiermit gezeigt, daß ein Verguß handelsüblicher Gassensoren der dargestellten Bauart zur Abwehr der Kondensation an den elektrischen und elektronischen Komponenten der Gassensoren nicht möglich ist. Es muss den Gassensoren an ihrer rückseitigen

Öffnung (3) stets ein Gas zum Druckausgleich zugeführt werden, das im wesentlichen denselben Druck aufweist wie das zu analysierende Gas an ihrer gasempfindlichen Vorderseite (2). Dabei soll möglichst keine Feuchtigkeit und keine Kondensationsnässe an die elektrischen und elektronischen Komponenten der Gassensoren gelangen. Insbesondere bei Tauchgeräten ist diese Aufgabe nicht trivial zu lösen.

[0022] Das historische Tauchgerät nach [1] benutzte polarographische Sauerstoffsensoren, dort Figur 3, die keine Druckausgleichsmembrane benötigten. Hier konnten die elektrischen Zuleitungen der Sensoren und die Auswertungelektronik vollständig wasserdicht vergossen werden. Nachteilig war, dass diese Sensoren von jedem Tauchgang eine neue Elektrolytfüllung benötigten, und das erfolgreiche Aufsetzen der Diffusionsmembrane ohne Einschluß von Gasblasen benötigte eine spezielle Technik, geschickte Finger, und äußerste Sauberkeit, um keine Fremdkörper einzuschleppen. Auf einem schwankenden Boot umgeben von salzhaltiger Seeluft war dies eine nahezu unlösbare Aufgabe.

[0023] Spätere Tauchgeräte [2][3][4] benutzen ausnahmslos handelsübliche Sauerstoffsensoren in der oben dargestellten Bauart mit einer Druckausgleichsmembrane, die über die rückwärtige Öffnung der Sensoren einem druckausgleichenden Gas zugänglich ist. Es sind derzeit keine anderen Bauarten von Sauerstoffsensoren bekannt, die für ein autonomes Atemgerät besser geeignet wären, und die diese Komplikation nicht mit sich bringen.

[0024] Die Tauchgeräte nach [2][3] versuchen die Lösung des Kondensationsproblems dadurch, indem der Atemkalk um die Gassensoren herum angeordnet wird. Das Wirkprinzip besteht hier darin, die exotherme Reaktion des Atemkalks zur Erwärmung der Gassensoren zu nutzen, die vom Atemgas umspült werden. Durch die Erwärmung wird eine Unterschreitung des Taupunkts an deren elektrischen und elektronischen Komponenten, inclusive ihrer Anschlussleitungen, verhindert. Dieses Wirkprinzip ist jedoch in [2][3] nicht explizit erwähnt, obwohl die ganze eigentümliche Gestaltung des Geräts sich daraus ableitet. Kondensation an den kritischen Teilen wird vermieden, solange der Atemkalk eine ausreichende Temperatur aufweist. In der Aufwärmphase und nach dem Tauchgang tritt leider dennoch eine geringfügige und daher nicht unmittelbar funktionsgefährdende Kondensation auf, die jedoch langfristig über die als Litze wirkenden Anschlussleitungen in die unterhalb der Sensorkammer im Gehäuse vergossene sogenannte "Horseshoe" - Leiterplatte vordringt. Nach einiger Zeit sind diese korrodiert und der betreffende Gehäuseteil muss ausgetauscht werden. Auch die US-Navy empfindet die dadurch entstehenden Wartungskosten als zu teuer. Allerdings gelten diese Geräte bei korrekter Wartung, also rechtzeitigem Austausch der korrosionsgefährdeten Teile, als zuverlässig und sie sind im militärischen Einsatz bewährt. Wegen der eigentümlichen Gestalt sind Geräte, die das genannte Wirkprinzip zur Lö-

sung des Kondensationsproblems nutzen, teuer zu fertigen. Auch eine Variante mit abtrennbaren Atemkreislauf [3], der Rest des Geräts kann dann an einer Tauchbasis gemietet werden, brachte nicht die zum kommerziellen Erfolg nötige Verbilligung.

[0025] Für Privatanwender kommerziell durchsetzen konnte sich bisher nur das wesentlich preisgünstigere Gerät nach [4], bei dem eine Kondensation an den elektrischen und elektronischen Komponenten der Gassensoren und an weiteren Teilen der Dosiereinrichtung im wahrsten Sinne des Wortes billigend in Kauf genommen wird. Das Ausmaß dieser Kondensation zeigt das Photo aus [7]. Wie aus dem Photo ersichtlich ist, sollen Abdichtungsmaßnahmen wie wasserabweisende Beschichtungen ("conformal coating"), Plastikkappen über den elektrischen Anschlüssen der Gassensoren, wasserfeste Verkabelung, und andere in [4] dargelegte Maßnahmen die Elektrik und Elektronik vor der Kondensationsnässe schützen, und Funktionsstörungen vermeiden. Gerade die Plastikkappen können aber den Druckausgleich der Gassensoren behindern, was bei schnellen Tiefenwechseln zu Fehlmessungen führen kann, wodurch manche Benutzer veranlaßt sind, die Kappen mit einem kleinen Bohrloch zu versehen. Aber dann kann Kondensationsnässe dort wieder eindringen. Ob derartige eigenmächtige Basteleien die Ursache für die zahlreichen Todesopfer [5] sind, darüber soll hier nicht spekuliert werden. Jedenfalls hat der Hersteller des Geräts das Problem, in Produkthaftungsprozessen einem Gericht die einwandfreie Funktion seines Tauchgeräts nachzuweisen. Bei dem gewählten Wirkprinzip zur Abwehr der Kondensation ist das naturgemäß eher schwierig.

[0026] Ein weiteres bekanntes Wirkprinzip zur Abwehr der Kondensation in Atemgeräten besteht darin, das zur Analyse bestimmte Gas in einer Trocknungsvorrichtung zu trocknen, bevor es den gasempfindlichen Seiten der Gassensoren oder einer anderen Analysevorrichtung zugeführt wird.

[0027] Ein Beispiel für eine derartige Trocknungsvorrichtung befindet sich in [9]. Diese benötigt jedoch eine signifikante Hilfsenergie zur elektrischen Beheizung, was für autonome Atemgeräte nicht praktikabel ist. Die von Trocknungsvorrichtungen dieser Art nahegelegte Vorschaltung eines chemischen Trocknungsmittels vor die gasempfindlichen Seiten der Gassensoren hätte zudem den Nachteil, dass das Trocknungsmittel auf eine für die Messung ausreichende Durchströmung überwacht werden müßte, und dass es ohne weitere energieverbrauchende Mittel - wie etwa Pumpen - auch kaum möglich wäre, das analysierte Atemgas dem Kreislauf wieder zuzuführen oder es aus dem Atemgerät auszustoßen, wobei letzteres auch eine nachteilige Verschwendung von Atemgas wäre.

[0028] Zusammengefaßt kann festgestellt werden, dass der bisherige Stand der Technik für Atemgeräte, insbesondere für autonome Atemgeräte, keine absolut einwandfreie Lösung für das Kondensationsproblem an

den elektrischen und elektronischen Komponenten der Gassensoren oder an den weiteren elektrischen Komponenten der Dosiereinrichtung kennt. Die bekannten Lösungen sind entweder teuer zu realisieren, funktionieren nicht unter allen Betriebsbedingungen, der Funktionsnachweis in Produkthaftungsprozessen ist schwierig, oder sie sind für autonome Atemgeräte nicht praktikabel.

10 Darstellung der Erfindung

[0029] Über diesen veröffentlichten bekannten Stand der Technik hinaus hat der Erfinder bereits gewisse zum Patent angemeldete verbesserte Lösungen für das beschriebene Kondensationsproblem gefunden. In [10] wird ein Gassensor offenbart, der wasserdicht vergossen werden kann, ohne dass die oben dargestellten Probleme für den Druckausgleich des Gassensors auftreten. Allerdings müssen dann die elektrischen Zuleitungen des Sensors in der Regel an die Anschlußstifte (4) des Steckverbinders (11) angelötet werden. Dies erschwert den Austausch von Gassensoren im Feld, was gerade bei militärischen Geräten unerwünscht ist. In [11] wird eine Gassensorvorrichtung offenbart, die ein Trocknungsmittel benutzt, um das zum Druckausgleich der Sensoren benötigte, aus dem Atemkreislauf entnommene Gas so weit zu trocknen, dass Kondensation vermieden wird. Hier muss jedoch das Trocknungsmittel öfters getauscht werden, was auch dann lästig ist, wenn sich dieses in einer einschraubbaren Patrone befindet. Trotz der genannten Nachteile konnten sich diese Lösungen in der Praxis bewähren und sie lösen das Kondensationsproblem zuverlässiger und vollständiger als der oben dargestellte Stand der Technik.

[0030] Im Zuge der erfinderischen Tätigkeit des Anmelders auf dem Gebiet der Kreislauftauchergeräte ergab sich die Aufgabenstellung, eine weitere Lösung des Kondensationsproblems an den elektrischen Komponenten der Gassensoren zu finden, die sich besonders zum Einsatz in autonomen Mischgas - Kreislauftauchergeräten eignet, jedoch auch in anderen Kreislaufatemgeräten eingesetzt werden kann, und die gegenüber den bisher bekannten Lösungen des vorherigen Standes der Technik und den früheren Lösungen des Erfinders die Vorteile hat, über ein sicher nachweisbares Wirkprinzip zu verfügen, dabei vom Prinzip her ohne Verbrauchsstoffe wie Trocknungsmittel und ohne spezielle vergießbare Gassensoren auszukommen, und mit nur geringem Aufwand realisierbar zu sein.

[0031] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine neuartige Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in Kreislaufatemgeräten, die ein neues Wirkprinzip zur Vermeidung des Kondensationsproblems an den elektrischen und elektronischen Komponenten der Gassensoren dieser Geräte verkörpert.

[0032] Das neuartige Wirkprinzip basiert auf der Grundidee, in einer Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in Kreislaufatemgeräten zur Trockenhaltung der elektri-

schen Anschlußseite der Gassensoren das aus dem automatischen Ventil zugeführte Mischgas selbst auszunutzen, da dieses vorschriftsbedingt absolut trocken sein muss, um eine unerwünschte Kondenswasserbildung im Druckgasbehälter und eine Vereisung des Druckminderers und des automatischen Ventils zu vermeiden. Die Trocknung des Mischgases erfolgt dabei gemäß dem bekannten Stand der Technik regelmäßig schon im Kompressor, der die Druckgasbehälter befüllt. Bei gewöhnlichen Tauchgeräten, die verbrauchtes Atemgas in die Umgebung abführen statt es aufzubereiten, bewirkt das trockene Atemgas regelmäßig eine Trockenheit im Munde des Benutzers. Dennoch ist bisher offenbar niemand auf die Idee gekommen, diese an sich lästige Eigenschaft des aus einem lungenautomatischen Ventil stammenden trockenen Atemgases in vorteilhafter Weise als neuartiges Wirkprinzip zur Trockenhaltung der Anschlußseite der Gassensoren in einem Kreislaufatemgerät auszunutzen.

[0033] Dieses neue Wirkprinzip kann auf die Trockenhaltung weiterer elektrischer und elektronischer Komponenten des Atemgeräts ausgeweitet werden.

[0034] Realisiert wird dieses neuartige Wirkprinzip dadurch, dass in der neuartigen Vorrichtung zur Mischgaszufuhr das aus dem automatischen Ventil stammende absolut trockene Mischgas nicht wie beim bisherigen Stand der Technik unmittelbar in den Atemgasstrom geleitet wird, sondern dass es zuerst den Anschlußseiten der Gassensoren - gegebenenfalls auch weiteren elektrischen und elektronischen Komponenten des Atemgeräts - zugeführt wird, um diese trockenzuhalten, und dass es erst danach über mindestens ein erstes Druckausgleichsmittel in den Atemkreislauf abfließt.

[0035] Erste Druckausgleichsmittel sind durch die zwei Aufgaben gekennzeichnet, erstens den überschüssigen Teil des aus dem automatischen Ventil stammenden trockenen Mischgases in den Atemkreislauf abzuleiten, so daß an den Druckausgleichsmembranen der Gassensoren gegenüber dem Atemkreislauf kein Überdruck entsteht, und zweitens feuchtes Atemgas aus dem Atemkreislauf daran zu hindern, zu den Anschlußseiten der Gassensoren oder den weiteren trockenzuhaltenden elektrischen und elektronischen Komponenten zu gelangen.

[0036] Erste Druckausgleichsmittel werden zwischen dem Auslass des automatischen Ventils und dem Atemkreislauf angeordnet. Im einfachsten Fall genügt zur Realisierung des ersten Druckausgleichsmittels ein einzelnes Richtungsventil. Je nach den Anforderungen an das Atemgerät können auch Trockenpatronen mit einem Trocknungsmittel oder eine Kombination aus mindestens einem Richtungsventil und einer Trockenpatrone als erstes Druckausgleichsmittel eingesetzt werden. Die Verwendung eines Trocknungsmittels ist jedoch stets optional, denn die erfindungsgemäße Vorrichtung kann auch ohne ein solches auskommen.

[0037] Auf diese Weise gelingt es der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Mischgaszufuhr auf verblüffend

einfache Weise, durch Ausnutzung des aus dem automatischen Ventil zugeführten trockenen Mischgases eine Kondenswasserbildung an den elektrischen Anschlüssen und Zuleitungen der Gassensoren oder an weiteren elektrischen oder elektronischen Komponenten des Atemgeräts zuverlässig zu verhindern, wobei das Zusammenwirken des automatischen Ventiles und der ersten Druckausgleichsmittel stets einen perfekten Druckausgleich der Druckausgleichsmembrane der Gassensoren gewährleistet.

[0038] Die Erfindung hat verglichen mit früheren Lösungen [10][11] desselben Erfinders den zusätzlichen Vorteil, ohne Erschwerung der feldmäßigen Austauschbarkeit der Gassensoren auf ein Trocknungsmittel ganz verzichten zu können, oder ein solches zumindest so weitgehend zu schonen, dass es sehr viel seltener ausgetauscht werden muss als bei der früheren Lösung [11].

[0039] Gegenüber dem bekannten Stand der Technik hat die Erfindung den Vorteil, über ein neues Wirkprinzip zur Verhinderung der Kondensation an den elektrischen Anschlüssen der Gassensoren oder an den weiteren elektrischen oder elektronischen Komponenten des Atemgeräts zu verfügen, dessen Funktion jederzeit nachgewiesen und auch von Juristen nachvollzogen werden kann, und das deswegen über jeden Verdacht als potentielle Unfallursache erhaben ist.

[0040] Die Erfindung entschärft damit die Produkthaftungsproblematik erheblich und ebnet damit den Weg zu einem Siegeszug der damit ausgestatteten elektronisch gesteuerten Mischgaskreislaufatmergeräte auf dem Weltmarkt.

Aufzählung der Zeichnungen

[0041] Figur 1 zeigt das vereinfachte prinzipielle Aufbauschema eines Mischgas - Kreislaufatemgeräts nach dem bekannten Stand der Technik.

[0042] Figur 2 zeigt einen handelsüblichen Gassensor nach dem bekannten Stand der Technik, zur Erläuterung seiner inneren Bauteile teilweise aufgeschnitten.

[0043] Figur 3 zeigt schematisch die neuartige Vorrichtung zur Mischgaszufuhr gemäß dem Hauptanspruch.

[0044] Figur 4 zeigt schematisch eine weitergebildete neuartige Vorrichtung zur Mischgaszufuhr.

[0045] Figur 5 zeigt schematisch eine neuartige Vorrichtung zur Mischgaszufuhr, bei der das erste Druckausgleichsmittel ein Richtungsventil ist.

[0046] Figur 6 zeigt schematisch eine neuartige Vorrichtung zur Mischgaszufuhr, bei der das erste Druckausgleichsmittel eine Trockenpatrone ist.

[0047] Figur 7 zeigt schematisch eine neuartige Vorrichtung zur Mischgaszufuhr, bei der die ersten Druckausgleichsmittel eine Kombination aus einem Richtungsventil und einer Trockenpatrone sind.

[0048] Figur 8 zeigt beispielhaft den inneren Aufbau einer in Kombination mit einem Richtungsventil als er-

stes Druckausgleichsmittel besonders geeigneten Trockenpatrone, die selber ein weiteres Richtungsventil enthält.

[0049] Figur 9 zeigt beispielhaft einen Längsschnitt durch eine praktische Realisierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in einem Kreislaufatmegerät, bei der die Gassensoren in einer besonders vorteilhaften Sensoreinheit untergebracht sind.

[0050] Figur 10 zeigt einen Querschnitt durch die Sehsoreinheit der Figur 9, aus dem die Lage der Druckausgleichskanäle der Sensoreinheit vollständig erkenntlich ist.

Beschreibung der Erfindung anhand der Figuren

[0051] Das prinzipielle Funktionsschema der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Mischgaszufuhr ist in Figur 3 beispielhaft dargestellt. Hierzu wurde aus der Figur 1 der für die Erfindung relevante Ausschnitt nach dem bekannten Stand der Technik kopiert und die kennzeichnenden Elemente der Erfindung wurden hinzugefügt. Die aus der Figur 1 unverändert übernommenen Komponenten sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht mehr bezeichnet, sofern dies für die folgende Erläuterung der Erfindung nicht mehr notwendig ist.

[0052] Gemäß dem bekannten Stand der Technik von Kreislaufatmegeräten ist ein Atemkreislauf vorhanden, in dem ein Atemgasstrom (29,30) fließt, sowie ein automatisches Ventil zur Mischgaszufuhr (22) und mindestens ein Gassensor (1) mit trockenzuhaltenden elektrischen oder elektronischen Komponenten, die über seine rückseitige Anschlussöffnung (3) zugänglich sind.

[0053] Das automatische Ventil dient zum Ausgleich eines Unterdrucks, es öffnet, wenn im Atemgerät ein relativer Unterdruck zur Umgebung auszugleichen ist, und es schließt, wenn der Unterdruck ausgeglichen ist.

[0054] Die Erfindung ist **dadurch gekennzeichnet**, dass in einem Kreislaufatmegerät das aus dem automatischen Ventil stammende trockene Mischgas (23) dazu benutzt wird, um elektrische oder elektronische Komponenten der Gassensoren trocken zu halten.

[0055] Dies kann in einer Vorrichtung zur Mischgaszufuhr dadurch verwirklicht werden, indem das aus dem automatischen Ventil stammende trockene Mischgas (23) nicht unmittelbar, sondern über erste Druckausgleichsmittel (31) in den Atemkreislauf gelangt, wobei ein Teil des aus dem automatischen Ventil stammenden Mischgases vor ersten Druckausgleichsmitteln abgezweigt und den trockenzuhaltenden elektrischen oder elektronischen Komponenten der Gassensoren zugeführt wird.

[0056] Die einfachste Realisierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung enthält eine Vorkammer (34), die über die ersten Druckausgleichsmittel (31) mit dem Atemkreislauf (29, 30) so in Verbindung steht, dass das in der Vorkammer befindliche Gas durch die ersten Druckausgleichsmittel hindurch in den Atemkreislauf entweichen kann, sobald in der Vorkammer ein größerer

Druck herrscht als im Atemkreislauf. Würde in der Vorkammer dagegen ein kleinerer Druck herrschen als im Atemkreislauf, dann öffnet das automatische Ventil und es erfolgt ein Druckausgleich, indem das aus dem automatischen Ventil stammende trockene Mischgas (23) in die Vorkammer einströmt.

[0057] Die ersten Druckausgleichsmittel können auf der Seite des Atemkreislaufs an jeder beliebigen Stelle mit diesem verbunden werden. Sie könnten beispielsweise auch in den deformierbaren Sack der Gegenlunge münden. Aus Gründen der Robustheit und der bestmöglichen Funktion des Mischvorgangs sind jedoch Realisierungen zu bevorzugen, wo die ersten Druckausgleichsmittel den Druckausgleich zwischen der Vorkammer und einer festen Mischkammer (17) bewirken.

[0058] Die trockenzuhaltenden elektrischen oder elektronischen Komponenten an den Anschlußseiten (3) der Gassensoren (1) stehen dabei mit der Vorkammer (34) in Verbindung, was am einfachsten dadurch realisiert werden kann, dass die Gassensoren in einem Teil der Vorkammer untergebracht werden, wobei sie in Gewindebohrungen abgedichtet eingeschraubt sind, die sich in der Wand zwischen der Mischkammer und der Vorkammer befinden. Als Dichtmittel eignet sich ein O-Ring, der gewöhnlich bei handelsüblichen Gassensoren serienmäßig am Fuß des Gewindes an ihrer gasempfindlichen Vorderseite (2) bereits vorhanden ist.

[0059] Auf diese Weise stehen die gasempfindlichen Vorderseiten (2) der Gassensoren mit den Atemgasstrom (30) aus der Mischkammer (17) unmittelbar in Verbindung, was ihrer Funktion entgegenkommt, während sich ihre feuchteempfindlichen Rückseiten und ihre elektrischen Anschlussleitungen in der trocken gehaltenen Vorkammer (34) befinden. Einwandfreie Lösungen zur wasserdichten Durchführung der elektrischen Anschlussleitungen durch Gehäusewände zur Auswertungselektronik sind dem Stand der Technik längst bekannt. Die Auswertungselektronik und die weiteren elektrischen Komponenten der Dosiereinrichtung können aber auch in der trocken gehaltenen Vorkammer untergebracht werden, wenn diese groß genug ausgeführt wird.

[0060] Erste Druckausgleichsmittel können realisiert sein als ein Richtungsventil, eine Trockenpatrone, oder eine Kombination aus Richtungsventilen und einer Trockenpatrone. Darüber hinaus eignet sich jedes denkbare Mittel als erstes Druckausgleichsmittel, solange es die Aufgaben des ersten Druckausgleichsmittels, bereits weiter oben dargestellt, erfüllen kann.

[0061] Abhängig von der Realisierung erster Druckausgleichsmittel und der Ansprechempfindlichkeit des automatischen Ventils kann nicht immer völlig ausgeschlossen werden, dass bei Störfällen, aufgelöst durch extremste Betriebsbedingungen oder bei Versagen eines Richtungsventiles oder bei totaler Erschöpfung des Mischgasvorrates, nicht doch ein feuchtes Atemgas aus der Mischkammer zurück in die Vorkammer gelangen könnte. Dieses eindringende feuchte Atemgas könnte

dann zu den Anschlußseiten der Gassensoren gelangen, dort kondensieren, und Schaden anrichten.

[0062] Figur 4 zeigt schematisch eine weitergebildete neuartige Vorrichtung zur Mischgaszufuhr, die mit den genannten Störfällen besser zurecht kommt, und die zudem bei einer besonders vorteilhaften Realisierung eine optimale Temperaturkompensation der Gassensoren erzielen kann.

[0063] Bei der weitergebildeten Vorrichtung gelangt das aus dem automatischen Ventil (22) stammende trockene Mischgas (23) zunächst in eine Vorkammer (34). Das in der Vorkammer befindliche Gas kann wie zuvor beschrieben über erste Druckausgleichsmittel (31) in den Atemkreislauf (29, 30) gelangen, gelangt jedoch erst über zweite Druckausgleichsmittel (36) zu den trockenzuhaltenden elektrischen und elektronischen Komponenten an den Anschlußseiten (3) der Gassensoren (1). Diese Teile der Gassensoren befinden sich in einer eigenen Sensorkammer (35). Die Sensorkammer kann für alle Gassensoren gemeinsam sein. Es kann aber auch jeder Gassensor in einer eigenen Sensorkammer untergebracht sein. Die zweiten Druckausgleichsmittel (36) verbinden das Innere der Vorkammer mit dem Inneren der Sensorkammer/n und sie erlauben einen bidirektionalen Druckausgleich der Sensorkammer/n mit der Vorkammer, dieser Druckausgleichvorgang ist in der Figur mit den Gasflußpfeilen durch das zweite Druckausgleichsmittel verdeutlicht.

[0064] Zweite Druckausgleichsmittel haben den Zweck, den Anschlußseiten der Gassensoren einen weitergehenden Schutz gegen Feuchtigkeit oder Kondensationsnässe für den Fall zu bieten, dass in der Vorrichtung ein Störfall auftritt, der insbesondere die Sollwirkung der ersten Druckausgleichsmittel vermindert oder aufhebt, so dass entgegen der Intentionen der Erfindung dennoch feuchtes Atemgas oder gar Kondensationsnässe aus dem Atemkreislauf zurück in die Vorkammer gelangt.

[0065] Jedes diesem Zweck dienliche zweite Druckausgleichsmittel kann eingesetzt werden. Mögliche Realisierungen zweiter Druckausgleichsmittel sind Druckausgleichskanäle von kleinem Querschnitt, die den Gasaustausch zwischen der Vorkammer und der Sensorkammer auf das zum Druckausgleich nötige Maß beschränken, oder Trockenpatronen, die ein Trocknungsmittel enthalten, oder eine Kombination aus den genannten Mitteln. Die Anwendung von Richtungsventilen wäre hier zwar ebenfalls denkbar, scheint aber eher eine unnötige Komplikation zu sein.

[0066] Wenn es durch eine besondere Ausführung der Sensorkammern gelingt, ein besonders kleines Gasinhaltsvolumen der Sensorkammern bei einem besonders guten Wärmeaustausch mit dem in der Mischkammer befindlichen Atemgas zu erzielen, dann können als zweites Druckausgleichsmittel einfache Druckausgleichskanäle von kleinem Querschnitt durchaus genügen, um bei einem Störfall des ersten Druckausgleichsmittels dennoch ein sicheres Beenden des Einsatzes zu gewährleisten.

zes zu gewährleisten.

Eine derartige Realisierung der Erfindung, die ohne ein Trockenmittel auskommt, wird später noch beschrieben werden.

[0067] Zunächst werden anhand der Figuren 5 bis 8 mögliche Realisierungen erster Druckausgleichsmittel im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung in Art der Figur 3 beispielhaft dargestellt. Es versteht sich, dass die hierbei gezeigten ersten Druckausgleichsmittel auch in der weitergebildeten Vorrichtung in Art der Figur 4 eingesetzt werden können.

[0068] In der Figur 5 ist beispielhaft die einfachstmögliche Realisierung des ersten Druckausgleichsmittels (31) als Richtungsventil (32) veranschaulicht. Dieses Richtungsventil erlaubt es dem in der Vorkammer (34) befindlichen Gas, in die Mischkammer (17) und damit in den Atemkreislauf zu entweichen, falls in der Vorkammer gegenüber dem Atemkreislauf ein relativer Überdruck herrscht. Einen relativen Unterdruck in der Vorkammer gleicht das automatische Ventil (22) aus, wie schon weiter oben ausführlich dargelegt wurde. Ein nahezu perfekter Druckausgleich der in den Gassensoren befindlichen Druckausgleichsmembrane ist dadurch gegeben, dass sowohl handelsübliche Richtungsventile als auch handelsübliche automatische Ventile schon bei einigen zehn Millibar Druckunterschied ansprechen können. Als Richtungsventil eignen sich sogenannte Pilzventile aus einem Elastomermaterial, oder jedes andere zu diesem Zweck geeignete Ventil.

[0069] In dieser Variante funktioniert der Druckausgleich jedoch nur dann, wenn das dem automatische Ventil zugeführte Mischgasvorrat beim Einsatz des Geräts nicht völlig erschöpft wird.

[0070] Figur 6 zeigt beispielhaft eine Realisierung des ersten Druckausgleichsmittels (31), bei dem auch im Falle der Erschöpfung des Mischgasvorrates ein Druckausgleich der Vorkammer und damit der Gassensoren stets gewährleistet ist, indem das erste Druckausgleichsmittel (31) als Trockenpatrone (33) realisiert ist, in der sich ein Trocknungsmittel befindet, das in der Figur als kleine Kugeln innerhalb der teilweise aufgeschnittenen Trockenpatrone dargestellt ist. Vor der Erschöpfung des Mischgasvorrates wird die Trockenpatrone bei Druckausgleichsvorgängen zumeist von trockenem, aus dem automatischen Ventil (22) stammenden Mischgas (23) in Richtung der Mischkammer (17) durchströmt, und das Trocknungsmittel wird dabei geschont. Einige Arten von Trocknungsmittel (beispielsweise auf Basis von Bentonit) werden durch das sie durchströmende trockene Mischgas sogar etwas regeneriert. Nur wenn der an (21) zugeführte Mischgasvorrat erschöpft ist, oder das automatische Ventil verzögert anspricht, und der Umgebungsdruck steigt, dann kann eine geringe Menge Atemgas aus dem Atemkreislauf von der Mischkammer (17) durch die Trockenpatrone hindurch zurück in die Vorkammer gelangen, was in der Figur durch den von der Mischkammer (17) in die Vorkammer (34) zeigenden Gasflusspfeil symbolisiert ist.

Das in der Trockenpatrone befindliche Trocknungsmittel entzieht dem es durchströmende Atemgas die Feuchtigkeit weitgehend, so dass gemäß der Aufgabe des ersten Druckausgleichsmittels kein feuchtes Atemgas aus dem Atemkreislauf zurück in die Vorkammer gelangt, sondern nur ein weitgehend getrocknetes Atemgas, wodurch die Kondensationsgefahr an den elektrischen Anschlußseiten der Gassensoren ebenfalls gebannt ist. Aus Gründen des Atemwiderstandes muss die Trockenpatrone in diesem Fall jedoch einen relativ großen Querschnitt aufweisen. Bei Tauchgeräten ist eine derartige Realisierung eher nicht praktikabel, da in großen Tiefen das Atemgas eine viel größere Dichte aufweist als unter atmosphärischen Bedingungen. Bei Atemgeräten für atmosphärische Bedingungen hat die Realisierung nach Figur 6 jedoch den Vorteil, ohne Richtungsventile auszukommen, die bekanntlich stör anfälliger sind als Trockenpatronen. Eine solche für die letztere Anwendung ist etwa so groß wie ein gewöhnlicher Gasmaskenfilter.

[0071] Figur 7 zeigt schematisch und beispielhaft eine auch für Tauchgeräte geeignete Abwandlung der Vorrichtung von Figur 6. Hier sind erste Druckausgleichsmittel (31) realisiert durch eine Kombination aus Richtungsventilen (32) und einer Trockenpatrone (33), die ein Trocknungsmittel enthält. Bei einem Überdruck in der Vorkammer (34) kann das darin befindliche Gas über das Richtungsventil (32) in die Mischkammer (17) und damit in den Atemkreislauf gelangen. Dieser Gasfluß, symbolisiert durch den unteren Pfeil von (34) nach (17), unterliegt dabei nur dem geringen Widerstand durch das Richtungsventil. Bei einem Unterdruck in der Vorkammer kann Atemgas aus dem Atemkreislauf von der Mischkammer über die Trockenpatrone mit dem Trocknungsmittel hindurch in die Vorkammer gelangen. Symbolisiert ist dieser Gasfluß durch den oberen Pfeil, von (17) nach (34). Unterdruck in der Vorkammer kann bei ordnungsgemäßer Funktion des automatischen Ventils an sich nicht auftreten. Spricht dieses jedoch zu unempfindlich oder verzögert an, oder ist der an (21) zugeführte Mischgasvorrat total erschöpft, dann sorgt die Trockenpatrone dafür, dass dennoch ein Druckausgleich erfolgt, und dass die Gassensoren nicht durch einen zu großen Unterdruck in der Vorkammer geschädigt werden.

[0072] Figur 8 zeigt beispielhaft den Querschnitt durch eine eine Trockenpatrone (33), die ein eigenes Richtungsventil (32) enthält. Eine derartige Trockenpatrone, bei der dem Trocknungsmittel ein Richtungsventil vorschaltet ist, ist für eine Vorrichtung nach Figur 7 besonders geeignet, da das Trocknungsmittel bestmöglich geschont wird. Ein zweckmäßiger Aufbau einer derartigen Trockenpatrone, von links nach rechts, besteht aus einem Federring (57), der eine Ventilkapsel (58) in der Trockenpatrone arretiert und gegen federnde gewölbte Siebscheiben (59) drückt, die das Trocknungsmittel (60) an seinem Platz halten. Um einen aus dem Trocknungsmittel stammenden Staub von dem Richtungsventil

fernzuhalten, ist ein gasdurchlässiges Filtermaterial (61) vorgesehen, beispielsweise Watte. Eine derartige Trockenpatrone kann mit ihrem Gewinde, am rechten Ende erkenntlich, in einer Vorrichtung in Art der Figur 7 in der Trennwand zwischen der Mischkammer (17) und der Vorkammer (34) lösbar und abgedichtet befestigt werden. Als Dichtmittel eignet sich ein O-Ring.

[0073] Als Trocknungsmittel in dieser und auch den anderen Trockenpatronen eignen sich handelsübliche Trocknungsmittel, die einem sie durchströmendes Gas die darin als Wasserdampf enthaltene Feuchtigkeit entziehen und an sich binden können, zum Beispiel ein Silicagel in kugeliger Gestalt.

[0074] Figur 9 zeigt beispielhaft einen Längsschnitt durch eine praktische Realisierung der weitergebildeten Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in einem elektronisch gesteuerten selbstmischenden Kreislauftauchergerät, dessen Sensoreinheit in besonders vorteilhafter Weise ausgeführt ist, wodurch bei zweckmäßiger Anordnung der Sensoreinheit innerhalb des Atemgeräts und bei Wahl eines Materials mit guter Wärmeleitfähigkeit eine bestmögliche Funktion der Temperaturkompensation der Gassensoren gewährleistet werden kann. Dies gelingt vor allem dann, wenn die Sensoreinheit vom Atemgasstrom umspült wird.

[0075] Beginnend auf der rechten Seite in der Mitte der Figur gelangt das ausgeatmete Atemgas (28) aus dem Ausatemschlauch (15), der an einen Stutzen einer Mittelsektion (37) angeschlossen ist, zunächst in eine umlaufende Verteilungskammer (38) und dann über an deren Radius verteilte Bohnungen in die Absorberkammer (39). Dabei wird die Atemkalkpatrone (16) vom Atemgasstrom umspült und dadurch gegenüber der Wand der Absorberkammer thermisch isoliert. Am Boden der Absorberkammer sich sammelndes Kondenswasser oder durch kurzzeitigen Verlust des Mundstücks eingedrungenes Seewasser kann über ein Ablassventil (51) aus dem Atemgerät ausgedrückt werden, indem mit Hilfe eines manuellen Betätigungsknopfes (41) am automatischen Ventil (22) ein Überdruck im Atemgerät hergestellt wird. Um beim Kopfstand des Tauchers das Eindringen von Kondenswasser in den Atemkalk zu verhindern, sind die Zuführungsbohrungen der Atemkalkpatrone (16) mit einer wasserabweisenden, aber gasdurchlässigen Membrane (40) abgedeckt. Die Konstruktion von Atemkalkpatronen ist nicht Aufgabe dieser Erfindung, aber es sei angemerkt, dass anstelle der hier symbolisch und vereinfacht dargestellten axial durchströmten Atemkalkpatrone auch eine radial durchströmte Atemkalkpatrone benutzt werden kann. In einer solchen würden sich die Zuführungsbohrungen dann am Umfang befinden, und im Zentrum der Patrone würde sich ein durchlochstes Zentralrohr befinden. Das aus der Atemkalkpatrone stammende weitgehend kohlendioxidbefreite Atemgas (29) gelangt in eine zentrale Kammer (42) der Mittelsektion (37) und von dort aus über Bohrungen, die unterhalb der Gassensoren (1) platziert sind, in die Mischkammer (17). Bis zu diesem Punkt ent-

spricht das vorgestellte Atemgerät dem Stand der Technik.

[0076] In der Mischkammer befindet sich eine besonders vorteilhafte Sensoreinheit (43), die dadurch gekennzeichnet ist, dass die Gassensoren in einem Grundkörper (44) befestigt sind, wobei ihre gasempfindlichen Vorderseiten (2) in eine Zentralbohrung (45) des Grundkörpers weisen, und wobei die Gassensoren (1) jeweils in einzelnen Sensorkammern (35) sitzen, die durch die lösbare Verbindung von Sensordomen (46) mit dem Grundkörper (44) gebildet sind. Diese lösbare Verbindung kann eine Schraubverbindung sein. Der Spalt zwischen Sensordom und Grundkörper ist abgedichtet, beispielsweise mit einem O-Ring. Damit in den Sensorkammern ein Druckausgleich hergestellt werden kann, befinden sich in dem Grundkörper Druckausgleichskanäle (47), in der Figur 8 aufgrund der Lage des Schnittes nur teilweise sichtbar, mit denen die Sensorkammern verbunden sind und durch die auch die elektrischen Zuleitungen der Gassensoren (25) geführt werden können. Diese Druckausgleichskanäle im Grundkörper der Sensoreinheit, später in Figur 9 näher beschrieben, werden über Zuleitungsrohre (48) mit der Vorkammer (34) verbunden. Dann wirken die Druckausgleichskanäle und die Zuleitungsrohre als zweite Druckausgleichsmittel gemäß den Kennzeichen der Erfindung, denn sie stellen den Druckausgleich zwischen der Vorkammer und der Sensorkammer her.

[0077] Die Vorkammer wird dadurch gebildet, dass ein geeignet abgedichteter Zwischenboden (56) in das Gehäuserohr (54) des Atemgeräts eingesetzt ist. Dieser Zwischenboden trennt die Vorkammer (34) von der Mischkammer (17) ab. Sollten die Zuleitungsrohre (48) nicht stabil genug sein, um den Zwischenboden über die Sensoreinheit mit der Mittelsektion zu verbinden, können zwischen dem Zwischenboden und der Mittelsektion zusätzliche stabile Stehbolzen vorgesehen werden. In der Regel ist solch eine Massnahme jedoch nicht nötig, da der Grundkörper (44) und die Sensordome (46) der Sensoreinheit (43) sowie die Zuleitungsrohre (48) vorzugsweise aus Metall gefertigt und daher stabil genug sind.

[0078] Metall leitet Wärme gut, und die beschriebene Anordnung stellt durch Umspülung der Sensoreinheit mit dem Atemgasstrom sicher, dass das Metall der Sensoreinheit und damit das Gas in den Sensorkammern im wesentlichen dieselbe Temperatur wie das Atemgas annimmt. Wird zudem die Mittelsektion vorzugsweise aus einem stabilen Kunststoff gefertigt, dann entsteht auch keine Kältebrücke zwischen der Umgebung und der Sensoreinheit.

[0079] Diese Massnahmen zusammengekommen ergeben vorteilhaft die bestmögliche Funktion der Temperaturkompensationselektronik in den Gassensoren, obwohl diese im Gegensatz zum bisherigen Stand der Technik nicht direkt vom Atemgasstrom umspült werden, sondern sich erfindungsgemäß jeweils in einer mit trockenem Mischgas gefüllten Sensorkammer befinden.

den.

[0080] Eine weitere Variante zur Realisierung des zweiten Druckausgleichsmittels wäre die, daß eines der aus dem Grundkörper stammenden Zuleitungsrohre in eine Trockenpatrone mündet, die damit das zwischen der Sensorkammer und der Vorkammer beim Druckausgleich strömende Gas zusätzlich trocknet, während die anderen Zuleitungsrohre, die dann nur zur Führung der elektrischen Zuleitungen zu den Sensoren benutzt werden, mit einer Dichtmasse abgedichtet werden können, so dass sie selbst nicht mehr als zweites Druckausgleichsmittel wirken. Diese Variante ist dann zu bevorzugen, wenn als erste Druckausgleichsmittel eine Trockenpatrone oder eine Kombination aus einer Trockenpatrone und aus Richtungsventilen benutzt wird, denn wenn schon ein Trocknungsmittel vorhanden ist und Wartungsaufwand bringt, dann ist ein zweites Trocknungsmittel zur weiteren Erhöhung des Feuchtigkeitsschutzes kein wesentlicher Mehraufwand.

[0081] Bei der in Figur 9 dargestellten Ausführung der Erfindung ist das erste Druckausgleichsmittel (31) jedoch nur als ein Richtungsventil (32) realisiert. Dies erlaubt dem dargestellten Tauchgerät in vorteilhafter Weise, völlig ohne ein Trocknungsmittel auszukommen, bedingt jedoch eine gewisse Sorgfalt des Benutzers, der den an (21) zugeführten Mischgasvorrat nie erschöpfen darf. Bei einem Tauchgerät sollte dies selbstverständlich sein, da ein völlig erschöpfter Mischgasvorrat zum sofortigen Notaufstieg zwingen würde. Während des Notaufstiegs kann aber in der Vorkammer gegenüber dem Atemkreislauf nur noch ein relativer Überdruck entstehen, der dann über das Richtungsventil in den Atemkreislauf entweicht.

[0082] Die Kennzeichen der Erfindung sind dadurch verwirklicht, indem das aus dem automatischen Ventil (22) stammende Mischgas (23) zunächst in die Vorkammer (34) einströmt, was dann geschieht, wenn im Atemgerät gegenüber der Umgebung ein relativer Unterdruck herrscht, der das automatische Ventil öffnet. Aus der Vorkammer gelangt das eingeströmte trockene Mischgas (34) zu den Anschlusseiten der Gassensoren und damit auf deren Druckausgleichsmembranen. Dies erfolgt gemäß Anspruch 5 über zweite Druckausgleichsmittel (36, 47, 48), wobei die Gassensoren in einzelnen Sensorkammern (35) untergebracht sind. Diese Sensorkammern sind innerhalb einer besonders vorteilhaften Sensoreinheit (43) gemäß Anspruch 11 dadurch gebildet, dass Sensordome (46) in einen Grundkörper (44) der Sensoreinheit lösbar befestigt werden, der eine Zentralbohrung (45) aufweist, die vom zu analysierenden Atemgas durchströmt wird. Aus der Vorkammer wird das aus dem automatischen Ventil stammende Mischgas (23) über das erste Druckausgleichsmittel (31), das hier als Richtungsventil (32) ausgeführt ist, in die Mischkammer (17) und damit dem Atemkreislauf zugeführt. Die trocken gehaltene Vorkammer enthält in diesem praktischen Ausführungsbeispiel auch die Auswertungs-elektronik (26) und das Dosierventil (19) für den

Sauerstoff. Dies erlaubt den Verzicht auf wasserdichte Kabeldurchführungen.

[0083] Die restlichen Komponenten in der Figur 9 folgen wieder weitgehend dem bisher bekannten Stand der Technik. Das Dosierventil (19) leitet den aus ihm stammenden Sauerstoff in die Mischkammer (17), wo es sich mit dem dort befindlichen Atemgas mischt. Das so regenerierte Atemgas (30) gelangt durch die Sensoreinheit hindurch an den gasempfindlichen Seiten der Gassensoren (2) vorbei über einen Rohrkrümmer (49) und ein Durchführungsrohr (50) in den Einatemschlauch (13). Das Durchführungsrohr durchstößt dabei die das verbrauchte Ausatemgas führende umlaufende Verteilungskammer (38) und ist gegen diese abgedichtet. Wie schon bei [1] wird der Körper des Atemgeräts aus Häuserrohren (54) gebildet, die lösbar, aber abgedichtet mit der Mittelsektion (37) verbunden sind, wobei die Enden des Geräts mit Deckeln (55) verschlossen sind. Das Gerät wird mittels einer entlang der Mittelachse verlaufenden Zugstange (52) zusammengehalten, die am oberen Ende mittels eines Gewindes in den oberen Deckel eingeschraubt ist, und die am unteren Ende mit einem Handrad (53) verbunden ist.

[0084] Figur 10 zeigt einen Querschnitt durch die besonders vorteilhafte Sensoreinheit der Figur 9 in Höhe der Mittelachse der Gassensoren (1). Im Grundkörper (44) der Sensoreinheit befindet sich eine Zentralbohrung (54), durch die das regenerierte Atemgas strömt und somit an die gasempfindlichen Vorderseiten (2) der Gassensoren gelangt. Die Gassensoren sind mit dem Grundkörper lösbar und abgedichtet verbunden. Über den Gassensoren sind Sensordome (46) ebenfalls mit dem Grundkörper lösbar und abgedichtet verbunden, um für jeden Gassensor eine eigene Sensorkammer (35) zu bilden.

[0085] Für die lösbaren Verbindungen eignen sich Gewinde und für die Abdichtung O-Ringe.

[0086] Im Grundkörper sind Druckausgleichskanäle (47) vorhanden. Diese können so ausgeführt sein, dass sie schon innerhalb der Sensoreinheit das Innere der Sensorkammern untereinander verbinden. Derartige Druckausgleichskanäle können als aus den Sensorkammern führende Bohrungen kleinen Querschnitts, die in größere senkrechte Bohrungen im Grundkörper münden, ausgeführt werden.

[0087] Über die größeren senkrechten Bohrungen kann den Sensorkammern das zum Druckausgleich der Gassensoren benötigte Gas zugeführt werden. Durch die Druckausgleichskanäle können auch die elektrischen Anschlussleitungen der Gassensoren geführt werden.

[0088] Es versteht sich auf Grund der obigen Beschreibung, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in Kreislaufatemgeräten weitgehend unabhängig von der Art des Atemgeräts sehr vielseitig verwendbar und wandelbar ist. Sie kann abhängig vom Einsatzgebiet und den speziellen Anforderungen des jeweiligen Atemgeräts durch eine Wahl von mehr

oder weniger aufwendigen Druckausgleichsmitteln in optimaler Weise ausgelegt werden, wodurch sich eine Vielzahl möglicher Varianten ergibt, die im Rahmen der Beschreibung nicht alle aufgeführt werden können, so dass die Beschreibung keinesfalls als eine erschöpfende Abhandlung aller möglichen Varianten anzusehen ist. Die möglichen Varianten und Wandlungen der Erfindung ergeben sich alleine aus den Ansprüchen der Erfindung. Insbesondere können die Ventile, auch das automatische Ventil, auf jede zweckmäßige Art und Weise realisiert werden. Beispielsweise kann das automatische Ventil statt mit einer Membrane auch über einen Drucksensor elektronisch gesteuert werden. Die Richtungsventile können federbelastete Scheiben aus einem geeigneten Material sein. Ersten Druckausgleichsmitteln kann auf ihren der Mischkammer zugewandten Seite eine wasserabweisende, aber gasdurchlässige Membrane von hinreichendem Querschnitt vorgeschaltet werden, um herumschwappendes Kondenswasser, das sich im Atemkreislauf befinden kann, von den ersten Druckausgleichsmitteln fernzuhalten.

[0089] Die neue Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in Kreislaufatemgeräten erreicht durch erfinderische Ausnutzung des zugeführten trockenen Mischgases zur Trockenhaltung der elektrischen und elektronischen Komponenten der Gassensoren eine gegenüber dem bekannten Stand der Technik verbesserte Trocknungswirkung und sie ist von ihrem verblüffend einfachen Wirkprinzip her auch für Juristen verständlich und daher über jeden Zweifel erhaben.

[0090] Gegenüber den früheren zum Patent angemeldeten Lösungen desselben Erfinders erzielt die neue Vorrichtung eine mindestens ebensogute Trocknungswirkung, ohne dass ein Trocknungsmittel eingesetzt werden müsste, und vermeidet Vergussmaßnahmen [10] an den Gassensoren, welche die Austauschbarkeit der Gassensoren unter feldmäßigen Bedingungen erschweren würden.

[0091] Die neue Vorrichtung kann zwar optional Trockenpatronen mit einem Trocknungsmittel benutzen, erzielt dann aber gegenüber der früheren Lösung [11] eine wesentlich höhere Standzeit des Trocknungsmittels. Werden als erstes Druckausgleichsmittel Richtungsventile zusammen mit einer Trockenpatrone eingesetzt, so dass das Trocknungsmittel nur bei Versagen des Druckausgleichs der Vorkammer über das automatische Ventil durchströmt wird, wird das Trockenmittel nur bei derartigen Störfällen verbraucht, und muss im Regelfall nicht häufiger ausgetauscht werden als die Gassensoren selbst, was etwa einmal im Jahr bei einer Routinewartung erfolgen kann.

[0092] Wird zudem die weitergebildete Vorrichtung mit einer weiteren Trockenpatrone als zweites Druckausgleichsmittel benutzt, dann erreicht diese Variante der Vorrichtung das bestmögliche Funktionspotential unter allen Bedingungen, jedoch erkauft mit entsprechendem Aufwand.

[0093] Die Beschreibung offenbart auch ein Kreislauf-

tauchgerät, bei dem die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in einer Variante benutzt wird, die ohne Trocknungsmittel auszukommen sucht. Dies basiert auf der Überlegung, daß ein Ausfall der Mischgaszufuhr den Taucher in jedem Fall zu einem sofortigen Aufstieg zwingt, so dass ein Unterdruck in der Vorkammer auch nicht mehr entsteht und daher auch nicht mehr über ein Trockenmittel ausgeglichen werden muss. Dieses Kreislauf-Tauchgerät verwendet eine für die Temperaturkompensation der Gassensoren besonders vorteilhafte Sensoreinheit in einem Gesamtaufbau, bei der Trockenpatronen als erste und zweite Druckausgleichsmittel bei Bedarf auch noch nachträglich nachgerüstet werden könnten, was ein weiterer Vorteil dieser Ausführung ist.

Tabelle der Bezugszeichen

[0094]

1 Gassensor (meist Sauerstoffsensor)
 2 gasempfindliche Vorderseite des Gassensors
 3 rückseitige Anschlussöffnung des Gassensors
 4 elektrische Anschlüsse des Gassensors
 5 Leiterplatte
 6 Elektrolytkammer
 7 Druckausgleichsmembrane
 8 Dichtung der Druckausgleichsmembrane
 9 eingepresster Metallring
 10 Druckausgleichskammer des Gassensors
 11 Steckverbinder
 12 Gegenlunge
 13 Einatemschlauch
 14 Mundstückeinheit
 15 Ausatemschlauch
 16 Atemkalkpatrone
 17 Mischkammer
 18 Mitteldruck - Sauerstoff
 19 Dosierventil für Sauerstoff
 20 aus dem Dosierventil stammender Sauerstoff
 21 Mitteldruck - Mischgas
 22 automatisches Ventil für Mischgas
 23 aus dem automatischen Ventil stammendes Mischgas
 24 Membrane des automatischen Ventils
 25 elektrische Leitungen der Sauerstoffsensoren
 26 Auswertungselektronik
 27 elektrische Steuerleitung des Dosierventils
 28 ausgeatmetes Atemgas
 29 aus der Atemkalkpatrone stammendes Atemgas (weitgehend kohlendioxidbefreit)
 30 regeneriertes Atemgas
 31 erstes Druckausgleichsmittel (zwischen Vorkammer und Mischkammer)
 32 Richtungsventil
 33 Trockenpatrone
 34 Vorkammer
 35 Sensorkammer

36 zweites Druckausgleichsmittel (zwischen Vorkammer und Sensorkammer)
 37 Mittelsektion
 38 umlaufende Verteilungskammer
 5 39 Absorberkammer
 40 wasserabweisende, gasdurchlässige Membrane
 41 Betätigungsknopf für automatisches Ventil
 42 zentrale Kammer
 43 Sensoreinheit
 10 44 Grundkörper der Sensoreinheit
 45 Zentralbohrung des Grundkörpers
 46 Sensordom
 47 Druckausgleichskanäle (im Grundkörper der Sensoreinheit)
 15 48 Zuleitungsrohr
 49 Rohrkrümmer
 50 Durchführungsrohr (durchstößt 38)
 51 Ablassventil
 52 Zugstange
 20 53 Handrad
 54 Gehäuserohr
 55 Deckel
 56 Zwischenboden
 57 Federring
 25 58 Ventilkapsel
 59 Siebscheibe
 60 Trocknungsmittel
 61 gasdurchlässiges Filtermaterial

30 Literatur

[0095]

35 [1] Kanwisher/Starck, "Apparatus for controlling environmental conditions, suitable for use underwater", US 3 556 098
 [2] F. Parker et al, "Carbon dioxide scrubber and breathing diaphragm assembly for diving apparatus", US 3 710 553
 40 [3] Wible, "Closed circuit diving system with interchangeable gas conditioning packs for personal use", WO 99/07442 A2
 45 [4] M. Parker et al, "Self-contained breathing apparatus", WO 99/13944 A1
 [5] www.cdninfo.info/industry/i030304b/i030304b.html
 50 [6] Unbenannt, "Tauchgerät mit Kreislauf", DE 2 104 153
 55 [7] Zeitschrift "Tauchen", Nr. 10, Oktober 2002, S. 95, Jahr - Verlag Hamburg
 [8] A. Naim et al, "An improved temperature com-

pensated electrochemical gas sensor and method for closely tracking the temperature variations of a gas to be sensed", EP 0 819 936

[9] W. Vogeser et al., "Fluidtrocknungsvorrichtung", DE 37 90 537 C2 5

[10] Engl, "Vergießbarer Gassensor und Vergussverfahren dafür", DPA 10328356.0 10

[11] Engl, "Gassensorvorrichtung für Atemgeräte", DPA10259988.2

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Mischgaszufuhr in Kreislaufatemgeräten, bestehend aus

- einem Atemkreislauf, in dem ein Atemgasstrom (29, 30) fließt, 20
- einem automatischen Ventil (22) zur Mischgaszufuhr aus einem Druckgasvorrat (21),
- mindestens einem Gassensor (1) mit elektrischen oder elektronischen Komponenten (4, 5, 11), wobei gilt, 25
- dass das automatische Ventil öffnet, wenn im Atemgerät ein Unterdruck auszugleichen ist,
- dass das automatische Ventil wieder schließt, wenn der Unterdruck ausgeglichen ist, 30

dadurch gekennzeichnet,

- dass das aus dem automatischen Ventil stammende trockene Mischgas (23) dazu benutzt wird, um elektrische oder elektronische Komponenten (4, 5, 11) der Gassensoren (1) trocken zuhalten. 35

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

- dass das aus dem automatischen Ventil (22) stammende trockene Mischgas (23) nicht unmittelbar, sondern über erste Druckausgleichsmittel (31) in den Atemkreislauf gelangt, 45
- dass ein Teil des aus dem automatischen Ventil stammenden Mischgases vor ersten Druckausgleichsmitteln abgezweigt und den trocken zuhaltenden elektrischen oder elektronischen Komponenten (4, 5, 11) der Gassensoren (1) zugeführt wird. 50

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

- dass das aus dem automatischen Ventil (22) stammende trockene Mischgas (23) in eine 55

Vorkammer (34) gelangt,

- dass die Vorkammer gegenüber dem Atemkreislauf (29, 30) weitgehend abgedichtet ist,
- dass die trocken zuhaltenden elektrischen oder elektronischen Komponenten (4, 5, 11) der Gassensoren (1) mit der Vorkammer in Verbindung stehen,
- dass die Vorkammer über erste Druckausgleichsmittel (31) mit dem Atemkreislauf verbunden ist, wobei gilt,
- dass die ersten Druckausgleichsmittel einen relativen Überdruck in der Vorkammer gegenüber dem Atemkreislauf in den Atemkreislauf ableiten,

dass die ersten Druckausgleichsmittel im Falle eines relativen Unterdrucks in der Vorkammer gegenüber dem Atemkreislauf kein feuchtes Atemgas aus dem Atemkreislauf zurück in die Vorkammer gelangen lassen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

- dass die trocken zuhaltenden elektrischen oder elektronischen Komponenten (4, 5, 11) der Gassensoren (1) sich in einer Sensorkammer (35) befinden,
- dass die Sensorkammer gegenüber dem Atemkreislauf (29, 30) und gegenüber der Vorkammer (34) weitgehend abgedichtet ist,
- dass die Sensorkammer über zweite Druckausgleichsmittel (36) mit der Vorkammer verbunden ist, wodurch die trocken zuhaltenden elektrischen oder elektronischen Komponenten der Gassensoren mit der Vorkammer in Verbindung stehen,
- dass die zweiten Druckausgleichsmittel einen Druckausgleich zwischen der Sensorkammer und der Vorkammer bewirken.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

dass als ein zweites Druckausgleichsmittel (36) ein Druckausgleichskanal (47, 48) benutzt wird, der den Gasaustausch zwischen der Vorkammer (34) und der Sensorkammer (35) auf das zum Druckausgleich nötige Maß beschränkt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

dass als ein zweites Druckausgleichsmittel (36) eine mit einem Trocknungsmittel gefüllte Trockenpatrone benutzt wird.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

dass als ein erstes Druckausgleichsmittel (31) ein

Richtungsventil (32) benutzt wird, welches einen Gasfluß von der Vorkammer (34) in den Atemkreislauf (29, 30) erlaubt, indem es sich öffnet, und welches einen Gasfluß vom Atemkreislauf in die Vorkammer verhindert, indem es sich schließt.

5

zweiten Druckausgleichsmittels der Vorrichtung sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6,

dadurch gekennzeichnet,

dass als ein erstes Druckausgleichsmittel (31) eine mit einem Trocknungsmittel gefüllte Trockenpatrone (33) benutzt wird, welche in beide Richtungen einen durch das Trocknungsmittel führenden Gasfluß zuläßt, und dabei einem vom Atemkreislauf (29, 30) in die Vorkammer (34) strömenden feuchten Atemgas genug Feuchtigkeit entzieht, so dass aus dem Atemkreislauf kein feuchtes Atemgas in die Vorkammer gelangt, sondern nur ein weitgehend getrocknetes Atemgas.

10

15

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6,

20

dadurch gekennzeichnet,

dass als ein erstes Druckausgleichsmittel (31) eine mit einem Trocknungsmittel (60) gefüllte Trockenpatrone (33) benutzt wird, welche ein Richtungsventil (32) enthält, das durch das Trocknungsmittel nur einen vom Atemkreislauf (29, 30) in die Vorkammer (34) führenden Gasfluß zuläßt, wobei das Trocknungsmittel dem durchströmenden feuchten Atemgas genug Feuchtigkeit entzieht, so dass aus dem Atemkreislauf kein feuchtes Atemgas in die Vorkammer gelangt, sondern nur ein weitgehend getrocknetes Atemgas.

25

30

10. Vorrichtung nach einem der obigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

35

dass sie eine Sensoreinheit enthält, in der mindestens eine Sensorkammer gebildet ist, wobei die Sensoreinheit aus einem wärmeleitenden Material gefertigt ist, und vom Atemgasstrom des Atemkreislaufs so umspült wird, dass sich ein guter Wärmeaustausch zwischen dem Inneren einer Sensorkammer und dem Atemgasstrom ergibt.

40

11. Vorrichtung nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

45

- **dass** der Grundkörper (44) der Sensoreinheit eine Zentralbohrung (54) aufweist,
- **dass** die Gassensoren (1) mit dem Grundkörper lösbar verbunden sind, so
- **dass** die gasempfindliche Vorderseite (2) der Gassensoren in die Zentralbohrung weisen,
- **dass** Sensorkammern (34) gebildet sind, indem Sensordome (46) über den Gassensoren mit dem Grundkörper lösbar verbunden sind,
- **dass** im Grundkörper Druckausgleichskanäle (47) vorhanden sind,
- **dass** diese Druckausgleichskanäle Teil des

50

55

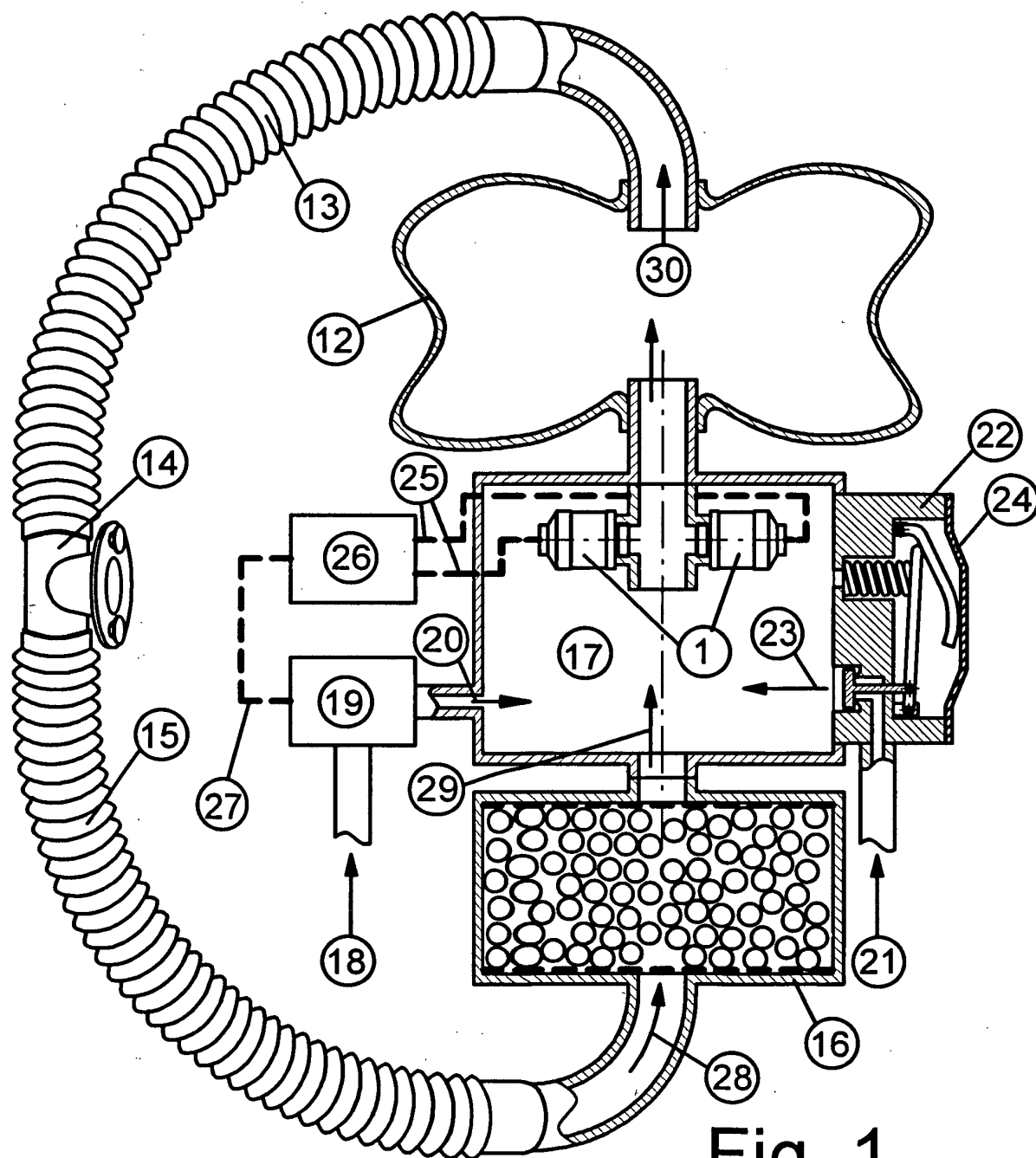


Fig. 1

Stand der Technik

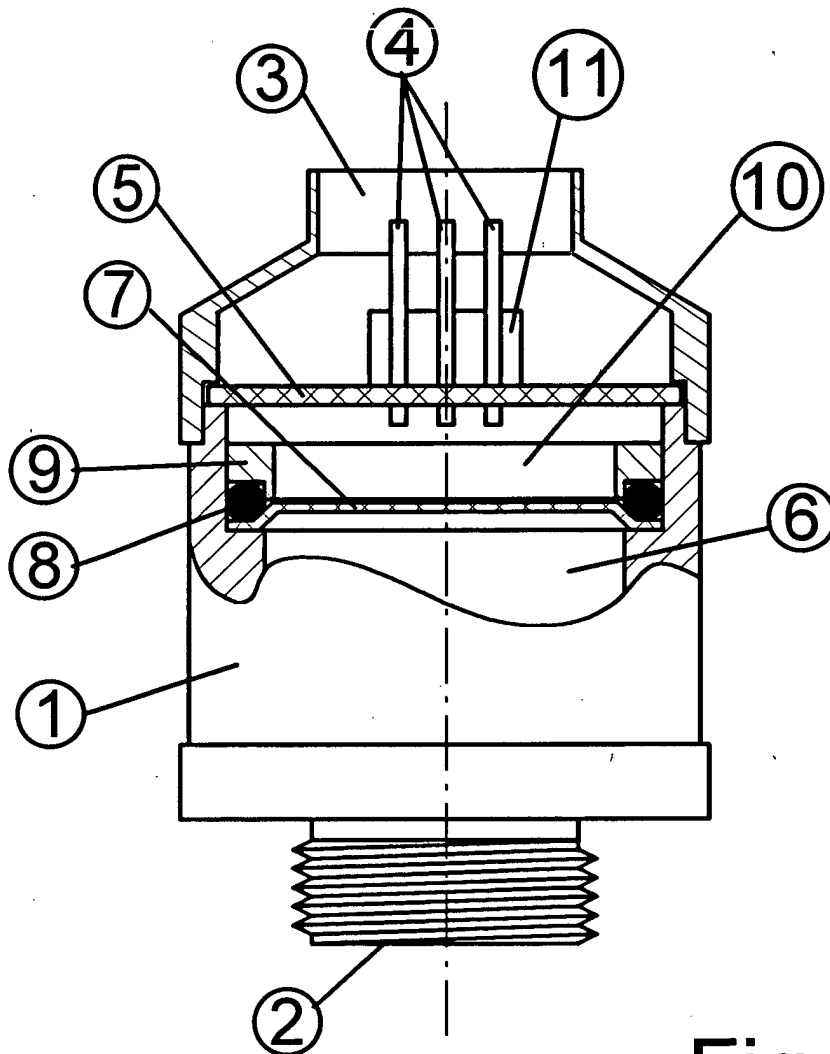


Fig. 2
Stand der Technik

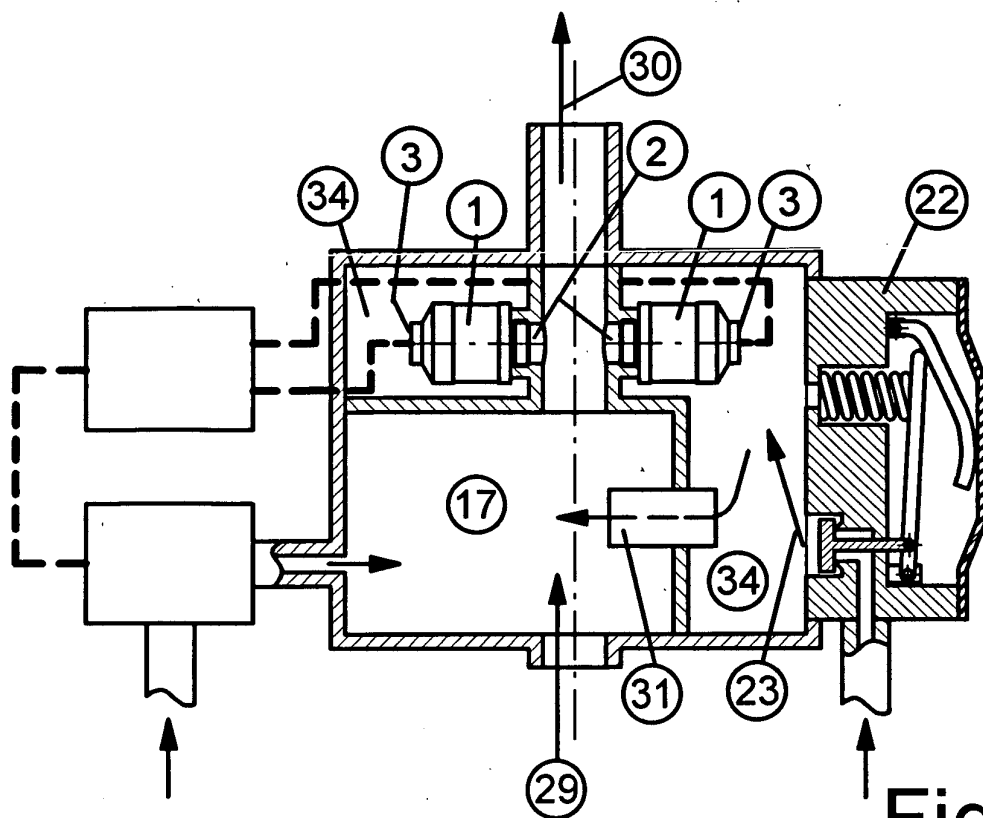


Fig. 3

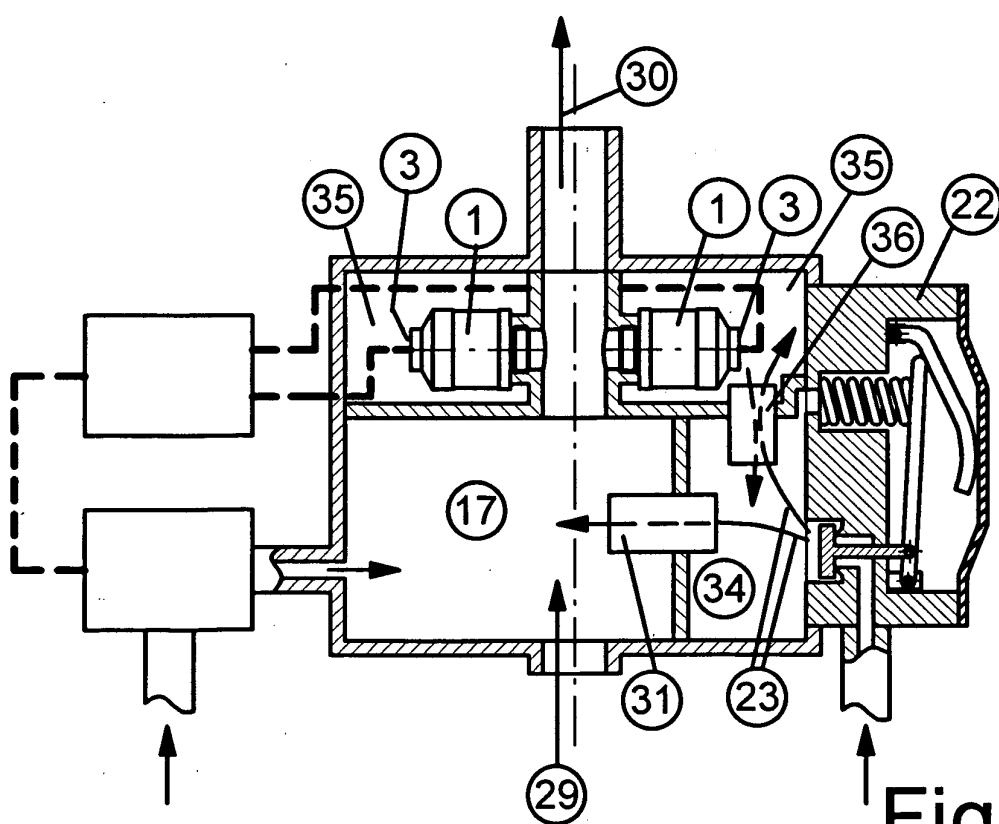


Fig. 4

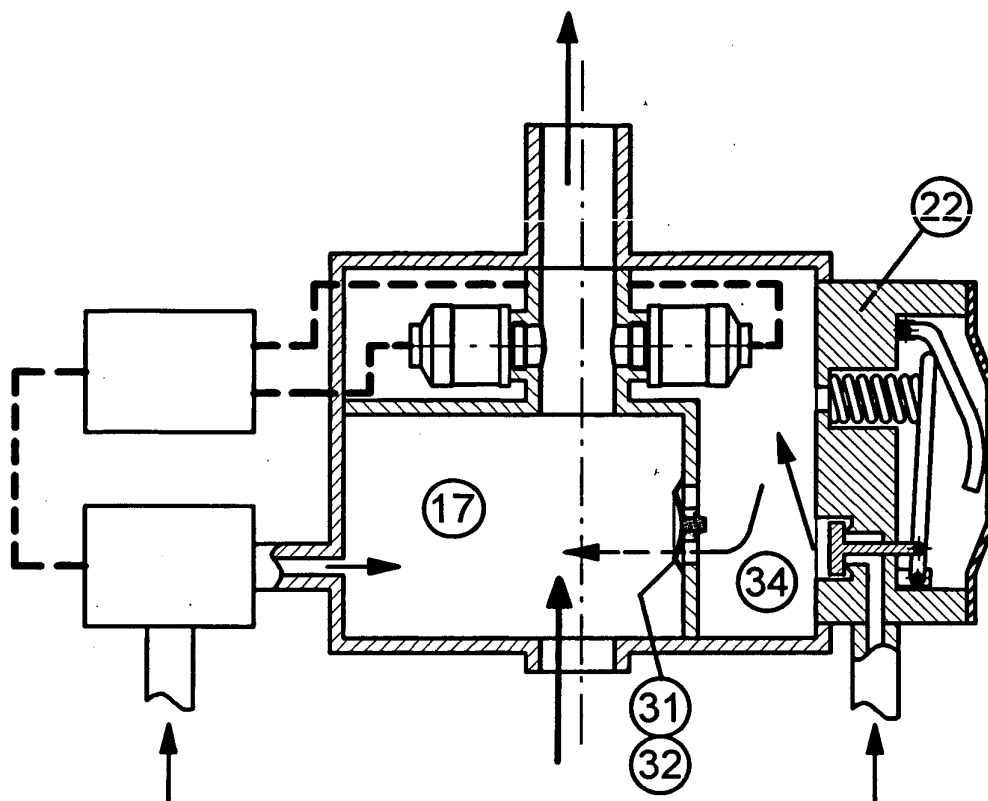


Fig. 5

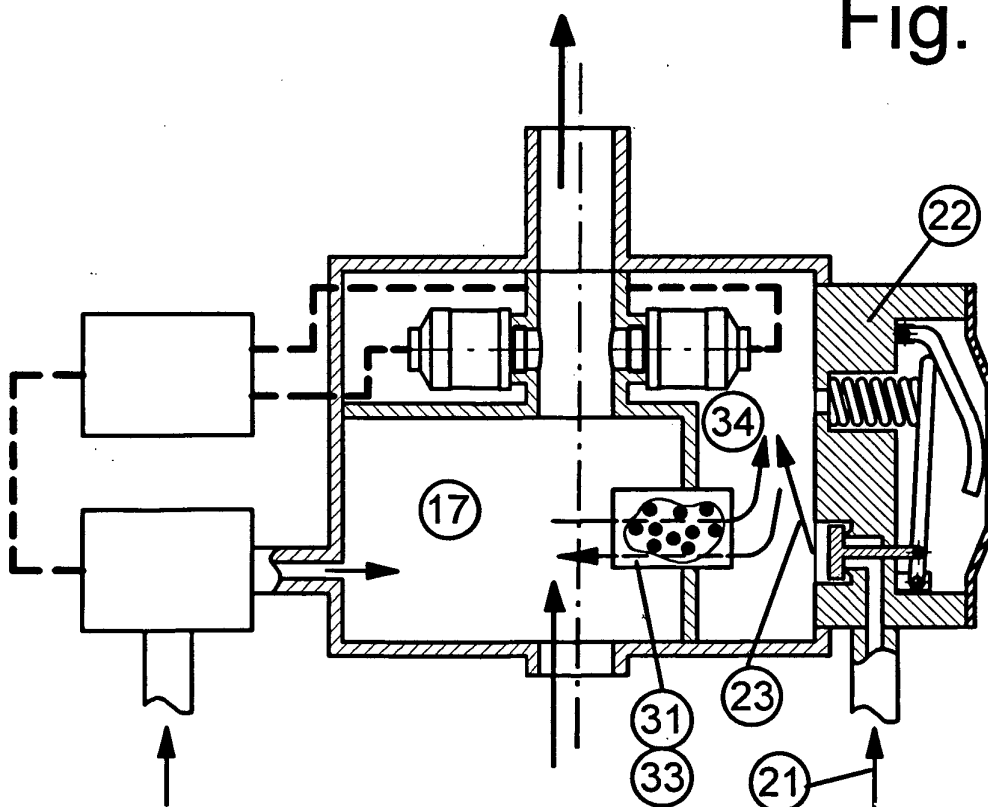


Fig. 6

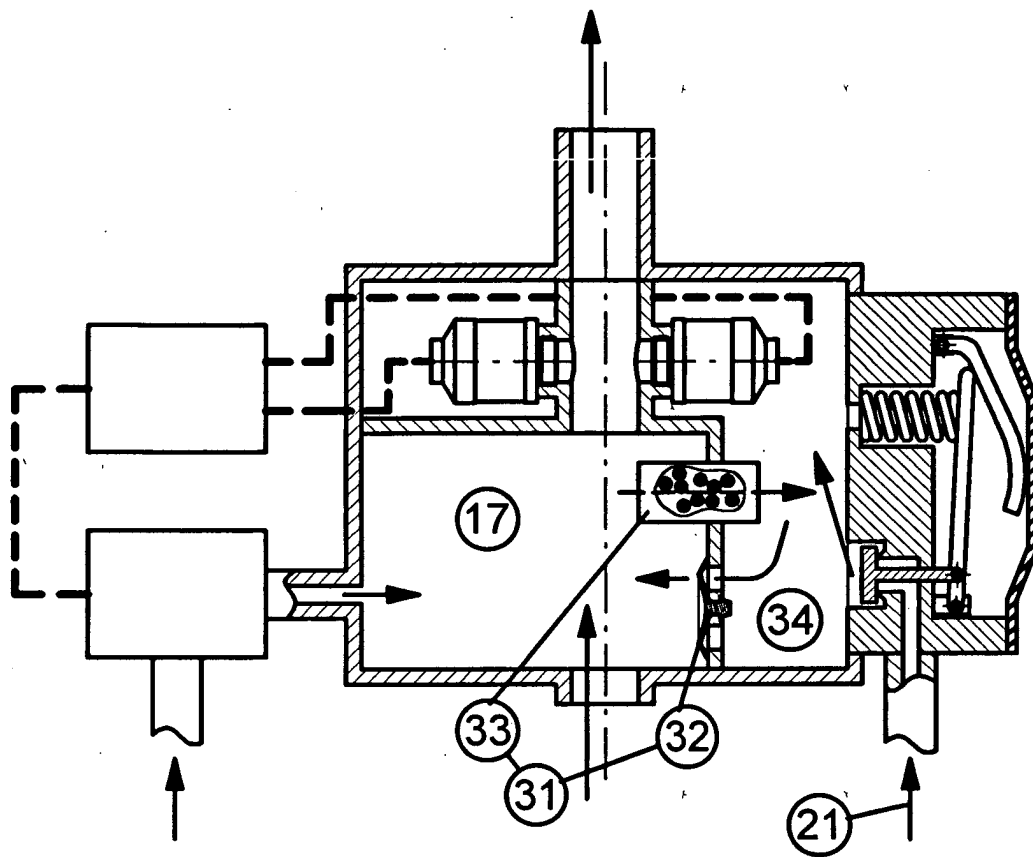


Fig. 7

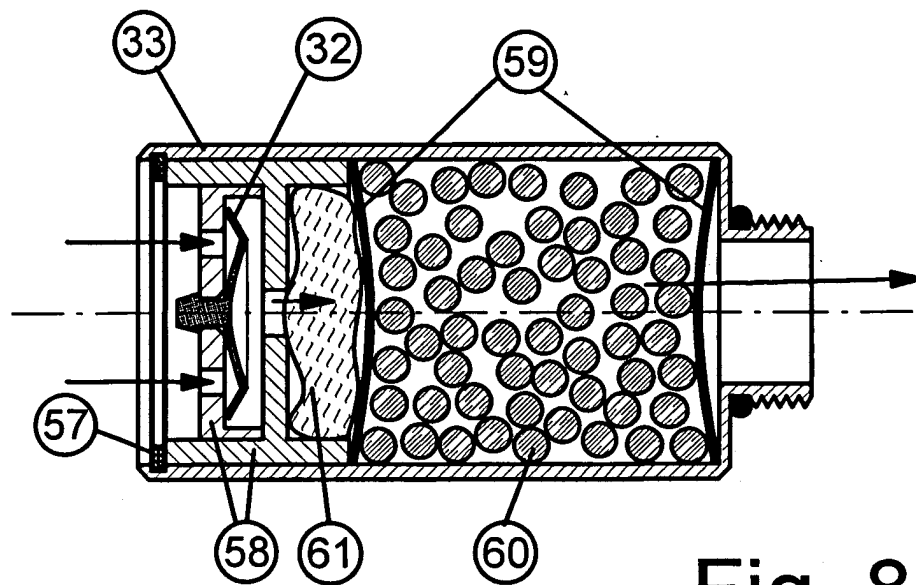


Fig. 8

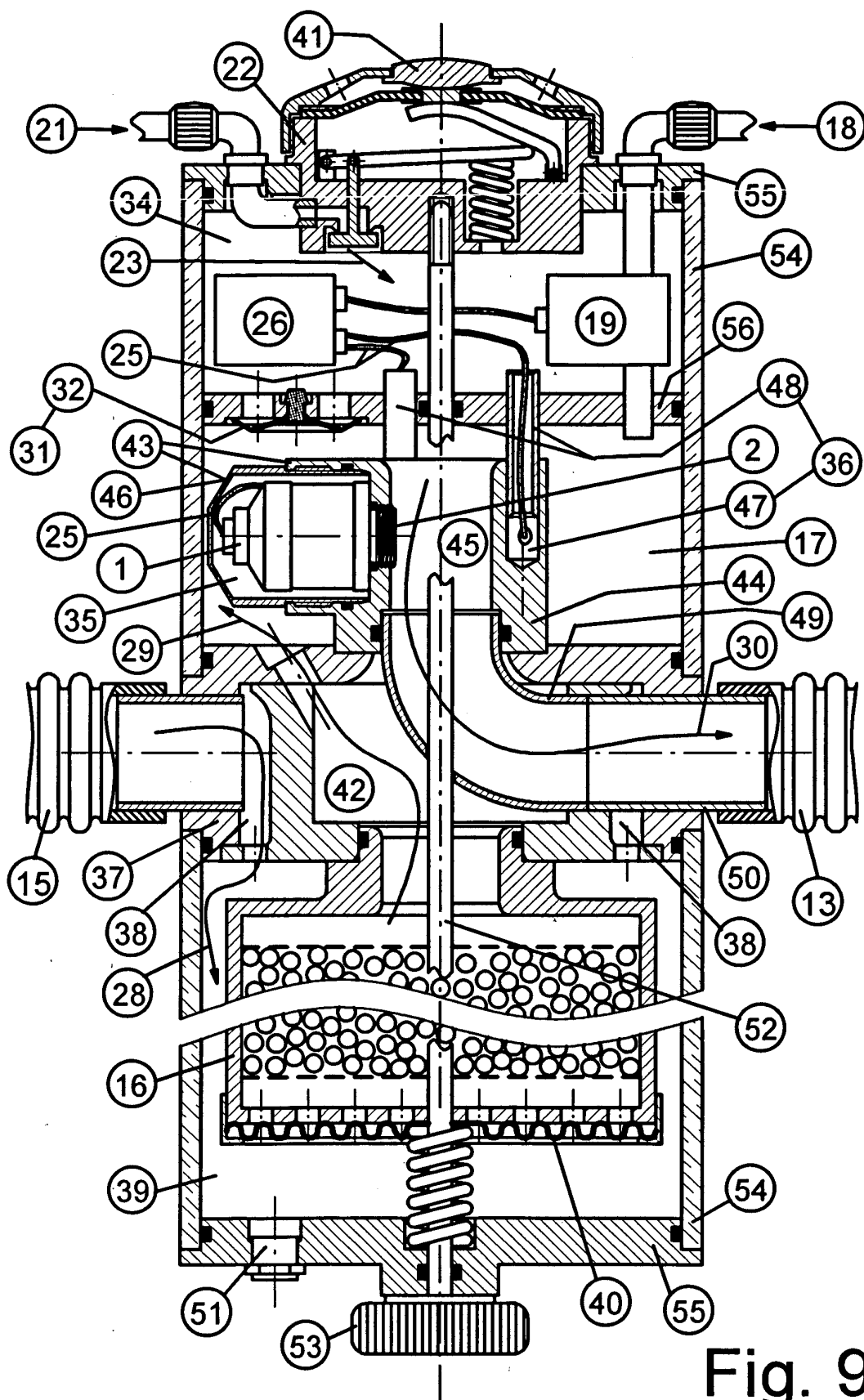


Fig. 9

