



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 044 624 B4** 2008.07.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 044 624.0**

(22) Anmeldetag: **19.09.2006**

(43) Offenlegungstag: **03.04.2008**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **B01D 65/08** (2006.01)

B01D 63/02 (2006.01)

B01F 3/04 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Koch Membrane Systems GmbH, 52070 Aachen, DE

(74) Vertreter:

Andrejewski, Honke & Sozien, 45127 Essen

(72) Erfinder:

**Vossenkaul, Klaus, Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE;
Volmering, Dirk, 52070 Aachen, DE; Schäfer,
Stefan, Dr.-Ing., 52074 Aachen, DE; Lawrence,
Darren, Putten, NL**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE10 2004 029141 A1

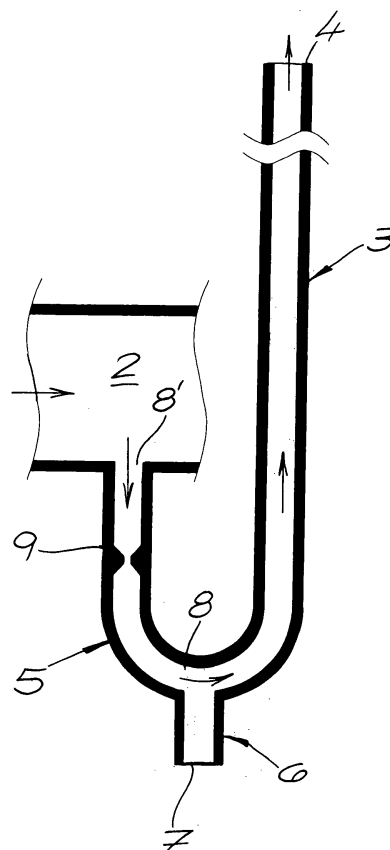
US 54 51 317 A

JP 2006-2 05 119 AA

JP 07-2 51 042 AA

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Begasung einer Flüssigkeit**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Begasung einer Flüssigkeit (1), insbesondere für im Tauchbetrieb eingesetzte Membrananlagen, mit einem Gaszuführungskanal (2) und zumindest einer an den Gaszuführungskanal (2) angeschlossenen Gaslanze (3), aus der im Begasungsbetrieb ein Gasstrom austritt, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslanze (3) über mindestens einen Verbindungskanal (5) an den Gaszuführungskanal (2) angeschlossen ist, dass der Verbindungskanal (5) als Drossel einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze (3) eintretenden Gasstromes erzeugt und mit einem ersten Mündungsbereich (8) an die Gaslanze (3) sowie mit einem zweiten Mündungsbereich (8') an den Gaszuführungskanal (2) angeschlossen ist und dass unterhalb des ersten Mündungsbereiches (8) ein Verlängerungsabschnitt (6) vorgesehen ist, der an die Gaslanze (3) anschließt und unterhalb des ersten Mündungsbereiches (8) eine in die zu begasende Flüssigkeit mündende Öffnung (7) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Begasung einer Flüssigkeit mit einem Gaszuführungskanal und zumindest einer an den Gaszuführungskanal angeschlossenen Gaslanze, aus der im Begasungsbetrieb ein Gasstrom austritt. Die Vorrichtung soll insbesondere für im Tauchbetrieb eingesetzte Membrananlagen geeignet sein, wobei die aufsteigenden Gasblasen der Spülung der Membranen dienen. Eine solche Vorrichtung ist aus DE 10 2004 029 141 A1 bekannt.

[0002] Zur Begasung von im Tauchbetrieb verwendeten Membrananlagen werden in der Praxis Begasungsvorrichtungen eingesetzt, die einen Gaszuführungskanal und mehrere von dem Gaszuführungskanal abzweigende Gaslanzen aufweist. Der Gaszuführungskanal ist im Wesentlichen horizontal ausgerichtet. Die Gaslanzen münden in den Gasraum des Gaszuführungskanals und erstrecken sich vertikal nach oben. Die Gaslanzen werden von der zu begasenden Flüssigkeit umgeben. Eine solche Begasungsvorrichtung ist aus der Druckschrift WO 97/06880 A2 bekannt, wobei die Gaslanzen mit einem oberen offenen Ende in die zu begasende Flüssigkeit und mit einem unteren, abgeschrägten Ende in den Gaszuführungskanal hineinragen. Zwischen den Begasungsintervallen kann Flüssigkeit ungehindert in den Gaszuführungskanal eindringen, wobei sich in den Gaslanzen Ablagerungen bilden können. Bereits bei geringen Querschnittsänderungen einzelner Gaslanzen durch Ablagerungen treten in den einzelnen Gaslanzen unterschiedliche Druckverluste auf, so dass ein ungleichmäßiges Blasen verschiedener Gaslanzen beobachtet wird.

[0003] Um zu vermeiden, dass zwischen Begasungsintervallen Flüssigkeit in die Gaslanzen eintritt und der Gasraum des Gaszuführungskanals geflutet wird, ist aus der Druckschrift DE 203 00 546 U1 bekannt, auf dem vorstehenden Ende der Gaslanzen eine Kappe angeordnet, die einen Endabschnitt der Gaslanzen ringförmig umgibt. Bei der Begasung durchströmt Luft den ringförmigen Raum zwischen Kappe und Gaslanze von oben nach unten und tritt aus dem unteren Ende des Ringspaltes aus. Im Betrieb kann auf Dauer die Gefahr bestehen, dass der Ringspalt durch Verschmutzungen oder Ausbildung eines Biofilmes sich teilweise oder ganz zusetzt. Die parallel geschalteten Gaslanzen werden aufgrund der unterschiedlichen Strömungswiderstände in den Gaslanzen nicht gleichmäßig durchströmt. Insbesondere, wenn mit einem geringen Gasmengenstrom gearbeitet wird, ist die Begasung instabil und ungleichmäßig. Wasser, welches nach einer Druckabsenkung im System durch die Gaslanzen in den Gaszuführungskanal eindringt, lässt sich nur schlecht aus dem Gasraum wieder entfernen. Im Gasraum des Systems verbleiben Rückstände, die auf Dauer

den Betrieb der Begasungsvorrichtung beeinträchtigen.

[0004] Grundsätzlich ist es bekannt, in parallel geschalteten Zuleitungen Drosselstellen in Form von Ventilen zur Gleichverteilung einer Begasungsströmung vorzusehen (US 5 451 317 A [Fig. 4](#); JP 07 251 042 A).

[0005] Ferner ist aus JP 2006 205 119 A eine Begasungseinrichtung bekannt, deren Gasauslassöffnungen unterhalb des Gaszuführungskanals angeordnet sind.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Begasungsvorrichtung anzugeben, die auch mit einem kleinen Gasmengenstrom einen stabilen Betrieb ermöglicht und bei der insbesondere auch eine gleichmäßige Beaufschlagung von parallel angeordneten Gaslanzen ermöglicht wird. Die Begasungsvorrichtung soll ferner wartungsfreundlich sein.

[0007] Ausgehend von einer Vorrichtung mit den eingangs beschriebenen Merkmalen wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Gaslanze über mindestens einen Verbindungskanal an den Gaszuführungskanal angeschlossen ist, dass der Verbindungskanal als Drossel einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze eintretenden Gasstromes erzeugt und mit einem ersten Mündungsbereich an die Gaslanze sowie mit einem zweiten Mündungsbereich an den Gaszuführungskanal angeschlossen ist und dass unterhalb des ersten Mündungsbereiches ein Verlängerungsabschnitt vorgesehen ist, der an die Gaslanze anschließt und unterhalb des ersten Mündungsbereiches eine in die zu begasende Flüssigkeit mündende Öffnung aufweist.

[0008] Der in der zu begasenden Flüssigkeit herrschende Druck wirkt sowohl über eine Gasaustrittsöffnung am oberen Ende der Gaslanze als auch über die unterseitige Öffnung des Verlängerungsabschnittes auf den von der Gaslanze und Verlängerungsabschnitt umschlossenen Raum, wobei der Druck an der unteren Öffnung des Verlängerungsabschnittes aufgrund der Höhe der die Vorrichtung umgebenden Flüssigkeitssäule größer ist als am oberen Ende der Gaslanze. Beim Betrieb der Begasungsvorrichtung dient die unterseitige Öffnung als Druckausgleich und bestimmt die Druckverhältnisse in der Gaslanze, wobei die Drosselwirkung des Verbindungskanals ein gleichmäßiges Strömen des zugeführten Gases gewährleistet. Um eine klar definierte Drosselwirkung zu gewährleisten, ist jeder Verbindungskanal stets nur an eine Gaslanze angeschlossen, wobei jedoch ohne Einschränkung eine Gaslanze über mehrere Verbindungskanäle an den Gaszuführungskanal angeschlossen sein kann. Insbesondere bei erfindungsgemäßen Vorrichtungen, die mehrere Gaslanzen in der beschriebenen Ausgestaltung aufweisen,

gewährleisten einerseits die Drosselwirkung der Verbindungskanäle und andererseits der Druckausgleich durch die Öffnungen der Verlängerungsabschnitte eine gleichmäßige Aufteilung des gesamten Gasstroms auf die einzelnen Gaslanzen und ein gleichmäßiges Blasen der Gaslanzen.

[0009] Die Drosselwirkung des Verbindungskanals, die einen Strömungsverlust des in die Gaslanze eintretenden Gasstroms erzeugt, kann im Rahmen der Erfindung dadurch erreicht werden, dass der Verbindungskanal eine Drosselstelle, beispielsweise in Form einer Verjüngung oder einer Düsenöffnung, aufweist. Alternativ kann der Verbindungskanal auch über seine Länge einen Querschnitt aufweisen, der geringer ist als der Querschnitt der Gaslanze und einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze eintretenden Gasstromes erzeugt. Ohne Einschränkung kann die zumindest eine Gaslanze über mehrere oder lediglich einen Verbindungskanal an den Gaszuführungskanal angeschlossen sein, wobei ein Verbindungskanal auch mehrere parallele Verjüngungen oder Düsenaustrittsöffnungen aufweisen kann. Besonders bevorzugt ist jedoch eine Ausgestaltung, bei der in dem Verbindungskanal lediglich ein Strömungsweg vorgesehen ist, da bei einer solchen Ausgestaltung bei einer vorgegebenen Drosselwirkung ein vergleichsweise großer Strömungsquerschnitt innerhalb des Verbindungskanals möglich ist und dadurch die Gefahr einer Verstopfung des Verbindungskanals durch Ablagerungen reduziert wird.

[0010] Der Verbindungskanal ist mit einem ersten Mündungsbereich an die Gaslanze und mit einem zweiten Mündungsbereich an den Gaszuführungskanal angeschlossen. In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der erste Mündungsbereich unterhalb des zweiten Mündungsbereiches angeordnet, so dass sich der Verbindungskanal ausgehend von dem Anschluss an den Gaszuführungskanal schräg oder gerade nach unten erstreckt. Bei der Inbetriebnahme der Begasungsvorrichtung wird dabei gewährleistet, dass in den Gaszuführungskanal eingedrungene Flüssigkeit bis auf die Höhe des zweiten Mündungsbereiches aus dem Gaszuführungskanal entfernt wird. Besonders bevorzugt ist der zweite Mündungsbereich im Boden des Gaszuführungskanals angeordnet, so dass bei der Inbetriebnahme der Begasungsvorrichtung stets eine vollständige Rückstandsentsorgung des gesamten Gaszuführungskanals erfolgt.

[0011] Bei der Inbetriebnahme einer im Tauchbetrieb arbeitenden erfindungsgemäßen Vorrichtung muss zumindest Flüssigkeit durch Beaufschlagung mit Gas aus dem Gaszuführungskanal, dem Verbindungskanal, dem Verlängerungsabschnitt und der Gaslanze verdrängt werden. Die Flüssigkeit verlässt die Vorrichtung teilweise durch die Öffnung des Verbindungskanals und teilweise durch die oberseitig of-

fene Gaslanze. Nach der Entleerung des Gasraumes strömt das Gas anschließend durch die Gaslanzen ab. Dies ist der normale Betriebszustand. Bei parallel angeordneten Gaslanzen der Begasungsvorrichtung stellen sich gleich große Gasströme ein. Die Öffnungen der Verlängerungsabschnitte leisten einen wesentlichen Beitrag, dass die parallel zueinander angeordneten Gaslanzen gleichmäßig durchströmt werden, denn durch die Öffnungen wird gewährleistet, dass sich jeweils in Strömungsrichtung hinter dem als Drossel ausgelegten Verbindungskanal definierte Druckverhältnisse einstellen.

[0012] In einem bevorzugten Betriebsmodus der Begasungsvorrichtung wird der gesamte Gasstrom durch die zumindest eine Gaslanze nach oben geleitet, wobei aufgrund des Strömungswiderstandes in der Gaslanze in dem Verlängerungsabschnitt ein Druckpolster gebildet wird. Wird eine geringe Gasmenge durch die Gaslanzen gefördert, kann Flüssigkeit durch die Öffnung des Verbindungsabschnittes eintreten, die in der Gaslanze mit dem Gasstrom nach oben gefördert wird. Es wird dabei eine Pumpwirkung beobachtet, die typischerweise mit abnehmender Gasflussrate zunimmt und die den Spülprozess der Gasblasen unterstützen kann.

[0013] Wird ausgehend von dem bevorzugten Betriebsmodus der Druck im Gaszuführungskanal und damit die durch die Gaslanzen fließende Gasmenge erhöht, dehnt sich das Druckpolster in dem Verlängerungsabschnitt aus, bis schließlich auch ein Teil des Gasstromes durch die Öffnung des Verlängerungsabschnittes nach unten entweicht. Der zusätzliche an der Unterseite der Begasungsvorrichtung austretende Gasstrom kann ebenfalls zur zielgerichteten Begasung der Flüssigkeit genutzt werden. Wird die erfindungsgemäße Vorrichtung beispielsweise in einer Membrananlage eingesetzt, wobei Membranbündel um die Gaslanze angeordnet sind, ermöglicht der zusätzliche, an der Unterseite der Vorrichtung austretende Gasstrom in besonders vorteilhafter Weise eine zusätzliche Reinigung an der äußeren Peripherie und in Randzonen der Membranfaserbündel.

[0014] Die Begasungsvorrichtung kann intermittierend betrieben werden. Bei einem intermittierenden Betrieb wechseln sich Begasungsintervalle, in denen im bevorzugten Betriebsmodus mit einem großen Gas- oder Luftstrom gearbeitet wird, mit Intervallen ab, in denen der Gasstrom so weit gedrosselt wird, dass der Druck im Gaszuführungskanal bestehen bleibt, aber nur eine sehr geringe oder gar keine Gasmenge durch die zumindest eine Gaslanze entweicht. Optional kann in dem intermittierenden Betrieb auch – wie zuvor beschrieben – bei einem sehr großen Gas- oder Luftstrom ein zusätzlicher Gasstrom an der Unterseite der Begasungsvorrichtung erzeugt werden. Wird die Begasungsvorrichtung während des intermittierenden Betriebes mit einem

geringen Gasstrom betrieben, wird die zumindest eine Gaslanze von der umgebenden Flüssigkeit geflutet. Es stellt sich eine Flüssigkeitssäule in der Gaslanze ein, die bis zum Verbindungskanal reicht, aber aufgrund des im Zuführungskanal herrschenden höheren Drucks nicht durch den Verbindungskanal in den Gaszuführungskanal übertritt. Wenn der Gaszuführungskanal dann wieder mit einem großen Gasstrom beaufschlagt wird, wird die Flüssigkeit aus der Gaslanze verdrängt, wobei ein Luftstoß zunächst durch die Öffnung des Verlängerungsabschnittes entweicht und ein Teil des Gasstroms durch die Gaslanze nach oben abströmt. Sobald die Flüssigkeit aus der Gaslanze verdrängt ist, stellt sich der bevorzugte Betriebsmodus ein, bei dem der gesamte Gasstrom durch die Gaslanze abströmt. Im Vergleich zu der eingangs beschriebenen bekannten Anordnung ist der Druckverlust des Gesamtsystems deutlich geringer. Ferner ist der Regelbereich des Gasstromes größer. Auch bei einem kleinen Gasmengenstrom ist eine gleichmäßige Bestromung der Gaslanze bzw. der Gaslanzen gewährleistet. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass die Vorrichtung derart ausgestaltet werden kann, dass mit der Inbetriebnahme der Vorrichtung Flüssigkeit aus dem Gaszuführungskanal rückstandsfrei entfernt werden kann. Insbesondere wird bei der bevorzugten Ausgestaltung der Vorrichtung mit mehreren Gaslanzen eine gleichmäßige Durchströmung aller Gaslanzen im Begasungsbetrieb gewährleistet.

[0015] Es ergeben sich eine Vielzahl von Möglichkeiten für die weitere konstruktive Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung. So kann der Verbindungsabschnitt unmittelbar oder auch über einen Spalt, beispielsweise einen Ringspalt als Drosselstelle an die Gaslanze anschließen. Im Rahmen einer ersten bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung geht der Verbindungsabschnitt kontinuierlich in die Gaslanze über, wobei der Verbindungsabschnitt und die Gaslanze den gleichen Querschnitt aufweisen. In einer besonders einfachen Weiterbildung dieser Ausgestaltung sind die Gaslanze und der Verlängerungsabschnitt als Abschnitte eines Rohres ausgebildet, wobei sich die Gaslanze oberhalb und der Verlängerungsabschnitt unterhalb des Verbindungskanals erstrecken. Das Rohr weist dabei vorzugsweise einen runden Querschnitt auf und kann zylindrisch oder abschnittsweise konisch geformt sein. Bei einer geraden Ausgestaltung des Rohres kann dieses auch im montierten Zustand auf besonders einfache Weise, beispielsweise mit einer Bürste oder einem Druckstrahl, gereinigt werden.

[0016] Im Rahmen einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, dass der Gaszuführungskanal im Bereich der zumindest einen Gaslanze einen mantelseitig angeordneten Stutzen aufweist und dass im Stutzen ein Deckel angeordnet ist, der unterseitig offen ist und den Ver-

längerungsabschnitt bildet. Der Deckel kann dabei in den Stutzen eingesetzt sein, wobei der Verbindungskanal vorzugsweise in dem Deckel gebildet ist. Alternativ kann der Deckel auch auf den Stutzen aufgesetzt sein. Dabei erstreckt sich die zumindest eine Gaslanze vorzugsweise bis in einen Aufnahmeraum des Stutzens, wobei der Verbindungskanal an dem in den Aufnahmeraum eintauchenden Ende der Gaslanze eine Drosselstelle aufweist. Ausgehend von einer solchen Ausgestaltung ergibt sich eine Vielzahl von vorteilhaften konstruktiven Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0017] Eine erste Weiterbildung sieht vor, dass der Deckel Innenflächen aufweist, die das Ende der Gaslanze mit einem Ringspalt umgeben, welcher die Drosselstelle bildet. Der Deckel weist vorzugsweise ferner eine Vertiefung auf, die dem Ende der Gaslanze gegenüberliegt und einen Strömungsberuhigungsraum des Verlängerungsabschnitts bildet. Die deckelseitige Öffnung mündet in den Strömungsberuhigungsraum ein.

[0018] Eine alternative Weiterbildung sieht vor, dass in einem von dem Stutzen und der Gaslanze begrenzten Ringraum ein aus zwei Ventilkörpern bestehendes Drosselventil angeordnet ist, wobei der erste Ventilkörper auf dem Ende der Gaslanze angeordnet ist und den Ringraum zwischen der Gaslanze und dem Stutzen überbrückt sowie Gasdurchtrittsöffnungen aufweist. Der zweite Ventilkörper weist einen mit den Gasdurchtrittsöffnungen zusammenwirkenden Ventilsitz auf und ist in einem Raum zwischen dem Deckel und dem ersten Ventilkörper angeordnet. Der zweite Ventilkörper weist ferner zweckmäßig einen Durchlass auf, der hinter der Drosselstelle einen Strömungsberuhigungsraum des Verlängerungsabschnitts bildet und mit der Öffnung im Deckel fluchtet. Der Ventilsitz kann als konische oder konkave Sitzfläche ausgebildet sein. Der erste Ventilkörper kann axiale Bohrungen enthalten, die in einen das Ende der Gaslanze ringförmig umgebenden Strömungsraum mündet. Der Strömungsraum und die Sitzfläche des zweiten Ventilkörpers bilden einen definierten Drosselspalt. Die beiden Ventilkörper sind zweckmäßig miteinander verbunden. Bei einer Schraubverbindung besteht beispielsweise die Möglichkeit die Breite des Drosselspaltes zwischen den beiden Ventilkörpern einzustellen. Im Rahmen der Erfindung liegt es auch, dass der zweite Ventilkörper ein Einlegeteil ist, welches mit dem Deckel gegen den ersten Ventilkörper gespannt wird. Der erste Ventilkörper kann einen düsenförmig sich verengenden Gaseinlass für das in die Lanze einströmende Gas aufweisen.

[0019] Die in dem Deckel angeordnete bodenseitige Öffnung des Verlängerungsabschnittes weist zweckmäßig einen Querschnitt auf, der den 0,5- bis 2-fachen des Strömungsquerschnittes der Gaslanze entspricht. Vorzugsweise entsprechen sich die Quer-

schnitte der Öffnung und des Strömungsquerschnittes der Gaslanze im Wesentlichen.

[0020] Vorzugsweise endet die Gaslanze an ihrem von dem Gaszuführungskanal abstehenden Ende ohne Kappe und ohne Einschnürung frei in der zu begasenden Flüssigkeit. Im Rahmen der Erfindung liegt es selbstverständlich auch, dass die Gaslanze zusätzlich mit mantelseitigen Öffnungen versehen ist. Ferner kann es vorteilhaft sein, das gasaustrittseitige Ende der Gaslanze mit einer diffusorartigen Aufweitung des Strömungsquerschnittes auszubilden.

[0021] Die beschriebene Begasungsvorrichtung ist insbesondere für Membrananlagen bestimmt, die im Tauchbetrieb eingesetzt werden. Bei Verwendung in einer Membrananlage ist die zumindest eine Gaslanze vorzugsweise von einem Bündel aus Hohlfasermembranen umgeben, die mit einem offenen Ende in ein Kopfstück eingegossen sind und in einen von dem Gaszuführungskanal getrennten Permeatsammelraum münden.

[0022] Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist vorzugsweise mehrere an den Gaszuführungskanal angeschlossene Gaslanzen auf, die jeweils wie zuvor beschrieben ausgeführt sind. In einer besonders bevorzugten Ausgestaltung ist die Vorrichtung aus einzelnen Segmenten mit jeweils einer Gaslanze zusammengesetzt, wobei die einzelnen Segmente jeweils wie zuvor beschrieben ausgeführt sind.

[0023] Im Folgenden wird die Erfindung anhand einer lediglich ein Ausführungsbeispiel darstellenden Zeichnung erläutert. Es zeigen schematisch:

[0024] [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1g](#) Ausschnitte alternativer Ausgestaltungen einer erfindungsgemäßen Begasungsvorrichtung in einer Schnittdarstellung,

[0025] [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) einen Schnitt durch eine erfindungsgemäße Begasungsvorrichtung während des Betriebs in unterschiedlichen Betriebszuständen,

[0026] [Fig. 5](#) einen Ausschnitt aus der erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer gegenüber den [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) vergrößerten Darstellung,

[0027] [Fig. 6](#) eine weitere Ausgestaltung des in [Fig. 4](#) dargestellten Gegenstandes,

[0028] [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7c](#) unterschiedliche Ausgestaltungen des in [Fig. 6](#) dargestellten Gegenstandes,

[0029] [Fig. 8](#) die Verwendung der Begasungsvorrichtung in einem Membranmodul für eine im Tauchbetrieb eingesetzte Membrananlage.

[0030] [Fig. 9](#) alternative Ausgestaltungen der Begasungsvorrichtung in einem Membranmodul,

[0031] [Fig. 10](#) Diagramm bezüglich der Pumpwirkung einer erfindungsgemäßen Begasungsvorrichtung bei einem geringen Gasstrom.

[0032] [Fig. 1a](#) bis [Fig. 1g](#) zeigen Ausschnitte alternativer Ausgestaltungen einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Begasung einer Flüssigkeit **1** mit einem Gaszuführungskanal **2** und zumindest einer an den Gaszuführungskanal **2** angeschlossenen Gaslanze **3** aus der im Begasungsbetrieb ein Gasstrom austritt. Die gesamte Vorrichtung weist vorzugsweise weitere nicht dargestellte Gaslanzen **3** auf, die entsprechend ausgeführt sind. Die Gaslanze **3** erstreckt sich vertikal nach oben und weist ein vom Gaszuführungskanal **2** abstehendes offenes Ende **4** ohne Einschnürung und ohne Kappe auf. Die Gaslanze **3** ist über einen Verbindungskanal **5** an den Gaszuführungskanal **2** angeschlossen, wobei der Verbindungskanal **5** als Drossel einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze **3** eintretenden Gasstromes erzeugt und wobei an den Verbindungskanal **5** stets nur eine Gaslanze **3** angeschlossen ist. Der Verbindungskanal **5** ist mit einem ersten Mündungsbereich **8** an die Gaslanze **3** und mit einem zweiten Mündungsbereich **8'** an den Gaszuführungskanal **2** angeschlossen, wobei sich ausgehend von dem ersten Mündungsbereich **8** die Gaslanze **3** nach oben und ein Verlängerungsabschnitt **6** nach unten erstreckt. Der an die Gaslanze **3** anschließende Verlängerungsabschnitt **6** weist unterhalb des ersten Mündungsbereiches **8** eine Öffnung **7** auf. In den Ausführungen gemäß [Fig. 1a](#) und [Fig. 1b](#) ist der erste Mündungsbereich **8** unterhalb des zweiten Mündungsbereiches **8'** angeordnet. Bei der Inbetriebnahme der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird so gewährleistet, dass die Flüssigkeit **1**, die sich in dem Gaszuführungskanal **2** angesammelt hat, zunächst vollständig entfernt wird. Bei der Ausgestaltung gemäß der [Fig. 1c](#) ragt der Verbindungskanal **5** in den Gaszuführungskanal **2** hinein, wobei der zweite Mündungsbereich **8'** oberhalb des Bodens des Gaszuführungskanals **2** angeordnet ist. Sofern sich Flüssigkeit **1** in dem Gaszuführungskanal **2** angesammelt hat, verbleibt auch bei dem Betrieb unterhalb des zweiten Mündungsbereiches **8'** Flüssigkeit **1** in dem Gaszuführungskanal **2**. In vorteilhafter Weise kann so vermieden werden, dass Verunreinigungen, die sich am Boden des Gaszuführungskanals **2** angesammelt haben, in den Verbindungskanal **5** gelangen. Die [Fig. 1d](#) zeigt eine Ausgestaltung, bei der der Verbindungskanal **5** an der Oberseite des Gaszuführungskanals mit seinem zweiten Mündungsbereich **8'** anschließt und schräg nach oben zu dem ersten Mündungsbereich **8** führt, wobei sowohl die Gaslanze **3** als auch der Verlängerungsabschnitt **6** oberhalb des Zuführungskanals **2** angeordnet sind. Bei der Ausgestaltung gemäß der [Fig. 1e](#) ragt der Verbindungskanal von oben in den Gaszuführungskanal **2** ein. Ist der Gaszuführungskanal **2** bei der Inbetriebnahme vollständig mit Flüssigkeit **1** gefüllt, so wird diese zu-

nächst bis zu der Höhe des zweiten Mündungsbereiches 8' aus dem Gaszuführungs kanal 2 entfernt, wobei nachfolgend bei einer Anordnung mit mehreren Gaslanzen die Begasung an allen Gaslanzen 3 praktisch gleichzeitig einsetzt.

[0033] Wie [Fig. 1f](#) und [Fig. 1g](#) zu entnehmen ist, kann der Verbindungs kanal 5 auch einen abgewinkelten oder gebogenen Verlauf aufweisen. So ist bei der [Fig. 1g](#) bei der Inbetriebnahme der erfindungsgemäßen Vorrichtung eine vollständige Entfernung von angesammelter Flüssigkeit 1 gewährleistet, obwohl die Gaslanze 3, der Verlängerungsabschnitt 6 und der erste Mündungsbereich 8 oberhalb des Gaszuführungs kanals 2 angeordnet sind.

[0034] Während bei der Ausgestaltung gemäß der [Fig. 1a](#) in dem Verbindungs kanal eine Drosselstelle 9 vorgesehen ist, weist der in [Fig. 1b](#) dargestellte Verbindungs kanal 5 über seine Länge einen Querschnitt auf, der geringer ist als der Querschnitt der Gaslanze 3 und der einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze 3 eintretenden Gasstromes erzeugt. Bei der Ausgestaltung gemäß [Fig. 1b](#) sind die Gaslanze 3 und der Verlängerungsabschnitt 6 als Abschnitte eines geraden Rohres ausgebildet, wobei sich die Gaslanze 3 ausgehend von dem Verbindungs kanal 5 nach oben und der Verlängerungsabschnitt 6 nach unten erstreckt. Der Verlängerungsabschnitt 6 geht kontinuierlich in die Gaslanze 3 über, wobei der Verlängerungsabschnitt 6 und Gaslanze 3 den gleichen Querschnitt aufweisen, so dass die dargestellte Ausführung, auch im eingebauten Zustand, beispielsweise mit einer Bürste oder einem Druckstrahl leicht zu reinigen ist.

[0035] Die in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 9c](#) dargestellten Vorrichtungen dienen zur Begasung einer Flüssigkeit 1. Zum grundsätzlichen Aufbau der Vorrichtung gehören ein Gaszuführungs kanal 2 und mehrere an den Gaszuführungs kanal 2 angeschlossene Gaslanzen 3, aus denen im Begasungsbetrieb gleichzeitig Gasströme austreten. Die Vorrichtung ist in eine Flüssigkeit 1 abgesenkt, wobei der Gaszuführungs kanal 2 im Wesentlichen horizontal ausgerichtet ist. Die Gaslanzen 3 erstrecken sich vertikal nach oben und enden an ihren von dem Gaszuführungs kanal 2 abstehenden Ende 4 ohne Kappe frei in der zu begasenden Flüssigkeit 1. Der Gaszuführungs kanal 2 weist mantelseitig angeordnete Stützen 10 auf, die endseitig von einem Deckel 11 verschlossen sind, wobei der Deckel 11 den Verlängerungsabschnitt 6 aufnimmt. Die Gaslanzen 3 erstrecken sich bis in einen Aufnahme raum 12 der Stützen 10, wobei an dem in den Aufnahme raum eintauchenden Ende der Gaslanzen 3 in dem Verbindungs kanal 5 eine Drosselstelle 9 vorgesehen ist, die einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze 3 eintretenden Gasstromes erzeugt. Den Darstellungen in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 9c](#) entnimmt man ferner, dass in den auf den Stützen 10 angeordneten

bzw. in die Stützen 10 eingesetzten Deckeln 11 jeweils die Öffnung 7 vorgesehen ist, die in den Strömungsraum 14 des Verlängerungsabschnittes 6 hinter der Drosselstelle 9 mündet. Die Deckel 11 sind lösbar mit dem Stützen 10 verbunden. Nach Abnahme der Deckel 11 sind die Drosselstellen 9 zugänglich und die Gaslanzen 3 können leicht gereinigt werden. Eine Reinigung ist üblicherweise aber auch durch die Öffnung 7 hindurch möglich.

[0036] Die [Fig. 2](#) zeigt die Inbetriebnahme der Vorrichtung, nachdem sie in die zu begasende Flüssigkeit 1 abgesenkt worden ist. Der Gaszuführungs kanal 2 enthält Flüssigkeit 1', die durch die oben offenen Gaslanzen 3 in den Gasraum eingedrungen ist. Der Gaszuführungs kanal 2 wird nunmehr mit Druck beaufschlagt und es wird ein Gasstrom zugeführt. Der unter Druck zugeführte Gas- oder Luftstrom verdrängt die Flüssigkeit 1' aus dem Gaszuführungs kanal 2. Die Flüssigkeit 1' strömt in die unterseitigen Stützen 10 und verlässt die Vorrichtung durch die Öffnungen 7 und die oben offenen Gaslanzen 3.

[0037] Wenn die Flüssigkeit 1 aus dem Aufnahme raum 12 der Stützen 10 verdrängt ist, stellt sich kurzzeitig der in [Fig. 3](#) dargestellte Betriebszustand ein. Der Gasstrom durchströmt die Drosselstelle 9 und verdrängt die Flüssigkeitssäule 15 innerhalb der Gaslanzen 3. Ein Teil des Gasstromes tritt in Form eines kurzzeitigen Impulses durch die deckelseitigen Öffnungen 7 aus. Sobald die Flüssigkeitssäule 15 aus den Gaslanzen 3 verdrängt ist, stellt sich der in [Fig. 4](#) dargestellte Betriebszustand ein. Der gesamte Gasstrom strömt durch die Gaslanzen 3 nach oben, wobei sich in den Gaslanzen 3 mengenmäßig gleiche Gasströme einstellen. An den unterseitigen Öffnungen 7 der Deckel 6 tritt in dem dargestellten Betriebsmodus kein Gas aus, da der Flüssigkeitsdruck an den deckelseitigen Öffnungen 7 größer ist als der Flüssigkeitsdruck an dem oberen, auslassseitigen abstehenden Ende 4 der Gaslanzen 3. Durch die deckelseitigen Öffnungen 7 stellen sich definierte und gleiche Druckverhältnisse in allen Gaslanzen 3 ein, was zur Folge hat, dass die Durchströmung der parallel angeordneten Gaslanzen 3 mit gleichen Gasmen genströmen erfolgt.

[0038] Die Deckel 11 sind als Kappen oder Einsätze ausgebildet und lösbar, beispielsweise durch eine Schraubverbindung 16 mit den Stützen 10 verbunden. Bei dem in [Fig. 5](#) dargestellten Ausführungsbeispiel weisen die Deckel 11 Innenflächen 17 auf, die das Ende 13 der Gaslanzen 3 mit einem Ringspalt 18 umgeben, welche die Drosselstelle 9 bildet. Die Deckel 11 weisen ferner jeweils eine Vertiefung auf, die dem Ende 13 der Gaslanzen 3 gegenüberliegt und einen Strömungsberuhigungsraum 19 bildet. Die deckelseitige Öffnung 7 mündet in den Strömungsberuhigungsraum 19.

[0039] In dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 6](#) ist in dem jeweils von einem Stutzen **10** und einer Gaslanze **3** begrenzten Ringraum ein aus zwei Ventilkörpern **20**, **21** bestehendes Drosselventil **22** angeordnet. Der erste Ventilkörper **20** ist auf dem Ende **13** der Gaslanze **3** angeordnet, überbrückt den Ringraum zwischen der Gaslanze **3** und dem Stutzen **10** und weist Gasdurchtrittsöffnungen **23** auf. Der zweite Ventilkörper **21** weist einen mit den Gasdurchtrittsöffnungen **23** zusammenwirkenden Ventilsitz **24** auf und ist in einem Raum zwischen dem Deckel **11** und dem ersten Ventilkörper **20** angeordnet. Der zweite Ventilkörper **21** enthält einen Durchlass, der hinter der Drosselstelle **9** einen Strömungsberuhigungsraum **19** bildet. Der [Fig. 6](#) sowie den [Fig. 7a](#) bis [Fig. 7c](#) entnimmt man, dass der Ventilsitz **24** als konische oder konkave Sitzfläche ausgebildet sein kann. Der erste Ventilkörper **20** weist mehrere, am Umfang verteilte axiale Bohrungen als Gasdurchtrittsöffnungen **23** auf, die in einen das Ende **13** der Gaslanze **3** ringförmig umgebenden Strömungsraum **14** münden. Der Strömungsraum **14** bildet mit der Sitzfläche des zweiten Ventilkörpers **21** eine Drosselstelle **9**. Der erste Ventilkörper **20** kann ferner einen düsenförmig sich verengenden Gaseinlass **25** für das in die Gaslanze **3** einströmende Gas aufweisen. In den Ausführungsbeispielen der [Fig. 7c](#) fluchtet der Durchlass des zweiten Ventilkörpers **21**, der hinter der Drosselstelle **9** einen Strömungsberuhigungsraum **19** bildet, mit der Öffnung **7** im Deckel **11**.

[0040] Die in den Deckeln **11** angeordneten Öffnungen **7** der Verlängerungsabschnitte **6** weisen einen Querschnitt auf, der vorzugsweise dem 0,5- bis 2-fachen des Strömungsquerschnittes der Gaslanzen **3** entspricht. In den Ausführungsbeispielen ist der Querschnitt der deckelseitigen Öffnungen **7** und der Strömungsquerschnitt der Gaslanzen **3** etwa gleichgroß.

[0041] Das austrittseitige, abstehende Ende **4** der Gaslanzen **3** weist in den Ausführungsbeispielen der [Fig. 2](#) bis [Fig. 8](#) gemäß einer bevorzugten Ausführung der Erfindung eine diffusorartige Erweiterung **26** auf.

[0042] Die Begasungsvorrichtung ist für Membrananlagen geeignet, die im Tauchbetrieb eingesetzt werden. Die Membrananlagen können Membranbündel, Membranplatten oder andere Membranelemente aufweisen, wobei das Gas aus der Begasungsvorrichtung am Rand der Membranen oder innerhalb eines Membranbündels aufsteigt und dabei die Membranen reinigt. Das austrittseitige, abstehende Ende **4** der Gaslanzen **3** ist bei der dargestellten Ausführung von einem Bündel **27** aus Hohlfasermembranen umgeben, die mit einem offenen Ende in ein Kopfstück **28** eingegossen sind und in einen von dem Gaszuführungskanal **2** getrennten Permeatsammelraum **29** mündet. Die Einheiten, können, wie in [Fig. 8](#) darge-

stellt, zu einer Reihe bzw. zu einem Membranmodul **30** zusammengesetzt werden, in die eine erfindungsgemäß ausgebildete Begasungseinrichtung integriert ist.

[0043] Die [Fig. 9a](#) bis [Fig. 9c](#) zeigen in einem Ausschnitt alternative Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Begasungsvorrichtung in einem Membranmodul **30**. Bei der Ausführung gemäß [Fig. 9a](#) ist der Deckel **11** in den Stutzen **10** eingesetzt und durch einen Bajonettverschluss **31** fixiert. Der Verbindungskanal **5** ist in dem Deckel **11** gebildet, so dass der Querschnitt des Verbindungskanals **5** in besonders vorteilhafter Weise nicht durch Montageungenauigkeiten verändert wird. Der von dem Deckel **11** gebildete Verlängerungsabschnitt **6** schließt unmittelbar an die Gaslanze **3** an, wobei zwischen Gaslanze **3** und Deckel **11** einerseits und Stutzen **10** und Deckel **11** andererseits jeweils ein Elastomerdichtung **32** vorgesehen ist. Die [Fig. 9b](#) und [Fig. 9c](#) zeigen Ausgestaltungen, bei denen der Deckel **11** auf den Stutzen **10** aufgeschraubt ist. Während bei der Ausgestaltung gemäß [Fig. 9b](#) der Verbindungskanal **5** im Wesentlichen auch in dem Deckel **11** gebildet ist, weist die Ausführung gemäß [Fig. 9c](#) eine Drosselstelle **9** zwischen Deckel **11** und Gaslanze **3** auf.

[0044] Während des normalen Betriebes der Begasungsvorrichtung bildet sich in dem Verlängerungsabschnitt **6** mit der Öffnung **7** ein Druckpolster, welches die Druckverhältnisse in der zugeordneten Gaslanze **3** bestimmt. Bei kleinen Durchflussraten kann jedoch Flüssigkeit **1** durch den Verlängerungsabschnitt **6** in die Gaslanze **3** eintreten und mit dem Gasstrom durch die Gaslanze **3** nach oben transportiert werden. Die Pumpwirkung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in [Fig. 10](#) dargestellt, wobei die Menge der durch die Vorrichtung geförderten Flüssigkeit **1** in Abhängigkeit der Flussrate des Gasstroms dargestellt ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Begasung einer Flüssigkeit (**1**), insbesondere für im Tauchbetrieb eingesetzte Membrananlagen, mit einem Gaszuführungskanal (**2**) und zumindest einer an den Gaszuführungskanal (**2**) angeschlossenen Gaslanze (**3**), aus der im Begasungsbetrieb ein Gasstrom austritt, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gaslanze (**3**) über mindestens einen Verbindungskanal (**5**) an den Gaszuführungskanal (**2**) angeschlossen ist, dass der Verbindungskanal (**5**) als Drossel einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze (**3**) eintretenden Gasstromes erzeugt und mit einem ersten Mündungsbereich (**8**) an die Gaslanze (**3**) sowie mit einem zweiten Mündungsbereich (**8'**) an den Gaszuführungskanal (**2**) angeschlossen ist und dass unterhalb des ersten Mündungsbereiches (**8**) ein Verlängerungsabschnitt (**6**) vorgesehen ist, der an die Gaslanze (**3**) anschließt

und unterhalb des ersten Mündungsbereiches (8) eine in die zu begasende Flüssigkeit mündende Öffnung (7) aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbindungskanal (5) eine Drosselstelle (9) aufweist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbindungskanal (5) über seine Länge einen Querschnitt aufweist, der geringer ist als der Querschnitt der Gaslanze (3) und der einen Strömungsdruckverlust des in die Gaslanze (3) eintretenden Gasstromes erzeugt.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Mündungsbereich (8) unterhalb des zweiten Mündungsbereiches (8') angeordnet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Mündungsbereich (8') im Boden des Gaszuführungskanals (2) angeordnet ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich des ersten Mündungsbereiches (8) eine lösbare Verbindung vorgesehen ist, wobei zumindest der Verlängerungsabschnitt (6) entfernbar ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Gaszuführungskanal (2) im Bereich der Gaslanze (3) einen mantelseitig angeordneten Stutzen (10) aufweist und dass an dem Stutzen (10) ein Deckel (11) angeordnet ist, der unterseitig offen ist und den Verlängerungsabschnitt (6) bildet.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckel (11) in den Stutzen (10) eingesetzt ist und dass der Verbindungskanal (5) in dem Deckel (11) gebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckel (11) auf den Stutzen (10) aufgesetzt ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslanze (3) sich bis in einen Aufnahmeraum (12) des Stutzens (10) erstreckt, wobei der Verbindungskanal (5) an dem in den Aufnahmeraum (12) eintauchenden Ende (13) der Gaslanze (3) eine Drosselstelle (9) aufweist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckel (11) eine Innenfläche (17) aufweist, die das Ende (13) der Gaslanze (3) mit einem Ringspalt (18) umgibt, welcher die Drosselstelle (9) bildet.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Deckel (11) eine Vertiefung aufweist, die dem Ende (13) der Gaslanze (3) gegenüberliegt und einen Strömungsberuhigungsraum (19) des Verlängerungsabschnitts (6) bildet, und dass die deckelseitige Öffnung (7) in den Strömungsberuhigungsraum (19) mündet.

13. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass in einem von dem Stutzen (10) und der Gaslanze (3) begrenzten Ringraum ein aus zwei Ventilkörpern (20, 21) bestehendes Drosselventil (22) angeordnet ist, wobei der erste Ventilkörper (20) auf dem Ende (13) der Gaslanze (3) angeordnet ist und den Ringraum zwischen der Gaslanze (3) und dem Stutzen (10) überbrückt sowie Gasdurchtrittsöffnungen (23) aufweist und wobei der zweite Ventilkörper (21) einen mit den Gasdurchtrittsöffnungen (23) zusammenwirkenden Ventilsitz (24) aufweist und in einem Raum zwischen dem Deckel (11) und dem ersten Ventilkörper (20) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Ventilkörper (21) einen Durchlass aufweist, der hinter der Drosselstelle (9) einen Strömungsberuhigungsraum (19) des Verlängerungsabschnitts (6) bildet und mit der Öffnung (7) im Deckel (11) fluchtet.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslanze (3) an ihrem von dem Gaszuführungskanal (2) abstehenden Ende (4) ohne Einschnürung und ohne Kappe frei in der zu begasenden Flüssigkeit (1) endet.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslanze (3) an ihrem von dem Gaszuführungskanal (2) abstehenden Ende (4) eine diffusorartige Erweiterung (26) aufweist.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslanze (3) von einem Bündel (27) aus Hohlfasermembranen umgeben ist, das mit einem offenen Ende in ein Kopfstück (28) eingegossen ist und in einen von dem Gaszuführungskanal getrennten Permeatsammelraum (29) münden.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Verlängerungsabschnitt (6) kontinuierlich in die Gaslanze (3) übergeht, wobei der Verlängerungsabschnitt (6) und die Gaslanze (3) den gleichen Querschnitt aufweisen.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Gaslanze (3) und/oder der Verlängerungsabschnitt zumindest abschnittsweise einen konischen Verlauf aufweisen.

20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass an den Gaszuführungskanal (2) mehrere Gaslanzen (3) angeschlossen sind, aus denen im Begasungsbetrieb gleichzeitig Gasströme austreten, dass die Gaslanzen (3) jeweils über zumindest einen eigenen Verbindungskanal (5) an den Gaszuführungskanal (2) angeschlossen sind, wobei die Verbindungskanäle (5) als Drosseln einen Strömungsdruckverlust der in die Gaslanzen (3) eintretenden Gasströme erzeugen, und dass unterhalb der Verbindungskanäle (5) jeweils ein Verlängerungsabschnitt (6) vorgesehen ist, der unterhalb des zugeordneten Verbindungskanals (5) eine Öffnung (7) aufweist und an die zugeordnete Gaslanze (3) anschließt.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Fig. 1a

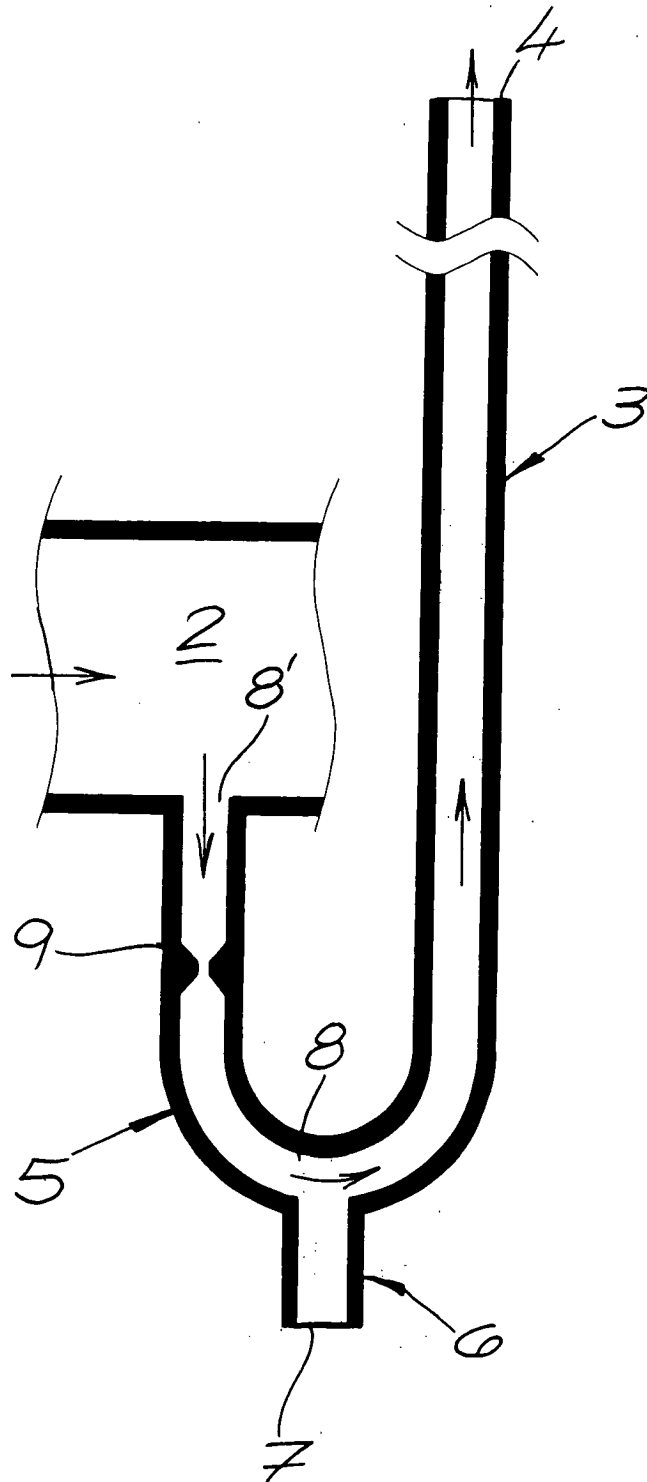
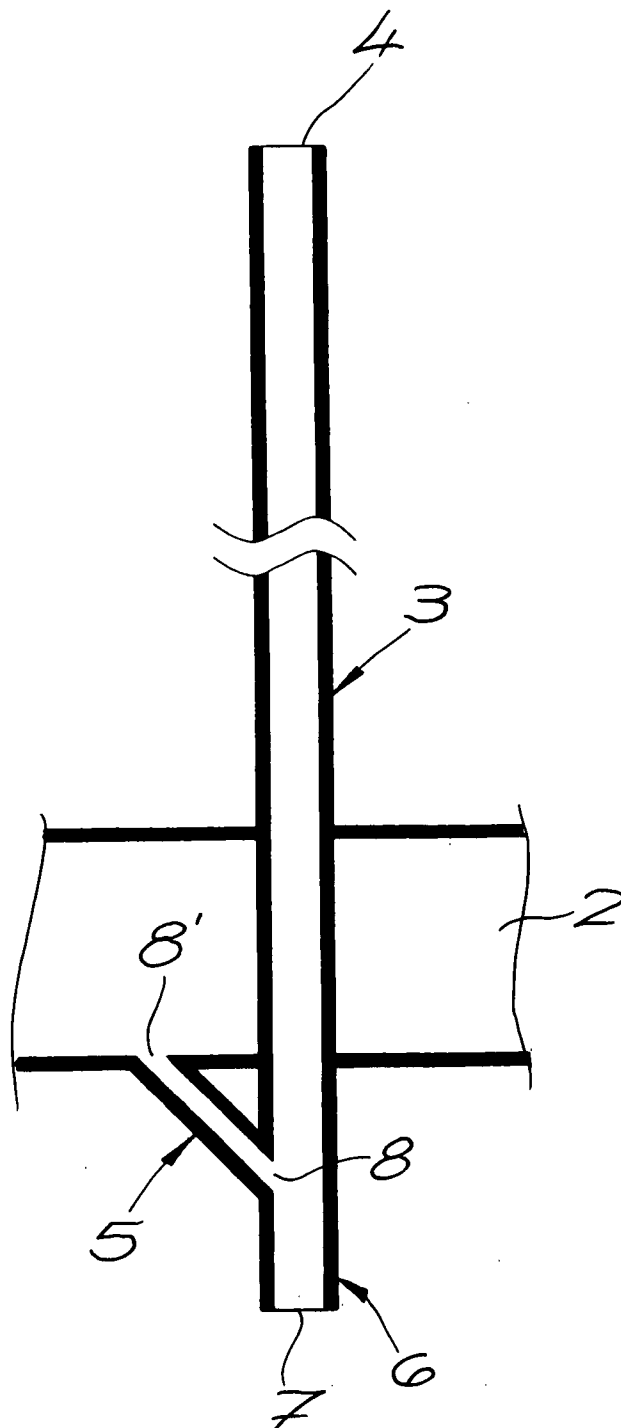
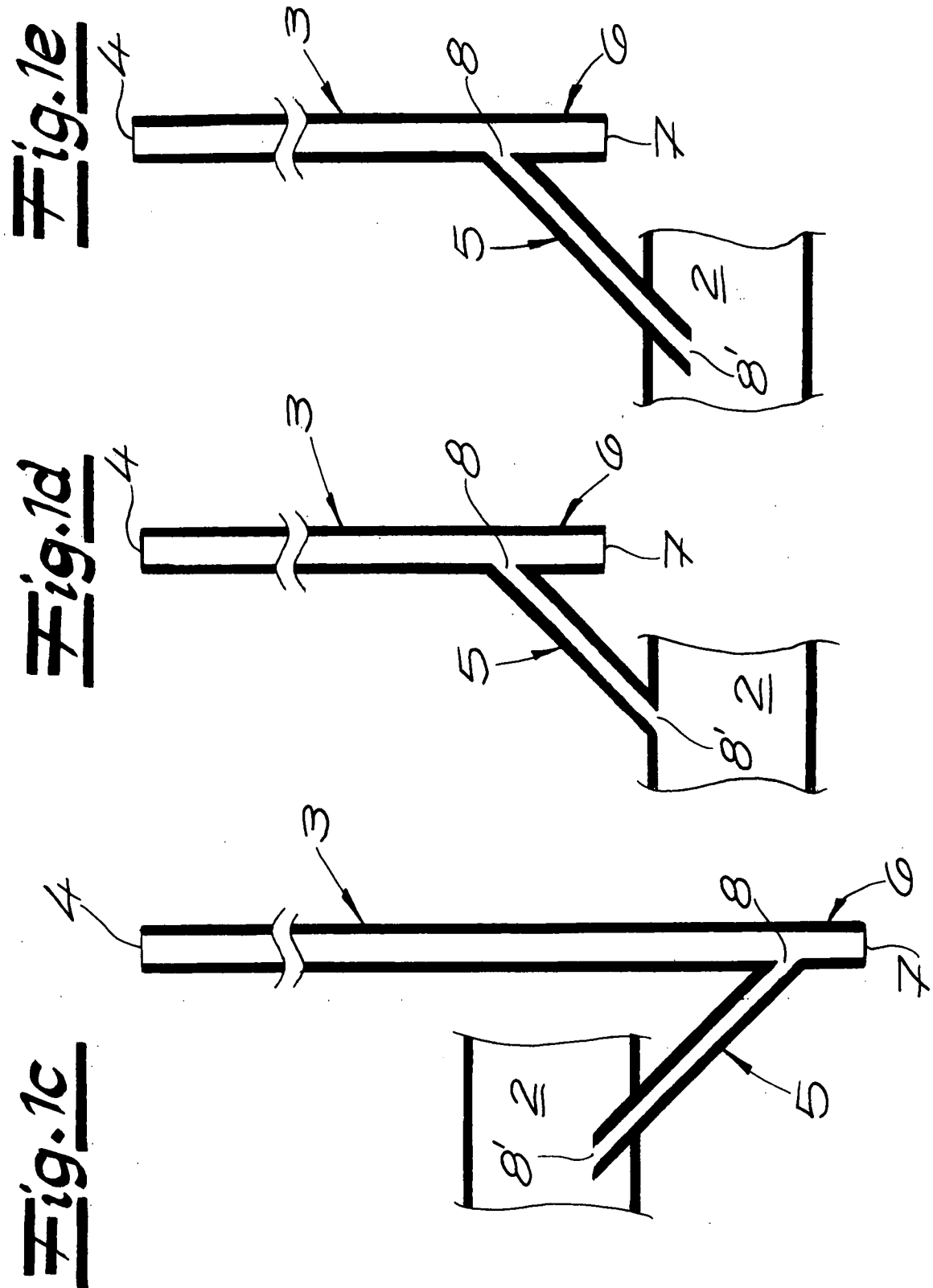


Fig. 1b





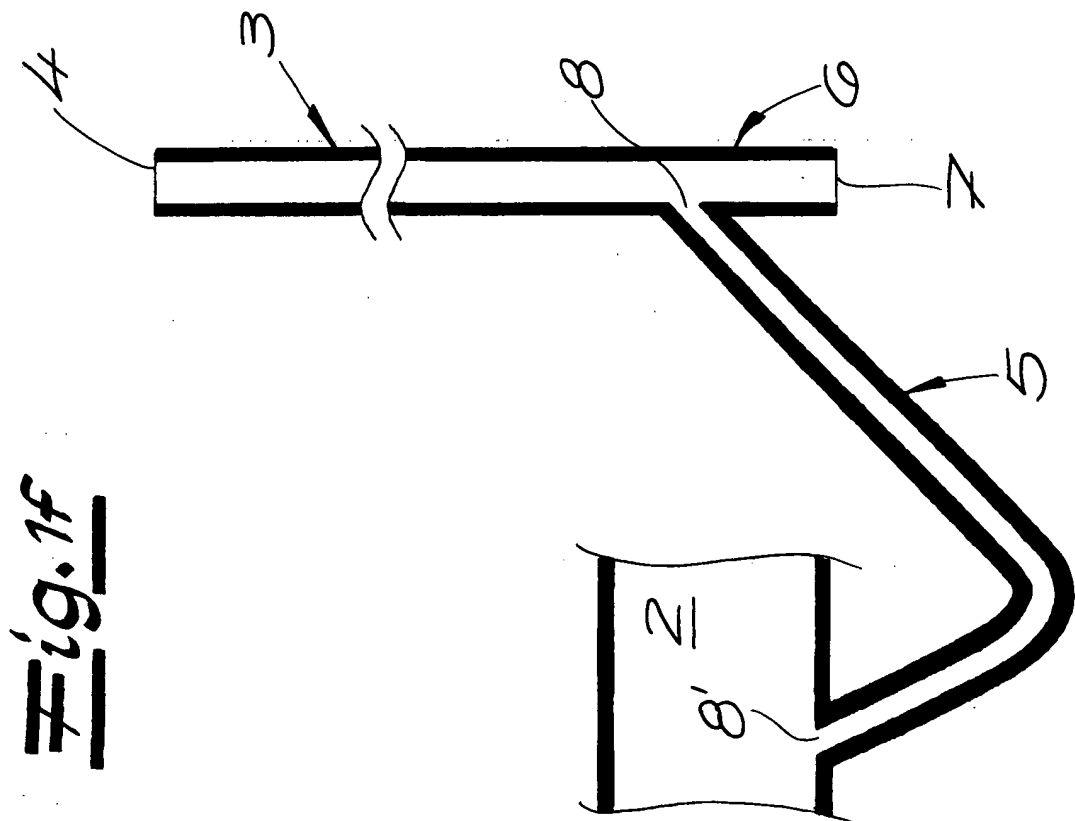
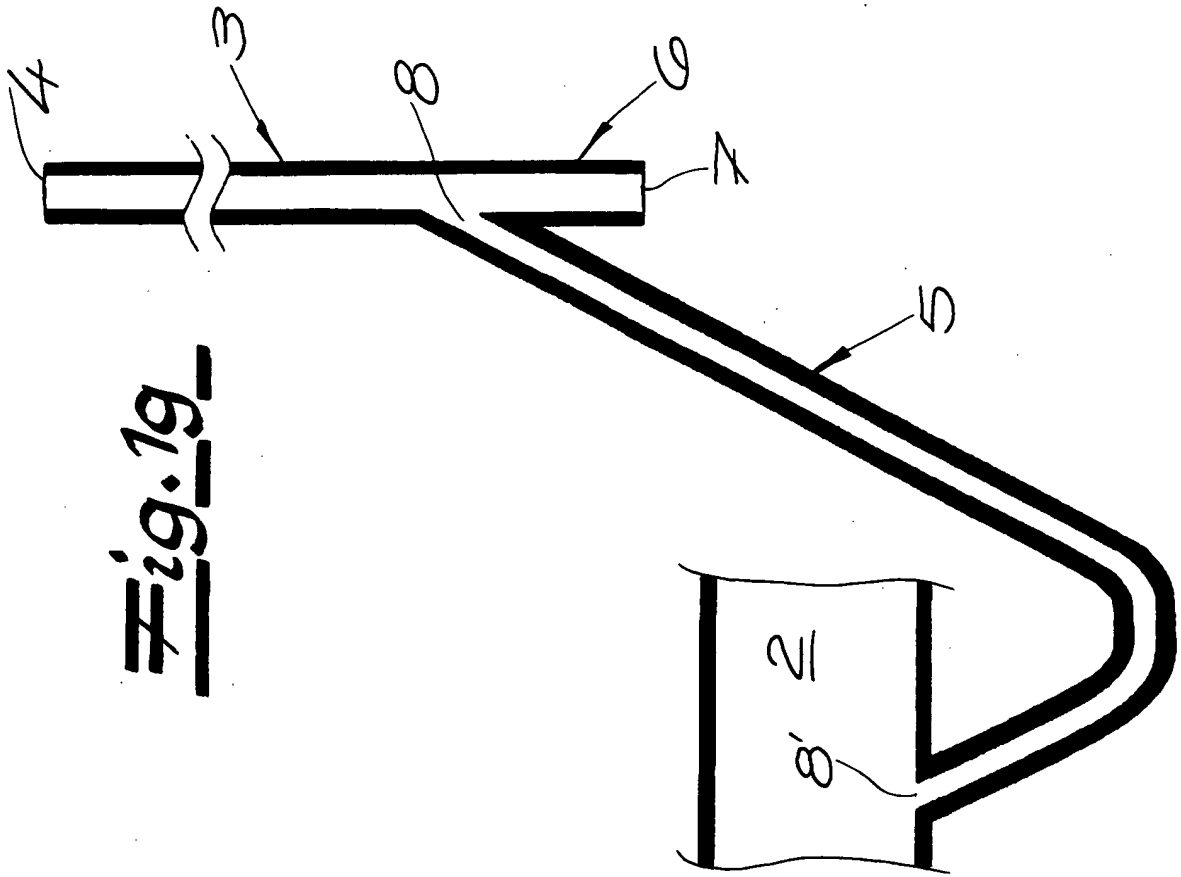


Fig.2

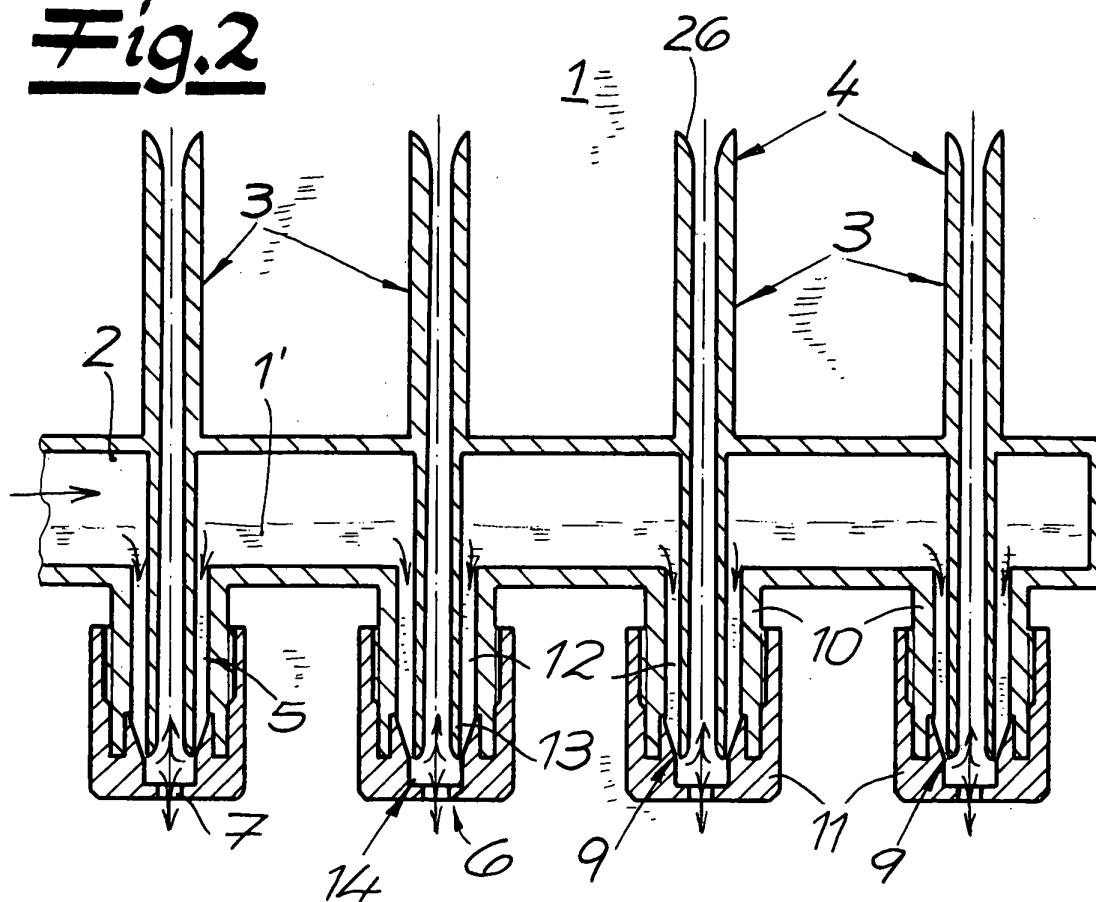


Fig.3

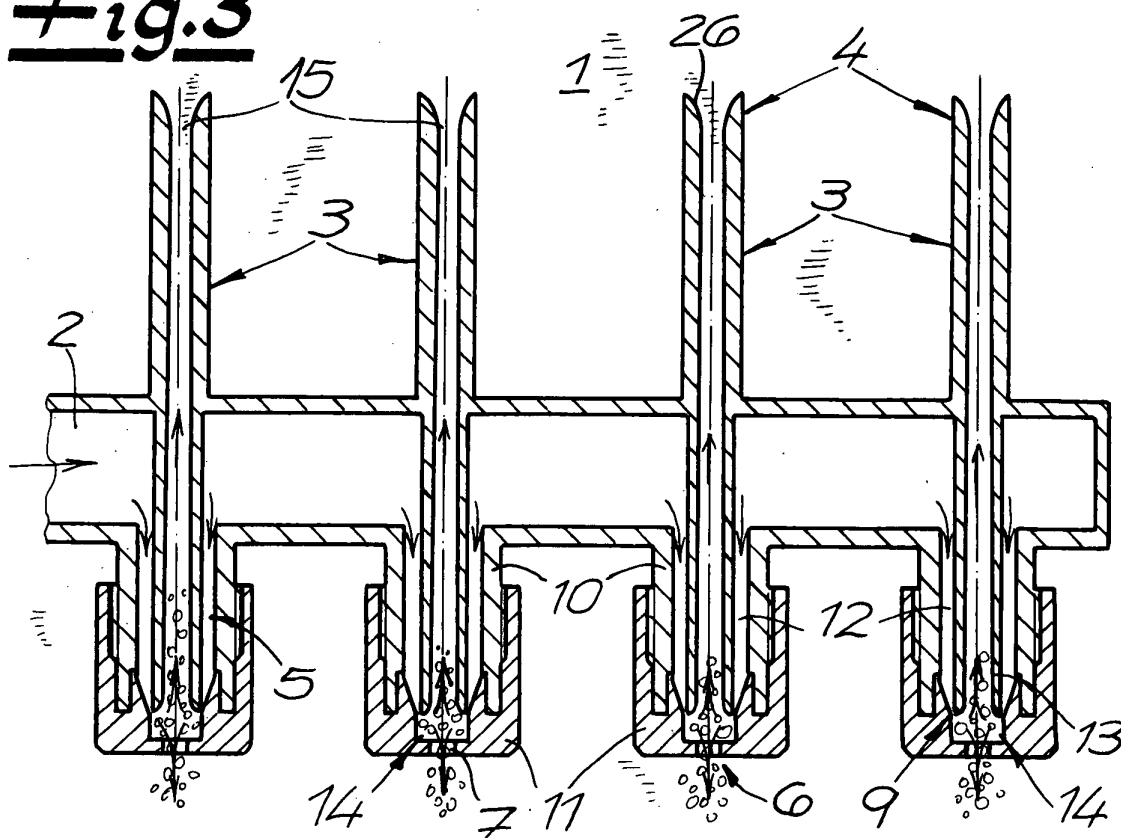


Fig.4

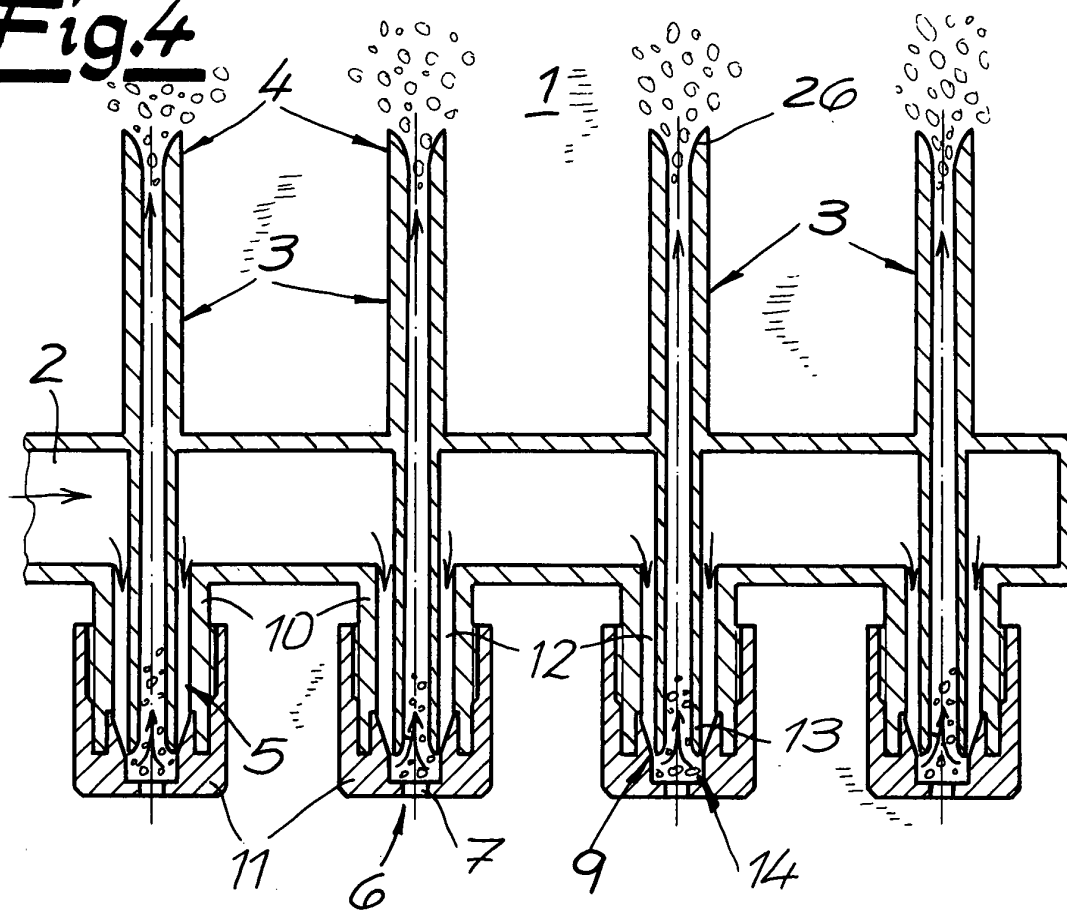


Fig.5

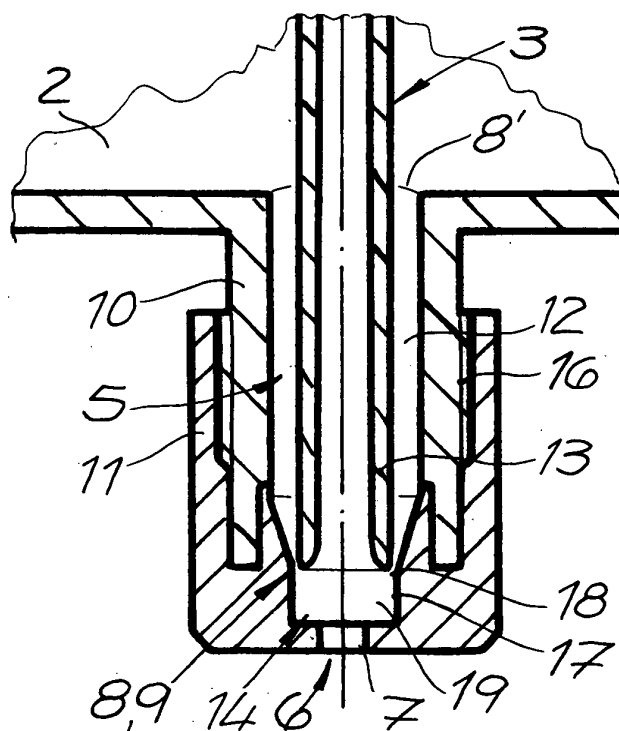
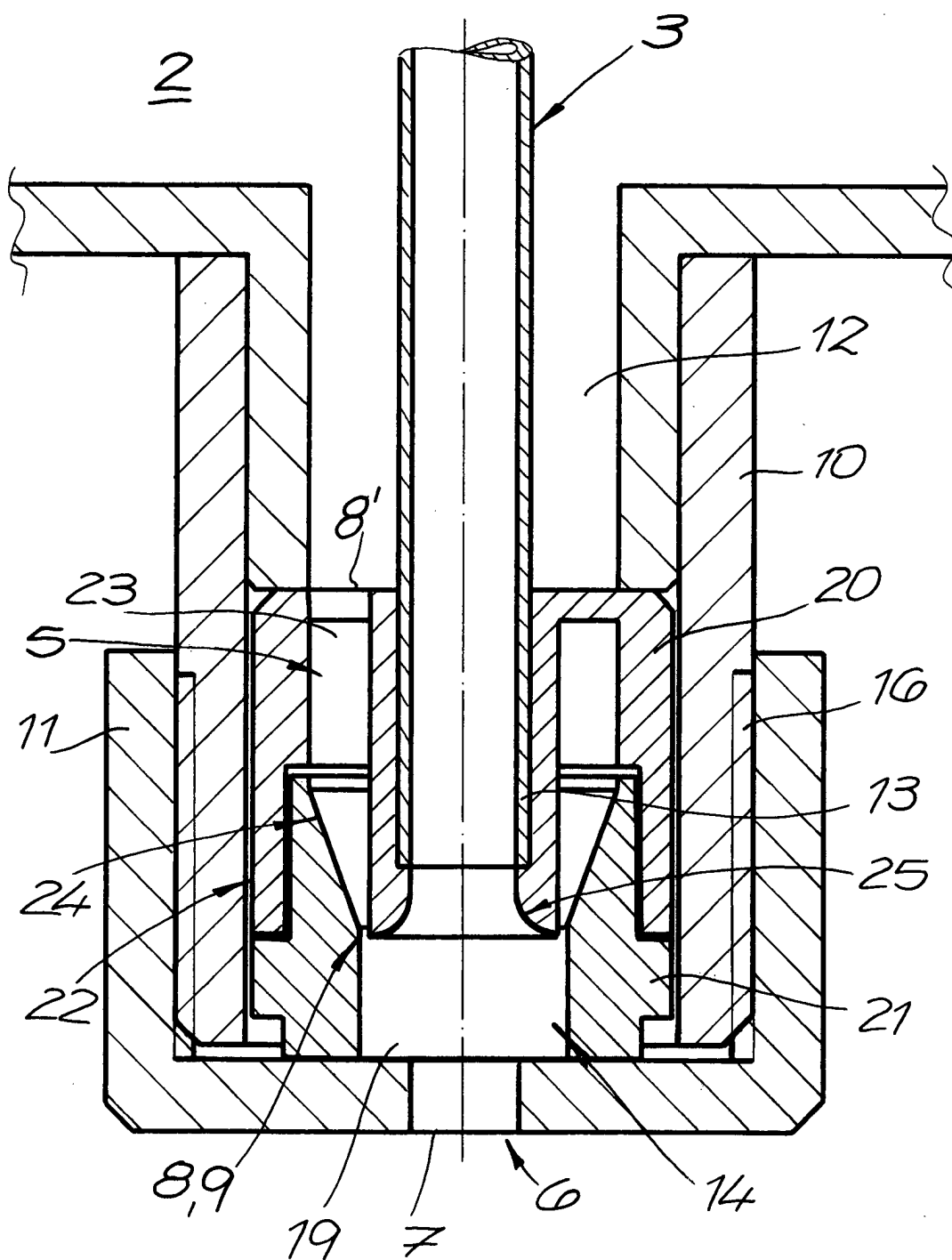


Fig. 6



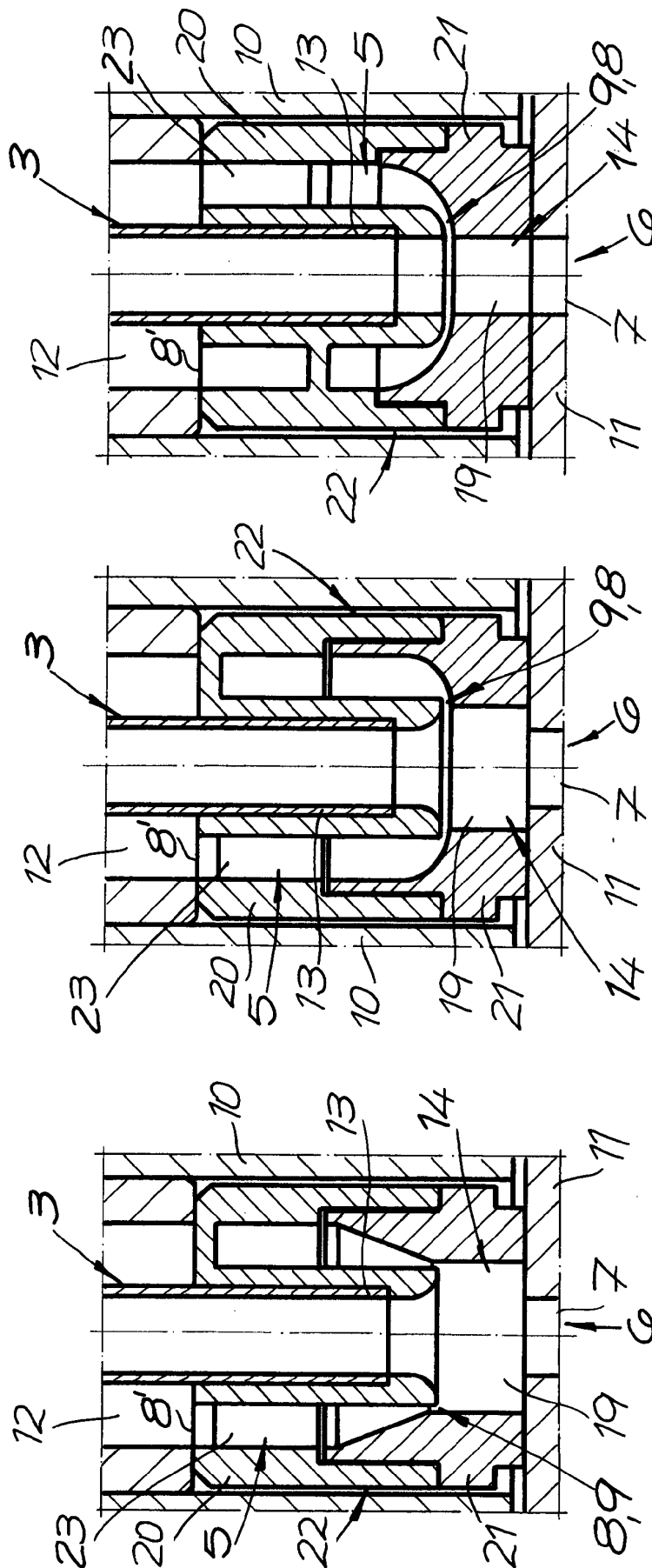


Fig. 7a

Fig. 7b

Fig. 7c

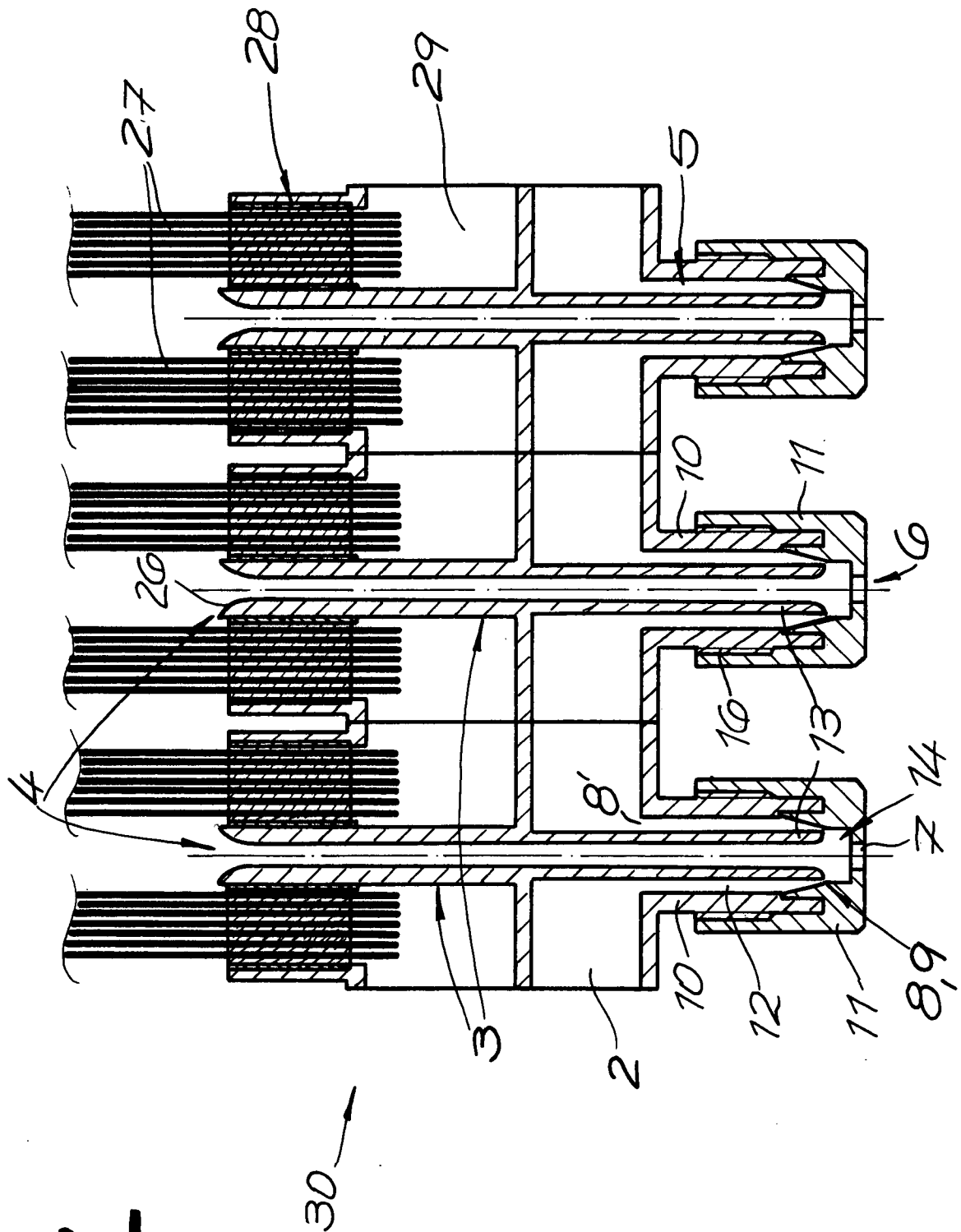
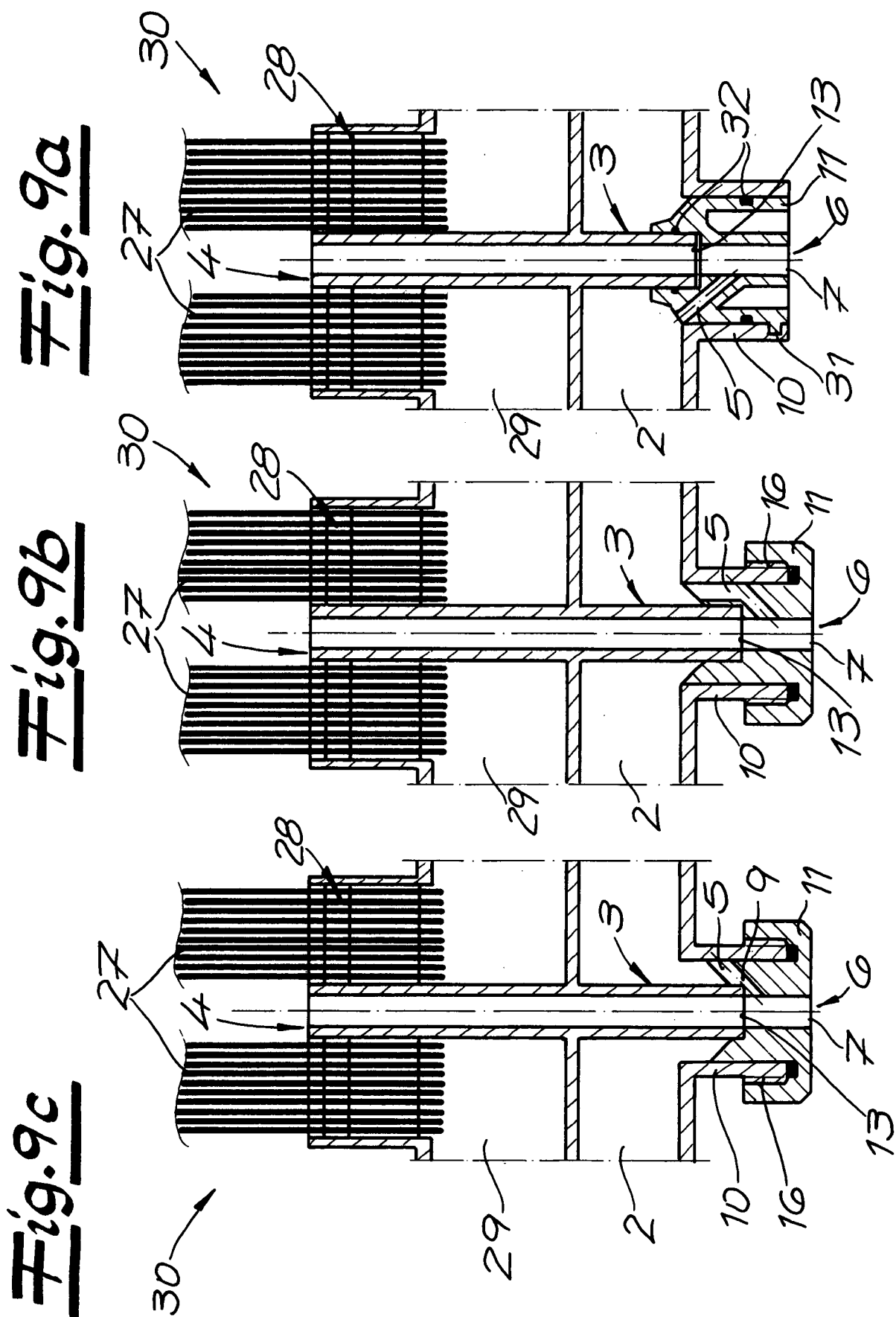


Fig. 8



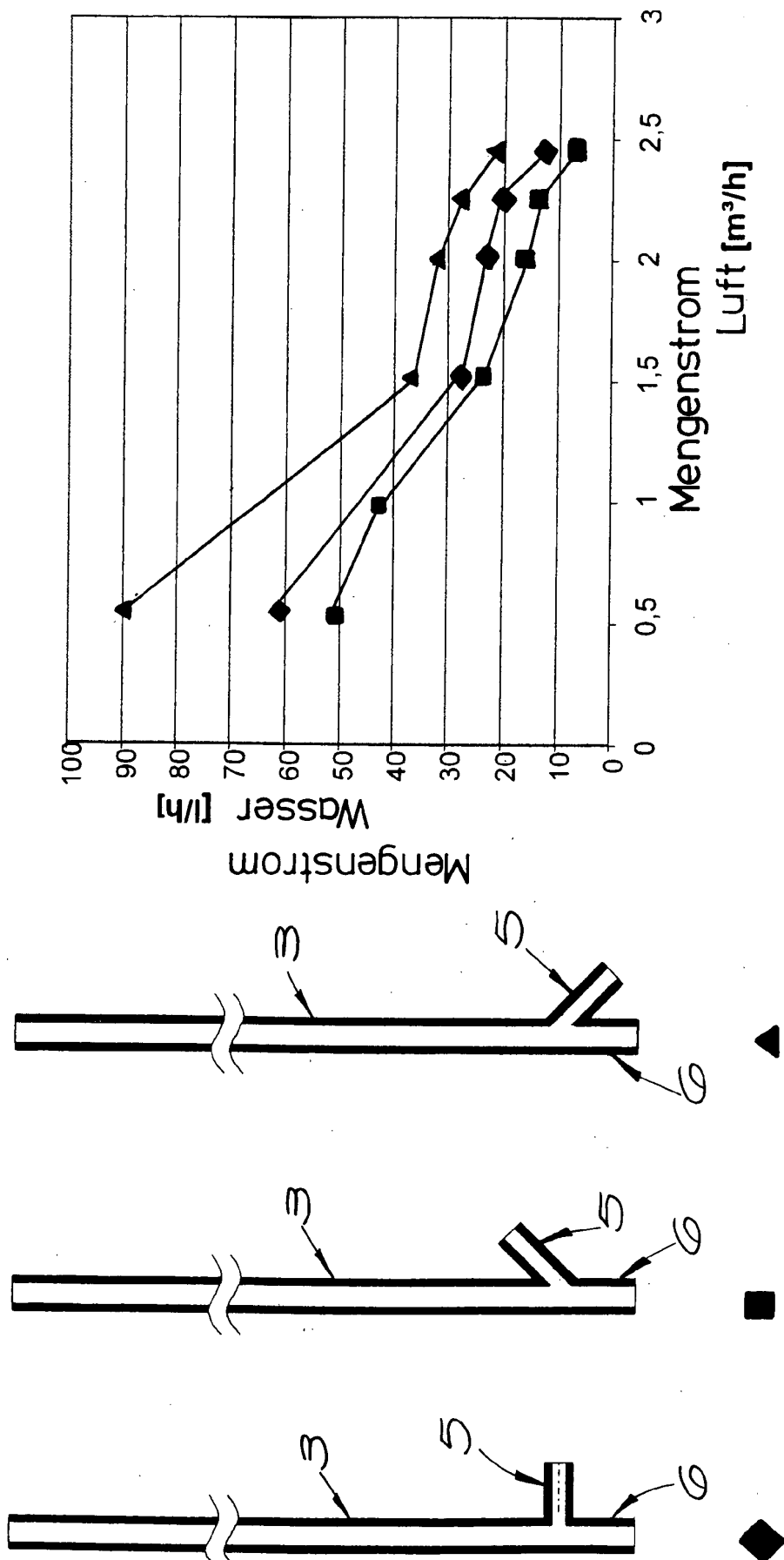


Fig. 10