(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 033 612 B3** 2007.09.27

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2006 033 612.7**
(22) Anmeldetag: **18.07.2006**
(43) Offenlegungstag: **–**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **27.09.2007**

(51) Int Cl.[8]: ***H01T 23/00*** (2006.01)
C02F 1/78 (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:
Universität Bremen, 28359 Bremen, DE

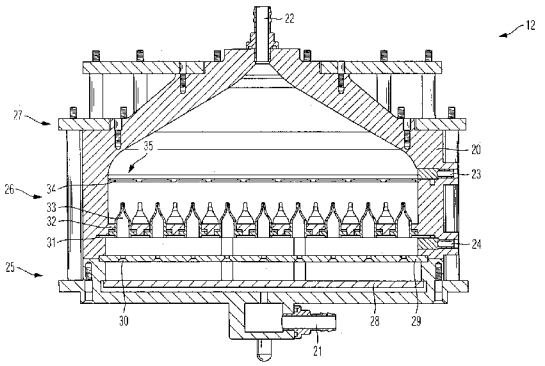
(74) Vertreter:
von Ahsen, Nachtwey & Kollegen Anwaltskanzlei, 28359 Bremen

(72) Erfinder:
Meincke, Olaf, 28870 Ottersberg, DE; Nowak, Martin, 28357 Bremen, DE; Koh, In-Ock, Dr., 28203 Bremen, DE; Thiemann, Wolfram, Dr., 28203 Bremen, DE; Fulda, Wolfgang, 28213 Bremen, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 100 14 833 A1
DE 31 09 528 A1
CH 6 77 400 A5
US2005/01 16 167 A1
US 431 80 028 A
US 46 65 462 A
US 40 64 548 A
US 68 50 403 B1
US 67 87 043 B1
EP 3 86 317 B1
EP 1 05 339 B1

(54) Bezeichnung: **Ionisationsvorrichtung zur Gasionisierung, sowie Vorrichtungen und Verfahren zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser**

(57) Zusammenfassung: Bei einer Ionisationsvorrichtung zur Gasionisierung mit einem geschlossenen Gehäuse (20), das einen Gaseinlass (21) und einen Gasauslass (22) aufweist und in dem eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode (34) zum Erzeugen einer Gasentladung angeordnet ist, lässt sich Gas zuverlässig und mit einem guten Wirkungsgrad ionisieren, wobei eine Reaktion der Gasionen durch Kontakt mit Oberflächen weitgehend minimiert wird, wenn die erste Elektrode mindestens eine Düse (33) aus einem leitenden Material für das Gas ist, und wenn die zweite Elektrode ein Gitter (34) ist. Eine auf diese Weise erzeugte, sehr reaktive Gasmischung lässt sich erfolgreich zur Reinigung von kontaminiertem Wasser einsetzten.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Ionisationsvorrichtung zur Gasionisierung mit einem geschlossenen Gehäuse, das einen Gaseinlass und einen Gasauslass aufweist, und in dem eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode zum Erzeugen einer Gasentladung angeordnet sind. Außerdem betrifft die Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser mittels Behandlung mit einem gasförmigen Oxidationsmittel.

[0002] Eine solche Ionisationsvorrichtung, ein solches Verfahren und eine solche Vorrichtung sind aus der DE 100 14 833 A1 bekannt. Mit der bekannten Ionisationsvorrichtung lässt sich ein Oxidationsmittel, beispielsweise Luft, durch Anlegen einer elektrischen Spannung aktivieren. Dabei werden bei der bekannten Ionisationsvorrichtung Luftionen erzeugt und zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser diesem in einem Reaktor zugeführt. Verunreinigungen des Wassers, die in der Natur zum Teil extrem langlebig sind, lassen sich mittels Zufuhr dieser Luftionen mit relativ geringem Energieaufwand abbauen. Insbesondere ist auf diese Weise die Beseitigung von organischen, biologischen und/oder anderen chemischen Verunreinigungen ohne den Zusatz chemischer Aufbereitungsmittel möglich. Der Einsatz dieser chemischen Aufbereitungsmittel ist deshalb unerwünscht, weil diese zum Teil selbst nicht unerhebliche Nebenwirkungen haben. Nachteilig bei der bekannten Ionisationsvorrichtung ist, dass wegen der verhältnismäßig großen Reaktivität des ionisierten Gases dieses verhältnismäßig schnell bei Kontakt mit Oberflächen oder Luftmolekülen abreagiert.

[0003] Aus der US 4 318 028 A ist ein bezüglich der Funktionsweise und des Aufbaus der Ionenquelle vereinfachter Ionen-Generator zur Erzeugung eines Ionenstrahls bekannt. Hierbei wird eine Kapillardüse von einem Gas durchströmt. Die Spitze der an einer positiven Spannungsquelle angeschlossenen Kapillardüse wird von einer negativen Ringelektrode umgeben. Das austretende Gas ist somit ionisiert und die Strahlbreite kann über den Gasdruck in der Kapillardüse und/oder durch Änderung des Potentials zwischen Kapillardüse und Ringelektrode gesteuert werden.

[0004] Des Weiteren ist aus der CH 677 400 A5 eine Vorrichtung zur Entkeimung und Desodorisierung von Räumen bekannt, welche ein kleines kompaktes und vor verschiedenen Umweltfaktoren sowie Berührung geschütztes Gerät angibt. Hierzu sind die Bestandteile des Geräts in einer Schichtbauweise angeordnet. Die erste Elektrode ist eine massive oder gelochte ebene Platte aus Metall, auf die eine Isolatorplatte gelegt ist. Auf die Isolatorplatte ist die zweite Elektrode aufgesetzt. Diese bildet über eine Grundfläche und vier Seitenflächen eine Haube und ist aus Drähten eines geeigneten Metalls zusammengesetzt, die ein Sieb oder Gitter bilden.

[0005] Das der Erfindung zu Grunde liegende Problem ist es, eine Ionisationsvorrichtung anzugeben, mit der sich Gas zuverlässig und mit einem guten Wirkungsgrad ionisieren lässt, wobei eine Reaktion der Gasionen durch Kontakt mit Oberflächen weitgehend minimiert wird. Nach einem anderen Aspekt der Erfindung ist es das zu Grunde liegende Problem, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser anzugeben, mit denen sich Wasser mit geringem Energieaufwand und ohne Zusatz von Chemikalien wirkungsvoll von Verunreinigungen befreien lässt.

[0006] Das Problem wird dadurch gelöst, dass bei einer Ionisationsvorrichtung der eingangs genannten Art die erste Elektrode mindestens eine Düse aus einem leitenden Material für das Gas ist, und dass die zweite Elektrode ein Gitter ist. Bei einem solchen Aufbau lässt sich durch geeignete Wahl von Druck und Spannung ein Betriebszustand erreichen, bei dem eine Corona-Entladung im Gasstrom vor der Düse zustande kommt. Weil in diesem Fall das Gas die Corona-Entladung passiert, ergibt sich eine wirkungsvolle und effiziente Ionisierung des Gases. Weil die zweite Elektrode als Gitter ausgebildet ist, kann das ionisierte Gas das Gitter passieren, wobei Kontakt der Gasionen mit der Gitteroberfläche weitgehend vermieden werden kann. Auf diese Weise lässt sich eine große Ausbeute von Gasionen am Gasauslass des Ionisators erreichen.

[0007] Bei einer Weiterbildung der Erfindung besteht die Düse aus einem metallischen Material. Ein metallisches Material lässt sich einfach bearbeiten und zeichnet sich durch gute Leitfähigkeit aus.

[0008] Es ist weiter von Vorteil, wenn die Düse zum Erzeugen einer Corona-Entladung vor einer Spitze der Düse sich zu der Spitze hin konisch verjüngend ausgebildet ist. Auf diese Weise lässt sich einerseits ein düsenartiger, sich verjüngender Querschnitt im Inneren erzielen, der eine laminare Gasströmung im Inneren der Düse hervorruft. Gleichzeitig lässt sich die Corona-Entladung auf einen sehr kleinen Bereich vor der Düse fokussieren, so dass hier eine hohe Dichte an Ladungsträgern herrscht. Mit diesem Aufbau lässt sich eine besonders wirkungsvolle Ionisierung des Gases erzielen.

[0009] Eine andere Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich durch eine Vielzahl Düsen aus. So lässt sich ein großer Fluss bei hoher Ionisationsrate erzielen. Die Düsen können in einer Matrix angeordnet sein. Vorzugsweise sind die Düsen quer zur Strömungsrichtung versetzt zueinander angeordnet. Auf diese Weise ergibt sich eine besonders dichte Anordnung der Düsen auf einer vorgegebenen Fläche. Da-

durch kann eine kontinuierliche, gleichmäßig verteilte und wenig turbulente Strömung von Gasionen erzeugt werden.

[0010] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist die zweite Elektrode ein Lochgitter. Bei einem solchen Lochgitter lässt sich eine große lichte Durchgangsöffnung für den Gasstrom erzielen. Vorzugsweise ist jeder Düse ein Loch des Lochgitters zugeordnet. In diesem Fall kann das aus einer Düse heraustretende und anschließend ionisierte Gas durch das Loch des Lochgitters ungehindert hindurch treten, ohne dass hier Wechselwirkungen mit der Oberfläche des Lochgitters auftreten. Bei der Erfindung ist es von Vorteil, wenn ein Separationsabschnitt zur Gaszufuhr zu den Düsen dem Gaseinlass und einem Ionisationsabschnitt, in dem die Elektroden angeordnet sind, zwischengeschaltet ist. Vorteil dieses Separationsabschnittes ist, dass Gas aus dem Gaseinlass den Düsen jeweils separat zugeführt werden kann, so dass sich die Ausbildung von Turbulenzen weitgehend vermeiden lässt. Vorzugsweise weist der Separationsabschnitt dabei stromabwärts des Gaseinlasses einen Homogenisator auf. Da der Gaseinlass im Regelfall nur eine geringe Ausdehnung haben wird, kann mit einem solchen Homogenisator die Gaszufuhr zunächst homogen verteilt werden. Es ist dabei von Vorteil, wenn der Homogenisator aus einem porösen Material besteht. Beispielsweise kann der Homogenisator eine Keramikmembran sein.

[0011] Bei einer anderen Weiterbildung weist der Separationsabschnitt einen den Düsen benachbarten Separator auf. Mittels dieses Separators wird jeder Düse direkt ein Teilstrom des Gases zugeleitet. Als Separator kann beispielsweise eine Lochplatte dienen. In diesem Fall sollte jeder Düse ein Loch der Lochplatte zugeordnet sein.

[0012] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist dem Gasauslass und dem Ionisationsabschnitt ein Ableitabschnitt zwischengeschaltet. Mittels dieses Ableitabschnittes lässt sich eine Turbulenz und somit ein Wandkontakt der Gasionen mittels laminarer Strömungsführung zum Gasauslass vermeiden. Vorzugsweise verjüngt sich der Querschnitt des Ableitabschnittes stromabwärts konisch. Abhängig von den Strömungsbedingungen sollte der Ableitabschnitt dabei düsenförmig ausgebildet sein. Es ist außerdem von Vorteil, wenn ein abgerundeter Übergang zwischen dem Ableitabschnitt und dem Auslass und/oder dem Ionisationsabschnitt vorgesehen wird. Auf diese Weise lässt sich Turbulenzbildung unterbinden.

[0013] Nach einem anderen Aspekt der Erfindung lässt sich das zu Grunde liegende Problem durch eine Vorrichtung zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser mittels Behandlung mit einem gasförmigen Oxidationsmittel mit einer Ionisationsvorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen lösen.

[0014] Bei einer derartigen Vorrichtung wird das verunreinigte Wasser mit von der Ionisationsvorrichtung mit guter Ausbeute und hohem Wirkungsgrad ionisiertem Oxidationsmittel behandelt, wobei eine Reaktion des Oxidationsmittels mit Wandbereichen des Ionisators weitgehend verhindert wird.

[0015] Eine Weiterbildung der Erfindung zeichnet sich durch einen Reaktor zur Wasserbehandlung mit von der Ionisationsvorrichtung aktiviertem Oxidationsmittel aus. Ein solcher Reaktor ermöglicht eine gleichmäßige, kontrollierte und weitgehend vollständige Reaktion der Verunreinigungen des Wassers mit dem Oxidationsmittel. Vorzugsweise ist der Reaktor ein Blasensäulenreaktor. In einen solchen Blasensäulenreaktor lässt sich ein Gas von unten her einleiten, so dass es sich aufwärts durch das Wasser in dem Reaktor bewegt und dabei ausreichend Gelegenheit zur Reaktion mit dem Wasser hat. Es ist außerdem von Vorteil, wenn der Reaktor ein Gegenstromreaktor ist. In diesem Fall wird das Wasser von oben nach unten durch den Reaktor geführt, während das Gas von unten her in den Reaktor eingeleitet wird. Es ist weiter von Vorteil, wenn der Reaktor langgestreckt ausgebildet und vertikal angeordnet ist. Hierdurch ergibt sich eine lange Reaktionsstrecke der aufwärts strömenden Gasblasen. Eine andere Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Reaktor aus einem Kunstharzmaterial besteht. Ein solches Kunstharzmaterial ist korrosionsbeständig gegen Oxidation mit dem Oxidationsmittel einerseits und gegen eine Reaktion mit den Verunreinigungen andererseits.

[0016] Eine vorteilhafte Ausgestaltung ist gekennzeichnet durch eine Hochspannungsversorgung für die Elektroden. Eine solche Hochspannungsversorgung kann bei geeigneter Ausgestaltung zum Erzielen eines Maximums an Ausbeute, was die Art und die Größe der Spannung angeht, optimiert werden.

[0017] Bei einem anderen Ausführungsbeispiel sind Messfühler zur Bestimmung von physikalischen und/oder chemischen Parametern vorgesehen, die einen Hinweis auf Verunreinigungen des Wassers geben. Als Messfühler kann beispielsweise eine Redoxsonde verwendet werden. Mit einer solchen Redoxsonde lässt sich das Redox-Potential des Wassers als Maß für den Sauerstoffbedarf einfach bestimmen. Es ist auch möglich, dass als Messfühler eine pH Sonde verwendet wird. Bei einer anderen Ausgestaltung kann als Messfühler auch ein Ozonanalysator verwendet werden. Eine Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass der Messfühler im Zulauf und/oder im Ablauf des Reaktors angeordnet ist. Durch eine Messung der Verunreinigung des Wassers im Zulauf lässt sich der Bedarf an Oxidationsmittel bestimmen.

Bei einer Anordnung des Messfühlers im Ablauf des Reaktors lässt sich bei Erfassen von verbleibenden Verunreinigungen der Bedarf einer größeren Menge an Oxidationsmittel erkennen. Sind sowohl im Zulauf als auch im Ablauf Messfühler vorgenommen, kann eine besonders feine Bestimmung des tatsächlichen Bedarfs an aktiviertem Oxidationsmittel durchgeführt werden.

[0018] Eine Weiterbildung der Erfindung ist gekennzeichnet durch eine Steuerung. Mittels einer solchen Steuerung lassen sich die Prozessparameter zuverlässig überwachen, steuern und regeln. Die Steuerung kann mit den Elektroden und/oder mit dem Messfühler verbunden sein. Auf diese Weise lässt sich abhängig vom Messergebnis der Messfühler die Elektrodenspannung steuern oder regeln.

[0019] Es ist weiter von Vorteil, wenn der Reaktor einen Diffusor zum Einleiten des Oxidationsmittels aufweist. Mittels eines solchen Diffusors lässt sich das gasförmige Oxidationsmittel fein verteilt in Form von Bläschen dem verunreinigten Wasser zusetzen. So ergibt sich eine große Reaktionsfläche. Der Diffusor kann beispielsweise eine Keramikmembran aufweisen. Eine solche Keramikmembran ist widerstandsfähig, weist eine große Oberfläche auf und lässt sich einfach herstellen. Der Diffusor sollte vorzugsweise eine Porengröße von 70 bis 120 Mikrometern aufweisen. Mittels derartiger Porengrößen lässt sich ein gutes Reaktionsergebnis des aktivierten Oxidationsmittels mit dem Wasser erzielen.

[0020] Nach dem dritten Aspekt der Erfindung wird das Problem gelöst durch ein Verfahren zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser mittels Behandlung mit einem gasförmigen Oxidationsmittel, bei dem das Wasser mit mittels der erfindungsgemäßen Ionisationsvorrichtung aktiviertem Oxidationsmittel behandelt wird.

[0021] Weil mit der Ionisationsvorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen das Oxidatonsmittel einen großen Anteil an Ionen aufweist, lässt sich so eine effiziente und wirksame Behandlung des Wassers erzielen.

[0022] Vorzugsweise wird als Oxidationsmittel Sauerstoff und/oder Luft verwendet. In diesem Fall werden durch die Behandlung mit dem Oxidationsmittel Belastungen der Umwelt durch Rückstände des Oxidationsmittels vermieden. Mittels der Ionisationsvorrichtung werden bei einer Weiterbildung beim Aktivieren des Oxidationsmittels Ionen, Radikale, Ozon und/oder eine reaktive Gasmischung erzeugt. Hierdurch wird eine effiziente Beseitigung von Verunreinigungen aus dem Wasser bewirkt.

[0023] Bei einer anderen Weiterbildung der Erfindung wird mittels Anlegen einer Hochspannung an die Elektroden ein Ladungsüberschuss an den Düsenspitzen erzeugt. Hierdurch lässt sich ein gutes Ionisationsergebnis erzielen.

[0024] Eine andere Weiterbildung zeichnet sich dadurch aus, dass die Ionisationsvorrichtung mittels einer Steuerung auf einen Grenzbereich zwischen der Erzeugung von Ionen und Ozon über das Übergangspotential eingestellt wird. Auf diese Weise lässt sich eine gute Ausbeute erzielen, so dass sich ein guter Wirkungsgrad ergibt. Einerseits sind die Ionen am reaktivsten, reagieren aber auch am schnellsten bei Kontakt mit den Wandbereichen, während Ozon zwar eine geringere Aktivität aufweist, dafür aber langlebiger ist. Vorzugsweise wird die Ionisationsvorrichtung zum Erzeugen einer hohen Ionenproduktionsrate unter Bildung eines geringen Anteils Ozon sowie reaktiver Gasmischungen eingestellt. Hierdurch ergibt sich für die Wasserbehandlung das beste Abbauergebnis. Zum Einstellen der Ionisationsvorrichtung kann beispielsweise der Gasdruck und/oder der Gasdurchfluss durch die Ionisationsvorrichtung gesteuert oder geregelt werden. Es ist aber auch möglich, zum Einstellen der Ionisationsvorrichtung die Größe und/oder die Art der Hochspannung zu steuern oder zu regeln. Die Hochspannung sollte vorzugsweise in einem Bereich zwischen 12 und 13 kV gesteuert oder geregelt werden.

[0025] Bei einer anderen Weiterbildung ist es von Vorteil, dass das Einstellen der Ionisationsvorrichtung abhängig von einem Signal des Messfühlers erfolgt. Dadurch lässt sich der Arbeitsbereich der Ionisationsvorrichtung und damit die Menge und Zusammensetzung der erzeugten Ionen etc. auf den Bedarf abhängig von der Wasserverunreinigung einstellen.

[0026] Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist es von Vorteil, dass das Oxidationsmittel nach dem Aktivieren in der Ionisationsvorrichtung in einer laminaren Strömung geführt wird. In einer solchen laminaren Strömung werden Wandkontakte der inneren Strömungsschichten nahezu vermieden, so dass sich auch für die reaktiven Gasionen eine verhältnismäßig lange Lebensdauer ergibt.

[0027] Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Verwendung einer Ionisationsvorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser. Hierdurch lässt sich das verunreinigte Wasser mit geringem Energieaufwand und ohne den Einsatz von Chemikalien effizient und zuverlässig reinigen.

[0028] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0029] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung mit den Erfin-

dungsmerkmalen,

[0030] Fig. 2 eine Seitenansicht einer Ionisationsvorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen,

[0031] Fig. 3 eine Schnittansicht der Ionisationsvorrichtung,

[0032] Fig. 4 eine perspektivische Schnittdarstellung der Ionisationsvorrichtung,

[0033] Fig. 5 einen Düsenträger mit einer Vielzahl Düsen der Ionissationsvorrichung,

[0034] Fig. 6 ein Lochgitter mit einer Vielzahl Löcher,

[0035] Fig. 7 eine schematische Darstellung einer Düse im Querschnitt, und

[0036] Fig. 8 eine Schematische Darstellung einer weiteren Vorrichtung mit den Erfindungsmerkmalen.

[0037] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Wasserreinigungsvorrichtung **10** mit den Erfindungsmerkmalen. Wie sich der Figur entnehmen lässt, weist die Wasserreinigungsvorrichtung **10** einen Reaktor **11** und einen Ionisator **12** auf. Der Reaktor **11** hat einen Einlass **13** und einen Auslass **14** für verunreinigtes Wasser. In der Figur ist der Einlass **13** an der Oberseite und der Auslass **14** an der Unterseite des Reaktors **11** angeordnet. Der Durchfluss von verunreinigtem Wasser erfolgt in der Figur von oben nach unten, wie durch Pfeile angedeutet. Der Reaktor **11** hat bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel einen Innendurchmesser von 300 mm und eine Höhe von 2000 mm. Dadurch ergibt sich ein Reaktionsvolumen von etwa 80 bis 100 Litern. Der Reaktor **11** besteht bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus einem geeigneten Kunstharzmaterial. Im Einzelnen wird ein Kunstharzmaterial gewählt, das korrosionsbeständig hinsichtlich des verunreinigten Wassers wie auch des Oxidationsmittels ist.

[0038] Der Reaktor **11** weist außerdem einen Diffusor **15** auf, der bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel als Keramikmembran **15** ausgebildet ist. Die Keramikmembran **15** ist in der Figur unten dem Auslass **14** benachbart in dem Reaktor **11** angeordnet, und weist eine Porengröße zwischen 70 und 120 Mikrometern auf.

[0039] Die Keramikmembran **15** ist mittels einer Leitung **16** mit einem Gasauslass des Ionisators **12** verbunden. Die Leitung **16** besteht bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus einem Material, das geringe Wechselwirkungen mit Ionen und Radikalen hat. Beispielsweise besteht die Leitung **16** aus Teflon®. Eine weitere Leitung **17** ist auf der von dem Gasauslass des Ionisators abgewandten Seite mit einem Gaseinlass des Ionisators **12** verbunden. Nicht in der Figur eingezeichnet sind Gaszuführmittel, die am von dem Ionisator **12** abgewandten Ende der Leitung **17** angeordnet sind. Die Gaszuführmittel können beispielsweise einen Verdichter zum Verdichten von Luft aufweisen.

[0040] Wie sich der Figur weiter entnehmen lässt, sind zwei elektrische Leitungen **18**, **19** ebenfalls mit dem Ionisator **12** verbunden. Wiederum nicht in der Figur eingezeichnet ist eine Hochspannungsversorgung, die an den von dem Ionisator **12** abgewandten Enden der Leitungen **18**, **19** angeordnet ist.

[0041] Nicht in der Figur gezeigt sind Messfühler zur Überwachung des Erfolgs der Behandlung von verunreinigtem Wasser. Im Einzelnen ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel dem Auslass **14** zugeordnet ein Redox Messfühler und ein Ozonanalysator für das Wasser installiert. Mittels dieser Messfühler lässt sich über das Redoxpotential der verbleibende Bedarf an Oxidationsmittel, somit die verbleibende Verunreinigung des Wassers und über den Ozonanalysator eine Aussage über das noch vorhandene Oxidationsmittel gewinnen. Dem Einlass **13** zugeordnet ist ebenfalls ein Redox-Messfühler und ein pH Messfühler für die Flüssigkeit angeordnet. Mittels des pH-Wertes und des Redoxpotentials lassen sich Rückschlüsse über den Grad und die Art der Verunreinigungen des zugeführten Wassers ziehen.

[0042] Ebenfalls nicht in der Figur dargestellt ist eine Steuerung, zur Auswertung der Signale der Messfühler zur Ansteuerung der Hochspannungsquelle, des Gasverdichters und einer eventuellen Pumpe für die Wasserzufuhr in den Reaktor **11**.

[0043] Fig. 2 zeigt eine Seitenansicht des Ionisators **12**. Wie sich der Figur entnehmen lässt, weist der Ionisator **12** ein Gehäuse **20** auf, das in der Figur an seiner Unterseite einen Gaseinlass **21** und an seiner Oberseite einen Gasauslass **22** hat. Der Gaseinlass **21** ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel mit der Leitung **17** und der Gasauslass **22** mit der Leitung **16** von Fig. 1 verbunden. In der Figur sind außerdem zwei Anschlüsse **23**, **24** zum Verbinden mit den Leitungen **18**, **19** abgebildet.

[0044] Fig. 3 und Fig. 4 zeigen den Ionisator **12** jeweils in einer Schnittdarstellung, wobei der Schnitt in der Fig. 3 von der Seite gesehen und in Fig. 4 perspektivisch von schräg oben gesehen abgebildet ist. Wie sich den Figuren entnehmen lässt, weist der Ionisator **12** einen Separationsabschnitt **25**, einen Ionisationsabschnitt **26** und einen Ableitabschnitt **27** auf. Der Separationsabschnitt **25** ist dem Gaseinlass **21** benachbart angeordnet und hat einen Homogenisator **28** und einen Separator **29**. Der Homogenisator **28** ist nach Art einer Platte flächig ausgebildet und besteht bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus

einer Keramikmembran **28**, die von der Unterseite des Gehäuses **20** beabstandet angeordnet ist. Der von der Keramikmembran **28** ebenfalls beabstandet angeordnete Separator **29** weist eine Vielzahl Durchgangsöffnungen **30** auf, von denen der besseren Übersicht wegen nur eine Durchgangsöffnung **30** mit einem Bezugszeichen versehen ist.

[0045] Der Ionisationsabschnitt **26** weist einen Elektrodenträger **31** auf, der bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus einem leitenden Material, nämlich einer Metallplatte besteht und mit dem Anschluss **24** elektrisch leitend verbunden ist. Mittels einer Druckplatte **32** ist eine Vielzahl Düsen **33** an dem Elektrodenträger **31** befestigt. Die Düsen **33** bestehen bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel aus einem leitenden Material, nämlich aus einem Metall. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Düsen **33** aus Edelstahl gefertigt und dienen als Elektroden. Am von dem Elektrodenträger **31** abgewandten Ende der Düsen **33** und von diesen beabstandet ist eine weitere Elektrode **34** angeordnet. Die Elektrode **34** besteht aus einem leitenden Material und ist elektrisch leitend mit dem Anschluss **23** verbunden. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Elektrode **34** als Gitter **34**, nämlich als Lochplatte **34** ausgebildet. Die Lochplatte **34** weist eine Vielzahl Durchgangsöffnungen **35** auf, von denen der besseren Übersicht wegen wieder nur eine Durchgangsöffnung **35** mit einem Bezugszeichen versehen ist. Wie sich den Fig. 3 und Fig. 4 weiter entnehmen lässt, ist jeder Düse **33** zugeordnet und zu dieser jeweils konzentrisch eine Durchgangsöffnung **30** in dem Separator **29** und eine Durchgangsöffnung **35** in der Lochplatte **34** angeordnet.

[0046] Aus den Fig. 3 und Fig. 4 ist außerdem zu ersehen, dass sich das Gehäuse **20** im Bereich des Ableitabschnittes von dem Ionisationsabschnitt (**26**) zu dem Gasauslass **22** konisch verjüngt. Im einzelnen ist der Übergang zu dem Ionisationsabschnitt **26** und zu dem Gasauslass **22** abgerundet. Der dem Gasauslass **22** zugewandte Bereich des Ableitabschittes **27** ist so ausgebildet, dass der Wandbereich des Gehäuses **20** zum Gasauslass **22** hin einen geringeren Winkel gegen die Vertikale aufweist.

[0047] Fig. 5 zeigt eine perspektivische Draufsicht auf den Elektrodenträger **31** mit abgenommener Druckplatte **32**. Wie sich der Figur entnehmen lässt, sind die Düsen **33** auf dem Elektrodenträger **31** seitlich zueinander versetzt angeordnet. Auf diese Weise ergibt sich nach Art einer dichtesten Kugelpackung eine große Flächenanzahldichte der Düsen **33** auf dem Elektrodenträger **31**. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind **61** Düsen **33** auf dem Elektrodenträger **31** angeordnet.

[0048] Fig. 6 zeigt eine perspektivische Draufsicht auf die Lochplatte **34**. Wie sich der Figur entnehmen lässt, sind die Durchgangsöffnungen **35** ähnlich in der Lochplatte **34** angeordnet, wie die Düsen **33** auf dem Elektrodenträger **31**. Im Einzelnen sind wiederum **61** Durchgangsöffnungen **35** in der Lochplatte **34** angeordnet, wobei die Durchgangsöffnungen **35** jeweils koaxial zu der zugehörigen Düse **33** angeordnet sind.

[0049] Fig. 7 zeigt eine Schnittdarstellung einer Düse **33**. Wie sich der Figur entnehmen lässt, weist die Düse **33** einen Düsenkörper **36** auf, der zur Befestigung mit einer Basis **37** versehen ist. In der Basis **37** sind mehrere Durchgangsbohrungen **38** vorgesehen, von denen in der Figur eine Durchgangsbohrung **38** dargestellt ist. Die Durchgangsbohrungen **38** dienen zum Aufnehmen von nicht in der Figur dargestellten Schrauben zum Befestigen der Düsen **33** an dem Elektrodenträger **31**. Am von der Basis **37** abgewandten Ende weist die Düse **33** eine Spitze **39** auf, wobei sich die Düse **33** zur Spitze hin düsenförmig verjüngt.

[0050] Nachfolgend wird die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen Wasserreinigungsvorrichtung **10** sowie des erfindungsgemäßen Ionisators **12** anhand der Fig. 1 bis Fig. 7 näher erläutert. Zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser wird dieses, wie dies in Fig. 1 durch Pfeile angedeutet ist, durch den Einlass **13** von oben in den Reaktor eingeführt und verlässt diesen nach Durchströmen des Reaktors **11** an seiner Unterseite durch den Auslass **14**. Gleichzeitig wird ein Oxidationsmittel durch die Leitung **17** in den Ionisator **12** eingeführt, dort ionisiert und über die Leitung **16** dem Diffusor **15** zugeführt. Das ionisierte Oxidationsmittel perlt in Form von fein verteilten Blasen flächig aus dem Diffusor **15** und steigt aufwärts zum Einlass **13**. Dabei wird das verunreinigte Wasser im Gegenstrom an den aufsteigenden Gasblasen vorbeigeführt.

[0051] Wie vorstehend bereits erläutert, wird ein gasförmiges Oxidationsmittel, nämlich Luft oder Sauerstoff, über einen Verdichter und die Leitung **17** dem Gaseinlass **21** des Ionisators **12** zugeführt. Dabei gelangt die Luft zunächst in den Zwischenraum zwischen dem Gehäuse und dem Homogenisator **28**, was eine gleichmäßige flächige Verteilung der Luft in dem Separationsabschnitt **25** bewirkt. Nach dem Passieren des Homogenisators **28** tritt die Luft durch die einzelnen, den Düsen **33** jeweils zugeordneten Öffnungen **30** in dem Separator **29** und wird so den einzelnen Düsen **33** jeweils in Form einer in deren Bereich wesentlichen laminaren Strömung zugeführt.

[0052] Zwischen den Düsen **33** und der Lochplatte **34** wird über die Leitungen **18**, **19** und die Anschlüsse **23**, **24** von der nicht in den Figuren dargestellten Steuerung und abhängig von den Signalen der Messfühler und dem Druck und dem Durchfluss der zugeführten Luft eine Hochspannung eingestellt, so dass

sich im Bereich der Spitze **39** der Düsen **33** ein Ladungsüberschuss bildet. Im Einzelnen wird dabei eine Hochspannung mittels eines Transformators mit einer Wechselspannung von 12 bis 13 kV angelegt. Hierdurch lagern sich freie Elektronen an Atome oder Moleküle im vorbei strömenden Gas an und führen zu deren elektrischer Aufladung. Bei der gezeigten Anordnung ist der Anteil an Ozon verhältnismäßig gering und es erfolgt außerdem kein Energieverlust durch Überhitzung. Es bildet sich eine Corona-Entladung im Bereich der Düsenspitzen **39** aus, mittels derer durch die Düsen **33** geführte Luft ionisiert wird. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel wird der Ionisator **12** im Grenzbereich des Übergangspotentials einer Corona-Entladung zwischen der Erzeugung von Ionen und der Erzeugung von Ozon so eingestellt, dass neben Luftsauerstoffionen außerdem spezifische reaktive Gasmischungen, Radikale und geringe Mengen von Ozon erzeugt werden. Die spezifischen reaktiven Gasmischungen bestehen insbesondere aus Radikalen und geringen Mengen Ozon. Die so aktivierte Luft gelangt im wesentlichen ohne Wandkontakte durch die den Düsen **33** jeweils zugeordneten Öffnungen **35** der Lochplatte **34** in den Ableitabschnitt **27**.

[0053] Wegen der durch die Vielzahl Düsen **33** flächigen Zuführungen der aktivierten Luft und wegen des sich düsenförmig verjüngenden Querschnitts des Gehäuses **22** im Bereich des Ableitabschnittes **27** bildet sich eine im wesentlichen laminare Düsenströmung aus, so dass hier Wandkontakte ebenfalls weitgehend minimiert werden können und das aktivierte Gas nahezu verlustfrei dem Gasauslass **22** zugeführt werden kann. Durch die Leitung **16** gelangt so dann das aktivierte Luftgasgemisch in den Diffusor **25** und dort in feinst verteilter Form zur Reaktion in den Reaktor **11**.

[0054] Fig. 8 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Wasserreinigungsvorrichtung **40** mit den Erfindungsmerkmalen. Die Wasserreinigungsvorrichtung **40** entspricht im wesentlichen der Wasserreinigunsvorrichtung **10**. Gleiche Elemente tragen die gleichen Bezugsziffern. Wie sich der Figur entnehmen lässt, sind hier mehrere Ionisatoren **12** einander parallel geschaltet und mit Ihren Gasauslässen mit der Leitung **16** verbunden. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel sind insgesamt 6 Ionisatoren **12** vorgesehen. Auf diese Weise lassen sich der Durchsatz und die Ionisatonsleistung erhöhen, wobei wegen des modularen Aufbaus eine einfache Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten möglich ist.

Bezugszeichenliste

10	Wasserreinigungsvorrichtung
11	Reaktor
12	Ionisator
13	Einlass
14	Auslass
15	Keramikmembran
16	Leitung
17	Leitung
18	Leitung
19	Leitung
20	Gehäuse
21	Gaseinlass
22	Gasauslass
23	Anschluss
24	Anschluss
25	Separationsabschnitt
26	Ionisationsabschnitt
27	Ableitabschnitt
28	Homogenisator
29	Separator
30	Durchgangsöffnung
31	Elektrodenträger
32	Druckplatte
33	Düse
34	Lochplatte
35	Durchgangsöffnung
36	Düsenkörper
37	Basis
38	Durchgangsbohrung
39	Spitze
40	Wasserreinigungsvorrichtung

Patentansprüche

1. Ionisationsvorrichtung zur Gasionisierung mit einem geschlossenen Gehäuse (**20**), das einen Gaseinlass (**21**) und einen Gasauslass (**22**) aufweist und in dem eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode zum Erzeugen einer Gasentladung angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Elektrode mindestens eine Düse (**33**) aus einem leitenden Material für das Gas ist, und dass die zweite Elektrode ein Gitter (**34**) ist.

2. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (**33**) aus einem metallischen Material besteht.

3. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (**33**) zum Erzeugen einer Corona-Entladung vor einer Spitze (**39**) der Düse (**33**) sich zu der Spitze (**39**) hin konisch verjüngend ausgebildet ist.

4. Ionisationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine Vielzahl Düsen (**33**).

5. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsen (**33**) in einer Matrix angeordnet sind.

6. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsen (**33**) quer zur Strömungsrichtung versetzt zueinander angeordnet sind.

7. Ionisationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Elektrode ein Lochgitter (**34**) ist.

8. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Düse (**33**) ein Loch (**35**) des Lochgitters (**34**) zugeordnet ist.

9. Ionisationsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Separationsabschnitt (**25**) zur Gaszufuhr zu den Düsen (**33**) dem Gaseinlass (**21**) und einem Ionisationsabschnitt (**26**), in dem die Elektroden (**34**) angeordnet sind, zwischengeschaltet ist.

10. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Separationsabschnitt (**25**) stromabwärts des Gaseinlasses (**21**) einen Homogenisator (**28**) aufweist.

11. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Homogenisator (**28**) aus einem porösen Material besteht.

12. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Homogenisator eine Keramikmembran (**28**) ist.

13. Ionisationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Separationsabschnitt (**25**) einen den Düsen (**33**) benachbarten Separator (**29**) aufweist.

14. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Separator eine Lochplatte (**29**) ist.

15. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Düse (**33**) ein Loch (**30**) der Lochplatte (**29**) zugeordnet ist.

16. Ionisationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass dem Gasauslass (**22**) und dem Ionisationsabschnitt (**26**) ein Ableitabschnitt (**27**) zwischengeschaltet ist.

17. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass sich der Querschnitt des Ableitabschnittes (**27**) stromabwärts konisch verjüngt.

18. Ionisationsvorrichtung nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Ableitabschnitt (**27**) düsenförmig ausgebildet ist.

19. Ionisationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18, gekennzeichnet durch einen abgerundeten Übergang zwischen dem Ableitabschnitt (**27**) und dem Gasauslass (**22**) und/oder dem Ionisationsabschnitt (**26**).

20. Vorrichtung zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser mittels Behandlung mit einem gasförmigen Oxidationsmittel, gekennzeichnet durch eine Ionisationsvorrichtung (**12**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

21. Vorrichtung nach Anspruch 20, gekennzeichnet durch einen Reaktor (**11**) zur Wasserbehandlung mit von der Ionisationsvorrichtung (**12**) aktiviertem Oxidationsmittel.

22. Vorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor ein Blasensäulenreaktor (**11**) ist.

23. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor ein Gegenstromreaktor (**11**) ist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor (**11**) langgestreckt ausgebildet und vertikal angeordnet ist.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor (**11**) aus einem Kunstharzmaterial besteht.

26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 25, gekennzeichnet durch eine Hochspannungsversorgung für die Elektroden (**33**, **34**).

27. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 26, gekennzeichnet durch Messfühler zur Bestimmung einer Kenngröße für die Verunreinigung des Wassers.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler eine Redoxsonde ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler eine pH Sonde ist.

30. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler ein Ozonanalysator ist.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis

30, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler im Einlass (**13**) und/oder im Auslass (**14**) des Reaktors (**11**) angeordnet ist.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 20 bis 31, gekennzeichnet durch eine Steuerung.

33. Vorrichtung nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuerung mit den Elektroden (**33**, **34**) und/oder mit dem Messfühler verbunden ist.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 21 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass der Reaktor (**11**) einen Diffusor (**15**) zum Einleiten des Oxidationsmittels aufweist.

35. Vorrichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass der Diffusor eine Keramikmembran (**15**) aufweist.

36. Vorrichtung nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, dass der Diffusor eine Porengröße von 70 bis 120 Mikrometern aufweist.

37. Verfahren zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser mittels Behandlung mit einem gasförmigen Oxidationsmittel, bei dem das Wasser mit mittels der Ionisationsvorrichtung (**12**) nach einem der Ansprüche 1 bis 19 aktiviertem Oxidationsmittel behandelt wird.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass als Oxidationsmittel Sauerstoff und/oder Luft verwendet wird.

39. Verfahren nach Anspruch 37 oder 38, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Ionisationsvorrichtung (**12**) beim Aktivieren des Oxidationsmittels Ionen, Radikale, Ozon und/oder eine reaktive Gasmischung erzeugt werden.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass mittels Anlegen einer Hochspannung an die Elektroden (**33**, **34**) ein Ladungsüberschuss an den Düsenspitzen (**39**) erzeugt wird.

41. Verfahren nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Ionisationsvorrichtung (**12**) mittels einer Steuerung auf einen Grenzbereich zwischen der Erzeugung von Ionen und Ozon über das Übergangspotential eingestellt wird.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Ionisationsvorrichtung (**12**) zum Erzeugen einer hohen Ionenproduktionsrate unter Bildung eines geringen Anteils von Ozon sowie reaktiver Gasmischungen eingestellt wird.

43. Verfahren nach Anspruch 41 oder 42, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ionisationsvorrichtung (**12**) der Gasdruck und/oder Gasdurchfluss durch die Ionisationsvorrichtung gesteuert oder geregelt wird.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass zum Einstellen der Ionisationsvorrichtung (**12**) die Größe und/oder Art der Hochspannung gesteuert oder geregelt wird.

45. Verfahren nach Anspruch 44, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochspannung in einem Bereich zwischen 12 und 13 kV gesteuert oder geregelt wird.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 41 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass das Einstellen der Ionisationsvorrichtung (**12**) abhängig von einem Signal des Messfühlers erfolgt.

47. Verfahren nach einem der Ansprüche 37 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass das Oxidationsmittel nach dem Aktivieren in der Ionisationsvorrichtung (**12**) in einer laminaren Strömung geführt wird.

48. Verwendung einer Ionisationsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 19 zum Aufbereiten von verunreinigtem Wasser.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

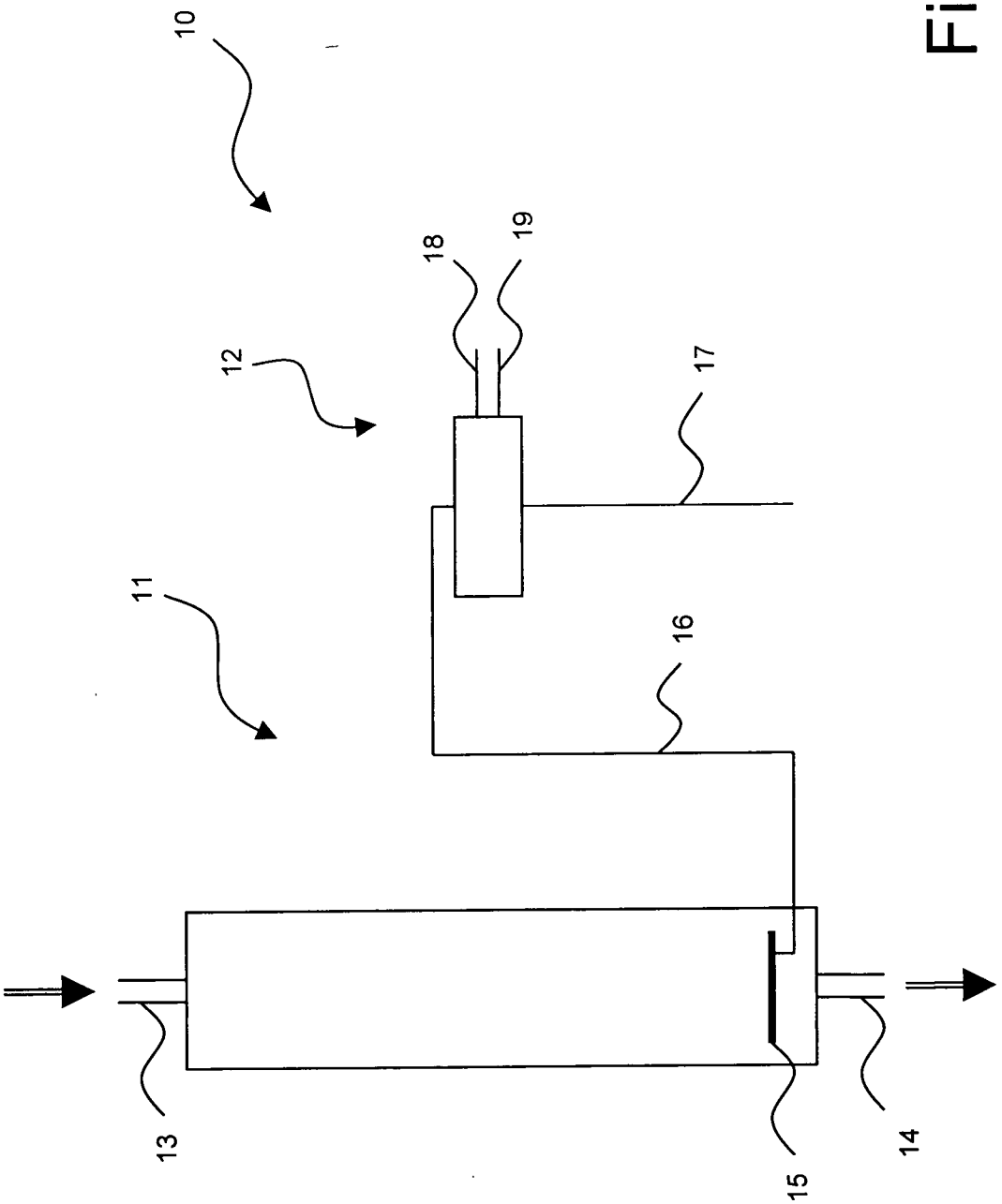


Fig. 1

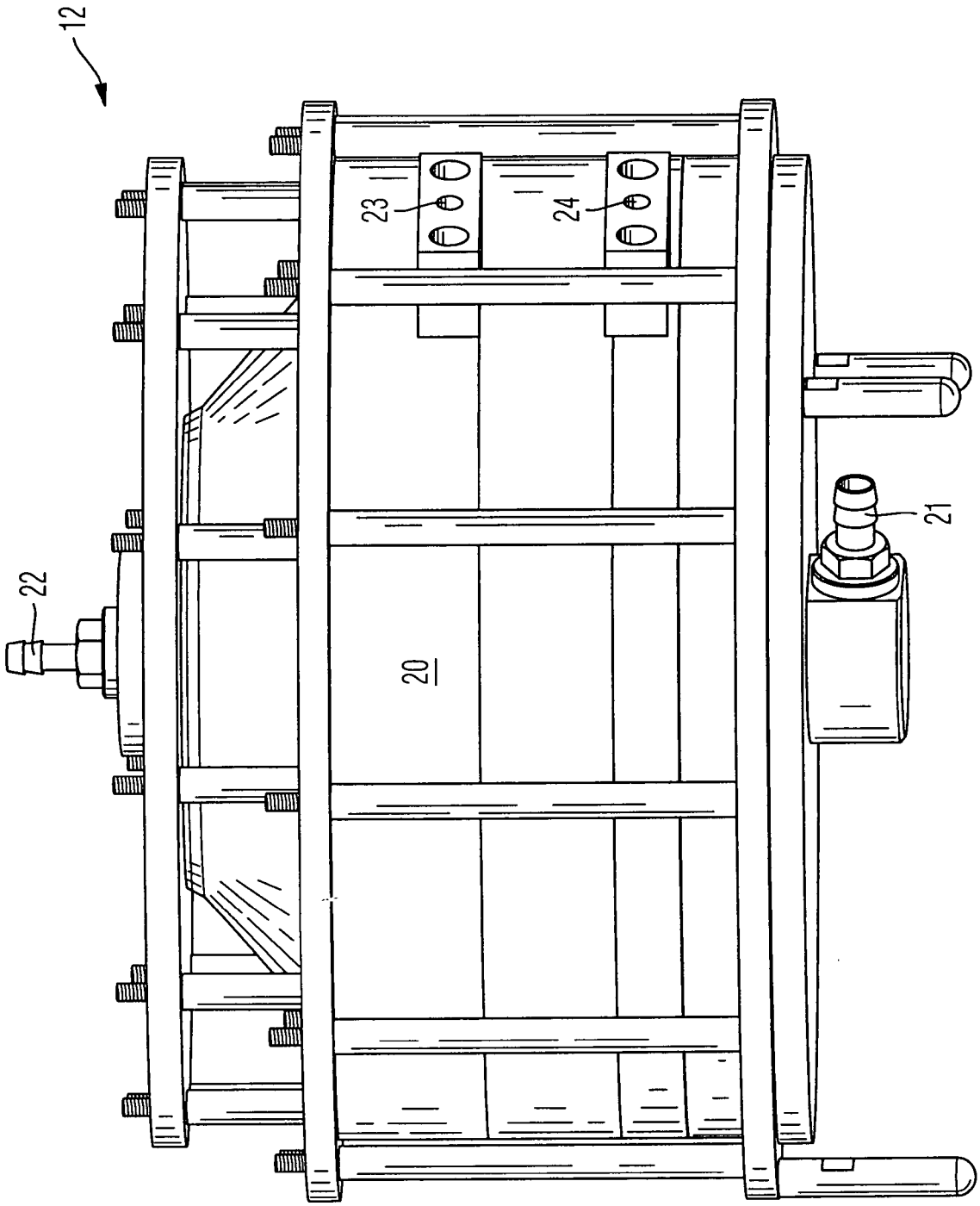


Fig. 2

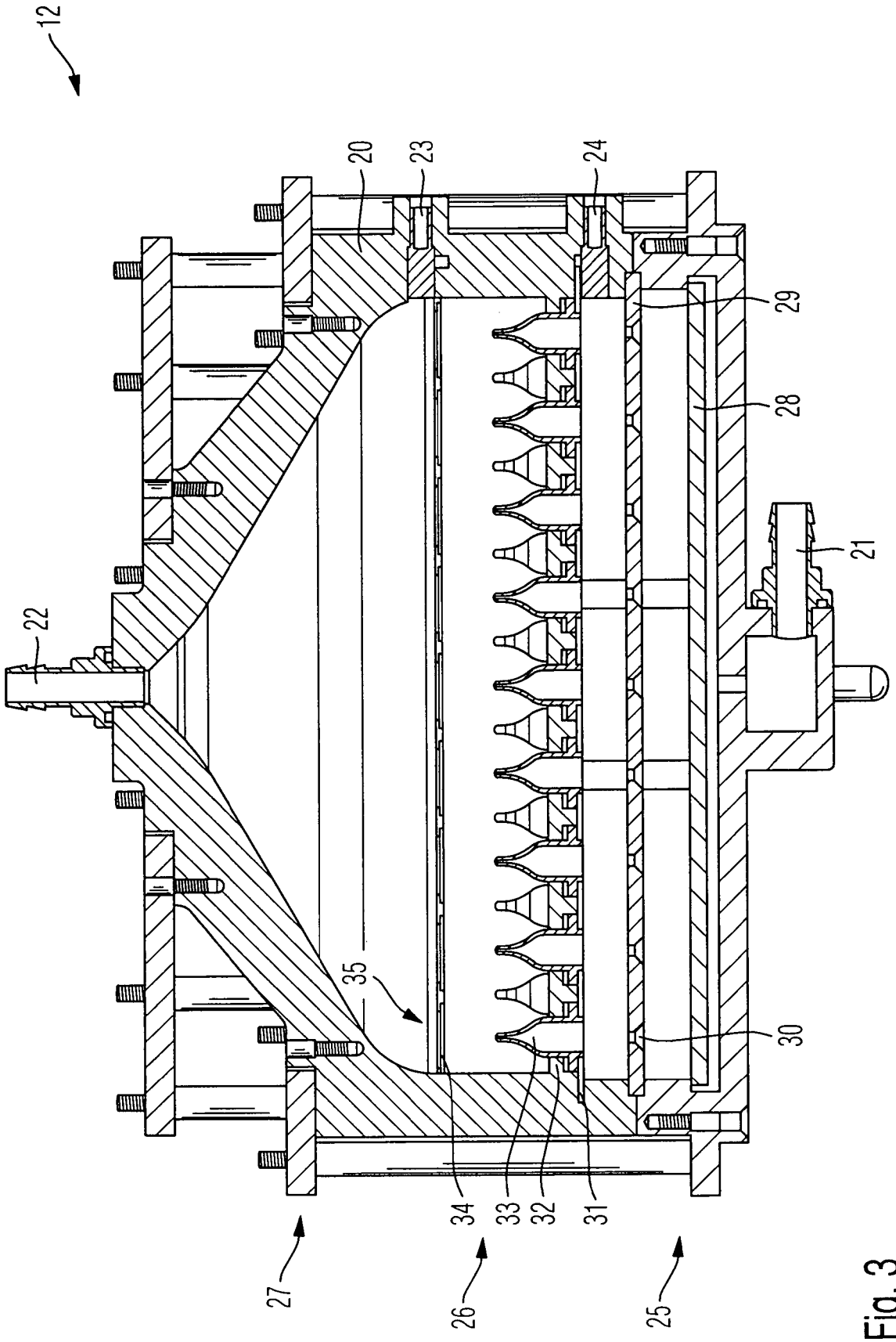


Fig. 3

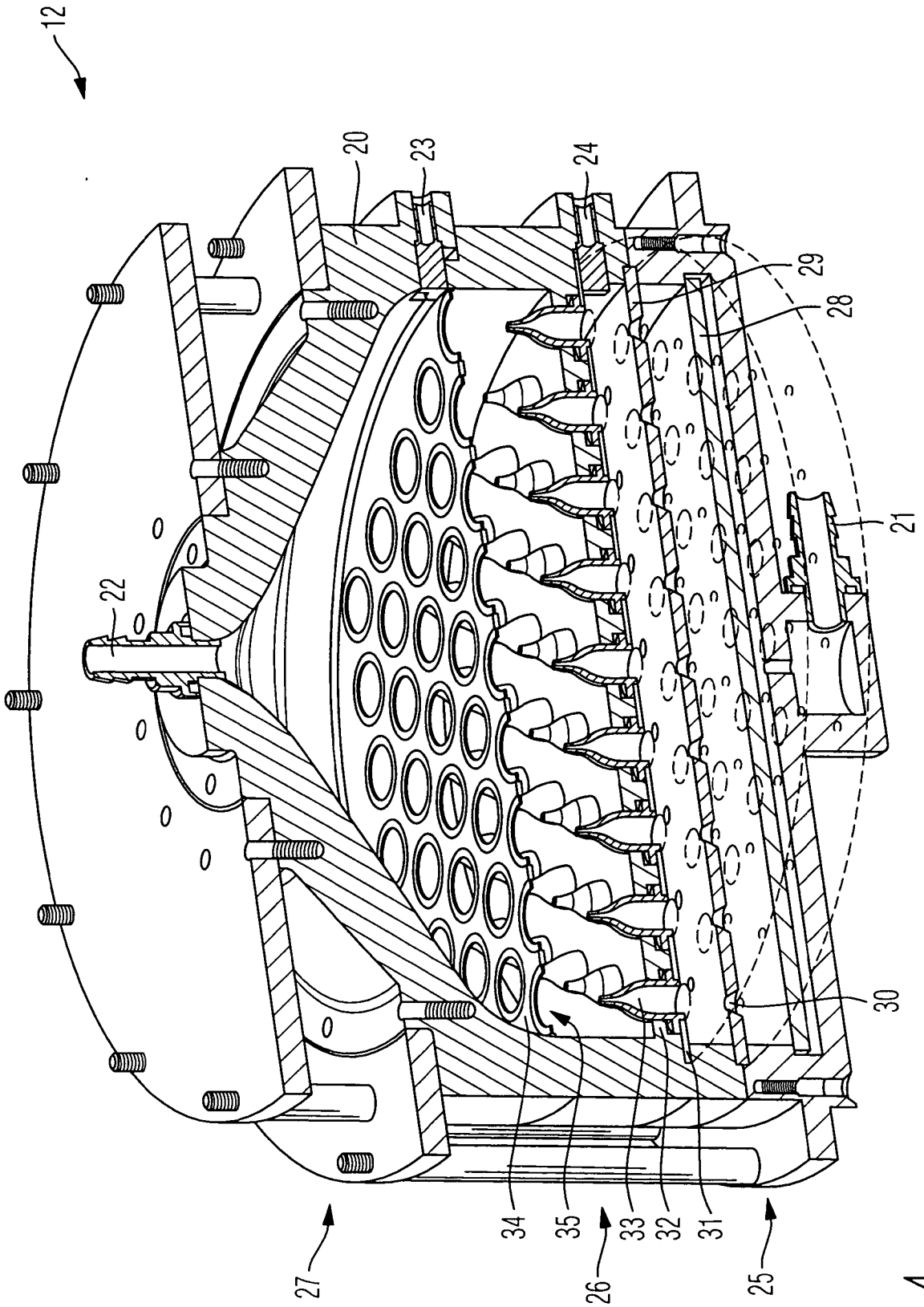


Fig. 4

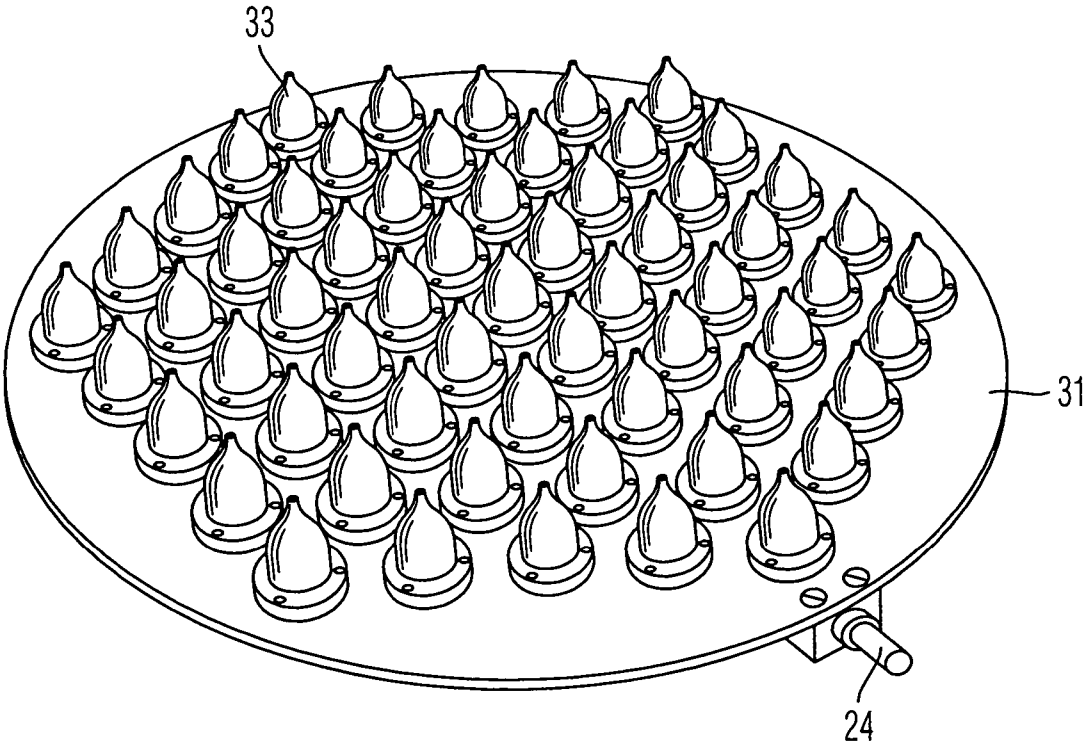


Fig. 5

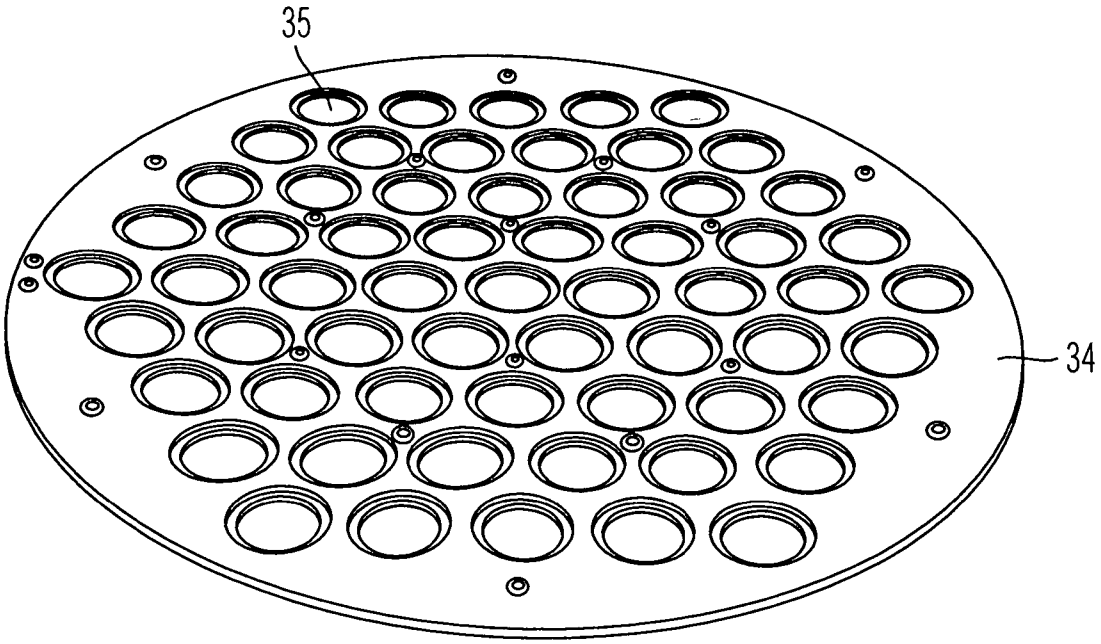


Fig. 6

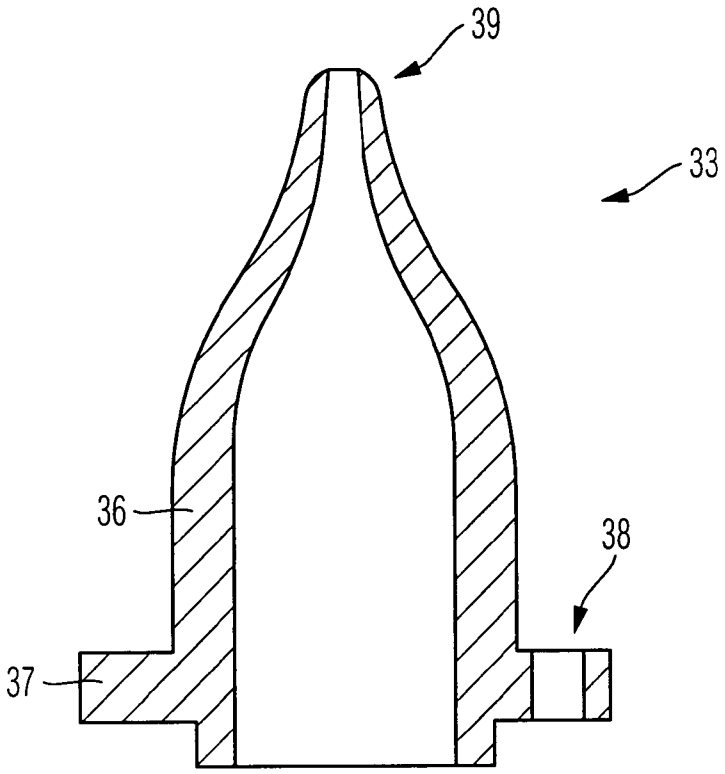


Fig. 7

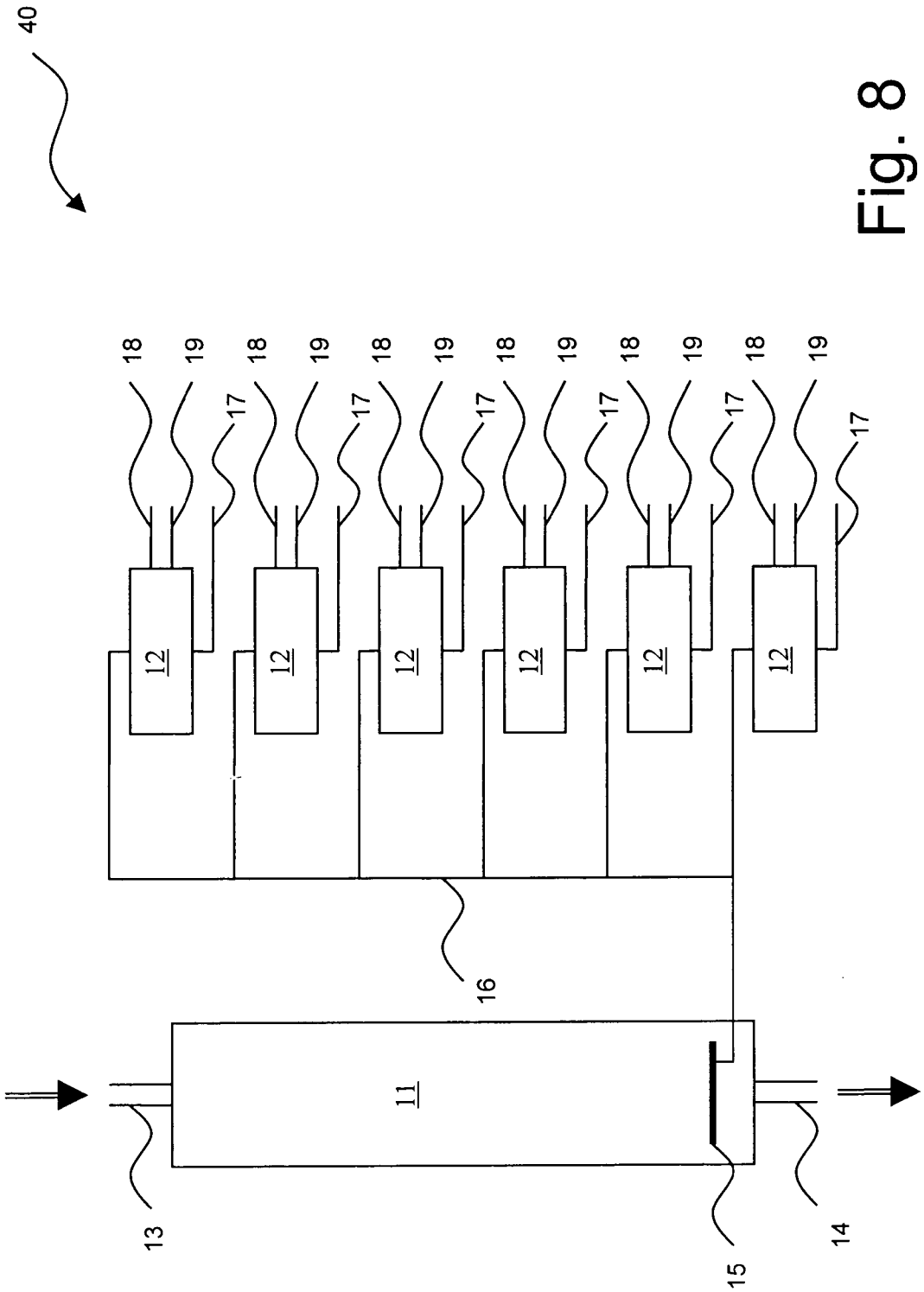


Fig. 8