



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 055 968 A1** 2006.06.01

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 055 968.6**

(22) Anmeldetag: **19.11.2004**

(43) Offenlegungstag: **01.06.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G01P 5/24** (2006.01)

G01F 1/66 (2006.01)

A61M 16/00 (2006.01)

A61B 5/087 (2006.01)

(71) Anmelder:

Drägerwerk AG, 23558 Lübeck, DE

(72) Erfinder:

**Chung-Che Kuo, Artur, Dr., 23564 Lübeck, DE;
Zimmermann, Stefan, Dr., 23617 Stockelsdorf, DE**

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

DE 101 04 462 A1

DE 88 14 255 U1

EP 12 79 368 A2

EP 04 44 243 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

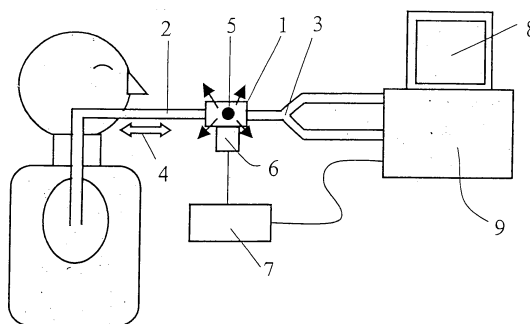
Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Messung von Strömungsparametern**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung von Strömungsparametern in strömenden Gasen, wobei das Verfahren mindestens die folgenden Schritte umfasst:

- Anordnung eines Mittels zur strömungsinduzierten Schallerzeugung im Bereich der zu messenden Strömung,
- Messung der Frequenz und/oder des Pegels des während der zu messenden Strömung erzeugten Schalles als akustische Parameter,
- Ermittlung der zu messenden Strömungsparameter durch Verarbeitung der gemessenen akustischen Parameter.

Das Verfahren ermöglicht insbesondere eine patientennahe Messung der Volumenströme während der Beatmung.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung von Strömungsparametern in strömenden Gasen. Sie kann überall dort zur Anwendung kommen, wo die Ermittlung von Volumenbeziehungsweise Masseströmen in strömenden Gasen angestrebt wird.

[0002] Zur Ermittlung von Volumen- beziehungsweise Masseströmen in strömenden Gasen ist es üblich und sinnvoll, an einzelnen Messorten Strömungsparameter zu ermitteln und aus diesen gemessenen Werten den Gesamtstrom durch zeitliche und/oder räumliche Extrapolation zu ermitteln. Dazu werden entweder Strömungsparameter direkt gemessen oder aus der Messung anderer physikalischer Größen, die in eindeutiger Abhängigkeit zu den Strömungsparametern stehen, durch Anwendung unterschiedlicher Auswertelgorithmen abgeleitet. Die Auswahl des Messverfahrens hängt dabei in der Regel von verschiedensten Anforderungen und Randbedingungen ab. Zu diesen gehören der verfügbare Platz, die erforderliche Genauigkeit, mit der Messung verbundene Kosten, das Vorhandensein von Versorgungsmedien, verschiedene Anforderungen an Handling und Komfort und die Applizierbarkeit geeigneter Messmittel.

[0003] Zu Anwendungsgebieten, auf denen die genannten Randbedingungen Berücksichtigung finden müssen, zählen verschiedene Strömungsmessungen in Zusammenhang mit der Durchführung einer künstlichen Beatmung von Patienten. Aus diesem Grunde wird im Folgenden die Erfindung weitgehend im Hinblick auf medizinische Anwendungen erläutert, ohne sich explizit auf dieses Anwendungsgebiet beschränken zu wollen.

[0004] Um aus Strömungsmessungen zuverlässige Aussagen über den Beatmungsstatus eines Patienten gewinnen zu können, müssen Verfälschungen durch gegebenenfalls elastische Verformung des Leitungssystems für die Gasführung vermieden werden. Aus diesem Grunde werden in der Regel möglichst patientennahe Messorte angestrebt. Des Weiteren ist die Messanordnung so auszugestalten, dass es zu einem geringen Strömungswiderstand kommt, um die Patientenbelastung möglichst gering zu halten. Insbesondere bei einer Beeinträchtigung des Atmungssystems oder bei kleinen Atemvolumina sind baubedingte Vergrößerungen des Totvolumens zu vermeiden. Durch die patientennahe Anwendung im medizinisch-klinischen Bereich muss darüber hinaus eine Unempfindlichkeit gegenüber innerhalb der Gasströmung transportierter Partikel beziehungsweise Sputum gegeben sein. Da aus den Strömungsmessungen häufig Strömungsbilanzen erstellt werden sollen, ist darüber hinaus in der Regel eine zuverlässige Aussage zur Strömungsrichtung erstre-

benswert.

[0005] Es ist bekannt, durch Anwendung sogenannter Hitzdrahtanemometer Strömungsmessungen im Beatmungssystem durchzuführen (DE 10104462 A1). Hierzu werden Hitzdrahtanemometer in der Regel in gesonderten Bauteilen, die für eine Vergleichmäßigung der zu messenden Strömung sorgen, untergebracht und bedingt patientennah, das heißt in der Regel zwischen Y-Stück und Tubus oder unmittelbar am oder nach dem Y-Stück angeordnet. Durch die Unterbringung in einem separaten Bauteil kommt es entweder zu einer Vergrößerung des Totvolumens oder zu einer bereits relativ patientenfernen Anordnung.

[0006] Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens besteht in seiner Empfindlichkeit gegenüber in Gasströmungen transportierten Partikeln sowie Sputum-Kontaminationen. Da es sich um ein elektrisches Messverfahren handelt, sind darüber hinaus stets Versorgungsleitungen zum eigentlichen Messelement erforderlich, was im klinischen Alltag unter Umständen Nachteile bei der Applizierbarkeit und Anwenderfreundlichkeit bringt.

[0007] Es gilt nach §3 Abs.2 PatG als Stand der Technik, Strömungsmessungen in Beatmungssystemen durch Ultraschallmessungen vorzunehmen (103 52 652.8).

[0008] Hierzu wird in der Regel durch eingesonder-tes Bauteil eine definierte Messstrecke vorgegeben, die durch entsprechende Bauelemente von Ultraschall durchschallt wird. Durch eine Auswertung des empfangenen Schalls ist es möglich, Aussagen über Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung zu treffen. Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht ebenfalls in der zumeist unvermeidlichen Vergrößerung des Totvolumens sowie in der komplizierten Auswerte- und Versorgungslektronik, die auch in diesem Fall unmittelbar an das Messelement angeschlossen werden muss.

Aufgabenstellung

[0009] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin; ein vereinfachtes Verfahren und eine zu seiner Durchführung geeignete Vorrichtung anzugeben, die ohne Vergrößerung des Totvolumens eine zuverlässige Messung von Strömungsparametern ermöglicht, bei geringem Platzaufwand den Strömungswiderstand nur unwesentlich beeinflusst und eine ausreichende Genauigkeit bei geringen Kosten gewährleistet.

[0010] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1. Die Ansprüche 2 bis 5 geben vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens an.

[0011] Anspruch 6 gibt eine Vorrichtung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens an. Die Ansprüche 7 bis 19 geben vorteilhafte Ausgestaltungen einer derartigen Vorrichtung an.

[0012] Die Erfindung umfasst ein akustisches Verfahren, wobei die Gasströmung selbst eine Schallquelle erregt und so für die Aussendung eines akustischen auswertbaren Signales sorgt.

[0013] Die Erfindung besteht in einem Verfahren zur Messung von Strömungsparametern in strömenden Gasen, umfassend mindestens die folgenden Schritte:

- Anordnung eines Mittels zur strömungsinduzierten Schallerzeugung im Bereich der zu messenden Strömung,
- Messung der Frequenz und/oder des Pegels des erzeugten Schalls als akustische Parameter und
- Ermittlung der zu messenden Strömungsparameter durch Verarbeitung der gemessenen akustischen Parameter.

[0014] Dabei ist es unerheblich, ob die Platzierung des Mittels zur strömungsinduzierten Schallerzeugung unmittelbar und kurzfristig nur zu Messzwecken erfolgt oder durch Integration in für eine Durchströmung vorgesehene Bauteile vorgenommen wird. Als strömungsinduzierte Schallerzeugung im Sinne der Erfindung ist eine Schallerzeugung zu verstehen, die dadurch erfolgt, dass die strömenden Gase im Bereich der zu messenden Strömung eine Schallquelle erregen und auf diese Weise eine Schallerzeugung bewirken, was zum Vorliegen eines ausreichend aussagekräftigen akustischen Messsignals führt. Dieses Messsignal wird durch geeignete Mittel aufgenommen und durch eine Auswerteeinheit derart aufgearbeitet, dass aussagekräftige Informationen zur Charakterisierung der zu messenden Strömung gewonnen werden können. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die strömungsinduzierte Schallerzeugung überwiegend mit einer Frequenz erfolgt, die in eindeutiger Weise von der Strömungsrichtung abhängt, die Frequenz des emittierten Schalles gemessen wird und aus der gemessenen Frequenz die Strömungsrichtung des strömenden Gases ermittelt wird. Diese vorteilhafte Ausgestaltung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn aus Volumenstrom und Strömungsrichtung Bilanzaussagen zu treffen sind.

[0015] Des Weiteren ist von Vorteil, wenn die strömungsinduzierte Schallerzeugung in einer Weise erfolgt, dass der Pegel des erzeugten Schalles mindestens in einem auswertbaren Frequenzbereich in eindeutiger Weise von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt, der Schallpegel in zumindest einem Teil dieses Frequenzbereiches gemessen wird und aus dem gemessenen Schallpegel die Strömungsgeschwindigkeit des strömenden Gases ermittelt wird. Die Art

der eindeutigen Abhängigkeit zwischen Schallpegel und Strömungsgeschwindigkeit kann dabei durch entsprechende Modellierungen vorhergesagt beziehungsweise durch Kalibrierungen oder Eichmessungen gewonnen werden.

[0016] Es kann weiterhin vorteilhaft sein wenn die strömungsinduzierte Schallerzeugung in einer Weise erfolgt, dass die Frequenz des erzeugten Schalles mindestens in einem auswertbaren Frequenzbereich in eindeutiger Weise von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt, die Frequenz des erzeugten Schalles gemessen wird und aus der gemessenen Schallfrequenz die Strömungsgeschwindigkeit des strömenden Gases ermittelt wird. Die Art der eindeutigen Abhängigkeit zwischen der Frequenz des erzeugten Schalles und der Strömungsgeschwindigkeit kann dabei ebenfalls durch entsprechende Modellierungen vorhergesagt beziehungsweise durch Kalibrierungen oder Eichmessungen gewonnen werden.

[0017] Wie sich gezeigt hat, lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren besonders vorteilhaft zur Gewinnung von Messparametern einsetzen, die zur Charakterisierung der Atemgasflüsse während der Beatmung eines Patienten benutzt werden sollen. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass keine direkte Verbindung zwischen dem Ort der Erzeugung des Messsignals und der Auswerteeinheit hergestellt werden muss. Vielmehr genügt es, in der Nähe der Signalerzeugung einen akustischen Signalaufnehmer zu platzieren, was insbesondere im klinischen Bereich entscheidende Handlungsvorteile bedeuten kann.

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren wird mit einer Vorrichtung ausgeführt, die die Messung von Strömungsparametern in strömenden Gasen ermöglicht und mindestens ein Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung sowie mindestens ein Mittel zur Messung des erzeugten Schalles umfasst. Das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung ist dabei im Bereich der zu messenden Strömung angeordnet. Besonders zuverlässige Messwerte, die durch eine genaue Extrapolation genaue Aussagen über die zu vermessende Strömung erlauben, erhält man, wenn das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung in einen geschlossenen Strömungsweg integriert ist. Das ist beispielsweise dann der Fall, wenn das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung in die Wege der Gasführung eines Beatmungsgerätes integriert ist. Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung so ausgestaltet ist, dass es Schallwellen emittiert, deren Frequenz von der Strömungsrichtung abhängt. Des Weiteren ist von Vorteil, wenn das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung so ausgestaltet ist, dass es Schallwellen emittiert, deren Amplitude mindestens in einem auswertbaren Frequenzbereich in eindeutiger Weise von

der Strömungsgeschwindigkeit abhängt. Diese Anforderungen lassen sich beispielsweise dadurch realisieren, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung eine als Flöte wirkende Hohlstruktur umfasst. Diese Anordnung lässt sich mit Vorteil miniaturisieren. Die als Flöte wirkende Hohlstruktur nimmt dabei einen Teil des Querschnitts des Strömungsweges ein, in dem die zu messende Strömung stattfindet. Eine Wandung der Hohlstruktur weist unterschiedlich ausgerichtete Einkerbungen unterschiedlicher Größe auf, an denen bei Anströmung eine Schallerzeugung erfolgt. Durch die unterschiedliche Ausrichtung der Einkerbungen wird in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung jeweils mindestens eine Einkerbung so angeströmt, dass es zu keiner nennenswerten Geräuschentwicklung kommt, während an der anderen Einkerbung ein akustisches Signal mit einer definierten Frequenz abgegeben wird. Kehrt sich die Strömungsrichtung um, wird durch die andere Ausrichtung ein akustisches Signal an der zuvor geräuscharm angeströmten Einkerbung abgegeben. Dieses Signal weist durch eine voneinander abweichende Dimensionierung der Einkerbungen eine andere Frequenz auf.

[0019] Aus der Lautstärke des jeweils abgegebenen akustischen Signales lässt sich auf die jeweils herrschende Strömungsgeschwindigkeit schließen. Die Einkerbungen ermöglichen also eine von der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit abhängige Schallemission.

[0020] Eine andere vorteilhafte Ausgestaltung einer Vorrichtung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung elastisch auslenkbare Zungen umfasst. Diese können ebenfalls so angeordnet werden, dass jeweils einzelne Zungen in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung angelegt werden, während andere Zungen im Wesentlichen geräuscharm umströmt werden. Weisen diese Zungen unterschiedliche Resonanzfrequenzen auf, so kommt es ebenfalls zur Emission eines akustischen Signales, das von der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit abhängt. Das Prinzip ähnelt der Schallerzeugung durch eine Zungenanordnung in einer Mundharmonika.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist die Vorrichtung zur erfindungsgemäßen Messung von Strömungsparametern ein Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung auf, das mindestens ein durch das strömende Gas in Rotation zu versetzendes Bauteil umfasst, dessen Drehzahl in eindeutiger Weise von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt. Das rotierende Bauteil ist dabei so ausgestaltet, dass die Rotation selbst zur Emission eines akustischen Signals führt, das Rückschlüsse auf die Strömungsgeschwindigkeit zulässt. Besonders vorteilhaft ist es, wenn darüber hinaus Mittel zum Erkennen

der Drehrichtung des durch das strömende Gas in Rotation zu versetzende Bauteil umfasst. Dadurch lassen sich wiederum Rückschlüsse über Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung ziehen und entsprechende Messsignale einer Verarbeitung zuführen.

[0022] Mit einer derartigen Vorrichtung lässt sich eine strömungsinduzierte Schallerzeugung realisieren, deren Frequenz eine eindeutige Aussage über die Strömungsrichtung und die Strömungsgeschwindigkeit ermöglicht. Das ist besonders vorteilhaft, wenn eine genaue Pegelmessung durch das Auftreten von Störgeräuschen erschwert wird.

[0023] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Vorrichtung zur erfindungsgemäßen Strömungsmessung zeichnet sich dadurch aus, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung mindestens ein mit zur Schallerzeugung beitragenden Öffnungen versehenes deformierbares Bauteil umfasst, das in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung unterschiedliche Positionen einnimmt, wobei durch unterschiedliche Ausrichtung der zur Schallerzeugung beitragenden Öffnungen unterschiedliche Schallfrequenzen emittiert werden. Aus Amplitude und Frequenz der akustischen Messsignale lassen sich wiederum Rückschlüsse auf Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsrichtung ziehen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung für eine Schallerzeugung im Ultraschallbereich ausgelegt ist. Dadurch ist eine besonders geringe Belastung durch störende Geräusche während des Klinikalltages erreichbar.

[0024] Zur Detektion der ausgesendeten akustischen Messsignale sind verschiedene Sensoren denkbar, wobei eindeutig verschiedenen Typen von Mikrofonen der Vorzug zu geben ist. Bei entsprechender Empfindlichkeit der eingesetzten Mikrofone lassen sich Abstände zwischen Schallquelle und Mikrofon realisieren, die ein komfortables Handling bei Anwendung des erfindungsgemäßen Messverfahrens ermöglichen. Die Notwendigkeit der Führung von Versorgungsleitungen in der Nähe der Atemgasführung entfällt vollständig. Durch die Miniaturisierung der Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung kommt es zu keiner nennenswerten Beeinflussung des Strömungswiderstandes. Des Weiteren können die Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung in die Bauelemente integriert werden, die ohnehin bei einer üblichen Atemgasversorgung vorhanden sind, also beispielsweise in ein Y-Stück, in einen Tubus oder sogenannten Endotracheal-Katheter oder in ansonsten zu Messzwecken eingesetzten Adapterstücken in der Nähe von Tubus oder Y-Stück. Dadurch ist es nicht erforderlich, für das erfindungsgemäße Messverfahren Maßnahmen zu ergreifen, die zu einer Vergrößerung des Totvolumens führen würden. Die robuste Bauart bestimmter Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung

mungsinduzierten Schallerzeugung, also beispielsweise miniaturisierter Flöten- oder Zungenanordnungen, führt einerseits zu einer geringen Empfindlichkeit gegenüber in der Strömung mitgeführten Partikeln sowie zu einer kostengünstigen Verfügbarkeit. Dadurch bietet sich an, das erfindungsgemäße Verfahren zumindest teilweise mit Einwegartikeln auszuführen. Als Einwegartikel bieten sich insbesondere die Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung an.

[0025] An Ausführungsbeispielen wird die Erfindung näher erläutert.

[0026] Er zeigen dabei

[0027] [Fig. 1](#) eine schematische Anordnung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0028] [Fig. 2](#) ein beispielhaftes Spektrum der akustischen Messsignale,

[0029] [Fig. 3](#) eine schematische Darstellung einer als Flöte wirkenden erfindungsgemäßen Hohlstruktur,

[0030] [Fig. 4](#) eine schematische Darstellung der Anordnung einer erfindungsgemäßen Hohlstruktur in einem Kanal zur Atemgasführung,

[0031] [Fig. 5](#) eine zu [Fig. 4](#) identische Anordnung als Schnittdarstellung mit Schnittebene senkrecht zur Strömungsrichtung,

[0032] [Fig. 6](#) eine Drei-Seiten-Ansicht einer Anordnung zur strömungsinduzierten Schallerzeugung mit elastisch auslenkbaren Zungen,

[0033] [Fig. 7](#) eine Zwei-Seiten-Darstellung einer Anordnung mit elastisch auslenkbaren Zungen in einem Kanal zur Atemgasführung,

[0034] [Fig. 8](#) eine Zwei-Seiten-Darstellung eines für eine strömungsinduzierte Schallerzeugung modifizierten Propellers,

[0035] [Fig. 9](#) eine Zwei-Seiten-Darstellung einer Anordnung mit einem derartigen Propeller in einem Kanal zur Atemgasführung,

[0036] [Fig. 10](#) eine Zwei-Seiten-Darstellung eines für eine strömungsinduzierte Schallerzeugung ausgelegten deformierbaren Bauteils,

[0037] [Fig. 11](#) eine Zwei-Seiten-Darstellung einer Anordnung mit einem derartigen Bauteil in einem Kanal zur Atemgasführung.

[0038] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Anordnung zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens

bei der Beatmung eines Patienten.

[0039] Ein Flowsensor-Gehäuse **1** ist zwischen dem Tubusrohr **2** und den Y-Stück **3** angeordnet. Bis zur Verzweigung des Y-Stückes **3** findet eine Strömung mit zyklischer Richtungsumkehr **4** statt. Im Flowsensor-Gehäuse **1** befindet sich eine durch die Beatmungsluft passiv betriebene Schallquelle **5**. Diese Schallquelle erzeugt während des Beatmungszyklus akustische Signale, die von einer Mikrofonsonde **6**, die sich außerhalb des Flowsensor-Gehäuses **1** befindet, empfangen werden können. Die Schallquelle **5** ist so konstruiert, dass sie bei der Einatmung eine andere akustische Frequenz erzeugt als bei der Ausatmung. Mit Hilfe einer Vorrichtung zur digitalen Signalbearbeitung **7** kann die Geschwindigkeit beziehungsweise der Volumenstrom, der durch das Tubusrohr **2** fließt, aus dem Spektrum der akustischen Signale ermittelt werden, wobei die Lautstärke oder der Pegel, gemessen in Dezibel, Rückschlüsse auf die Strömungsgeschwindigkeit und/oder unterschiedliche Tonhöhen, gemessen in Hertz, Rückschlüsse auf die Richtung des Volumenstromes ermöglicht. Die ermittelten Strömungsparameter können an einem Monitor **8** angezeigt bzw. zur Steuerung des Beatmungsgerätes **9** verwendet werden.

[0040] [Fig. 2](#) zeigt den qualitativen Verlauf eines beispielhaften Spektrums der akustischen Messsignale bei unterschiedlich starker Beatmung des Patienten. Gemessen wird der Schalldruckpegel (sound pressure level, SPL). Deutlich sichtbar sind zwei lokale Maxima f_{ex} , f_{in} , wobei jeweils die Frequenz eines Maximums einer Strömungsrichtung zugeordnet werden kann und der Pegel im Maximum einer diesem Pegel zuzuordnenden Strömungsgeschwindigkeit entspricht. Bei einer Beatmung mit relativ hoch eingestellten Atemvolumenströmen ist während der Expiration bei der für die Expiration charakteristischen Frequenz f_{ex} ein Pegel SPL_{e1} und während der Inspiration bei der für die Inspiration charakteristischen Frequenz f_{in} ein Pegel SPL_{i1} messbar.

[0041] Bei einer Beatmung mit relativ gering eingestellten Atemvolumenströmen ist dagegen während der Expiration beider für die Expiration charakteristischen Frequenz f_{ex} lediglich ein Pegel SPL_{e2} und während der Inspiration bei der für die Inspiration charakteristischen Frequenz f_{in} ein Pegel SPL_{i2} messbar. Anhand dieser gemessenen Parameter lässt sich die Strömung eindeutig charakterisieren.

[0042] [Fig. 3](#) zeigt eine schematische Darstellung einer als Flöte wirkenden Hohlstruktur **10** als Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung. Deren Wandung **11** weist zwei gegeneinander schräg gestellte schlitzförmige Einkerbungen **12**, **12'** unterschiedlicher Tiefe auf. Die Tiefe der Einkerbungen **12**, **12'** bestimmt die Frequenz der jeweiligen emittierten akustischen Signale, wogegen die Orientie-

rungsrichtung im Zusammenhang mit der jeweiligen Strömungsrichtung für die Auswahl der zur Schallemission beitragenden Einkerbung beiträgt. Auf diese Weise lässt sich durch selektive Erregung einzelner schräg stehender Einkerbungen **12** oder **12'** ein akustisches Signal erzeugen, dessen Frequenz von der Strömungsrichtung und dessen Intensität von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt. Das Beispiel ist also als eine passive Schallquelle in Form einer Mikroflöte zu verstehen, die bei der Ein- oder Ausatmung unterschiedliche Töne erzeugt, wobei unterschiedliche Lautstärken der Töne unterschiedlichen Volumenströmen entsprechen.

[0043] In **Fig. 4** ist dargestellt, wie die als Flöte wirkende Hohlstruktur **10** mit Hilfe eines mehrteiligen Haltesystems **13** in Strömungsrichtung symmetrisch im Sensorgehäuse **1** angeordnet ist. Das mehrteilige Haltesystem kann beispielsweise aus Blech bestehen.

[0044] **Fig. 5** zeigt die gleiche Anordnung in Form einer Schnittdarstellung, wobei die Schnittdarstellung mit Ebene senkrecht zur Strömungsrichtung verläuft. In der Anordnung ist die als Flöte wirkende Hohlstruktur **10** in Form einer miniaturisierten Flöte entlang der Hauptachse symmetrisch in dem Kanal zur Atemgasführung, der durch die Wand des Sensorgehäuses **1** gebildet wird, angeordnet. Eine derartige Mikroflöte kann dergestalt ausgeformt sein, dass sie, ähnlich einer Hundepfeife, Schallwellen im Ultraschallbereich erzeugt, wodurch keine zusätzliche Geräuschbelastung im Klinikalltag entsteht.

[0045] Alternativ ist auch eine asymmetrische Anordnung außerhalb der Mitte des Strömungsweges möglich.

[0046] **Fig. 6** zeigt eine Drei-Seiten-Ansicht einer Anordnung zur strömungsinduzierten Schallerzeugung mit elastisch auslenkbaren Zungen **14**, **14'** als eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Mittels zur strömungsinduzierten Schallerzeugung. Diese Anordnung arbeitet nach dem Prinzip einer Mundharmonika, wobei in zwei getrennten Kanälen **15**, **15'** Metallstreifen unterschiedlicher Größe und Dicke als durchschlagende Zunge **14**, **14'** angebracht sind, die von der Durchströmung zur Schwingung erregt werden und somit Schallwellen erzeugen. Die Kanäle **15**, **15'** werden von einer Kapselung **16** gebildet, die zumindest in der Nähe der Schallerzeugung für eine Strömungsführung sorgt.

[0047] **Fig. 7** verdeutlicht, dass die Anbringung einer derart gekapselten Zungenanordnung analog der miniaturisierten Flöte in einem Kanal zur Atemgasführung, der durch die Wand des Sensorgehäuses **1'** gebildet wird, erfolgen kann. Die Befestigung wird mit Hilfe eines mehrteiligen Haltesystems **13'** vorgenommen.

[0048] **Fig. 8** zeigt eine Zwei-Seiten-Darstellung eines für eine strömungsinduzierte Schallerzeugung modifizierten zweiflügligen Propellers **17**. Dieser wird durch die zu messende Gasströmung in Rotation versetzt, wobei der Drehsinn von der Strömungsrichtung abhängt. Der Propeller **17** ist so ausgeführt, dass er ein ausreichend niedriges Trägheitsmoment aufweist, um atemzug aufgelöste Messungen mit wechselnder Drehrichtung zu ermöglichen. Die Flügel sind mit jeweils einer stumpfenden Einkerbung **18**, **18'** versehen. Die Einkerbungen **18**, **18'** sind asymmetrisch und gegensinnig angeordnet und weisen unterschiedliche Abmessungen auf. Durch die gegensinnige Anordnung kommt es im Falle der Rotation immer nur an einer Einkerbung zu einer auswertbaren Schallerzeugung. Frequenz und Pegel des akustischen Signals hängen von der Drehrichtung und der Drehzahl ab und ermöglichen die Ermittlung von Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit am Ort der Anordnung. In Abwandlung des Ausführungsbeispiels kann ein derartiger Propeller auf den umströmten Flügelflächen verschiedene andere Mittel zur Strömungsbeeinflussung aufweisen, die richtungs- und geschwindigkeitsabhängige Schallemissionen bewirken. Das können beispielsweise kleine Zaun- oder Lamellenanordnungen sein.

[0049] **Fig. 9** zeigt die Anordnung eines für eine strömungsinduzierte Schallerzeugung modifizierten zweiflügligen Propellers **17** in einem Kanal zur Atemgasführung, der durch die Wand des Sensorgehäuses **1''** gebildet wird. Die Befestigung wird mit Hilfe eines mehrteiligen Haltesystems **13''** vorgenommen.

[0050] **Fig. 10** zeigt eine Zwei-Seiten-Darstellung eines für eine strömungsinduzierte Schallerzeugung ausgelegten deformierbaren Bauteils in Form eines miniaturisierten Biegebalkens **19**, der mit einer konischen Bohrung **20** versehen ist.

[0051] **Fig. 11** zeigt die Art und Weise der Anbringung eines derartigen Biegebalkens **19** in einem Kanal zur Atemgasführung, der durch die Wand des Sensorgehäuses **1'''** gebildet wird. Der Biegebalken **19** ist einseitig an der Wand des Sensorgehäuses **1'''** befestigt. Die Achse der konischen Bohrung **20** verläuft im entspannten Zustand des Biegebalkens **19** parallel zur Strömungsrichtung. Durch die unterschiedlichen Öffnungsweiten der konischen Bohrung **20** kommt es in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung zur Entstehung akustischer Signale mit unterschiedlicher Frequenz. Gleichzeitig bewirkt die auf den Biegebalken **19** einwirkende Strömung eine Deformation des Biegebalkens **19**, wobei die Auslenkung von der Strömungsgeschwindigkeit bestimmt wird. Durch diese Auslenkung wird die Achse der konischen Bohrung **20** unterschiedlich stark gegen die Strömungsrichtung verschwenkt, was ebenfalls einen Einfluss auf die Frequenz des erzeugten Signals hat. Zusätzlich beeinflusst die Strömungsgeschwin-

digkeit den Pegel des erzeugten Signals. Die Strömungsrichtung bestimmt in dieser Anordnung einen richtungsabhängigen Frequenzbereich, innerhalb dessen eine geschwindigkeitsabhängige Feinstimmung erfolgt. Allein aus der Frequenzanalyse lässt sich somit eine Aussage über Strömungsrichtung und Strömungsgeschwindigkeit am Ort der konischen Bohrung **20** treffen.

[0052] Um die Schallerzeugung auch bei niedrigen Volumenströmen zu gewährleisten, können die Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung mit Mitteln für eine Strömungsbeschleunigung in einem Sensorgehäuse oder in benachbarten Komponenten der Gesamtanordnung eingebaut werden. Dazu können Maßnahmen zwecks Strömungshomogenisierung ergriffen werden, um eine höhere Messgenauigkeit durch Einpunktmessungen zu gewährleisten. So lässt sich die erfindungsgemäß ausgestaltete Schallquelle auch in Flowsensoren mit sogenannten ebenen Messstrecken einsetzen.

[0053] Das Sensorgehäuse verfügt im vorliegenden Beispiel auf beiden Enden über passende Schnittstellen zum Tubusadapter beziehungsweise zum Y-Stück. In einer alternativen Ausgestaltung kann jedoch die Schallquelle direkt in das Y-Stück beziehungsweise in den Tubus integriert sein.

[0054] Eine erfindungsgemäße Anordnung zeichnet sich durch besondere Robustheit, insbesondere eine robustere Konstruktion im Vergleich zu Hitzdrähten oder planaren Messelementen, aus. Es ergibt sich ein geringer Energieaufwand, da die Schallquelle selbst passiv betrieben wird. Baubedingt, ergibt sich eine größere Toleranz gegenüber Kondensat, Sputum und transportierten Partikeln.

[0055] Neben der erzielbaren Bedienungsfreundlichkeit und Vorteilen bei Handhabung und Benutzung ist festzustellen, dass ein Sensorgehäuse mit passenden Schnittstellen bzw. Adaptern zu benachbarten Komponenten besonders vorteilhaft als Träger von Einwegsensoren ausgeführt werden kann. In diesem Falle wird nur die Mikrofon- und Auswerteeinheit mehrfach verwendet, wogegen der eigentliche Schallerzeuger nach einmaliger Benutzung verworfen wird, wodurch eine aufwändige Reinigung und Sterilisation entfallen kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung von Strömungsparametern in strömenden Gasen, umfassend mindestens die folgenden Schritte:
 – Anordnung eines Mittels zur strömungsinduzierten Schallerzeugung im Bereich der zu messenden Strömung,
 – Messung der Frequenz und/oder des Pegels des während der zu messenden Strömung erzeugten

Schalles als akkustische Parameter,
 – Ermittlung der zu messenden Strömungsparameter durch Verarbeitung der gemessenen akkustischen Parameter.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsinduzierte Schallerzeugung überwiegend mit einer Frequenz erfolgt, die in eindeutiger Weise von der Strömungsrichtung abhängt, die Frequenz des emittierten Schalles gemessen wird und aus der gemessenen Frequenz die Strömungsrichtung des strömenden Gases ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsinduzierte Schallerzeugung in einer Weise erfolgt, dass der Pegel des erzeugten Schalles mindestens in einem auswertbaren Frequenzbereich in eindeutiger Weise von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt, der Schallpegel in zumindest einem Teil dieses Frequenzbereiches gemessen wird und aus dem gemessenen Schallpegel die Strömungsgeschwindigkeit des strömenden Gases ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die strömungsinduzierte Schallerzeugung in einer Weise erfolgt, dass die Frequenz des erzeugten Schalles in eindeutiger Weise von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt, die Frequenz des Schalles gemessen wird und aus der gemessenen Frequenz die Strömungsgeschwindigkeit des strömenden Gases ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die gemessenen Parameter zur Charakterisierung der Atemgasflüsse während der Beatmung eines Patienten benutzt werden.

6. Vorrichtung zur Messung von Strömungsparametern in strömenden Gasen gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1, umfassend mindestens ein Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung, das im Bereich der zu messenden Strömung angeordnet ist, und mindestens ein Mittel zur Messung des erzeugten Schalles.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung in einen geschlossenen Strömungsweg integriert ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung in einen Strömungsweg für die Führung von Atemgasen an einem Gerät für die künstliche Beatmung integriert ist.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8,

dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung so ausgestaltet ist, dass es Schallwellen emittiert, deren Frequenz von der Strömungsrichtung abhängt.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung so ausgestaltet ist, dass es Schallwellen emittiert, deren Frequenz von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung so ausgestaltet ist, dass es Schallwellen emittiert, deren Amplitude mindestens in einem auswerfbaren Frequenzbereich in eindeutiger Weise von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung eine als Flöte wirkende Hohlstruktur (**10**) umfasst.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die als Flöte wirkende Hohlstruktur (**10**) Einkerbungen (**12**, **12'**) aufweist, die eine von der Strömungsrichtung und der Strömungsgeschwindigkeit abhängige Schallemission ermöglichen.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung elastisch auslenkbare Zungen (**14**, **14'**) umfasst.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung mindestens ein durch das strömende Gas in Rotation zu versetzendes Bauteil umfasst, dessen Drehzahl in eindeutiger Weise von der Strömungsgeschwindigkeit abhängt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zum Erkennen der Drehrichtung des durch das strömende Gas in Rotation zu versetzende Bauteil umfasst sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung mindestens ein mit zur Schallerzeugung beitragenden Öffnungen versehenes deformierbares Bauteil umfasst, das in Abhängigkeit von der Strömungsrichtung unterschiedliche Positionen einnimmt, wobei durch unterschiedliche Ausrichtung der zur Schallerzeugung beitragenden Öffnungen unterschiedliche Schallfrequenzen emittiert werden.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein

Mittel zur strömungsinduzierten Schallerzeugung für eine Schallerzeugung im Ultraschallbereich ausgelegt ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel zur Messung des erzeugten Schalles zumindest ein Mikrofon umfasst.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

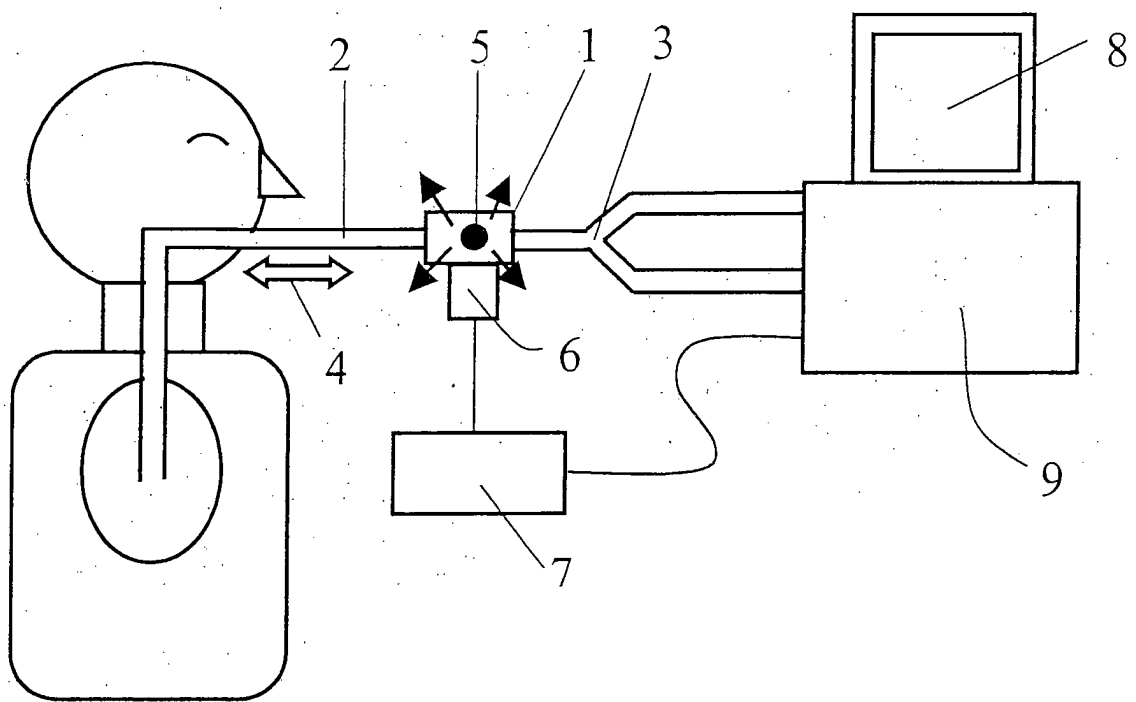


Fig. 1

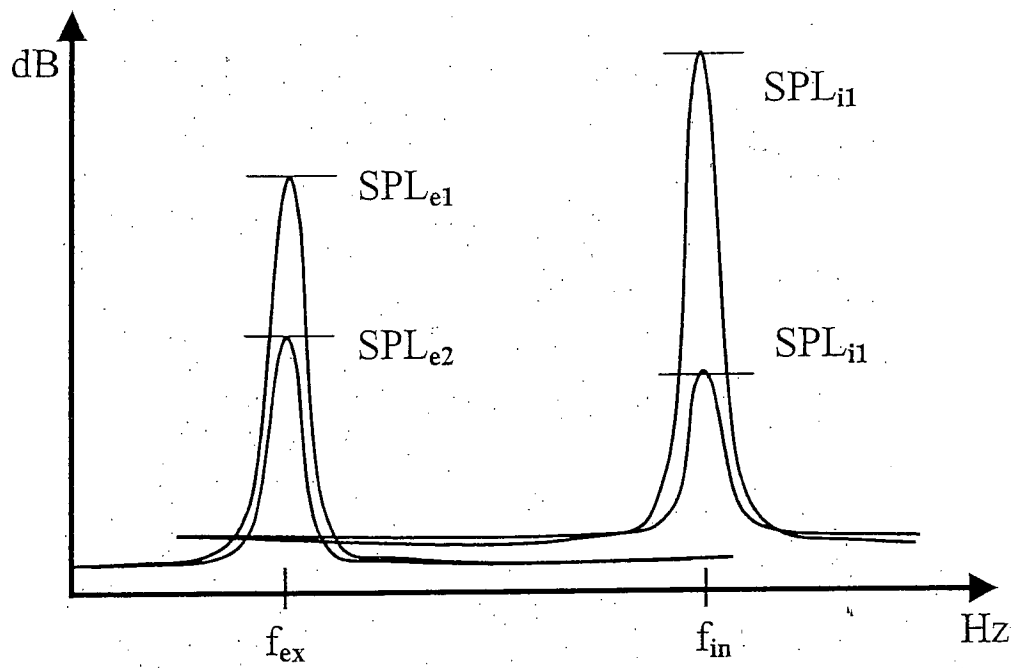


Fig. 2

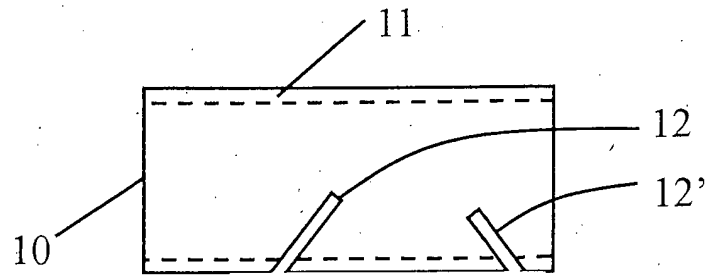


Fig. 3

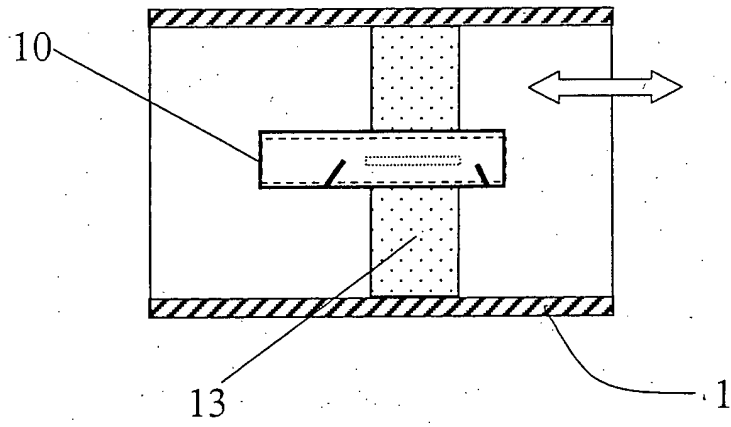


Fig. 4

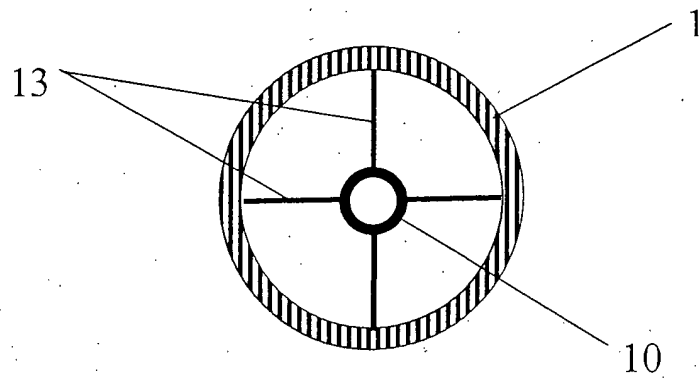


Fig. 5

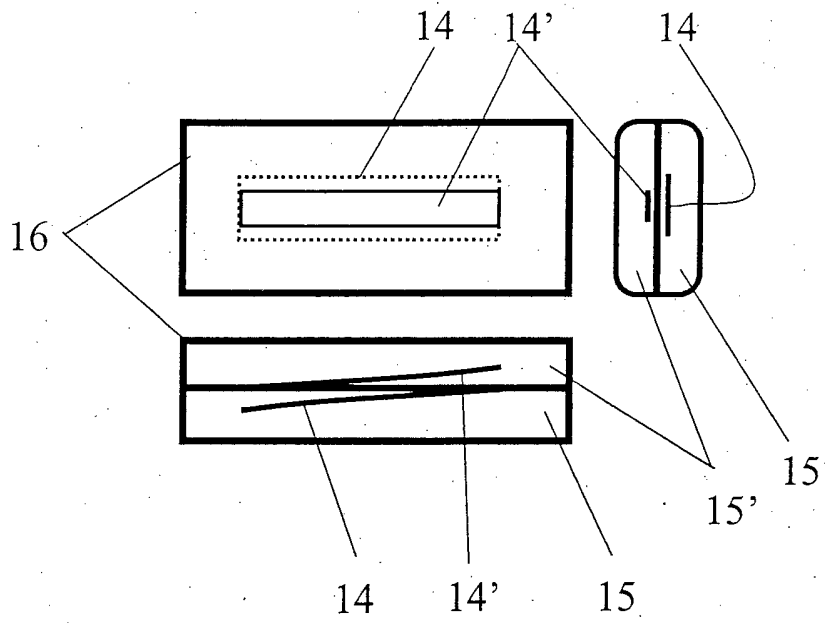


Fig. 6

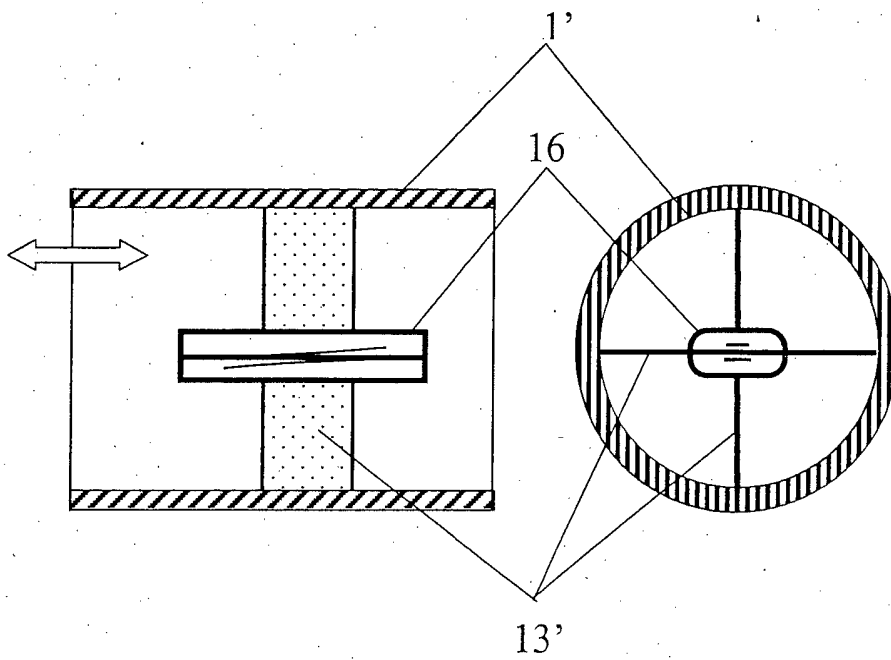


Fig. 7

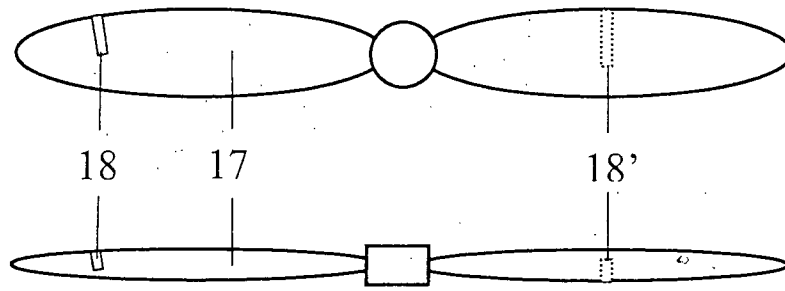


Fig. 8

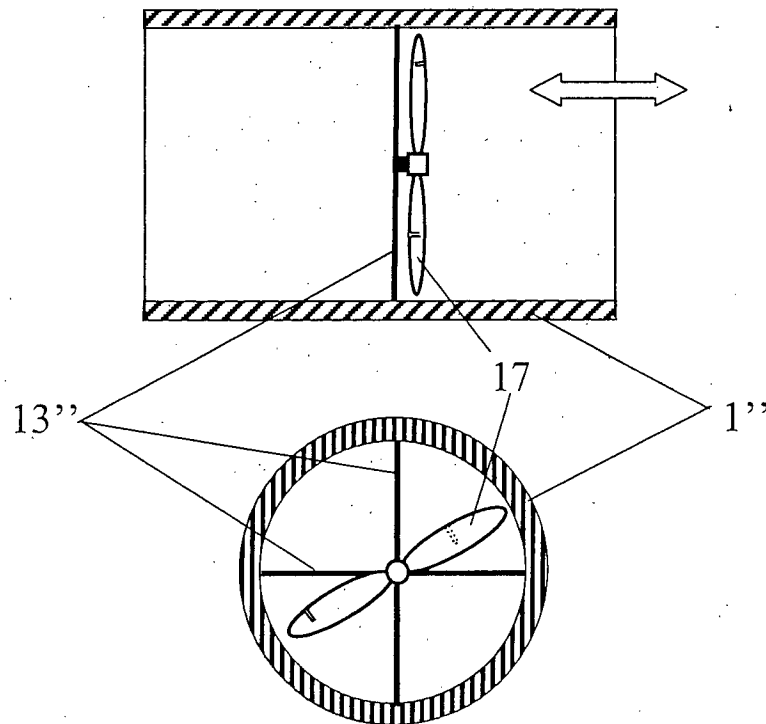


Fig. 9

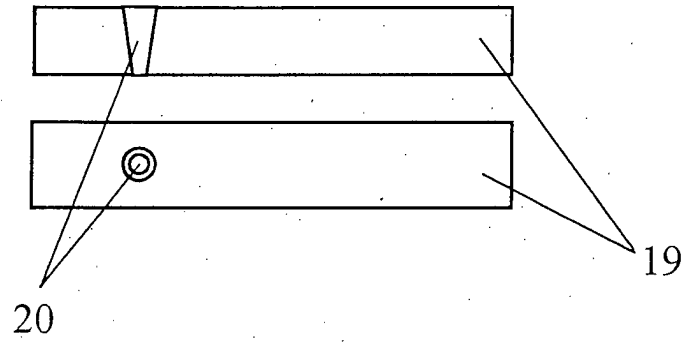


Fig. 10

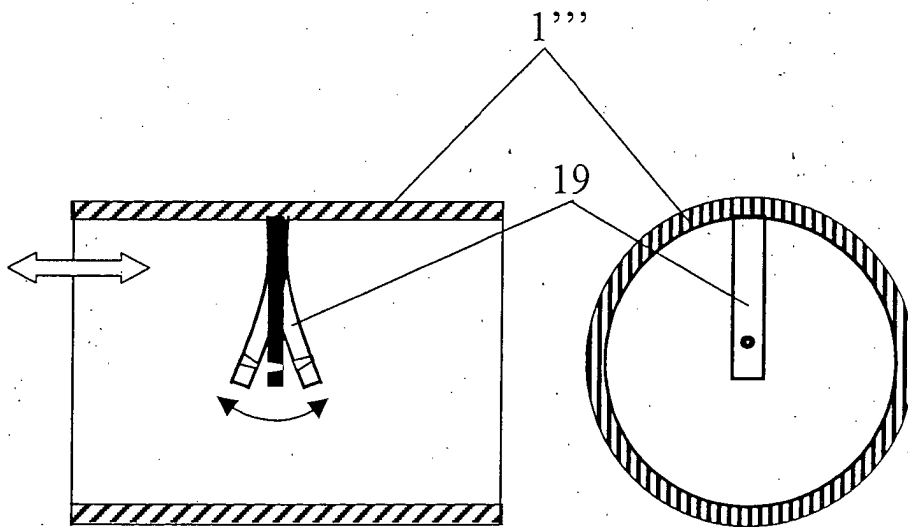


Fig. 11