



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 25 217 T2 2004.07.29**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 815 792 B1**

(51) Int Cl.7: **A61B 5/087**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 25 217.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 304 715.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **30.06.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **07.01.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.10.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.07.2004**

(30) Unionspriorität:

962729 02.07.1996 FI

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, SE

(73) Patentinhaber:

Instrumentarium Oy, Helsinki, FI

(72) Erfinder:

**Weckström, C/o Instrumentarium Oy, Kurt, 00510
Helsinki, FI**

(74) Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(54) Bezeichnung: **Messwertaufnehmer und System zur Gasdurchflussmessung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Messfühler zum Messen eines Gasflusses, insbesondere zum Messen des Drucks und/oder Flusses des Atemgases eines Patienten, wie er im Oberbegriff von Anspruch 1 definiert ist. Darüber hinaus bezieht sich die Erfindung auf ein System zum Messen des Drucks und/oder Stroms des Atemgases eines Patienten, wie es im Oberbegriff von Anspruch 17 definiert ist.

[0002] In Krankenhäusern müssen während der Intensivpflege und bei Operationen Beatmungsmaschinen eingesetzt werden, welche die Beatmung der Patienten übernehmen. Ein ungehinderter Gasfluss in die und aus den Lungen des Patienten ist natürlich von entscheidender Bedeutung. Der Zustand der Gaskanäle kann sowohl durch Messung der Konzentrationen der ausgeatmeten Gase als auch durch Messung des Flusses und Drucks der Gase überwacht werden. Insbesondere ist die Überwachung des Kohlendioxidgehalts des ausgeatmeten Gases als Routine in Operationssälen weit verbreitet. Dennoch sind die Messung von Fluss und Druck wesentliche zusätzliche Funktionen sowohl im Hinblick auf Sicherheit als auch weil sie es ermöglichen, Mengen zu berechnen, die für die mechanische Arbeit und den Atemmetabolismus der Lungen aussagekräftig sind.

[0003] Im Prinzip gibt es viele anwendbare Arten von Strömungsfühlern. Allerdings werfen Messungen unter klinischen Bedingungen viele Probleme auf. Die Strömung wird vom Ende eines sogenannten Intubationsschlauchs aus gemessen, der in die Luftröhre des Patienten eingeführt ist. Deshalb ist der Fühler sowohl Feuchtigkeit als auch aus der Luftröhre kommenden Schleimabsonderungen ausgesetzt. Es ist klar, dass solch eine Verschmutzung möglicherweise den Betrieb insbesondere des allgemein gebräuchlichen Turbinen- und Heißdrahtfühlers beeinträchtigt. Ultraschallfühler können eine Verschmutzung besser vertragen, hängen aber von Änderungen des Strömungsprofils, der Temperatur und der Gaszusammensetzung ab, was einen ausgefeilten Ausgleich erforderlich macht. Differenzdruckfühler eignen sich besser für den klinischen Gebrauch. Die Strömung im Schlauch kann laminar oder turbulent sein. Im Falle laminarer Strömung ist der Druckunterschied über ein im Schlauch untergebrachtes Strömungsdrosselelement direkt proportional zur Strömung. Im Fall turbulenter Strömung hängt der Druckunterschied vom Quadrat der Strömung ab. Zusätzlich hängt der Druckunterschied vom Quadrat der Querschnittsfläche des Strömungsschlauchs ab. Die gegenwärtig verwendeten Fühler sind im Allgemeinen aus Kunststoff hergestellt, und die Wasserkonzentration bildet kleine Tropfen auf den Innenwänden des Strömungsfühlers, weil Wasser einen großen Kontaktwinkel zu einer Kunststoffoberfläche hat. Das Problem ist, dass das kondensierte Wasser

zusammen mit etwaigen sich darin angesammelten Abscheidungen die Querschnittsfläche des Fühlers reduziert, was zu einer Zunahme beim gemessenen Druckunterschied führt. Ist der gemessene Druckunterschied zu groß, bedeutet dies auch, dass der berechnete Strömungswert zu hoch und deshalb nicht richtig ist. Ein Fühler mit einer kleinen Querschnittsfläche ist in dieser Hinsicht am empfindlichsten. Bei kurzfristigem Gebrauch des Messfühlers ist der sich ergebende Fehler im Allgemeinen nicht zu groß, aber wenn der Fühler kontinuierlich verwendet wird, z. B. eine oder mehrere Stunden unter feuchten Bedingungen, wird der in den Messergebnissen entstehende Fehler erheblich. Ein Weg, dieses Problem auszumerzen, ist, den Fühler auf eine Temperatur zu erwärmen, die ausreicht, um Kondensation zu verhindern. Dieses Verfahren erfordert jedoch ein Heizelement und einen elektrischen Anschluss, somit ist es schwierig in der Praxis einzusetzen, und ein Fühler mit einem Heizelement ist auch noch teuer herzustellen. Darüber hinaus kann ein heißes Element eine Gefahr für den Patienten darstellen.

[0004] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, die vorstehend beschriebenen Probleme auszumerzen.

[0005] Eine spezielle Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen verbesserten, den Fluss von Atemgas drosselnden Fühler vorzustellen, der auf kondensiertes Wasser und Schleimabsonderungen des Patienten nicht empfindlich reagiert, und der in der Lage ist, selbst unter schmutzigen Bedingungen zuverlässig zu arbeiten. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein entsprechend verbessertes System zur Messung des Drucks und/oder Flusses des Atemgases eines Patienten vorzustellen.

[0006] Der Messfühler der Erfindung ist durch das gekennzeichnet, was in Anspruch 1 dargestellt ist. Das System der Erfindung ist durch das gekennzeichnet, was in Anspruch 17 dargestellt ist.

[0007] Der Messfühler der Erfindung umfasst einen rohrförmigen Fließkanal, um den zu messenden Gasfluss zu leiten, welcher Fließkanal durch eine Wand begrenzt ist; ein in dem Fließkanal angeordnetes Drosselelement, um den Gasfluss in dem Fließkanal zu drosseln; und in den Fließkanal mündende Messkanäle, um den Druck aus dem Fließkanal in eine Messvorrichtung überzuleiten, an welche der Fühler zum Messen des vom Drosselelement verursachten Druckunterschieds anschließbar ist.

[0008] Erfindungsgemäß ist die Innenfläche der Wand des Fließkanals und/oder das Drosselelement, wobei die Fläche in direktem Kontakt mit dem zu messenden Gasfluss ist, mit einem Mittel versehen, um den Kontaktwinkel eines Wassertropfens oder eines wasserhaltigen Tropfens zu der Fläche im Verhältnis zu dem Kontaktwinkel zu verkleinern, der sich zwischen einem entsprechenden Wassertropfen und einer nicht mit einem solchen Mittel behandelten Fläche bildet.

[0009] Das System der Erfindung umfasst einen In-

tubationsschlauch, der dazu ausgelegt ist, in die Luftröhre eines Patienten eingeführt zu werden; einen Messfühler, der an den Intubationsschlauch angeschlossen ist und einen rohrförmigen Fließkanal umfasst, um den zu messenden Gasstrom zu leiten, wobei der Fließkanal von einer Wand begrenzt ist; ein Drosselement, das in dem Fließkanal angeordnet ist, um den Gasstrom im Fließkanal zu drosseln; eine Messvorrichtung, um den vom Drosselement hervorgerufenen Druckunterschied zu messen; und Messkanäle, die in den Fließkanal münden, um den Druck vom Fließkanal in die Messvorrichtung überzuleiten.

[0010] Erfindungsgemäß ist die Innenfläche der Wand der Fließkanals und/oder das Drosselement, wobei die Fläche in direktem Kontakt mit dem zu messenden Gasfluss ist, mit einem Mittel versehen, um den Kontaktwinkel eines Wassertropfens oder wasserhaltigen Tropfens zu der Fläche im Verhältnis zu dem Kontaktwinkel zu verkleinern, der sich zwischen einem entsprechenden Wassertropfen und einer nicht mit einem solchen Mittel behandelten Fläche bildet.

[0011] Die Erfindung beruht auf dem Prinzip, den Kontaktwinkel zwischen Wasser und dem Fühlermaterial ausreichend zu verkleinern und die kondensierten Wassertropfen dazu zu bringen, sich entlang der Innenfläche des Messfühlers zu verteilen, wodurch eine übermäßige Abnahme der Querschnittsfläche des Fühlers verhindert wird. Deshalb tun sich selbst kleine Wassertropfen schnell zusammen und bilden einen durchgehenden Film, der aus dem Fühler ausfließen kann. Das Strömungsmessergebnis bleibt langfristig innerhalb der festgesetzten Toleranzgrenze, was insbesondere bei der Intensivpflege wichtig ist. Der Kontaktwinkel eines Wassertropfens kann durch das sogenannte „Tropfen-auf-fester-Unterlage“-Verfahren bestimmt werden.

[0012] In einer Ausführungsform des Messfühlers reduziert das Mittel die Oberflächenenergie eines Tropfens.

[0013] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems erhöht das Mittel die Oberflächenenergie der in Frage kommenden Fläche.

[0014] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist das Mittel ein oberflächenaktives Mittel, das die Oberflächenenergie eines Tropfens reduziert.

[0015] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist das Mittel ein auf der in Frage kommenden Fläche immobilisiertes Beschlagsverhinderungsmittel. In einer Ausführungsform des Messfühlers ist das oberflächenaktive Mittel ein Beschlagsverhinderungsmittel. Das verwendete Beschlagsverhinderungsmittel kann z. B. Dr. Fog sein (hergestellt von O.R. Concepts Inc., USA), welches ein im Handel erhältliches Beschlagsverhinderungsmittel ist, das zur Beschlagsverhinderungsbekämpfung der Optik ausgelegt ist, die in Endoskopiegeräten zum Einsatz kommt. Es können auch die Beschlagsverhinde-

rungsmittel verwendet werden, die in der Spezifikation US 3.068.100 erwähnt sind.

[0016] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems wird das Mittel als filmartiger Belag auf die in Frage kommende Fläche aufgebracht.

[0017] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist der von dem Mittel gebildete Belag auf der Fläche immobilisiert.

[0018] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist das Material der Wand und/oder des Drosselements mit dem Mittel imprägniert.

[0019] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist das Mittel so ausgewählt, dass der Kontaktwinkel eines Wassertropfens oder eines wasserhaltigen Tropfens zur in Frage kommenden Fläche kleiner als 30°, geeigneter Weise kleiner als 20°, vorzugsweise kleiner als 10° und am Bevorzugtesten 0° ist.

[0020] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist das Mittel ein oberflächenaktives Mittel, das in Wasser löslich ist.

[0021] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems besteht das oberflächenaktive Mittel aus Molekülen, die eine oleophile hydrophobe Gruppe wie eine Alkylkette, und eine hydrophile Gruppe wie eine negativ geladene Carbon- oder Sulfonsäuregruppe enthält. Das oberflächenaktive Mittel kann z. B. ein Dioctylnatriumsulfosuccinat sein, die unter verschiedenen kommerziellen Handelsmarken erhältlich sind und z. B. in der Medizin- und Kosmetikindustrie und in Nahrungsmitteln als Benetzungsmittel eingesetzt werden.

[0022] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems enthält das Mittel ein Detergens wie Seife o. dgl.

[0023] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist der Messfühler ein Spirometerfühler, der an einen, in die Luftröhre eines Patienten eingeführten Intubationsschlauch angeschlossen ist. In dasselbe Teil kann auch ein Messkanal eingebaut sein, der als Probenehmer für einen Gasanalysenapparat fungiert. Der Messkanal kann auch mit einem oberflächenaktiven Mittel überzogen sein.

[0024] Eine Ausführungsform des Messfühlers und Systems umfasst einen Messkanal, der an den Messfühler angeschlossen ist und als ein Probenehmer für einen Gasanalysenapparat fungiert.

[0025] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems arbeitet der Messfühler auf dem Pitotröhrenprinzip basierend auf der Messung des Pitotdrucks, bei dem das Strömungsdrosselement aus einer oder mehreren Lamellen besteht, die gegen die Strömung gerichtet ist/sind.

[0026] In einer Ausführungsform des Messfühlers und Systems ist das Drosselement mit Lamellen ausgestattet, die radial um die Öffnung des Messkanals angeordnet sind, und jede Lamelle ist mit einer Nut ausgestattet, um den auf die Lamelle auftreffenden Gasstrom in die Öffnung zu leiten.

[0027] In einer Ausführungsform des Systems um-

fasst das System ein Gasanalysegerät zur Bestimmung der Zusammensetzung von Atemgas.

[0028] In einer Ausführungsform des Systems fungiert der Messkanal als Probenehmer für das Gasanalysegerät und ist zwischen dem Intubationschlauch und einer Beatmungsmaschine angeordnet.

[0029] In einer Ausführungsform des Systems ist der als Probenehmer für ein Gasanalysegerät fungierende Messkanal zwischen einer Beatmungsmaschine und dem Patienten angeordnet.

[0030] Im Folgenden wird die Erfindung im Einzelnen mit Hilfe einiger Beispiele ihrer Ausführungsformen durch Bezug auf die beigegefügte Zeichnung beschrieben.

[0031] **Fig. 1** ist ein Schema, das eine erste Ausführungsform des Messfühlers der Erfindung im Längsschnitt darstellt,

[0032] **Fig. 2** ist ein Schema, das eine zweite Ausführungsform des Messfühlers der Erfindung im Längsschnitt darstellt,

[0033] **Fig. 3** ist ein Schema, das eine dritte Ausführungsform des Messfühlers der Erfindung im Längsschnitt darstellt,

[0034] **Fig. 4** ist ein Schema, das eine vierte Ausführungsform des Messfühlers der Erfindung im Längsschnitt darstellt,

[0035] **Fig. 5** ist ein Schema, das eine fünfte Ausführungsform des Messfühlers der Erfindung im Längsschnitt darstellt,

[0036] **Fig. 6** stellt den Abschnitt VI-VI von **Fig. 5** dar,

[0037] **Fig. 7** ist ein Schema, das eine sechste Ausführungsform des Messfühlers der Erfindung im Längsschnitt darstellt,

[0038] **Fig. 8** stellt Signale als Zeitfunktionen dar, die mit einem unbeschichteten Messfühler A und mit einem Messfühler B gemessen wurden, der mit einem oberflächenaktiven Mittel nach der Erfindung beschichtet ist,

[0039] **Fig. 9** stellt die Form eines Wassertropfens auf der Oberfläche einer Wand eines Messfühlers aus dem Stand der Technik dar,

[0040] **Fig. 10** stellt die Form eines Wassertropfens auf der Oberfläche einer Wand eines Messfühlers dar, die mit einem Mittel nach der Erfindung behandelt wurde, und

[0041] **Fig. 11** ist ein Schema, das eine Ausführungsform des Systems nach der Erfindung darstellt.

[0042] Die **Fig. 1–7** stellen verschiedene Messfühlertypen mit Strömungsdrosselung dar, die zum Messen eines Gasflusses ausgelegt sind, und die mit einer Beschichtung aus einem erfindungsgemäßen Mittel verbessert werden können. Die Strömungsfühlergrundtypen und ihre Prinzipien sind z. B. in der Veröffentlichung Doebelin: Measurement Systems, McGraw-Hill Kogakusha, 1976 dargestellt.

[0043] Die in den **Fig. 1–7** gezeigten Messfühler umfassen einen rohrförmigen Fließkanal **1** zum Durchlass eines zu messenden Gasflusses. Der

Fließkanal ist durch eine Wand **2** begrenzt. Der Fließkanal ist mit einem Drosselelement **3** versehen, das einen Gasfluss im Fließkanal drosseln soll. Mit dem Fließkanal **1** stehen Messkanäle **4** in Verbindung, die im Gebrauch an eine Messvorrichtung angeschlossen sind, um den Druckunterschied zu messen, der durch die Wirkung des Strömungsdrosselements **3** im Fließkanal hervorgerufen wird. Die Oberfläche der Wand **2** des Fließkanals **1** und/oder das Drosselelement **3** ist, wobei die Oberfläche in direktem Kontakt mit dem zu messenden Gasfluss ist, mit einem Mittel versehen, um den Kontaktwinkel θ eines Wassertropfens oder wasserhaltigen Tropfens zu der Fläche im Verhältnis zum Kontaktwinkel zu verkleinern, der zwischen einer entsprechenden, nicht mit einem solchen Mittel behandelten Fläche und einem entsprechenden Tropfen entsteht. Was seine Wirkung betrifft, so kann das Mittel entweder die Oberflächenenergie (Oberflächenspannung) des Tropfens reduzieren, oder alternativ die Oberflächenenergie dieser Fläche erhöhen.

[0044] In der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform ist das Drosselelement **3**, das die Strömung im Fließkanal **1** drosselt, ein Loch **6**, wobei sich die Öffnungen **7** der Druckmesskanäle **4** auf seinen beiden Seiten befinden. Diese Öffnungen sind über Messkanalschläuche **4** an eine Messvorrichtung **8** angeschlossen, welche ein Element ist, das Druckunterschied misst. Was ihre Form betrifft, kann das Loch **6**, wie in der zuvor erwähnten Veröffentlichung festgestellt, verschiedene Erscheinungsbilder haben, ihre Empfindlichkeit gegen kondensiertes Wasser ist aber in allen Ausführungsformen dieselbe, wobei die Drosselöffnung aufgrund des kleinsten Durchmessers das kritischste Teil ist.

[0045] Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, kann das Drosselelement **3** auch aus einem verengten Teil **9** des Fließkanals **1** bestehen. Dies ist ein sogenanntes Venturi-Rohr, in welchem die Verluste wegen der Stromlinienform geringer sind. Seine Empfindlichkeit gegen Feuchtigkeit ist jedoch dieselbe wie bei einem Fühler mit einer wie in **Fig. 1** gezeigten Drosselöffnung.

[0046] **Fig. 3** stellt einen Strömungsmessfühler dar, bei dem das Drosselelement **3**, das die Strömung im Fließkanal drosselt, aus den Öffnungen **10** des Messkanals **4** besteht, die sich in der Strömung befinden. Die Öffnungen **10** sind symmetrisch angeordnet, um eine Strömungsmessung in beiden Richtungen des Schlauchs mit derselben Messempfindlichkeit zu messen. Die Öffnungen **10**, die typischerweise in der Mitte der Fließkanalröhre **1** angeordnet sind, sind über Messkanalschläuche **4** an eine Messvorrichtung **8** angeschlossen. Die Öffnungen **10** sind eine Variante der Pitotröhre. Ein Fühler wie dieser hat einen relativ geringen Strömungswiderstand, im Falle eines rauen Strömungsprofils jedoch, entsteht ein Messfehler. Dies tritt beispielsweise bei einer Messung im Atemtrakt auf, wie in der Spezifikation US 5.088.332 festgestellt ist. Diese Lösung ist etwas weniger empfindlich gegen kondensiertes Wasser, ihr Verhalten

ist im Prinzip jedoch demjenigen der vorstehend erwähnten Fühler ähnlich.

[0047] Der in **Fig. 4** dargestellte Strömungsfühler basiert auf einem Laminarströmungswiderstand. Das die Strömung drosselnde Drosselement **3** wurde so aufgebaut, dass der Innenraum des Schlauchs in eine große Anzahl von kleinen Röhren **11** aufgeteilt wurde, wovon in jeder eine laminare Strömung im relevanten Messbereich vorherrscht. Als eine Folge davon kann der Fühler jedoch verstopfen. Er ist deutlich anfälliger für Wassertropfen als die anderen beschriebenen Fühlertypen.

[0048] Basierend auf dem in **Fig. 3** dargestellten Prinzip, stellen die **Fig. 5** und **6** einen Strömungsmessfühler **D** mit einem verbesserten Aufbau dar, der aus der Spezifikation US 5.088.332 bekannt ist und den mittleren Wert des Strömungsprofils misst. **Fig. 5** zeigt den Fühler in Stirnansicht, und **Fig. 6** zeigt einen Längsschnitt davon entlang der Linie VI-VI. Nahe an und um die Öffnungen **12**, die als Drosselement **3** in der Fließkanalröhre **1** wirken, sind Lamellen **13** mit einer Nut versehen, wobei diese Ausführungsform drei solche Lamellen aufweist. Diese Anordnung nimmt den Pitot-Druck gleichmäßig aus allen Richtungen auf, und Verschiebungen im Strömungsprofil haben keine Auswirkung auf das Ergebnis. Es ist auch möglich, an den Fühler einen Probenahme-schlauch **5** zur Messung von Gaskonzentrationen anzuschließen, und dazu wird der Fühler an ein Spirometer und den Probenahmeadapter eines Gasanalysegeräts **A** angeschlossen.

[0049] **Fig. 7** zeigt noch eine andere Ausführungsform des Messfühlers, die dem Fühler von **Fig. 5** und **6** entspricht, mit der Ausnahme, dass der Messkanal **5**, der einen an das Gasanalysegerät **A** angeschlossenen Probennehmer bildet, an einem separaten Anschlussstück **20** angeordnet ist, das zwischen dem Intubationsschlauch **I** und dem Messfühler angeschlossen ist, was dem in **Fig. 11** dargestellten System entspricht, das später noch ausführlicher beschrieben wird.

[0050] Der Fühler von **Fig. 6** reagiert besonders bei lang andauernden Messungen empfindlich auf Feuchtigkeit. Das Fühlermaterial ist vorzugsweise Kunststoff, z. B. Polysulfon. Dieses Material bildet wie die meisten anderen Kunststoffmaterialien einen beinahe 90° betragenden Kontaktwinkel θ mit Wasser. Die Situation ist in **Fig. 9** dargestellt, in welcher der Kontaktwinkel mit θ_A bezeichnet ist. Der Kontaktwinkel eines Wassertropfens kann durch das sogenannte „Tropfen-auf-fester-Unterlage“-Verfahren bestimmt werden. Der Kontaktwinkel θ hängt von den Oberflächenspannungen zwischen Luft, Wasser und dem Fühlermaterial ab. Je kleiner der Winkel θ , umso mehr ist der Wassertropfen entlang der Oberfläche des Fühlermaterials ausgebreitet, und umso weniger wird er die Messgenauigkeit beeinträchtigen. Die Tropfenhöhe H verkleinert direkt den Durchmesser des Strömungsfühlers um den Betrag von ca. $2H$. Es wird deshalb schnell klar, dass die Höhe H_B des in

Fig. 10 dargestellten Wassertropfens eine viel geringere Auswirkung hat, weil der Kontaktwinkel θ_B klein ist. Wie klein ein Kontaktwinkelwert sein soll, der erreicht werden soll, hängt von der angestrebten Mess-toleranz ab. Im Prinzip kann der Kontaktwinkel θ sogar bis auf 0° verkleinert werden. In diesem Fall breitet sich jeder Wassertropfen uneingeschränkt aus und bildet dadurch einen Wasserfilm auf der Oberfläche. Wenn ein geeignetes Mittel, z. B. ein oberflächenaktives Mittel in der Wand **2** des Messkanals und/oder im Drosselement **3** verwendet wird, kann solch eine Situation erreicht werden. Dann wird Wasser immer noch auf der Fühleroberfläche kondensieren, aber es können keine Tropfen entstehen und das überschüssige Wasser wird schnell aus dem Fühlerbereich ausfließen.

[0051] **Fig. 8** zeigt zwei Messintervalle als eine Funktion von Zeit, die Messungen mit einem wie in **Fig. 6** gezeigten Fühler darstellen. Die vertikale Achse in **Fig. 8** gibt eine Prozentzahl wieder, die die Fehlerquote des Strömungssignals S darstellt, während die horizontale Achse die Zeit in Minuten darstellt. Das verwendete Gas war bei der Temperatur des Patienten voll befeuchtet, so dass eine Kondensation auftrat. Kurve **A** wurde mit einem Messfühler ohne eine Beschichtung mit einem oberflächenaktiven Mittel gemessen. Eine genauere Beschreibung des Fühlers und der damit verbundenen Messanordnung kann der Patentbeschreibung US 5.088.332 entnommen werden. **Fig. 8** zeigt, dass das Strömungssignal S im Verlauf einer Stunde um 5% anstieg. Bei 130 Minuten und 140 Minuten vereinigten sich kleine Tropfen und bildeten große, und bei 175 Minuten flossen ein paar große Tropfen aus dem Fühler. Der größte gemessene Fehler betrug 20%, und das Signal schwankte die ganze Zeit ca. 2 Stunden lang ab Beginn des Tests. Kurve **B** wurde mit einem Fühler gemessen, dessen Innenfläche mit einem die Oberflächenspannung reduzierenden Seifenpräparat behandelt war. Mit anderen Worten kann der Kontaktwinkel, wie er in **Fig. 10** gezeigt ist, sogar noch kleiner sein als der von **Fig. 9**. Der Abfall der Kurve **B** zu Anfang ist nicht auf Wassertropfen, sondern auf Temperaturveränderungen zurückzuführen. Nach ca. 2 Stunden beginnt die Kurve aufgrund des sich auswaschenden Seifenpräparats anzusteigen. Auf jeden Fall zeigt der Test deutlich, dass eine Beschichtung, die den Kontaktwinkel verkleinert, von entscheidender Bedeutung im Langzeitgebrauch des Fühlers ist.

[0052] Eine den Kontaktwinkel θ von Wasser reduzierende Beschichtung sollte vorzugsweise auf der Innenfläche des gesamten Fühlers vorgesehen sein, aber die kritischsten Flächen sind diejenigen, an denen sich das Strömungsdrosselement **3** befindet und wo die Querschnittsfläche am kleinsten ist. Eine Beschichtung oder Imprägnierung des Fühlermaterials mit einem oberflächenaktiven Mittel kann auf alle Fühler, die in den **Fig. 1–7** gezeigt sind, aufgebracht werden.

[0053] Der Kontaktwinkel θ zwischen Wasser und

unterschiedlichen Kunststoffsorten ist im Allgemeinen groß, d. h. $> 60^\circ$, manchmal $> 90^\circ$. Natürlich gibt es Materialien mit einem sehr kleinen Kontaktwinkel, diese sind aber im Allgemeinen schwierig zu verwenden. Sie umfassen Glas, das einen Kontaktwinkel von 0° hat, vorausgesetzt, das Glas ist absolut sauber. Selbst die kleinste Unreinheit wie Fett, vergrößert den Kontaktwinkel sofort. Die Beschichtung ist typischerweise von einer die Oberflächenspannung reduzierenden Art. Diese Gruppe umfasst verschiedene Seifenpräparate und chemische Detergentien. Es gibt auch Präparate, die speziell zur Beschlagsverhinderung entwickelt wurden, und die im allgemeinen für Gebrauch in der Optik gedacht sind. Eines davon ist Dr. Fog Endoscopic Antifog Solution, das von O.R. Concepts Inc. hergestellt wird. Obwohl eine vollständige Beschlagsverhinderung einen Vorteil bereitstellt, ist sie nicht notwendig, wenn kleine Kontaktwinkel θ annehmbar sind. Ist beispielsweise der Kontaktwinkel $< 30^\circ$, kann davon ausgegangen werden, dass die Messgenauigkeit deutlich verbessert ist, und so ist es sinnvoll, eine Beschichtung zu verwenden, die den Kontaktwinkel bei Materialien verkleinert, die einen Kontaktwinkel von über ca. 30° haben. Ist der durch die Verwendung einer Beschichtung erzielte Kontaktwinkel $< 20^\circ$, wird die Fühleroberfläche recht schnell befeuchtet und man erzielt eine ziemlich gute Messgenauigkeit. Dennoch wird das beste Ergebnis erreicht, wenn der Kontaktwinkel 0° beträgt oder nahe daran liegt. Eine Dauerhaftigkeit der Schicht kann ein Problem darstellen, wenn sie wasserlöslich ist. Bei Wegwerffühlern kann eine solche Beschichtung verwendet werden, aber für Langzeitgebrauch ist eine auf der Oberfläche immobilisierte Beschichtung die richtige Lösung. Die Art wasserlöslicher Schichten sind z. B. für Schutzbrillen erhältlich. Es ist auch möglich, ein Kunststoffmaterial mit einer Chemikalie zu imprägnieren. In diesem Fall wird die Beschichtung langlebiger sein, selbst wenn ein Teil davon in Wasser gelöst wird und aus dem Fühler fließt, da ein größerer Teil der Chemikalie die ganze Zeit über aus dem Material ausgewaschen wird. Solch ein Fühler könnte z. B. ein paar Tage lang arbeiten, was in den meisten Fällen für einen Wegwerffühler voll ausreicht.

[0054] Abgesehen davon, dass Wasser aus dem beschichteten Fühler schneller abläuft, ermöglicht es die schlüpfrigere Oberfläche auch, dass eventuell vorhandene Sekrete leichter entfernt werden können. In der vorstehenden Beschreibung sind nur einige wenige typische Beispiele von Messfühlern erwähnt, die ein Strömungsdrosselelement einsetzen. Es ist offensichtlich, dass auch andere Arten von Fühlern, die nach einem entsprechenden Prinzip arbeiten, von der Verwendung eines oberflächenaktiven Mittels profitieren werden, das nach der vorliegenden Erfindung die Messgenauigkeit erhöht.

[0055] **Fig. 11** stellt ein erfindungsgemäßes System im praktischen Einsatz dar, wobei ein Intubations-schlauch I in die Luftröhre eines Patienten eingeführt

ist. An den Beatmungskreislauf ist ein Messfühler D angeschlossen, der einem wie z. B. in **Fig. 7** gezeigten Spirometerfühler entspricht, der inwendig mit einem Mittel behandelt ist. Ein Anschlussstück **20**, das mit einem Messkanal **5** zur Gaskonzentrationsmessung versehen ist, ist zwischen dem Intubations-schlauch I und einem Y-förmigen Teil **25** angeschlossen, das die Einlass- und Auslassschläuche **23**, **24** einer die Atmung aufrechterhaltenden Maschine **22** verbindet. Das Anschlussstück **20** ist normalerweise so angeschlossen, dass es ganz nah am Patienten liegt, könnte aber auch in den Strömungsfühler D wie in **Fig. 6** integriert oder zwischen dem Strömungsfühler und dem Y-förmigen Teil **24** angeordnet sein. Der Gasprobenehmerschlauch **5** ist über einen Schlauch an einen Patientenmonitor oder ein Analysegerät A angeschlossen, in dem das Gas gemessen und das Signal verarbeitet wird, um eine Anzeige zu erzeugen, die die Schwankungen der in Messung befindlichen Gaskonzentration als eine Funktion von Zeit zeigt, d. h. die Messwerte der Atmungskurve oder der Konzentration während des Ein- und Ausatmens. Der Strömungsfühler ist auch über die Messvorrichtung **8** an das Analysegerät A angeschlossen, in dem das Signal verarbeitet wird, um eine Anzeige der Strömungs- und Druckmesswerte für das Ein- und Ausatmen und mögliche andere davon abgeleitete Größen zu erzeugen. Die Messvorrichtung **8** kann auch im Analysegerät A untergebracht sein, und die Gaskonzentrationsmessung kann im Anschlussstück **20** durchgeführt werden.

[0056] Die Erfindung ist nicht auf die Beispiele ihrer vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt, vielmehr sind viele Variationen im Rahmen der Ansprüche möglich.

Patentansprüche

1. Messfühler zum Messen eines Gasflusses, insbesondere zum Messen des Drucks und/oder Flusses des Atemgases eines Patienten, welcher Messfühler einen rohrförmigen Fließkanal (**1**) umfasst, um den zu messenden Gasfluss zu leiten, welcher Fließkanal durch eine Wand (**2**) begrenzt ist; ein in dem Fließkanal angeordnetes Drosselelement (**3**), um den Gasfluss in dem Fließkanal zu drosseln; und in den Fließkanal mündende Messkanäle (**4**), um den Druck aus dem Fließkanal in eine Messvorrichtung (**8**) überzuleiten, an welche der Fühler zum Messen des vom Drosselelement verursachten Druckunterschieds anschließbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Innenfläche der Wand (**2**) des Fließkanals (**1**) und/oder das Drosselelement (**3**) mit einem Mittel versehen ist, um den Kontaktwinkel (θ) eines Wassertropfens oder eines wasserhaltigen Tropfens zu der Fläche im Verhältnis zu dem Kontaktwinkel zu verkleinern, der sich zwischen einem entsprechenden Wassertropfen und einer nicht mit einem solchen Mittel behandelten Fläche bildet.

2. Messfühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel die Oberflächenenergie eines Tropfens reduziert.

3. Messfühler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel dazu ausgelegt ist, die Oberflächenenergie der Fläche zu erhöhen.

4. Messfühler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein oberflächenaktives Mittel ist, das die Oberflächenenergie eines Tropfens reduziert.

5. Messfühler nach Anspruch 1 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein auf der Fläche immobilisiertes Beschlagverhinderungsmittel ist.

6. Messfühler nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel auf der Fläche einen filmartigen Belag (P) bildet.

7. Messfühler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der von dem Mittel gebildete Belag (P) auf der Fläche immobilisiert ist.

8. Messfühler nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Wand (2) und/oder des Drosselements (3) mit dem Mittel imprägniert ist.

9. Messfühler nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel so ausgewählt ist, dass der Kontaktwinkel eines Wassertropfens oder eines wasserhaltigen Tropfens zur in Frage kommenden Fläche kleiner als 30° , geeigneter Weise kleiner als 20° , vorzugsweise kleiner als 10° ist, am Bevorzugtesten ist der Kontaktwinkel ca. 0° .

10. Messfühler nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein oberflächenaktives Mittel ist, das in Wasser löslich ist.

11. Messfühler nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das oberflächenaktive Mittel aus Molekülen besteht, die eine oleophile hydrophobe Gruppe wie eine Alkylkette, und eine hydrophile Gruppe wie eine negativ geladene Carbon- oder Sulfonsäuregruppe enthält.

12. Messfühler nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das oberflächenaktive Mittel ein Detergens wie eine Seife oder ein ähnliches Waschmittel enthält.

13. Messfühler nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler (D) ein Spirometerfühler ist, der an einen Intubationsschlauch (I) anschließbar ist, welcher in die Luftröhre eines Patienten eingesetzt werden kann.

14. Messfühler nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass er einen an den Messfühler (D) angeschlossenen Messkanal (5) umfasst und in der Lage ist, als Probenehmer für einen Gasanalysenapparat (A) zu fungieren.

15. Messfühler nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler (D) ein Fühler ist, der nach dem Pitotröhrenprinzip basierend auf der Messung des Pitotdrucks arbeitet, bei dem das Strömungsdrosselement (3) aus einer oder mehreren Lamellen (13) besteht, die gegen die Strömung gerichtet ist/sind.

16. Messfühler nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Drosselement (3) mit Lamellen (13) ausgestattet ist, die radial um die Öffnung (12) des Messkanals (5) angeordnet sind, und dass jede Lamelle (13) mit einer Nut (14) ausgestattet ist, um den auf die Lamelle auftreffenden Gasstrom in die Öffnung zu leiten.

17. System zum Messen des Drucks und/oder Stroms des Atemgases eines Patienten, welches System einen Intubationsschlauch (I) umfasst, der dazu ausgelegt ist, in die Luftröhre eines Patienten eingeführt zu werden; einen Messfühler (D), der an den Intubationsschlauch angeschlossen ist und einen rohrförmigen Fließkanal (1) umfasst, um den zu messenden Gasstrom zu leiten, wobei der Fließkanal von einer Wand (2) begrenzt ist; ein Drosselement (3), das in dem Fließkanal angeordnet ist, um den Gasstrom im Fließkanal zu drosseln; eine Messvorrichtung (8), um den vom Drosselement hervorgerufenen Druckunterschied zu messen; und Messkanäle (4), die in den Fließkanal münden, um den Druck vom Fließkanal in die Messvorrichtung überzuleiten, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenfläche der Wand (2) des Fließkanals (1) und/oder das Drosselement (3) mit einem Mittel versehen ist, um den Kontaktwinkel (θ) eines Wassertropfens oder eines wasserhaltigen Tropfens zu der Fläche im Verhältnis zu dem Kontaktwinkel zu verkleinern, der sich zwischen einem entsprechenden Wassertropfen und einer nicht mit einem solchen Mittel behandelten Fläche bildet.

18. System nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel die Oberflächenenergie eines Tropfens reduziert.

19. System nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel dazu ausgelegt ist, die Oberflächenenergie der Fläche zu erhöhen.

20. System nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein oberflächenaktives Mittel ist, das die Oberflächenenergie eines Tropfens reduziert.

21. System nach Anspruch 17 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein auf der Fläche immobilisiertes Beschlagsverhinderungsmittel ist.

22. System nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel auf der Fläche einen filmartigen Belag (P) bildet.

23. System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass der von dem Mittel gebildete Belag (P) auf der Fläche immobilisiert ist.

24. System nach einem der Ansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass das Material der Wand (2) und/oder des Drosselements (3) mit dem Mittel imprägniert ist.

25. System nach einem der Ansprüche 17 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel so ausgewählt ist, dass der Kontaktwinkel (θ) eines Wassertropfen oder eines wasserhaltigen Tropfens zur in Frage kommenden Fläche kleiner als 30° , geeigneter Weise kleiner als 20° , vorzugsweise kleiner als 10° ist, am Bevorzugtesten ist der Kontaktwinkel ca. 0° .

26. System nach einem der Ansprüche 17, 18 oder 20 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel ein oberflächenaktives Mittel ist, das in Wasser löslich ist.

27. System nach einem der Ansprüche 17 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler (D) ein Spirometerfühler ist, der an den Intubationsschlauch (I) anschließbar ist, welcher in die Luftröhre eines Patienten eingesetzt werden kann.

28. System nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass es einen an den Messfühler (D) angeschlossenen Messkanal (5) umfasst und in der Lage ist, als Probenehmer für einen Gasanalysenapparat (A) zu fungieren.

29. System nach einem der Ansprüche 17 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass der Messfühler (D) ein Fühler ist, der nach dem Pitotröhrenprinzip basierend auf der Messung des Pitotdrucks arbeitet, bei dem das Strömungsdrosselement (3) aus einer oder mehreren Lamellen (13) besteht, die gegen die Strömung gerichtet ist/sind.

30. System nach einem der Ansprüche 17 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass das System ein Gasanalysengerät (A) zur Bestimmung der Zusammensetzung von Atemgas umfasst.

31. System nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass der Messkanal (5) als Probenehmer für das Gasanalysegerät (A) fungiert und zwischen einer Beatmungsmaschine (22) und einem Patienten angeordnet werden kann.

32. System nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass der Messkanal (5) als Probenehmer für das Gasanalysegerät (A) fungiert und zwischen dem Intubationsschlauch (I) und der Beatmungsmaschine (22) angeordnet werden kann.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

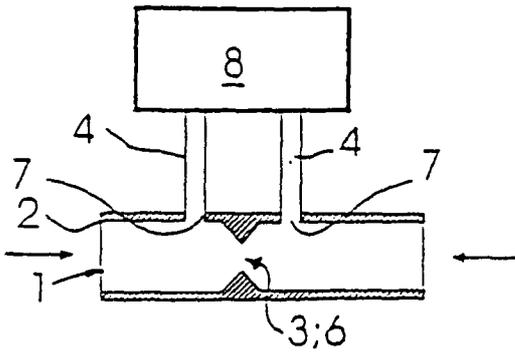


Fig. 1

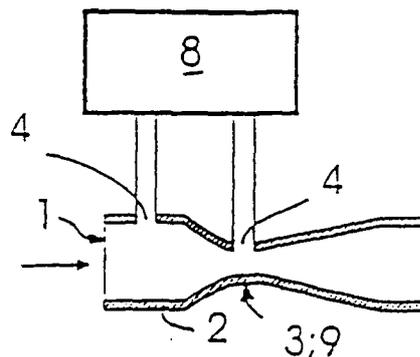


Fig. 2

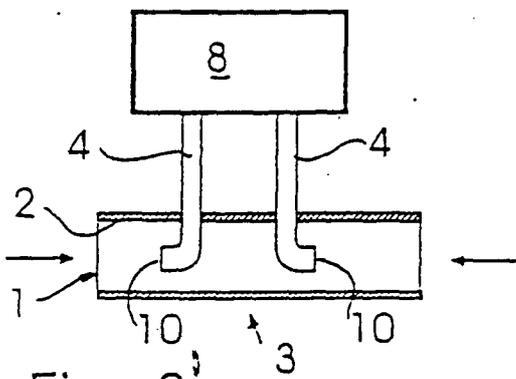


Fig. 3

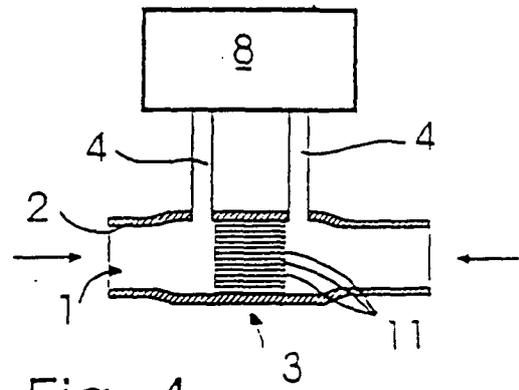


Fig. 4

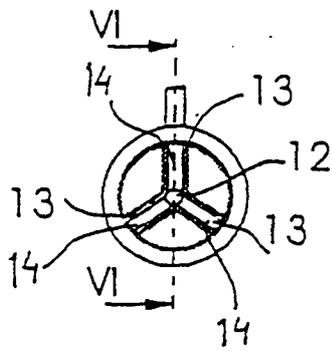


Fig. 5

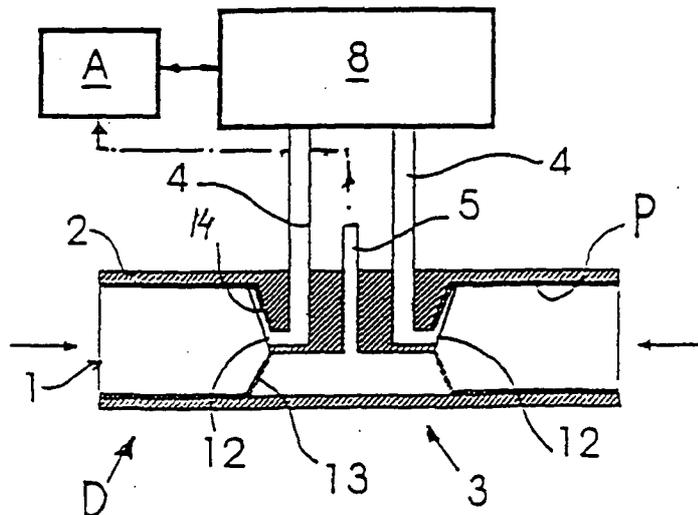


Fig. 6

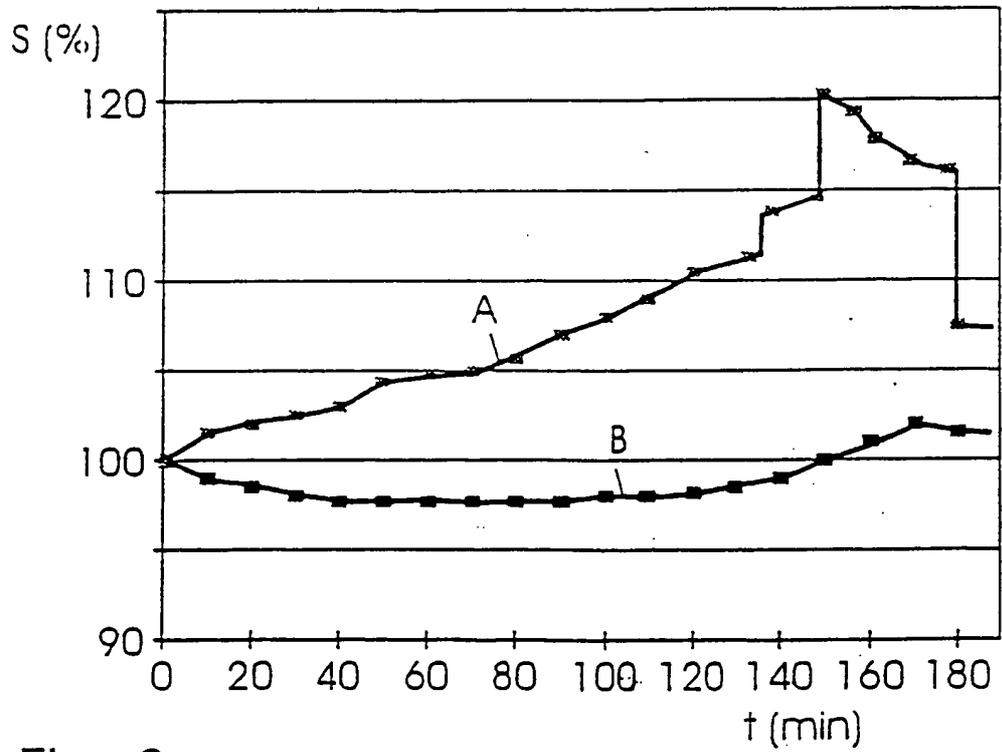
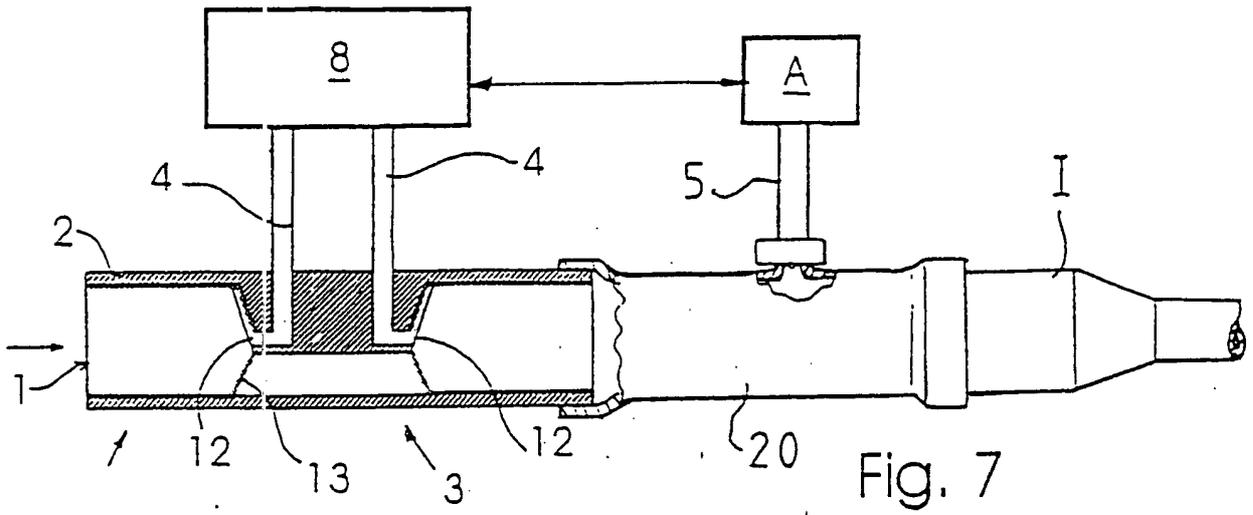


Fig. 8

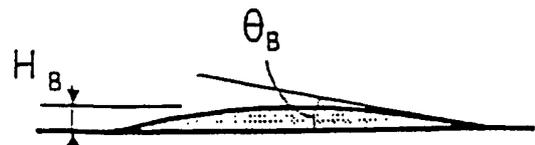
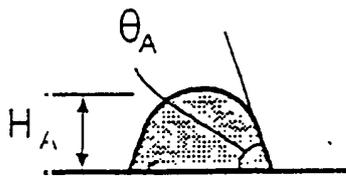


Fig. 9

Fig. 10

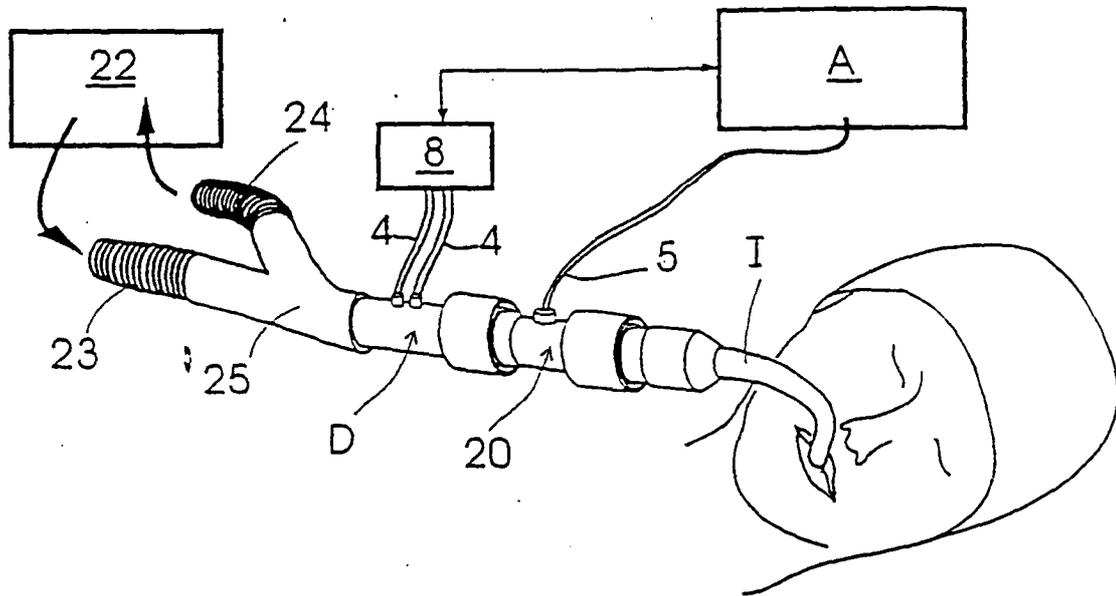


Fig. 11