

(19)

österreichisches  
patentamt

(10)

AT 501 993 B1 2007-06-15

(12)

# Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 263/2006

(51) Int. Cl.<sup>8</sup>: G01F 1/64 (2006.01)

(22) Anmeldetag: 2006-02-20

G01F 01/708 (2006.01)

G01P 05/08 (2006.01)

(43) Veröffentlicht am: 2007-06-15

(56) Entgegenhaltungen:

US 3242729A US 4136564A

US 4163389A US 4056003A

US 4186601A US 4167114A

(73) Patentanmelder:

WEILGUNY GÜNTER DIPL.ING. (FH)  
A-4950 ALTHEIM (AT)

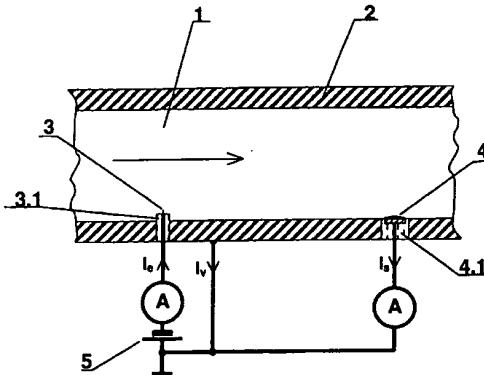
(72) Erfinder:

WEILGUNY GÜNTER DIPL.ING. (FH)  
ALTHEIM (AT)

## (54) VORRICHTUNG FÜR DIE MESSUNG DER GE SCHWINDIGKEIT EINES FLUIDS

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit eines Fluidstromes wobei von einer Emitterelektrode (3) aus elektrische Ladungsträger in den Fluidstrom (1) emittiert werden und wobei ein dadurch verursachtes elektrisches Signal an einer Sensorelektrode (4) gemessen wird. Die Projektion der Einhüllenden der Querschnittsfläche des in den Fluidstrom ragenden Teiles der Sensorelektrode in die Querschnittsebene des Fluidstromes ist wenn überhaupt vorhanden klein gegenüber der Querschnittsfläche des Fluidstromes an dieser Stelle. Der gemessene Strom ( $I_e$ ) über die Emitterelektrode (3) wird gemeinsam mit dem Strom ( $I_s$ ) der Sensorelektrode (4) herangezogen um entsprechend einer festgelegten Zuordnungsfunktion als kennzeichnendes Merkmal für die Größe der Geschwindigkeit des Fluidstromes zu dienen. Die Meßmethode ist praktisch verzögerungsfrei und in einem hohen Temperatur- und Geschwindigkeitsbereich einsetzbar.

Fig. 1



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Messung von Fluidströmungen. Besonders vorteilhaft ist sie für die Messung von Gasströmungen anwendbar. Ein sehr vorteilhafter Anwendungsfall für die Anwendung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist die zylinderselektive Messung der in Verbrennungsmotoren zugeführten Luft.

5 Die US 4152935 (Nissan) beschreibt ein Gerät zur Messung des Massenflusses eines Fluids durch eine Röhre aus einem elektrisch nicht leitenden Material. Mit Hilfe eines Elektrodenpaares wird ein ionisierendes elektrisches Feld in das Fluid eingebracht. Die erste Elektrode dieses Paars ist eine in die Mitte des Fluidstromes ragende Spitz; sie wird mit Hochspannungsimpulsen beaufschlagt. Die zweite Elektrode dieses Paars ist geerdet. Sie liegt bezüglich des Fluidstromes auf gleicher Höhe wie die erste Elektrode, aber in einem Abstand zu dieser flächenbündig an der begrenzenden Wand des Fluidstromes. Ein Stück flussabwärts ist der Fluidstrom durch eine dritte, ebenfalls geerdete Elektrode umfasst. Noch ein Stück weiter flussabwärts erstreckt sich zusätzlich eine Gitterelektrode über den Querschnitt des Fluidstromes. Es wird die Zeit gemessen, die vergeht, bis die durch einen Hochspannungsimpuls an der ionisierenden Elektrode verursachte Ionenwolke durch den Fluidstrom bis zu der Gitterelektrode abgetrieben wird, und dort eine Potentialveränderung gegen Masse hervorruft. Die zwischen Hochspannungs- und Gitterelektrode angebrachte, den Fluidstrom umfassende geerdete Elektrode dient dazu, störende unerwünschte Auf- und Entladungen zu vermeiden. Wichtige Nachteile bei dieser Bauweise sind, das Erfordernis einer elektrisch isolierenden und damit nichtmetallischen Röhre, dass die Messzeit bei langsamem Strömungen sehr lang wird, dass entgegengesetzt gerichtete Strömungen nur durch annähernde Verdoppelung des ohnedies schon erheblichen Kosteneinsatzes messbar werden, dass pulsierende Strömungen bei denen die Amplitude der Bewegung kleiner ist als die Messstrecke gar nicht gemessen werden können, und das keine Aussagen über die Turbulenz der Strömung gemacht werden können.

In der US 4,953,407 (General Motors) wird eine ebenfalls auf dem Prinzip des Ionentransports beruhende Vorrichtung zur Messung der Gasströmung im gemeinsamen Luftzuführungsrohr für einen Verbrennungsmotor vorgeschlagen. Um störende Einflüsse durch Anlagerung von polaren Molekülen ( $H_2O$ ) an Ionen zu vermeiden, wird das umgebende elektrische Feld so niedrig gehalten, dass die thermische Trennwirkung das Anlagern wieder ausgleicht. Es werden zwei bezüglich einer Querschnittsebene des Fluidstromes spiegelsymmetrisch aufgebaute Anordnungen aus einer spitzen, Korona hervorrufenden Hochspannungselektrode, teilzyllindermantelförmiger Gegenelektrode und gitterförmiger Sensorelektrode vorgeschlagen, von denen ein Differenzsignal erfasst wird. Damit ist es auch möglich in beide Strömungsrichtungen zu messen. Für die Verwendung der Vorrichtung zur Messung der an Verbrennungsmotoren zugeführten Luft ist nachteilig, dass ein elektrisch nichtleitendes Rohr erforderlich ist, dass die Vorrichtung relativ lang ist, dass sie nicht schnell genug messen kann um zeitlich sich sehr rasch verändernde Strömungen richtig zu erfassen, und dass sie bei hohen Strömungsgeschwindigkeiten in Sättigung kommt, also nur mehr sehr ungenaue Werte liefert.

In der Publikation „An ion-drag air mass-flow sensor for automotive applications“ von Gerhard W. Malaczynski und Thaddeus Schroeder zur IEEE-Konferenz 1989 wird darauf hingewiesen, dass es sehr vorteilhaft wäre, die in Verbrennungsmotoren angesaugte Luft zylinderselektiv zu messen, dass dabei aber dass Problem bestehe, dass die Strömungsgeschwindigkeit in den einzelnen Ansaugrohren für bisher bekannte Strömungsmessgeräte zu hoch sei. Mit einer Anordnung gemäß der zuvor beschriebenen US 4,953,407 wäre die Aufgabe bewältigbar, wenn der Abstand zwischen Quell- und Sammelelektrode in Anpassung an die maximale zu messende Geschwindigkeit genügend groß gewählt werde. Nachteilig an diesem Vorschlag ist dass die erforderlichen Rohrlängen oft schwer unterzubringen sind, dass Turbulenzen der Strömung nicht erfasst werden können, und vor allem, dass bei guter Messempfindlichkeit bei den höchsten auftretenden Geschwindigkeiten die Messempfindlichkeit bei kleinen Geschwindigkeiten zu gering wird.

55 Die US 3,242,729 beschreibt die Geschwindigkeitsmessung in einem von einem elektrolyti-

sches Fluid durchflossenen Kanal. Drei Elektroden ragen in einem Abstand hintereinander in den Kanal. Zwischen den ersten beiden Elektroden wird mittels einer kleinen Spannung ein Stromfluss aufgebaut. Zwischen der letzten Elektrode und der mittleren Elektrode wird an einem hohen Messwiderstand die Spannung gemessen. Diese liefert eine Aussage über die Geschwindigkeit des Fluids. Die Stromleitungsmechanismen in einem Elektrolyt sind sehr verschieden von jenen in einem an sich nicht leitenden Fluid, wie es Gasströme im Normalfall sind.

Die US 4,056,003 und die US 4,167,114 zeigen Anordnungen, bei denen mindestens drei Gitterelektroden, welche jeweils möglichst den ganzen Strömungsquerschnitt abdecken, in Strömungsrichtung in einem Kanal hintereinander in einem Abstand zueinander angeordnet sind. An der ersten Elektrode wird durch Spannung gegenüber der zweiten Elektrode, und unterstützt durch Radioaktivität, eine Koronaentladung in Gang gehalten. Die an der dritten Elektrode ankommende elektrische Ladung wird gemessen. Neben dem Nachteil der Radioaktivität treten dabei die gleichen Nachteile auf, wie eingangs zur US 4152935 schon beschrieben.

Ein ähnliches Prinzip, welches auch zu den gleichen Nachteilen führt, wird auch in der US 4,136,564 vorgeschlagen. Eine durch Hochspannung eingebrachte Ladungsmenge wird auf eine konstante Größe pro Zeit geregelt. Flussabwärts ist eine Gitterelektrode angebracht, welche sich über den ganzen Kanalquerschnitt erstreckt. Die dort ankommende Ladungsmenge wird gemessen; sie gibt Aufschluss über die Geschwindigkeit des Fluids. Von der zum Konstantregeln der eingebrachte Ladung erforderliche Spannung wird zusätzlich auf die Dichte des Fluids rückgeschlossen.

Entsprechend der US 4,163,389 werden an einem ersten Elektrodenpaar durch eine Koronaentladung Ladungsträger in das Fluid eingebracht. Über ein davon flussabwärts angeordneten Elektrodenpaar wird durch Anlegen einer Gleichspannung ein elektrischer Strom über den Fluidkanal geleitet. Aus der zeitlichen Phasenverschiebung zwischen einer Taktung der Koronaentladung und einer dadurch verursachten Taktung des Stromes am flussabwärts anliegenden Elektrodenpaar, wird auf die Strömungsgeschwindigkeit des Fluids rückgeschlossen. Die Nachteile sind wiederum im wesentlichen die gleichen wie bei der eingangs erwähnten US 4152935.

Ein ähnliches Funktionsprinzip, welches wiederum zu den gleichen Nachteilen führt, schlägt auch die US 4,186,601 vor. An einem ersten Elektrodenpaar werden durch eine Koronaentladung Ladungsträger in das Fluid eingebracht. Entweder die Spannung an diesem ersten Elektrodenpaar oder an einer flussabwärts in den Strom ragenden Elektrode wird getriggert. An einer noch weiter flussabwärts angeordneten Elektrode wird der zeitliche Verlauf des ankommenden Signals gemessen. Die zeitliche Verschiebung zwischen einer Flanke des Triggersignals und einer dadurch hervorgerufenen Flanke des Signalverlaufes wird zum Rückschluss auf die Geschwindigkeit des Fluids herangezogen.

Es gibt eine Fülle von Publikationen darüber, wie mit Heißdrahtsensoren die in Verbrennungsmotoren angesaugte Luft gemessen werden kann. Entsprechend dem zu Grunde liegenden Messprinzip wird ein von dem zu messenden Fluidstrom umspülter Draht dessen elektrischer Widerstand stark von der Temperatur abhängig ist, über die Temperatur des Gasstromes hinaus erwärmt. Die Abkühlung durch das umspülende Fluid ist ein Maß für Dichte und Geschwindigkeit des Fluids. Wesentliche Nachteile dieser recht gebräuchlichen Methode sind, dass bei negativer Strömungsgeschwindigkeit das gleiche Messergebnis generiert wird wie bei positiver Strömungsrichtung, dass die Messzeit für schnelle Regelungen zu langsam ist, dass der Temperaturbereich in welchem der Sensor einsetzbar ist relativ beschränkt ist, und dass die Empfindlichkeit gegen Zerstörung durch in der Strömung mitschwebende feste Partikel relativ groß ist, und dass auch die Empfindlichkeit gegen Luftfeuchtigkeitseinflüsse beträchtlich ist. Derartige Sensoren werden daher immer nur für Sammel-Ansaugrohre von Verbrennungsmotoren angewendet, und niemals für die Stichrohre, welche zu den einzelnen Zylindern führen. Es gibt eine Fülle von trickreichen Vorschlägen dazu, wie man die Verfälschung des Messergebnisses

durch dennoch temporär zurückfließende Fluidströmungen beispielsweise durch örtliche Strömungsglättung oder durch Verarbeitung von zusätzlichen Informationen über den jeweiligen Betriebszustand des Motors durch Interpolation korrigieren kann. Als Beispiel sei die DE 196 33 680 B4 genannt.

5 Der Erfinder hat sich zur Aufgabe gestellt einen Sensor für die Geschwindigkeitsmessung von Fluidströmungen bereit zu stellen, welcher gegenüber bekannten Sensoren schneller und robuster ist und welcher einen größeren Temperatureinsatzbereich aufweist. Der Sensor soll auch eine Umkehrung der Richtung der Fluidströmung richtig detektieren.

10 Zur Lösung der Aufgabe wird folgendermaßen vorgegangen: Eine mit einer ausreichend hohen elektrischen Spannung gegen Masse versehene Elektrode ragt in bzw. an den Fluidstrom und emittiert kontinuierlich aus ihrer Oberfläche elektrische Ladungsträger in den Fluidstrom. Die erforderliche, von dieser Elektrode elektrisch isoliert angeordnete Gegenelektrode kann die 15 elektrisch leitende Wandung des Fluidkanals sein, oder eine sonstige im Fluidkanal, vorzugsweise an seiner Wandung angeordnete, vorzugsweise eher großflächige Elektrode. An einer im Normalbetrieb flussabwärts am Fluidstrom gelegenen Stelle ist eine Sensorelektrode angebracht, deren in die angrenzende Querschnittsebene des Fluidstromes projizierte einhüllende Oberfläche gegenüber der Querschnittsfläche des Fluidstromes an dieser Stelle klein ist. Der an 20 der Sensorelektrode an kommende elektrische Strom wird gemessen. Er beträgt einen kleinen Bruchteil des Stromes den die emittierenden Elektrode einspeist. Überraschenderweise folgt der Anteil des Stromes durch die Sensorelektrode am emittierten Strom praktisch verzögerungsfrei einer reproduzierbaren, monoton steigenden und näherungsweise linearen Funktion über der Geschwindigkeit des Fluids.

25 So kann über den Strom durch die Sensorelektrode unter Berücksichtigung des emittierten Stromes unter Beachtung der Parameter Druck, Temperatur, gleichbleibende Gaszusammensetzung und Querschnittsfläche des Fluidstromes auch auf die pro Zeit durch eine Querschnittsfläche fließende Masse des Fluids rückgeschlossen werden.

30 Die Erfindung wird an Hand der Zeichnungen anschaulicher:

Fig. 1: zeigt den prinzipiellen Messaufbau. Die eingezeichnete Richtung der elektrischen Ströme ist die physikalische Stromrichtung.

35 Fig. 2: zeigt ein vereinfachendes Ersatzschaltbild des Messaufbaus. Ströme sind wiederum in der physikalischen Stromrichtung eingezeichnet.

40 Fig. 3: zeigt einen typischen Graph der Abhängigkeit der relativen Größe des Sensorstromes über der Geschwindigkeit des Fluidstromes.

Wie in Fig. 1 angedeutet ragt die Sensorelektrode 4 kaum in die Querschnittsfläche des Kanals in welchem das Fluid 1 fließt hinein, sondern liegt bündig an der Innenseite der Kanalwandung 2 am Fluid 1 an. Auch in ihrer Gesamtfläche ist die Sensorelektrode 4 verhältnismäßig klein. Gegenüber der leitenden Kanalwandung 2 ist die Sensorelektrode 4 durch einen als Durchführung 45 ausgebildeten Isolierkörper 4.1 elektrisch isoliert angeordnet.

Im dargestellten Beispiel besteht die Kanalwandung 2 aus einem elektrisch leitenden Material. Sie könnte aber auch aus einem elektrisch isolierenden Material ausgebildet sein. Dann wäre 50 es erforderlich im Innenraum eine geerdete Gegenelektrode zu der emittierenden Elektrode 3 anzubringen.

Auch die emittierende Elektrode 3 kann einfach und klein, beispielsweise als Nadel ausgeführt 55 werden. Sie führt im normalen Betriebszustand Hochspannung. Deshalb ist sie durch einen entsprechend durchschlagsfesten Isolierkörper 3.1 von der leitenden Kanalwandung 2 getrennt.

Es ist sehr vorteilhaft die emittierende Elektrode 3 an ihrem mit dem Fluid 1 in Berührung kommenden Teil mit einer möglichst spitzwinkeligen scharfen Spitze oder Kante auszubilden, da damit gegenüber einer flacheren Ausführungsform die für die Emission von Elektronen erforderliche hohe Feldstärke einigermaßen einfach erreicht werden kann. Wenn die Spitze emittierende

5 Elektrode nicht weit von der leitenden Kanalwandung absteht, sondern ihr näher liegt, ist der isolierende Ring zwischen dieser Spitze und der Kanalwandung entsprechend breit, typischerweise mehrere mm, zu wählen, damit kein Überschlag zwischen emittierender Elektrode und Kanalwandung stattfindet.

10 Vor allem für die Anwendung der Messanordnung zum Feststellen der in einen Verbrennungsmotor zugeführten Luftmenge ist es vorteilhaft die emittierende Elektrode 3 an den negativen Pol der Hochspannungsquelle 5 zu legen, und nicht an den positiven Pol. Dadurch repräsentiert nämlich das Messergebnis in höherem Maß die angesaugte, für die Verbrennung entscheidende, Sauerstoffmenge.

15 Wenn man die mit der beschriebenen Messanordnung erreichbare, in Fig. 3 gezeigte Abhängigkeit zwischen dem Sensorstrom  $I_s$  einerseits und der Geschwindigkeit des Fluids 1 andererseits mathematisch näherungsweise beschreiben will, kann man sie sich als durch eine Schaltungsanordnung gemäß Fig. 2 verursacht vorstellen. Dabei wäre anzunehmen, dass der den Stromfluss durch das Fluid repräsentierende Widerstand  $R_{Fluid}$  mit der Geschwindigkeit des Fluids annähernd linear abnimmt.

20 Die bisher gemachten Versuche haben gezeigt, dass die Anordnungen von kleineren negativen Fluidgeschwindigkeiten bis zu mindestens 50 m/sec hohen positiven Fluidgeschwindigkeiten (Positiv entspricht der Pfeilrichtung in Fig. 1) brauchbare reproduzierbare Ergebnisse liefert, und nicht beispielsweise in Sättigung geht. Diese Versuche haben weiters gezeigt, dass die Anlage auch bei Temperaturen um 450° gut verwertbare Messergebnisse liefert. Nicht zuletzt hat sich herausgestellt, dass die Anlage robust gegen Verschmutzung und Feuchtigkeit funktioniert.

25 30 Obwohl die physikalischen Vorgänge in Wirklichkeit sicher wesentlich komplexer ablaufen, funktioniert die erfindungsgemäße Messvorrichtung nach außen hin ähnlich einem einfachen ohmschen Stromteiler. Zusammen mit der verbesserten Robustheit, dem größeren Temperaturbereich und der Tatsache, dass keine Elektrodenteile in die Strömung zu ragen brauchen, oder eine große Fläche aufweisen müssen, eröffnen sich damit eine Fülle von bisher unerschlossenen Anwendungsfällen.

35 Ein wirtschaftlich sehr bedeutender Anwendungsfall ist die Verwendung des erfindungsgemäßen Messprinzips für die zylinderselektive Kontrolle der in einen Verbrennungsmotor zugeführten Luft. Das heißt die Messanordnung kann bei einem mehrzylindrigen Verbrennungsmotor auch in jedes Ansaugrohr extra eingebaut werden, welches genau zu einem einzigen Zylinder führt. Da die Messung auch bei großen Geschwindigkeiten, bei raschen Geschwindigkeitsänderungen und auch bei negativen Geschwindigkeiten richtige Ergebnisse liefert, kann die zugeführte Luftmenge genau erfasst werden. Damit können für jeden Arbeitstakt des Motors und individuell für jeden Zylinder Parameter wie einzuspritzende Treibstoffmenge, Einspritzzeitpunkt und Zündzeitpunkt richtig eingestellt werden, womit der Motor besser in einem optimalen Betriebszustand gehalten werden kann. Nicht nur bei diesem Anwendungsfall empfiehlt es sich die Hochspannungsquelle 5, welche der kostenintensivste Bauteil der Messanordnung ist, für mehrere Messanordnungen, welche sich beispielsweise bis hin zur Klimasteuerung erstrecken können, gemeinsam zu verwenden.

40 45 50 55 Da die Sensorelektrode nicht in den Fluidstrom zu ragen braucht sondern nur an diesen, und da sie bezüglich ihrer elektrischen Wirkung auf die Ladungsträger im Fluidstrom weitgehend neutral ist, können in einer Messanordnung problemlos mehrere Sensorelektroden an verschiedenen Rändern der Querschnittsfläche des Fluidstromes und wenn gewollt auch inmitten der Querschnittsfläche verwendet werden. Damit wird es möglich Turbulenzen, die in den Drall- und

Einlasskanälen entstehen, zu erkennen und erforderlichenfalls mittels Summen- oder Differenzmessung auszublenden. Diese Eigenschaft kann beim Beladen der Zylinder eines Verbrennungsmotors mit Luft, welche zwecks optimaler Befüllung in bestimmter Weise verwirbelt werden sollte sehr wertvoll sein.

5

Mit diesem Messverfahren wird auch bei bisher nicht messbaren, bzw. nur unter erheblichem Kostenaufwand messbaren, möglichen Messstellen, die extrem turbulente Fluidzustände aufweisen, eine Zustandsbestimmung ermöglicht.

10

Das erfindungsgemäße Messverfahren ist auch dann anwendbar, wenn das zu messende Fluid nicht in einem Kanal mit geschlossener Querschnittsbegrenzung fließt. Beispielsweise kann die örtliche Strömung an der Oberfläche einer Flugzeugaußenhaut gemessen werden, während das Flugzeug fliegt. So kann beispielsweise durch Messung an mehreren leicht voneinander beabstandeten Punkten an Hand der Unterschiede der Messergebnisse erkannt werden, ob eine örtliche Turbulenz vorliegt oder nicht.

15

In der praktischen Anwendung wird man die Sensoranordnung mit einer Datenverarbeitungsanlage kombinieren, in welche die Strommessergebnisse und Angaben über Druck und Temperatur des zu messenden Fluids, sowie allfällige weitere Informationen die zum nachträglichen Kalibrieren hilfreich sind, eingelesen werden. In der Datenverarbeitungsanlage sollte gespeichert sein:

20

- eine bei einem Kalibrierungsdurchlauf bei definierter Temperatur und bei definiertem Druck aufgenommene Messkurve, welcher Sensorstrom  $I_s$  welche Geschwindigkeit bedeutet.

25

- eine bei einem oder mehreren Kalibrierungsläufen aufgenommene Regel, entsprechend denen die kalibrierte Strom-Geschwindigkeitskurve durch Verschiebung und erforderlichenfalls Dehnung an die tatsächlich herrschenden Temperatur- und Druckbedingungen angepasst werden kann.

30

- optional eine Angabe über weitere Messvariablen aus denen hervorgeht, unter welchen im Betrieb auftretenden Bedingungen das zu messende Fluid eine bestimmte bekannte Geschwindigkeit hat, damit die Anlage laufend nachkalibriert werden kann.

35

Die Datenverarbeitungsanlage kann dann beispielsweise zum Erbringen folgender Leistungen programmiert werden:

40

- Information über die momentane Geschwindigkeit des betrachteten Fluids an einzelnen Sensorelektroden.

45

- Information über gemittelte Geschwindigkeiten
- Information über fließende Menge des Fluids (g/sec)
- Information über aufsummierte Menge des geflossenen Fluids
- Nachjustierung der Kalibrierung entsprechend Druck / Temperatur / oder an Hand von mittels Referenzpunkten festgestellter Abweichung (z.B. in Folge Verschmutzung).

50

- Auslösen von Schaltvorgängen wie beispielsweise kurzzeitiges Erhöhen der Spannung der Emittorelektrode bei gleichzeitigem Abschalten der Sensorelektrode, um Verschmutzung an der Emittorelektrode wegzubrennen.
- Information über Stärke von Turbulenzen
- Optional Information über Summen-Einflussparameter (z.B. Druck & Temperatur)
- usw.

55

Da die Messanordnung mit flachen Bauteilen an der Oberfläche des Fluidstromes das Auslangen findet, können die Elektroden kostengünstig als leitende Teile an isolierenden Folien gefertigt werden. Auch die Montage durch Festkleben der Folien an der Begrenzung des zu messenden Fluidstromes wird damit einfach und billig. Die Elektroden der Sensoreinheiten können

auch flächenbündig in die Wandung des Fluidkanals eingesetzt werden.

Da mit einer einzigen, an sich relativ teuren Spannungsversorgungseinheit gleichzeitig viele Emitterelektroden versorgt werden können, werden damit größere Messanordnungen, bei denen viele Emitter- und Sensorelektroden angewendet werden sehr kostengünstig.

Als Faustregeln für die Dimensionierung wurden festgestellt:

- Die Fläche einer flächenbündigen Sensorelektrode 4 sollte in  $\text{mm}^2$  mindestens 0,5 betragen, und maximal die maximale zu messende Fluidgeschwindigkeit in  $\text{m/s}$  durch 2,5.
- Die maximale Sensorfläche einer vorstehenden Sensorelektrode 4 in  $\text{mm}^2$  sollte mindestens 1 betragen, und maximal gleich dem Zahlenwert der maximalen zu messende Fluidgeschwindigkeit in  $\text{m/s}$  sein.
- Der Strom durch die Emitterelektrode (3) sollte im Bereich von eins bis hundert  $\mu\text{A}$  liegen.
- Der optimale Abstand zwischen Emitterelektroden und Sensorelektroden hängt von der eingebrachten Hochspannung und der zu messenden Fluidgeschwindigkeit ab. Er liegt typischerweise im Bereich von ca. 8 bis ca. 100 mm.
- Der Messwiderstand  $R_s$  am Sensor liegt typischerweise bei 10 Megaohm.

Vor allem dann, wenn die hochspannungsführende emittierende Elektrode 3 flächenbündig mit der umgebenden Gegenelektrode liegt, kann es Vorteile bringen, diese Gegenelektrode nicht direkt mit Masse zu verbinden, sondern über einen elektrischen Widerstand. Dieser Widerstand sollte kleiner sein als der Messwiderstand  $R_s$  an der Sensorelektrode. Mit Hilfe dieses Widerstandes kann der abfließende Strom gut gemessen werden, und es können damit Erkenntnisse gewonnen werden, ob - im Prinzip unerwünschte - Kriechströme von der emittierenden Elektrode 3 vorliegen. Beispielsweise kann damit Vereisung der Emitterelektrode erkannt werden. Bei einem allfälligen Überschlag wird der Strom durch einen derartigen Widerstand begrenzt. Der Widerstand sollte kleiner sein, als der Messwiderstand  $R_s$  weil er damit im Fall eines Überschlages einen größeren Anteil der Stromleitung übernimmt, und somit die Messanordnung schützt.

Mit Hilfe der erfindungsgemäßen Bauweise wird es erstmals möglich Fluidgeschwindigkeiten verzögerungsfrei zu messen.

## 40 Patentansprüche:

1. Vorrichtung zur Messung der Geschwindigkeit eines Fluidstromes, wobei von einer den Fluidstrom zumindest berührenden, mit einer hohen elektrischen Spannung versehenen Emitterelektrode aus elektrische Ladungsträger in den Fluidstrom emittiert werden, wobei im Fluidstrom bzw. an der Begrenzung des Fluidstromes eine von der Sensorelektrode isoliert angeordnete Gegenelektrode zu der Sensorelektrode angebracht ist, wobei an einer weiteren Stelle des Fluidstromes eine Sensorelektrode mit diesem in Berührung ist, deren elektrischer Signalpegel gegenüber der Gegenelektrode gemessen wird, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Emitterelektrode (3) zeitlich kontinuierlich Ladungsträger in den Fluidstrom (1) emittiert, dass die einhüllende Projektionsfläche der den Fluidstrom berührenden Sensorelektrode (4) in die angrenzende Querschnittsfläche des Fluidstromes (1) klein gegenüber der Querschnittsfläche des Fluidstromes an dieser Stelle ist, und dass der Strom ( $I_s$ ) über die Sensorelektrode (4) gemessen und damit die Größe der Geschwindigkeit des Fluidstromes berechnet wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Emitterelektrode (3) und mehrere Sensorelektroden (4) an verschiedenen Orten im bzw. am Fluidkanal angeordnet sind.
5. 3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine Spannungsquelle (5) für mehrere Emitterelektroden (3) gleichzeitig verwendet wird.
10. 4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Sensorstrom ( $I_s$ ) zur Berechnung der Größe der Geschwindigkeit des Fluidstroms verwendet wird, wobei eine vorab bei einem Kalibrierungsdurchlauf aufgenommene Messkurve des Sensorstroms ( $I_s$ ) zur Kalibrierung des Geschwindigkeitswerts des Fluidstroms dient.
15. 5. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass die in die Querschnittsfläche des Fluidstroms projizierte einhüllende Querschnittsfläche einer Sensorelektrode (3) kleiner oder gleich 5% der Querschnittsfläche des Fluidstromes an dieser Stelle des Fluidstromes ist.
20. 6. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Druck und die Temperatur des Fluids gemessen werden und damit die pro Zeit durch eine Querschnittsfläche fließende Fluidmenge, d.h. die Masse pro Zeit und Fläche bestimmt wird.
25. 7. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine flächenbündige, d.h. eine an der Kanalwandung des Fluidstromes angeordnete Sensorelektrode (4) verwendet wird, deren Querschnittsfläche mindestens  $0,5 \text{ mm}^2$  beträgt.
30. 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass eine in den Fluidstrom (1) vorstehende, d.h. eine von der Kanalwandung in den Fluidstrom hineinragende Sensorelektrode (4) verwendet wird, deren Querschnittsfläche mindestens  $1 \text{ mm}^2$  beträgt.
35. 9. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Strom durch die Emitterelektrode (3) im Größenbereich von eins bis hundert  $\mu\text{A}$  liegt.
10. 10. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass mindestens eine Emitterelektrode (3) und mindestens eine Sensorelektrode (4) gemeinsam auf einer isolierenden Trägerfolie angebracht sind.
40. 11. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie dazu verwendet wird, die Richtung einer Fluidströmung in einer eindimensionalen Anordnung der Sensorelektrode (4) zu erkennen, indem aus den an der Sensorelektrode (4), um eine Emitterelektrode (3), gemessenen Sensorstrom ( $I_s$ ) ein Gesamtrichtungsvektor für die Richtung der Fluidströmung errechnet wird.
45. 12. Vorrichtung nach Anspruch 1 - 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie dazu verwendet wird, die Richtung einer Fluidströmung in einer mehrdimensionalen Anordnung der Sensorelektroden (4) zu erkennen, indem aus den an den einzelnen Sensorelektroden (4), um zumindest eine Emitterelektrode (3), gemessenen Sensorströmen ( $I_s$ ) ein Gesamtrichtungsvektor für die Richtung der Fluidströmung errechnet wird.
50. 13. Vorrichtung nach einem der vorangegangenen Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass an dem Fluidstrom durch mehrere, an verschiedenen Stellen einer Querschnittsfläche angeordnete Sensorelektroden (4) und erforderlichenfalls Emitterelektroden (3) gleichzeitig gemessen wird, und dass sich signifikant unterscheidende Messergebnisse des Sensorstroms ( $I_s$ ) zwischen benachbarten Sensorelektroden (4) als eine örtlich vorliegende

Turbulenz des Fluidstroms gedeutet werden.

14. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie dazu verwendet wird, den Zustrom von Verbrennungsluft zu einem Verbrennungsmotor zu messen.
- 5 15. Vorrichtung nach Anspruch 14, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie dazu verwendet wird, den genau einem individuellen Zylinder des Verbrennungsmotors zugeordneten Zustrom von Verbrennungsluft zu messen.
- 10 16. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass sie an der Außenhaut einer aerodynamisch umströmten Fläche, beispielsweise an einem Flugzeug, angeordnet wird.
- 15 17. Vorrichtung nach einem der vorgenannten Ansprüche, *dadurch gekennzeichnet*, dass zwischen dem Gegenpol der Emitterelektrode (3) und Masse ein Ohmscher Widerstand angeschlossen wird, der niedriger als der Messwiderstand  $R_S$  am Sensor ist, sodass der Spannungsabfall an diesem Widerstand gemessen wird, und das Messergebnis einen zusätzlichen Parameter für die Funktion der Vorrichtung liefert.

20

### Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

25

30

35

40

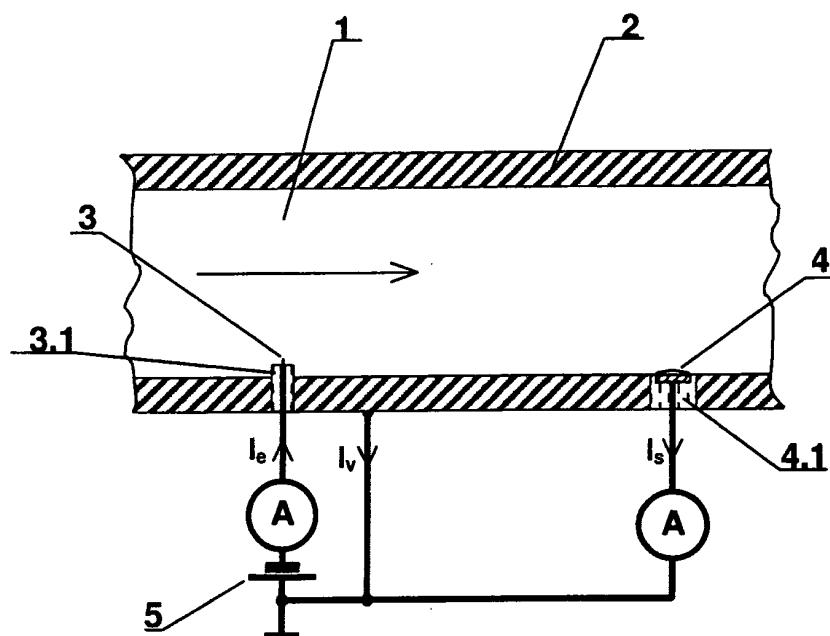
45

50

55

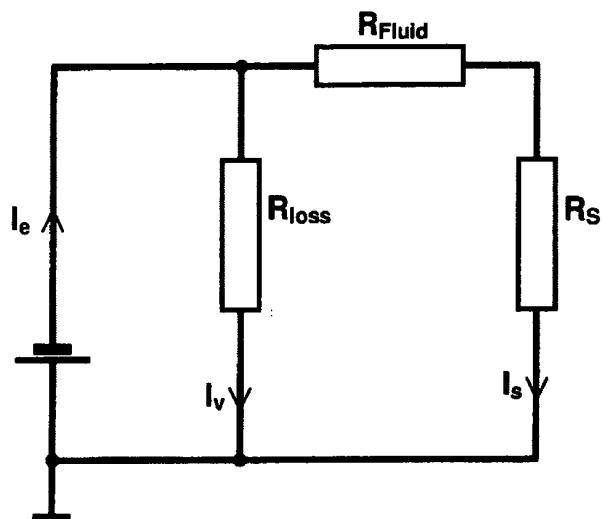


Fig. 1





**Fig. 2**





österreichisches  
patentamt

AT 501 993 B1 2007-06-15

Blatt: 3

Int. Cl.<sup>8</sup>: **G01F 1/64** (2006.01)  
**G01F 01/708** (2006.01)  
**G01P 05/08** (2006.01)

**Fig. 3**

