



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2004 061 404 A1 2006.07.06

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2004 061 404.0

(22) Anmeldetag: 21.12.2004

(43) Offenlegungstag: 06.07.2006

(51) Int Cl.⁸: **G01F 1/66** (2006.01)
G01P 5/24 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

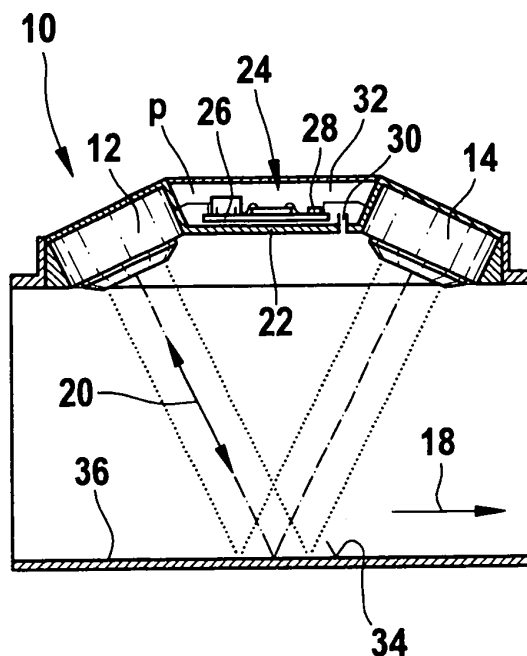
(72) Erfinder:

Hecht, Hans, 70825 Korntal-Münchingen, DE;
Müller, Roland, 71711 Steinheim, DE; Konzelmann,
Uwe, 71679 Asperg, DE; Lang, Tobias, 70197
Stuttgart, DE; Radwan, Sami, 70372 Stuttgart, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Ultraschall-Durchflussmesser und Verfahren zur Durchflussmessung mittels Ultraschall**

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Ultraschall-Durchflussmesser (10) und ein Verfahren zur Durchflussmessung mittels Ultraschall offenbart, mit wenigstens zwei in einem Strömungskanal (16) in Strömungsrichtung versetzt angeordneten Ultraschallwandlern (12, 14) zur Aussendung und zum Empfang von Ultraschallwellenpaketen, so dass in einem Elektronikteil (24) Ultraschalllaufzeiten von einem der Ultraschallwandler (12, 14) zum anderen und umgekehrt bestimmbar sind, und mit einem dem Strömungskanal (16) zugeordneten Drucksensor (26) zur Bestimmung des Druckes im Strömungskanal (16). Durch eine genaue Erfassung der einströmenden Luft in der Ansaugung eines Kraftfahrzeugverbrennungsmotors sind Messwerte für eine möglichst genaue Motorsteuerung bestimmbar.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Zur Messung des Durchflusses eines Fluids, insbesondere eines Gases, beispielsweise von Luft, durch einen Strömungskanal mittels Ultraschall werden wenigstens zwei Ultraschallwandler zur Aussendung und zum Empfang von Ultraschallwellenpaketen in Strömungsrichtung versetzt angeordnet, so dass in einem Elektronikteil Ultraschalllaufzeiten durch das strömende Fluid von einem der Ultraschallwandler zum anderen und umgekehrt bestimmbar sind. Aus den gemessenen Signalwerten der Laufzeiten können in Verbindung mit geometrischen Größen der Messanordnung die Schallgeschwindigkeit im Fluid und die mittlere Strömungsgeschwindigkeit des Fluids berechnet werden.

Stand der Technik

Stand der Technik

[0002] Beispielsweise aus dem Dokument EP 0 477 418 A1 ist ein Ultraschall-Durchflussmesser geeignet zum Einbau in ein Messrohr, durch das ein Fluid strömt, insbesondere zur Luftmassenmessung in einem Kraftfahrzeugmotor, bekannt. Zwei Ultraschallwandler arbeiten abwechselnd als Sende- oder Empfangswandler, wobei die ausgesendeten Ultraschallwellen über eine Reflektoranordnung entlang eines das Messrohr durchlaufenden Messweges zwischen den Ultraschallwandlern laufen. Die einzelnen Baugruppen sind, vorzugsweise mit einer Betriebs- und Messelektronikeinheit, auf einer Trägerplatte integriert als Einbaueinheit ausgeführt, die in einer Aufnahmeöffnung des Messrohres abgedichtet montierbar ist.

Darstellung der Erfindung

[0003] Erfindungsgemäß weist ein Ultraschall-Durchflussmesser wenigstens zwei in einem von einem Fluid durchflossenen Strömungskanal in Strömungsrichtung versetzt angeordnete Ultraschallwandler auf, die sich gegenseitig abwechselnd oder gleichzeitig Ultraschallsignale oder Ultraschallwellenpakete zusenden, um die Strömungsrate des Fluids oder Mediums, insbesondere gasförmig, zu messen. In einem Elektronikteil sind die Ultraschalllaufzeiten von einem der Ultraschallwandler zum anderen und umgekehrt entlang eines Weges durch das strömende Fluid im Strömungskanal bestimmbar. Dem Strömungskanal, genauer dem Raumbereich des Strömungskanals, in dem die Ultraschalllaufzeiten gemessen werden, ist ein Drucksensor zur Bestimmung des Druckes im Strömungskanal zugeordnet. Anders ausgedrückt, der Drucksensor ist derart angeordnet, dass der Druck im Strömungskanal, insbesondere im Bereich, in welchem sich die Ultraschallwellenpakete

ausbreiten, also die Strömungsrate, der Massenstrom oder der Teilchenstrom bestimmt wird, gemessen wird. Insbesondere kann der Drucksensor im oder am Elektronikteil des Ultraschall-Durchflussmessers aufgenommen, montiert, befestigt oder integriert sein. Auf den Drucksensor kann mittels eines Kanals oder einer Bohrung der im Strömungskanal herrschende Druck übertragen werden, so dass näherungsweise die Dichte des strömenden Fluids ermittelbar ist. Der Ultraschall-Durchflussmesser kann auch als Ultraschall-Strömungssensor bezeichnet werden.

[0004] Der erfindungsgemäße Ultraschall-Durchflussmesser beziehungsweise das erfindungsgemäße Verfahren zur Durchflussmessung mittels Ultraschall in einem Strömungskanal kann in vorteilhafter Weise zur genauen Erfassung der einströmenden Luft in der Ansaugung eines Kraftfahrzeugverbrennungsmotors eingesetzt werden, um Messwerte für eine möglichst genaue Motorsteuerung zu bestimmen.

[0005] Ein weiterer Vorteil des zugeordneten, angeordneten beziehungsweise integrierten Drucksensors ist die Möglichkeit, den ermittelten Druckwert bereits im Elektronikteil oder der Auswerteeinheit des Ultraschall-Durchflussmessers mit den ermittelten Differenzlaufzeiten zwischen den beiden Senderichtungen zwischen den wenigstens zwei Ultraschallwandlern zu multiplizieren. Die auf diese Weise ermittelte Messgröße ist eine gute Näherung für den Massenstrom beziehungsweise den Teilchenstrom in der Strömung des Fluids, welches den Strömungskanal durchfließt.

[0006] Aufgrund der weitgehend linearen Kennlinie des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers kann dieser und das Verfahren der integrierten oder simultanen Messung und Verrechnung der gemessenen Signale der Ultraschalllaufzeiten und des Druckes besonders vorteilhaft auch bei pulsierenden Strömungen eingesetzt werden: Bereits im Elektronikteil kann die aus den Messsignalen ermittelte Messgröße für den Massenstrom einer Tiefpassfilterung, welche eine Mittelung bewirkt, unterzogen und dann mit reduzierter Bandbreite weiter übertragen werden, ohne dass hierdurch die Messgenauigkeit reduziert wird.

[0007] Durch eine zurückgezogene Position des Drucksensors, der mit dem Strömungskanal durch einen Kanal oder eine Bohrung verbunden ist, wird der Drucksensor in vorteilhafter Weise vor Verschmutzungen geschützt.

Ausführungsbeispiel

Zeichnung

[0008] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung werden anhand der nachfolgenden Figuren sowie deren Beschreibungen dargestellt. Es zeigt im Einzelnen:

[0009] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer geläufigen Messanordnung für die Ultraschalllaufzeiten durch das strömende Fluid im erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmesser,

[0010] [Fig. 2](#) eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers, und

[0011] [Fig. 3](#) eine Variante der vorteilhafte Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers, welche als Steckfühler-einheit ausgeprägt ist, und

[0012] [Fig. 4](#) einen Querschnitt durch einen Strömungskanal, in welchem die alternative vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers gemäß [Fig. 3](#) montiert ist.

Ausführungsvarianten

[0013] Die [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung einer geläufigen Messanordnung für die Ultraschalllaufzeiten durch das strömende Fluid im erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmesser. Bevor eine Anzahl von besonderen Vorteilen und vorteilhaften Ausführungen des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers beschrieben werden, soll zunächst auf die bereits aus dem Stand der Technik bekannte Messanordnung für die Ultraschalllaufzeiten als solche eingegangen werden: In einem Strömungskanal **16**, hier in [Fig. 1](#) in Form eines Rohres, sind ein erster und ein zweiter Ultraschallwandler **12**, **14** versetzt zueinander in Strömungsrichtung **18** angebracht. Anders ausgedrückt, der erste Ultraschallwandler **12** liegt stromaufwärts, und der zweite Ultraschallwandler **14** liegt stromabwärts. Der Strömungskanal **16** wird von einem Fluid, insbesondere einem Gas, einem Gasgemisch wie beispielsweise Luft, in Strömungsrichtung **18** mit Geschwindigkeit v durchströmt. Das Fluid hat eine Schallgeschwindigkeit c . Die zwei Ultraschallwandler **12**, **14** senden sich abwechselnd oder gleichzeitig Ultraschallwellenpakete entlang eines Messweges **20** durch das strömende Fluid mit Weglänge L zu. Der Messweg **20** verläuft wenigstens in einer Projektion parallel beziehungsweise antiparallel zur Strömungsrichtung **18**. Hier in [Fig. 1](#) schließen Messweg **20** und Strömungsrichtung **18** einen Winkel α ein. Es werden die Ultraschalllaufzeiten t_1 vom ersten Ultraschallwandler **12** zum zweiten Ultraschallwandler **14** und t_2 vom zwei-

ten Ultraschallwandler **14** zum ersten Ultraschallwandler **12** gemessen. Die Ultraschalllaufzeiten t_1 und t_2 unterscheiden sich geringfügig in Vergleich zum Betrag ihres arithmetischen Mittels aufgrund der Bewegung des Fluids in Strömungsrichtung **18**.

[0014] Erfindungsgemäß wird nun zusätzlich im Bereich des Strömungskanals **16**, in welchem die Ultraschalllaufzeiten bestimmt werden, der Druck des Fluids gemessen (, nicht näher in [Fig. 1](#) gezeigt, siehe [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#)). Dadurch stehen innerhalb eines Elektronikteils oder einer Auswerteeinheit – das Elektronikteil kann auch entfernt vom Ort der Messung liegen – für eine vorteilhafte kompakte oder integrierte Anordnung siehe [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) – Messwerte für die Laufzeitdifferenz $\Delta t = t_1 - t_2$, die Laufzeitsumme $\Sigma t = t_1 + t_2$ und den Druck p zur Verfügung. Mit der abkürzenden Schreibweise eines Korrekturfaktors $s = 1 - (\Delta t / \Sigma t)^2$ ergeben sich nach kurzer Rechnung die folgenden Zusammenhänge für die Schallgeschwindigkeit c im Fluid

$$c = 2L \frac{1}{\Sigma t} \frac{1}{s} \quad (1)$$

und die mittlere Strömungsgeschwindigkeit v

$$v = \frac{2L}{\cos \alpha} \frac{\Delta t}{(\Sigma t)^2} \frac{1}{s} \quad (2)$$

[0015] Der zum Massenstrom proportionale Teilchenstrom $\dot{n} = dn/dV dV/dt$ kann mit Hilfe der allgemeinen Gasgleichung $p^V = nkT$, wobei V das Volumen, n die Teilchenzahl, k die Boltzmannkonstante und T die Temperatur ist, und der Proportionalität $v \propto dV/dt$ zwischen der Strömungsgeschwindigkeit v und der Volumenstromrate dV/dt auch dargestellt werden als

$$\dot{n} \propto v \left(\frac{p}{T} \right). \quad (3)$$

[0016] Mit dem Zusammenhang $c^2 = \kappa RT$, wobei κ der Adiabatenexponent ist, erhält man dann

$$\dot{n} \propto p \cdot \Delta t \cdot g, \quad (4)$$

wobei $g = \kappa s$ ein Korrekturfaktor ist, der als Funktion von v , T und der relativen Luftfeuchtigkeit dargestellt werden kann. In vorteilhafter Weise kann der Korrekturfaktor g als 1 gesetzt (oder vernachlässigt) werden: Bei der Ermittlung des Teilchenstroms beziehungsweise des Massenstroms wird nur ein gewisser Fehler gemacht, der mit wachsender Temperatur und Luftfeuchtigkeit zunimmt, aber in vielen Anwendungen keine wesentliche Rolle spielt. Mit anderen Worten, in guter Näherung ist das Produkt aus Druck und Laufzeitdifferenz proportional zum Teilchenstrom und daher ein Maß für den wiederum zum Teilchenstrom proportionalen Massenstrom.

[0017] Werden der gemessene Druck p und die Differenzlaufzeit Δt innerhalb des Elektronikteils (auch Auswerteeinheit) jeweils über einen linearen Zusammenhang als elektrisches Signal repräsentiert, können die beiden Signale einer Multiplikation entsprechend miteinander zu einem resultierenden Signal (in einer Multiplikationseinheit des Elektronikteils nicht zeichnerisch dargestellt) verarbeitet werden, welches näherungsweise den Massenstrom darstellt. Dieses Signal, wenn es sich auf den Massenstrom in der Ansaugung eines Kraftfahrzeugverbrennungsmotors bezieht, kann in vorteilhafter Weise für dessen Steuerung oder Regelung eingesetzt werden.

[0018] In [Fig. 2](#) ist eine vorteilhafte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers **10** gezeigt. In einem Strömungskanal **16**, hier in dieser Ausführungsform ein Strömungsrohr, sind ein erster und ein zweiter Ultraschallwandler **12**, **14** in Strömungsrichtung **18** versetzt angeordnet. Die Ultraschallwandler **12**, **14** senden sich gegenseitig Ultraschallsignale, insbesondere Ultraschallwellenpakete, zu. Die Ultraschallwandler **12**, **14** sind sowohl zum Senden als auch zum Empfangen geeignet, können also sowohl elektrische Signale in Ultraschall als auch Ultraschall in elektrische Signale wandeln. Jeder der Ultraschallwandler **12**, **14** dient nach dem Senden eines Ultraschallwellenpaketes dazu, ein vom jeweils anderen Ultraschallwandler **12**, **14** kommendes Ultraschallwellenpaket aufzufangen. Einer Geometrie, wie sie in der [Fig. 1](#) gezeigt ist, entsprechend, können die Ultraschallwellenpakete direkt von einem Ultraschallwandler **12**, **14** zum anderen durch das strömende Fluid laufen. In einer vorteilhaften Ausführungsform gemäß der [Fig. 2](#) werden die Ultraschallwellenpakete an einer Ultraschallwellen reflektierenden Fläche **34** an der Rohrrinnenwand **36** des Strömungskanals **16** gespiegelt; die Ultraschallwandler **12**, **14** liegen auf einer Seite des Strömungskanals **16**. Der Messweg **20**, welchen die Ultraschallwellenpakete durchlaufen, verläuft dabei nicht senkrecht zur Strömungsrichtung **18**. Obschon der Messweg **20** prinzipiell parallel beziehungsweise antiparallel zur Strömungsrichtung **18** verlaufen kann, ist in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers **10** vorgesehen, dass der Messweg **20** wenigstens abschnittsweise unter einem Winkel gegenüber der Strömungsrichtung **18** geneigt verläuft. Der Messweg **20** kann auch eine Anzahl von Abschnitten aufweisen, welche einen unterschiedlichen Winkel zur Strömungsrichtung **18** einschließen. In der in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsform verläuft der Messweg **20**, wie durch die gestrichelte Linie angedeutet, V-förmig mit zwei Abschnitten, welche spiegelsymmetrisch gegenüber einer Ebene eines Strömungskanalquerschnitts geneigt zur Strömungsrichtung liegen. Die gepunktete Linien stellen schematisch die Ausdehnung der Ultraschallwellenpakete in lateraler Richtung gegenüber ihrer Ausbreitungsrichtung dar.

[0019] In der vorteilhaften Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) sind die zwei Ultraschallwandler in einem kompakten Aufnahmeteil integriert. Zwischen dem ersten (stromaufwärts liegend) und dem zweiten (stromabwärts liegend) Ultraschallwandler **12**, **14** ist ebenfalls am kompakten Aufnahmeteil **22** ein Elektronikteil **24** aufgenommen. Das Elektronikteil **24** dient unter anderem zur Erzeugung der elektrischen Signale für die Ultraschallwandler **12**, **14**, so dass Ultraschallwellenpakete generiert werden, zur Verarbeitung der entstehenden elektrischen Signale aufgrund von empfangenen Ultraschallwellenpaketen, zur Laufzeitmessung der Ultraschallwellenpakete (Laufzeit – wenigstens in Projektion – mit der Strömungsrichtung **18** und Laufzeit – wenigstens in Projektion – entgegen der Strömungsrichtung **18**) und zur Verarbeitung der Messwerte zu einem elektrischen Signal, welches den Massenstrom repräsentiert. Durch die in Strömungsrichtung **18** versetzte Anordnung der Ultraschallwandler **12**, **14** unterscheiden sich die Laufzeiten vom ersten zum zweiten und umgekehrt in Abhängigkeit der Strömungsgeschwindigkeit v . Das Elektronikteil **24** weist einen Schaltungsträger **26** auf, der einen Drucksensor **28** (oder einen Druckaufnehmer) umfasst. Am Schaltungsträger **26** sind auch andere, bevorzugt alle benötigten Schaltungsbauteile des Ultraschall-Durchflussmessers **10** angebracht beziehungsweise angeschlossen.

[0020] Das kompakte Aufnahmeteil weist einen inneren Bereich **32**, in welchem der Schaltungsträger **26** mit dem Drucksensor **28** liegen, auf, wobei der innere Bereich **32** durch einen Kanal **30**, hier in dieser Ausführungsform eine Bohrung, mit dem Strömungskanal **16** verbunden ist. Wenn der Drucksensor **28** den Druck im inneren Bereich **32** mißt, wird dadurch der Druck im Strömungskanal **16** bestimmt. Der Kanal **30** kann, wie hier in [Fig. 2](#) gezeigt, ein offener Kanal **30** sein oder alternativ dazu ein mit einer beweglichen Membran verschlossener Kanal **30** (nicht zeichnerisch dargestellt) sein, so dass zwar der Druck in den inneren Bereich **32** weitergeleitet wird, aber Verschmutzungen vom Elektronikteil **24** und vom Drucksensor **28** ferngehalten werden.

[0021] [Fig. 3](#) stellt eine Variante der vorteilhaften Ausführungsform gemäß [Fig. 2](#) des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers **10**, welche als Steckfühlereinheit **38** ausgeprägt ist, dar. Die Geometrie dieser Variante ist im wesentlichen derjenigen der in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsform gleich, so dass zur Erläuterung der in [Fig. 3](#) eingefügten Bezugszeichen auf die oben angegebene Beschreibung der [Fig. 2](#) verwiesen sei. Der in [Fig. 3](#) zu sehende erfindungsgemäße Ultraschall-Durchflussmesser ist als Steckfühlereinheit **38** ausgeprägt: Die Steckfühlereinheit **38** hat eine derartige Geometrie, dass sie in eine komplementäre Ausnehmung im Strömungskanal, hier ein Strömungsrohr **40**, dichtend oder abgedichtet, quasi als ein Deckel für die Ausnehmung,

montiert werden kann. Die Steckfühlereinheit **38** umfasst neben dem bereits angesprochenen kompakten Aufnahmeteil **22** eine Haltekonstruktion **44**, welche im eingebauten Zustand in das strömende Fluid im Strömungsrohr **40** hineinragt. Die Haltekonstruktion **44** trägt eine Reflexionsschicht **42**, welche die von den Ultraschallwandlern **12**, **14** ausgesendeten Ultraschallwellenpakete entlang dem Messweg **20** spiegelt.

[0022] Die [Fig. 4](#) zeigt einen Querschnitt durch das Strömungsrohr **40**, in welchem die Variante des erfindungsgemäßen Ultraschall-Durchflussmessers **10** gemäß [Fig. 3](#) montiert ist. Zur Erläuterung der eingefügten Bezugszeichen sei auf die oben angegebene Beschreibung der [Fig. 3](#) verwiesen.

Bezugszeichenliste

10	Ultraschall-Durchflussmesser
12	erster Ultraschallwandler
14	zweiter Ultraschallwandler
16	Strömungskanal
18	Strömungsrichtung
20	Messweg
22	kompaktes Aufnahmeteil
24	Elektronikteil
26	Schaltungsträger
28	Drucksensor
30	Kanal
32	innerer Bereich
34	reflektierende Fläche
36	Rohrinnenwand
38	Steckfühlereinheit
40	Strömungsrohr
42	Reflexionsschicht
44	Haltekonstruktion
v	Strömungsgeschwindigkeit
c	Schallgeschwindigkeit im Fluid
L	Weglänge

Patentansprüche

1. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) mit wenigstens zwei in einem Strömungskanal (**16**) in Strömungsrichtung versetzt angeordneten Ultraschallwandlern (**12**, **14**) zur Aussendung und zum Empfang von Ultraschallwellenpaketen, so dass in einem Elektronikteil (**24**) Ultraschalllaufzeiten von einem der Ultraschallwandler (**12**, **14**) zum anderen und umgekehrt bestimmbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Strömungskanal (**16**) ein Drucksensor (**26**) zur Bestimmung des Druckes im Strömungskanal (**16**) zugeordnet ist.

2. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor (**26**) in einem inneren Bereich (**32**) innerhalb des Ultraschall-Durchflussmessers (**10**) liegt, wobei der innere Bereich (**32**) durch einen offenen Ka-

nal(**28**) oder einen mit einer beweglichen Membran verschlossenen Kanal(**28**) mit dem Strömungskanal (**16**) verbunden ist.

3. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Ultraschallwandler (**12**, **14**) und der Drucksensor (**26**) mit dem Elektronikteil (**24**) in oder an einem kompakten Aufnahmeteil (**22**) integriert sind.

4. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens zwei Ultraschallwandler (**12**, **14**) derart angeordnet sind, dass die Ultraschallwellenpakete über wenigstens eine reflektierende Fläche (**34**) im Strömungskanal (**16**) von einem der Ultraschallwandler (**12**, **14**) zum anderen und umgekehrt gelangen.

5. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die reflektierende Fläche (**34**) ein Teil einer Rohrwand (**36**) des Strömungskanals (**16**), eine an der Rohrwand (**36**) befestigte Reflexionsschicht (**42**) oder eine Reflektionsplatte ist.

6. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Elektronikteil (**24**) ein den gemessene Druck repräsentierendes elektrisches Signal und ein die Differenz der Ultraschalllaufzeiten elektrisches Signal erzeugbar sind und dass das Elektronikteil eine Multiplikationseinheit zur Verarbeitung des elektrischen Signals des gemessenen Drucks und des elektrischen Signals zu einem näherungsweise den Massenstrom repräsentierenden Signal aufweist.

7. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Elektronikteil (**24**) einen auf das den Massenstrom repräsentierende Signal wirkenden Tiefpassfilter aufweist.

8. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Drucksensor (**28**) und andere Schaltungsbauteile des Elektronikteils (**24**) des Ultraschall-Durchflussmessers (**10**) auf einem Schaltungsträger (**26**) angeordnet sind.

9. Ultraschall-Durchflussmesser (**10**) gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ultraschall-Durchflussmesser als Steckfühlereinheit (**38**) für die Ansaugung eines Kraftfahrzeugverbrennungsmotors ausgeführt ist.

10. Verfahren zur Durchflussmessung mittels Ultraschall in einem Strömungskanal (**16**), wobei von

wenigstens zwei in Strömungsrichtung (**18**) versetzt angeordneten Ultraschallwandlern (**12, 14**) Ultraschallwellenpakete ausgesendet und empfangen werden, so dass in einem Elektronikteil (**24**) Ultraschalllaufzeiten von einem der Ultraschallwandler (**12, 14**) zum anderen und umgekehrt bestimmbar werden, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Drucksensors (**28**) der Druck im Strömungskanal (**16**) gemessen wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

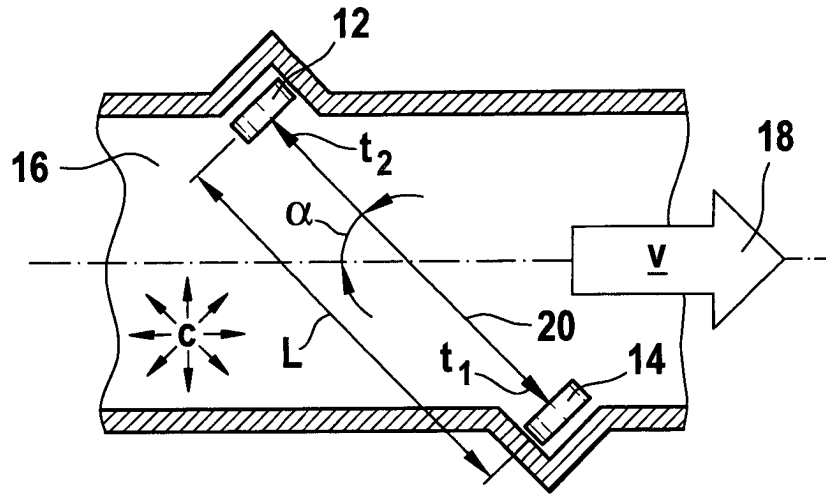


Fig. 2

