



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 256 367 A1

4(51) G 01 F 1/32

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 F / 298 691 4

(22) 29.12.86

(44) 04.05.88

(71) Kombinat VEB EAW Berlin-Treptow, Zentrum für Forschung und Technologie, Storkower Straße 101, Berlin, 1055, DD

(72) Kaltschmidt, Arndt; Schöpflin, Ulrich, Dipl.-Ing.; Urner, Gerd, DD

(54) Verfahren der Dichtebestimmung eines Fluides unter Verwendung eines Wirbelzählers zur Erhöhung der Meßwertsicherheit durch Redundanz bei der Volumenumwertung

(55) Dichtebestimmung, Durchflußmeßtechnik, Effektivwertbildner, störungsfreie Impulsfolge, Karmansche Wirbelstraße, Volumenumwertung, Wirbelzähler, Zustandsmengenumwerter

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren der Dichtebestimmung eines Fluides unter Verwendung eines Wirbelzählers nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße zwecks anschließender Volumenumwertung mittels Dichtemengenumwertung und parallel ausgeführter Zustandsmengenumwertung mit anschließender Dichtebestimmung. Anwendungsgebiet ist die Durchflußmeßtechnik. Aus beiden Dichtewerten soll eine relative Dichtedifferenz als Entscheidungskriterium ermittelt werden. Bei Überschreiten einer vorgegebenen zulässigen Abweichung soll eine schnelle Fehlermeldung gewährleistet sein. Erfindungsgemäß wird in einem ersten Zweig das aus dem Piezoabtastsystem des Wirbelzählers gewonnene frequenzanaloge Signal in Abhängigkeit der Frequenz gedämpft und einerseits dieses vorverarbeitete Signal mittels einer Auswerteelektronik eine von störungsfreie Impulsfolge und daraus die Frequenz errechnet und andererseits mittels eines Effektivwertbildner ein Spannungssignal in Abhängigkeit der Dichte ermittelt. In einem zweiten Zweig wird die Dichte unter der Verwendung der Größen Druck, Temperatur usw. direkt ermittelt. Fig. 1

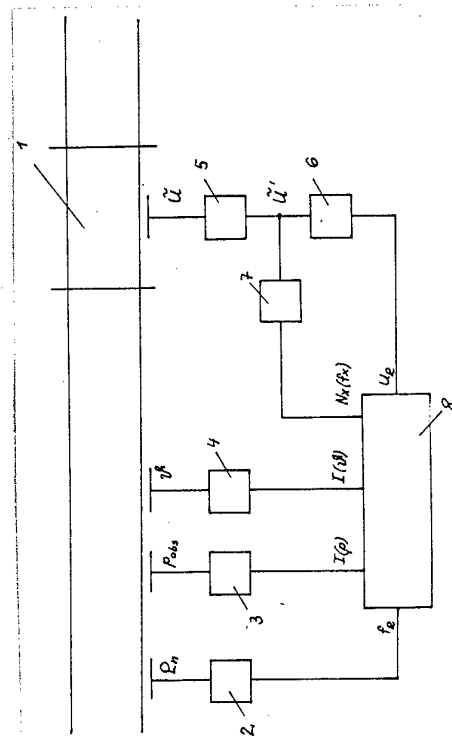


Fig. 1

**Patentanspruch:**

Verfahren zur Dichtebestimmung eines Fluides unter Verwendung eines Wirbelzählers zur Erhöhung der Meßwertsicherheit durch Redundanz bei der Volumenumwertung mittels Sensoren für die Ermittlung von Druck und Temperatur im Geberrohr, **gekennzeichnet dadurch**, daß auf einem ersten Wege, das aus dem Piezoabtastsystem des Wirbelzählers gewonnene frequenzanaloge Signal  $\bar{U}$  in Abhängigkeit von der Frequenz gedämpft wird und nachfolgend einerseits mittels einer Auswerteelektronik in eine von Störungen freie Impulsfolge  $N_x$  und andererseits mittels eines Effektivwertbildners mit sich anschließender Glättung in ein von der Dichte abhängiges Spannungssignal  $U_p$  gewandelt wird und daß die so ermittelten Größen der Impulsfolge  $N_x$  und des Spannungssignals  $U_p$  zur Berechnung der Betriebsdichte genutzt werden, daß auf einem zweiten Wege mittels der Sensoren gewonnenen Betriebsgrößen Druck und Temperatur und diesen Größen zugeordneten Kompressibilitätszahlen sowie Bezugsgrößen die Zustandszahl berechnet wird und unter Verwendung der Normdichte die Betriebsdichte ermittelt wird und daß in einem weiteren Verarbeitungsabschnitt die mit Hilfe der Wirbelfrequenzmessung und nachfolgende Berechnung ermittelte Betriebsdichte mit der über die Zustandszahl ermittelten Betriebsdichte zur Ableitung eines Entscheidungskriteriums zur Störerkennung verglichen wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

**Anwendungsgebiet der Erfindung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren der Dichtebestimmung eines Fluides unter Verwendung eines Wirbelzählers nach dem Prinzip der Karman'schen Wirbelstraße zwecks anschließender Volumenumwertung mittels Dichtemengenumwertung zur Erhöhung der Meßwertsicherheit durch redundant ausgeführte Volumenumwertung mittels Zustandsmengenumwertung. Das Verfahren ist für die Bilanzierung von gasförmigen und flüssigen Rohstoffen sowie Energieträgern besonders geeignet, da im rechtsgeschäftlichen Verkehr die Kenntnis der Größen Masse und Massestrom oder Bezugsvolumen bzw. Bezugsvolumenstrom unter Berücksichtigung des Betriebsvolumen bzw. Volumenstrom sowie Druck, Temperatur und/oder Betriebsdichte des Fluides mit hoher Meßwertsicherheit für die Verrechnung gefordert wird.

**Charakteristik der bekannten technischen Lösungen**

Aus der Literatur ist bekannt, daß bei der Anwendung von Wirbelfrequenzdurchflußmessern nicht nur die mittlere Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Volumenstrom in einer Rohrleitung über die Ablösefrequenz an einem Störkörper nach der Beziehung

$$f \sim \bar{c}$$

ermittelt, sondern bei geeigneter Anordnung und Auswahl von Fühlern bzw. Meßumformern ein elektrisches Signal gewonnen werden kann, welches die Schwankungen der kinetischen Energie des Fluids nach Ablösung von Wirbeln an einen Störkörper proportional abbildet. In dem so gewonnenen elektrischen Signal läßt sich neben der Signalfrequenz auch die Signalamplitude  $\bar{U}$  auswerten, die proportional der Dichte des Fluids  $\rho$  und dem Quadrat der mittleren Strömungsgeschwindigkeit  $\bar{c}$  ist. Es gilt

$$\bar{U} \sim \rho \bar{c}^2$$

bzw.

In dem US-Patent US 3885432 wird eine Lösung beschrieben, in der beide Effekte ausgenutzt werden und über eine geeignete Schaltungsanordnung der Massendurchfluß eines Fluids bestimmt werden kann. Das den Druckschwankungen proportionale elektrische Signal wird in dieser Lösung unter Verwendung eines Druckmeßumformers gewonnen.

In der EP 0046965 wird ein Verfahren zur dynamischen und dichteunabhängigen Bestimmung des Massestromes von Fluiden vorgeschlagen. Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß an einem einzigen Störkörper zum einen die Wirbelablösefrequenz und zum zweiten am selben der Staudruck gemessen wird. Aus beiden Größen wird dann über die Beziehung

$$\dot{m} = 2 \left( \frac{1}{2} \rho v^2 \right) \cdot \frac{1}{v} \cdot A$$

der Massestrom  $\dot{m}$  bestimmt.

In der DE-AS 1498271 ist eine weitere Anordnung zur Messung des Massendurchfluß ohne bewegte Teile dargestellt. Den Lösungen von US 3885432 und DE-AS 1498271 ist gemeinsam, daß die Ausgabe der Dichte nicht möglich ist. Den beiden Lösungen sowie der in EP 0046965 beschriebenen ist außerdem gemeinsam, daß ein weiteres volkswirtschaftlich sehr relevantes Problem, die Bestimmung eines Bezugsvolumens, mit diesen Anordnungen bzw. Verfahren nicht gelöst wird. Weitere Anordnungen zur unabhängigen Messung des Durchflusses und/bzw. der Dichte zwecks Bestimmung der Masse und/bzw. des Massestroms eines Fluids sind in den Schriften DE 2948961, DE 2935891, DE 3218940 und DD 222121 zu finden. Die zuletzt

benannten Lösungen stehen stellvertretend für eine Vielzahl ähnlicher Lösungen, bei denen zwei unabhängige Messungen (Durchfluß und Dichte) notwendig sind. Auf diese Lösungen soll deshalb nicht weiter eingegangen werden.

**Ziel der Erfindung**

Ziel der Erfindung ist es, bei möglichst geringem Zusatzaufwand für die Durchflußmessung und anschließende Volumenumwertung eine Redundanz in der Volumenumwertung zwecks Erhöhung der Meßwertsicherheit zu erreichen.

**Darlegung des Wesens der Erfindung**

Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Lösungsfindung eines Verfahrens zur Dichtebestimmung von Fluiden unter Verwendung eines Wirbelzählers nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße und parallel ausgeführter Zustandsmengenumwertung mit anschließender Dichtebestimmung. Aus den beiden so gewonnenen Dichtewerten soll mit einem Durchflußrechner eine relative Dichtedifferenz als Entscheidungskriterium ermittelt werden, wodurch bei Überschreiten einer vorgegebenen zulässigen Abweichung eine Störmeldung ausgelöst wird. Das Verfahren soll eine schnelle Fehlererkennung in Durchflußmeßeinrichtungen gewährleisten. Das Wesen der Erfindung soll an Hand der Dichtebestimmung von Gasen dargestellt werden, was keine Einschränkung des Verfahrens für Flüssigkeiten bedeutet. Erfindungsgemäß wird das aus dem Piezoabtastsystem des Wirbelzählers gewonnene frequenzanaloge Signal in Abhängigkeit der Frequenz gedämpft, da ohne Dämpfung geringe Frequenzänderungen  $\Delta f$  schon zu großen Änderungen des Effektivwertes  $\Delta \dot{U}$  führen, was bei ansteigenden Frequenzwerten zur Übersteuerung nachfolgender Stufen führen kann. Aus dem so mit einem Vorverstärker vorverarbeiteten Signal wird mittels einer Auswerteelektronik eine von Störungen freie Impulsfolge  $N_x$  und daraus im Durchflußrechner die Frequenz  $f_x$  nach Gleichung

$$f_x = N_x/T$$

(T — Zeitbasis) berechnet.

Unabhängig von der Frequenz wird aus dem vorverarbeiteten frequenzanalogem Signal  $\dot{U}$  mit einem Effektivwertbildner und anschließender Glättung ein Signal  $U_p$  gebildet, für das gilt

$$U_p \sim p \cdot f_x^{2+n} \tag{2}$$

wobei  $f^n$  (mit  $n \leq 0$ ) ein Ausdruck für die im Vorverstärker realisierte Dämpfung ist. Ein Proportionalitätsfaktor  $K_2$ , der durch Kalibrierung der Meßeinrichtung in einem Normal ermittelt und im Speicher des Durchflußrechners abgelegt wird, gestattet die Berechnung der im Programmspeicher des Durchflußrechners abgelegten Gleichung, nach Eingabe der Werte von  $U_p$  über einen Spannungseingang der Analogeingabe des Rechners.

$$p_w = \frac{U_p}{K_2 \cdot f_x^{2+n}} \tag{3}$$

In einem weiteren Zweig der Verarbeitung wird die Dichte unter Verwendung der Größen Druck und Temperatur, Kompressibilitätszahlen und Normdichte ermittelt. Hierzu werden die aus Druck- und Temperatursensoren gewonnenen und über entsprechende Signaleingänge der Analogeingabe des Durchflußrechners eingelesen und mit der im Speicher abgelegten Normdichte sowie dem Feld der Kompressibilitätszahlen nach der Gleichung

$$\rho_u = Z_u \cdot p_n \tag{4}$$

mit

$$Z_u = \frac{p}{p_n} \cdot \frac{T_n}{\vartheta + T_n} \cdot \frac{1}{K(p, T, \text{Gasart})} \tag{5}$$

$$\dot{V}_B = Z_u \dot{V}, V_B = \int Z_u \dot{V} dt \tag{6}, (7)$$

verrechnet, wobei der Therm (5) notwendiger Weise auch für die Volumenwertung (6) und (7) errechnet werden muß und so diese Rechnung nicht noch einmal für die Dichtebestimmung vorgenommen werden muß. Die Normdichte ist als Konstante bei hoher Stabilität der Zusammensetzung des Fluids hinreichend bestimmt. Bei stärker schwankender Zusammensetzung sollte die Konstante durch Werte ersetzt werden, die über einen Normdichtegeber in den Rechner gegeben werden. Nach der Dichtebestimmung in zwei unabhängigen Zweigen und nach zwei unterschiedlichen Wirkprinzipien wird eine relative Dichtedifferenz nach Gleichung

$$A_p = \frac{\rho_w - \rho_u}{\rho_u} \tag{8}$$

berechnet, die dann als Entscheidungskriterium für Störmeldungen z. B. Störungen der Sensoren, Leitungsbrüche, Driften von Sensoren u. a. herangezogen werden kann.

### Ausführungsbeispiel

Figur 1 zeigt die Prinzipielle Meßanordnung zur Ausführung des Verfahrens

Fig. 2 zeigt das Prinzip des Wirbelzähler

Gemäß Fig. 2 werden bei vorhandenem Durchfluß im Geberrohr 12 am Störkörper 1 des Wirbelzählers Wirbel 13 abgelöst, die hinter dem Störkörper 1 zu Schwankungen der kinetischen Energie des Fluids führen und Ursache für die Auslenkung der Federplatte 10 mit Piezoabtastsystem 11 sind. Das vom Piezoabtastsystem abgegebene elektrische Signal  $\dot{U}$  ist ein Abbild für die Druckschwankungen hinter dem Störkörper.

Gemäß Fig. 1 wird das Signal  $\dot{U}$  (frequenzanaloges Signal) auf einen Vorverstärker 5 mit Tiefpaßverhalten geführt und anschließend getrennt weiterverarbeitet. Das Signal  $\dot{U}'$  wird zum einem auf eine Auswerteelektronik 7 mit frequenzabhängig gesteuerten Tiefpaß- und Hochpaßfiltern sowie einer anschließenden Triggerstufe verbunden. Als Ausgangssignal steht die Impulsfolge  $N_x(f_x)$  zur programmtechnischen Weiterverarbeitung im Durchflußrechner 8 zur Verfügung. Außerdem wird das Signal  $\dot{U}'$  auf einen Effektivwertbildner 6 mit Gleichrichtung und Tiefpaßfilter geführt und die so entstandene Ausgangsspannung  $U_p$  im Durchflußrechner 8 verarbeitet. Die Größen Absolutdruck  $p_{abs}$  und Temperatur  $\vartheta$  werden über Sensoren 3 und 4 erfaßt und in den Durchflußrechner 8 als Einheitsströme  $I(p_{abs})$  und  $I(\vartheta)$  gegeben. Bei Bedarf kann die Normdichte  $\rho_N$  über den Normdichtegeber 2 als Frequenz  $f_p$  dem Durchflußrechner 8 zur Verfügung gestellt werden. Alle Einflußgrößen werden im Durchflußrechner 8 nach den im Programmspeicher abgelegten Programmteilen für die Gleichungen (1) sowie (3) bis (8) verknüpft. Neben den Größen Bezugsvolumen  $V_B$  und Bezugsvolumenstrom  $\dot{V}_B$  steht als Ergebnis die relative Dichtedifferenz als Entscheidungskriterium bei Störungen in der Meßeinrichtung zur Verfügung. Besonders geeignet ist das Verfahren für die Auslösung von Störmeldungen bei gestörten oder defekten Sensoren, bei Brüchen von Signalleitungen zu den Sensoren und zum Durchflußrechner, bei zu starker Drift einzelner Sensoren oder Signaleingänge am Rechner u. a. Mit Hilfe von zusätzlichen programmtechnischen Plausibilitätstests der einzelnen Einflußgrößen und errechneten Größen einschließlich der relativen Dichtedifferenz sowie der Anwendung zweier unterschiedlicher Wirkprinzipien läßt sich die Zuverlässigkeit und Meßwertsicherheit einer Durchflußmeßeinrichtung nach dem Prinzip der Karmanschen Wirbelstraße erhöhen.

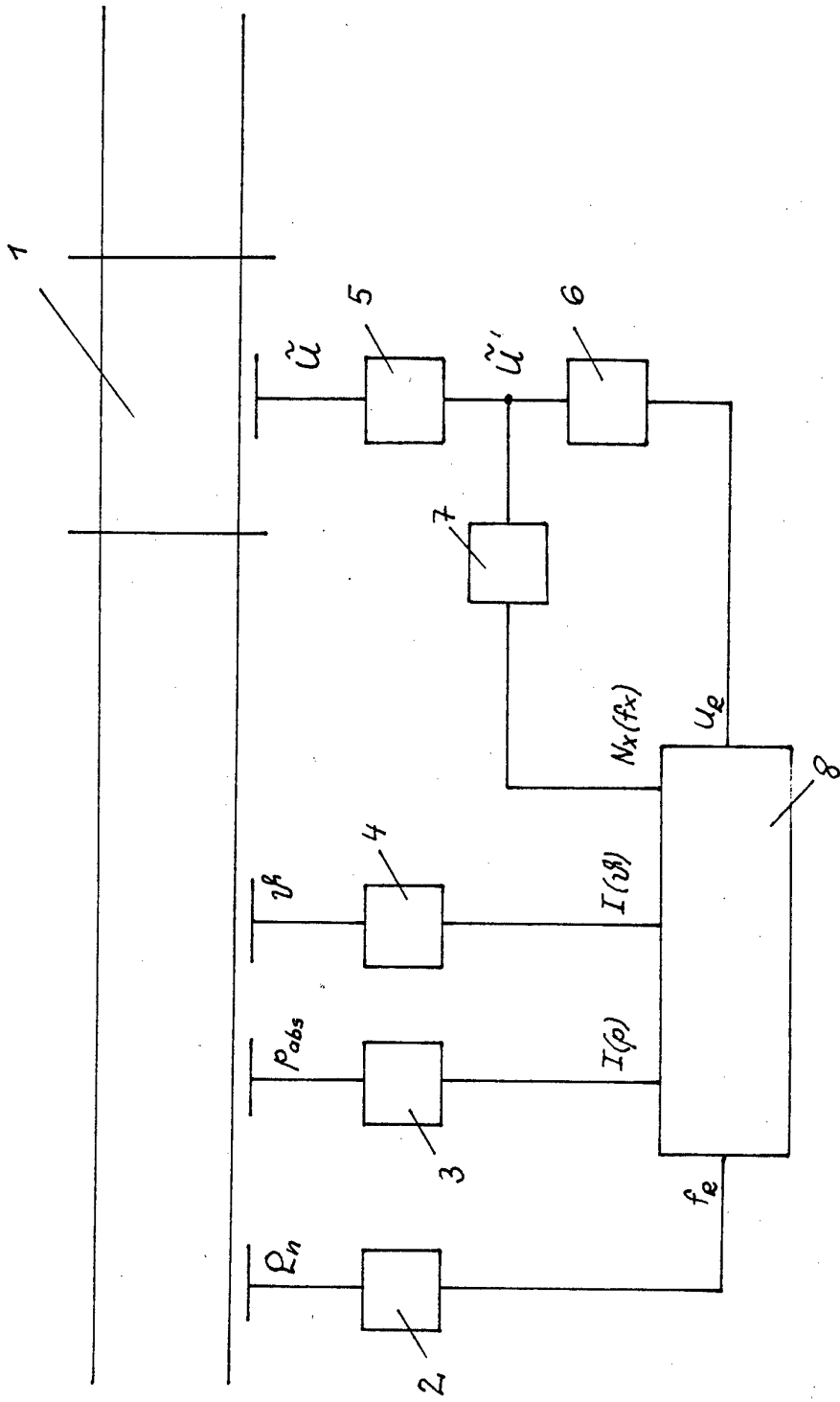


Fig. 1

067017 10017

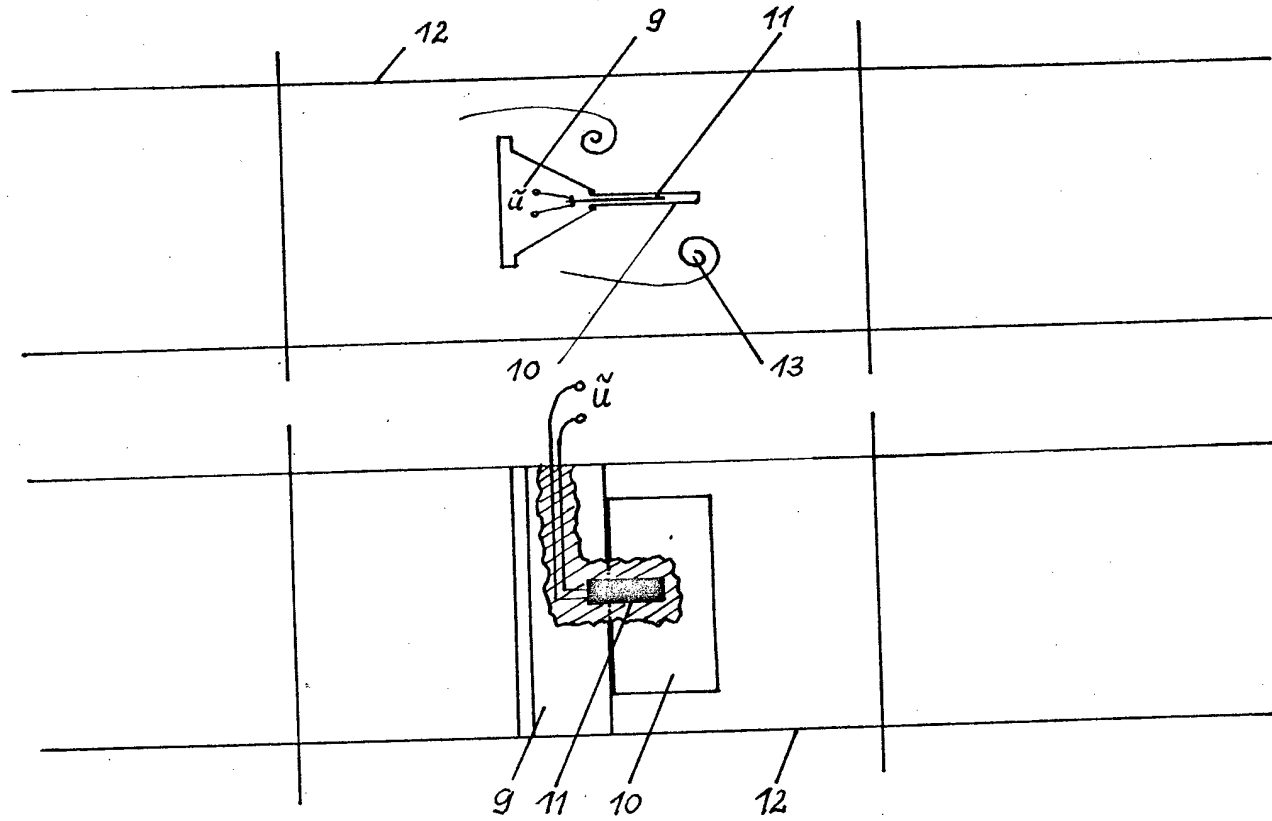


Fig. 2