

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 2235/94

(51) Int.Cl.⁶ : G01F 1/00

(22) Anmeldetag: 2.12.1994

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 7.1996

(45) Ausgabetag: 25. 3.1997

(56) Entgegenhaltungen:

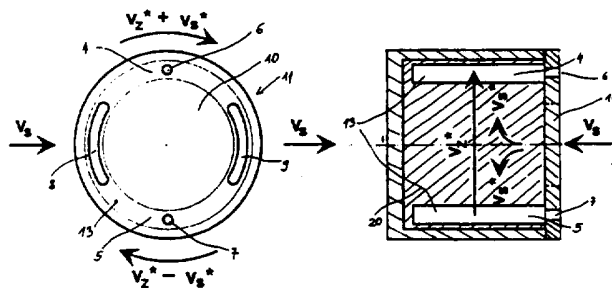
GB 1186378A US 4565092A GB 2254148A

(73) Patentinhaber:

KLEMENTSCHITZ PETER ING.
A-8430 LEIBNITZ, STEIERMARK (AT).

(54) VORRICHTUNG ZUR MASSENDURCHFLUSSMESSUNG

(57) Vorrichtung zur Massendurchflußmessung von gasförmigen oder flüssigen Medien in einer vom Medium durchströmten, geschlossenen Strömungsleitung (1), wie z.B. ein Strömungsrohr, wobei in der Strömungsleitung (1) oder in einem der Strömungsleitung (1) zwischengeschalteten, vom Medienstrom durchströmten Gehäuse (11, 110) ein mit einer konstanten Drehgeschwindigkeit rotierendes Drehelement (2) angeordnet ist und die Drehfläche (3) einen Hohlraum im rotierenden Drehelement (2) begrenzt, welcher Hohlraum an zumindest einer Seite gegenüber der Wand (100) der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses (11, 110) geöffnet ist.



Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Massendurchflußmessung von gasförmigen oder flüssigen Medien in einer vom Medium durchströmten, geschlossenen Strömungsleitung, wie z.B. ein Strömungsrohr, wobei in der Strömungsleitung oder in einem der Strömungsleitung zwischengeschalteten, vom Medienstrom durchströmten Gehäuse ein mit einer konstanten Drehgeschwindigkeit rotierendes Drehelement angeordnet ist, wobei das Medium auf eine auf dem Drehelement ausgebildeten, rotierenden Drehfläche stromaufwärts des Drehelements zuströmt und stromabwärts von dieser abströmt, sodaß der Medienstrom zwischen der stromaufwärts und der stromabwärts gelegenen Seite des Drehelements sich in einen ersten und einen zweiten Stromanteil aufteilt und danach wieder zu einem einzigen Strom vereinigt, wobei der erste Stromanteil in einem ersten Strömungskanal zwischen Drehfläche und Wand der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses strömt, in dem die Drehgeschwindigkeit v_z der Drehfläche zur Stromgeschwindigkeit v_s gleich gerichtet ist und wobei der zweite Stromanteil in einem zweiten Strömungskanal zwischen Drehfläche und Wand der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses strömt, in dem die Drehgeschwindigkeit v_z der Drehfläche zur Stromgeschwindigkeit v_s entgegengesetzt gerichtet ist, und daß im ersten und im zweiten Strömungskanal je eine Druckmeßstelle zum Ermitteln des Strömungsdruckes vorgesehen ist.

Bekannte Vorrichtungen dieser Art machen sich das Magnus-Prinzip zu nutze, indem das rotierende Drehelement im Medienstrom so angeordnet ist, daß es von diesem umspült wird. Auf diese Weise findet eine Messung des Massendurchflusses primär nicht volumetrisch sondern gravimetrisch über eine Druckdifferenz statt, die sehr empfindlich und genau gemessen werden kann.

Die GB-A-2 254 148 offenbart einen Durchflußmesser nach dem Magnus-Prinzip mit einem Einlaßrohr und einem Auslaßrohr und einen in einer dazwischenliegenden Erweiterung befindlichen angetriebenen Rotor, wodurch ein erster und ein zweiter Strömungskanal für den Durchfluß in und gegen die Drehrichtung des Rotors gebildet werden. Ein erster und ein zweiter Druckwandler stehen mit dem ersten bzw. zweiten Kanal in Verbindung und messen den Druckunterschied in den beiden Kanälen. Die Rotordrehfläche weist dabei die Strömung störende Rippen auf.

Es hat sich gezeigt, daß eine solche Meßvorrichtung den Nachteil aufweist, daß das Meßergebnis durch viskositätsbedingte Meßfehler beeinträchtigt wird und der durch das Meßprinzip vorgegebene Aufbau zur Durchführung der sehr störungsempfindlichen Differenzdruckmessung nicht gut geeignet ist.

Weiters ist aus der US-PS-4 565 092 ein Durchflußsensor bekanntgeworden, welcher nicht direkt in einer Strömungsleitung, sondern in einer zu dieser parallel liegenden Abzweigungsleitung angeordnet ist. In dieser Abzweigungsleitung ist eine Erweiterung vorgesehen, in der ein rotierender Zylinder untergebracht ist, während im Teilstück der Hauptleitung zwischen der Abzweigungsleitung ein Strömungshindernis vorgesehen ist. Der rotierende Zylinder ist dabei von zwei Strömungskanälen umgeben, in denen sich durch die Rotation eine Druckdifferenz einstellt. Durch den Rotor hindurch verlaufend ist ein weiterer Kanal angeordnet, in dessen Mitte auf einer Membran ein Drucksensor positioniert ist, mit dem der Druckunterschied gemessen wird.

Diese Meßvorrichtung erfordert zum einen mit ihrer Abzweigungsleitung einen relativ platzaufwendigen und komplizierten Aufbau und zum andern ist die Druckmessung im rotierenden Zylinder meßtechnisch nur sehr schwer durchzuführen und sehr störungsanfällig.

Die GB-PS-1 186 378 zeigt ein Durchflußmeßgerät mit einem mit elastischen Schaufeln versehenen Rotor, der abwechselnd einmal in Richtung stromaufwärts und dann stromabwärts dreht, wobei der Unterschied der Schaufelauslenkungen zwischen den beiden Drehrichtungen zum Bestimmen des Durchflusses herangezogen wird.

Diese Art der Messung erlaubt aufgrund der nicht sehr exakt meßbaren Schaufelauslenkbewegungen nur sehr geringe Meßgenauigkeiten. Vor allem können mit einer solchen Meßvorrichtung nur relativ langsam vor sich gehende Änderungen im Medienstromdurchfluß aufgezeichnet werden.

Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit der eine Massendurchflußmessung mit hoher Empfindlichkeit und geringer Trägheit erreicht werden kann.

Weitere Aufgabe der Erfindung ist es, einen sehr geringen Strömungswiderstand und eine mechanisch stabile Form der Vorrichtung zu ermöglichen, um den Medienstrom möglichst wenig zu beeinflussen bzw. Messungen auch unter schwierigen äußeren Bedingungen durchzuführen.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, die Abhängigkeit der Massendurchflußmessung von der Viskosität des Medienstromes zu verringern.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß die Drehfläche einen Hohlraum im rotierenden Drehelement begrenzt, welcher Hohlraum an zumindest einer Seite gegenüber der Wand der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses geöffnet ist.

Dadurch ist es möglich, den Medienstrom in den Hohlraum zu- und abzuleiten und dabei entsprechend der Wahl des Verhältnisses von Hohlrauminnenfläche und Fläche der offenen Seite, den Einfluß der Viskosität des Medienstromes auf das Meßergebnis zu minimieren, da aufgrund der großen Drehfläche der

Medienstrom sehr gut mitgenommen werden kann. Durch den inneren Hohlraum ist eine sehr gute Nutzung des zur Verfügung stehenden Raumes für eine möglichst große Ausbildung der Drehfläche möglich. Änderungen können dabei auch sehr rasch erfaßt werden. Das Ausgangssignal ist linear vom Massenstrom und von der Rotationsgeschwindigkeit des Drehelements abhängig, wobei durch die Anordnung ein geringer Strömungswiderstand im Medium selbst erreichbar ist.

Dabei ist eine mechanisch besonders stabile Vorrichtung erzielbar, wenn die Drehachse des rotierenden Drehelements normal zu der durch die offene Seite des Hohlraumes gebildeten Ebene verläuft.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung kann darin bestehen, daß die Strömungszu- bzw. -ableitung an gegenüberliegenden Punkten bezüglich der Drehachse des rotierenden Drehelements angeordnet sind und die Strömungszuleitung bzw. die Strömungsableitung in Richtung parallel zur Drehachse erfolgt.

Dies ergibt eine Zu- und Ableitung in strömungstechnisch günstiger Weise, da dadurch der Strömungswiderstand klein gehalten wird.

Als weitere Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Druckmeßstellen jeweils an gegenüberliegenden Punkten bezüglich der Drehachse und um jeweils 90° zu der Strömungszu- bzw. -ableitung angeordnet sind. Dadurch wird die Druckdifferenzmessung jeweils in der Mitte zwischen Zu- und Ableitung durchgeführt und ist daher am wenigsten von entstehenden Strömungswirbeln beeinflusst. Weiters ist eine symmetrische Ausrichtung dieser Druckmeßstellen gegenüber der Strömungsrichtung gegeben, sodaß der Meßfehler gering gehalten werden kann.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung kann darin bestehen, daß die Zuleitung des Mediums auf die Drehfläche in einem ersten, stromaufwärts angeordneten Sektor des rotierenden Drehelements und die Ableitung des Mediums von der Drehfläche in einem zweiten, stromabwärts angeordneten Sektor des rotierenden Drehelements erfolgt.

Dadurch kann ein gleichverteiltes Umspülen des Drehelements erreicht werden, ohne daß Asymmetrien in der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung auf das Ergebnis verfälschend wirken.

Gemäß einer anderen Variante der Erfindung kann die Drehfläche des Drehelements mit quer zur Strömungsrichtung verlaufenden Rippen versehen sein.

Durch diese Rippen kann eine verbesserte Mitnahme des Medienstromes bewirkt werden, sodaß eine möglicherweise auftretende Schichtung des Mediums und eine damit verbundene Meßverfälschung verhindert werden kann.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung kann darin bestehen, daß im ersten bzw. im zweiten Strömungskanal das Verhältnis von Drehfläche des Drehelements zur Fläche der der Drehfläche gegenüberliegenden Wand der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses im Strömungskanal größer als zehn ist.

Da das Strömungsprofil der Rotationsströmung in erster Linie vom Grenzschichtverhalten am Drehelement bestimmt wird, hat die Viskosität des Mediums einen sehr großen Einfluß. Die Geschwindigkeit der Flüssigkeit in unmittelbarer Nähe des Drehelements wird durch dessen Rotationsgeschwindigkeit bestimmt, während diese an der gegenüberliegenden Wand praktisch keine Wirkung auf die Medienströmung ausübt. Wird daher der Anteil der sich drehenden Fläche in diesem Verhältnis gewählt, ergibt sich nur ein geringer Anteil an unbeeinflusster Strömung.

In weiterer Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß das rotierende Drehelement ein Drehzylinder mit einer durch die Längssymmetrieachse verlaufenden Drehachse ist, und daß der Hohlraum des rotierenden Drehzylinders durch eine um die Drehachse symmetrisch angeordnete ringförmige Nut gebildet ist, deren offene Stirnfläche auf einer der beiden Deckflächen des Drehzylinders verläuft, wobei die Drehfläche durch die Innenfläche der symmetrischen Nut gebildet ist, und daß die offene Stirnfläche der Nut der Gehäusewand gegenüberliegt, wobei die Strömungskanäle im wesentlichen in dem Teil des Raumes zwischen Nutinnenfläche und der Gehäusewand verlaufen, der nicht der Zu- bzw. Ableitung von Medium dient.

Dadurch läßt sich die Größe der Drehfläche gegenüber der feststehenden Gehäusewand stark erhöhen, sodaß der Medienstrom in der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu einem sehr großen Anteil nur mit der rotierenden Drehfläche in Berührung kommt und damit besser von dieser mitgenommen werden kann. Es ergibt sich eine höhere Durchschnittsgeschwindigkeit und demzufolge ein höheres Meßsignal. Die Meßgenauigkeit wird dabei erhöht und der Einfluß der Medienviskosität stark herabgesetzt.

Eine weitere zweckmäßige Ausgestaltung der Erfindung kann darin bestehen, daß die Nut parallel zur Drehachse verläuft und das Verhältnis der Tiefe der Nut zur Breite der Nut im Bereich von fünf bis zehn ist.

Durch eine solche Dimensionisierung einer relativ schmalen Nut gelingt es, eine große Drehfläche bei sehr geringem Strömungskanalvolumen zu erreichen.

Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann es sein, daß das Strömungsmedium stirnseitig und in Richtung parallel zur Drehachse des Drehzylinders stromaufwärts in die Nut einströmt und in entgegengesetzter Richtung stromabwärts aus dieser wieder ausströmt, und daß zwischen Zu- und

Ableitung der Medienstrom sich in zwei gleich große Stromanteile auf die Strömungskanäle aufteilt und danach wieder vereinigt.

Durch die stirnseitige Zu- und Ableitung des Medienstromes kann sich dieser in der erfindungsgemäßen Vorrichtung auf einfache Weise symmetrisch aufteilen, sodaß für die Mit- und die Gegenbewegung des Drehelements gleiche Stromanteile zur Verfügung stehen und damit die Voraussetzung für eine Messung mit geringem Meßfehler gegeben ist.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung kann sein, daß die Seitenwände der ringförmigen Nut Rippen aufweisen.

Durch die Verrippung der Seitenwände kann eine wesentliche Verbesserung des Geschwindigkeitschlupfes zwischen sich bewogender Drehfläche und feststehender Gehäusewand erzielt werden.

Weiters können die Rippen durch parallel zu den Seitenwänden der Nut verlaufende Erweiterungsbohrungen gebildet sein, die entlang der Umfangslinie der ringförmigen Nut aneinandergereiht sind.

Auf diese Weise kann die durch die Verrippung erwünschte Durchmischung des Mediums sehr wirkungsvoll erreicht werden.

In weiterer Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Seitenwände der Nut an einer oder mehreren Stellen mit einem den Nutquerschnitt zum Teil bedeckenden Steg verbunden sind, wobei zwischen der Stirnseite der Nut und dem Steg ein Spalt und im Bereich des Nutgrundes ein größerer Querschnittsteil freigestellt ist.

Dies ergibt eine mechanisch besonders stabile Art einer Verrippung. Diese hat den Vorteil, daß das Medium im Strömungskanal auch an der Stirnseite annähernd die volle Drehgeschwindigkeit aufweist und somit insgesamt eine durchschnittliche Strömungsgeschwindigkeit von fast der Drehgeschwindigkeit über den gesamten Querschnitt des Strömungskanals erreicht wird, obwohl der Steg diesen nur zum Teil abdeckt. Neben einem größeren Meßsignal hat dies auch den Vorteil, daß der Einfluß der Viskosität des Mediums wesentlich verringert wird.

In weiterer Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß das vom Medienstrom durchströmte Gehäuse einen Deckel aufweist und dosenförmig ausgebildet ist, daß in der durch den Deckel verlaufenden Symmetrieachse des Gehäuses die Drehwelle des Drehzylinders mit der symmetrischen, ringförmigen Nut angeordnet ist, daß über eine parallel zur Drehwelle durch den Gehäusedeckel verlaufende Zuleitung das Medium an einer Stelle des Nutumfangs stirnseitig in die Nut des rotierenden Drehzylinders einströmt und einer am Nutumfang gegenüberliegenden Stelle über eine Ableitung stirnseitig aus der Nut ausströmt.

Dadurch kann das Drehelement mit einer sehr großen Drehfläche ausgestattet werden, ohne daß die Vorrichtung dabei sehr viel Platz beansprucht. Auch die einfache fertigungstechnische Gestaltung dieser Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung bietet sehr viel Vorteile gegenüber einer herkömmlichen Meßvorrichtung. So können die meisten benötigten Teile als einfache Drehteile ausgeführt werden.

Dabei kann weiters vorgesehen sein, daß die ringförmige Nut im Drehzylinder durch einen mit einer Labyrinthdichtung versehenen Ring des Gehäusedeckels, der in einen Ansatz des Drehzylinders eingreift, gegenüber der Außenseite des im Gehäuse rotierenden Drehzylinders gedichtet ist.

Dadurch ist eine Dichtung zwischen bewegten und feststehenden Teilen der Vorrichtung möglich, die eine Drehbewegung des Drehelements zuläßt.

In weiterer Ausbildung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß der verbleibende Raum zwischen Außenseite des Drehzylinders und Gehäuse als strömungstoter Raum geflutet ist.

Durch die Flutung des Totvolumens können auftretende Dichtungsprobleme umgangen werden und die Wärmeübertragung der Reibungswärme, die zwangsläufig durch den Antrieb des Zylinders entsteht, verbessert werden.

Besonders vorteilhaft kann es sein, wenn an der Außenseite des Drehzylinders ringförmige symmetrische Absätze ausgenommen sind, die vom Strömungsmedium geflutet sind.

Eine weitere Ausführungsform der Erfindung kann darin bestehen, daß die Zuleitung und die Ableitung für den Medienstrom über kreissegmentartige Schlitzte im Gehäusedeckel erfolgt, die längssymmetrisch angeordnet sind.

Diese Schlitzte sind dem Querschnitt des zylindrischen Drehelements angepaßt und sind daher strömungstechnisch sehr günstig angeordnet, sodaß eine starke Wirbelbildung bei der Zu- und Ableitung verhindert werden kann.

Eine Weiterbildung der Erfindung kann sein, daß Druckmeßstellen im Gehäusedeckel vorgesehen sind, die in direkter Verbindung mit dem ersten und zweiten Strömungskanal stehen und deren Verbindungslinie auf der Symmetrieebene der kreissegmentartigen Schlitzte liegen.

Eine solche Anordnung gestattet eine strömungstechnisch günstige Messung des auftretenden Druckunterschieds, wodurch Meßbeeinflussungen beispielsweise durch Unsymmetrien oder Wirbelbildungen herabgesetzt werden können.

Weiters kann vorgesehen sein, daß die Ableitung und die Zuleitung für den Medienstrom durch einen Quader mit zylindrischem Ansatz und eine durch diesen verlaufende Sackbohrung sowie mit einer die Sackbohrung durchdringenden, den Schlitten entsprechenden segmentförmigen Ausfräsung gebildet ist.

Auf diese Weise kann eine strömungstechnisch vorteilhafte Ein- bzw. Ableitung des Medienstromes aus
5 bzw. in eine Rohrleitung vorgenommen werden.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann der Antrieb des rotierenden Drehelements durch eine zentrale Welle erfolgen.

Auf diese Weise kann der Antrieb des Drehelements mit einfach realisierbaren mechanischen Mitteln durchgeführt werden. Für eine drehdichte Verbindung durch das Gehäuse der erfindungsgemäßen Vorrichtung
10 kann dabei gesorgt sein, indem die Antriebswelle über eine Drehdichtung aus der Strömungsleitung bzw. aus dem Gehäuse geführt ist, sodaß kein Medium austreten kann und Druckdichtheit gewährleistet ist.

Weiters kann es für eine möglichst störungsfreie Ankoppelung des Antriebes vorteilhaft sein, wenn der Antrieb des rotierenden Drehelements durch eine auf dem Drehelement und auf der Außenseite der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses angeordneten Magnetkupplung erfolgt. Dadurch ist ein Dichtungsab-
15 schluß für das Medium gegenüber der Antriebswelle nicht erforderlich, sodaß auch gefährliche Medien einer Messung unterzogen werden können.

Nach einer anderen Variante der Erfindung kann vorgesehen sein, daß der Antrieb des rotierenden Drehelements durch einen im Drehelement integrierten Motor erfolgt, wobei auf dem um eine zentrale Welle rotierenden Drehelement ein Dauermagnetischer Ring als Permanentfeld symmetrisch zur Drehachse des
20 Drehelements angeordnet ist und die Motorwicklung außerhalb des Gehäuses symmetrisch um den Dauermagnetischen Ring angebracht ist.

Dadurch ist eine sehr genaue Drehzahlregelung möglich, ohne daß es einer mechanischen Zuleitung bedarf. Eine besonders genaue Umdrehungszahlfestlegung kann erreicht werden, indem der Motor ein Schrittmotor ist.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Bestimmung des Massendurchflusses eines Mediums anzugeben, welches für Medienströme mit niedriger Bewegungsenergie durchführbar ist und mit dem eine hohe Meßgenauigkeit und eine hohe Meßempfindlichkeit erzielbar ist.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß der Medienstrom in zwei gleich große Stromanteile aufgeteilt wird und gleichzeitig ein Stromanteil über ein Drehelement mit der Drehgeschwindigkeit v_z
30 beschleunigt und der andere Stromanteil über ein Drehelement mit der Drehgeschwindigkeit $-v_z$ verzögert wird und die beiden Stromanteile wieder vereint werden, daß die Druckdifferenz Δp zwischen dem beschleunigten und dem verzögerten Stromanteil gemessen wird und der Massendurchfluß ρv_s über die Beziehung

$$35 \quad \rho v_s = \Delta p / K v_z$$

errechnet wird, wobei K eine Kalibrierkonstante ist.

Durch ein solches erfindungsgemäßes Verfahren läßt sich eine besonders empfindliche und genaue Messung des Massendurchflusses unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung erzielen.

40 Nachfolgend wird die Erfindung anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen eingehend erläutert. Es zeigt dabei:

Fig.1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung im Schnitt;

Fig.2 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung im Schnitt und in Draufsicht;

Fig.3 ein Detail eines erfindungsgemäßen Drehelements;

45 Fig.4 einen Schnitt durch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung;

Fig.5 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Fig.4;

Fig.6 eine Seitenansicht eines Ansatzstückes für eine erfindungsgemäße Vorrichtung gemäß Fig.5 und

Fig.7 einen Schnitt durch eine weitere Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

50 Neuer Massendurchflußsensor nach dem Magnus-Effekt

1. Motivation

Der hier beschriebene Durchflußsensor für flüssige Medien liefert ein lineares Ausgangssignal und mißt
55 primär nicht volumetrisch sondern gravimetrisch, was bei vielen Meßaufgaben gewünscht wird. Die Mechanik für diesen Sensor stellt eine kleine kompakte Einheit dar und ist für den Einbau in ein Fahrzeug geeignet. Der Meßbereich kann gesteuert werden, es ist somit ein sehr großer Meßbereich erreichbar. Weiters kann eine hohe Meßfrequenz und ein geringer Strömungswiderstand erreicht werden.

Die Massenstrommessung wird auf eine Druckmessung zurückgeführt.

2. Grundprinzip : Magnus-Effekt

5 Siehe Zeichnung 1 :

Zur Veranschaulichung wird hier zuerst das Grundprinzip nach Magnus erklärt :

Ein Drehzylinder rotiert in der Strömung v_s mit der Geschwindigkeit v_z und erzeugt in den Spalten Zylinder-Gehäusewand die Geschwindigkeiten

$$10 \quad v_1 = v_z^* + v_s^*$$

und

$$v_2 = v_z^* - v_s^*$$

15

wobei

v_s : zu messende Strömungsgeschwindigkeit

v_s^* : Strömungsgeschwindigkeit an der Meßstelle

v_z : Oberflächendrehgeschwindigkeit des Zylinders

20 v_z^* : Rotationsgeschwindigkeit der Flüssigkeit

Nach Bernoulli gilt:

25

$$p_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

p : Druck

g : Erdbeschleunigung

h : Höhe

30 ρ : Dichte

Da hier $h_1 = h_2$:

35

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Druckunterschied

40

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

$$= \frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_2^2)$$

45

$$= \frac{1}{2} \rho [(v_z^* + v_s^*)^2 - (v_z^* - v_s^*)^2]$$

$$= 2 \rho v_s^* v_z^*$$

50

wobei ρv_s : Massenstrom.

Das Ergebnis zeigt, daß das Meßsignal proportional zum Massenstrom und zur Rotationsgeschwindigkeit ist, da

v_s^* ist proportional zu v_s und v_z^* ist proportional zu $v_z \Rightarrow$

55 das Meßsignal ist proportional zum Massenstrom und zur Rotationsgeschwindigkeit.

Die Strömungsgeschwindigkeit v_s^* wird durch das Verhältnis der Querschnitte bestimmt :

$$v_s^* = A / A^*$$

Eine Querschnittsverengung um z.B. den Faktor 2 bringt eine Vergrößerung des Meßsignals um den gleichen Wert.

Die Rotationsgeschwindigkeit v_r stellt die punktuelle, v_z^* die mittlere Rotationsgeschwindigkeit im Spalt zwischen Gehäusewand und Drehzylinder an der Stelle p_1 bzw. p_2 dar.

Oberfläche Drehzylinder : $v_r = v_z$

Oberfläche Strömungskanal : $v_r = 0$

Das Strömungsprofil der Rotationsströmung wird in erster Linie vom Grenzschichtverhalten am Drehzylinder bestimmt : Eine dickere Grenzschicht, bedingt durch ein zäheres Medium, hat eine höhere mittlere Rotationsgeschwindigkeit zur Folge. Dies bedeutet, daß bei diesem einfachen Grundmodell die Viskosität der Flüssigkeit einen sehr großen Einfluß hat. Außerdem muß noch negativ vermerkt werden, daß v_z^* um ein Vielfaches kleiner ist als v_z und dadurch die Empfindlichkeit des Meßsignals um den gleichen Faktor verringert wird.

3. Konzept für den neuen Massendurchflußsensor

3.1 Maßnahmen, die den Schlupf $v_z - v_z^*$ minimieren

3.1.1 Mitrotierende Gehäusewand

20

Annahme : Die Gehäusewand bewegt sich mit.

Oberfläche Drehzylinder : $v_r = v_z$

Oberfläche Gehäusewand : $v_r \approx v_z$

Aufgrund des größeren Radius an der Gehäusewand wird hier sogar eine geringfügig größere Oberflächengeschwindigkeit als auf der Zylindertrommel erreicht.

Eine sich mitbewegende Gehäusewand ist tatsächlich realisierbar, wenn der Drehzylinder mit einer Nut ausgeführt wird und Zufluß, Abfluß sowie die beiden Druckentnahmestellen axial in diese Nut geführt werden. Siehe Zeichnung 2.

3.1.2 Geometrie des rotierenden Strömungskanals

Die Begrenzung für den rotierenden Strömungskanal hat somit auf 3 Seiten, das ist die Innen- und Außenseite, sowie die Rückseite, die fast gleiche Geschwindigkeit wie das mitrotierende Medium. Es hat nur mehr die restliche Stirnseite die Oberflächengeschwindigkeit null, da sich hier der Abdichtring befindet. Um auch diesen Einfluß möglichst klein zu halten, wird das Verhältnis von Länge : Breite des Nutquerschnitts relativ groß gewählt (ca. 5 .. 10 : 1). Die Mindestbreite ergibt sich dabei aus dem notwendigen Querschnitt des Zu- und Abflusses. Siehe Zeichnung 2 (= Prinzip) und 4 (= Realisierung).

3.1.4 Verrippung der Zylindernut

40

Es wird noch eine wesentliche Verbesserung hinsichtlich der Verringerung des Schlupfs $v_z - v_z^*$ dadurch erreicht, indem die Längsseiten des rotierenden Strömungskanals durch Verrippung einen viel größeren Strömungswiderstand als die glatten Breitseiten aufweisen. Die Verrippung kann durch fortlaufende Bohrungen in einer Kreislinie relativ einfach hergestellt werden. Siehe Zeichnung 3.

45

3.2 Abdichtung der Zylindernut

Die Zylindernut wird durch einen Ring mit einer Labyrinthdichtung begrenzt. Der Innenraum des Gehäuses ist geflutet, die Labyrinthdichtung darf somit eine relativ große Spaltbreite besitzen. Die Labyrinthdichtung soll in erster Linie eine Vermischung der rotierenden Strömung mit der restlichen Flüssigkeit des Totvolumens verhindern, da dies einen Empfindlichkeitsverlust bedeuten würde. Siehe Zeichnung 4.

3.3 Flutung des Totvolumens

Gegenüber der Prinzipzeichnung 2 wird bei der Realisierung nach Zeichnung 4 der ursprüngliche einfache Drehzylinder mit weiteren Ausnehmungen versehen, um Gewicht einzusparen. Das Totvolumen ist geflutet. Das rotierende Innenteil hat einen relativ großen Abstand zum Gehäuse, damit die Antriebsreibung, verursacht durch die Viskosität der Flüssigkeit, niedrig bleibt.

Durch die Flutung des Totvolumens umgeht man einerseits Dichtungsprobleme und hat andererseits den Vorteil einer sehr guten Wärmeübertragung der Reibungswärme, die zwangsläufig durch den Antrieb des Zylinders entsteht. Die erforderliche Antriebsleistung ist bei Medien wie Benzin und auch noch Diesel sehr gering. Ein weiterer Vorteil der Flutung ist die dabei entstehende hydraulische Dämpfung für Vibrationen und Schockbeanspruchungen.

3.4 Ein- und Ausströmung aus dem Stömungskanal

Der Dichtring hat für die Ein- und Ausströmung segmentförmige Schlitz. Um Verwirbelungen zu verringern, sind die Ecken abgerundet. Es ist wichtig, daß der Ein- und Ausströmkanal längssymmetrisch ist. Bei Asymmetrien heben sich die quadratischen Glieder der Strömungsgleichung nicht mehr auf und verschlechtern dementsprechend die Linearität. Siehe Zeichnung 6.

Da der Sensor üblicherweise an eine Rohrleitung, bzw. an einen flexiblen Schlauch angeschlossen wird, ist ein Übergangsstück auf einen kreisförmigen Querschnitt notwendig. Dazu reicht ein Werkstück mit einer Sackbohrung und einer segmentförmigen Ausfräsung an der Manteloberfläche aus. Dieses Übergangsstück ermöglicht eine sehr kompakte Bauweise des Sensors. Siehe Zeichnung 5.

3.5 Druckentnahmestellen

Wie beim Grundmodell nach Zeichnung 1 sind die Druckentnahmestellen um jeweils 90° zur Ein- und Ausströmung in Drehrichtung versetzt. Es wird eine kleiner Durchmesser gewählt, damit an der Entnahmestelle keine großen Verwirbelungen entstehen. Siehe Zeichnung 5.

3.6 Mögliche Antriebe

Der Antrieb des Drehzylinders kann entweder über eine Welle, eine Magnetkupplung oder durch einen integrierten bürstenlosen Motor, wie z.B. einem Schrittmotor erfolgen. Beim Antrieb über eine Welle muß diese auf geeignete Weise, wie z.B. durch einen SIMA-Ring abgedichtet werden.

Bei einem integrierten Motor wird ein magnetischer Ring als Permanentfeld in den modifizierten Drehzylinder eingesetzt. Die Wicklung befindet sich am Gehäuse. Siehe Zeichnung 7. Der Motor ist vorzugsweise ein Schrittmotor, da man hier die gewünschte Drehzahl exakt vorgeben kann und keinen Kollektor hat.

Die benötigte Antriebsleistung ist für dünnflüssige Medien und nicht zu hohe Drehzahlen sehr gering. Es ist zu beachten, daß die benötigte Antriebsleistung proportional zum Quadrat der Drehzahl ist. Zeichnung 4 zeigt den Antrieb über eine Welle.

3.7 Geeignete Drucksensoren

Als Drucksensoren kommen Sensoren mit einem Bereich von kleiner als $\pm 100\text{mbar}$ in Frage. Es ist dabei zu beachten, daß der Drucksensor in Kontakt mit dem flüssigen Medium kommt und dagegen beständig sein muß. Wenn dies nicht erfüllt ist, dann ist eine Trennmembran erforderlich. Die anderen Parameter, wie Auflösung, Linearität, Frequenzgang und Temperaturstabilität hängen von der gewünschten Meßgenauigkeit ab.

4. Anwendungen

Der Sensor wurde für die Messung des Kraftstoffverbrauchs eines Motors entworfen und kann sowohl am Prüfstand als auch im Fahrzeug verwendet werden. Er kann aber auch für andere dünnflüssige und nicht aggressive Medien, z. B. bei automatischen Abfüll- oder Mischanlagen, verwendet werden.

Der Durchflußmesser basiert auf dem Magnus-Prinzip. Dieses Prinzip liefert ein Drucksignal als lineare Ausgangsgröße, reagiert auf Massendurchfluß und nicht nur auf Volumen und hat eine einfache Bereichsumschaltung mittels Drehzahl. Die erreichbare Meßfrequenz ist relativ hoch.

Das einfache Grundprinzip hat aber den Nachteil, daß es indirekt von der Viskosität der Flüssigkeit abhängig ist. Dieser Nachteil wird durch folgende Maßnahmen behoben :

1. Rotierender Strömungskanal mit axialer statt radialer Ein- und Ausströmung.
2. Geeignete Geometrie des rotierenden Strömungskanals bezüglich Querschnitt und Form laut Zeichnung 2 und 3.

Der rotierende Strömungskanal wird von einer Labyrinthdichtung begrenzt. Das Totvolumen im Gehäuse ist geflutet, der rotierende Strömungskanal braucht dadurch nicht absolut dicht zu sein. Der Antrieb kann entweder extern oder über einen integrierten Motor erfolgen. Die gewählten Anschlußstücke für die Ein- und Ausströmung ermöglichen eine sehr kompakte Bauform.

5 Eine typische Anwendung ist die Messung des Kraftstoffverbrauchs.

Die in Fig. 1 dargestellte Vorrichtung zur Massendurchflußmessung ist für gasförmige oder flüssige Medien in einer von einem solchen Medium durchströmten, geschlossenen Strömungsleitung 1, wie z.B. einem Strömungsrohr geeignet. In der Strömungsleitung 1 ein mit einer konstanten Drehgeschwindigkeit rotierendes Drehelement 2 angeordnet, wobei das Medium auf eine auf dem Drehelement 2 ausgebildeten, 10 rotierenden Drehfläche 3 stromaufwärts des Drehelements 2 zuströmt und stromabwärts von dieser abströmt, sodaß der Medienstrom zwischen der stromaufwärts und der stromabwärts gelegenen Seite des Drehelements 2 sich in einen ersten und einen zweiten Stromanteil aufteilt und danach wieder zu einem einzigen Strom vereinigt, wobei der erste Stromanteil in einem ersten Strömungskanal 4 zwischen Drehfläche 3 und Wand der Strömungsleitung 1 strömt, in dem die Drehgeschwindigkeit v_z der Drehfläche 3 zur Stromgeschwindigkeit v_s gleich gerichtet ist und wobei der zweite Stromanteil in einem zweiten Strömungskanal 5 zwischen Drehfläche 3 und Wand der Strömungsleitung strömt, in dem die Drehgeschwindigkeit v_z der Drehfläche 3 zur Stromgeschwindigkeit v_s entgegengesetzt gerichtet ist. Im ersten 4 und im zweiten Strömungskanal 5 ist je eine Druckmeßstelle 6 bzw. 7 zum Ermitteln des Strömungsdruckes vorgesehen.

20 Das rotierende Drehelement ist in Fig.1 als Drehzylinder 2 mit einer Drehachse normal zur Strömungsleitungslängsachse ausgebildet, sodaß die Drehfläche 3 durch die Mantelfläche des Drehzylinders 2 gebildet ist. Das Drehelement kann aber auch in jeder beliebigen anderen geometrischen Form ausgeführt sein. Zur Aufnahme des rotierenden Drehelements ist die Strömungsleitung 1 im Bereich des Drehelements 2 um dieses symmetrisch erweitert, sodaß der erste und der zweite Strömungskanal 4, 5 jeweils gleiche 25 Abmessungen aufweisen. Es liegt aber innerhalb des Rahmens der Erfindung die Abmessungen auch verschieden groß festzulegen. Die Druckmeßstellen 6, 7 liegen einander gegenüber und die Verbindungslinie zwischen diesen verläuft senkrecht zur Strömungsleitungslängsachse. Die Zuleitung des Mediums auf die Drehfläche 3 erfolgt in einem ersten, stromaufwärts angeordneten Sektor des rotierenden Drehelements 2 und die Ableitung des Mediums von der Drehfläche 3 in einem zweiten, stromabwärts angeordneten 30 Sektor des rotierenden Drehelements 2. Zur besseren Mitnahme des Mediums durch das rotierende Drehelement kann die Drehfläche 3 des Drehelements 2 mit quer zur Strömungsrichtung verlaufenden Rippen versehen sein.

Eine weitere Verbesserung des erfindungsgemäßen Prinzips kann erreicht werden, indem versucht wird, den Schlupf $v_z - v_z^*$ zwischen Gehäusewand und Drehfläche zu minimieren. Unter der Annahme, die 35 Gehäusewand bewege sich mit, ergibt sich:

Oberfläche Drehzylinder: $v_r = v_z$

Oberfläche Gehäusewand: $v_r \approx v_z$

Aufgrund des größeren Radius an der Gehäusewand wird hier sogar eine geringfügig größere Oberflächengeschwindigkeit als auf der Zylindertrommel erreicht. Eine sich bewegende Gehäusewand ist 40 tatsächlich realisierbar, wenn der Drehzylinder mit einer Nut 13 ausgeführt wird und Zufluß, Abfluß sowie die beiden Druckentnahmestellen achsial in diese Nut geführt werden (Fig.2). Die Geometrie eines solchen rotierenden Strömungskanals erlaubt es nun, daß dieser auf drei Seiten, der Innen- und Außenseite, sowie der Rückseite, die fast gleiche Geschwindigkeit wie das mitrotierende Medium aufweist. Es hat nur mehr die restliche Stirnseite die Oberflächengeschwindigkeit Null, da sich hier die Abdichtung befindet. Um auch 45 diesen Einfluß möglichst klein zu halten, wird das Verhältnis von Länge zu Breite des Nutquerschnitts relativ groß gewählt, vorzugsweise 5 bis 10 : 1. Die Mindestbreite ergibt sich dabei aus dem notwendigen Querschnitt des Zu- und Abflusses.

Allgemein ausgedrückt läßt sich eine Verbesserung der Viskositätsbeeinflussung erreichen, wenn im ersten 4 bzw. im zweiten 5 Strömungskanal das Verhältnis von Drehfläche 3 des Drehelements 2 zur Fläche der der Drehfläche 3 gegenüberliegenden Wand der Strömungsleitung 1 im Strömungskanal 4, 5 50 sehr groß, vorzugsweise größer als zehn ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung, welche in Fig. 2 dargestellt ist, ist das Drehelement als Drehzylinder 20 mit einer um die Drehachse symmetrischen, ringförmigen Nut 13, deren offene Stirnfläche auf einer der beiden Deckflächen des Drehzylinders 20 verläuft, ausgebildet und die 55 Drehfläche durch die Innenfläche der symmetrischen Nut 13 gebildet. Die offene Stirnfläche der Nut 13 liegt dabei der Gehäusewand 10 gegenüber, wobei die Strömungskanäle 4, 5 im wesentlichen in dem Teil des Raumes zwischen Nutinnenfläche und der Gehäusewand 10 verlaufen, der nicht der Zu- bzw. Ableitung von Medium dient. Die Nut 13 verläuft parallel zur Drehachse und das Verhältnis der Tiefe der Nut zur

Breite der Nut ist dabei vorzugsweise im Bereich von fünf bis zehn gewählt.

Das Strömungsmedium strömt stirnseitig und in Richtung parallel zur Drehachse des Drehzylinders 20 stromaufwärts in die Nut 13 ein und in entgegengesetzter Richtung stromabwärts aus dieser wieder aus, wobei zwischen Zu- und Ableitung der Medienstrom sich in zwei gleich große Stromanteile auf die Strömungskanäle 4, 5 aufteilt und danach wieder vereinigt.

Die Drehfläche 3 begrenzt dabei einen Hohlraum im rotierenden Drehelement, welcher Hohlraum an zumindest einer Seite gegenüber der Wand 10 der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses 11 geöffnet ist. Dieser Hohlraum ist in diesem Ausführungsbeispiel als Nut 13 ausgeführt, er kann jedoch in einer beliebigen geometrischen Form vorliegen. Vorzugsweise sollte naturgemäß Rotationssymmetrie gegeben sein. Die Drehachse des rotierenden Drehelements 2 verläuft normal zu der durch die offene Seite des Hohlraumes gebildeten Ebene. Die Strömungszu- bzw. -ableitung 8, 9 ist an gegenüberliegenden Punkten bezüglich der Drehachse des rotierenden Drehelements 20 angeordnet und die Strömungszuleitung bzw. die Strömungsableitung 8, 9 erfolgt in Richtung parallel zur Drehachse.

Die Druckmeßstellen 6, 7 sind jeweils an gegenüberliegenden Punkten bezüglich der Drehachse und um jeweils 90° zu der Strömungszu- bzw. -ableitung 8, 9 angeordnet.

Es wird auch eine wesentliche Verringerung des Schlupfs $v_z - v_z^*$ dadurch erreicht, indem die Längsseiten des rotierenden Strömungskanals durch Verrippung einen viel größeren Strömungswiderstand als die glatten Breitseiten aufweisen. In Fig.3 ist dazu eine Ausführungsform des Drehelements gemäß Fig.2 dargestellt, in der die Seitenwände der ringförmigen Nut 13 Rippen 12 aufweisen. Die Rippen 12 sind durch parallel zu den Seitenwänden der Nut 13 verlaufende Erweiterungsbohrungen 12 gebildet, die entlang der Umfangslinie der ringförmigen Nut 13 aneinandergereiht sind.

In Fig.4 ist anstelle der aufgeweiteten Strömungsleitung von Fig.1 ein Gehäuse 110 vorgesehen, welches mit Zu- und Ableitungen versehen ist. Das vom Medienstrom durchströmte Gehäuse 110 weist einen Deckel 100 auf und ist dosenförmig ausgebildet. In der durch den Deckel 100 verlaufenden Symmetrieachse des Gehäuses 110 ist die Drehwelle 22 des Drehzylinders 200 mit der symmetrischen, ringförmigen Nut 13 angeordnet. Über eine parallel zur Drehwelle 22 durch den Gehäusedeckel 100 verlaufende Zuleitung 23 strömt das Medium an einer Stelle des Nutumfangs stirnseitig in die Nut 13 des rotierenden Drehzylinders 200 ein und strömt an einer am Nutumfang gegenüberliegenden Stelle über eine Ableitung 21 stirnseitig aus der Nut 13 aus.

Die ringförmige Nut 13 im Drehzylinder 200 ist durch einen mit einer Labyrinthdichtung versehenen Ring 25 des Gehäusedeckels 100, der in einen Ansatz 26 des Drehzylinders 200 eingreift, gegenüber der Außenseite des im Gehäuse rotierenden Drehzylinders 200 gedichtet. Der Innenraum des Gehäuses ist geflutet, die Labyrinthdichtung soll in erster Linie eine Vermischung der rotierenden Strömung mit der restlichen Flüssigkeit des Totvolumens verhindern, da dies einen Empfindlichkeitsverlust bedeuten würde. Durch die Flutung muß aber keine absolute Dichtheit gegenüber dem Strömungskanal bestehen.

Der ursprüngliche einfache Drehzylinder ist mit weiteren Ausnehmungen versehen, um Gewicht einzusparen. Der verbleibende Raum zwischen Außenseite des Drehzylinders 200 und Gehäuse 110 ist dabei als strömungstoter Raum geflutet. Das rotierende Innenteil hat einen relativ großen Abstand zum Gehäuse, damit die Antriebsreibung, verursacht durch die Viskosität der Flüssigkeit, niedrig bleibt. Durch die Flutung des Totvolumens umgeht man einerseits Dichtungsprobleme und hat andererseits den Vorteil einer sehr guten Wärmeübertragung der Reibungswärme, die zwangsläufig durch den Antrieb des Zylinders entsteht. Die erforderliche Antriebsleistung bei Medien wie Benzin und auch noch Diesel ist sehr gering. Ein weiterer Vorteil der Flutung ist die dabei entstehende hydraulische Dämpfung für Vibrationen und Schockbeanspruchungen. Weiters sind an der Außenseite des Drehzylinders 200 ringförmige symmetrische Absätze 27, 28 ausgenommen, die vom Strömungsmedium geflutet sind. Die Zuleitung und die Ableitung für den Medienstrom erfolgt über kreissegmentartige Schlitze 8, 9 im Gehäusedeckel 100, die in Fig.5 im Detail gezeigt sind. Die Druckmeßstellen 6, 7 sind im Gehäusedeckel 100 vorgesehen, die in direkter Verbindung mit dem ersten und zweiten Strömungskanal 4, 5 stehen und deren Verbindungslinie auf der Symmetrieebene der kreissegmentartigen Schlitze 8, 9 liegen. Um Verwirbelungen zu verringern sind die Ecken abgerundet. Es ist wichtig, daß der Ein- und Ausströmkanal längssymmetrisch ist. Bei Assymetrien heben sich die quadratischen Glieder der Strömungsgleichung nicht mehr auf und verschlechtern dementsprechend die Linearität.

Da der erfindungsgemäße Sensor üblicherweise an eine Rohrleitung bzw. an einen flexiblen Schlauch angeschlossen wird, ist ein Übergangsstück auf einen kreisförmigen Querschnitt notwendig. Dazu ist die Ableitung und die Zuleitung für den Medienstrom durch einen Quader 81 mit zylindrischem Ansatz 83 und eine durch diesen verlaufende Sackbohrung 82 sowie mit einer die Sackbohrung 82 durchdringenden, den Schlitzen 8, 9 entsprechenden segmentförmigen Ausfräsung 84 gebildet (Fig.5, 6). Ein solches Übergangsstück ermöglicht eine sehr kompakte Bauweise des Sensors.

Der Antrieb des rotierenden Drehelements erfolgt in allen gezeigten Ausführungsbeispielen durch eine zentrale Welle. Es kann dies aber auch in anderer Form über ein Getriebe oder sonstige mechanische Antriebsmittel geschehen. Im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 ist die Antriebswelle über eine Dichtung, z.B. einen SIMA-Ring, aus der Strömungsleitung aus dem Gehäuse 110 geführt.

- 5 Der Antrieb des rotierenden Drehelements kann dabei in direkter Weise über eine Antriebswelle und einen passenden Motor, vorzugsweise einen Schrittmotor, oder beispielsweise durch eine auf dem Drehelement und auf der Außenseite des Gehäuses 110 angeordnete Magnetkupplung verwirklicht sein. Der Motor kann auch ein integrierter bürstenloser Motor, wie z.B. ein Schrittmotor, sein. Eine weitere Möglichkeit des Antriebes ist in Fig. 7 gezeigt, gemäß der der Antrieb des rotierenden Drehelements 200 durch einen im
10 Drehelement integrierten Motor 90, 91 erfolgt, wobei auf dem um eine zentrale Welle rotierenden Drehelement ein dauermagnetischer Ring 91 als Permanentfeld symmetrisch zur Drehachse des Drehelements 200 angeordnet und die Motorwicklung 90 außerhalb des Gehäuses symmetrisch um den dauermagnetischen Ring angebracht ist. Der Motor ist vorzugsweise ein Schrittmotor, da bei einem solchen die gewünschte Drehzahl exakt vorgegeben werden kann und dieser keinen Kollektor hat. Die benötigte Antriebsleistung ist
15 für dünnflüssige Medien und nicht sehr hohe Drehzahlen sehr gering. Es ist zu beachten, daß die benötigte Antriebsleistung proportional zum Quadrat der Drehzahl ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Bestimmung des Massendurchflusses eines Mediums unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, daß der Medienstrom in zwei gleich große Stromanteile aufgeteilt wird und gleichzeitig ein Stromanteil über ein Drehelement mit der Drehgeschwindigkeit v_z beschleunigt und der andere Stromanteil über ein Drehelement mit der Drehgeschwindigkeit $-v_z$
20 verzögert wird und die beiden Stromanteile wieder vereint werden, daß die Druckdifferenz Δp zwischen dem beschleunigten und dem verzögerten Stromanteil gemessen wird und der Massendurchfluß Δm über die Beziehung

$$25 \quad \Delta m = \Delta p / 2 v_z$$

errechnet wird.

Patentansprüche

- 30 1. Vorrichtung zur Massendurchflußmessung von gasförmigen oder flüssigen Medien in einer vom Medium durchströmten, geschlossenen Strömungsleitung (1), wie z.B. ein Strömungsrohr, wobei in der Strömungsleitung (1) oder in einem der Strömungsleitung (1) zwischengeschalteten, vom Medienstrom durchströmten Gehäuse (11, 110) ein mit einer konstanten Drehgeschwindigkeit rotierendes Drehelement (2) angeordnet ist, wobei das Medium auf eine auf dem Drehelement (2) ausgebildeten,
35 rotierenden Drehfläche (3) stromaufwärts des Drehelements (2) zuströmt und stromabwärts von dieser abströmt, sodaß der Medienstrom zwischen der stromaufwärts und der stromabwärts gelegenen Seite des Drehelements (2) sich in einen ersten und einen zweiten Stromanteil aufteilt und danach wieder zu einem einzigen Strom vereinigt, wobei der erste Stromanteil in einem ersten Strömungskanal (4) zwischen Drehfläche (3) und Wand der Strömungsleitung (1) bzw. des Gehäuses (11, 110) strömt, in dem die Drehgeschwindigkeit v_z der Drehfläche (3) zur Stromgeschwindigkeit v_s gleich gerichtet ist und wobei der zweite Stromanteil in einem zweiten Strömungskanal (5) zwischen Drehfläche (3) und Wand der Strömungsleitung (1) bzw. des Gehäuses (11, 110) strömt, in dem die Drehgeschwindigkeit v_z der Drehfläche (3) zur Stromgeschwindigkeit v_s entgegengesetzt gerichtet ist, und daß im ersten (4) und im
40 zweiten Strömungskanal (5) je eine Druckmeßstelle (6 bzw. 7) zum Ermitteln des Strömungsdruckes vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehfläche (3) einen Hohlraum im rotierenden Drehelement (2) begrenzt, welcher Hohlraum an zumindest einer Seite gegenüber der Wand (100) der Strömungsleitung bzw. des Gehäuses (11, 110) geöffnet ist.
- 50 2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehachse (22) des rotierenden Drehelements (2) normal zu der durch die offene Seite des Hohlraumes gebildeten Ebene verläuft.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Strömungszu- bzw. -ableitung (8, 9) an gegenüberliegenden Punkten bezüglich der Drehachse (22) des rotierenden Drehelements (2) angeordnet sind und die Strömungszuleitung bzw. die Strömungsableitung (8, 9) in Richtung
55 parallel zur Drehachse (22) erfolgt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Druckmeßstellen (6, 7) jeweils an gegenüberliegenden Punkten bezüglich der Drehachse (22) und um jeweils 90° zu der Strömungszu- bzw. -ableitung (8, 9) angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zuleitung des Mediums auf die Drehfläche (3) in einem ersten, stromaufwärts angeordneten Sektor (8) des rotierenden Drehelements (20) und die Ableitung des Mediums von der Drehfläche (3) in einem zweiten, stromabwärts angeordneten Sektor (9) des rotierenden Drehelements (20) erfolgt.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehfläche (3) des Drehelements (2) mit quer zur Strömungsrichtung verlaufenden Rippen versehen ist.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß im ersten (4) bzw. im zweiten (5) Strömungskanal das Verhältnis von Drehfläche (3) des Drehelements (20) zur Fläche der der Drehfläche (3) gegenüberliegenden Wand (100) der Strömungsleitung (1) bzw. des Gehäuses (11, 110) im Strömungskanal (4, 5) größer als zehn ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das rotierende Drehelement ein Drehzylinder (20) mit einer durch die Längssymmetrieachse verlaufenden Drehachse (22) ist, und daß der Hohlraum des rotierenden Drehzylinders (20) durch eine um die Drehachse (22) symmetrisch angeordnete ringförmige Nut (13) gebildet ist, deren offene Stirnfläche auf einer der beiden Deckflächen des Drehzylinders (20) verläuft, wobei die Drehfläche (3) durch die Innenfläche der symmetrischen Nut (13) gebildet ist, und daß die offene Stirnfläche der Nut (13) der Gehäusewand (100) gegenüberliegt, wobei die Strömungskanäle (4, 5) im wesentlichen in dem Teil des Raumes zwischen Nutinnenfläche und der Gehäusewand (10) verlaufen, der nicht der Zu- bzw. Ableitung von Medium dient.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nut (13) parallel zur Drehachse (22) verläuft und das Verhältnis der Tiefe der Nut zur Breite der Nut im Bereich von fünf bis zehn ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Strömungsmedium stirnseitig und in Richtung parallel zur Drehachse des Drehzylinders (20, 200) stromaufwärts in die Nut (13) einströmt und in entgegengesetzter Richtung stromabwärts aus dieser wieder ausströmt, und daß zwischen Zu- und Ableitung der Medienstrom sich in zwei gleich große Stromanteile auf die Strömungskanäle (4, 5) aufteilt und danach wieder vereinigt.
11. Vorrichtung nach Anspruch 8, 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Seitenwände der ringförmigen Nut (13) Rippen aufweisen.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rippen durch parallel zu den Seitenwänden der Nut (13) verlaufende Erweiterungsbohrungen (12) gebildet sind, die entlang der Umfangslinie der ringförmigen Nut (13) aneinandergereiht sind.
13. Vorrichtung nach Anspruch 8, 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Seitenwände der Nut (13) an einer oder mehreren Stellen mit einem den Nutquerschnitt zum Teil bedeckenden Steg (14) verbunden sind, wobei zwischen der Stirnseite der Nut und dem Steg ein Spalt und im Bereich des Nutgrundes ein größerer Querschnittsteil freigestellt ist.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das vom Medienstrom durchströmte Gehäuse (110) einen Deckel (100) aufweist und dosenförmig ausgebildet ist, daß in der durch den Deckel (100) verlaufenden Symmetrieachse des Gehäuses (110) die Drehwelle (22) des Drehzylinders (200) mit der symmetrischen, ringförmigen Nut (13) angeordnet ist, daß über eine parallel zur Drehwelle (22) durch den Gehäusedeckel (100) verlaufende Zuleitung (23) das Medium an einer Stelle des Nutumfangs stirnseitig in die Nut (13) des rotierenden Drehzylinders (200) einströmt und einer am Nutumfang gegenüberliegenden Stelle über eine Ableitung (21) stirnseitig aus der Nut (13) ausströmt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die ringförmige Nut (13) im Drehzylinder (200) durch einen mit einer Labyrinthdichtung versehenen Ring (25) des Gehäusedeckels (100), der in einen Ansatz (26) des Drehzylinders (200) eingreift, gegenüber der Außenseite des im Gehäuse rotierenden Drehzylinders (200) gedichtet ist.
- 5 16. Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der verbleibende Raum zwischen Außenseite des Drehzylinders (200) und Gehäuse (110) als strömungstoter Raum geflutet ist.
- 10 17. Vorrichtung nach Anspruch 14, 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß an der Außenseite des Drehzylinders (200) ringförmige symmetrische Absätze (27, 28) ausgenommen sind, die vom Strömungsmedium geflutet sind.
- 15 18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zuleitung und die Ableitung für den Medienstrom über kreissegmentartige Schlitze (8, 9) im Gehäusedeckel (100) erfolgt, die längssymmetrisch angeordnet sind.
- 20 19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß Druckmeßstellen (6, 7) im Gehäusedeckel (100) vorgesehen sind, die in direkter Verbindung mit dem ersten und zweiten Strömungskanal (4, 5) stehen und deren Verbindungslinie auf der Symmetrieebene der kreissegmentartigen Schlitze (8, 9) liegen.
- 25 20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ableitung und die Zuleitung für den Medienstrom durch einen Quader (81) mit zylindrischem Ansatz (83) und eine durch diesen verlaufende Sackbohrung (82) sowie mit einer die Sackbohrung (82) durchdringenden, den Schlitzen (8,9) entsprechenden segmentförmigen Ausfräsung (84) gebildet ist.
- 30 21. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Antrieb des rotierenden Drehelements (2, 20, 200) durch eine zentrale Welle erfolgt.
- 35 22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Antriebswelle über eine Drehdichtung aus der Strömungsleitung (1) bzw. aus dem Gehäuse (11, 110) geführt ist.
23. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Antrieb des rotierenden Drehelements (2, 20, 200) durch eine auf dem Drehelement und auf der Außenseite der Strömungsleitung (1) bzw. des Gehäuses (11, 110) angeordneten Magnetkupplung erfolgt.
- 40 24. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Antrieb des rotierenden Drehelements (2, 20, 200) durch einen im Drehelement integrierten Motor (90, 91) erfolgt, wobei auf dem um eine zentrale Welle rotierenden Drehelement ein dauermagnetischer Ring (91) als Permanentfeld symmetrisch zur Drehachse des Drehelements (2, 20, 200) angeordnet ist und die Motorwicklung (90) außerhalb des Gehäuses symmetrisch um den dauermagnetischen Ring angebracht ist.
- 45 25. Vorrichtung nach Anspruch 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Motor ein Schrittmotor ist.
- 50 26. Verfahren zur Bestimmung des Massendurchflusses eines Mediums unter Anwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Medienstrom in zwei gleich große Stromanteile aufgeteilt wird und gleichzeitig ein Stromanteil über ein Drehelement mit der Drehgeschwindigkeit v_z beschleunigt und der andere Stromanteil über ein Drehelement mit der Drehgeschwindigkeit $-v_z$ verzögert wird und die beiden Stromanteile wieder vereint werden, daß die Druckdifferenz Δp zwischen dem beschleunigten und dem verzögerten Stromanteil gemessen wird und der Massendurchfluß Δm über die Beziehung
- 55
$$\Delta m = \Delta p / 2 v_z$$
- errechnet wird.

AT 402 236 B

Hiezu 7 Blatt Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

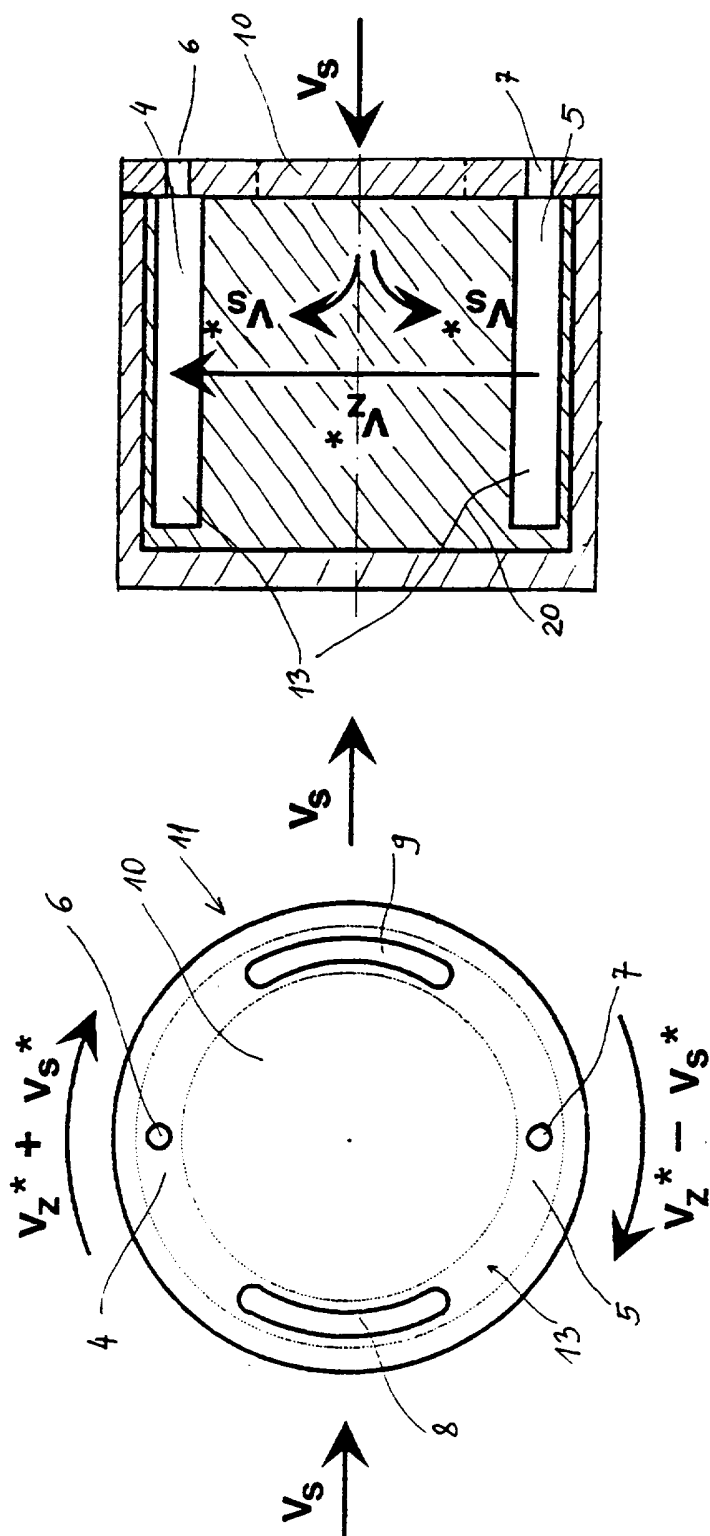


FIG. 2

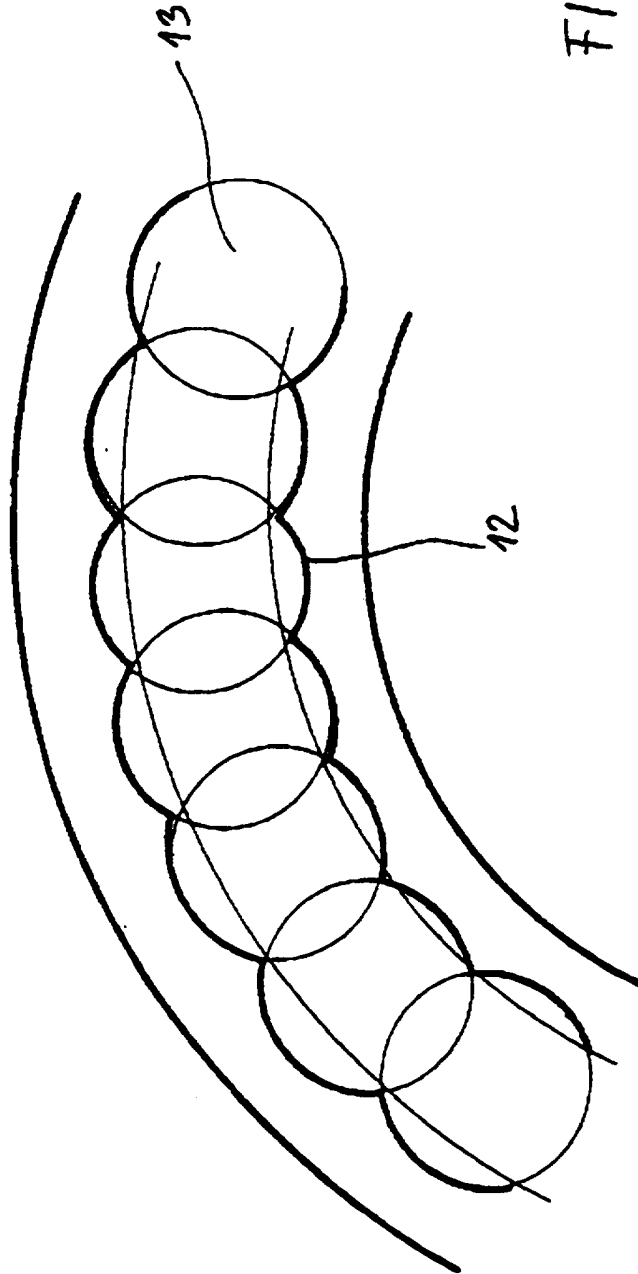
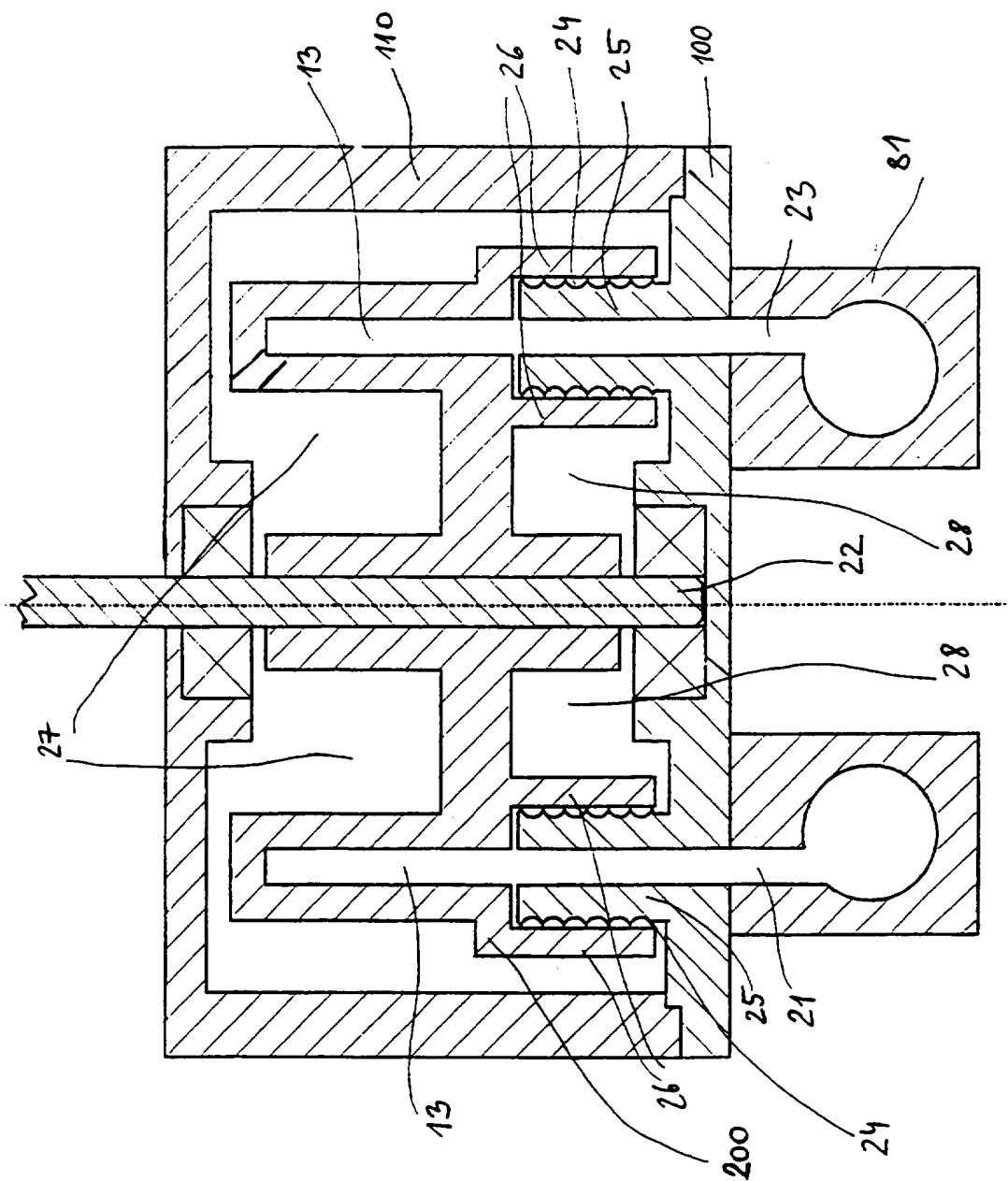


FIG. 3



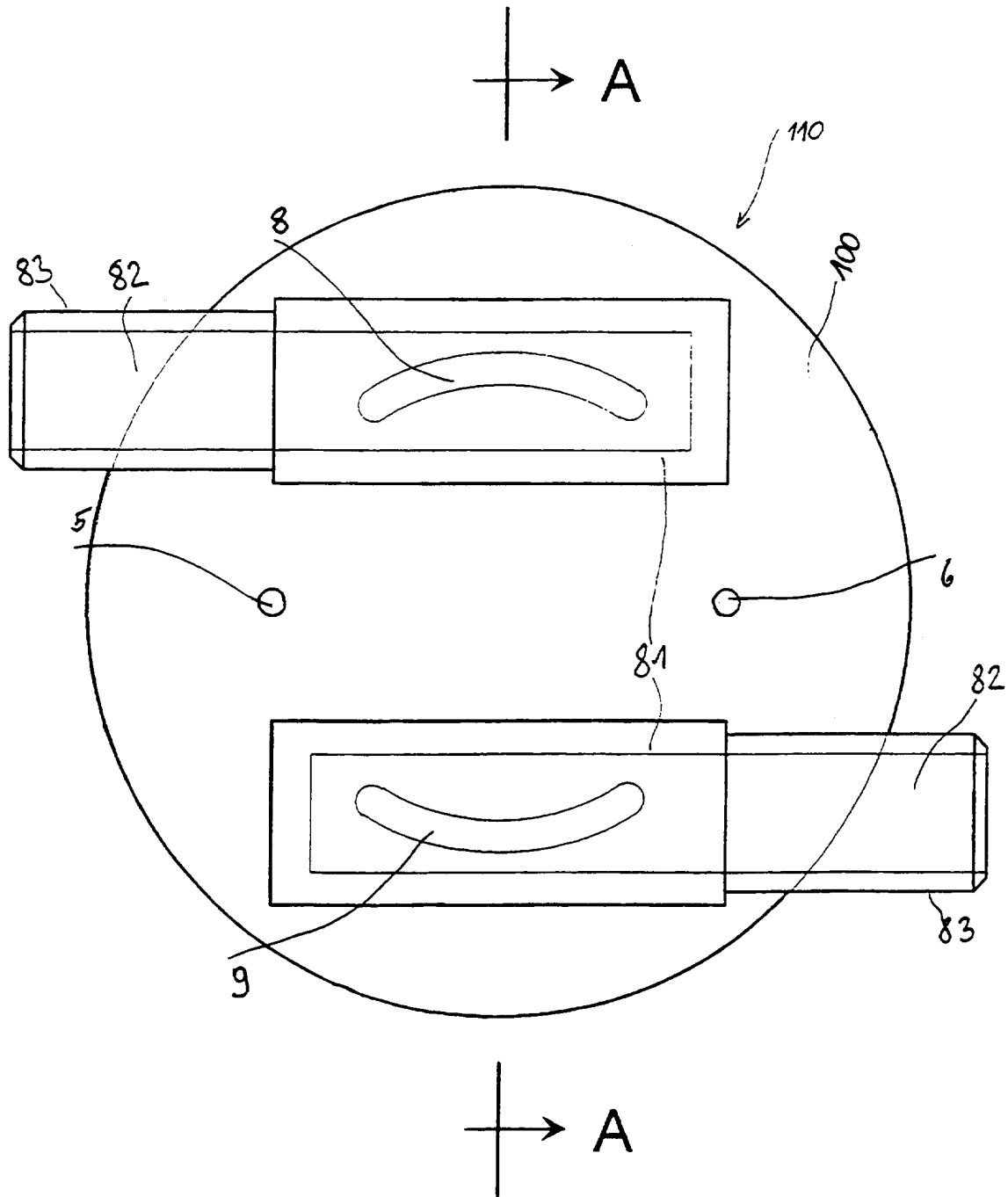


FIG. 5

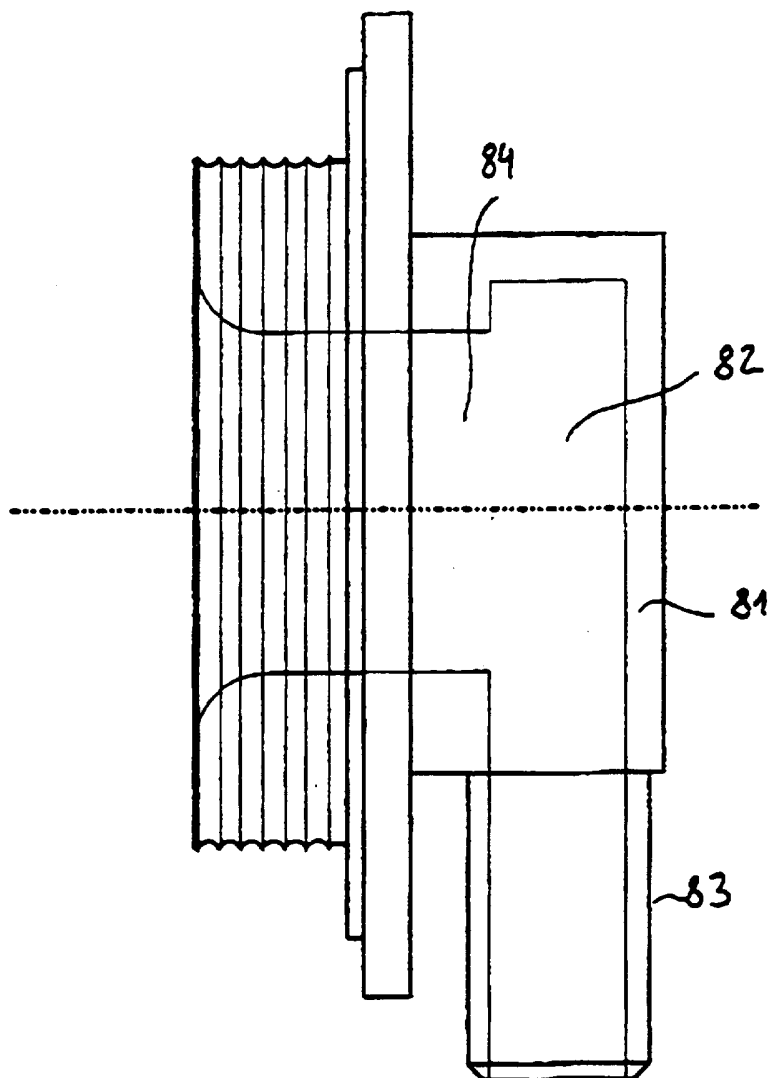


FIG. 6

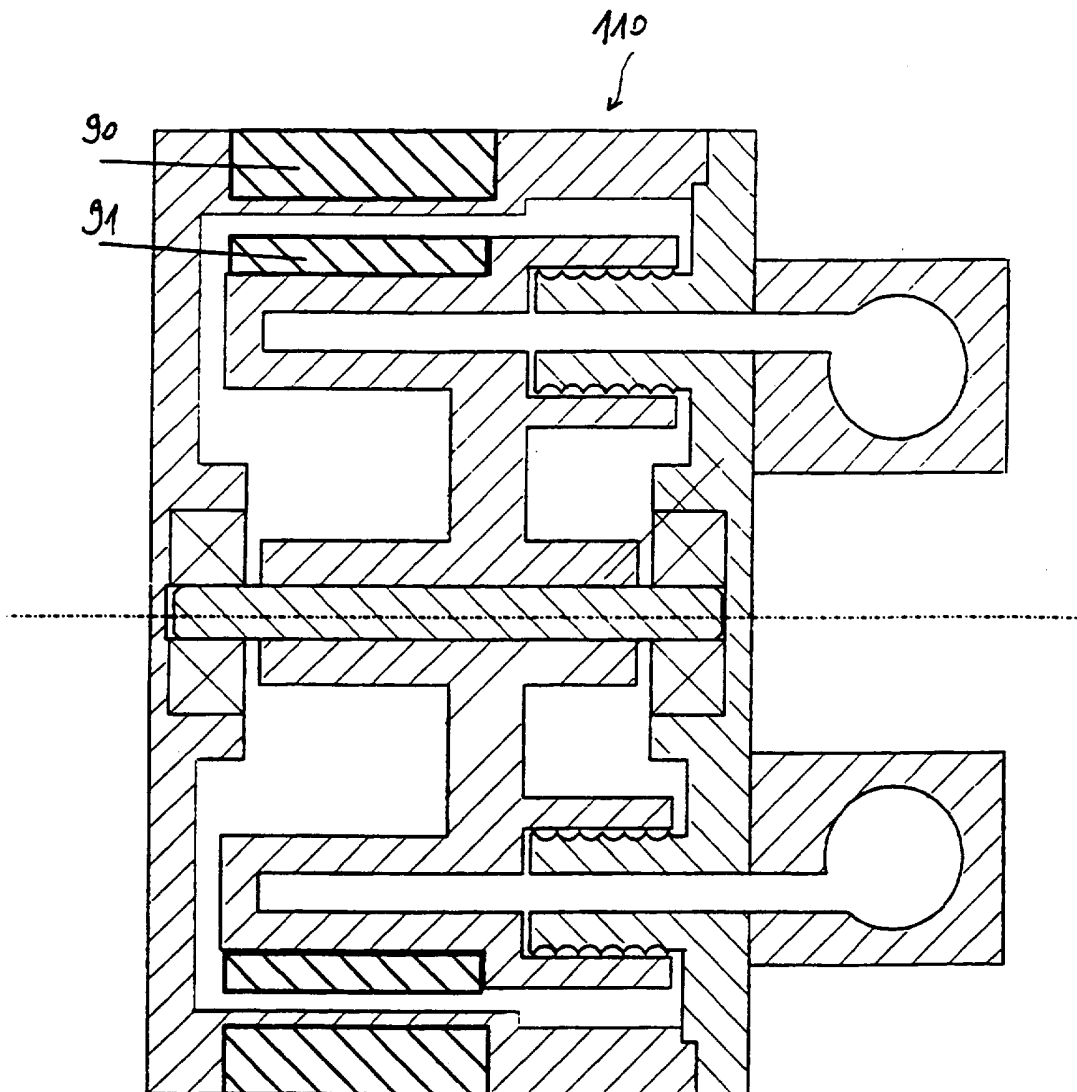


FIG. 7