



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 692 521 A5

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>: G 01 F 001/84

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑲ Gesuchsnummer: 02627/97

⑳ Anmeldungsdatum: 17.03.1997

③① Priorität: 17.03.1996 DE 196 10 332.0

⑳ Patent erteilt: 15.07.2002

④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 15.07.2002

⑦③ Inhaber:  
Krohne AG, Uferstrasse 90,  
4019 Basel (CH)

⑦② Erfinder:  
van der Pol, Roland Dipl.-Ing.,  
Victor-Hugo-Straat 27, NL-5924 AK Venlo (NL)  
Yousif A. Hussain, 25, Thorburn Road,  
Weston Fevell, Northampton NN3 3 DA (GB)  
Chris N. Rolph, 20, Sylvan Way,  
Redhill, Surrey, RH 1 4 DE (GB)

⑦④ Vertreter:  
Keller & Partner Patentanwälte AG,  
Zeughausgasse 5, Postfach, 3000 Bern 7 (CH)

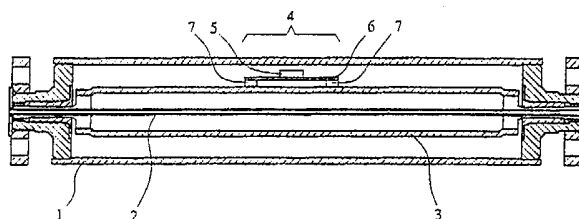
⑧⑥ Internationale Anmeldung:  
PCT/EP 19/97001 (De)

⑧⑦ Internationale Veröffentlichung:  
WO 19/97035 (De) 25.9.1997

⑤④ **Massendurchflussmessgerät.**

⑤⑦ Dargestellt und beschrieben ist ein Massendurchflussmessgerät für strömende Medien, das nach dem Coriolis-Prinzip arbeitet, mit einem vorzugsweise zylindrischen, insbesondere kreiszylindrischen Gehäuse (1), mit mindestens einem innerhalb des Gehäuses (1) angeordneten und an seinen beiden Enden mit dem Gehäuse (1) verbundenen, vorzugsweise im Wesentlichen geraden Coriolis-Messrohr (2), mit einer vorzugsweise zylindrischen, insbesondere kreiszylindrischen, auf dem Coriolis-Messrohr (2) angeordneten Brücke (3), mit mindestens einem auf das Coriolis-Messrohr (2) einwirkenden Schwingungserzeuger und mit mindestens einem Coriolis-Kräfte und/oder auf Coriolis-Kräften beruhende Coriolis-Schwingungen erfassenden Messwertaufnehmer, wobei die Brücke (3) bezüglich des Mittelpunktes des Coriolis-Messrohres (2), bezogen auf die mit dem Gehäuse (1) verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres (2), symmetrisch angeordnet und symmetrisch ausgeführt ist und wobei der Schwingungserzeuger und der Messwertaufnehmer zwischen dem Coriolis-Messrohr (2) und der Brücke (3) wirksam ist.

Erfindungsgemäss ist die Brücke (3) mit einem zum Mittelpunkt im Wesentlichen symmetrisch angeordneten und symmetrisch ausgeführten Ausgleichssystem (4) versehen.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Massendurchflussmessgerät für strömende Medien, das nach dem Coriolis-Prinzip arbeitet, mit einem vorzugsweise zylindrischen, insbesondere kreiszylindrischen Gehäuse, mit mindestens einem innerhalb des Gehäuses angeordneten und an seinen beiden Enden mit dem Gehäuse verbundenen, vorzugsweise im Wesentlichen geraden Coriolis-Messrohr, mit einer vorzugsweise zylindrischen, insbesondere kreiszylindrischen, auf dem Coriolis-Messrohr angeordneten Brücke, mit mindestens einem auf das Coriolis-Messrohr einwirkenden Schwingungserzeuger und mit mindestens einem Coriolis-Kräfte und/oder auf Coriolis-Kräften beruhende Coriolis-Schwingungen erfassenden Messwertaufnehmer, wobei die Brücke bezüglich des Mittelpunktes des Coriolis-Messrohres, bezogen auf die mit dem Gehäuse verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres, symmetrisch angeordnet und symmetrisch ausgeführt ist und wobei der Schwingungserzeuger und der Messwertaufnehmer zwischen dem Coriolis-Messrohr und der Brücke wirksam sind.

Massendurchflussmessgeräte für strömende Medien, die nach dem Coriolis-Prinzip arbeiten, sind in verschiedenen Ausführungen bekannt (vgl. z.B. die deutsche Patentschrift 4 124 295 und die deutsche Offenlegungsschrift 4 143 361 und die dort jeweils in Spalte 1, Zeilen 20 bis 27, aufgeführten Druckschriften, die deutsche Patentschrift 4 224 397 und die dort in Spalte 1, Zeilen 23 bis 30, aufgeführten Druckschriften sowie die deutsche Offenlegungsschrift 19 601 342) und finden in zunehmendem Masse in der Praxis Verwendung.

Bei Massendurchflussmessgeräten für strömende Medien, die nach dem Coriolis-Prinzip arbeiten, unterscheidet man grundsätzlich zwischen einerseits solchen, deren Coriolis-Messrohr zumindest im Wesentlichen gerade ausgeführt ist, in der Regel exakt gerade ausgeführt ist, und andererseits solchen, deren Coriolis-Messrohr schleifenförmig ausgeführt ist. Ausserdem unterscheidet man bei den in Rede stehenden Massendurchflussmessgeräten zwischen einerseits solchen, die nur ein Coriolis-Messrohr aufweisen, und andererseits solchen, die zwei Coriolis-Messrohre aufweisen. Bei den Ausführungen mit zwei Coriolis-Messrohren können diese strömungstechnisch in Reihe oder parallel zueinander liegen.

Massendurchflussmessgeräte der in Rede stehenden Art, bei denen das Coriolis-Messrohr gerade ausgeführt ist bzw. die Coriolis-Messrohre gerade ausgeführt sind, sind in Bezug auf den mechanischen Aufbau einfach und folglich mit relativ geringen Kosten herzustellen. Dabei sind auch die Innenflächen des Coriolis-Messrohres bzw. der Coriolis-Messrohre gut bearbeitbar, z.B. polierbar. Im Übrigen haben sie einen relativ geringen Druckverlust. Nachteilig kann bei Massendurchflussmessgeräten, die nach dem Coriolis-Prinzip arbeiten und bei denen das Coriolis-Messrohr gerade ausgeführt ist bzw. die Coriolis-Messrohre gerade ausgeführt sind, sein, dass sowohl thermisch bedingte Ausdehnungen bzw. thermisch bedingte Spannungen als

auch von aussen einwirkende Kräfte und Momente zu Messfehlern und zu mechanischen Schäden, nämlich zu Spannungsrissen, führen können.

Mit den zuvor aufgezeigten Problemen bei Massendurchflussmessgeräten mit geraden Coriolis-Messrohren hat sich die Fachwelt bereits befasst (vgl. insbesondere die deutsche Patentschrift 4 124 295, die deutsche Offenlegungsschrift 4 143 361 und die deutsche Patentschrift 4 224 379). Diese Probleme sind dabei dadurch weitgehend gelöst worden, dass einerseits das Coriolis-Messrohr und die Brücke in einer axiale Relativbewegungen ausschliessenden Weise miteinander verbunden sind, sodass der axiale Abstand der Verbindungsstellen Coriolis-Messrohr/Brücke die Schwingungslänge des Coriolis-Messrohres darstellt, dass andererseits das Coriolis-Messrohr mit Zug-Vorspannung innerhalb der Brücke angeordnet ist (deutsche Patentschrift 4 124 295) und/oder dass das Coriolis-Messrohr und die Brücke aus Werkstoffen mit gleichen oder nahezu gleichen Wärmeausdehnungskoeffizienten bestehen (deutsche Offenlegungsschrift 4 143 361) und/oder dass ein Änderungen der Schwingungslänge des Coriolis-Messrohres erfassender Längenänderungssensor – zur Schwingungslängen- und spannungsabhängigen Korrektur des Messwerts – vorgesehen ist (deutsche Patentschrift 4 224 379). Insgesamt ist es gelungen, ein nach dem Coriolis-Prinzip arbeitendes Massendurchflussmessgerät mit einem geraden Coriolis-Messrohr zu schaffen, das nur einen Messfehler von etwa 0,1% hat (vgl. den Prospekt «Zulassung des Corimass G-Gerätes zum eichpflichtigen Verkehr» der Firma KROHNE Messtechnik GmbH & Co. KG).

Nach dem Coriolis-Prinzip arbeitende Massendurchflussmessgeräte, die nur ein gerades Coriolis-Messrohr aufweisen, haben gegenüber solchen Massendurchflussmessgeräten, die entweder zwei gerade Coriolis-Messrohre oder ein schleifenförmiges Coriolis-Messrohr aufweisen, erhebliche Vorteile. Gegenüber Massendurchflussmessgeräten mit zwei geraden Coriolis-Messrohren ist der Vorteil vor allem darin zu sehen, dass Strömungsteiler bzw. Strömungszusammenführer, die bei Massendurchflussmessgeräten mit zwei Coriolis-Messrohren erforderlich sind, nicht benötigt werden. Gegenüber Massendurchflussmessgeräten mit einem schleifenförmigen Coriolis-Messrohr bzw. mit zwei schleifenförmigen Coriolis-Messrohren ist der Vorteil vor allem darin zu sehen, dass ein gerades Coriolis-Messrohr einfacher als ein schleifenförmiges Coriolis-Messrohr hergestellt werden kann, dass der Druckabfall bei einem geraden Coriolis-Messrohr geringer ist als bei einem schleifenförmigen Coriolis-Messrohr und dass ein gerades Coriolis-Messrohr besser gereinigt werden kann als ein schleifenförmiges Coriolis-Messrohr.

Massendurchflussmessgeräte, die nach dem Coriolis-Prinzip arbeiten und ein gerades Coriolis-Messrohr haben, haben jedoch auch einen physikalisch bzw. mechanisch vorgegebenen Nachteil (vgl. die europäische Offenlegungsschrift 0 521 439):

Nach dem Coriolis-Prinzip arbeitende Massendurchflussmessgeräte erfordern, dass das Coriolis-Messrohr bzw. die Coriolis-Messrohre – mithilfe von mindestens einem Schwingungserzeuger – in

Schwingungen versetzt werden; aus der Tatsache, dass das Coriolis-Messrohr schwingt bzw. die Coriolis-Messrohre schwingen, und aus dem Durchströmen von Masse durch das Coriolis-Messrohr bzw. durch die Coriolis-Messrohre resultieren ja die Coriolis-Kräfte bzw. die Coriolis-Schwingungen.

Bei Massendurchflussmessgeräten mit zwei geraden Coriolis-Messrohren bzw. mit einem schleifenförmigen Coriolis-Messrohr oder mit zwei schleifenförmigen Coriolis-Messrohren sind die Coriolis-Messrohre bzw. die schwingungswirksamen Teile der schleifenförmigen Coriolis-Messrohre identisch ausgeführt und in der Regel so angeordnet und schwingungsmässig erregt, dass sie gegeneinander schwingen. Das hat die positive Konsequenz, dass das schwingende System insgesamt nach aussen nicht als solches wirksam wird. Die Lage des Massenmittelpunktes bleibt konstant und auftretende Kräfte werden kompensiert. Folglich werden in das Rohrleitungssystem, in das ein solches Massendurchflussmessgerät eingebaut ist, keine Schwingungen eingeleitet und beeinflussen Schwingungen des Rohrleitungssystems das Messergebnis nicht.

Bei nach dem Coriolis-Prinzip arbeitenden Massendurchflussmessgeräten, die nur ein gerades Coriolis-Messrohr aufweisen, ist die zuvor erläuterte positive Konsequenz von gegeneinander schwingenden Coriolis-Messrohren natürlich nicht gegeben. Der Massenmittelpunkt bleibt nicht konstant, und auftretende Kräfte werden nicht kompensiert. Die Folge davon ist, dass einerseits Schwingungen in das Rohrleitungssystem, in das ein solches Massendurchflussmessgerät eingebaut ist, übertragen werden, und dass Schwingungen des Rohrleitungssystems das Messergebnis beeinflussen können.

Um die zuvor erläuterte Problematik, die nach dem Coriolis-Prinzip arbeitenden Massendurchflussmessgeräten mit nur einem geraden Coriolis-Messrohr eigen ist, zu beherrschen, wird häufig das Rohrleitungssystem, in das ein solches Massendurchflussmessgerät eingebaut ist, zusätzlich eingespannt. In der Regel wird dabei das das strömende Medium zum Massendurchflussmessgerät führende Rohr und das das strömende Medium vom Massendurchflussmessgerät wegführende Rohr in einem Abstand, der dem zehn- bis fünfzehnfachen Rohrdurchmesser entspricht, eingespannt.

In Verbindung mit der zuvor erläuterten Problematik, die nach dem Coriolis-Prinzip arbeitenden Massendurchflussmessgeräten mit nur einem geraden Coriolis-Messrohr eigen ist, ist bereits vorgeschlagen worden, dort, wo das Coriolis-Messrohr eingespannt ist, so genannte Antiresonatoren vorzusehen, die ein auf wenigstens eine Eigenschwingung des Coriolis-Messrohres abgestimmtes Resonanzspektrum vorgegebener Bandbreite haben sollen (vgl. die europäische Offenlegungsschrift 0 521 439). Es hat sich jedoch gezeigt, dass eine solche Massnahme bei ohnehin schon sehr genau arbeitenden Massendurchflussmessgeräten nicht zu einer Verbesserung insgesamt führt.

Einleitend ist ausgeführt worden, dass zu dem Massendurchflussmessgerät, von dem die Erfindung ausgeht, eine auf dem Coriolis-Messrohr angeordnete Brücke gehört. Für diese Brücke werden im

Stand der Technik auch andere Bezeichnungen verwendet, nämlich «Kompensationszylinder» (in der deutschen Patentschrift 4 124 295 und in der deutschen Offenlegungsschrift 4 143 361) bzw. «Tragrohr» (in der deutschen Patentschrift 4 224 379). Vorliegend ist mit Brücke das bezeichnet, was anderweitig mit «Kompensationszylinder» bzw. mit «Tragrohr» bezeichnet worden ist. Der allgemeinere Ausdruck Brücke ist deshalb verwendet worden, weil es sich bei diesem Bauteil nicht um einen Zylinder bzw. nicht um ein Rohr handeln muss. Wesentlich ist nur das Zusammenwirken von Coriolis-Messrohr und Brücke dahingehend, dass der axiale Abstand der Verbindungsstellen Coriolis-Messrohr/Brücke den funktionsnotwendig erregten Bereich des Coriolis-Messrohres vorgibt, und die symmetrische Anordnung und symmetrische Ausführung der Brücke bezüglich des Mittelpunktes des Coriolis-Messrohres, bezogen auf die zwischen den mit dem Gehäuse verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres.

Eingangs ist auch ausgeführt worden, dass zu dem Massendurchflussmessgerät, von dem die Erfindung ausgeht, mindestens ein auf das Coriolis-Messrohr einwirkender Schwingungserzeuger und mindestens ein Coriolis-Kräfte und/oder auf Coriolis-Kräften beruhende Coriolis-Schwingungen erfassender Messwertaufnehmer gehören und dass der Schwingungserzeuger und der Messwertaufnehmer «zwischen dem Coriolis-Messrohr und der Brücke wirksam sind». Damit ist gemeint, dass das Coriolis-Messrohr in Bezug auf die Brücke zu Schwingungen angeregt wird und dass zwischen dem Coriolis-Messrohr und der Brücke auftretende Coriolis-Kräfte bzw. Coriolis-Schwingungen von dem Messwertaufnehmer, in der Regel von zwei Messwertaufnehmern, erfasst werden.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zu Grunde, das bekannte, nach dem Coriolis-Prinzip arbeitende Massendurchflussmessgerät, von dem die Erfindung ausgeht, bezüglich der im Einzelnen erläuterten Problematik, die daraus resultiert, dass das Massendurchflussmessgerät nur ein gerades Coriolis-Messrohr aufweist, zu verbessern.

Das erfindungsgemässe Massendurchflussmessgerät, bei dem die zuvor im Einzelnen hergeleitete und dargestellte Aufgabe gelöst ist, ist nun zunächst und im Wesentlichen dadurch gekennzeichnet, dass die Brücke mit einem zum Mittelpunkt im Wesentlichen symmetrisch angeordneten und symmetrisch ausgeführten Ausgleichssystem versehen ist. Vorzugsweise ist das Ausgleichssystem selbst ein schwingungsfähiges System, bestehend aus einer Ausgleichsmasse und aus einer Ausgleichsfeder. Besonders vorteilhaft ist die erfindungsgemässe Ausgestaltung, wie eingangs erläutert, in Verbindung mit einem Massendurchflussmessgerät mit einem gerade ausgeführten Messrohr. Darüber hinaus ist die erfindungsgemäss angestrebte Schwingungsisolation durch die Anordnung eines Ausgleichssystems auch vorteilhaft in Verbindung mit einem gekrümmten Messrohr oder mehreren geraden oder gekrümmten Messrohren, deren Massenmittelpunkt ohne die Anordnung eines Ausgleichssystems nicht in Ruhe ist, einsetzbar.

Durch die Lehre der Erfindung soll ja erreicht werden, dass bei dem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät, obwohl dieses nur ein gerades Coriolis-Messrohr aufweist, das schwingende System insgesamt nach aussen fast nicht oder überhaupt nicht als solches wirksam wird. Folglich ist anzustreben, das Ausgleichssystem so auszulegen, dass die Schwingungsamplitude der Brücke sehr klein ist, vorzugsweise gegen Null geht. Die entsprechende Auslegung des Ausgleichssystems kann der Fachmann empirisch finden. Er kann aber auch – oder bei der empirischen Auslegung – berücksichtigen, dass in erster Näherung folgende Gleichung gilt:

$$\frac{X_1 K_1}{F_0} = \frac{\left[ 1 - \left( \frac{W}{W_{22}} \right)^2 \right]}{\left[ 1 + \frac{K_2}{K_1} - \left( \frac{W}{W_{11}} \right)^2 \right] \left[ 1 - \left( \frac{W}{W_{22}} \right)^2 \right] - \frac{K_2}{K_1}}$$

Darin bedeuten:

$X_1$  = Schwingungsamplitude der Brücke,  
 $K_1$  = Federsteifigkeit der Brücke,  
 $K_2$  = Federsteifigkeit des Ausgleichssystems,  
 $W$  = Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres,  
 $W_{11}$  = Eigenfrequenz der Brücke,  
 $W_{22}$  = Eigenfrequenz des Ausgleichssystems,  
 $F_0$  = Kraft, mit der das Coriolis-Messrohr erregt wird.

Die zuvor aufgezeigten Parameter werden vorzugsweise insgesamt so eingesetzt, dass die Eigenfrequenz des Ausgleichssystems in der der Schwingungsrichtung des Coriolis-Messrohres parallelen Schwingungsrichtung der Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres entspricht. Man kann jedoch auch die Eigenfrequenz des Ausgleichssystems so wählen, dass sie der  $x$ -fachen Eigenfrequenz oder der  $1/x$ -fachen Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres entspricht, wobei  $x$  ganzzahlig ist.

Durch die Anordnung des symmetrisch ausgeführten Ausgleichssystems symmetrisch zum Mittelpunkt des Coriolis-Messrohres, bezogen auf die mit dem Gehäuse verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres ist gewährleistet, dass das Ausgleichssystem nur minimale Drehschwingungen um diesen Mittelpunkt der Coriolis-Leitung in die Brücke einstreut. Diese Einkopplungen zu verhindern ist besonders wichtig, da derartige Schwingungen der Brücke um diesen Mittelpunkt stark an die antisymmetrischen Schwingungen des Coriolis-Messrohres im Coriolis-Mode ankopplern. Die erwähnte Ankopplung ist deshalb relativ stark und hat entsprechend grossen Einfluss auf die Messgenauigkeit, da eine Schwingung um den Mittelpunkt des Coriolis-Messrohres ebenso antisymmetrisch ist wie die Schwingung im Coriolis-Mode bei einem in der Grundschwingung angeregten Coriolis-Messrohr.

Neben der Anordnung des Ausgleichssystems im Wesentlichen im Mittelpunkt des Coriolis-Messrohres, bezogen auf die mit dem Gehäuse verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres, wird die Nei-

gung der Brücke zu einer Schwingung um diesen Mittelpunkt weiter dadurch verringert, dass die Eigenfrequenz des Ausgleichssystems in den zur Schwingungsrichtung des Coriolis-Messrohres senkrechten Schwingungsrichtungen – insbesondere in der Richtung der Verbindungslinie zwischen den Verbindungspunkten der Enden des Coriolis-Messrohres mit dem Gehäuse – einer von der Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres und deren ganzzahligen Vielfachen oder Bruchteilen deutlich abweichenden Frequenz entspricht. Durch diese Massnahme ist gewährleistet, dass das Ausgleichssystem nicht zu Schwingungen senkrecht zur Schwingungsrichtung des Coriolis-Messrohres angeregt wird, die wiederum zu Schwingungen der Brücke um den Mittelpunkt führen würden, und dass eventuell vorhandene Schwingungen des Ausgleichssystems in Schwingungsrichtungen senkrecht zur Schwingungsrichtung des Coriolis-Messrohres nicht an die Schwingung im Coriolis-Mode ankopplern können, sodass im Ergebnis die Messgenauigkeit deutlich erhöht ist.

Eine ergänzende Massnahme zur Verbesserung der Messgenauigkeit erfährt das erfindungsgemässe Massendurchflussmessgerät weiter dadurch, dass das Ausgleichssystem entlang der Verbindungslinie zwischen den Verbindungspunkten zwischen Coriolis-Messrohr/Gehäuse justierbar ist. Mithilfe dieser Justierung ist gewährleistet, dass das Ausgleichssystem stets im Massenschwerpunkt des Ensembles Coriolis-Messrohr und Brücke anordenbar ist. Diese Justierung ist notwendig, da der Massenmittelpunkt des Ensembles Coriolis-Messrohr und Gehäuse bedingt durch Fertigungstoleranzen nicht immer im Mittelpunkt des Coriolis-Messrohres zwischen den mit dem Gehäuse verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres liegt. Eine entsprechende Justierung genau auf den Massenmittelpunkt verringert wiederum die Möglichkeit der Ankopplung von Drehschwingungen um diesen Massenmittelpunkt an die Schwingung des Coriolis-Messrohres.

Im Einzelnen gibt es nun eine Vielzahl von Möglichkeiten, das erfindungsgemässe Massendurchflussmessgerät auszugestalten und weiterzubilden. Dazu wird verwiesen einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerätes, wobei Schwingungserzeuger und Messwertaufnehmer nicht dargestellt sind,

Fig. 2 einen der Fig. 1 entsprechenden Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerätes,

Fig. 3 einen der Fig. 1 entsprechenden Längsschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerätes,

Fig. 4 einen Querschnitt durch das in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsge-

mässen Massendurchflussmessgerätes, längs der Linie IV-IV,

Fig. 5 einen der Fig. 4 entsprechenden Querschnitt durch ein weiteres, im Übrigen nicht dargestelltes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerätes,

Fig. 6 in gegenüber den Fig. 1 bis 5 grösserer Darstellung einen Teil einer zu einem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät gehörenden Brücke mit einem ersten Ausführungsbeispiel eines speziell ausgebildeten Ausgleichssystems,

Fig. 7 in gegenüber den Fig. 1 bis 5 grösserer Darstellung einen Teil einer zu dem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät gehörenden Brücke mit einem zweiten Ausführungsbeispiel eines speziell ausgebildeten Ausgleichssystems,

Fig. 8 in gegenüber den Fig. 1 bis 5 grösserer Darstellung einen Teil einer zu einem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät gehörenden Brücke mit einem dritten Ausführungsbeispiel eines speziell ausgebildeten Ausgleichssystems und

Fig. 9 das in Fig. 8 dargestellte dritte Ausführungsbeispiel eines speziell ausgebildeten Ausgleichssystems in einer Aufsicht.

Bei dem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät für strömende Medien handelt es sich um ein solches, das nach dem Coriolis-Prinzip arbeitet. Zu dem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät gehören ein – in den dargestellten Ausführungsbeispielen kreiszylindrisches – Gehäuse 1, ein innerhalb des Gehäuses 1 angeordnetes und mit seinen beiden Enden mit dem Gehäuse 1 verbundenes gerades Coriolis-Messrohr 2, eine – in den dargestellten Ausführungsbeispielen kreiszylindrische – auf dem Coriolis-Messrohr 2 angeordnete Brücke 3 sowie, was in den Figuren nicht dargestellt ist, mindestens ein auf das Coriolis-Messrohr 2 einwirkender Schwingungserzeuger und mindestens ein Coriolis-Kräfte und/oder auf Coriolis-Kräfte beruhende Coriolis-Schwingungen erfassender Messwertaufnehmer.

Wie in den Fig. 1 bis 3 angedeutet, sind das Coriolis-Messrohr 2 und die Brücke 3 in einer axiale Relativbewegungen ausschliessenden Weise miteinander verbunden; der axiale Abstand der Verbindungsstellen Coriolis-Messrohr 2/Brücke 3 stellt hier die Schwingungslänge des Coriolis-Messrohres 2 dar. Die Brücke 3 ist bezüglich des Mittelpunktes des Coriolis-Messrohres, bezogen auf die mit dem Gehäuse verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres, symmetrisch angeordnet und symmetrisch ausgeführt.

Der nicht dargestellte Schwingungserzeuger und der nicht dargestellte Messwertaufnehmer bzw. die nicht dargestellten Messwertaufnehmer sind zwischen dem Coriolis-Messrohr 2 und der Brücke wirksam. Wie die nicht dargestellten Bauteile Schwingungserzeuger und Messwertaufnehmer im Einzelnen angeordnet sein können, zeigen die Fig. 1 der deutschen Patentschrift 4 124 295 bzw. der deutschen Offenlegungsschrift 4 143 361 sowie die Fig. 1, 2, 3 und 5 der deutschen Patentschrift 4 224 379.

Bei den in Rede stehenden erfindungsgemässen

Massendurchflussmessgeräten ist die Brücke 3 mit einem zum Mittelpunkt des Coriolis-Messrohres symmetrisch angeordneten und symmetrisch ausgeführten Ausgleichssystem 4 versehen. Das Ausgleichssystem 4 ist ein schwingungsfähiges System, besteht nämlich aus einer Ausgleichsmasse 5 und aus einer Ausgleichsfeder 6, und ist so ausgelegt, dass die Schwingungsamplitude der Brücke 3 sehr klein ist, vorzugsweise gegen Null geht.

In den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1 und 2 ist das Ausgleichssystem 4 nur einseitig an der Brücke 3 vorgesehen. Fig. 1 zeigt in Bezug auf das Ausgleichssystem 4, dass die Ausgleichsfeder 6 als Blattfeder ausgeführt ist. Dabei ist die als Blattfeder ausgeführte Ausgleichsfeder 6 über Distanzstücke 7 mit der Brücke 3 verbunden und die Ausgleichsmasse 5 auf der Ausgleichsfeder 6 angeordnet. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist demgegenüber die Ausgleichsfeder 6 als Schraubenfeder ausgeführt.

Während bei den Ausführungsbeispielen nach den Fig. 1 und 2 das Ausgleichssystem 4 einseitig an der Brücke 3 vorgesehen ist, gilt für die Ausführungsbeispiele nach den Fig. 3 bis 5, dass die Ausgleichsmasse 5 des Ausgleichssystems 4 die – kreiszylindrisch ausgeführte – Brücke 3 konzentrisch umgibt. Dabei gilt für das Ausführungsbeispiel nach den Fig. 3 und 4, dass die die Brücke 3 konzentrisch umgebende Ausgleichsmasse 5 über zwei als Blattfedern ausgeführte Ausgleichsfedern 6 mit der Brücke 3 verbunden ist, während im Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 zwischen der die Brücke 3 konzentrisch umgebenden Ausgleichsmasse 5 und der Brücke 3 zwei als Schraubenfedern ausgeführte Ausgleichsfedern 6 vorgesehen sind. Da die Schwingung des Coriolis-Messrohres 2 regelmässig nur in einer Ebene stattfindet, kann es vorteilhaft sein, die die Brücke 3 umgebende Ausgleichsmasse leicht exzentrisch auszuführen.

Weiter zeigt Fig. 6 eine besondere Ausgestaltung des zu dem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät gehörenden Ausgleichssystems 4. Dabei besteht das Ausgleichssystem 4 aus zwei Teilsystemen 4a, 4b, wobei die Ausgleichsmasse 5 aus zwei Einzelmassen 5a, 5b und die Ausgleichsfeder 6 aus zwei Einzelfedern 6a, 6b besteht und jeweils eine Einzelmasse 5a bzw. 5b an jeweils einer Einzelfeder 6a bzw. 6b vorgesehen ist. Die beiden Teilsysteme 4a, 4b des Ausgleichssystems 4 sind mit einem Abstand zueinander angeordnet.

In Fig. 7 ist eine alternative Ausgestaltung zu der in Fig. 6 dargestellten Ausgestaltung des zu dem erfindungsgemässen Massendurchflussmessgerät gehörenden Ausgleichssystems 4 dargestellt. Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel eines speziell ausgebildeten Ausgleichssystems ist die Ausgleichsfeder 6 einstückig ausgebildet, über ein Distanzstück 7 mit der Brücke 3 verbunden und an beiden vom Distanzstück 7 abgewandten Enden der Ausgleichsfeder 6 mit jeweils einer Einzelmasse 5a und 5b versehen.

Bei den in den Fig. 6 und 7 dargestellten Ausführungsbeispielen eines speziell ausgebildeten Ausgleichssystems 4 ist es möglich, die Eigenfrequenz dieses Ausgleichssystems 4 dadurch zu verändern

und der Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres anzupassen, dass die Einzelmassen 5a und 5b entlang der zugehörigen Federn 6, 6a, 6b verschiebbar sind. Dies ist insbesondere deshalb vorteilhaft, da die Coriolis-Messrohre zweier gleicher Massendurchflussmessgeräte auf Grund herstellungsbedingter Toleranzen in der Regel verschiedene Eigenfrequenzen aufweisen.

Das in den Fig. 8 und 9 dargestellte dritte Ausführungsbeispiel eines speziell ausgebildeten Ausgleichssystems 4 weist auf eine Blattfeder 6, eine zentrale Ausgleichsmasse 5 und mehrere Distanzstücke 7 zur Befestigung der Blattfeder 6 an der Brücke 3. Wie aus den Fig. 8 und 9 ersichtlich ist, weist die Ausgleichsmasse 5 und korrespondierend die Ausgleichsfeder 6 eine zentrale Ausnehmung auf, in die ein Magnetkörper 8 hineinragt. Dieser Magnetkörper 8 bewirkt, vorausgesetzt, die Ausgleichsmasse 5 und/oder die Blattfeder 6 besteht aus einem elektrisch leitfähigen Material, dass die Schwingung des Ausgleichssystems 4 bedämpft ist. Diese Bedämpfung bewirkt eine Veränderung der Eigenfrequenz des Ausgleichssystems 4. Ist der Magnetkörper 8 als Permanentmagnet ausgebildet, so ist die Bedämpfung und damit die Verschiebung der Eigenfrequenz konstant und kann beispielsweise dem Ausgleich von herstellungsbedingten Toleranzen in der Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres 2 dienen. Alternativ zu einer Ausgestaltung als Permanentmagnet kann der Magnetkörper 8 auch als Elektromagnet ausgeführt sein. Bei einer derartigen Ausgestaltung ergibt sich die Möglichkeit, die Bedämpfung des Ausgleichssystems 4 während des Betriebes des Massendurchflussmessgerätes zu variieren und somit gleichzeitig die Eigenfrequenz des Ausgleichssystems 4 zu variieren und eventuell der Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres 2 anzupassen, die sich während des Betriebes des Massendurchflussmessgerätes beispielsweise abhängig von der Dichte und der Temperatur des strömenden Mediums laufend ändert.

#### Patentansprüche

1. Massendurchflussmessgerät für strömende Medien, das nach dem Coriolis-Prinzip arbeitet, mit einem vorzugsweise zylindrischen, insbesondere kreiszylindrischen Gehäuse, mit mindestens einem innerhalb des Gehäuses angeordneten und an seinen beiden Enden mit dem Gehäuse verbundenen, vorzugsweise im Wesentlichen geraden Coriolis-Messrohr, mit einer vorzugsweise zylindrischen, insbesondere kreiszylindrischen, auf dem Coriolis-Messrohr angeordneten Brücke, mit mindestens einem auf das Coriolis-Messrohr einwirkenden Schwingungserzeuger und mit mindestens einem Coriolis-Kräfte und/oder auf Coriolis-Kräften beruhende Coriolis-Schwingungen erfassenden Messwertaufnehmer, wobei die Brücke bezüglich des Mittelpunktes des Coriolis-Messrohres, bezogen auf die mit dem Gehäuse verbundenen Enden des Coriolis-Messrohres, symmetrisch angeordnet und symmetrisch ausgeführt ist und wobei der Schwingungserzeuger und der Messwertaufnehmer zwischen dem Coriolis-Messrohr und der Brücke wirk-

sam sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Brücke (3) mit einem zum Mittelpunkt im Wesentlichen symmetrisch angeordneten und symmetrisch ausgeführten Ausgleichssystem (4) versehen ist.

2. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet dass das Ausgleichssystem (4) ein schwingungsfähiges System ist, nämlich aus einer Ausgleichsmasse (5) und aus einer Ausgleichsfeder (6) besteht.

3. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichssystem (4) so ausgelegt ist, dass die Schwingungsamplitude der Brücke (3) sehr klein ist, vorzugsweise gegen Null geht.

4. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenfrequenz des Ausgleichssystems (4) in der der Schwingungsrichtung des Coriolis-Messrohres (2) parallelen Schwingungsrichtung der Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres (2) entspricht.

5. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenfrequenz des Ausgleichssystems (4) in der der Schwingungsrichtung des Coriolis-Messrohres (2) parallelen Schwingungsrichtung der x-fachen Eigenfrequenz oder der 1/x-fachen Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres (2) entspricht mit X ganzzahlig.

6. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Eigenfrequenz des Ausgleichssystems in den zur Schwingungsrichtung des Coriolis-Messrohres (2) senkrechten Schwingungsrichtungen einer von der x-fachen Eigenfrequenz oder der 1/x-fachen Eigenfrequenz des Coriolis-Messrohres (2) deutlich abweichenden Frequenz entspricht mit X ganzzahlig.

7. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichssystem (4) entlang der Verbindungslinie zwischen den Verbindungspunkten zwischen Coriolis-Messrohr (2) und Gehäuse (1) justierbar ist.

8. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichssystem (4) einseitig an der Brücke (3) vorgesehen ist.

9. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsfeder (6) des Ausgleichssystems (4) als Blattfeder ausgeführt ist.

10. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die als Blattfeder ausgeführte Ausgleichsfeder (6) über Distanzstücke (7) mit der Brücke (3) verbunden und mindestens eine Ausgleichsmasse (5) auf der Ausgleichsfeder (6) angeordnet ist.

11. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsmasse (5) entlang der Ausgleichsfeder (6) verschiebbar angeordnet ist.

12. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsfeder (6) als Schraubenfeder ausgeführt ist.

13. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass

die Ausgleichsmasse (5) des Ausgleichssystems (4) die Brücke (3) konzentrisch umgibt.

14. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die die Brücke (3) konzentrisch umgebende Ausgleichsmasse (5) über mindestens eine als Blattfeder ausgeführte Ausgleichsfeder (6) mit der Brücke (3) verbunden ist. 5

15. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die die Brücke (3) konzentrisch umgebende Ausgleichsmasse (5) über mindestens eine als Schraubenfeder ausgeführte Ausgleichsfeder (6) mit der Brücke (3) verbunden ist. 10

16. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 11, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichssystem (4) aus zwei Teilsystemen (4a, 4b) besteht, nämlich die Ausgleichsmasse (5) aus zwei Einzelmassen (5a, 5b) und die Ausgleichsfeder (6) aus zwei Einzelfedern (6a, 6b) besteht und jeweils eine Einzelmasse (5a bzw. 5b) an jeweils einer Einzelfeder (6a bzw. 6b) vorgesehen ist. 15 20

17. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Teilsysteme (4a, 4b) des Ausgleichssystems (4) mit einem Abstand zueinander angeordnet sind. 25

18. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 11, 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Ausgleichssystem (4) eine Ausgleichsfeder (6) und zwei an der Ausgleichsfeder (6) befestigte Einzelmassen (5a, 5b) aufweist. 30

19. Massendurchflussmessgerät nach einem der Ansprüche 2 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass an der Messbrücke (3) ein mit der Ausgleichsmasse (5) und/oder der Ausgleichsfeder (6) wechselwirkender Magnetkörper (8) angeordnet ist. 35

20. Massendurchflussmessgerät nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Magnetkörper (8) als Permanent- oder - vorzugsweise - Elektromagnet ausgeführt ist. 40

45

50

55

60

65

7

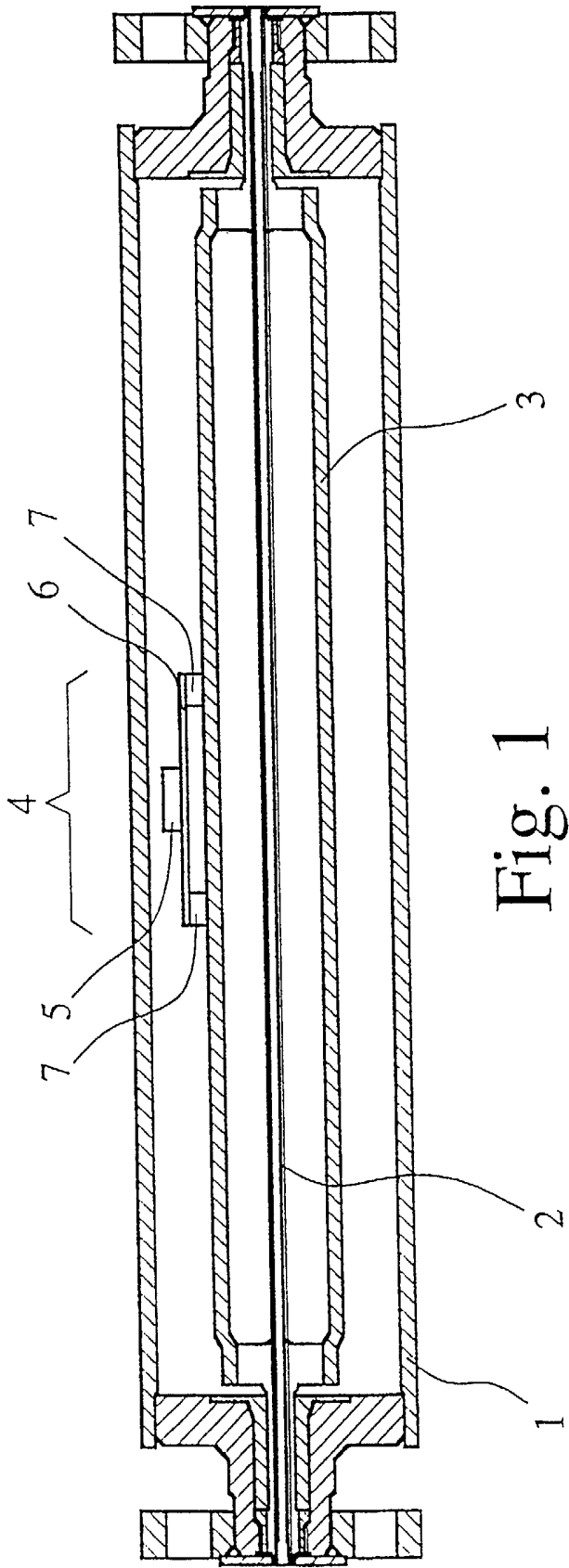


Fig. 1

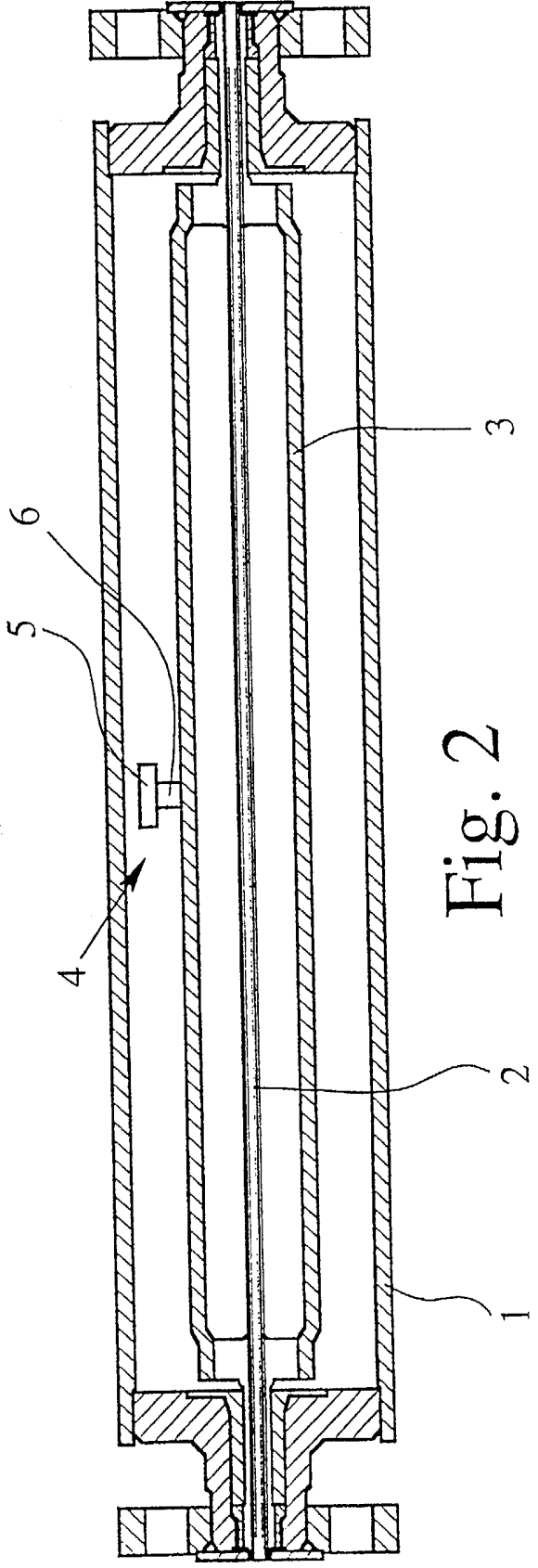


Fig. 2

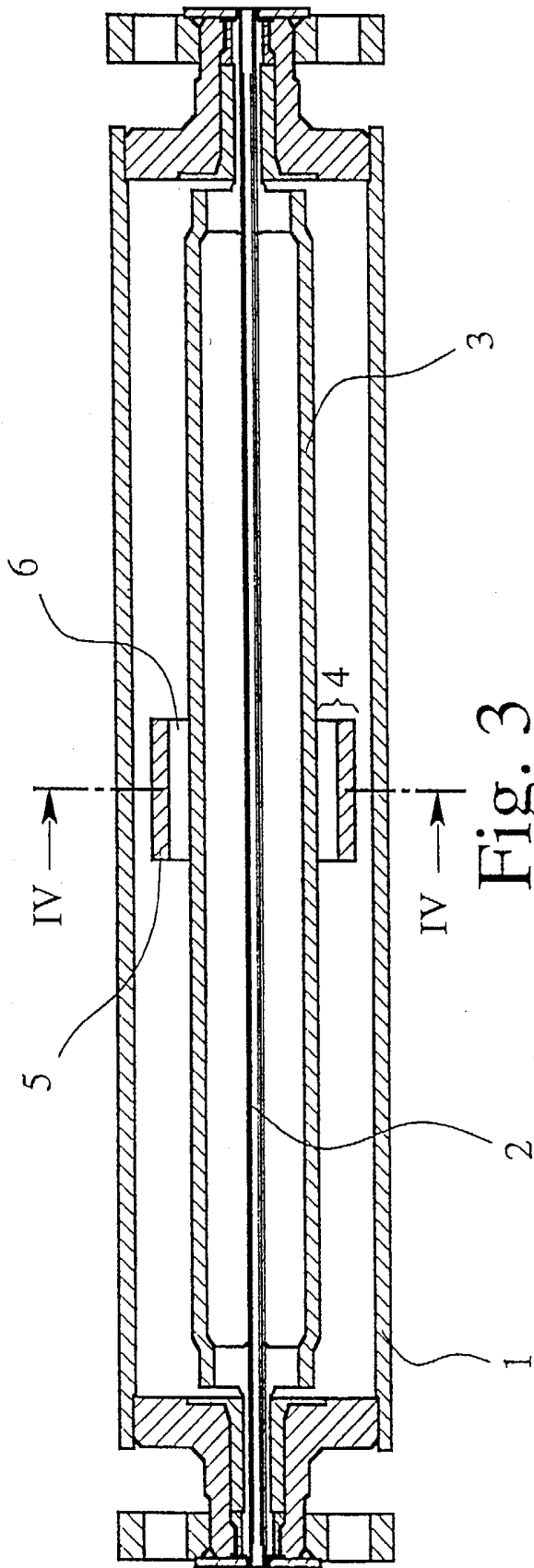


Fig. 3

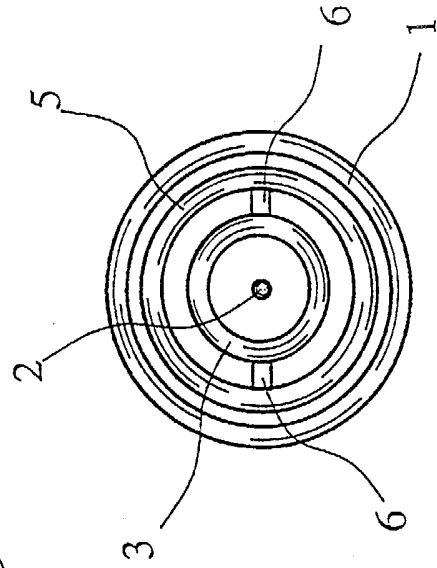


Fig. 5

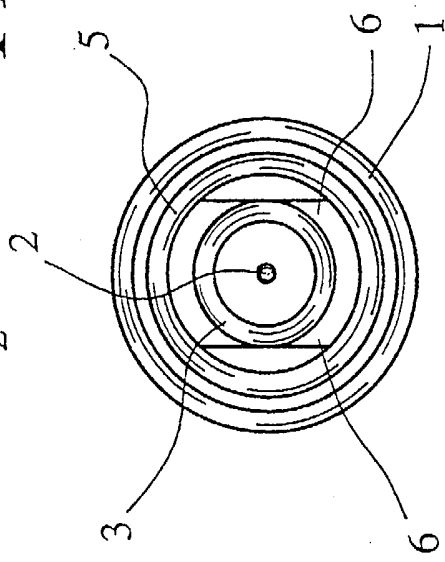


Fig. 4

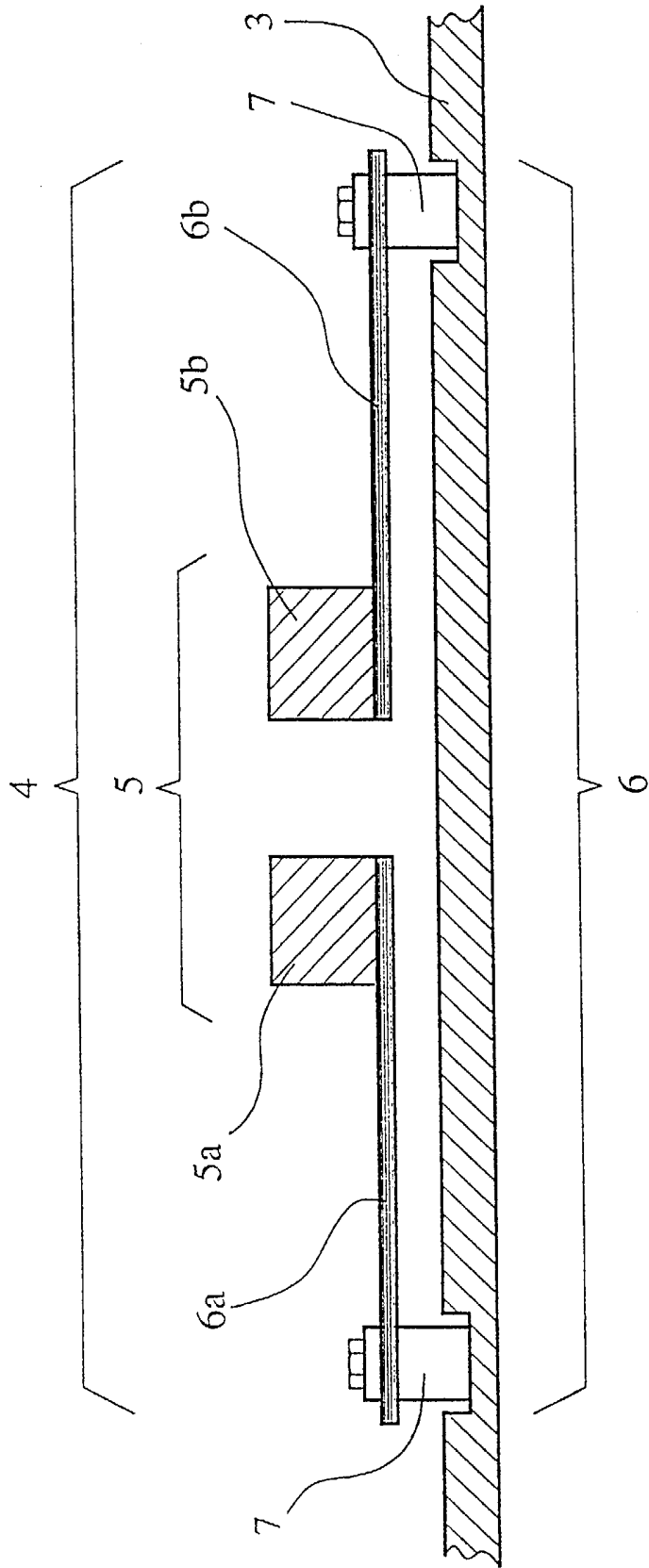


Fig. 6

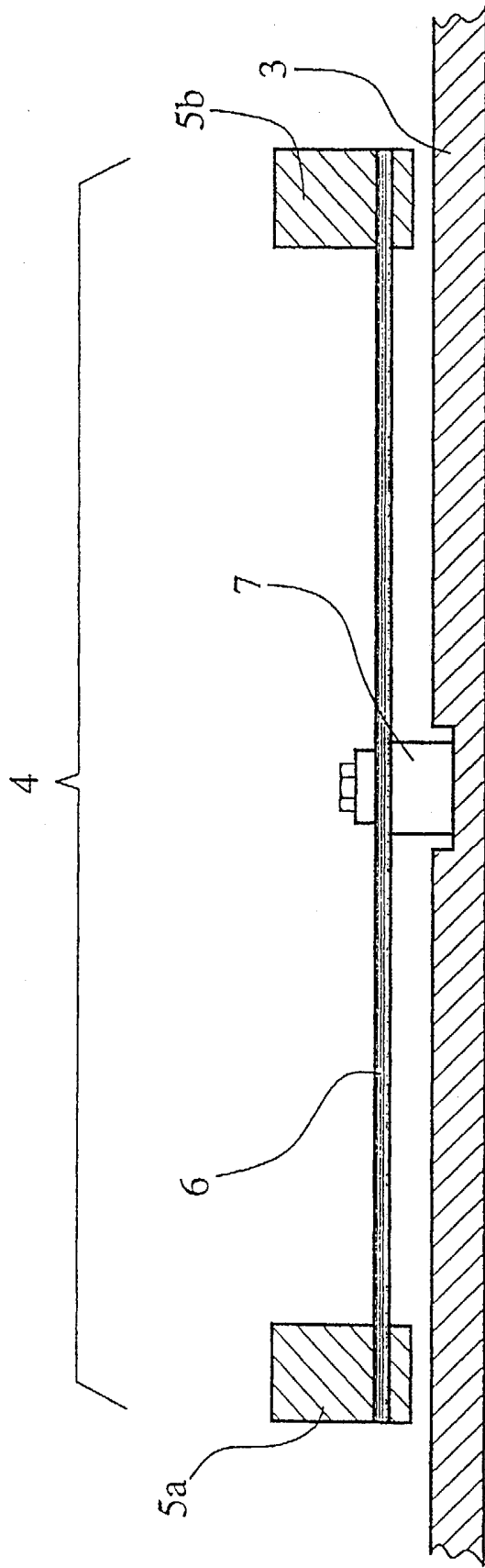


Fig. 7

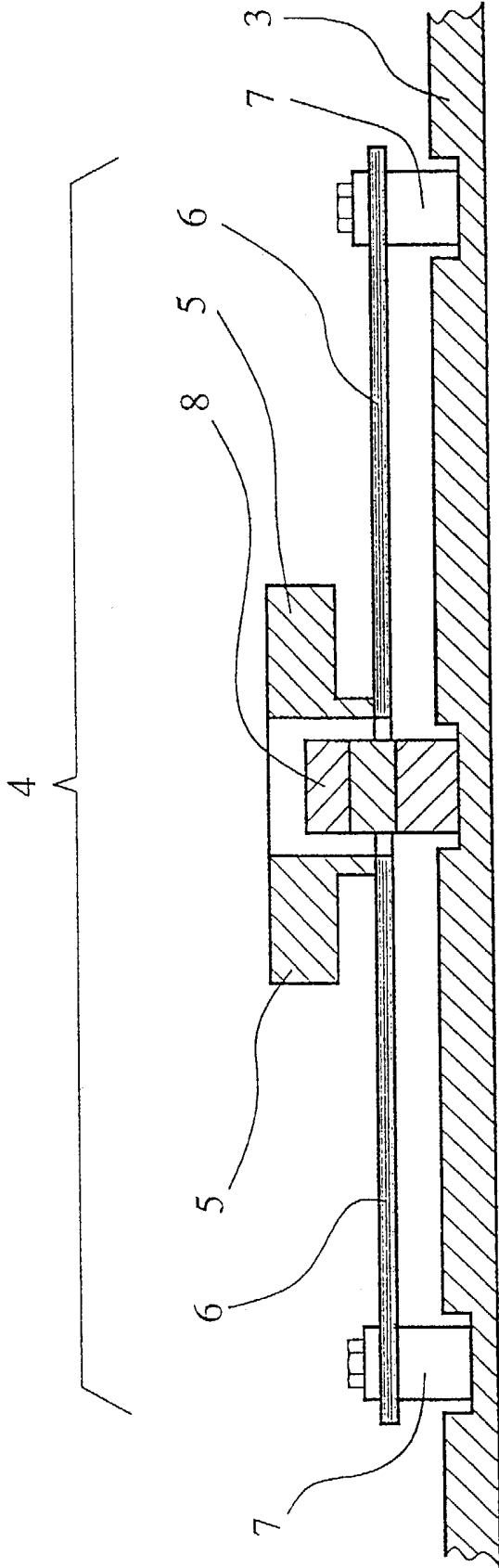


Fig. 8

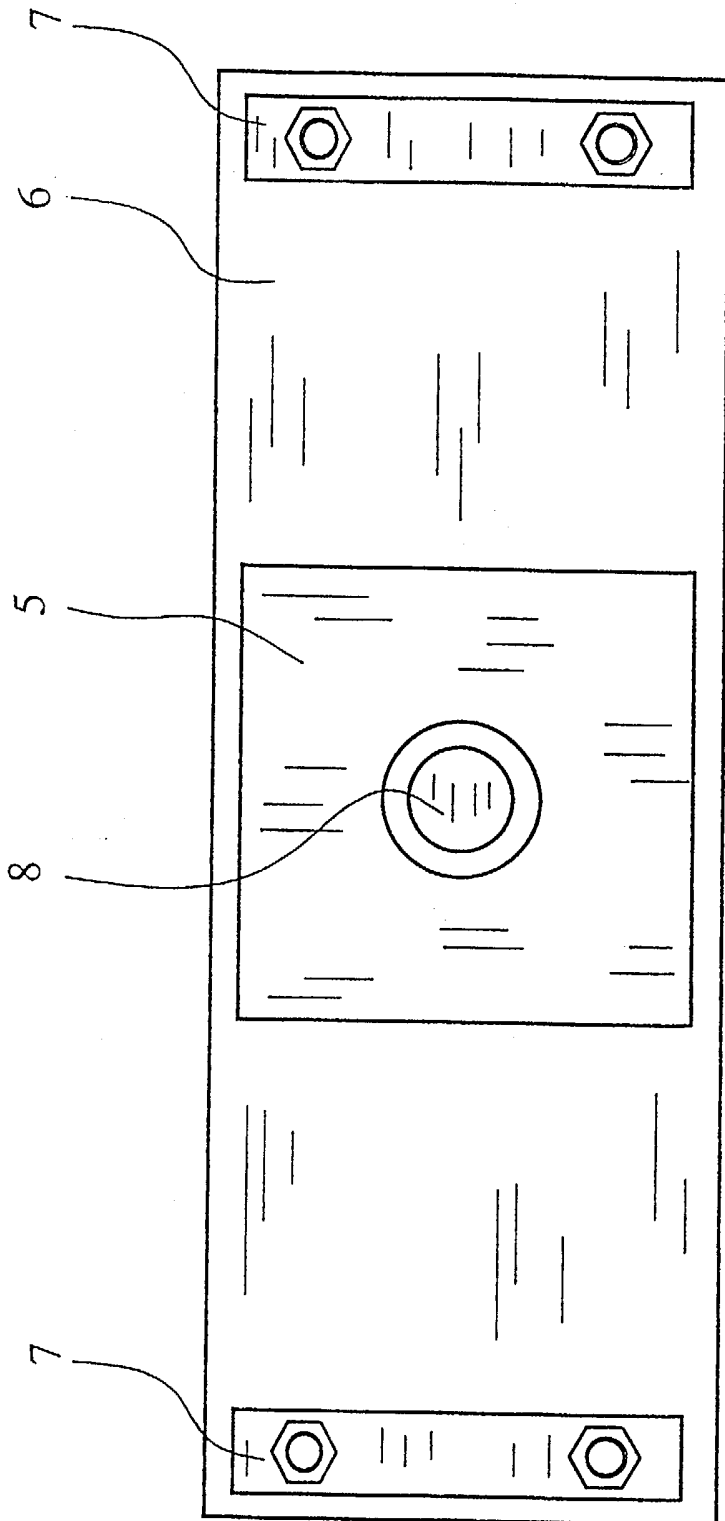


Fig. 9