

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
22. Dezember 2016 (22.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2016/202537 A1**

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
*G01F 1/84* (2006.01) *G01F 15/02* (2006.01)  
*G01N 9/00* (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2016/061643
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
24. Mai 2016 (24.05.2016)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
102015109790.7 18. Juni 2015 (18.06.2015) DE
- (71) **Anmelder:** **ENDRESS+HAUSER FLOWTEC AG**  
[CH/CH]; Kägenstr. 7, 4153 Reinach (CH).
- (72) **Erfinder:** **ZHU, Hao**; Auenstrasse 235, 85354 Freising (DE). **RIEDER, Alfred**; Buchenstrasse 9, 84032 Landshut (DE). **ECKERT, Gerhard**; Sermussweg 7 a, 79639 Grenzach-Wyhlen (DE). **BITTO, Ennio**; A.v. Blarerweg 11, 4147 Aesch (CH).
- (74) **Anwalt:** **ANDRES, Angelika**; Endress+Hauser (Deutschland) AG+Co. KG, Colmarer Str. 6, 79576 Weil am Rhein (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** CORIOLIS MASS FLOW MEASURING DEVICE OR DENSITY MEASURING DEVICE

(54) **Bezeichnung :** CORIOLIS-MASSDURCHFLUSSMESSGERÄT ODER -DICHEMESSGERÄT

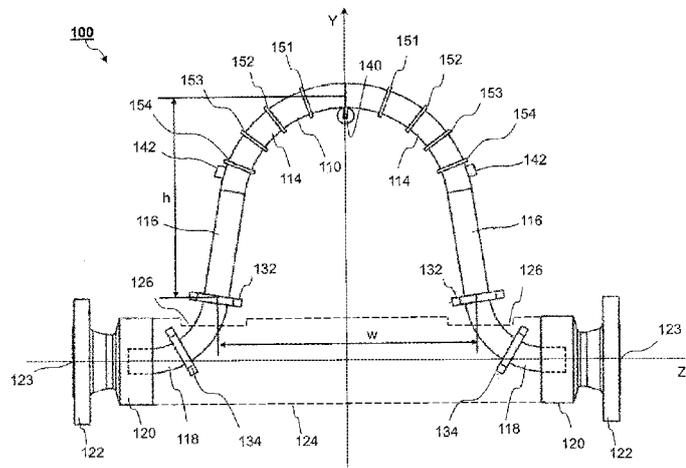


Fig. 1

(57) **Abstract:** The invention relates to a Coriolis mass flow measuring device or density measuring device (100), comprising: at least two measuring tubes (110, 110a, 110b) which extend in a curved manner in the rest position and have measuring tube center lines which run mirror-symmetrically in relation to a first mirror plane between the measuring tubes and in relation to a second mirror plane perpendicular thereto; at least one exciter arrangement (140) and at least one sensor arrangement (142a, 142b) for exciting and detecting vibrations of the measuring tubes; two terminal collectors (120a, 120a) for combining the measuring tubes; a support body (124) for connecting the collectors; and a plurality of plate-shaped couplers (132, 134) for connecting in pairs the measuring tubes for the formation of an oscillator, wherein the measuring tube center lines of the measuring tubes each comprise two oppositely curved portions and an intermediate straight portion between the second mirror plane and the collectors, the second curved portion being arranged on the side of the straight portion facing away from the second mirror plane. According to the invention, the projection of the measuring tube center line between the point of intersection with the second mirror plane and the transition between the straight portion to the second curved portion on the second mirror plane is not smaller than the distance between the second mirror plane and the measuring tube center line at the transition between the straight portion and the second curved portion, the first curved portion comprising annularly surrounding stiffening bodies.

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/202537 A1



TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

---

Ein Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) umfasst: mindestens zwei in der Ruhelage gebogen verlaufende Messrohre (110, 110a, 110b) mit Messrohrmittellinien die spiegelsymmetrisch verlaufen zu einer ersten Spiegelebene zwischen den Messrohren, und zu einer dazu senkrechten zweiten Spiegelebene; mindestens eine Erregeranordnung (140) und mindestens eine Sensoranordnung (142a, 142b) zum Erregen und Erfassen von Messrohrschwingungen; zwei endständige Sammler (120a, 120a) zum Zusammenfassen der Messrohre; einen Trägerkörper (124), zum Verbinden der Sammler; und mehrere plattenförmige Koppler (132, 134) zum paarweisen Verbinden der Messrohre zur Bildung eines Oszillators, wobei die Messrohrmittellinien der Messrohre zwischen der zweiten Spiegelebene und den Sammlern jeweils zwei entgegengesetzt gebogene Abschnitte und einen zwischenliegenden geraden Abschnitt aufweisen, wobei der zweite gebogene Abschnitt auf der der zweiten Spiegelebene abgewandten Seite des geraden Abschnitts angeordnet ist, wobei die Projektion der Messrohrmittellinie zwischen dem Schnittpunkt mit der zweiten Spiegelebene und dem Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem zweiten gebogenen Abschnitt auf die zweite Spiegelebene nicht kleiner ist, als der Abstand zwischen der zweiten Spiegelebene und der Messrohrmittellinie am Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem zweiten gebogenen Abschnitt, wobei der erste gebogene Abschnitt ringförmig umgreifende Versteifungskörper aufweist.

## CORIOLIS-MASSEDURCHFLOUSSFMESSGERÄT OR -DICHEMESSGERÄT

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät.

5 Ein gattungsgemäßes Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät ist beispielsweise in der Veröffentlichung EP 1 296 119 A1 offenbart. Es umfasst: mindestens zwei in der Ruhelage gebogen verlaufende Messrohre, wobei die Messrohre Messrohrmittenlinien aufweisen, welche paarweise spiegelsymmetrisch zu einer ersten Spiegelebene verlaufen, die sich zwischen den Messrohren erstreckt, wobei die

10 Messrohrmittenlinien spiegelsymmetrisch jeweils zu einer zweiten Spiegelebene verlaufen die sich senkrecht zur ersten Spiegelebene erstreckt; mindestens eine Erregeranordnung und mindestens eine Sensoranordnung; einlaufseitig und auslaufseitig jeweils einen Sammler, wobei die Messrohre jeweils einlaufseitig und auslaufseitig mit einem Sammler strömungstechnisch zusammengefasst sind; einen Trägerkörper, welcher den einlaufseitigen

15 Sammler und den auslaufseitigen Sammler starr mit einander verbindet; und einlaufseitig und auslaufseitig jeweils zwei plattenförmige Koppler, wobei die Messrohre mittels der Koppler paarweise miteinander verbunden sind, um einen Oszillator zu bilden, wobei die Erregeranordnung dazu eingerichtet ist, einen Biegeschwingungsnutzmode zwischen den beiden Messrohren des Oszillators anzuregen, die Sensoranordnung dazu eingerichtet ist,

20 Schwingungen des Oszillators zu erfassen, wobei die Messrohrmittenlinien der Messrohre mindestens eines Oszillators zwischen der zweiten Spiegelebene und den Sammlern jeweils einen ersten gebogenen Abschnitt, einen zweiten gebogenen Abschnitt und einen zwischen den gebogenen Abschnitten angeordneten, geraden Abschnitt aufweisen, an den die beiden gebogenen Abschnitte anschließen, wobei der erste gebogene Abschnitt und der zweite gebogene Abschnitt in entgegengesetzte Richtungen gebogen sind, wobei der zweite gebogene Abschnitt jeweils auf der der zweiten Spiegelebene abgewandten Seite des geraden Abschnitts angeordnet ist, wobei der erste gebogene Abschnitt zwischen der zweiten Spiegelebene und dem geraden Abschnitt einen Versteifungskörper aufweist, welche das Messrohr ringförmig umgreift.

30

Coriolis-Massedurchflussmessgeräte bzw. Dichtemessgeräte sind weiterhin in WO-A 01/ 33 174, WO-A 00/ 57 141, WO-A 98/ 07 009, US-A 57 96 001, US-A 47 81 069, EP-A 1 001 254, EP-A 553 939 beschrieben.

Gebogene Messrohre werden im sogenannten Nutzmode üblicherweise zu Biegeschwingungen angeregt. Bedingt durch die Biegeschwingungen werden im hindurchströmenden Medium Corioliskräfte induziert, die dazu führen, dass den angeregten Biegeschwingungen des Nutzmodes Schwingungen im Coriolismode gleichfrequent überlagert werden. Bei gebogenen Messrohren werden durch thermisch bedingte Ausdehnungen praktisch keine oder nur sehr geringfügige mechanische Spannungen im Messrohr selbst bzw. in einer angeschlossenen Rohrleitung hervorgerufen. Ferner können die Messrohre weit ausladend ausgeführt sein und somit trotz einer relativ kurzen Einbaulänge auch bei relativ niedriger Erregerleistung zu den für die Messung von Durchfluss bzw. Dichte erforderlichen Schwingungsamplituden angeregt werden.

Die beiden zueinander parallel angeordneten, im wesentlichen identisch geformten Messrohre gemäß der in der US-A 57 96 001 bzw. der WO-A 01/ 33 174 beschriebenen Messgeräte sind im wesentlichen stetig gekrümmt, d.h. sie sind praktisch nirgends gerade. Demgegenüber weisen die Messrohre z.B. der in den US-A 53 01 557, WO-A 00/ 57 141, WO-A 01/ 33 174 gezeigten Messgeräte jeweils wenigstens zwei gerade Rohrsegmente auf, die über ein bogenförmiges, insb. kreisbogenförmiges, Rohrsegment miteinander in Verbindung. Derart gekrümmte Messrohre mit geraden Rohrsegmenten zeichnen im Vergleich zu stetig gekrümmten Messrohren insb. dadurch aus, dass sie mittels sehr einfacher Biegewerkzeuge kostengünstig gefertigt werden können.

Bevorzugt werden die Messrohre im Betrieb bei einer natürlichen momentanen Resonanzfrequenz vibrieren gelassen. Da die natürliche Resonanzfrequenz von der momentanen Dichte des Fluids abhängig ist, kann mittels marktüblicher Coriolis-Massedurchflussmessgeräten neben dem Massedurchfluss so z.B. auch die Dichte von strömenden Fluiden gemessen werden.

Zum Erfassen von Schwingungen der Messrohre weisen die Messgeräte eine Sensoranordnung mit wenigstens einem einlassseitigen und wenigstens einem auslassseitigen Schwingungssensor auf, der insbesondere ein elektrodynamischer Sensor sein kann. Aufgrund der Überlagerung von Nutz- und Coriolismode weisen die mittels der Sensoranordnung einlassseitig und auslassseitig erfassten Schwingungen der Messrohre eine durchflussabhängige Phasendifferenz auf, die anhand von Signalen der elektrodynamischen Sensoren ermittelbar ist.

Coriolis Durchflussmessgeräte bzw. Dichtemessgeräte können eine Querempfindlichkeit zu Temperatureinflüssen und dem Mediendruck aufweisen. Zur Kompensation solcher

temperaturbedingten Störeinflüsse ist bei Coriolis-Massedurchflussmessgeräten bzw. Dichtemessgeräten daher üblicherweise auch mindestens ein Temperatursensor z.B. für die Messung der Temperatur des Messrohrs oder einer Messrohrumgebung vorgesehen.

5 Auf die Querempfindlichkeit zum Mediendruck wird unter anderem in den folgenden Dokumenten hingewiesen: EP 1 296 119 A1, US-A 53 01 557, WO-A 95/ 16 897, und WO-A 98/ 07 009. Diese Querempfindlichkeit der Messgeräte auf Druck kann unter anderem damit erklärt werden, dass die Messrohre eine vom Mediendruck abhängige Steifigkeit aufweisen. Um Messfehler von nicht mehr als  $\pm 0.15\%$  des tatsächlichen Massedurchflusses oder der tatsächlichen Dichte auch bei schwankendem Mediendruck zu gewährleisten, sind daher  
10 Maßnahmen zur Verringerung der Druckabhängigkeit der Messsignale erforderlich.

Zur Lösung des Problems wird z.B. in der US-A 53 01 557 vorgeschlagen, Messrohre von vergleichsweise großer Wandstärke zu verwenden. Damit sinkt zwar die Druckabhängigkeit, aber gleichzeitig nimmt die Masse des Messrohres zu, so dass der relative Beitrag des Mediums zur Masse des gefüllten Messrohrs abnimmt, wodurch die  
15 Empfindlichkeit bei der Dichtemessung abnimmt. Zudem wird das Messrohr insgesamt steifer, so dass eine höhere Erregerleistung erforderlich ist, um noch die gleichen Schwingungsamplituden zu erzielen.

Eine weitere Möglichkeit zur Verringerung der Querempfindlichkeit des Messgerätes auf Druck ist in der WO-A 98/ 07 009 bzw. der WO-A 95/ 16 897 beschrieben. Es wird  
20 vorgeschlagen, den Mediendruck anhand der Resonanzfrequenzen zweier verschiedener Schwingungsmoden zu ermitteln und bei der Ermittlung des Massedurchflusses zu berücksichtigen. Dies erfordert einen zusätzlichen Erreger und erhöhte Rechenleistung zur Messwertermittlung.

Die Veröffentlichung EP 1 296 119 A1 offenbart, die Messrohre mittels einer lokalen  
25 Versteifung zu stabilisieren, um den Einfluss des Innendrucks auf die Biegeschwingungen zu verringern. Die relativ geringen Zusatzmassen der Versteifungen beeinträchtigen die Empfindlichkeit auf die primären Messgrößen Massedurchfluss und Dichte kaum beeinträchtigt werden. Dieser Ansatz ist grundsätzlich interessant, lässt aber noch Raum für Verbesserungen.

30 Ausgehend vom genannten Stand der Technik liegt daher der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen für ein verbessertes Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät bereitzustellen, dessen Messrohre einfach herzustellen sind und dessen Querempfindlichkeit für den Innendruck oder für dessen Änderungen gering gehalten werden kann.

Die Aufgabe wird gelöst durch das Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät gemäß dem unabhängigen Patentanspruch 1.

Das erfindungsgemäße Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät umfasst mindestens zwei in der Ruhelage gebogen verlaufende Messrohre, wobei die

5 Messrohre Messrohrmittellinien aufweisen, welche paarweise spiegelsymmetrisch zu einer ersten Spiegelebene verlaufen, die sich zwischen den Messrohren erstreckt, wobei die Messrohrmittellinien spiegelsymmetrisch jeweils zu einer zweiten Spiegelebene verlaufen die sich senkrecht zur ersten Spiegelebene erstreckt; mindestens eine Erregeranordnung und mindestens eine Sensoranordnung; einlaufseitig und auslaufseitig jeweils einen Sam-

10 mler, wobei die Messrohre jeweils einlaufseitig und auslaufseitig mit einem Sammler strömungstechnisch zusammengefasst sind; einen Trägerkörper, welcher den einlaufseitigen Sammler und den auslaufseitigen Sammler starr mit einander verbindet; und einlaufseitig sowie auslaufseitig jeweils mindestens einen, vorzugsweise zwei oder mehr plattenförmige Koppler, wobei die Messrohre mittels der Koppler paarweise miteinander verbunden sind,

15 um einen Oszillator zu bilden, wobei die Erregeranordnung dazu eingerichtet ist, einen Biegeschwingungsnutzmode zwischen den beiden Messrohren des Oszillators anzuregen, wobei die Sensoranordnung dazu eingerichtet ist, Schwingungen des Oszillators zu erfassen, wobei die Messrohrmittellinien der Messrohre mindestens eines Oszillators zwischen der zweiten Spiegelebene und den Sammlern jeweils einen ersten gebogenen

20 Abschnitt, einen zweiten gebogenen Abschnitt und einen zwischen den gebogenen Abschnitten angeordneten, geraden Abschnitt aufweisen, an den die beiden gebogenen Abschnitte anschließen, wobei der erste gebogene Abschnitt und der zweite gebogene Abschnitt in entgegengesetzte Richtungen gebogen sind, wobei der zweite gebogene Abschnitt jeweils auf der der zweiten Spiegelebene abgewandten Seite des geraden

25 Abschnitts angeordnet ist, wobei die Projektion der Messrohrmittellinie zwischen dem Schnittpunkt mit der zweiten Spiegelebene und dem Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem zweiten gebogenen Abschnitt auf die zweite Spiegelebene eine Bogenhöhe ( $h$ ) definiert, wobei der doppelte Abstand zwischen der zweiten Spiegelebene und der Messrohrmittellinie am Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem

30 zweiten gebogenen Abschnitt eine Bogenweite ( $w$ ) definiert, wobei der Quotient aus der Bogenhöhe ( $h$ ) geteilt durch die Bogenweite ( $w$ ) eine relative Bogenhöhe ( $h_r$ ) definiert, die nicht weniger als 0,5, insbesondere nicht weniger als 0,65 beträgt, wobei der erste gebogene Abschnitt zwischen der zweiten Spiegelebene und dem geraden Abschnitt mehrere Versteifungskörper aufweist, welche das Messrohr ringförmig umgreifen.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist jeweils ein erster Koppler, welcher der zweiten Spiegelebene am nächsten ist, eine Mittenebene auf, die nicht mehr als die Hälfte, insbesondere nicht mehr als ein Drittel, bevorzugt nicht mehr als ein Viertel des Außendurchmessers der mit dem Koppler verbundenen Messrohre von der Messrohrmittellinie am Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem zweiten gebogenen Abschnitt beabstandet ist.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist der erste Koppler in dem zweiten gebogenen Abschnitt angeordnet.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist die Messrohrmittellinie im zweiten gerade Abschnitt zu einem Normalenvektor zur zweiten Spiegelebene einen Winkel von nicht weniger als  $60^\circ$ , insbesondere nicht weniger als  $70^\circ$  auf.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist erste gebogene Abschnitt zwischen der zweiten Spiegelebene und dem geraden Abschnitt mindestens drei, insbesondere mindestens vier Versteifungskörper auf, welche das Messrohr ringförmig umgreifen.

In einer Weiterbildung der Erfindung weisen die Versteifungskörper in Richtung der Messrohrmittellinie eine Stärke auf, die nicht mehr als ein Viertel, insbesondere nicht mehr als ein Achtel des Außendurchmessers des Messrohrs beträgt.

In einer Weiterbildung der Erfindung weisen die Versteifungskörper in radialer Richtung eine Stärke auf, die mindestens eine, insbesondere mindestens zwei Wandstärken des Messrohrs beträgt.

In einer Weiterbildung der Erfindung sind die Versteifungskörper paarweise symmetrisch zur ersten und / oder zweiten Spiegelebene angeordnet.

In einer Weiterbildung der Erfindung beträgt die relative Bogenhöhe ( $h_r$ ) nicht mehr als 1,5, insbesondere nicht mehr 1,0.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist das Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät einen Durchflusskalibrierfaktor (calf) für den Massedurchfluss als Funktion eines Schwingverhaltens des Oszillators auf, wobei der Durchflusskalibrierfaktor (calf) eine Druckabhängigkeit ( $d \text{ calf} / d p$ ) aufweist für die gilt  $|1/\text{calf} * d \text{ calf} / d p| < 70 \text{ ppm/bar}$ .

In einer Weiterbildung der Erfindung weist das Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät einen Dichtekalibrierfaktor für die Dichte ( $\rho$ ) als Funktion zumindest einer Eigenfrequenz ( $f_1$ ) des Oszillators auf, wobei der Dichtekalibrierfaktor ( $\rho$ ) eine Druckabhängigkeit ( $d\rho/dp$ ) aufweist für die gilt  $|1/\rho \cdot d\rho/dp| < 60$  ppm/bar, insbesondere  $< 40$  ppm/bar.

In einer Weiterbildung der Erfindung sind die einlaufseitig und auslaufseitig vorgesehenen Sammler derart stabil ausgestaltet, dass sie die Funktionalität eines Kopplers erfüllen.

In einer Weiterbildung der Erfindung weist einlassseitig und auslassseitig jeweils zumindest ein Koppler, zwischen den durch den Koppler verbundenen Messrohren eine durch einen geschlossenen Rand umgebene Stimmöffnung zum Beeinflussen der Schwingungseigenschaften des Oszillators auf.

In einer Weiterbildung der Erfindung weisen die Stimmöffnungen in der ersten Spiegelebene eine Erstreckung von mindestens 30%, beispielsweise mindestens 50%, und insbesondere mindestens 70% des Durchmessers der Messrohre aufweisen.

In einer Weiterbildung der Erfindung weisen einlassseitig und auslassseitig jeweils mindestens zwei Koppler eines durch die Koppler verbundenen Messrohrpaars eine solche Stimmöffnung auf.

Die Erfindung wird nun anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: eine schematische Seitenansicht eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Coriolis-Massedurchflussmessgeräts bzw. Dichtemessgeräts;

Fig. 2: eine Seitenansicht eines Details des in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiels;

Fig. 3: ein Koordinatensystem zur Erläuterung der Symmetrien des erfindungsgemäßen Coriolis-Massedurchflussmessgeräts bzw. Dichtemessgeräts.

Das in Fig. 1 und 2 dargestellte Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen  
5 Coriolis-Massedurchflussmessgeräts bzw. Dichtemessgeräts 100 umfasst ein Paar von gebogenen Messrohren 110. Die Messrohre 110 erstrecken sich zwischen einem einlassseitigen Sammler 120 und einem auslassseitigen Sammler 120, und sind mit diesen fest verbunden, beispielsweise durch Einwalzen, Hartlöten oder Schweißen. Zwischen den Sammlern 120 erstreckt sich ein massives Trägerrohr 124, das mit beiden Sammlern fest  
10 verbunden ist, wodurch die Sammler 120 starr miteinander gekoppelt sind. Das Trägerrohr 124 weist an seiner Oberseite Öffnungen 126 auf, durch welche die Messrohre 110 von den Sammlern 120 aus dem Trägerrohr 124 heraus und wieder zurück geführt sind.

Die Sammler 120 weisen endständig jeweils einen Flansch 122 auf, mittels dessen das Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät in einer Rohrleitung zu  
15 installieren ist. Durch zentrale Öffnungen 123 in den Flanschen 122 ist ein Massestrom durch die Rohrleitungen 110 zu führen, um den Massestrom bzw. dessen Dichte zu messen.

Bevor der detaillierte Aufbau und die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Coriolis-Massedurchflussmessgeräts bzw. Dichtemessgeräts 100 weiter erläutert werden, sollen kurz anhand von Fig. 3 einige Symmetrieeigenschaften vorgestellt werden. In Fig. 3 sind Messrohrmittelachsen 112a, 112b der beiden Messrohr 110 dargestellt, welche den Oszillator  
20 bilden. Die Messrohrmittelachsen 112a, 112b verlaufen symmetrisch zu einer ersten Spiegelebene  $S_{yz}$ , welche zwischen den Messrohren verläuft. Die Messrohrmittelachsen verlaufen weiterhin symmetrisch zu einer zweiten Spiegelebene  $S_{xy}$ , welche senkrecht zur ersten Spiegelebene  $S_{yz}$  verläuft. In der zweiten Spiegelebene liegen Scheitelpunkte der  
25 Messrohre bzw. der Messrohrmittelachsen.

Die Messrohrachsen 112a, 112b verlaufen vorzugsweise in Ebenen, die parallel zur ersten Spiegelebene verlaufen.

Bezüglich einer dritte Ebene  $S_{zx}$ , welche senkrecht zur ersten Spiegelebene und zur zweiten Spiegelebene verläuft, und in welcher die Messrohrachsen 112a, 112b in den  
30 Sammlern verlaufen ist keine Symmetrie der Messrohre gegeben.

Die Schnittlinie zwischen der ersten Spiegelebene  $S_{yz}$  und der dritten Ebene definiert eine Z-Achse eines Koordinatensystems des Coriolis-Massedurchflussmessgeräts bzw. Dichtemessgeräts. Die Schnittlinie zwischen der zweiten Spiegelebene  $S_{xy}$  und der dritten Ebene  $S_{zx}$  definiert eine X-Achse des Koordinatensystems, und die Schnittlinie zwischen  
5 ersten Spiegelebene  $S_{yz}$  und der zweiten Spiegelebene definiert die Y-Achse des Koordinatensystems. Mit den solchermaßen definierten Koordinaten wenden wir uns wieder Fig. 1 und 2 zu.

Die Messrohre 110 bilden paarweise einen Oszillator, der insbesondere in einem Biegeschwingungsnutzmode anzuregen ist, bei dem die Messrohre gegenphasig zueinander  
10 in X-Richtung schwingen.

Zur Beeinflussung der Schwingungseigenschaften sind die Messrohre 110 einlassseitig und auslassseitig jeweils mit Kopplern 132, 134 verbunden, wobei durch die Position der beiden inneren der Koppler 132, also jener, welche einlassseitig bzw. auslassseitig jeweils am weitesten vom entsprechenden Sammler 120 entfernt sind, eine freie Schwingungslänge  
15 eines durch die beiden Messrohre 110 gebildeten Oszillators festgelegt ist. Diese freie Schwingungslänge hat großen Einfluss auf den Biegeschwingungsnutzmode des Oszillators, insbesondere auf dessen Eigenfrequenz, mit welcher der Oszillator vorzugsweise anzuregen ist.

Äußere Koppler 134, die jeweils zwischen den inneren Knotenplatten 132 und den  
20 Sammlern 120 angeordnet sind, dienen insbesondere dazu, weitere Schwingungsknoten zu definieren, um einerseits die mechanischen Maximalspannungen an den schwingenden Messrohren zu reduzieren, und andererseits das Auskoppeln von Schwingungsenergie in eine Rohrleitung, in welcher das Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät montiert ist, bzw. das Einkoppeln von Störschwingungen aus der Rohrleitung zu minimieren.  
25 Vorzugsweise weisen die Koppler von einem umlaufenden Rand umgebene Stimmöffnungen in der ersten Spiegelebene auf, durch welche das Auskoppeln von Schwingungsenergie weiter zu minimieren ist. Die Koppler sind vorzugsweise symmetrisch zur ersten Spiegeleben und paarweise symmetrisch zur zweiten Spiegelebene angeordnet.

Zum Anregen von Biegeschwingungen der Messrohre in X-Richtung ist – bezogen auf  
30 die Längsrichtung bzw. die Z-Achse in der Mitte des Coriolis-Massedurchflussmessgeräts bzw. Dichtemessgeräts 100 - zwischen den beiden Messrohren 110 eine Erregeranordnung 140 vorgesehen, beispielsweise jeweils eine induktive Erregeranordnung, die beispielsweise eine Tauchspule an einem Messrohr und einen Tauchkörper am gegenüberliegenden

Messrohr umfasst. Der durch die beiden Messrohre gebildete Oszillator ist vorzugsweise mit seiner aktuellen Eigenfrequenz anzuregen. Zum Erfassen der Schwingungen der Messrohre sind in Längsrichtung symmetrisch zur Erregeranordnungen 140 Sensoranordnungen 142 vorgesehen, die jeweils als induktive Anordnung mit einer Tauchspule an einem Rohr und  
5 einem Tauchkörper am anderen Rohr gestaltet sind. Einzelheiten dazu sind dem Fachmann bekannt, und brauchen hier nicht näher erläutert zu werden.

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel sind die Sensoranordnungen 142 außerhalb eines von den Messrohren 110 und dem Trägerrohr 124 umschlossenen Bereichs angeordnet. auf der Innenseite eines durch die Scheitelpunkte der Messrohre verlaufenden  
10 Messrohrbogens angeordnet. Selbstverständlich können die Sensoranordnungen auch innerhalb des umschlossenen Bereichs angeordnet sein, beispielsweise um eine etwas kompaktere Bauform zu erzielen.

Die Messrohre 110 weisen jeweils zwei bezüglich der zweiten Spiegelebene zueinander symmetrische erste gebogene Abschnitte 114 auf, die in der zweiten Spiegelebene  
15 aneinander anschließen. Jeder der ersten gebogenen Abschnitte 114 weist einen Biegewinkel von etwa  $80^\circ$  auf, wobei der Krümmungsradius der Rohrmittelachse in den ersten gebogenen Abschnitten hier nicht weniger als acht, insbesondere etwa neun Rohrradien beträgt. An den ersten gebogenen Abschnitt 114 schließt jeweils ein gerader Abschnitt 116 an, an den wiederum ein jeweils ein zweiter gebogener Abschnitt 118  
20 anschließt, dessen Krümmungsradius hier etwa zwei Drittel des Krümmungsradius des erste gebogenen Abschnitts 114 beträgt.

Die zweiten gebogenen Abschnitte 118 verlaufen jeweils durch eine der Öffnungen 126 in dem Trägerrohr 124 und münden in einen der Sammler 120.

Die ersten gebogenen Abschnitte 114 weisen jeweils vier ringförmige Ver-  
25 steifungskörper 151, 152, 153, 154 auf, welche über den ersten gebogenen Abschnitt 114 verteilt sind. Die Verteilung muss – wie vorliegend – nicht gleichmäßig sein. Die konkrete Verteilung kann ggf. zur optimierten Reduktion der Querempfindlichkeit der Messgrößen Massedurchfluss und / oder Dichte gegenüber Druck variiert werden.

Zur Positionierung der inneren Koppler 132 sind die folgenden Erwägungen zu  
30 berücksichtigen. Einerseits ist es vorteilhaft, wenn die Messrohre 110, eine große freie Schwingungslänge aufweisen. Hierzu werden die Messrohre in dem zweiten gebogenen Abschnitt 118 aus dem Trägerrohr 124 herausgeführt, wobei die freie Schwingungslänge mit zunehmender Bogenhöhe steigt. Die Optimierung der freien Schwingungslänge würde dafür

sprechen, den inneren Koppler, welcher die freie Schwingungslänge begrenzt, möglichst tief zu positionieren. Ein Teil der der gewonnenen Bogenhöhe wird wieder „verschenkt“ – im dargestellten Ausführungsbeispiel etwa ein Viertel der Bogenhöhe, um zu gewährleisten, dass allenfalls nur ein kurzer Teil des zweiten gebogenen Abschnitts 118 oberhalb des ersten Kopplers 132 verläuft. Untersuchungen im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung haben ergeben, dass die Druckabhängigkeit der Dichtemessung reduziert werden kann, wenn der Anteil der zweiten gebogenen Abschnitte 118 oberhalb der ersten Koppler 132 nicht zu groß ist, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Der Kopplerabstandswinkel  $\alpha_{k1}$  „gemessen vom Zentrum der Krümmungsradien der Messrohrmittelachse, ist ein Maß für den Abstand des ersten Kopplers 132 vom Übergang zwischen dem geraden Abschnitt 116 und dem zweiten gebogenen Abschnitt 118. Der Kopplerabstandswinkel  $\alpha_{k1}$  sollte nicht mehr als  $10^\circ$  betragen und weist im Ausführungsbeispiel einen Wert von etwa  $5^\circ$  bis  $6^\circ$  auf. Anders ausgedrückt sollte der Abstand der Kopplermittenebene des ersten Kopplers 132 vom Übergang zwischen dem geraden Abschnitt 116 und dem zweiten gebogenen Abschnitt 118 nicht mehr als einen halben Außendurchmesser des Messrohrs betragen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt dieser Abstand gut ein Viertel des Außendurchmessers.

Das erfindungsgemäße Coriolis-Massedurchflussmessgeräts bzw. Dichtemessgeräts weist aufgrund der erfindungsgemäßen Messrohrgeometrie eine hohe Empfindlichkeit zur genauen Messung von Dichte und Massedurchfluss auf, wobei die mit der Messrohrgeometrie einhergehenden Querempfindlichkeiten zum statischen Druck durch die beschriebenen Maßnahmen wie die Position der ersten Koppler 132 und der Versteifungskörper 151, 152, 153, 154 im ersten gebogenen Abschnitt 114 Auf diese Weise wird die Druckabhängigkeit der Dichtemessung erheblich reduziert. Ergebnisse hierzu sind in Tabelle 1 angegeben. Darin bezeichnet der Begriff „Calf“ einen Kalibrierfaktor, Proportionalitätsfaktor, um aus der Phasendifferenz zwischen den Sensoren 142 der Sensoranordnung den Massedurchfluss zu ermitteln.

Tabelle 1:

Rohrinnendurchmesser [mm]	15,2	28,0	43,1	68,9
Durchfluss-Kalibrierfaktor (Calf)	0,90	0,50	0,50	0,75
Relative Druckabhängigkeit der Dichtekalibrierung [ppm/bar]	-34	-27,8	-27	-20
Relative Druckabhängigkeit des Calf [ppm/bar]	-38,3	-31,2	-51,7	-43,5
Relative Druckabhängigkeit der Dichtekalibrierung ohne Versteifungsringe [ppm/bar]	-123,5	-50,4	-50,7	-53
Relative Druckabhängigkeit des Calf ohne Versteifungsringe [ppm/bar]	-161,4	-87,6	-190,3	-80,9

**Patentansprüche**

1. Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) umfassend:

mindestens zwei in der Ruhelage gebogen verlaufende Messrohre (110, 110a, 110b),

5 wobei die Messrohre Messrohrmittellinien aufweisen, welche paarweise spiegelsymmetrisch zu einer ersten Spiegelebene verlaufen, die sich zwischen den Messrohren (110a, 110b) erstreckt,

wobei die Messrohrmittellinien spiegelsymmetrisch jeweils zu einer zweiten Spiegelebene verlaufen die sich senkrecht zur ersten Spiegelebene erstreckt;

10 mindestens eine Erregeranordnung (140) und mindestens eine Sensoranordnung (142a, 142b);

einlaufseitig und auslaufseitig jeweils einen Sammler (120a, 120a), wobei die Messrohre jeweils einlaufseitig und auslaufseitig mit einem Sammler (3) strömungstechnisch zusammengefasst sind;

15 einen Trägerkörper (124), welcher den einlaufseitigen Sammler (120a) und den auslaufseitigen Sammler (120b) starr mit einander verbindet; und

einlaufseitig und auslaufseitig jeweils mindestens einen, vorzugsweise zwei oder mehr plattenförmige Koppler (132, 134), wobei die Messrohre mittels der Koppler paarweise miteinander verbunden sind, um einen Oszillator zu bilden,

20 wobei die Erregeranordnung (140) dazu eingerichtet ist, einen Biegeschwingungsnutzmode zwischen den beiden Messrohren des Oszillators anzuregen,

die Sensoranordnung (142a, 142b) dazu eingerichtet ist, Schwingungen des Oszillators zu erfassen,

25 wobei die Messrohrmittellinien der Messrohre mindestens eines Oszillators zwischen der zweiten Spiegelebene und den Sammlern jeweils einen ersten gebogenen Abschnitt, einen zweiten gebogenen Abschnitt und einen zwischen den gebogenen Abschnitten angeordneten, geraden Abschnitt aufweisen, an den die beiden gebogenen Abschnitte

anschließen, wobei der erste gebogene Abschnitt und der zweite gebogene Abschnitt in entgegengesetzte Richtungen gebogen sind, wobei der zweite gebogene Abschnitt jeweils auf der zweiten Spiegelebene abgewandten Seite des geraden Abschnitts angeordnet ist, wobei die Projektion der Messrohrmittenlinie zwischen dem Schnittpunkt mit der zweiten Spiegelebene und dem Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem zweiten gebogenen Abschnitt auf die zweite Spiegelebene eine Bogenhöhe ( $h$ ) definiert, wobei der doppelte Abstand zwischen der zweiten Spiegelebene und der Messrohrmittenlinie am Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem zweiten gebogenen Abschnitt eine Bogenweite ( $w$ ) definiert, wobei der Quotient aus der Bogenhöhe ( $h$ ) geteilt durch die Bogenweite ( $w$ ) eine relative Bogenhöhe ( $h_r$ ) definiert, die nicht weniger als 0,5, insbesondere nicht weniger als 0,65 beträgt,

wobei der erste gebogene Abschnitt zwischen der zweiten Spiegelebene und dem geraden Abschnitt mehrere Versteifungskörper aufweist, welche das Messrohr ringförmig umgreifen.

15

2. Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach Anspruch 1,

wobei jeweils ein erster Koppler (132), welcher der zweiten Spiegelebene am nächsten ist, eine Mittenebene aufweist, die nicht mehr als die Hälfte, insbesondere nicht mehr als ein Drittel, bevorzugt nicht mehr als ein Viertel des Außendurchmessers  $d_a$  der mit dem Koppler verbundenen Messrohre vom Übergang zwischen dem geraden Abschnitt und dem zweiten gebogenen Abschnitt an der Messrohrmittenlinie beabstandet ist.

20

3. Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach Anspruch 2,

wobei der erste Koppler in dem zweiten gebogenen Abschnitt angeordnet ist.

25

4. Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Messrohrmittellinie im zweiten gerade Abschnitt zu einem Normalenvektor zur zweiten Spiegelebene einen Winkel von nicht weniger als  $60^\circ$ , insbesondere nicht weniger als  $70^\circ$  aufweist.

5        **5.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach Anspruch 2,

wobei der erste gebogene Abschnitt zwischen der zweiten Spiegelebene und dem geraden Abschnitt mindestens drei, insbesondere mindestens vier Versteifungskörper aufweist, welche das Messrohr ringförmig umgreifen.

10       **6.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Versteifungskörper in Richtung der Messrohrmittellinie eine Stärke aufweisen, die nicht mehr als ein Viertel, insbesondere nicht mehr als einem Achtel des Außendurchmessers des Messrohrs beträgt.

15       **7.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Versteifungskörper in radialer Richtung eine Stärke aufweisen, die mindestens eine, insbesondere mindestens zwei Wandstärken des Messrohrs beträgt.

20       **8.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Versteifungskörper paarweise symmetrisch zur ersten und / oder zweiten Spiegelebene angeordnet sind.

25       **9.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die relative Bogenhöhe ( $h_r$ ) nicht mehr als 1,5, insbesondere nicht mehr 1,0 beträgt.

5        **10.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches einen Durchflusskalibrierfaktor (calf) für den Massedurchfluss als Funktion eines Schwingverhaltens des Oszillators aufweist,

wobei der Durchflusskalibrierfaktor (calf) eine Druckabhängigkeit ( $d \text{ calf} / d p$ ) aufweist für die gilt  $|1/\text{calf} * d \text{ calf} / dp| < 70 \text{ ppm/bar}$ .

10       **11.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches einen Dichtekalibrierfaktor für die Dichte (crho) als Funktion zumindest einer Eigenfrequenz ( $f_1$ ) des Oszillators aufweist,

wobei der Dichtekalibrierfaktor (crho) eine Druckabhängigkeit ( $d \text{ crho} / d p$ ) aufweist für die gilt  $|1 / \text{crho} * d \text{ crho} / dp| < 60 \text{ ppm/bar}$ , insbesondere  $< 40 \text{ ppm/bar}$ .

15

**12.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die einlaufseitig und auslaufseitig vorgesehenen Sammler (120a, 120b) derart stabil ausgestaltet sind, dass sie die Funktionalität eines Kopplers erfüllen.

20

**13.** Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei einlassseitig und auslassseitig jeweils zumindest ein Koppler (132a, 132b, 134a, 134b), zwischen den durch den Koppler verbundenen Messrohren (110a, 110b) eine durch einen geschlossenen Rand umgebene Stimmöffnung (146) zum Beeinflussen der Schwingungseigenschaften des Oszillators aufweist.

25

16

14. Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100) nach Anspruch 13, wobei die Stimmöffnungen (146) in der ersten Spiegelebene eine Erstreckung von mindestens 30%, beispielsweise mindestens 50%, und insbesondere mindestens 70% des Durchmessers der Messrohre (110a, 110b) aufweisen.

5

15. Coriolis-Massedurchflussmessgerät bzw. Dichtemessgerät (100 nach Anspruch 13 oder 14, wobei einlassseitig und auslassseitig jeweils mindestens zwei Koppler eines durch die Koppler verbundenen Messrohrpaars (110a, 110b) eine solche Stimmöffnung (146) aufweisen.

10

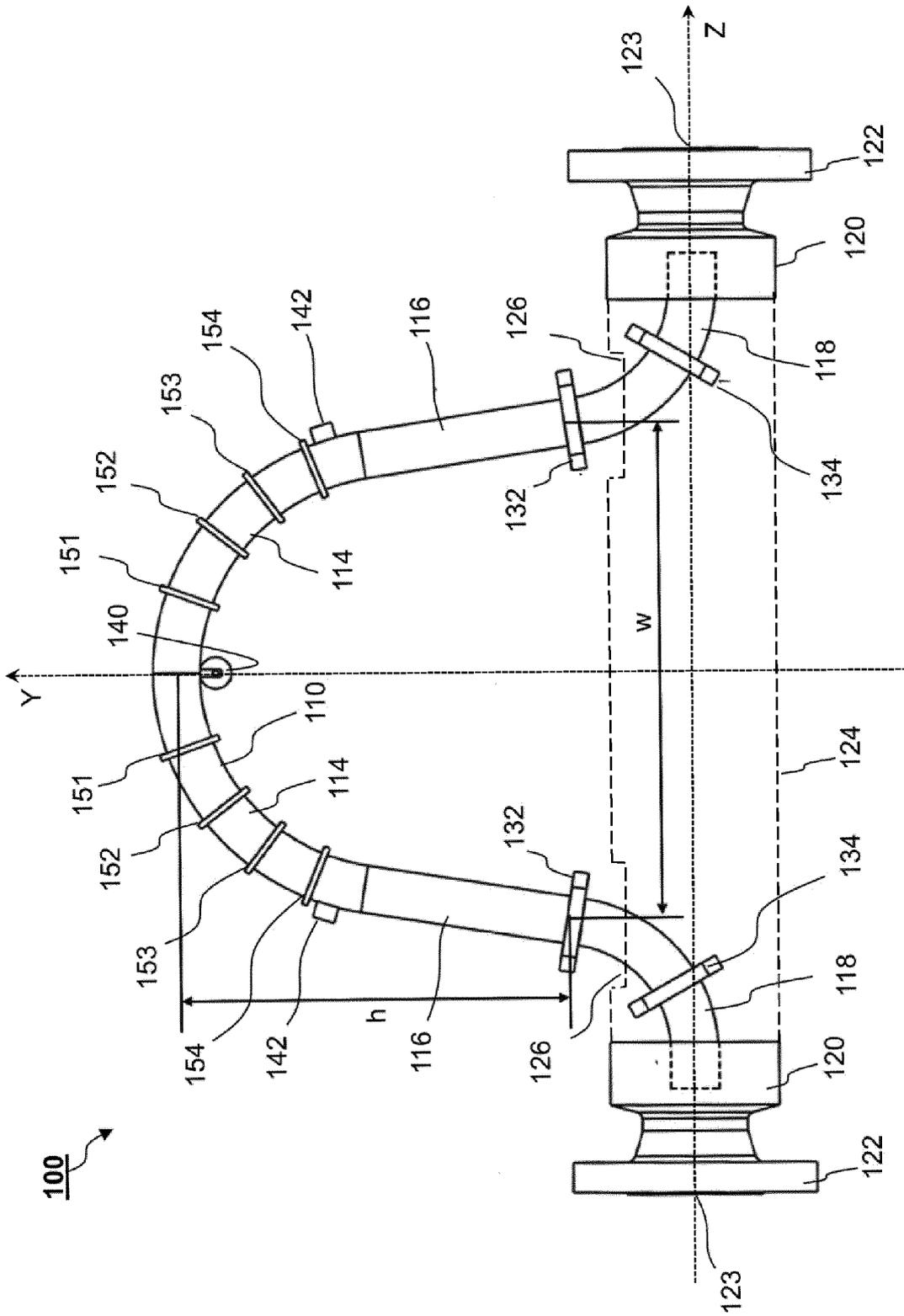


Fig. 1

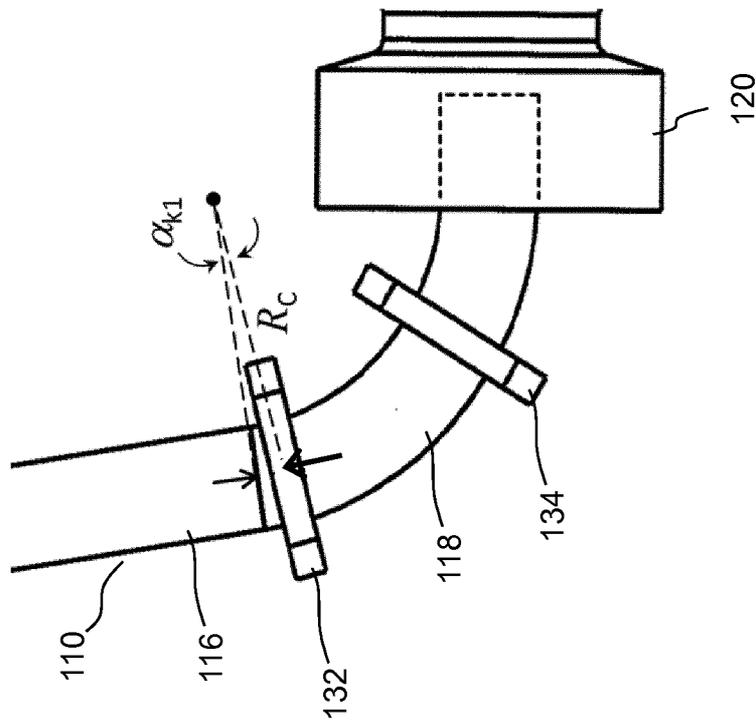


Fig. 2

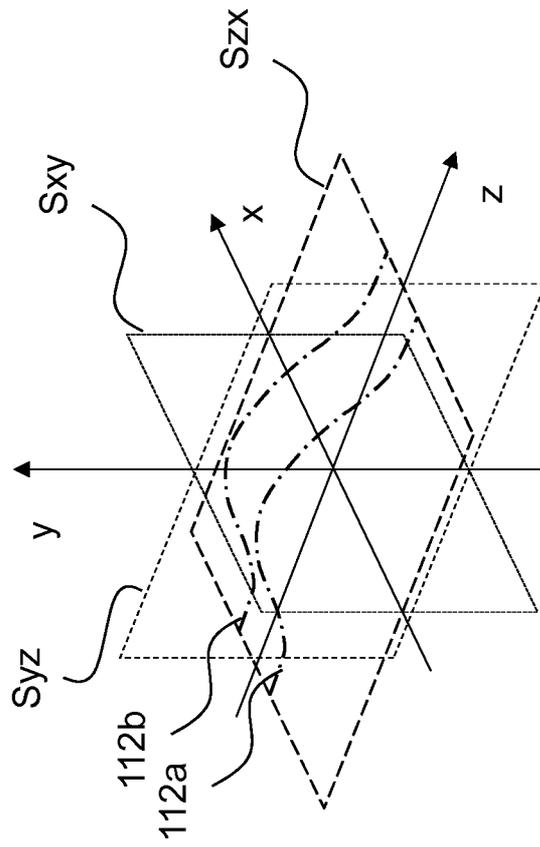


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/061643

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. G01F1/84 G01N9/00  
ADD. G01F15/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01F G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2005/072238 A1 (WENGER ALFRED [CH] ET AL) 7 April 2005 (2005-04-07) paragraph [0034] - paragraph [0058]; figures 1-3 paragraph [0018]	1-15
X	US 2015/082916 A1 (SUKEMURA NORIO [JP] ET AL) 26 March 2015 (2015-03-26) paragraph [0068] - paragraph [0073]; figure 11	1-15
X	US 2012/192658 A1 (HUSSAIN YOUSIF [GB] ET AL) 2 August 2012 (2012-08-02) paragraph [0034] - paragraph [0036]; figures 1, 2	1-15
	----- -/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  18 October 2016	Date of mailing of the international search report  31/10/2016
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Feldhoff, Roger
--	---

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2016/061643

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2010 018222 A1 (KROHNE AG [CH]) 27 October 2011 (2011-10-27) paragraph [0033] - paragraph [0037]; figures 1, 2	1-15
A	----- US 5 734 112 A (BOSE TAMAL [US] ET AL) 31 March 1998 (1998-03-31) column 2, line 32 - line 44 -----	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No  
PCT/EP2016/061643

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005072238	A1	07-04-2005	US 2005072238 A1 07-04-2005
			US 2005217352 A1 06-10-2005
			US 2006196279 A1 07-09-2006
-----			
US 2015082916	A1	26-03-2015	CA 2866264 A1 31-10-2013
			CN 104246452 A 24-12-2014
			EP 2843375 A1 04-03-2015
			JP 5559239 B2 23-07-2014
			JP 2013228309 A 07-11-2013
			KR 20140135844 A 26-11-2014
			SG 11201405471P A 30-10-2014
			US 2015082916 A1 26-03-2015
			WO 2013161457 A1 31-10-2013
-----			
US 2012192658	A1	02-08-2012	CN 102735299 A 17-10-2012
			DE 102011010178 A1 02-08-2012
			EP 2485020 A1 08-08-2012
			JP 5631342 B2 26-11-2014
			JP 2012159510 A 23-08-2012
			RU 2012103386 A 10-08-2013
			US 2012192658 A1 02-08-2012
-----			
DE 102010018222	A1	27-10-2011	CN 102353411 A 15-02-2012
			DE 102010018222 A1 27-10-2011
			EP 2381227 A1 26-10-2011
			JP 5822516 B2 24-11-2015
			JP 2011232341 A 17-11-2011
			US 2011259124 A1 27-10-2011
-----			
US 5734112	A	31-03-1998	AU 722370 B2 03-08-2000
			BR 9711070 A 17-08-1999
			CA 2262444 A1 19-02-1998
			CN 1233322 A 27-10-1999
			DE 69723706 D1 28-08-2003
			DE 69723706 T2 17-06-2004
			EP 0918980 A1 02-06-1999
			HK 1022189 A1 05-11-2004
			JP 3276154 B2 22-04-2002
			JP 2000505895 A 16-05-2000
			KR 20000029999 A 25-05-2000
			MY 120704 A 30-11-2005
			PL 331604 A1 02-08-1999
			RU 2182696 C2 20-05-2002
			US 5734112 A 31-03-1998
			WO 9807009 A1 19-02-1998
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G01F1/84 G01N9/00  
 ADD. G01F15/02

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G01F G01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2005/072238 A1 (WENGER ALFRED [CH] ET AL) 7. April 2005 (2005-04-07) Absatz [0034] - Absatz [0058]; Abbildungen 1-3 Absatz [0018]	1-15
X	US 2015/082916 A1 (SUKEMURA NORIO [JP] ET AL) 26. März 2015 (2015-03-26) Absatz [0068] - Absatz [0073]; Abbildung 11	1-15
X	US 2012/192658 A1 (HUSSAIN YOUSIF [GB] ET AL) 2. August 2012 (2012-08-02) Absatz [0034] - Absatz [0036]; Abbildungen 1, 2	1-15
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Oktober 2016

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

31/10/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Feldhoff, Roger

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2010 018222 A1 (KROHNE AG [CH]) 27. Oktober 2011 (2011-10-27) Absatz [0033] - Absatz [0037]; Abbildungen 1, 2	1-15
A	----- US 5 734 112 A (BOSE TAMAL [US] ET AL) 31. März 1998 (1998-03-31) Spalte 2, Zeile 32 - Zeile 44 -----	1-15

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/061643

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2005072238 A1	07-04-2005	US 2005072238 A1	07-04-2005
		US 2005217352 A1	06-10-2005
		US 2006196279 A1	07-09-2006
-----			
US 2015082916 A1	26-03-2015	CA 2866264 A1	31-10-2013
		CN 104246452 A	24-12-2014
		EP 2843375 A1	04-03-2015
		JP 5559239 B2	23-07-2014
		JP 2013228309 A	07-11-2013
		KR 20140135844 A	26-11-2014
		SG 11201405471P A	30-10-2014
		US 2015082916 A1	26-03-2015
		WO 2013161457 A1	31-10-2013
-----			
US 2012192658 A1	02-08-2012	CN 102735299 A	17-10-2012
		DE 102011010178 A1	02-08-2012
		EP 2485020 A1	08-08-2012
		JP 5631342 B2	26-11-2014
		JP 2012159510 A	23-08-2012
		RU 2012103386 A	10-08-2013
		US 2012192658 A1	02-08-2012
-----			
DE 102010018222 A1	27-10-2011	CN 102353411 A	15-02-2012
		DE 102010018222 A1	27-10-2011
		EP 2381227 A1	26-10-2011
		JP 5822516 B2	24-11-2015
		JP 2011232341 A	17-11-2011
		US 2011259124 A1	27-10-2011
-----			
US 5734112 A	31-03-1998	AU 722370 B2	03-08-2000
		BR 9711070 A	17-08-1999
		CA 2262444 A1	19-02-1998
		CN 1233322 A	27-10-1999
		DE 69723706 D1	28-08-2003
		DE 69723706 T2	17-06-2004
		EP 0918980 A1	02-06-1999
		HK 1022189 A1	05-11-2004
		JP 3276154 B2	22-04-2002
		JP 2000505895 A	16-05-2000
		KR 20000029999 A	25-05-2000
		MY 120704 A	30-11-2005
		PL 331604 A1	02-08-1999
		RU 2182696 C2	20-05-2002
		US 5734112 A	31-03-1998
		WO 9807009 A1	19-02-1998
-----			