(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
20. Februar 2020 (20.02.2020)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/035303 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01F 1/84 (2006.01) *G01N 9/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/070469

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. Juli 2019 (30.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 119 941.4
16. August 2018 (16.08.2018) DE

(71) Anmelder: **ENDRESS+HAUSER FLOWTEC AG** [CH/CH]; Kägenstr. 7, 4153 Reinach (CH).

(72) Erfinder: **RAMSEYER, Severin**; Rebgasse 7A, 4142 Münchenstein (CH). **SCHWENTER, Benjamin**; Lerchenstraße 7, 4147 Aesch (CH). **WERNER, Marc**; Hardstraße 30 D, 79639 Grenzach-Wyhlen (DE). **HOLLINGER, Claude**; Gartenstr. 38, 4147 Aesch (CH). **STUCKI, Martin**; Emanuel-Büchel-Str. 34, 4133 Pratteln (CH).

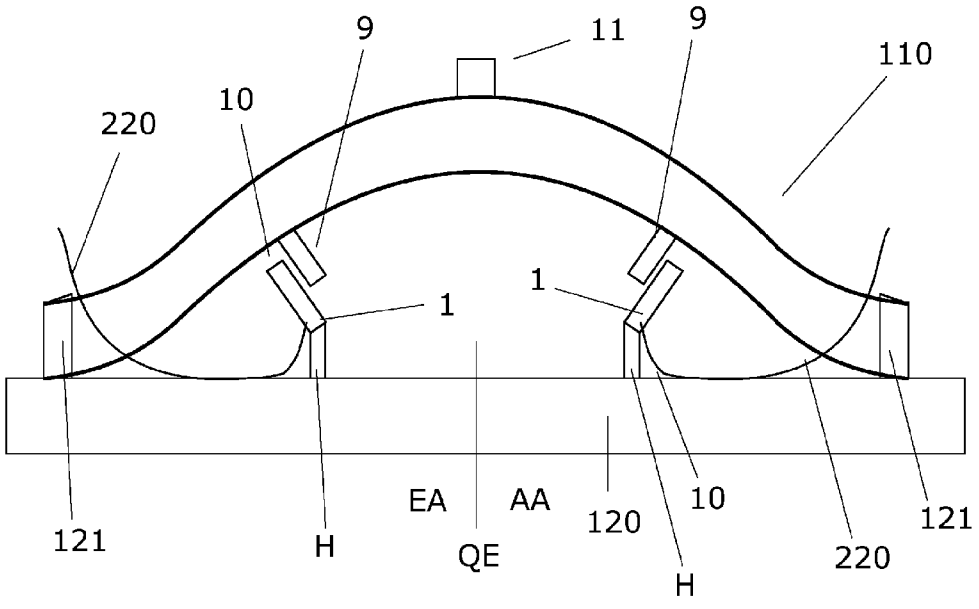
(74) Anwalt: **ANDRES, Angelika**; Endress+Hauser (Deutschland) AG+Co. KG, Colmarer Str. 6, 79576 Weil am Rhein (DE).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,

(54) **Title:** MEASURING SENSOR AND MEASURING DEVICE

(54) **Bezeichnung:** MESSAUFNEHMER UND MESSGERÄT

Fig. 6



(57) **Abstract:** The invention relates to a measuring sensor of a measuring device for detecting a mass flow or a density of a medium flowing through at least one measuring tube of the measuring sensor, comprising: the at least one measuring tube; at least one exciter which is designed to cause the at least one measuring tube to vibrate; and at least two sensors which are designed to detect the displacement extent of the vibrations of at least one measuring tube; wherein at least one exciter and the sensors each have a coil device with a respective at least one coil, and a respective magnetic device, wherein the magnetic devices can be moved relative to the respective coil device, wherein the magnetic device of a sensor or exciter has a respective at least one magnet, wherein the measuring sensor has a support body which is designed the retain the at least one measuring tube, characterised in that the coil devices of the sensors and/or

WO 2020/035303 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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

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

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

the coil device of the exciter are/is each secured separately to the support body.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Messaufnehmer eines Messgeräts zum Erfassen eines Massedurchflusses oder einer Dichte eines durch mindestens ein Messrohr des Messaufnehmers strömenden Mediums, umfassend: dasmindestens eine Messrohr; mindestens einen Erreger, welcher dazu eingerichtet ist, das mindestens eine Messrohr zu Schwingungen anzuregen; mindestens zwei Sensoren, welche dazu eingerichtet sind, die Auslenkung der Schwingungen mindestens eines Messrohrs zu erfassen; wobei mindestens ein Erreger sowie die Sensoren jeweils eine Spulenvorrichtung mit jeweils mindestens einer Spule, sowie jeweils eine Magnetvorrichtung aufweisen, wobei die Magnetvorrichtungen relativ zur jeweiligen Spulenvorrichtung bewegbar sind, wobei die Magnetvorrichtung eines Sensors oder Erregers jeweils mindestens einen Magnet aufweist, wobei der Messaufnehmer ein Trägerkörper aufweist, welcher Trägerkörper dazu eingerichtet ist, das mindestens eine Messrohr zu halten, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenvorrichtungen der Sensoren und/oder die Spulenvorrichtung des Erregers jeweils separat am Trägerkörper befestigt sind/ist.

Messaufnehmer und Messgerät

Die Erfindung betrifft einen Messaufnehmer eines Messgeräts zum Erfassen eines Massedurchflusses oder einer Dichte eines durch mindestens ein Messrohr des Messaufnehmers strömenden Mediums, wobei die Messung des Massedurchflusses bzw. der Dichte des Mediums durch Auswertung von dem Messrohr aufgeprägten Messrohrschwingungen basiert, sowie ein solches Messgerät.

Messaufnehmer bzw. Messgeräte, welche einen Massedurchfluss bzw. eine Dichte auf Basis von ausgewerteten Messrohrschwingungen bestimmen, sind wohlbekannt. So zeigt die DE102015120087 ein Messgerät mit zwei gegenläufig schwingenden Messrohren, wobei Sensoren zum Erfassen von Messrohrschwingungen jeweils einen Magnet sowie eine Spulenvorrichtung aufweisen, wobei Magnet und zugehörige Spulenvorrichtung an unterschiedlichen Messrohren befestigt sind. Nachteilhaft an dieser Lösung ist, dass die Messrohre unterschiedliche Massen tragen und somit unterschiedliches Schwingverhalten aufweisen.

Ein weiteres Beispiel eines Messaufnehmers bzw. Messgeräts zeigt die US5349872B, bei welchem ein Sensorspulenträger mit drei Sensorspulenpaaren ein Messrohrpaar umgreift, wobei die Sensorspulen jedes Sensorspulenpaars auf gegenüberliegenden Messrohrseiten angeordnet sind. Die Messrohre tragen jeweils mehrere Magnete, welche dazu eingerichtet sind, Messrohrschwingungsbewegungen zu folgen und in den Sensorspulen elektrische Spannungen zu induzieren. Der Sensorspulenträger ist mittels Halterungen an einem Messrohrgehäuse angebracht. Nachteilhaft an dieser Lösung ist, dass ein solches Gehäuse schwingungstechnisch nur schwer stabil ausgestaltbar ist und somit nicht nur Messrohrschwingungen sondern auch Gehäuseschwingungen zu Sensorspulensignalen beitragen.

Aufgabe der Erfindung ist daher, einen Messaufnehmer sowie ein Messgerät vorzuschlagen, bei welchem unerwünschte Einflüsse auf eine Sensorik weitgehend minimiert sind.

Die Aufgabe wird gelöst durch einen Messaufnehmer gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 sowie durch ein Messgerät gemäß dem unabhängigen Anspruch 15.

Ein erfindungsgemäßer Messaufnehmer eines Messgeräts zum Erfassen eines Massedurchflusses oder einer Dichte eines durch mindestens ein Messrohr des Messaufnehmers strömenden Mediums umfasst:

das mindestens eine Messrohr mit einem Einlauf und einem Auslauf, welches dazu eingerichtet ist, das Medium zwischen Einlauf und Auslauf zu führen;

mindestens einen Erreger, welcher dazu eingerichtet ist, das mindestens eine Messrohr zu Schwingungen anzuregen;

mindestens zwei Sensoren, welche dazu eingerichtet sind, die Auslenkung der Schwingungen mindestens eines Messrohrs zu erfassen;

wobei mindestens ein Erreger sowie die Sensoren jeweils eine Spulenvorrichtung mit jeweils mindestens einer Spule, sowie jeweils eine Magnetvorrichtung aufweisen, wobei die Magnetvorrichtungen relativ zur jeweiligen Spulenvorrichtung bewegbar sind,

wobei die Magnetvorrichtung eines Sensors oder Erregers jeweils mindestens einen Magnet aufweist, wobei der Magnet insbesondere am einem Messrohr befestigt ist,

wobei die Spulen des Sensors oder Erregers in einem Querschnitt jeweils einen Windungsbereich und einen Zentralbereich ohne Windungen aufweisen,

und wobei die Magnetvorrichtung und die Spulenvorrichtung eines Erregers bzw. Sensors mittels magnetischer Felder miteinander wechselwirken,

wobei der Messaufnehmer ein Trägerkörper aufweist, welcher Trägerkörper dazu eingerichtet ist, das mindestens eine Messrohr zu halten,

wobei die Spulenvorrichtungen der Sensoren und/oder die Spulenvorrichtung des Erregers jeweils separat am Trägerkörper befestigt sind/ist,

wobei der Trägerkörper mindestens eine erste Eigenfrequenz aufweist, und wobei das mindestens eine Messrohr mindestens eine zweite Eigenfrequenz aufweist, wobei der Erreger dazu eingerichtet ist, das Messrohr im Bereich mindestens einer zweiten Eigenfrequenz zu betreiben, wobei die mindestens eine erste Eigenfrequenz von der mindestens einen anzuregenden zweiten Eigenfrequenz paarweise verschieden ist,

wobei eine Amplitudenüberhöhung des Trägerkörpers im Bereich der mindestens einen anzuregenden zweiten Eigenfrequenz des Messrohrs um einen Faktor F kleiner ist als eine Amplitudenüberhöhung des mindestens einen Messrohrs,

wobei F mindestens 1000, und insbesondere mindestens 5000, und bevorzugt mindestens 10000 ist.

Auf diese Weise sind die Spulen vom Messrohr sowie von einer Umgebung des Messaufnehmers schwingungstechnisch getrennt, so dass in sehr guter Näherung ausschließlich Messrohrschwingungen zur Induktion von elektrischen Spannungen in den Spulen beitragen.

In einer Ausgestaltung sind die Spulenvorrichtungen auf einer dem Trägerkörper zugewandten Messrohrseite angeordnet.

Somit kann das Messrohr einfach entfernt bzw. ausgetauscht werden, ohne die Spulenvorrichtungen bewegen zu müssen.

In einer Ausgestaltung ist das mindestens eine Messrohr mittels einer Messrohrhalterung am Trägerkörper lösbar befestigt, wobei die Messrohrhalterung eine Kupplung aufweist,

wobei das mindestens eine Messrohr mittels einer vom Trägerkörper weggerichteten Bewegung entkoppelbar ist.

In einer Ausgestaltung weist eine Messrohrschwingungsauslenkung eine Schwingungsrichtung auf, und wobei die Spule eine Längsachse aufweist,

wobei ein Skalarprodukt eines Vektors parallel zur Schwingungsrichtung mit einem Vektor parallel zu Längsachse Null ist.

In einer Ausgestaltung weist der Zentralbereich eine Rechteckform mit einer ersten Seite und mit einer zweiten Seite auf, wobei die erste Seite eine erste Seitenlänge aufweist, und wobei die zweite Seite eine zweite Seitenlänge aufweist, wobei ein Verhältnis von erster Seitenlänge zu zweiter Seitenlänge größer als 3.25 und insbesondere größer als 3.5 und bevorzugt größer als 3.75 ist, wobei die Rechteckform des Zentralbereichs eine zur ersten Seite gehörige erste Seitenhalbierende sowie eine zur zweiten Seite gehörige zweite Seitenhalbierende aufweist,

wobei die Magnetvorrichtung eines Sensors oder Erregers an mindestens einem Messrohr mindestens einen angebrachten Magnet mit mindestens einer der Spulenvorrichtung zugewandten Magnetseitenfläche aufweist, wobei die Magnetseitenfläche durch zwei sich gegenüberstehende erste Magnetkanten und zwei sich gegenüberstehende zweite Magnetkanten begrenzt ist,

wobei bei einem Messrohr in Ruheposition die Magnetseitenfläche in einer Projektion auf einen Spulenquerschnitt die zweiten Magnetkanten entlang einer Schwingungsrichtung des Messrohrs parallel zur zweiten Seite in den Zentralbereich hineinragen, wobei eine der zweiten Seitenhalbierenden zugewandte erste Magnetkante von der zweiten Seitenhalbierenden beabstandet ist, wobei das Messrohr dazu eingerichtet ist, mit einer Schwingungsamplitude zu schwingen, wobei die Beabstandung größer als eine halbe Schwingungsamplitude ist,

wobei die der zweiten Seitenhalbierenden zugewandte erste Magnetkante insbesondere parallel zur zweiten Seitenhalbierenden verläuft.

Durch Einrichtung einer Rechteckform mit einer langen Seite und einer kurzen Seite kann eine Bewegung eines Magnets entlang der kurzen Seite sehr präzise registriert und gemessen werden, insbesondere wenn der Magnet entlang der ersten Seite eine Ausdehnung im Bereich der ersten Seitenlänge aufweist.

Dann reicht bereits eine im Vergleich zu herkömmlichen Spulenvorrichtungen kleine Bewegung des Magnets aus, um eine nennenswerte Änderung eines magnetischen Flusses durch die Spule und somit eine Induktion einer elektrischen Spannung in der Spule zu verursachen.

In einer Ausgestaltung ist die erste Seitenlänge mindestens 3 Millimeter und insbesondere mindestens 4 Millimeter und bevorzugt mindestens 5 Millimeter ist und/oder die erste Seitenlänge höchstens 20 Millimeter und insbesondere höchstens 15 Millimeter und bevorzugt höchstens 12 Millimeter ist,

und/oder

wobei die zweite Seitenlänge mindestens 0.3 Millimeter und insbesondere mindestens 0.5 Millimeter und bevorzugt mindestens 1 Millimeter ist und/oder welche höchstens 5 Millimeter und insbesondere höchstens 4 Millimeter und bevorzugt höchstens 3 Millimeter ist.

In einer Ausgestaltung ist die Magnetseitenfläche rechteckig.

In einer Ausgestaltung überdeckt die zweite Magnetkante bei einem Messrohr in Ruheposition den Windungsbereich entlang der zweiten Magnetkante vollständig überdeckt.

In einer Ausgestaltung ist eine Länge der ersten Magnetkante mindestens 5% und insbesondere mindestens 10% und bevorzugt mindestens 20% kleiner ist als die erste Seitenlänge,

oder wobei eine Länge der ersten Magnetkante mindestens 50 Mikrometer und insbesondere mindestens 75 Mikrometer und bevorzugt mindestens 100 Mikrometer kleiner ist als die erste Seitenlänge,

und wobei die der zweiten Seitenhalbierenden zugewandte erste Magnetkante in der Projektion in einer Richtung parallel zur zweiten Seitenhalbierenden vom Windungsbereich beabstandet ist.

In einer Ausgestaltung steht die Magnetseitenfläche senkrecht zu einer Spulenachse und weist und zur Spulenvorrichtung einen Abstand von mindestens 20 Mikrometer und insbesondere mindestens 40 Mikrometer und bevorzugt mindestens 50 Mikrometer auf, und/oder wobei

wobei die Magnetseitenfläche zur Spulenvorrichtung einen Abstand von höchstens 200 Mikrometer und insbesondere höchstens 150 Mikrometer und bevorzugt höchstens 120 Mikrometer aufweist.

In einer Ausgestaltung weist der Magnet einer Magnetvorrichtung eine Hufeisenform mit einem geschlossenen Ende und einem offenen Ende auf, wobei das offene Ende dazu eingerichtet ist, eine zugehörige Spulenvorrichtung zu umgreifen und die Spulenvorrichtung mit einem parallel zu einer Spulenachse verlaufenden Magnetfeld zu beaufschlagen,

wobei das mindestens eine Messrohr eine Querschnittsebene aufweist, welche dem Messrohr eine Einlaufseite und eine Auslaufseite zuweist, wobei die Einlaufseite sowie die Auslaufseite bezüglich der Querschnittsebene spiegelsymmetrisch sind, wobei die Spulenachsen der Spulenvorrichtungen senkrecht zur Querschnittsebene stehen.

Dadurch ist eine Entfernbarkeit des Messrohrs bei hufeisenförmigem Magnet sichergestellt.

In einer Ausgestaltung weist der Messaufnehmer zumindest ein Paar Messrohre auf, wobei die Messrohre des Paars dazu eingerichtet sind, gegeneinander zu schwingen,

wobei zumindest ein Sensor und/oder zumindest ein Erreger jeweils eine Spulenvorrichtung mit einer Spule sowie eine Magnetvorrichtung mit zumindest zwei Magneten aufweist,

wobei jeweils mindestens ein Magnet an jeweils einem Messrohr des Messrohrpaars angeordnet ist.

In einer Ausgestaltung weist die Spulenvorrichtung eine Leiterplatte mit einer Mehrzahl Leiterplattenschichten auf, wobei eine Mehrzahl Leiterplattenschichten jeweils eine Spule mit jeweils einem ersten Spulenende und jeweils einem zweiten Spulenende aufweisen,

wobei die Spulen galvanisch seriell und/oder parallel zueinander verschaltet sind,

wobei die Spulen verschiedener Leiterplattenschichten bei Anlegen einer elektrischen Spannung konstruktiv interferierende Magnetfelder erzeugen,

wobei die Spulen jeweils eine Mehrzahl Spulenwindungen aufweist.

Eine galvanisch parallele Verschaltung der Spulen kann eine serielle Verschaltung der Induktivitäten der Spulen bedeuten. Relevant für die Art der Verschaltung von Induktivitäten ist eine räumliche Anordnung der Induktivitäten zueinander.

In einer Ausgestaltung weist die mindestens eine Spule jeweils mindestens 4, und insbesondere mindestens 5 und bevorzugt mindestens 6 Windungen auf,

und/oder wobei eine Gesamtzahl von Windungen der mindestens einen Spule mindestens 65, und insbesondere mindestens 70 und bevorzugt mindestens 72 ist.

In einer Ausgestaltung weist der Messaufnehmer zwei Sammler auf, wobei ein erster Sammler auf einer stromaufwärtsgerichteten Seite des Messaufnehmers dazu eingerichtet ist, ein aus einer Rohrleitung in den Messaufnehmer einströmendes Medium aufzunehmen und zum Einlauf des mindestens einen Messrohrs zu führen,

wobei ein zweiter Sammler dazu eingerichtet ist, das aus dem Auslauf des mindestens einen Messrohrs austretende Medium aufzunehmen und in die Rohrleitung zu führen.

In einer Ausgestaltung weist der Messaufnehmer zwei Prozessanschlüsse, insbesondere Flansche auf, welche dazu eingerichtet sind, den Messaufnehmer mit einer Rohrleitung zu verbinden.

Ein Messgerät umfasst:

Einen erfindungsgemäßen Messaufnehmer;

eine elektronische Mess-/Betriebsschaltung, wobei die elektronische Mess-/Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, die Sensoren und den Erreger zu betreiben, und mittels elektrischer Verbindungen mit diesen verbunden ist,

wobei die mindestens eine elektrische Verbindung mittels einer Kabelführung zur elektronischen Mess-/Betriebsschaltung geführt ist,

wobei die elektronische Mess-/Betriebsschaltung weiter dazu eingerichtet ist, Durchflussmesswerte und/oder Dichtemesswerte zu ermitteln und bereitzustellen,

wobei das Messgerät insbesondere ein Elektronikgehäuse zum Behausen der elektronischen Mess-/Betriebsschaltung aufweist.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen beschrieben.

Fig. 1 skizziert ein Messgerät mit einem erfindungsgemäßen Messaufnehmer.

Fig. 2 a) bis c) skizzieren eine erfindungsgemäße Spulenvorrichtung.

Fig. 3 a) und b) skizzieren einen Vergleich zwischen einer erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung und einer Spulenvorrichtung gemäß dem Stand der Technik.

Fig. 4 und Fig. 5 skizzieren beispielhafte Ausgestaltungen erfindungsgemäßer Sensoren.

Fig. 6 skizziert beispielhafte Anordnungen von Spulenvorrichtungen und Magnetvorrichtungen bezüglich zweier Messrohre.

Fig. 1 skizziert ein Messgerät 200 mit einem Messaufnehmer 100, wobei der Messaufnehmer zwei Messrohre 110 aufweist, welche durch einen Trägerkörper 120 des Messaufnehmers gehalten sind. Die Messrohre münden einlaufseitig in einen ersten Sammler 131 und auslaufseitig in einen zweiten Sammler 132, wobei die Sammler 130 dazu eingerichtet sind, ein von einer Rohrleitung (nicht dargestellt) in den Messaufnehmer einströmendes Medium aufzunehmen und gleichmäßig auf die Messrohre zu verteilen. Entsprechend ist der zweite Sammler dazu eingerichtet, das aus den Messrohren herausströmende Medium aufzunehmen und in die Rohrleitung zu überführen. Der Messaufnehmer ist dabei über Prozessanschlüsse 140, insbesondere Flansche 141 an die Rohrleitung angeschlossen. Der Messaufnehmer weist einen Schwingungserreger 11 auf, welcher

dazu eingerichtet ist, die Messrohre zum Schwingen anzuregen. Der Messaufnehmer weist zusätzlich zwei Schwingungssensoren 10 auf, welche dazu eingerichtet sind, die Schwingungen der Messrohre zu erfassen. Der Fachmann ist dabei nicht auf die hier genannten Anzahlen von Messrohren, Schwingungserregern und Schwingungssensoren beschränkt. Die hier gezeigte Ausführung ist in diesen Aspekten beispielhaft.

Das Messgerät weist eine elektronische Mess-/Betriebsschaltung 210 auf, welche dazu eingerichtet ist, den Schwingungserreger sowie die Schwingungssensoren zu betreiben, und Massedurchfluss- und/oder Dichtemesswerte des Mediums zu berechnen und auszugeben. Die elektronische Mess-/Betriebsschaltung ist dabei mittels elektrischer Verbindungen 220 mit den Schwingungssensoren sowie dem Schwingungserreger verbunden. Das Messgerät weist ein Elektronikgehäuse 230 auf, in welchem die elektronische Mess-/Betriebsschaltung angeordnet ist. Zur Bestimmung des Massedurchflusses nutzt das Messgerät den Coriolis-Effekt des durch die Messrohre strömenden Mediums, wobei die Strömung die Messrohrschwingungen charakteristisch beeinflusst.

Fig. 2a) zeigt eine Aufsicht auf eine vorteilhafte erfindungsgemäße Spulenvorrichtung 1 mit einer Leiterplatte 2, welche mehrere Leiterplattenschichten 3 mit jeweils einer ersten Seitenfläche 3.1 und einer zweiten Seitenfläche 3.2 aufweist. Eine Spule 4 mit einem ersten Spulenende 4.1 und einem zweiten Spulenende 4.2 ist in Form einer elektrisch leitfähigen Leiterbahn 4.3 wie hier dargestellt auf einer erste Seitenfläche 3.1 aufgebracht. Weitere Leiterplattenschichten können weitere Spulen aufweisen, welche beispielsweise mit Durchkontaktierungen 7 miteinander verbunden sind, wobei beispielsweise eine erste Durchkontaktierung 7.1 erste Spulenenden verbindet, und wobei eine zweite Durchkontaktierung 7.2 zweite Spulenenden miteinander verbindet, was einer parallelen Verschaltung von Spulen entspräche. Alternativ kann anstatt der galvanisch parallelen Verschaltung der Spulen auch eine galvanisch serielle Verschaltung erfolgen, wobei Spulenenden benachbarter Spulen beispielsweise mittels Durchkontaktierungen verbunden sind, und wobei benachbarte Spulen jeweils einen gegenläufigen Drehsinn ihrer elektrischen Leiterbahnen aufweisen. Wichtig ist, dass die Spulen verschiedener Leiterplattenschichten bei Anlegen einer elektrischen Gleichspannung zwischen den Durchkontaktierungen konstruktiv interferierende Magnetfelder erzeugen. Alternativ kann anstatt der hier beschriebenen galvanisch parallelen Verschaltung der Spulen auch eine galvanisch serielle Verschaltung erfolgen, wobei Spulenenden benachbarter Spulen beispielsweise mittels Durchkontaktierungen verbunden sind, und wobei benachbarte Spulen jeweils einen gegenläufigen Drehsinn ihrer elektrischen Leiterbahnen aufweisen. Der Fachmann wird sich eine Spulenvorrichtung gemäß seiner Bedürfnisse einrichten. Die Spulenvorrichtung weist Kontaktierungselemente 5 auf, mittels welcher Kontaktierungselemente die Spulenvorrichtung mittels elektrischer Verbindungsleitungen 220 (siehe Fig. 1 und Fig. 6) mit einer elektronischen Mess-/Betriebsschaltung 210 (siehe Fig. 1) eines Messgeräts anschließbar ist.

Die Spule 4 weist einen Windungsbereich WB und einen Zentralbereich Z ohne Windungen auf, wobei der Zentralbereich eine Rechteckform mit zwei sich gegenüberstehenden ersten Seiten S1 und zwei sich gegenüberstehenden zweiten Seiten S2 annimmt. Die ersten Seiten S1 weisen eine erste Seitenlänge, und die zweiten Seiten weisen eine zweie Seitenlänge auf, wobei ein Verhältnis erste Seitenlänge zu zweiter Seitenlänge größer als 2, und insbesondere größer als 3 und bevorzugt größer als 3.5 ist. Die Seite, auf welcher sich das Spulenende befindet

Die erste Seitenlänge ist beispielsweise mindestens 3 Millimeter und insbesondere mindestens 4 Millimeter und bevorzugt mindestens 5 Millimeter ist und/oder höchstens 20 Millimeter und insbesondere höchstens 15 Millimeter und bevorzugt höchstens 12 Millimeter, die zweite Seitenlänge ist beispielsweise mindestens 0.3 Millimeter und insbesondere mindestens 0.5 Millimeter und bevorzugt mindestens 1 Millimeter und/oder höchstens 5 Millimeter und insbesondere höchstens 4 Millimeter und bevorzugt höchstens 3 Millimeter. Größere geometrische Spulenabmessungen verbessern ein Signal/Rauschen-Verhältnis, falls ein zur Induktion elektrischer Felder in der Spule verwendeter Magnet bzgl. der ersten Seite ähnliche Abmessungen aufweist. Ein Magnet darf jedoch nicht zu schwer werden, um Messrohrschwingungen nicht zu sehr zu beeinflussen. Ein Fachmann mit Erfahrung im Bau erfindungsgemäßer Messaufnehmer bzw. Messgeräte kann maximale geometrische Abmessungen eines solchen Magnets abschätzen und daraus Obergrenzen für die erste Seite bzw. zweite Seite der Spule ableiten.

Eine erfindungsgemäße Spule weist dabei zumindest 4 Windungen und bevorzugt mindestens wie hier dargestellt 6 Windungen auf.

Fig. 2 b) zeigt einen vergrößerten Ausschnitt auf den Windungsbereich WB mit zwei Abschnitten benachbarter Windungen W. Bezüglich einer Leiterbahnmittenlinie 4.4 weisen die Windungen einen Windungsabstand WA auf, welcher Windungsabstand um einen Faktor F kleiner ist als ein Zweifaches der Leiterbahnbreite, wobei F mindestens 1, und insbesondere mindestens 1.2 und bevorzugt mindestens 1.4 ist. Die Leiterbahnbreite LB ist dabei weniger als 500 Mikrometer, und bevorzugt weniger als 400 Mikrometer und insbesondere weniger als 300 Mikrometer.

Wie in Fig. 2 c) dargestellt, kann eine Leiterplatte 3 mehrere Leiterplattenschichten aufweisen, wobei mehrere Leiterplattenschichten jeweils eine Spule aufweisen. Die Spulen mehrerer Leiterplattenschichten sind dabei über Durchkontaktierungen 7.1, 7.2 verbunden, so dass die Spulen verschiedener Leiterplattenschichten bei Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen den Durchkontaktierungen konstruktiv interferierende Magnetfelder erzeugen. Beispielsweise wie hier dargestellt, kann eine erste Durchkontaktierung 7.1 erste Spulenenden 4.1 und eine zweite Durchkontaktierung 7.2 zweite Spulendenden 4.2 verschiedener Spulen miteinander verbinden. Dies entspricht einer Parallelschaltung verschiedener Spulen. Alternativ können benachbarte Spulen über benachbarte Spulenenden miteinander verbunden sein, wobei ein erstes Spulenende einer äußeren

Spule mit einem Kontaktierungselement 5 verbunden ist, und wobei ein zweites Spulenende einer weiteren äußeren Spule mit einem anderen Kontaktierungselement verbunden ist, und wobei benachbarte Spulenenden mittels einer Durchkontaktierung verbunden sind. Dies entspräche einer Serienschaltung verschiedener Spulen.

Bevorzugt weist eine Spulenvorrichtung zumindest 6, und bevorzugt mindestens 8 und insbesondere mindestens 10 Spulen auf, welche mittels Leiterplattenschichten gestapelt sind. Eine Leiterplattenschicht ausbildendes Substrat ist dabei bevorzugt dünner als 200 Mikrometer und bevorzugt dünner als 150 Mikrometer. Das Substrat weist dabei beispielsweise den Werkstoff DuPont 951 auf. Die auf das Substrat aufgetragene elektrisch leitfähige Leiterbahn weist dabei beispielsweise den Werkstoff DuPont 614SR auf.

Verschiedene Spulen weisen dabei einen ohmschen Widerstand von weniger als 50 Ohm und insbesondere weniger als 40 Ohm und bevorzugt weniger als 30 Ohm auf, wobei Abweichungen der ohmschen Widerstände verschiedener Spulen kleiner als 10 Ohm, und insbesondere weniger als 5 Ohm und bevorzugt weniger als 2 Ohm sind.

Figs. 3 a) und b) skizziert einen Vergleich zwischen einer beispielhaften erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung 1, siehe Fig. 3 a), und einer herkömmlichen Spulenanordnung 1, siehe Fig. 3 b). In beiden Fällen wird beispielhaft eine Magnetvorrichtung 9 mit zwei Magneten 9.1 skizziert, wobei die Magnete 9.1 jeweils an einem Messrohr (nicht dargestellt) befestigt sind, und den gegenläufigen Bewegungen der Messrohre folgen. Der rechteckige Zentralbereich Z der erfindungsgemäßen Spulenvorrichtung weist eine erste Seite S1 mit einer Seitenlänge auf, welche Seitenlänge gleich einem Durchmesser des runden Zentralbereichs Z der herkömmlichen Spulenanordnung ist. Die Fläche des rechteckigen Zentralbereichs ist dabei kleiner als die Fläche des runden Zentralbereichs. Eine Messrohrschwingung mit gegebener Amplitude bei Magneten gleicher Abmessungen zu einer bezüglich der jeweiligen Fläche des Zentralbereichs im Falle des rechteckigen Zentralbereichs zu einer relativ betrachtet größeren Änderung eines durch die Spulenvorrichtung durchtretenden Magnetfelds. Somit kann also eine Dichte eines Mediums oder ein Massedurchfluss eines Mediums durch das Messrohr genauer bestimmt werden.

Fig. 4 skizziert eine Aufsicht auf einen Sensor mit einer Spulenvorrichtung und mit an die Spulenvorrichtung angepassten Magneten 9.1 einer Magnetvorrichtung 9, welche Magnete an jeweils einem Messrohr (der Übersichlichkeit geschuldet nicht gezeigt) angebracht sind, welche Messrohre dazu eingerichtet sind, gegenläufig zu schwingen.

Die Magnete weisen jeweils eine der Spulenvorrichtung zugewandte Magnetseitenfläche 9.2 auf, welche durch erste Magnetkanten 9.11 und zweite Magnetkanten 9.12 umrandet ist. Der Abstand einer zur zweiten Seitenhalbierenden SH2 der zweiten Seite des Zentralbereichs zugewandten ersten Magnetkante weist dabei bei einem Messrohr in Ruhelage bevorzugt einen Mindestabstand

von 30 Mikrometer, und insbesondere einen Mindestabstand von 60 Mikrometer zur zweiten Seitenhalbierenden auf. Die der zweiten Seitenhalbierenden zugewandte erste Magnetkante ist dabei bevorzugt parallel zur zweiten Seitenhalbierenden. Die Magnetseitenfläche ist dabei vorteilhafterweise aber nicht notwendigerweise rechteckig. Die Magnete 9.1 überdecken dabei den Windungsbereich WB entlang ihrer zweiten Magnetkanten 9.12 bevorzugt vollständig. Die ersten Magnetkanten 9.11 weisen dabei eine kleinere Länge auf, als die ersten Seiten S1 des Zentralbereichs, wobei die Magnete bevorzugterweise im Rahmen der technischen Möglichkeiten symmetrisch bezüglich der ersten Seitenhalbierenden SH1 angeordnet sind.

Anstatt zwei Messrohre mit jeweils mindestens einem Magnet, welcher einem Sensor zugeordnet ist, kann ein Messaufnehmer auch nur ein Messrohr mit jeweils mindestens einem Magnet aufweisen, mittels welchem in der Spulenvorrichtung eine elektrische Spannung induzierbar ist.

Fig. 5 skizziert eine Seitenansicht auf eine weitere beispielhafte Spulenvorrichtung, wobei die Seitenansicht mittels einer Drehung von 90 Grad der in Fig. 4 gezeigten Ausführung um die erste Seitenhalbierende erhalten werden kann. Anstatt eines Magneten mit einer der Spulenvorrichtung zugewandten Magnetseitenfläche weist der Magnet eine Ringform auf, so dass zwei der Spulenvorrichtung zugewandte, sich gegenüberstehende Seitenflächen 9.2 die Spulenvorrichtung in einem begrenzten Bereich mit einem näherungsweise räumlich homogenen Magnetfeld beaufschlagen, wobei der Magnet die Spulenvorrichtung umgreift.

Fig. 6 skizziert eine Seitenansicht auf ein Messrohr 110 eines Messaufnehmers bzw. Messgeräts mit zwei Schwingungssensoren 10 umfassend jeweils eine erfindungsgemäße Spulenvorrichtung 1 aus einer Seitenansicht SA2, siehe Fig. 2, wobei die Spulenvorrichtungen erfindungsgemäß mit dem Trägerkörper 120 mittels jeweils einer Halterung H mechanisch verbunden sind. Der Messaufnehmer kann dabei beispielsweise zwei Messrohre aufweisen, welche dazu eingerichtet sind, gegeneinander zu schwingen.

Der Trägerkörper weist dabei mindestens eine erste Eigenfrequenz auf, das mindestens eine Messrohr weist mindestens eine zweite Eigenfrequenz auf, wobei der Erreger dazu eingerichtet ist, das Messrohr im Bereich mindestens einer zweiten Eigenfrequenz zu betreiben, wobei die mindestens eine erste Eigenfrequenz von der mindestens einen anzuregenden zweiten Eigenfrequenz paarweise verschieden ist, wobei eine Amplitudenüberhöhung des Trägerkörpers im Bereich der mindestens einen anzuregenden zweiten Eigenfrequenz des Messrohrs um einen Faktor F kleiner ist als eine Amplitudenüberhöhung des mindestens einen Messrohrs, wobei F mindestens 1000, und insbesondere mindestens 5000, und bevorzugt mindestens 10000 ist. Auf diese Art und Weise sind die Spulenvorrichtungen vom Messrohr weitestgehend entkoppelt, und somit eine hohe Signalqualität erzielbar. Die mindestens eine zweite Eigenfrequenz kann sich beispielsweise in einem Frequenzbereich von 150 Hz bis 900 Hz befinden. Um einen Faktor F zu

verwirklichen, ist es vorteilhaft, wenn die mindestens eine erste Eigenfrequenz einen Mindestabstand von 10 Hz und insbesondere mindestens 20 Hz und bevorzugt mindestens 30 Hz zu jeder zweiten Eigenfrequenz aufweist.

Eine Querschnittsebene QE unterteilt das mindestens eine Messrohr in den einlaufseitigen Abschnitt EA sowie den auslaufseitigen Abschnitt AA.

Da die Spulenvorrichtungen am Trägerkörper befestigt sind, können die elektrischen Verbindungen 220 entlang des Trägerkörpers geführt werden. In diesem Fall ermöglicht die erfindungsgemäße Anordnung von Kontaktierungselementen gleichlange elektrische Verbindungen und eine gleiche Führung der elektrischen Verbindungen.

Alternativ kann der Messaufnehmer beispielsweise nur ein Messrohr aufweisen, wobei eine Magnetvorrichtung eines jeweiligen Sensors am Messrohrbefestigt ist, und die zugehörige Spulenvorrichtung am Trägerkörper, oder der Messaufnehmer kann auch mehr als zwei Messrohre aufweisen. Der Fachmann wird die Spulenvorrichtungen entsprechend seiner Bedürfnisse einrichten.

Das mindestens eine Messrohr kann wie hier dargestellt zumindest einen Bogen aufweisen oder auch geradlinig verlaufen. Die Anwendbarkeit der Spulenvorrichtung ist unabhängig von einer Messrohrgeometrie.
Das mindestens eine Messrohr ist dabei mittels einer Befestigungsvorrichtung 121 am Trägerkörper befestigt und lässt sich insbesondere vom Trägerkörper entfernen, ohne die Spulenvorrichtungen der Schwingungssensoren entfernen zu müssen. Dazu können die Magnetvorrichtungen wie hier dargestellt beispielsweise auf einer dem Trägerkörper abgewandten Seite der Spulenvorrichtungen 1 angeordnet sein.

Bezugszeichenliste

1	Spulenvorrichtung
2	Leiterplatte
3	Leiterplattenschicht
3.1	erste Seitenfläche
3.2	zweite Seitenfläche
4	Spule
4.1	erstes Spulenende
4.2	zweites Spulenende
4.3	elektrisch leitfähige Leiterbahn
4.4	Leiterbahnmittenlinie
5	Kontaktierung
7	Durchkontaktierung
9	Magnetvorrichtung
9.1	Magnet
9.11	erste Magnetkante
9.12	zweite Magnetkante
9.2	Magnetseitenfläche
9.5	geschlossenes Ende
9.6	offenes Ende
9.7	Vorsprung
10	Schwingungssensor
11	Schwingungserreger
100	Messaufnehmer

110	Messrohr
111	Einlauf
112	Auslauf
120	Trägerkörper
121	Befestigungsvorrichtung
130	Sammler
131	Erster Sammler
132	Zweiter Sammler
140	Prozessanschluss
141	Flansch
200	Messgerät
210	Elektronische Mess-/Betriebsschaltung
220	elektrische Verbindungsleitungen
230	Elektronikgehäuse
LB	Leiterbahnbreite
WB	Windungsbereich
H	Halterung
WA	Windungsabstand
Z	Zentralbereich
S1	erste Seite
S2	zweite Seite
SH1	erste Seitenhalbierende
SH2	zweite Seitenhalbierende
QE	Querschnittsebene

ES	Einlaufseite
AS	Auslaufseite
MST	Dem Trägerkörper zugewandte Messrohrseite

5

Patentansprüche

1. Messaufnehmer (100) eines Messgeräts (200) zum Erfassen eines Massedurchflusses oder einer Dichte eines durch mindestens ein Messrohr (110) des Messaufnehmers strömenden Mediums, umfassend:

das mindestens eine Messrohr mit einem Einlauf (111) und einem Auslauf (112), welches dazu eingerichtet ist, das Medium zwischen Einlauf und Auslauf zu führen;

mindestens einen Erreger (11), welcher dazu eingerichtet ist, das mindestens eine Messrohr zu Schwingungen anzuregen;

mindestens zwei Sensoren (10), welche dazu eingerichtet sind, die Auslenkung der Schwingungen mindestens eines Messrohrs zu erfassen;

wobei mindestens ein Erreger sowie die Sensoren jeweils eine Spulenvorrichtung (1) mit jeweils mindestens einer Spule (4), sowie jeweils eine Magnetvorrichtung (9) aufweisen, wobei die Magnetvorrichtungen relativ zur jeweiligen Spulenvorrichtung bewegbar sind,

wobei die Magnetvorrichtung eines Sensors oder Erregers jeweils mindestens einen Magnet (9.1) aufweist, wobei der Magnet an einem Messrohr befestigt ist,

wobei die Spulen des Sensors oder Erregers in einem Querschnitt jeweils einen Windungsbereich (WB) und einen Zentralbereich (Z) ohne Windungen aufweisen,

und wobei die Magnetvorrichtung und die Spulenvorrichtung eines Erregers bzw. Sensors mittels magnetischer Felder miteinander wechselwirken,

wobei der Messaufnehmer einen Trägerkörper (120) aufweist, welcher Trägerkörper dazu eingerichtet ist, das mindestens eine Messrohr zu halten,

dadurch gekennzeichnet, dass die Spulenvorrichtungen der Sensoren und/oder die Spulenvorrichtung des Erregers jeweils separat am Trägerkörper befestigt sind/ist,

wobei der Trägerkörper mindestens eine erste Eigenfrequenz aufweist, und wobei das mindestens eine Messrohr mindestens eine zweite Eigenfrequenz aufweist, wobei der Erreger dazu eingerichtet ist, das Messrohr im Bereich mindestens einer zweiten Eigenfrequenz zu betreiben, wobei die mindestens eine erste Eigenfrequenz von der mindestens einen anzuregenden zweiten Eigenfrequenz paarweise verschieden ist,

wobei eine Amplitudenüberhöhung des Trägerkörpers im Bereich der mindestens einen anzuregenden zweiten Eigenfrequenz des Messrohrs um einen Faktor F kleiner ist als eine Amplitudenüberhöhung des mindestens einen Messrohrs,

wobei F mindestens 1000, und insbesondere mindestens 5000, und bevorzugt mindestens 10000 ist.

2. Messaufnehmer nach einem der vorigen Ansprüche,

wobei die Spulenvorrichtungen auf einer dem Trägerkörper zugewandten Messrohrseite (MST) angeordnet sind.

3. Messaufnehmer nach Anspruch 2,

wobei das mindestens eine Messrohr mittels einer Messrohrhalterung am Trägerkörper lösbar befestigt ist, wobei die Messrohrhalterung eine Befestigungsvorrichtung aufweist,

wobei die Befestigungsvorrichtung beispielsweise eine Kupplung, Schraubung oder Klemmung umfasst.

4. Messaufnehmer nach einem der vorigen Ansprüche,

wobei eine Messrohrschwingungsauslenkung eine Schwingungsrichtung aufweist, und wobei die Spule (4) eine Längsachse aufweist,

wobei ein Skalarprodukt eines Vektors parallel zur Schwingungsrichtung mit einem Vektor parallel zu Längsachse Null ist.

5. Messaufnehmer nach Anspruch 4,

wobei der Zentralbereich (Z) eine Rechteckform mit einer ersten Seite (S1) und mit einer zweiten Seite (S2) aufweist, wobei die erste Seite eine erste Seitenlänge aufweist, und wobei die zweite Seite eine zweite Seitenlänge aufweist, wobei ein Verhältnis von erster Seitenlänge zu zweiter Seitenlänge größer als 3.25 und insbesondere größer als 3.5 und bevorzugt größer als 3.75 ist, wobei die Rechteckform des Zentralbereichs eine zur ersten Seite gehörige erste Seitenhalbierende (SH1) sowie eine zur zweiten Seite gehörige zweite Seitenhalbierende (SH2) aufweist,

wobei die Magnetvorrichtung eines Sensors oder Erregers an mindestens einem Messrohr mindestens einen angebrachten Magnet mit mindestens einer der Spulenvorrichtung zugewandten Magnetseitenfläche (9.1) aufweist, wobei die Magnetseitenfläche durch zwei sich gegenüberstehende erste Magnetkanten (9.11) und zwei sich gegenüberstehende zweite Magnetkanten (9.12) begrenzt ist,

wobei bei einem Messrohr in Ruheposition die Magnetseitenfläche in einer Projektion auf einen Spulenquerschnitt die zweiten Magnetkanten entlang einer Schwingungsrichtung des Messrohrs parallel zur zweiten Seite in den Zentralbereich hineinragen, wobei eine der zweiten Seitenhalbierenden zugewandte erste Magnetkante von der zweiten Seitenhalbierenden

beabstandet ist, wobei das Messrohr dazu eingerichtet ist, mit einer Schwingungsamplitude zu schwingen, wobei die Beabstandung größer als eine halbe Schwingungsamplitude ist,

wobei die der zweiten Seitenhalbierenden zugewandte erste Magnetkante insbesondere parallel zur zweiten Seitenhalbierenden verläuft.

6. Messaufnehmer nach Anspruch 5,

wobei die Magnetseitenfläche (9.2) rechteckig ist.

7. Messaufnehmer nach Anspruch 5 oder 6,

wobei die zweite Magnetkante bei einem Messrohr in Ruheposition den Windungsbereich entlang der zweiten Magnetkante vollständig überdeckt.

8. Messaufnehmer nach einem der Ansprüche 5 bis 7,

wobei eine Länge der ersten Magnetkante mindestens 5% und insbesondere mindestens 10% und bevorzugt mindestens 20% kleiner ist als die erste Seitenlänge,

oder wobei eine Länge der ersten Magnetkante mindestens 50 Mikrometer und insbesondere mindestens 75 Mikrometer und bevorzugt mindestens 100 Mikrometer kleiner ist als die erste Seitenlänge,

und wobei die der zweiten Seitenhalbierenden (SH2) zugewandte erste Magnetkante in der Projektion in einer Richtung parallel zur zweiten Seitenhalbierenden vom Windungsbereich beabstandet ist.

9. Messaufnehmer nach einem der Ansprüche 5 bis 8,

wobei die Magnetseitenfläche (9.2) senkrecht zu einer Spulenachse steht und zur Spulenvorrichtung einen Abstand von mindestens 20 Mikrometer und insbesondere mindestens 40 Mikrometer und bevorzugt mindestens 50 Mikrometer aufweist, und/oder wobei

wobei die Magnetseitenfläche zur Spulenvorrichtung einen Abstand von höchstens 200 Mikrometer und insbesondere höchstens 150 Mikrometer und bevorzugt höchstens 120 Mikrometer aufweist.

10. Messaufnehmer nach einem der vorigen Ansprüche,

wobei der Magnet (9.1) einer Magnetvorrichtung eine Hufeisenform mit einem geschlossenen Ende und einem offenen Ende aufweist, wobei das offene Ende dazu eingerichtet ist, eine zugehörige Spulenvorrichtung zu umgreifen und die Spulenvorrichtung mit einem parallel zu einer Spulenachse verlaufenden Magnetfeld zu beaufschlagen,

wobei das mindestens eine Messrohr eine Querschnittsebene (QE) aufweist, welche dem Messrohr eine Einlaufseite (ES) und eine Auslaufseite (AS) zuweist, wobei die Einlaufseite sowie die Auslaufseite bezüglich der Querschnittsebene spiegelsymmetrisch sind, wobei die Spulenachsen der Spulenvorrichtungen senkrecht zur Querschnittsebene stehen.

11. Messaufnehmer nach einem der Ansprüche vorigen Ansprüche,

wobei der Messaufnehmer (100) zumindest ein Paar Messrohre (110) aufweist, wobei die Messrohre des Paars dazu eingerichtet sind, gegeneinander zu schwingen,

wobei zumindest ein Sensor und/oder zumindest ein Erreger jeweils eine Spulenvorrichtung mit einer Spule sowie eine Magnetvorrichtung mit zumindest zwei Magneten aufweist,

wobei jeweils mindestens ein Magnet an jeweils einem Messrohr des Messrohrpaars angeordnet ist.

12. Messaufnehmer nach einem der vorigen Ansprüche,

wobei die Spulenvorrichtung eine Leiterplatte mit einer Mehrzahl Leiterplattenschichten aufweist, wobei eine Mehrzahl Leiterplattenschichten jeweils eine Spule mit jeweils einem ersten Spulenende und jeweils einem zweiten Spulenende aufweisen,

wobei die Spulen seriell und/oder parallel zueinander verschaltet sind,

wobei die Spulen verschiedener Leiterplattenschichten bei Anlegen einer elektrischen Spannung konstruktiv interferierende Magnetfelder erzeugen,

wobei die Spulen jeweils eine Mehrzahl Spulenwindungen aufweist.

13. Messaufnehmer nach einem der vorigen Ansprüche,

wobei der Messaufnehmer (100) zwei Sammler (130) aufweist, wobei ein erster Sammler (131) auf einer stromaufwärtsgerichteten Seite des Messaufnehmers dazu eingerichtet ist, ein aus einer Rohrleitung in den Messaufnehmer einströmendes Medium aufzunehmen und zum Einlauf des mindestens einen Messrohrs zu führen,

wobei ein zweiter Sammler (132) dazu eingerichtet ist, das aus dem Auslauf des mindestens einen Messrohrs austretende Medium aufzunehmen und in die Rohrleitung zu führen.

14. Messaufnehmer nach einem der vorigen Ansprüche,

wobei der Messaufnehmer zwei Prozessanschlüsse (140), insbesondere Flansche (141) aufweist, welche dazu eingerichtet sind, den Messaufnehmer mit einer Rohrleitung zu verbinden.

15. Messgerät (200) umfassend:

Einen Messaufnehmer (100) nach einem der vorigen Ansprüche;

eine elektronische Mess-/Betriebsschaltung (210), wobei die elektronische Mess-/Betriebsschaltung dazu eingerichtet ist, die Sensoren (10) und den Erreger (11) zu betreiben, und mittels elektrischer Verbindungen (220) mit diesen verbunden ist,

wobei die mindestens eine elektrische Verbindung insbesondere mittels einer Kabelführung zur elektronischen Mess-/Betriebsschaltung geführt ist,

wobei die elektronische Mess-/Betriebsschaltung weiter dazu eingerichtet ist, Durchflussmesswerte und/oder Dichtemesswerte zu ermitteln und bereitzustellen,

wobei das Messgerät insbesondere ein Elektronikgehäuse (230) zum Behausen der elektronischen Mess-/Betriebsschaltung aufweist.

Fig. 1

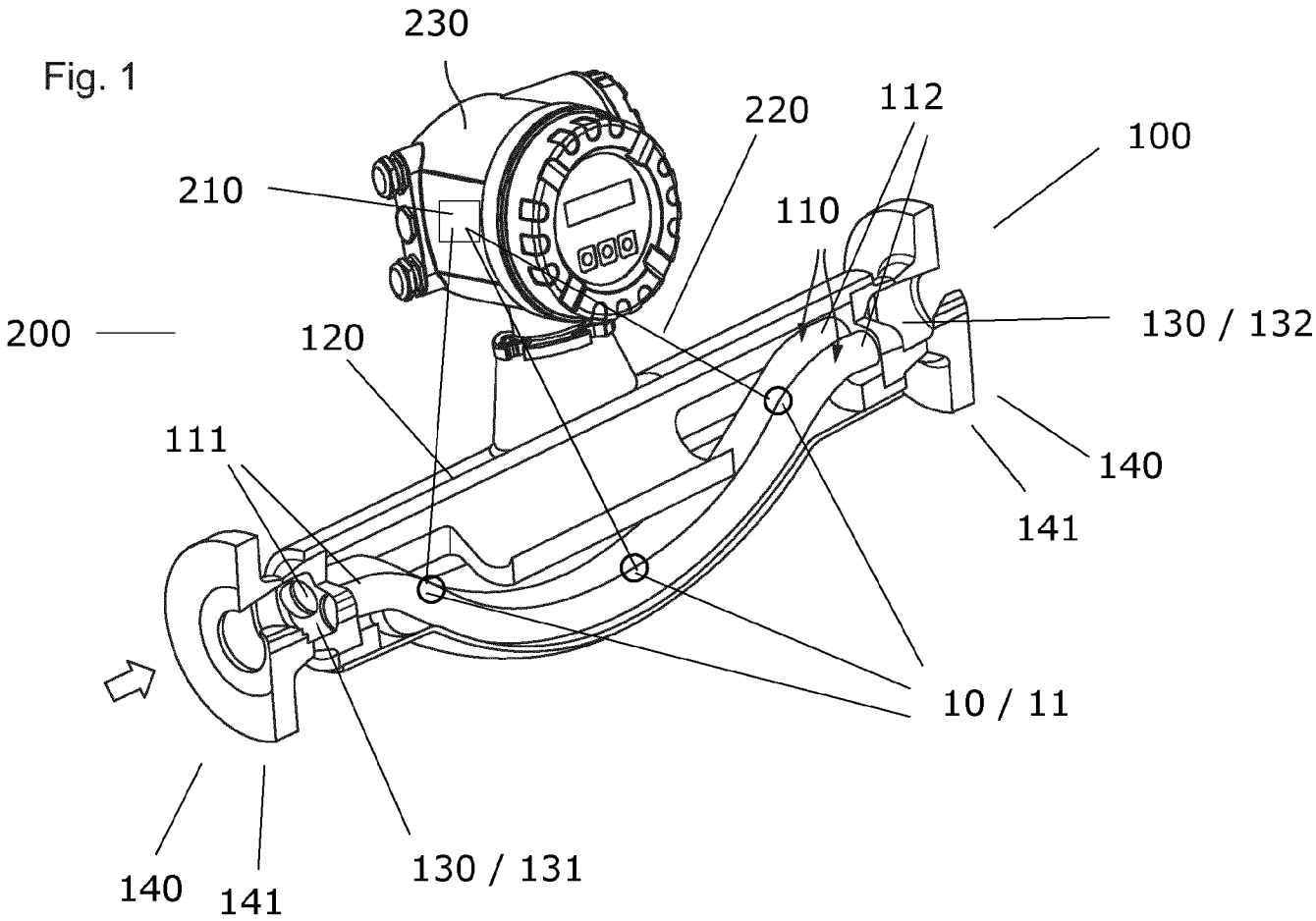

230
220
112
100
210
110
200
120
130 / 132
111
140
141
10 / 11
140
141
130 / 131

Fig. 2 a)

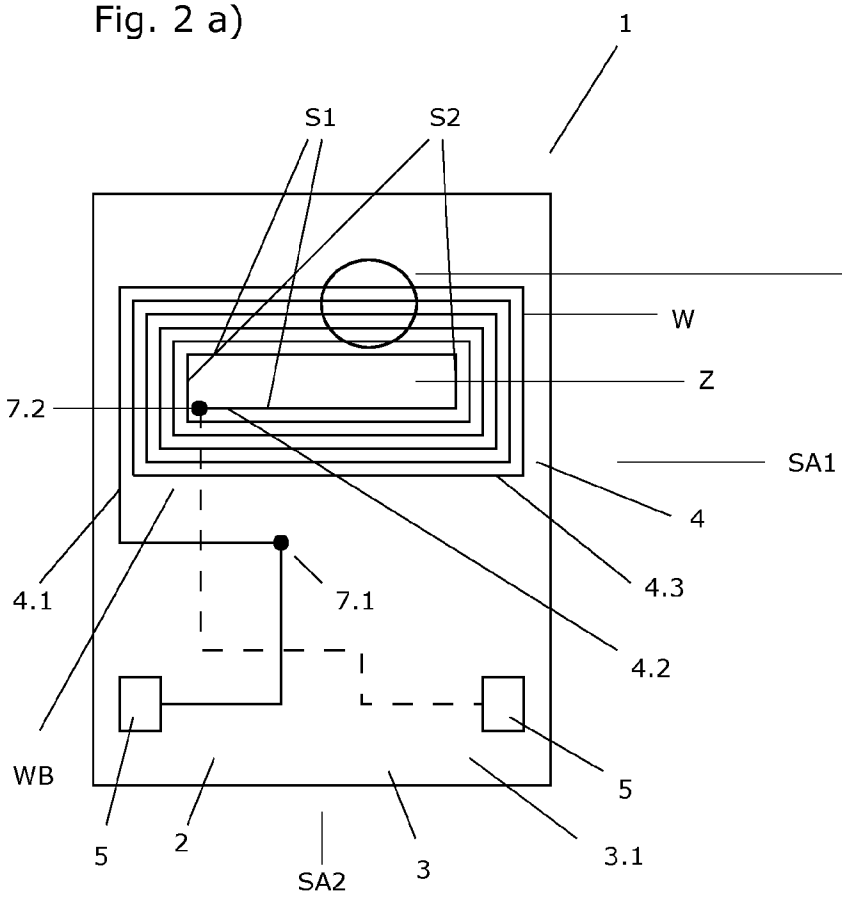


Fig. 2 b)

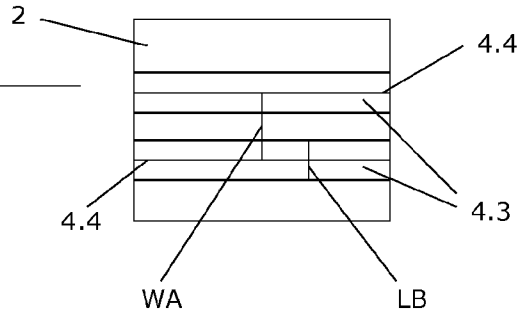


Fig. 2 c)

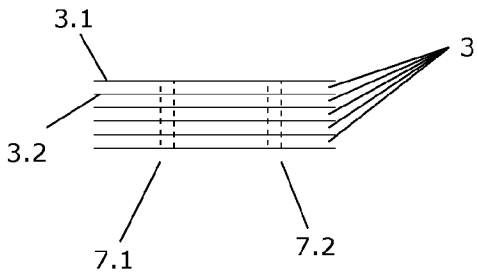


Fig. 3 a)

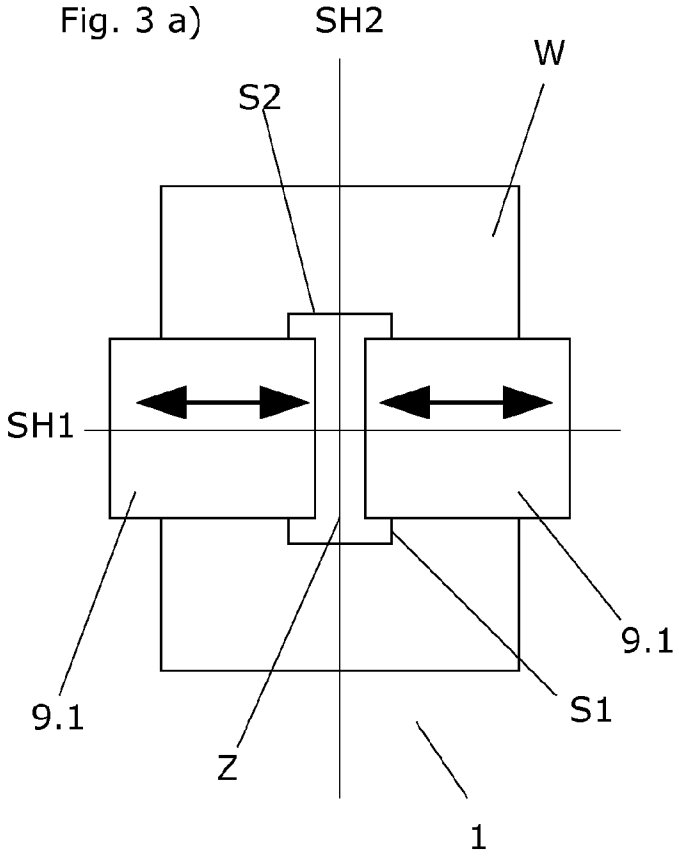


Fig. 3 b)

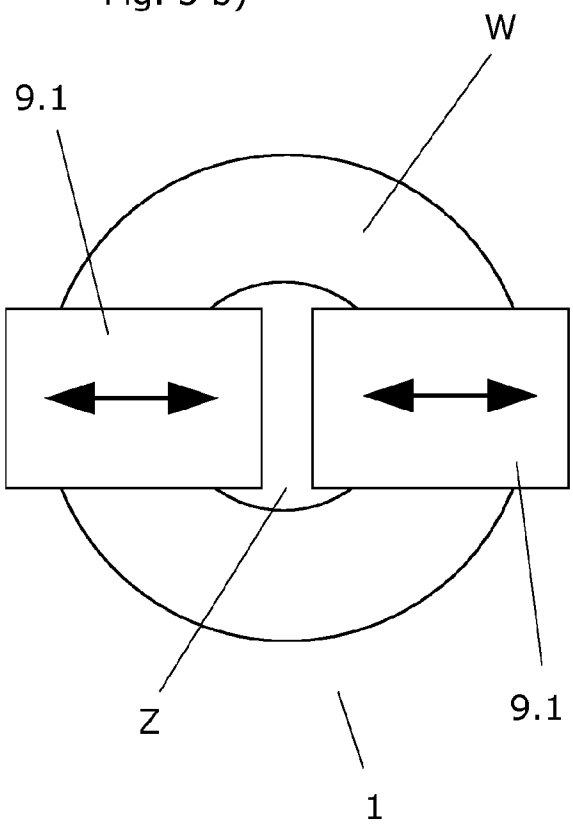


Fig. 4

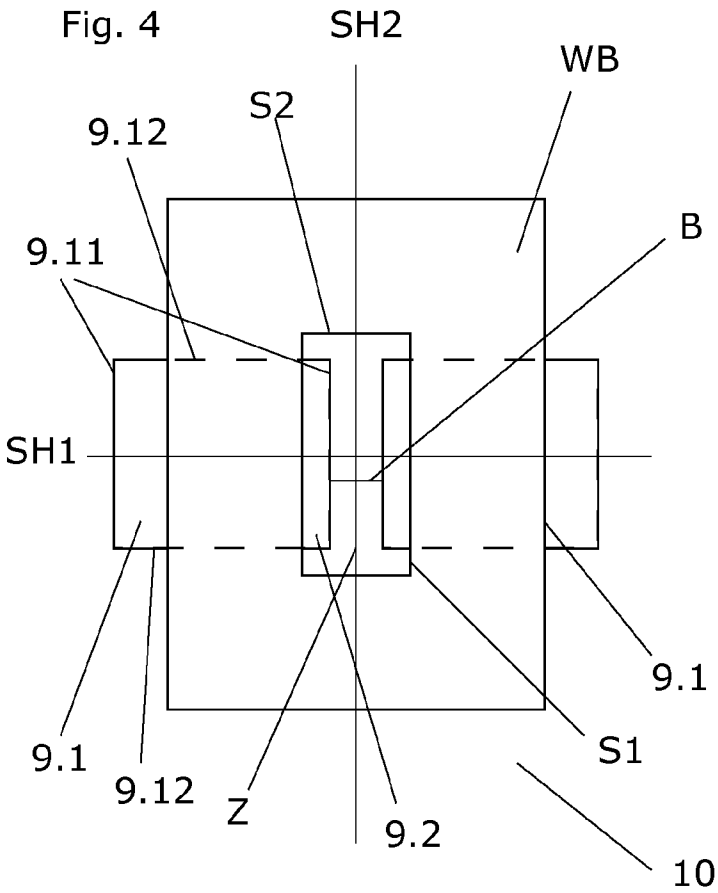


Fig. 5

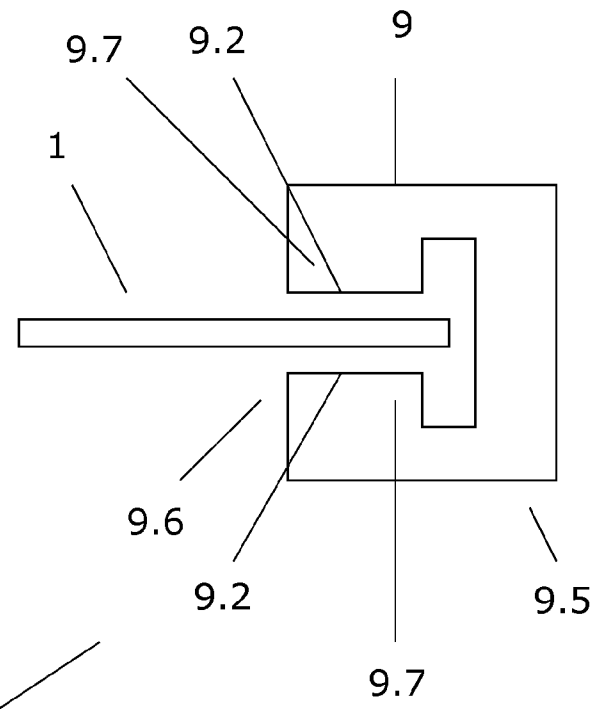
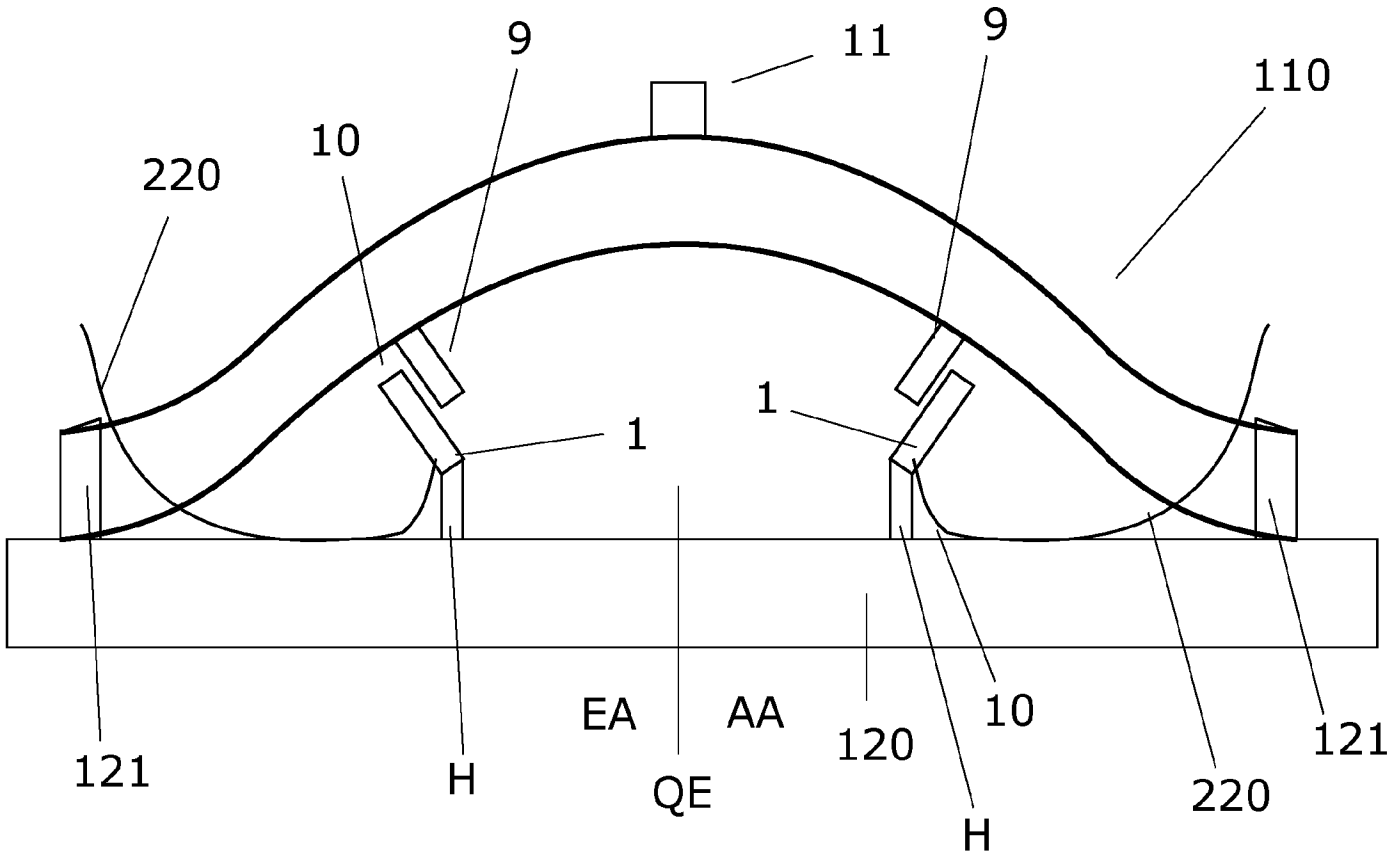


Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2019/070469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01F 1/84(2006.01)i; ***G01N 9/00***(2006.01)i

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.
Y	US 4756198 A (LEVIEN ANDREW K [US]) 12 July 1988 (1988-07-12) column 4, line 43 - column 5, line 53; figures 1-3 claim 9	1-15
Y	US 7216549 B2 (FLOWTEC AG [CH]) 15 May 2007 (2007-05-15) column 19, line 4 - column 20, line 41; figures 5-7 figures 9,11	1-15
Y	DE 102015120087 A1 (ENDRESS + HAUSER FLOWTEC AG [CH]) 24 May 2017 (2017-05-24) cited in the application	5-9,12
A	figures 1,2 paragraph [0013] paragraph [0021] - paragraph [0024]	1-4,10,11,13
A	EP 0874975 A1 (DANFOSS AS [DK]) 04 November 1998 (1998-11-04) paragraph [0007] paragraphs [0019] - [0024]; figures 2,3	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	Date of mailing of the international search report
25 October 2019	**05 November 2019**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands**	**Tomasoni, Flora**
Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2019/070469

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	4756198	A	12 July 1988	NONE			
US	7216549	B2	15 May 2007	NONE			
DE	102015120087	A1	24 May 2017	NONE			
EP	0874975	A1	04 November 1998	AT	356341	T	15 March 2007
				AU	711338	B2	14 October 1999
				BR	9707041	A	20 July 1999
				EE	9800199	A	15 December 1998
				EP	0874975	A1	04 November 1998
				JP	2000503770	A	28 March 2000
				PL	338930	A1	20 November 2000
				US	6138517	A	31 October 2000
				WO	9726508	A1	24 July 1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/070469

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

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.
Y	US 4 756 198 A (LEVIEN ANDREW K [US]) 12. Juli 1988 (1988-07-12) Spalte 4, Zeile 43 - Spalte 5, Zeile 53; Abbildungen 1-3 Anspruch 9	1-15

Y	US 7 216 549 B2 (FLOWTEC AG [CH]) 15. Mai 2007 (2007-05-15) Spalte 19, Zeile 4 - Spalte 20, Zeile 41; Abbildungen 5-7 Abbildungen 9,11	1-15

Y	DE 10 2015 120087 A1 (ENDRESS + HAUSER FLOWTEC AG [CH]) 24. Mai 2017 (2017-05-24) in der Anmeldung erwähnt	5-9,12
A	Abbildungen 1,2 Absatz [0013] Absatz [0021] - Absatz [0024]	1-4,10, 11,13

	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
25. Oktober 2019	05/11/2019

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

2

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/070469

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 874 975 A1 (DANFOSS AS [DK]) 4. November 1998 (1998-11-04) Absatz [0007] Absätze [0019] - [0024]; Abbildungen 2,3 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/070469

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4756198 A	12-07-1988	KEINE	
US 7216549 B2	15-05-2007	KEINE	
DE 102015120087 A1	24-05-2017	KEINE	
EP 0874975 A1	04-11-1998	AT 356341 T	15-03-2007
		AU 711338 B2	14-10-1999
		BR 9707041 A	20-07-1999
		EE 9800199 A	15-12-1998
		EP 0874975 A1	04-11-1998
		JP 2000503770 A	28-03-2000
		PL 338930 A1	20-11-2000
		US 6138517 A	31-10-2000
		WO 9726508 A1	24-07-1997