

(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
27. Juni 2019 (27.06.2019)

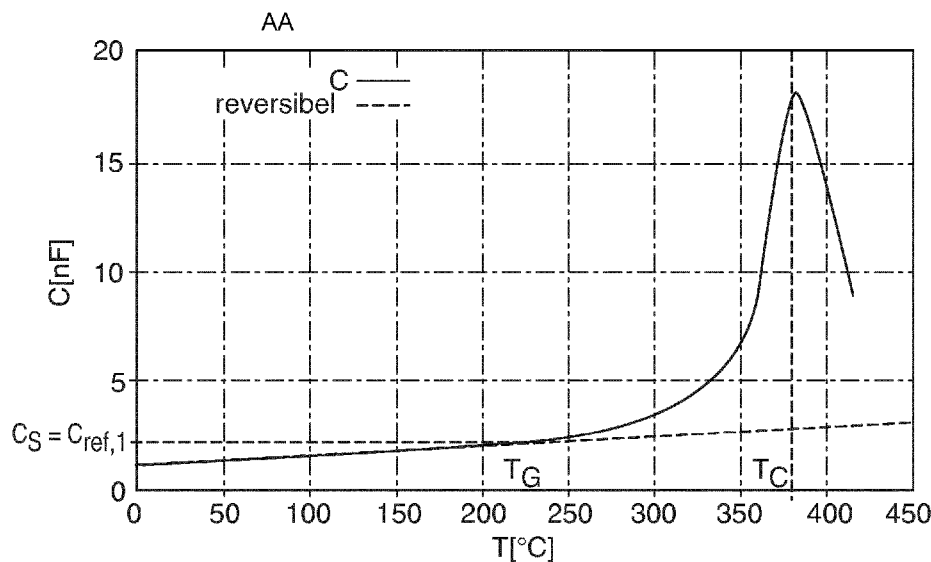


(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/120941 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
G01F 25/00 (2006.01) *G01N 9/00* (2006.01)
G01F 23/296 (2006.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2018/083168
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**
30. November 2018 (30.11.2018)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**
10 2017 130 530.0
19. Dezember 2017 (19.12.2017) DE
- (71) **Anmelder:** ENDRESS+HAUSER SE+CO. KG [DE/DE];
Hauptstr. 1, 79689 Maulburg (DE).
- (72) **Erfinder:** URBAN, Martin; Alemannenweg 14, 79541 Lörrach (DE). KUHNEN, Raphael; Feuerbacher Str. 14, 79418 Schliengen (DE).
- (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, 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,

(54) **Title:** METHOD FOR MONITORING THE CONDITION OF A VIBRONIC SENSOR

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR ZUSTANDSÜBERWACHUNG EINES VIBRONISCHEN SENSORS



AA reversible

Fig. 2

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for monitoring the condition of a device (1) for determining and/or monitoring at least one process variable of a medium (2) by means of a unit (4) that can mechanically oscillate and at least one drive/receiving unit (5) having at least one piezoelectric element, said method comprising the following method steps: determining a capacitance (C) of the piezoelectric element; comparing the capacitance (C) with a first predefinable capacitance value ($C_{ref,1}$); ascertaining a condition indicator from the comparison; and outputting a message regarding the condition. The invention further relates to a device which is designed to carry out the method.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung (1) zur Bestimmung

WO 2019/120941 A1

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)

und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße eines Mediums (2) mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit (4) und zumindest einer Antriebs-/Empfangseinheit (5) mit zumindest einem piezoelektrischen Element, umfassend folgende Verfahrensschritte: Bestimmen einer Kapazität (C) des piezoelektrischen Elements, Vergleichen der Kapazität (C) mit einem ersten vorgebbaren Kapazitätswert ($C_{ref,1}$), Ermitteln eines Zustandsindikators aus dem Vergleich, und Ausgeben einer Meldung über den Zustand. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung, welche zur Durchführung des Verfahrens ausgestaltet ist.

Verfahren zur Zustandsüberwachung eines vibronischen Sensors

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße eines Mediums mit einer
5 mechanisch schwingfähigen Einheit und einer Antriebs-/Empfangseinheit mit zumindest einem piezoelektrischen Element. Bei der Prozessgröße handelt es sich beispielsweise um einen Füllstand, insbesondere einen Grenzstand, um die Dichte, oder um die Viskosität des Mediums. Das Medium befindet sich in einem Behältnis, beispielsweise einem Behälter oder einer Rohrleitung, an
10 welches Behältnis die Vorrichtung, insbesondere lösbar, angebracht werden kann, derart, dass die schwingfähige Einheit zumindest zeitweise und/oder teilweise mit dem Medium in Kontakt kommt.

Vibronische Sensoren finden vielfach Anwendung in der Prozess- und/oder Automatisierungstechnik. Im Falle von Füllstandsmessgeräten liegt die mechanisch schwingfähige Einheit häufig in Form einer Schwinggabel, eines Einstabs oder einer Membran vor. Die mechanisch
15 schwingfähige Einheit kann im Falle von Durchflussmessgeräten aber auch als schwingfähiges Rohr ausgebildet sein, welches von dem jeweiligen Medium durchflossen wird, wie beispielsweise in einem nach dem Coriolis-Prinzip arbeitenden Messgerät. Im fortlaufenden Betrieb wird die mechanisch schwingfähige Einheit mittels einer Antriebs-/Empfangseinheit in Form einer elektromechanischen Wandlereinheit zu mechanischen Schwingungen angeregt, welche im Fall der
20 vorliegenden Anmeldung zumindest ein piezoelektrisches Element umfasst.

Entsprechende Feldgeräte werden von der Anmelderin in großer Vielfalt hergestellt und im Falle von Füllstandsmessgeräten beispielsweise unter der Bezeichnung LIQUIPHANT oder SOLIPHANT
25 vertrieben. Die zugrundeliegenden Messprinzipien sind im Prinzip aus einer Vielzahl von Veröffentlichungen bekannt. Die Antriebs-/Empfangseinheit regt die mechanisch schwingfähige Einheit mittels eines elektrischen Anregesignals zu mechanischen Schwingungen an. Umgekehrt kann die Antriebs-/Empfangseinheit die mechanischen Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit empfangen und in ein elektrisches Empfangssignal umwandeln. Bei der Antriebs-/Empfangseinheit handelt es sich entsprechend entweder um eine separate Antriebseinheit
30 und eine separate Empfangseinheit, oder um eine kombinierte Antriebs-/Empfangseinheit. Dabei ist die Antriebs-/Empfangseinheit in vielen Fällen Teil eines rückgekoppelten elektrischen Schwingkreises, mittels welchem die Anregung der mechanisch schwingfähigen Einheit zu mechanischen Schwingungen erfolgt. Beispielsweise muss für eine resonante Schwingung die Schwingkreisbedingung, gemäß welcher die Summe aller Verstärkungen im Schwingkreis, bzw. der
35 Verstärkungsfaktor ≥ 1 ist und alle im Schwingkreis auftretenden Phasen ein Vielfaches von 360° ergeben, erfüllt sein.

Zur Anregung des vibronischen Sensors und damit einhergehend zur Erfüllung der Schwingkreisbedingung muss eine bestimmte Phasenverschiebung zwischen dem Anregesignal und dem Empfangssignal gewährleistet sein. Deshalb wird häufig ein vorgebbarer Wert für die Phasenverschiebung, also ein Sollwert für die Phasenverschiebung zwischen dem Anregesignal und dem Empfangssignal eingestellt. Hierfür sind aus dem Stand der Technik unterschiedlichste Lösungen, mit sowohl analogen als auch digitalen Verfahren, bekannt geworden. Beispielsweise wird häufig eine vorgebbare Phasenverschiebung unter Verwendung eines geeigneten Filters eingestellt, oder die jeweils vorliegende Phasenverschiebung mittels eines Regelkreises auf eine vorgebbare Phasenverschiebung, den Sollwert, geregelt. Aus der DE102006034105A1 ist in dieser Hinsicht bekannt geworden, einen einstellbaren Phasenschieber zu verwenden. Die zusätzliche Integration eines Verstärkers mit einstellbarem Verstärkungsfaktor zur zusätzlichen Regelung der Schwingungsamplitude wurde dagegen in der DE102007013557A1 beschrieben. Gemäß der DE102005015547A1 wird wiederum ein Allpass-Filters eingesetzt. Das Einstellen einer Phasenverschiebung zwischen Anrege- und Empfangssignal anhand der jeweils vorliegenden Frequenz des Empfangssignals ist außerdem mittels eines sogenannten Frequenzsuchlaufs, wie beispielsweise in der der DE102009026685A1, DE102009028022A1, und DE102010030982A1 offenbart, oder mittels einer Phasenregelschleife (engl. Phase-Locked-Loop, PLL), wie in der DE102010030982A1 beschrieben, möglich.

Grundsätzlich sind bei einem vibronischen Sensor sowohl das Anregesignal als auch das Empfangssignal charakterisiert durch ihre Frequenz f , Amplitude A und/oder Phase Φ . Entsprechend werden Änderungen in diesen Größen üblicherweise zur Bestimmung der jeweiligen Prozessgröße, wie einem vorgegebenen Füllstand, eines Durchflusses, der Dichte und/oder der Viskosität, herangezogen. Im Falle eines vibronischen Grenzstandschafters für Flüssigkeiten wird beispielsweise unterschieden, ob die schwingfähige Einheit von der Flüssigkeit bedeckt ist oder frei schwingt. Diese beiden Zustände, der Freizustand und der Bedecktzustand, werden dabei beispielsweise anhand unterschiedlicher Resonanzfrequenzen, also einer Frequenzverschiebung, bei Vorliegen einer vorgebbaren Phasenverschiebung zwischen Anregesignal und Empfangssignal, unterschieden. Die Dichte und/oder Viskosität wiederum lassen sich mit einem derartigen Messgerät nur ermitteln, wenn die schwingfähige Einheit vom Medium bedeckt ist. Für die Bestimmung der Dichte und/oder Viskosität geeignete vibronische Sensoren und entsprechende Messprinzipien sind beispielsweise aus den Dokumenten DE10057974A1, DE102006033819A1, DE10050299A1, oder auch DE102007043811A1 bekannt geworden.

Um das zuverlässige Arbeiten eines vibronischen Sensor gewährleisten zu können, sind aus dem Stand der Technik ferner verschiedene Verfahren bekannt geworden, mittels welcher Aussagen über den Zustand eines vibronischen Sensors getroffen werden können. Aus der

DE102005036409A1 ist beispielsweise eine Möglichkeit zur Überwachung der Qualität eines vibronischen Sensors bekannt geworden. Eine Messvorrichtung umfasst mindestens eine Leistungsmesseinheit, welche den Energiebedarf der Anrege-/Empfangseinheit zumindest für den Fall von Resonanzschwingungen überwacht. Hierdurch lässt sich eine Aussage über die Güte des vibronischen Sensors machen. Je höher die Güte, desto weniger Energie wird zur Anregung von Resonanzschwingungen benötigt. Steigt also der Energiebedarf zur Anregung von Resonanzschwingungen während eines vorgebbaren Zeitraums an, oder übersteigt die während der Fertigung des Sensors ermittelte Güte einen vorgebbaren Grenzwert, so kann auf einen Defekt, das Vorliegen von Ansatz im Bereich der schwingfähigen Einheit oder ähnliches geschlossen werden.

Aus der DE102007008669A1 ist wiederum ein vibronischer Sensor mit einer Elektronikeinheit bekannt geworden, der eine Phasemesseinheit, einen einstellbaren Phasenschieber und eine Phaseneinstelleinheit, welche die Einstellung der Phasenverschiebung zwischen Anregesignal und Empfangssignal regelt, umfasst. Steuerparameter können über die Betriebsdauer des Sensors in vorgebbaren Zeitabständen aktualisiert und hinterlegt werden. Ferner kann anhand eines Vergleichs zwischen hinterlegten Steuerparametern und aktuellen Steuerdaten eine Zustandsüberwachung vorgenommen werden.

Eine Möglichkeit zur Zustandsüberwachung eines elektromechanischen Resonators mit zumindest einem piezoelektrischen Element, insbesondere eines elektromechanischen Resonators eines vibronischen Sensors, ist in der bisher unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 102016120326.2 beschrieben. Anhand eines Verstärkungsfaktors und einer mechanischen Güte des elektromechanischen Resonators wird eine elektromechanische Effizienz des Resonators bestimmt, aus welcher verschiedene Aussagen über den Zustand des Resonators gewonnen werden können, beispielsweise über das Schwingungsverhalten, oder die Alterung des Resonators oder ähnliches

Ausgehend vom Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Diagnosemöglichkeiten bezüglich eines vibronischen Sensors zu erweitern.

Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße eines Mediums mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit und zumindest einer Antriebs-/Empfangseinheit mit zumindest einem piezoelektrischen Element nach Anspruch 1, sowie durch die Vorrichtung zur Bestimmung zumindest einer Prozessgröße eines Mediums nach Anspruch 15.

Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst folgende Verfahrensschritte:

- Ermitteln einer Kapazität des piezoelektrischen Elements
- Vergleichen der Kapazität mit einem ersten vorgebbaren Kapazitätswert,
- Ermitteln eines Zustandsindikators aus dem Vergleich, und
- Ausgeben einer Meldung über den Zustand.

5

Im fortlaufenden Betrieb eines vibronischen Sensors wird die schwingfähige Einheit mittels der Antriebs-/Empfangseinheit über ein elektrisches Anregesignal zu mechanischen Schwingungen angeregt und die mechanischen Schwingungen der schwingfähigen Einheit über ein elektrisches Empfangssignal empfangen. Aus dem Empfangssignal neben der jeweiligen Prozessgröße, welche
10 mittels des Sensors bestimmt und/oder überwacht wird, kann auch ein Wert für die Kapazität des piezoelektrischen Elements ermittelt werden. Die Kapazität ist wiederum ein Maß für die Polarisierung des piezoelektrischen Elements, und damit einhergehend für die Güte der elektromechanischen Wandlung. Wird an ein piezoelektrisches Element eine elektrische Spannung angelegt, so bewirkt diese Spannung eine mechanische Deformation des piezoelektrischen Elements. Umgekehrt bewirkt
15 eine mechanische Deformation des piezoelektrischen Elements eine Polarisierung desselben.

Die Polarisierung eines piezoelektrischen Elements hängt jeweils vom Zustand desselben ab. Beispielsweise beeinflussen eine Alterung oder auch die Temperatur des piezoelektrischen Elements die Polarisierung maßgeblich. Oberhalb der sogenannten Curie-Temperatur, welche
20 charakteristisch für das jeweilige piezoelektrische Material ist, findet beispielsweise eine vollständige Depolarisierung des piezoelektrischen Elements statt. Aber auch schon Temperaturen, welche geringfügig unterhalb der Curie-Temperatur liegen, führen zu einer teilweise permanenten Depolarisierung des piezoelektrischen Elements. Als Alterung bezeichnet man dagegen das Bestreben eines piezoelektrischen Elements, seinen unverformten Gitterzustand wiederherstellen zu
25 wollen. Dies äußert sich in einer kontinuierlichen Abnahme der remanenten Polarisierung.

Anhand der Kapazität lässt sich also vorteilhaft eine Aussage über die Polarisierung des piezoelektrischen Elements treffen, und damit einhergehend über das piezoelektrische Element und/oder das Schwingungsverhalten des Sensors, welches in hohem Maße von der Güte der
30 elektromechanischen Wandlung abhängt.

Beispielsweise kann ermittelt werden, ob eine Abweichung der gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren bestimmten Kapazität, bzw. eines ermittelten Wertes für diese Kapazität, und dem ersten vorgebbaren Kapazitätswert einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet. Überschreitet die
35 Abweichung den Grenzwert, so wird eine Meldung über den Zustand des Sensors generiert. Ebenso ist es denkbar, eine Abweichung zweier ermittelter Werte für die Kapazität zu zwei verschiedenen Zeitpunkten miteinander zu vergleichen und im Falle einer Änderung der Kapazität mit der Zeit,

insbesondere über einen vorgebbaren Grenzwert hinaus, eine Meldung über den Zustand des Sensors zu generieren. Der vorgebbare Grenzwert kann beispielsweise ein Messwert für die Kapazität im voll funktionsfähigen Zustand des piezoelektrischen Elements, beispielsweise im Auslieferungszustand, sein.

5

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung können dabei unterschiedliche Zustandsindikatoren ermittelt werden. Einige beispielhafte, bevorzugte Ausführungen sind in den nachfolgend beschriebenen bevorzugten Ausgestaltungen wiedergegeben.

10 In einer Ausgestaltung des Verfahrens handelt es sich bei dem Zustandsindikator um eine Aussage über eine, insbesondere mögliche, Schädigung, bzw. einen Defekt, des zumindest einen piezoelektrischen Elements. Es kann sich einerseits um eine Schädigung mit mechanischer Ursache handeln. Ebenso kann es sich aber um eine temperaturbedingte Schädigung, oder um eine Schädigung aufgrund einer Alterung des piezoelektrischen Elements handeln.

15

Eine Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass die Kapazität als Funktion der Temperatur ermittelt wird. Die Kapazität des piezoelektrischen Elements ist, wie bereits erwähnt, eine Funktion der Temperatur. Indem die Kapazität als Funktion der Temperatur ermittelt wird, kann auf eine zumindest teilweise permanente Depolarisierung des piezoelektrischen Elements beispielsweise
20 aufgrund zumindest zeitweise zu hoher Betriebstemperaturen und/oder Alterung geschlossen werden.

20

Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass ein Schwellenwert für die Kapazität und/oder ein Grenzwert für die Temperatur jeweils des zumindest einen piezoelektrischen Elements
25 ermittelt wird, ab welchem Schwellenwert und/oder Grenzwert eine Schädigung des zumindest einen piezoelektrischen Elements festgestellt wird. Der Grenzwert der Temperatur wird insbesondere derart gewählt, dass er unterhalb der Curie-Temperatur liegt. Der Schwellenwert für die Kapazität wird wiederum bevorzugt derart gewählt, dass es sich bei dem Schwellenwert um die Kapazität des piezoelektrischen Elements bei dem Grenzwert für die Temperatur handelt.

30

In dieser Hinsicht ist es von Vorteil, wenn der erste vorgebbare Kapazitätswert derart gewählt wird, dass er dem Schwellenwert entspricht.

35

Es ist ebenso von Vorteil, wenn im Falle des Erreichens eines zweiten vorgebbaren Kapazitätswerts eine Warnung über eine potentielle Schädigung des zumindest einen piezoelektrischen Elements ausgegeben wird, wobei der zweite vorgebbare Kapazitätswerts derart gewählt wird, dass er unterhalb des Schwellenwerts liegt. Die Kapazität wird also zusätzlich mit einem zweiten

vorgebbaren Kapazitätswert verglichen, welcher insbesondere kleiner als der erste vorgebbare Kapazitätswert ist. Beispielsweise kann auf diese Weise ein Temperatur-Grenzbereich für die Verwendung der Vorrichtung definiert werden. Zwischen dem ersten und zweiten vorgebbaren Kapazitätswert kann die Vorrichtung zwar zumindest noch zeitweise betrieben werden, eine
5 Schädigung, beispielsweise bedingt durch die Verwendung der Vorrichtung bei einer hohen Temperatur, insbesondere einer Temperatur nahe der Curie-Temperatur, kann aber nicht mehr vollständig ausgeschlossen werden.

10 In einer Ausgestaltung des Verfahrens wird eine Temperatur der Vorrichtung und/oder des Mediums ermittelt. Es kann dann beispielsweise angenommen werden, dass die Temperatur des Mediums und/oder der Vorrichtung der Temperatur des piezoelektrischen Elements entspricht.

Hierbei ist es von Vorteil, wenn die Temperatur anhand der ermittelten Kapazität bestimmt wird. Dies kann beispielsweise anhand einer Referenzkurve geschehen, in welcher die Kapazität als Funktion
15 der Temperatur dargestellt ist. Die Referenzkurve kann dabei beispielsweise in einer Elektronik der Vorrichtung beispielsweise hinterlegt sein.

Ebenso ist es von Vorteil, wenn die Temperatur mittels eines Temperatursensors gemessen wird. Der Temperatursensor kann in einem separaten Messgerät integriert, oder Teil der Vorrichtung sein.
20

Eine Ausgestaltung beinhaltet ferner, dass die Temperatur mittels des Temperatursensors gemessen und anhand der ermittelten Kapazität bestimmt wird, wobei die mittels des Temperatursensors gemessene Temperatur mit der anhand der Kapazität bestimmten Temperatur verglichen wird.
25

Hierbei ist es von Vorteil, wenn im Falle einer Abweichung zwischen der mittels des Temperatursensors gemessenen Temperatur mit der anhand der Kapazität bestimmten Temperatur über einen vorgebbaren Temperatur-Grenzwert hinaus eine Meldung, insbesondere über den Zustand des Temperatursensors, ausgegeben wird. Es kann also mittels des erfindungsgemäßen
30 Verfahrens auch ein weiterer Temperatursensor überwacht werden, oder es kann eine gegenseitige Überwachung des Temperatursensors und der Vorrichtung vorgenommen werden.

In einer Ausgestaltung handelt es sich bei dem Zustandsindikator um eine Aussage über eine Alterung des zumindest einen piezoelektrischen Elements.
35

In einer weiteren Ausgestaltung handelt es sich bei dem Zustandsindikator um eine Aussage über eine Polarisierung des zumindest einen piezoelektrischen Elements.

Noch eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Meldung über den Zustand erst nach einem vorgebbaren Zeitintervall ausgegeben wird, welches anhand der Kapazität und/oder Temperatur bestimmt wird. Im Falle, dass es beispielsweise vorgesehen ist, den Sensor bei hohen Temperaturen einzusetzen, ist eine Überwachung des Zustands des piezoelektrischen Elements besonders wichtig. Um eine schleichend eintretende Schädigung zu vermeiden, sollte eine Zeitdauer für den Betrieb in Abhängigkeit der gemessenen Kapazität begrenzt werden. Beispielsweise kann ein derartiges Vorgehen in Zusammenhang mit der Angabe des zweiten vorgebbaren Grenzwertes sinnvoll sein. In diesem Falle wird das Betreiben der Vorrichtung insbesondere in einem Grenzbereich zwischen dem ersten und zweiten vorgebbaren Grenzwert bzw. den diesen Grenzwerten entsprechenden Temperaturen zeitlich begrenzt.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird ferner gelöst durch eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße eines Mediums mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit und zumindest einer Antriebs-/Empfangseinheit mit zumindest einem piezoelektrischen Element, welche Vorrichtung zur Durchführung zumindest eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgestaltet ist.

In einer Ausgestaltung umfasst die Vorrichtung einen Temperatursensor zur Bestimmung der Temperatur der Vorrichtung und/oder des Mediums.

Es sei darauf verwiesen, dass die in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Ausgestaltungen sich mutatis mutandis auch auf die erfindungsgemäße Vorrichtung anwenden lassen.

Die Erfindung sowie ihre vorteilhaften Ausgestaltungen werden nachfolgend anhand der Figuren Fig. 1 – Fig. 2 näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1: eine schematische Skizze eines vibronischen Sensors, und

Fig. 2: ein schematisches Diagramm der Polarisierung eines piezoelektrischen Elements in Abhängigkeit der Temperatur.

In Fig. 1 ist ein vibronischer Sensor 1 gezeigt. Der Sensor verfügt über eine mechanisch schwingfähige Einheit 4 in Form einer Schwinggabel, welche zumindest teilweise und/oder zeitweise in ein Medium 2 eintaucht, welches sich in einem Behälter 3 befindet. Die schwingfähige Einheit 4 wird mittels der Anrege-/Empfangseinheit 5 mit zumindest einem piezoelektrischen Element zu mechanischen Schwingungen angeregt, und kann beispielsweise durch einen piezoelektrischen

Stapel- oder Bimorphantrieb sein. Die Antriebs-/Empfangseinheit 5 ist üblicherweise stoffschlüssig und/oder kraftschlüssig mit der mechanisch schwingfähige Einheit 4 verbunden, beispielsweise ist sie auf die schwingfähige Einheit 4 aufgeklebt. Es ist sowohl möglich, eine einzige Antriebs-/Empfangseinheit 5 zu verwenden, welche zur Anregung der mechanischen Schwingungen sowie zu deren Detektion dient. Ebenso ist es aber denkbar, je eine Antriebseinheit und eine Empfangseinheit zu realisieren. Dargestellt ist in Fig. 1 ferner eine Elektronikeinheit 6, mittels welcher die Signalerfassung, -auswertung und/oder -speisung erfolgt.

Die schwingfähige Einheit 4 wird über die Antriebs-/Empfangseinheit 5 mittels eines elektrischen Anregesignals zu mechanischen Schwingungen angeregt. Umgekehrt werden die mechanischen Schwingungen der schwingfähigen Einheit 4 über die Antriebs-/Empfangseinheit 3 in Form eines elektrischen Empfangssignals empfangen und im Hinblick auf die jeweilige Prozessgröße ausgewertet. Dies geschieht in einer geeignet ausgestalteten Elektronikeinheit 6. Das Schwingungsverhalten der schwingfähigen Einheit 4, und damit einhergehend die Messgenauigkeit der Vorrichtung, hängen entscheidend von der Güte der elektromechanischen Wandlung der Antriebs-/Empfangseinheit 5 ab.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es nun, eine Zustandsüberwachung eines vibronischen Sensors 1 durchzuführen. Dabei kann eine Schädigung des piezoelektrischen Elements erkannt werden. Beispielsweise kann eine Polarisierung oder Alterung des piezoelektrischen Elements überwacht werden.

Erfindungsgemäß wird die Kapazität C des piezoelektrischen Elements bestimmt und mit einem ersten vorgebbaren Kapazitätswert $C_{ref,1}$ verglichen. Aus dem Vergleich wird dann ein Zustandsindikator ermittelt und eine Meldung über den Zustand ausgegeben. Die Meldung kann einerseits kontinuierlich zu jedem Zeitpunkt, zu dem das Verfahren durchgeführt wird, ausgegeben werden, oder nur in dem Fall, dass anhand des Vergleichs eine Schädigung des piezoelektrischen Elements tatsächlich auftritt.

Eine Änderung der Kapazität C kann beispielsweise durch eine Alterung des piezoelektrischen Elements bedingt sein. Wie bereits erwähnt, beschreibt die Alterung das Bestreben des piezoelektrischen Elements, seinen natürlichen, unverformten Gitterzustand wiederherzustellen. Dies äußert sich in einer kontinuierlichen Abnahme der remanenten Polarisierung des Elements.

Eine weitere Ursache für eine mögliche Schädigung des piezoelektrischen Elements besteht in der Verwendung des Elements bei hohen Temperaturen. Beim Überschreiten der Curie-Temperatur T_C findet eine vollständige Depolarisierung des piezoelektrischen Elements statt. Aber auch bereits bei

Temperaturen T unterhalb der Curie-Temperatur T_C kann es zu einer teilweise permanenten Depolarisation des piezoelektrischen Elements kommen.

5 Je nachdem, ob eine Änderung der ermittelten Kapazität C gegenüber dem ersten vorgebbaren Grenzwert $C_{ref,1}$ auf eine Temperaturänderung, insbesondere auf das Überschreiten einer bestimmten vorgebbaren Temperatur T zurückzuführen ist oder nicht, kann ferner unterschieden werden, ob eine Schädigung beispielsweise durch eine Alterung oder durch eine zu hohe Temperatur hervorgerufen worden ist.

10 Die Kapazität C eines piezoelektrischen Elements ist grundsätzlich von der Temperatur T abhängig. Ein schematischer Verlauf der Kapazität C als Funktion der Temperatur T ist in Fig. 2 dargestellt. Bei niedrigen Temperaturen T (hier bis ca. 200°C) steigt die Kapazität C im Wesentlichen linear mit der Temperatur T an. In diesem Bereich erfolgen Polarisation und Depolarisation des piezoelektrischen Elements aufgrund des piezoelektrischen Effekts im Wesentlichen reversibel (gestrichelte Linie).
15 Eine temperaturbedingte Schädigung des piezoelektrischen Elements ist in der Regel auszuschließen.

Bei höheren Temperaturen ($T > 200^\circ\text{C}$) dagegen tritt bereits zunehmen eine teilweise permanente Depolarisation auf, welche unter anderem vom jeweils verwendeten Material des piezoelektrischen
20 Elements abhängt. Diese Depolarisation führt zu einer verringerten Effektivität, bzw. Güte, der elektromechanischen Wandlung des piezoelektrischen Elements und damit einhergehend zu einer Verschlechterung des Schwingungsverhaltens und der Messgenauigkeit des Sensors 1. Ein dauerhafter Betrieb im irreversiblen Bereich sollte vermieden, oder zeitlich begrenzt werden.

25 Je nach Anwendung kann ein Schwellenwert für die Kapazität C_S und/oder ein Grenzwert für die Temperatur T_G jeweils des zumindest einen piezoelektrischen Elements ermittelt wird, ab welchem Schwellenwert C_S und/oder Grenzwert T_G eine Schädigung des zumindest einen piezoelektrischen Elements festgestellt wird. Dieser kann, wie im Falle der Fig. 2, in einem Übergangsbereich zwischen einem reversiblen Bereich, in welchem die Kapazität C linear mit der Temperatur T steigt,
30 und einem irreversiblen Bereich, in welchem die Kapazität C nicht linear mit der Temperatur steigt, liegen. Er kann aber auch in einem dieser beiden Bereiche liegen. Jedoch sollte der Grenzwert nicht zu nahe an der Kapazität entsprechend der Curie-Temperatur T_C liegen, bei welcher eine vollständige Depolarisation eintritt.

35 Der erste vorgebbare Kapazitätswert $C_{ref,1}$ ist für die hier gezeigte Ausgestaltung denn so gewählt, dass er dem Schwellenwert C_S entspricht. In Fig. 2 nicht eingezeichnet ist ein optional festlegbarer zweiter vorgebbarer Grenzwert $C_{ref,2}$ für die Kapazität, bei dessen Erreichen eine Meldung über eine

potentielle Schädigung ausgegeben werden kann. Üblicherweise wird der zweite vorgebbare Grenzwert $C_{\text{ref},2}$ derart gewählt, dass er kleiner als der erste vorgebbare Grenzwert $C_{\text{ref},1}$ für die Kapazität ist.

Bezugszeichenliste

	1	Vibronischer Sensor
	2	Medium
5	3	Behältnis
	4	Schwingfähige Einheit
	5	Antriebs-/Empfangseinheit
	6	Elektronikeinheit
10	A _A	Amplitude des Anregesignal
	A _E	Amplitude des Empfangssignals
	C	Kapazität
	C _{ref,1} , C _{ref,2}	erster, zweiter vorgebbbarer Grenzwert für die Kapazität
	C _S	Schwellenwert für die Kapazität
15	T	Temperatur
	T _C	Curie-Temperatur
	T _G	Grenzwert für die Temperatur
20		

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Zustandsüberwachung einer Vorrichtung (1) zur Bestimmung und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße eines Mediums (2) mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit (4) und zumindest einer Antriebs-/Empfangseinheit (5) mit zumindest einem piezoelektrischen Element, umfassend folgende Verfahrensschritte:
- Bestimmen einer Kapazität (C) des piezoelektrischen Elements
 - Vergleichen der Kapazität (C) mit einem ersten vorgebbaren Kapazitätswert ($C_{ref,1}$),
 - Ermitteln eines Zustandsindikators aus dem Vergleich, und
 - 10 - Ausgeben einer Meldung über den Zustand.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei es sich bei dem Zustandsindikator um eine Aussage über eine, insbesondere mögliche, Schädigung des zumindest einen piezoelektrischen Elements handelt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kapazität (C) als Funktion der Temperatur (T) ermittelt wird.
- 20 4. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei ein Schwellenwert für die Kapazität (C_S) und/oder ein Grenzwert für die Temperatur (T_G) jeweils des zumindest einen piezoelektrischen Elements ermittelt wird, ab welchem Schwellenwert (C_S) und/oder Grenzwert (T_G) eine Schädigung des zumindest einen piezoelektrischen Elements festgestellt wird.
- 25 5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der erste vorgebbare Kapazitätswert ($C_{ref,1}$) derart gewählt wird, dass er dem Schwellenwert (C_S) entspricht.
- 30 6. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei im Falle des Erreichens eines zweiten vorgebbaren Kapazitätswerts ($C_{ref,2}$) eine Warnung über eine potentielle Schädigung des zumindest einen piezoelektrischen Elements ausgegeben wird, und wobei der zweite vorgebbare Kapazitätswert ($C_{ref,2}$) derart gewählt wird, dass er unterhalb des Schwellenwerts (C_S) liegt.
- 35 7. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Temperatur (T) der Vorrichtung (1) und/oder des Mediums (2) ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,
wobei die Temperatur (T) anhand der ermittelten Kapazität (C) bestimmt wird.
- 5 9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8,
wobei die Temperatur (T) mittels eines Temperatursensors, gemessen wird.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 8 und 9,
wobei die Temperatur (T) mittels des Temperatursensors gemessen und anhand der
ermittelten Kapazität (C) bestimmt wird, und wobei die mittels des Temperatursensors
gemessene Temperatur (T) mit der anhand der Kapazität (C) bestimmten Temperatur (T)
verglichen wird.
- 15 11. Verfahren nach Anspruch 10,
wobei im Falle einer Abweichung zwischen der mittels des Temperatursensors gemessene
Temperatur (T) mit der anhand der Kapazität (C) bestimmten Temperatur (T) über einen
vorgebbaren Temperatur-Grenzwert hinaus eine Meldung, insbesondere über den Zustand
des Temperatursensors, ausgegeben wird.
- 20 12. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
wobei es sich bei dem Zustandsindikator um eine Aussage über eine Alterung des
zumindest einen piezoelektrischen Elements handelt.
- 25 13. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
wobei es sich bei dem Zustandsindikator um eine Aussage über eine Polarisation des
zumindest einen piezoelektrischen Elements handelt.
- 30 14. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
wobei die Meldung über den Zustand erst nach einem vorgebbaren Zeitintervall ausgegeben
wird, welches anhand der Kapazität (C) und/oder Temperatur (T) bestimmt wird.
- 35 15. Vorrichtung (1) zur Bestimmung und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße
eines Mediums (2) mit einer mechanisch schwingfähigen Einheit (4) und zumindest einer
Antriebs-/Empfangseinheit (5) mit zumindest einem piezoelektrischen Element, welche
Vorrichtung (1) zur Durchführung eines Verfahrens nach zumindest einem der vorherigen
Ansprüche ausgestaltet ist.

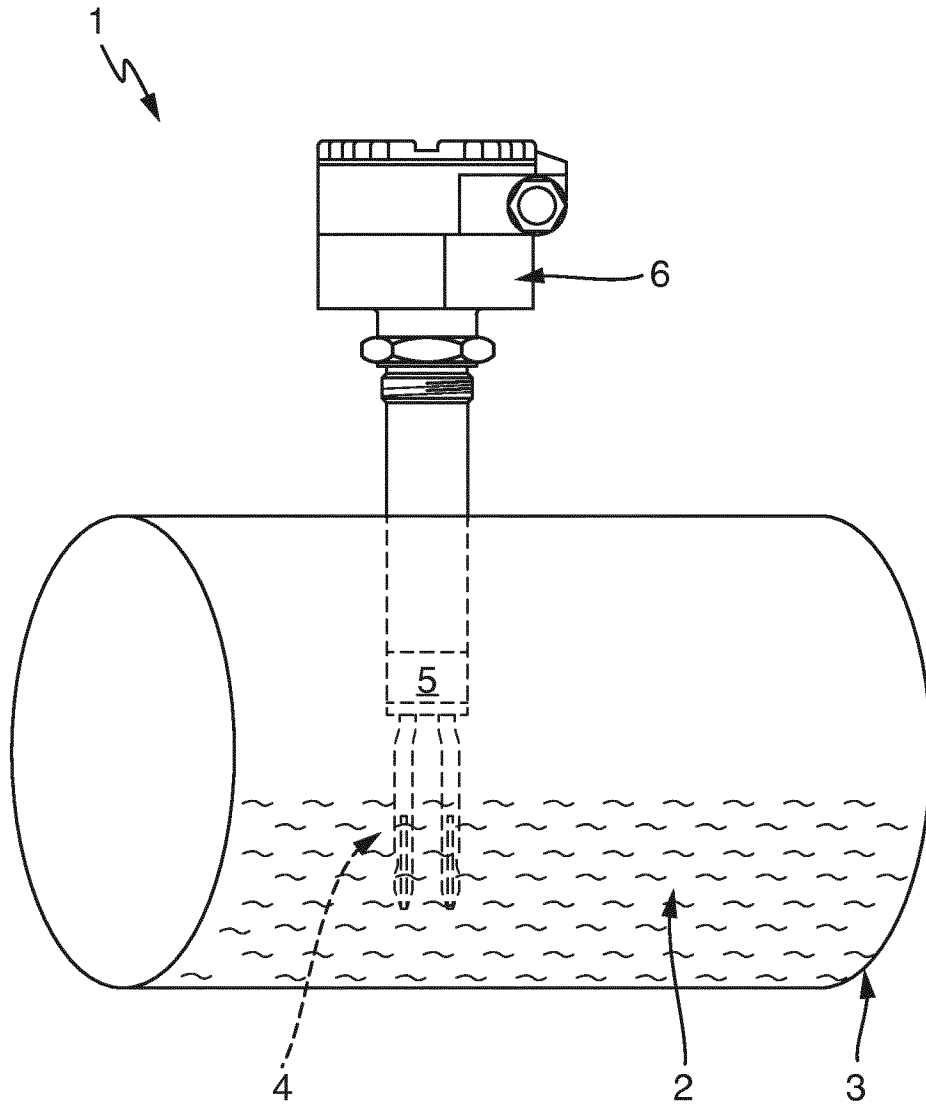


Fig. 1

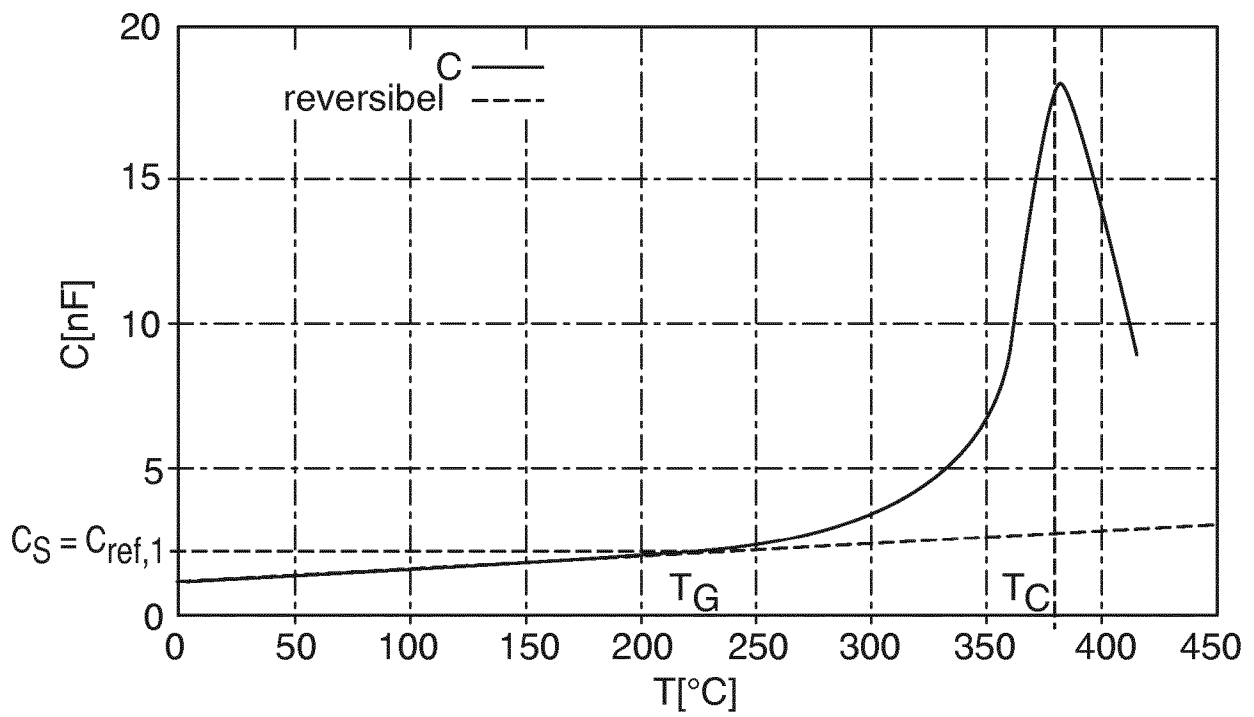


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2018/083168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G01F 25/00</i> (2006.01)i; <i>G01F 23/296</i> (2006.01)i; <i>G01N 9/00</i> (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.
X	WO 2007101461 A1 (GRIESHABER VEGA KG [DE]; WOEHRLE SIEGBERT [DE]) 13 September 2007 (2007-09-13) page 1, line 5 - line 7 page 1, line 17 page 1, line 33 page 3, line 36 page 13, line 13 - line 29 page 4, line 15 - line 36	1-15
X	DE 102008032887 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG [DE]) 21 January 2010 (2010-01-21) abstract paragraph [0011] paragraph [0016] paragraph [0014] - paragraph [0015]	1,15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 27 February 2019		Date of mailing of the international search report 19 March 2019
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Régert, Tamás Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002140441 A1 (RAFFALT FELIX [DE] ET AL) 03 October 2002 (2002-10-03) abstract paragraph [0016] paragraph [0025] paragraph [0026] paragraph [0028]	1,15
A	DE 19805184 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 August 1999 (1999-08-12) column 2, line 35 - line 46 column 7, line 9 - line 21	3,8-12
A	WO 2017097528 A1 (ENDRESS+HAUSER GMBH+CO KG [DE]) 15 June 2017 (2017-06-15) page 8, line 28 - line 31	13
A	EP 1624291 A2 (GRIESHABER VEGA KG [DE]) 08 February 2006 (2006-02-08) figure 1	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2018/083168

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2007101461	A1	13 September 2007	CN	101375139	A	25 February 2009
				DE	102006009763	A1	06 September 2007
				EP	1989521	A1	12 November 2008
				WO	2007101461	A1	13 September 2007

DE	102008032887	A1	21 January 2010	DE	102008032887	A1	21 January 2010
				WO	2010006896	A1	21 January 2010

US	2002140441	A1	03 October 2002	DE	10023305	A1	29 November 2001
				EP	1156305	A2	21 November 2001
				US	2002140441	A1	03 October 2002

DE	19805184	A1	12 August 1999	CN	1256011	A	07 June 2000
				DE	19805184	A1	12 August 1999
				EP	0983614	A1	08 March 2000
				JP	2001522539	A	13 November 2001
				KR	20010006097	A	26 January 2001
				WO	9941790	A1	19 August 1999

WO	2017097528	A1	15 June 2017	CN	108369128	A	03 August 2018
				DE	102015121621	A1	14 June 2017
				EP	3387394	A1	17 October 2018
				US	2018372534	A1	27 December 2018
				WO	2017097528	A1	15 June 2017

EP	1624291	A2	08 February 2006	AU	2005203395	A1	16 February 2006
				CN	1749707	A	22 March 2006
				EP	1624291	A2	08 February 2006
				ES	2395934	T3	18 February 2013
				RU	2378623	C2	10 January 2010
				US	2006053863	A1	16 March 2006

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01F25/00 G01F23/296 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.
X	WO 2007/101461 A1 (GRIESHABER VEGA KG [DE]; WOHRLE SIEGBERT [DE]) 13. September 2007 (2007-09-13) Seite 1, Zeile 5 - Zeile 7 Seite 1, Zeile 17 Seite 1, Zeile 33 Seite 3, Zeile 36 Seite 13, Zeile 13 - Zeile 29 Seite 4, Zeile 15 - Zeile 36 -----	1-15
X	DE 10 2008 032887 A1 (ENDRESS & HAUSER GMBH & CO KG [DE]) 21. Januar 2010 (2010-01-21) Zusammenfassung Absatz [0011] Absatz [0016] Absatz [0014] - Absatz [0015] ----- -/--	1,15
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
27. Februar 2019		19/03/2019
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 Régert, Tamás

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2002/140441 A1 (RAFFALT FELIX [DE] ET AL) 3. Oktober 2002 (2002-10-03) Zusammenfassung Absatz [0016] Absatz [0025] Absatz [0026] Absatz [0028] -----	1,15
A	DE 198 05 184 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. August 1999 (1999-08-12) Spalte 2, Zeile 35 - Zeile 46 Spalte 7, Zeile 9 - Zeile 21 -----	3,8-12
A	WO 2017/097528 A1 (ENDRESS+HAUSER GMBH+CO KG [DE]) 15. Juni 2017 (2017-06-15) Seite 8, Zeile 28 - Zeile 31 -----	13
A	EP 1 624 291 A2 (GRIESHABER VEGA KG [DE]) 8. Februar 2006 (2006-02-08) Abbildung 1 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/083168

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007101461 A1	13-09-2007	CN 101375139 A	25-02-2009
		DE 102006009763 A1	06-09-2007
		EP 1989521 A1	12-11-2008
		WO 2007101461 A1	13-09-2007

DE 102008032887 A1	21-01-2010	DE 102008032887 A1	21-01-2010
		WO 2010006896 A1	21-01-2010

US 2002140441 A1	03-10-2002	DE 10023305 A1	29-11-2001
		EP 1156305 A2	21-11-2001
		US 2002140441 A1	03-10-2002

DE 19805184 A1	12-08-1999	CN 1256011 A	07-06-2000
		DE 19805184 A1	12-08-1999
		EP 0983614 A1	08-03-2000
		JP 2001522539 A	13-11-2001
		KR 20010006097 A	26-01-2001
		WO 9941790 A1	19-08-1999

WO 2017097528 A1	15-06-2017	CN 108369128 A	03-08-2018
		DE 102015121621 A1	14-06-2017
		EP 3387394 A1	17-10-2018
		US 2018372534 A1	27-12-2018
		WO 2017097528 A1	15-06-2017

EP 1624291 A2	08-02-2006	AU 2005203395 A1	16-02-2006
		CN 1749707 A	22-03-2006
		EP 1624291 A2	08-02-2006
		ES 2395934 T3	18-02-2013
		RU 2378623 C2	10-01-2010
		US 2006053863 A1	16-03-2006
