



(10) **DE 10 2018 127 526 A1** 2020.05.07

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 127 526.9**
(22) Anmeldetag: **05.11.2018**
(43) Offenlegungstag: **07.05.2020**

(51) Int Cl.: **G01F 23/28** (2006.01)
G01F 23/296 (2006.01)
G01N 11/16 (2006.01)
G01N 9/00 (2006.01)

(71) Anmelder:
Endress+Hauser SE+Co. KG, 79689 Maulburg, DE

(74) Vertreter:
Andres, Angelika, Dipl.-Phys., 79576 Weil am Rhein, DE

(72) Erfinder:
Lopatin, Sergey, Dr., 79540 Lörrach, DE;
Schleiferböck, Jan, 79595 Rümplingen, DE;
Brengartner, Tobias, Dr., 79312 Emmendingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	103 50 084	A1
DE	103 50 086	A1
DE	10 2012 100 728	A1
DE	10 2015 112 055	A1
DE	10 2015 112 543	A1
DE	10 2015 112 544	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

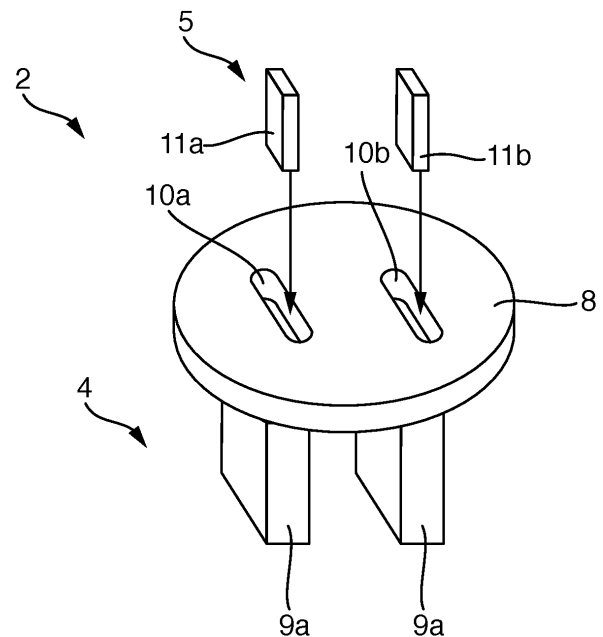
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vibronischer Multisensor**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung und/oder Überwachung von zumindest zwei verschiedenen Prozessgrößen (P_1 , P_2) eines Mediums (M), wobei

- eine Sensoreinheit (2) mittels eines Anregesignals (A) zu mechanischen Schwingungen angeregt wird,
- die mechanischen Schwingungen von der Sensoreinheit (2) empfangen und in ein erstes Empfangssignal (E_A) umgewandelt werden,
- von der Sensoreinheit (2) ein Sendesignal (S) ausgesendet und ein zweites Empfangssignal (E_S) empfangen wird, und
- anhand des ersten Empfangssignals (E_A) eine erste Prozessgröße (P_1) und anhand des zweiten Empfangssignals (E_S) eine zweite Prozessgröße (P_2) ermittelt wird.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgestaltete Vorrichtung (1).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung und/oder Überwachung von zumindest zwei verschiedenen Prozessgrößen eines Mediums mittels einer Vorrichtung umfassend eine Sensoreinheit mit zumindest einer mechanisch schwingfähigen Einheit und einem ersten und einem zweiten piezoelektrischen Element. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung, welche zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens ausgestaltet ist. Das Medium befindet sich in einem Behältnis, beispielsweise in einem Behälter oder in einer Rohrleitung.

[0002] Vibronische Sensoren finden vielfach Anwendung in der Prozess- und/oder Automatisierungstechnik. Im Falle von Füllstandsmessgeräten weisen sie zumindest eine mechanisch schwingfähige Einheit, wie beispielsweise eine Schwinggabel, einen Einstab oder eine Membran auf. Diese wird im Betrieb mittels einer Antriebs-/Empfangseinheit, häufig in Form einer elektromechanischen Wandlereinheit, zu mechanischen Schwingungen angeregt, welche wiederum beispielsweise ein piezoelektrischer Antrieb oder ein elektromagnetischer Antrieb sein kann. Entsprechende Feldgeräte werden von der Anmelderin in großer Vielfalt hergestellt und beispielsweise unter der Bezeichnung LIQUIPHANT oder SOLIPHANT 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 und eine separate Empfangseinheit, oder um eine kombinierte Antriebs-/Empfangseinheit.

[0003] 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 der Verstärkungsfaktor ≥ 1 ist und alle im Schwingkreis auftretenden Phasen ein Vielfaches von 360° ergeben, erfüllt sein. Zur Anregung und Erfüllung der Schwingkreisbedingung muss eine bestimmte Phasenverschiebung zwischen dem Anregesignal und dem Empfangssignal gewährleistet sein. Deshalb wird häufig ein vorgegebener 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 Lösun-

gen, sowohl analoge als auch digitale Verfahren, bekannt geworden, wie beispielsweise in den Dokumenten DE102006034105A1, DE102007013557A1, DE102005015547A1, DE102009026685A1, DE102009028022A1, DE102010030982A1 oder DE00102010030982A1 beschrieben.

[0004] Sowohl das Anregesignal als auch das Empfangssignal sind charakterisiert durch ihre Frequenz ω , Amplitude A und/oder Phase Φ . Entsprechend werden Änderungen in diesen Größen üblicherweise zur Bestimmung der jeweiligen Prozessgröße herangezogen. Bei der Prozessgröße kann es sich beispielsweise um einen Füllstand, einen vorgegebenen Füllstand, oder auch um die Dichte oder die Viskosität des Mediums, sowie um den Durchfluss handeln. Bei einem vibronischen Grenzstandschalters 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 anhand einer Frequenzverschiebung, unterschieden.

[0005] Die Dichte und/oder Viskosität wiederum lassen sich mit einem derartigen Messgerät nur ermitteln, wenn die schwingfähige Einheit vom Medium bedeckt ist. Im Zusammenhang mit der Bestimmung der Dichte und/oder Viskosität sind ebenfalls unterschiedliche Möglichkeiten aus dem Stand der Technik bekannt geworden, wie beispielsweise die in den Dokumenten DE10050299A1, DE102007043811A1, DE10057974A1, DE102006033819A1, DE102015102834A1 oder DE102016112743A1 offenbaren.

[0006] Mit einem vibronischen Sensor lassen sich entsprechend mehrere Prozessgrößen bestimmen und für eine Charakterisierung des jeweiligen Prozesses heranziehen. In vielen Fällen werden für eine umfassende Prozessüberwachung und/oder -kontrolle allerdings weitere Informationen über den Prozess, insbesondere Kenntnis über weitere physikalische und/oder chemische Prozessgrößen und/oder -parameter benötigt. Dies kann beispielsweise durch die Integration weiterer Feldgeräte in den jeweiligen Prozess erreicht werden. Dann können die von den verschiedenen Messgeräten zur Verfügung gestellten Messwerte in einer den Geräten übergeordneten Einheit geeignet weiterverarbeitet werden.

[0007] Nun ist es aber so, dass die unterschiedlichen Messgeräte zum einen über unterschiedliche Messgenauigkeiten verfügen. Darüber hinaus können Drift- und/oder Alterungseffekte jeweils sehr unterschiedlich sein. Solche Effekte können aber die jeweilige Messung bzw. Prozessüberwachung und/oder -kontrolle erheblich erschweren bzw. ungenau machen. Darüber hinaus kann es schwierig sein, den

jeweiligen Zustand der einzelnen Feldgeräte jeweils im fortlaufenden Betrieb festzustellen.

[0008] Somit liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die Funktionalität eines vibronischen Sensors zu erweitern.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst durch das Verfahren nach Anspruch 1 sowie durch die Vorrichtung nach Anspruch 13.

[0010] Hinsichtlich des Verfahrens wird die Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Bestimmung und/oder Überwachung von zumindest zwei verschiedenen Prozessgrößen eines Mediums, wobei

- eine Sensoreinheit mittels eines Anregesignals zu mechanischen Schwingungen angeregt wird,
- die mechanischen Schwingungen von der Sensoreinheit empfangen und in ein erstes Empfangssignal umgewandelt werden,
- von der Sensoreinheit ein Sendesignal ausgesendet und ein zweites Empfangssignal empfangen wird, und
- anhand des ersten Empfangssignals eine erste Prozessgröße und anhand des zweiten Empfangssignals eine zweite Prozessgröße ermittelt wird.

[0011] Die Sensoreinheit ist Teil einer Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung von zumindest zwei verschiedenen Prozessgrößen eines Mediums und umfasst eine mechanisch schwingfähige Einheit sowie zumindest ein erstes und ein zweites piezoelektrisches Element. Bei der mechanisch schwingfähigen Einheit handelt es sich beispielsweise um eine Membran, einen Einstab, eine Anordnung von zumindest zwei Schwingelementen, oder um eine Schwinggabel. Die beiden piezoelektrischen Elemente können darüber hinaus zumindest teilweise als Antriebs-/Empfangseinheit zur Erzeugung der mechanischen Schwingungen der mechanisch schwingfähigen Einheit dienen.

[0012] Das Sendesignal kann ferner von einem der beiden piezoelektrischen Elemente ausgesendet und von dem jeweils anderen piezoelektrischen Element in Form des zweiten Empfangssignals empfangen werden. Das Sendesignal durchläuft zumindest zeitweise und abschnittsweise das Medium und wird durch die physikalischen und/oder chemischen Eigenschaften des Mediums beeinflusst und kann entsprechend zur Bestimmung einer zweiten Prozessgröße des Mediums herangezogen werden.

[0013] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist es vorteilhaft möglich, zumindest zwei Messprinzipien in einer einzigen Vorrichtung zu realisieren. Die Sensoreinheit führt einerseits mechanische Schwingungen

aus; zudem wird ein Sendesignal ausgesendet. In Reaktion auf die mechanischen Schwingungen und auf das Sendesignal werden zwei Empfangssignale empfangen und hinsichtlich zumindest zwei unterschiedlicher Prozessgrößen ausgewertet. Die beiden Empfangssignale können dabei vorteilhaft unabhängig voneinander ausgewertet werden. So kann erfindungsgemäß die Anzahl ermittelbarer Prozessgrößen deutlich erhöht werden, was zu einer höheren Funktionalität des jeweiligen Sensors bzw. in einem erweiterten Anwendungsbereich resultiert.

[0014] In einer Ausgestaltung der Erfindung wird die Sensoreinheit gleichzeitig mittels des Anregesignals und mittels des Sendesignals beaufschlagt wird, wobei das Anregesignal und das Sendesignal einander überlagert werden. Alternativ kann die Sensoreinheit aber auch abwechselnd mittels des Anregesignals und mittels des Sendesignals beaufschlagt werden.

[0015] Eine bevorzugte Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei dem Anregesignal um ein elektrisches Signal mit zumindest einer vorgebbaren Frequenz, insbesondere um ein sinusförmiges oder um ein rechteckförmiges Signal, handelt. Vorzugsweise wird die mechanisch schwingfähige Einheit zumindest zeitweise zu Resonanzschwingungen angeregt. Die mechanischen Schwingungen werden durch das die schwingfähige Einheit umgebende Medium beeinflusst, so dass anhand eines die Schwingungen repräsentierenden Empfangssignals Rückschlüsse auf verschiedene Eigenschaften des Mediums möglich sind.

[0016] Eine weitere besonders bevorzugte Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei dem Sendesignal um ein, insbesondere gepulstes, Ultraschallsignal, insbesondere um zumindest einen Ultraschallpuls, handelt. Als zweites angewendetes Messverfahren wird demnach im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Ultraschall-basierte Messung durchgeführt. Das jeweils ausgesendete Sendesignal durchläuft zumindest teilweise das Medium und wird von diesem in seinen Eigenschaften beeinflusst. Entsprechend können anhand des jeweils empfangenen zweiten Empfangssignals ebenfalls Rückschlüsse auf verschiedene Medien sind.

[0017] Vorteilhaft lassen sich mit den beiden angewendeten Verfahren zumindest teilweise unterschiedliche Prozessgrößen und/oder -parameter mit einer Vorrichtung unabhängig voneinander bestimmen, so dass eine umfassende Analyse des jeweiligen Prozesses mittels eines einzigen Messgeräts ermöglicht wird. Dadurch, dass dieselbe Sensoreinheit für beide Messverfahren zum Einsatz kommt, kann darüber hinaus die Genauigkeit der Messungen deutlich erhöht werden. Darüber hinaus kann anhand der beiden Prozessgrößen eine Zustandsüberwachung der Vorrichtung vorgenommen werden. In dieser Hin-

sicht sind zahlreiche Ausgestaltungen möglich, von denen einige bevorzugte Varianten nachfolgend angegeben werden.

[0018] Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung beinhaltet, dass es sich bei der ersten Prozessgröße um die Dichte des Mediums und bei der zweiten Prozessgröße um die Schallgeschwindigkeit innerhalb des Mediums oder eine daraus abgeleitete Größe handelt. Es wird also anhand des ersten Empfangssignals die Dichte des Mediums und anhand des zweiten Empfangssignals die Schallgeschwindigkeit innerhalb des Mediums bestimmt.

[0019] Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn zumindest eine dritte Prozessgröße, insbesondere die Viskosität, des Mediums bestimmt wird. Es versteht sich jedoch von selbst, dass neben den hier explizit genannten Prozessgrößen auch weitere Prozessgrößen und/oder -parameter, welche mittels der beiden durchgeführten Messungen zugänglich sind, ebenfalls bestimmt und für eine Charakterisierung des jeweiligen Prozesses herangezogen werden können.

[0020] In einer Ausgestaltung des Verfahrens wird anhand des ersten und zweiten Empfangssignals und/oder anhand der ersten und zweiten Prozessgröße ermittelt, ob sich ein Ansatz an der Sensoreinheit gebildet hat. Die beiden Empfangssignale verhalten sich üblicherweise jeweils unterschiedlich in Abhängigkeit eines Ansatzes im Bereich der Sensoreinheit. Das Vorhandensein eines Ansatzes kann entsprechend beispielsweise anhand einer zeitlichen Betrachtung der beiden Empfangssignale und/oder Prozessgrößen festgestellt werden.

[0021] In einer weiteren Ausgestaltung des Verfahrens wird anhand des ersten und zweiten Empfangssignals und/oder anhand der ersten und zweiten Prozessgröße eine Drift und/oder eine Alterung der Sensoreinheit ermittelt. Auch in diesem Zusammenhang kann beispielsweise eine zeitliche Betrachtung des ersten und zweiten Empfangssignals und/oder der ersten und zweiten Prozessgröße vorgenommen werden.

[0022] Eine besonders bevorzugte Ausgestaltung sieht vor, dass das erste und zweite Empfangssignal, die erste und zweite Prozessgröße und/oder ein zeitlicher Verlauf des ersten und zweiten Empfangssignals und/oder der ersten und zweiten Prozessgröße miteinander verglichen werden. Aus dem Vergleich kann dann auf das Vorhandensein eines Ansatzes, auf eine Drift oder eine Alterung der Sensoreinheit geschlossen werden. Da zumindest zwei Empfangssignale bzw. Prozessgrößen zugänglich sind, kann eine hohe Genauigkeit hinsichtlich der jeweils getroffenen Aussagen über einen Ansatz, eine Drift oder eine Alterung erzielt werden.

[0023] Durch die erfindungsgemäße Realisierung zweier unterschiedlicher Messungen mit einer einzigen Sensoreinheit kann entsprechend das Vorhandensein von Ansatz, oder auch eine Drift oder eine Alterung der Sensoreinheit zuverlässig erkannt werden.

[0024] In einer weiteren, besonders bevorzugten Ausgestaltung wird bei der Bestimmung und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße oder bei der Bestimmung einer aus zumindest einer Prozessgröße und/oder zumindest einem Empfangssignal abgeleiteten Größe ein Einfluss eines Ansatzes einer Drift und/oder einer Alterung der Sensoreinheit auf das erste und/oder zweite Empfangssignal reduziert oder kompensiert. Der Einfluss eines Ansatzes, einer Drift und/oder einer Alterung der Sensoreinheit kann demnach bei der Bestimmung und/oder Überwachung der jeweiligen Prozessgröße berücksichtigt werden, so dass die jeweilige Prozessgröße ohne auf dem Vorhandensein eines Ansatzes, einer Drift und/oder einer Alterung bestimmt werden kann. Zur Reduzierung oder zur Kompensation des Einflusses kann beispielsweise ein geeigneter Algorithmus hinterlegt werden, anhand dessen ein nicht durch den Einfluss des Ansatzes, der Drift und/oder einer Alterung der Sensoreinheit verfälschter Wert für die jeweilige Prozessgröße ermittelbar ist. Somit kann eine verbesserte Messgenauigkeit erreicht werden.

[0025] Noch eine besonders bevorzugte Ausgestaltung beinhaltet, dass anhand des ersten und zweiten Empfangssignals und/oder anhand der ersten und zweiten Prozessgröße eine erste Konzentration einer ersten in dem Medium enthaltenen Substanz und eine zweite Konzentration einer zweiten in dem Medium enthaltenen Substanz ermittelt wird. Gemäß Stand der Technik sind für eine derartige Analyse des Mediums auf zwei unterschiedliche Substanzen hin in der Regel zwei separate Messgeräte erforderlich, welche unterschiedliche Messgrößen bereitstellen. Erfindungsgemäß kann dagegen mittels einer einzigen Vorrichtung zuverlässig eine Aussage über zwei unterschiedliche Komponenten in einem Medium getätigt werden.

[0026] Eine bevorzugte Verwendung des Verfahrens betrifft die Überwachung eines Gärprozesses. Bei einer Gärung wird Zucker in Ethanol umgewandelt. Um eine qualitative Überwachung gewährleisten zu können, ist es deshalb erforderlich, sowohl die Konzentration von Zucker als auch von Ethanol zu bestimmen. Dies ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung möglich.

[0027] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird ferner gelöst durch eine Vorrichtung zur Bestimmung und/oder Überwachung einer ersten und einer zweiten Prozessgröße eines Mediums, welche Vorrichtung dazu ausgestaltet ist, ein Verfahren nach

zumindes einer der beschriebenen Ausgestaltungen auszuführen.

[0028] Es ist von Vorteil, wenn die Sensoreinheit eine mechanisch schwingfähige Einheit, ein erstes und ein zweites piezoelektrisches Element umfasst.

[0029] Ferner ist es von Vorteil, wenn die die mechanisch schwingfähige Einheit eine Schwinggabel mit einem ersten und einem zweiten Schwingelement ist, und wobei das erste piezoelektrische Element zumindest teilweise in dem ersten Schwingelement und das zweite piezoelektrische Element zumindest teilweise in dem zweiten Schwingelement angeordnet ist. Entsprechende Ausgestaltungen einer Sensoreinheit sind beispielsweise in den Dokumenten DE102012100728A1 sowie in der bisher unveröffentlichten deutschen Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 102017130527.0 beschrieben worden. Auf beide Anmeldungen wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung vollumfänglich Bezug genommen. Es sei darauf verwiesen, dass die vorliegende Erfindung jedoch nicht auf eine der in den beiden Dokumenten beschriebenen möglichen Ausgestaltungen der Sensoreinheit beschränkt ist. Hierbei handelt es sich nur um beispielhafte mögliche konstruktive Ausgestaltungen der Sensoreinheit, die sich zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignen.

[0030] Es sei ferner darauf verwiesen, dass die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschriebenen Ausgestaltungen sich mutatis mutandis auch auf die erfindungsgemäße Vorrichtung anwenden lassen und umgekehrt.

[0031] Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1: eine schematische Skizze eines vibronischen Sensors gemäß Stand der Technik,

Fig. 2 zwei mögliche an sich aus dem Stand der Technik bekannte Ausgestaltungen einer Sensoreinheit, welche zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet sind, und

Fig. 3 eine Illustrierung einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Detektion von Ansatz im Bereich der Sensoreinheit.

[0032] In den Figuren sind gleiche Elemente jeweils mit demselben Bezugszeichen versehen.

[0033] In **Fig. 1** ist ein vibronischer Sensor **1** mit einer Sensoreinheit **2** gezeigt. Der Sensor verfügt über eine mechanisch schwingfähige Einheit **4** in Form einer Schwinggabel, welche teilweise in ein Medium **M** eintaucht, welches sich in einem Behälter **3** befindet. Die schwingfähige Einheit **4** wird mittels der Anrege-/Empfangseinheit **5** zu mechanischen Schwingungen angeregt, und kann beispielsweise durch einen piezoelektrischen Stapel- oder Bimorphantrieb sein. An-

dere vibronische Sensoren verfügen beispielsweise über elektromagnetische Antriebs-/Empfangseinheiten **5**. 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 Elektronik-einheit **6**, mittels welcher die Signalerfassung, -auswertung und/oder -speisung erfolgt.

[0034] In **Fig. 2a** sind beispielhaft zwei verschiedene Sensoreinheiten **2** gezeigt, welche sich zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eignen. Die mechanisch schwingfähige Einheit **4** umfasst zwei an einer Basis **8** angebrachte Schwingelemente **9a,9b**, welche mithin auch als Gabelzinken bezeichnet werden. Optional kann an den Endseiten der beiden Schwingelemente **9a,9b** außerdem jeweils ein Paddel angeformt sein [hier nicht gezeigt]. In jeden der beiden Schwingelemente **9a,9b** ist jeweils ein, insbesondere taschenartiger, Hohlraum **10a, 10b** eingebracht, in welchem jeweils zumindest ein piezoelektrisches Element **11a, 11b** der Antriebs-/Empfangseinheit **5** angeordnet ist. Vorzugsweise sind die piezoelektrischen Elemente **11a** und **11b** innerhalb der Hohlräume **10a** und **10b** vergossen. Die Hohlräume **10a, 10b** können dabei so beschaffen sein, dass sich die beiden piezoelektrischen Elemente **11a, 11b** vollständig oder teilweise im Bereich der beiden Schwingelemente **9a, 9b** befinden. Eine solche sowie ähnliche Anordnungen sind in der DE102012100728A1 ausführlich beschrieben.

[0035] Eine weitere beispielhafte, mögliche Ausgestaltung einer Sensoreinheit **2** ist in **Fig. 2b** dargestellt. Die mechanisch schwingfähige Einheit **4** verfügt über zwei parallel zueinander ausgerichtete, hier stabförmig ausgestaltete, auf einem scheibenförmigen Element **12** angebrachte, Schwingelemente **9a, 9b**, welche getrennt voneinander zu mechanischen Schwingungen anregbar sind, und bei denen die Schwingungen ebenfalls getrennt voneinander empfangen und ausgewertet werden können. Beide Schwingelemente **9a** und **9b** weisen jeweils einen Hohlraum **10a** und **10b** auf, in welchen im dem scheibenförmigen Element **12** zugewandten Bereich jeweils zumindest ein piezoelektrisches Element **11a** und **11b** angeordnet ist. Bezüglich der Ausgestaltung gemäß **Fig. 2b** sei wiederum ferner auf in die bisher unveröffentlichte deutsche Patentanmeldung mit dem Aktenzeichen 102017130527.0 verwiesen.

[0036] Wie in **Fig. 2b** schematisch eingezeichnet, wird erfindungsgemäß die Sensoreinheit **2** einerseits mit einem Anregesignal **A** beaufschlagt, derart, dass die schwingfähige Einheit **4** zu mechanischen Schwingungen angeregt wird. Die Schwingungen werden dabei vermittle der beiden piezoelektrischen Elemente **11a** und **11b** erzeugt. Es ist sowohl

denkbar, dass beide piezoelektrischen Elemente mit demselben Anregesignal **A** beaufschlagt werden, als auch eine Beaufschlagung des ersten Schwingelements **11a** mittels eines ersten Anregesignals A_1 und des zweiten Schwingelements **11b** mittels eines zweiten Anregesignals A_2 . Ebenso ist es sowohl denkbar, dass anhand der mechanischen Schwingungen ein erstes Empfangssignal E_A , oder von jedem Schwingelement **9a,9b** ein separates Empfangssignal E_{A1} bzw. E_{A2} empfangen wird.

[0037] Darüber hinaus wird vom ersten piezoelektrischen Element **11a** ausgehend ein Sendesignal **S** ausgesendet, welches von dem zweiten piezoelektrischen Element **11b** in Form eines zweiten Empfangssignals E_S empfangen wird. Da die beiden piezoelektrischen Elemente **11a** und **11b** zumindest im Bereich der Schwingelemente **9a** und **9b** angeordnet sind, durchläuft das Sendesignal **S** das Medium **M**, sofern die Sensoreinheit **2** mit dem Medium **M** in Kontakt ist und wird entsprechend von den Eigenschaften des Mediums **M** beeinflusst. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Sendesignal **S** um ein, insbesondere gepulstes, Ultraschallsignal, insbesondere um zumindest einen Ultraschallpuls. Ebenso ist es aber denkbar, dass das Sendesignal **S** von dem ersten piezoelektrischen Element **11a** im Bereich des ersten Schwingelements **9a** ausgesendet wird und an dem zweiten Schwingelement **9b** reflektiert wird. In diesem Falle wird das zweite Empfangssignal E_S vom ersten piezoelektrischen Element **11a** empfangen. Das Sendesignal **S** durchläuft in diesem Falle das Medium **M** zweimal, was zu einer Verdoppelung einer Laufzeit τ des Sendesignals **S** führt.

[0038] Das erste E_A und zweite Empfangssignal E_S resultieren aus unterschiedlichen Messverfahren und können unabhängig voneinander bezüglich unterschiedlicher Prozessgrößen P_1 und P_2 ausgewertet werden. Hierdurch ergibt sich eine höhere Genauigkeit hinsichtlich der Bestimmung der verschiedenen verfügbaren Prozessgrößen, sowie eine größere Anzahl an bestimmbareren Größen. Entsprechend wird eine umfassende und genaue Charakterisierung des jeweiligen Prozesses möglich.

[0039] Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens beinhaltet die Bestimmung der Konzentration zweier unterschiedlicher in dem Medium enthaltener Substanzen. Um eine erste Konzentration einer ersten Substanz und eine zweite Konzentration einer zweiten Substanz, welche beide in demselben Medium enthalten sind, bestimmen zu können, müssen unabhängig voneinander zwei verschiedene Prozessgrößen oder -parameter ermittelt werden. Erfindungsgemäß können die beiden notwendigen Prozessgrößen oder -parameter mittels zweier voneinander unabhängiger Messverfahren, jedoch mittels derselben Sensoreinheit bestimmt werden. Dies führt zu einer erhöhten Genauigkeit

bezüglich der Bestimmung der beiden Konzentrationen und.

[0040] Eine in diesem Zusammenhang bevorzugte Anwendung besteht in der Überwachung eines Gärprozesses. Dabei wird Zucker in Ethanol umgesetzt. Eine beispielhafte Möglichkeit zur Bestimmung der beiden Konzentrationen und von Zucker und Ethanol besteht darin, die Dichte ρ des Mediums **M** anhand des ersten Empfangssignals und die Schallgeschwindigkeit des Mediums anhand des zweiten Empfangssignals zu ermitteln.

[0041] Eine weitere bevorzugte Anwendung besteht in der Überwachung einer Zuckerinvertierung oder eines Invertzuckers. Dabei wird überwacht, zu welchem Anteil sich ein Zuckergemisch, in der Regel Haushaltszucker, in Glucose bzw. Fructose umgesetzt hat. Auch in diesem Falle können die beiden Konzentrationen von Glucose und Fructose anhand des ersten und zweiten Empfangssignals ermittelt werden.

[0042] Die Dichte ρ kann beispielsweise anhand folgender Gleichung bestimmt werden:

$$\rho = \frac{1}{S} \cdot \left[\left(\frac{F_0}{F_{Med}} \right)^2 - 1 \right]$$

[0043] Dabei ist F_{Med} die Schwingungsfrequenz der schwingfähigen Einheit **4** im Medium **M**, F_0 die Referenzfrequenz der schwingfähigen Einheit **4** im Vakuum bzw. an Luft, und S beschreibt die Empfindlichkeit der Sensoreinheit **2**. Die Schwingungsfrequenz der schwingfähigen Einheit **4** im Medium **M** F_{Med} kann direkt anhand des ersten Empfangssignals E_A ermittelt werden.

[0044] Die Schallgeschwindigkeit v_M des Mediums **M** lässt sich wiederum aus dem Abstand **L** zwischen dem ersten **11a** und zweiten piezoelektrischen Element **11b**, welche als Sendeeinheit und Empfangseinheit dienen, sowie der Laufzeit τ des Sendesignals **S** vom ersten **11a** zum zweiten piezoelektrischen Element **11b** nach folgender Gleichung ermitteln:

$$v_M = \frac{L}{\tau}$$

[0045] Die Abhängigkeit der Dichte ρ und der Schallgeschwindigkeit v_M sind in **Fig. 3a** illustriert. **Fig. 3a** zeigt zu diesem Zwecke eine schematische Zeichnung einer schwingfähigen Einheit **4** in Form einer Schwinggabel mit zwei im Abstand **L** voneinander angeordneten Schwingelementen **9a** und **9b**. Für die folgende Betrachtung sei ferner angenommen, dass sich im Bereich der Schwingelemente **9a** und **9b** ein Ansatz der Dicke h gebildet hat.

[0046] In Fig. 3b ist die anhand der gemessenen Laufzeit τ und anhand des Abstands L zwischen den beiden Schwingelementen **9a** und **9b** berechnete Schallgeschwindigkeit v_M für ein Medium **M** mit einer Dichte ρ von 2,0 g/cm³ bei einer Temperatur von 20°C dargestellt. Mit zunehmenden Ansatz, bzw. mit zunehmender Dicke h des Ansatzes, steigt die gemessene Schallgeschwindigkeit v_M an.

[0047] Fig. 3c zeigt wiederum die anhand der gemessenen Schwingfrequenz f der schwingfähigen Einheit **4** berechnete Dichte ρ bei einer Temperatur von 20°C als Funktion der Ansatzdicke h . Auch die Dichte ρ steigt mit zunehmender Dicke h des Ansatzes, allerdings sind die Steigungen der Dichte ρ und der Schallgeschwindigkeit v_M in Abhängigkeit der Dicke h des Ansatzes jeweils unterschiedlich.

[0048] Im Folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zur Kompensation bzw. Reduzierung des Einflusses eines Ansatzes auf die Bestimmung einer Prozessgröße P_1 - P_3 illustriert. Die nachfolgenden Überlegungen gelten dabei analog für den Fall, dass eine Drift und/oder Alterung der Sensoreinheit **2** auftritt. Es sei ferner darauf verwiesen, dass die hier beschriebene Kompensation des Einflusses von Ansatz lediglich eine von vielen Möglichkeiten darstellt, den Einfluss eines Ansatzes zu kompensieren. Die vorliegende Erfindung ist entsprechend keineswegs auf das nachfolgend angegebene Ausführungsbeispiel beschränkt.

[0049] Zur Kompensation des Einflusses eines Ansatzes kann eine aus zumindest einer Prozessgröße abgeleitete Größe FM ermittelt werden. Vorliegend wird anhand der Schallgeschwindigkeit v_M und der Dichte ρ die Größe FM gemäß

$$FM = \frac{v_M}{\rho^n}$$

bestimmt. Diese Größe ist in Fig. 3d für den Fall $n=0,5$ dargestellt. Wie aus der Grafik hervorgeht, ist der Einfluss eines Ansatzes der Dicke h auf die Größe FM vernachlässigbar. Berechnet man anhand der Größe FM eine Prozessgröße P_1 - P_3 , so erfolgt die Berechnung im Wesentlichen ohne den Einfluss eines Ansatzes.

8	Basis
9a, 9b	Schwingelemente
10a, 10b	Hohlräume
11a, 11b	piezoelektrische Elemente
12	scheibenförmiges Element
M	Medium
P₁-P₃	Prozessgrößen
A	Anregesignal
S	Sendesignal
E_A	erstes Empfangssignal
E_S	zweites Empfangssignal
$\Delta\Phi$	vorgebbare Phasenverschiebung
ρ	Dichte des Mediums
ν	Viskosität des Mediums
v_M	Schallgeschwindigkeit im Medium
τ	Laufzeit
a	erste Substanz
b	zweite Substanz
C_a	Konzentration der ersten Substanz
C_b	Konzentration der zweiten Substanz
L	Abstand zwischen den beiden Gabelzinken
H	Dicke des Ansatzes an der Sensoreinheit

Bezugszeichenliste

1	Vibronischer Sensor
2	Sensoreinheit
3	Behälter
4	Schwingfähige Einheit
5	Antriebs-/Empfangseinheit
6	Elektronikeinheit

ZITATE ENHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102006034105 A1 [0003]
- DE 102007013557 A1 [0003]
- DE 102005015547 A1 [0003]
- DE 102009026685 A1 [0003]
- DE 102009028022 A1 [0003]
- DE 102010030982 A1 [0003]
- DE 00102010030982 A1 [0003]
- DE 10050299 A1 [0005]
- DE 102007043811 A1 [0005]
- DE 10057974 A1 [0005]
- DE 102006033819 A1 [0005]
- DE 102015102834 A1 [0005]
- DE 102016112743 A1 [0005]
- DE 102012100728 A1 [0029, 0034]
- DE 102017130527 [0029, 0035]

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung und/oder Überwachung von zumindest zwei verschiedenen Prozessgrößen (P_1 , P_2) eines Mediums (M), wobei

- eine Sensoreinheit (2) mittels eines Anregesignals (A) zu mechanischen Schwingungen angeregt wird,
- die mechanischen Schwingungen von der Sensoreinheit (2) empfangen und in ein erstes Empfangssignal (E_A) umgewandelt werden,
- von der Sensoreinheit (2) ein Sendesignal (S) ausgesendet und ein zweites Empfangssignal (E_S) empfangen wird, und
- anhand des ersten Empfangssignals (E_A) eine erste Prozessgröße (P_1) und anhand des zweiten Empfangssignals (E_S) eine zweite Prozessgröße (P_2) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Sensoreinheit (2) gleichzeitig mittels des Anregesignals (A) und mittels des Sendesignals (S) beaufschlagt wird, wobei das Anregesignal (A) und das Sendesignal (S) einander überlagert werden, oder wobei die Sensoreinheit (2) abwechselnd mittels des Anregesignals (A) und mittels des Sendesignals (S) beaufschlagt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei es sich bei dem Anregesignal (A) um ein elektrisches Signal mit zumindest einer vorgebbaren Frequenz, insbesondere um ein sinusförmiges oder um ein rechteckförmiges Signal, handelt.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei es sich bei dem Sendesignal (S) um ein, insbesondere gepulstes, Ultraschallsignal, insbesondere um zumindest einen Ultraschallpuls, handelt.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei es sich bei der ersten Prozessgröße (P_1) um die Dichte (ρ) des Mediums (M) und bei der zweiten Prozessgröße (P_2) um die Schallgeschwindigkeit (v_M) innerhalb des Mediums (M) oder eine daraus abgeleitete Größe handelt.

6. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei zumindest eine dritte Prozessgröße (P_3), insbesondere die Viskosität (η) des Mediums (M), bestimmt wird.

7. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei anhand des ersten (E_A) und zweiten Empfangssignals (E_S) und/oder anhand der ersten (P_1) und zweiten Prozessgröße (P_2) ermittelt wird, ob sich ein Ansatz an der Sensoreinheit (2) gebildet hat.

8. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei anhand des ersten (E_A) und zweiten Empfangssignals (E_S) und/oder anhand der ersten (P_1) und zweiten Prozessgröße (P_2) eine Drift und/oder eine Alterung der Sensoreinheit (2) ermittelt wird.

9. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste (E_A) und zweite Empfangssignal (E_S), die erste (P_1) und zweite Prozessgröße (P_2) und/oder ein zeitlicher Verlauf des ersten (E_A) und zweiten Empfangssignals (E_S) und/oder der ersten (P_1) und zweiten Prozessgröße (P_2) miteinander verglichen werden.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei bei der Bestimmung und/oder Überwachung zumindest einer Prozessgröße (P_1 - P_3) oder bei der Bestimmung einer aus zumindest einer Prozessgröße (P_1 - P_3) und/oder zumindest einem Empfangssignal (E_A , E_S) abgeleiteten Größe ein Einfluss eines Ansatzes einer Drift und/oder einer Alterung der Sensoreinheit (2) auf das erste (E_A) und/oder zweite Empfangssignal (E_S) reduziert oder kompensiert wird.

11. Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei anhand des ersten (E_A) und zweiten Empfangssignals (E_S) und/oder anhand der ersten (P_1) und zweiten Prozessgröße (P_2) eine erste Konzentration (C_a) einer ersten in dem Medium (M) enthaltenen Substanz (a) und eine zweite Konzentration (C_b) einer zweiten in dem Medium (M) enthaltenen Substanz (b) ermittelt wird.

12. Verwendung des Verfahrens nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche zur Überwachung eines Gärprozesses oder zur Überwachung einer Zuckervergärung.

13. Vorrichtung (1) zur Bestimmung und/oder Überwachung einer ersten (P_1) und einer zweiten Prozessgröße (P_2) eines Mediums (M), welche Vorrichtung (1) dazu ausgestaltet ist, ein Verfahren nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche auszuführen.

14. Vorrichtung (1) nach Anspruch 13, wobei die Sensoreinheit (2) eine mechanisch schwingfähige Einheit (4), ein erstes (11a) und ein zweites piezoelektrisches Element (11b) umfasst.

15. Vorrichtung (1) nach Anspruch 14, wobei die mechanisch schwingfähige Einheit (4) eine Schwinggabel mit einem ersten (9a) und einem zweiten Schwingelement (9b) ist, und wobei das erste piezoelektrische Element (10a) zumindest teilweise in dem ersten Schwingelement (9a) und das zweite piezo-

elektrische Element (10b) zumindest teilweise in dem
zweiten Schwingelement (9b) angeordnet ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

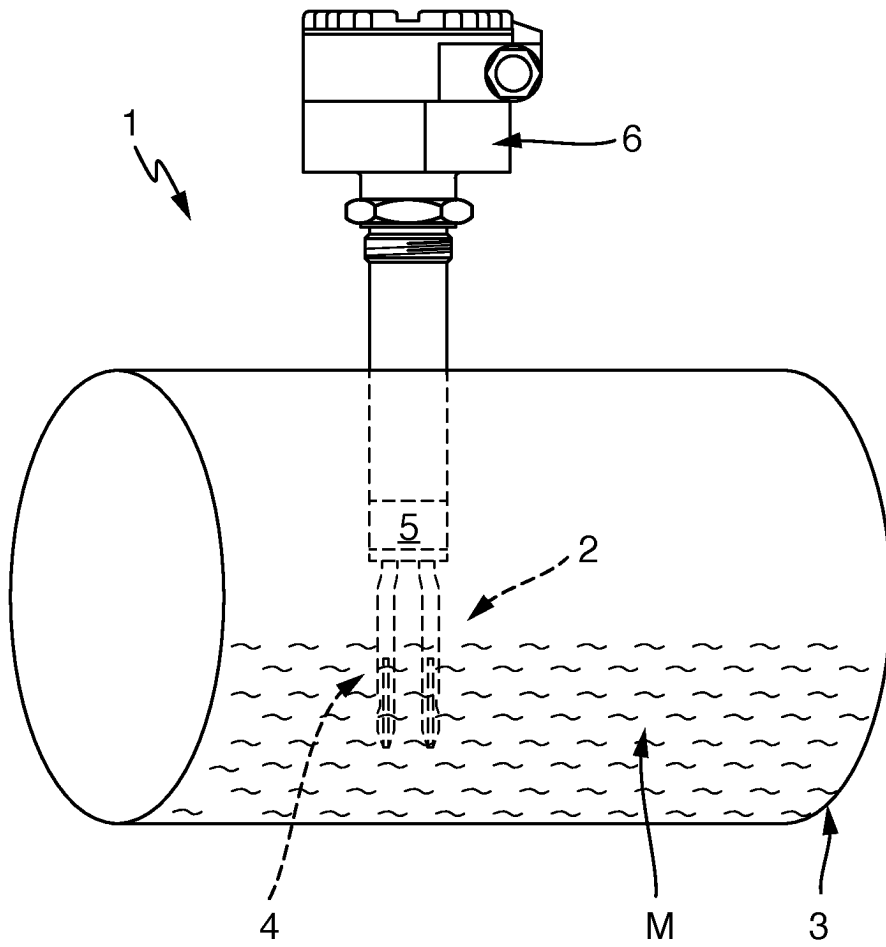


Fig. 1

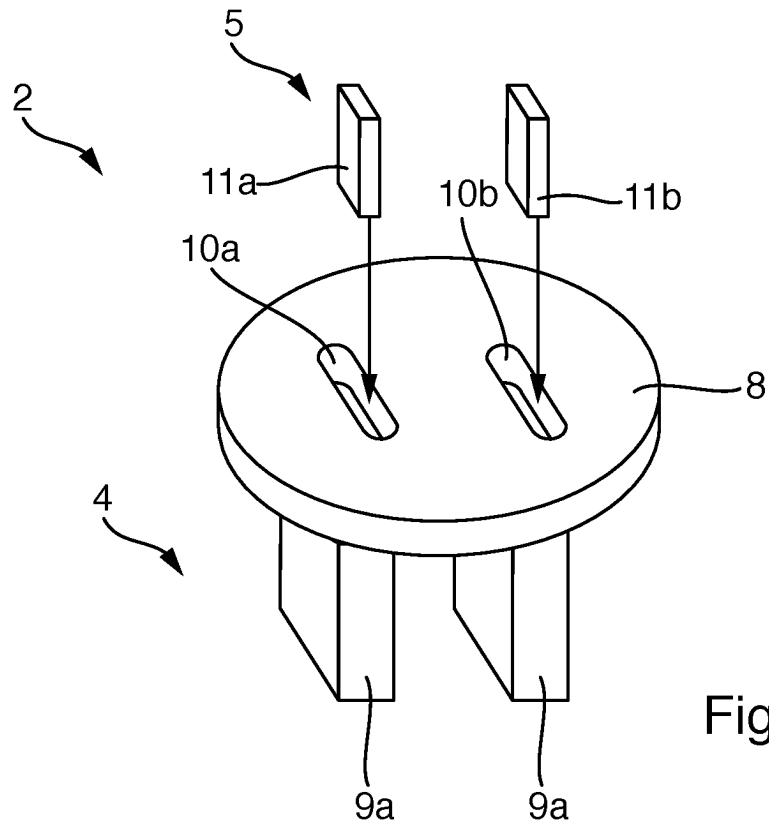


Fig.2a

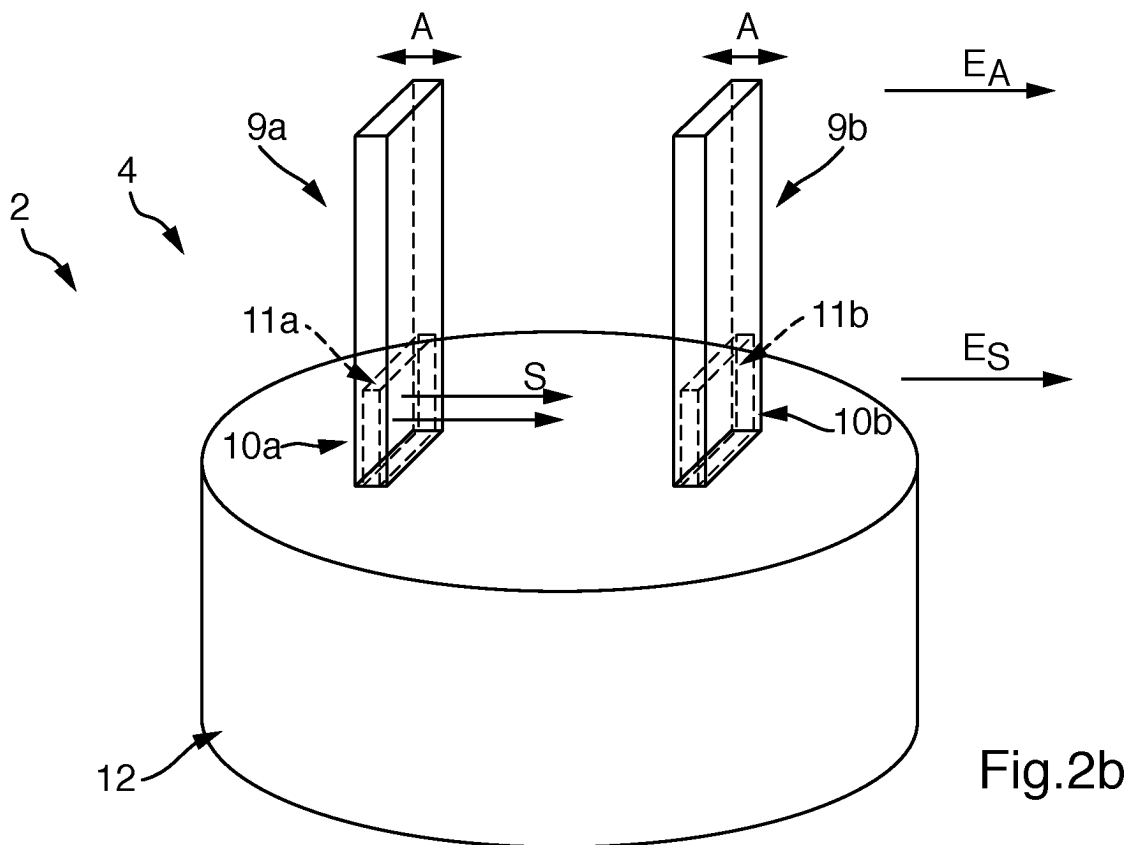


Fig.2b

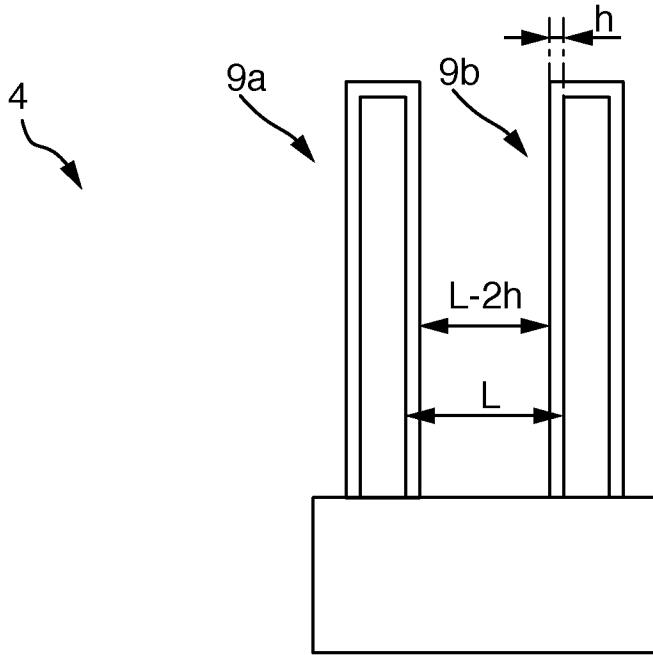


Fig.3a

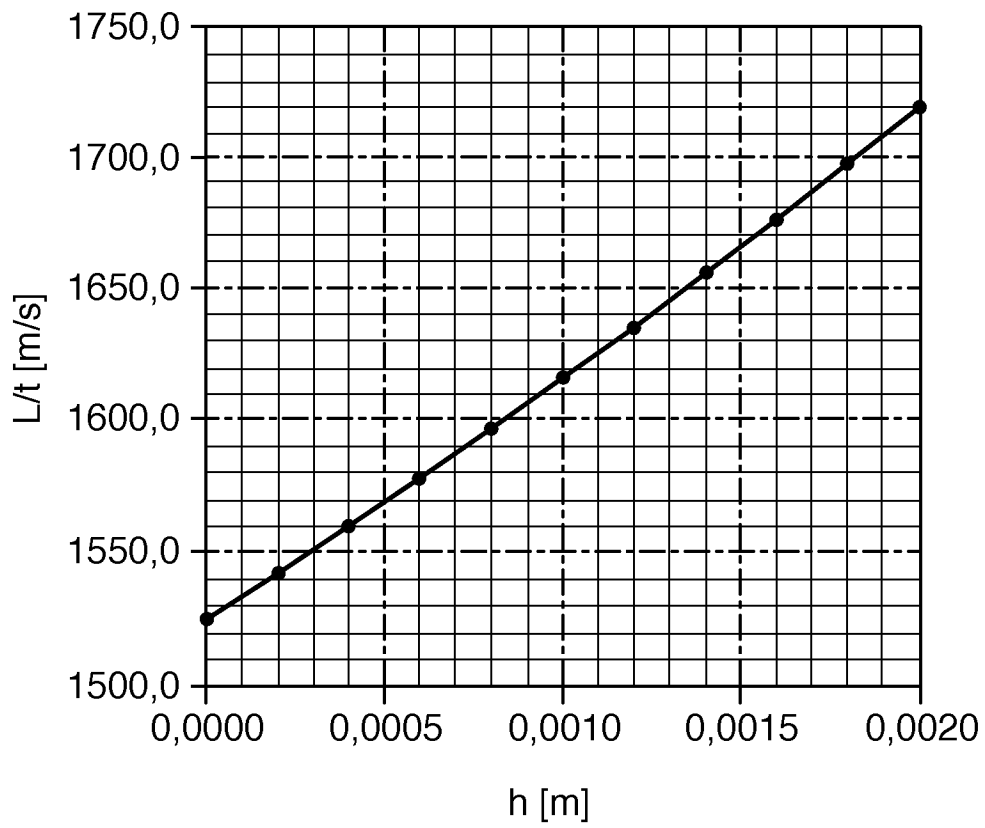


Fig.3b

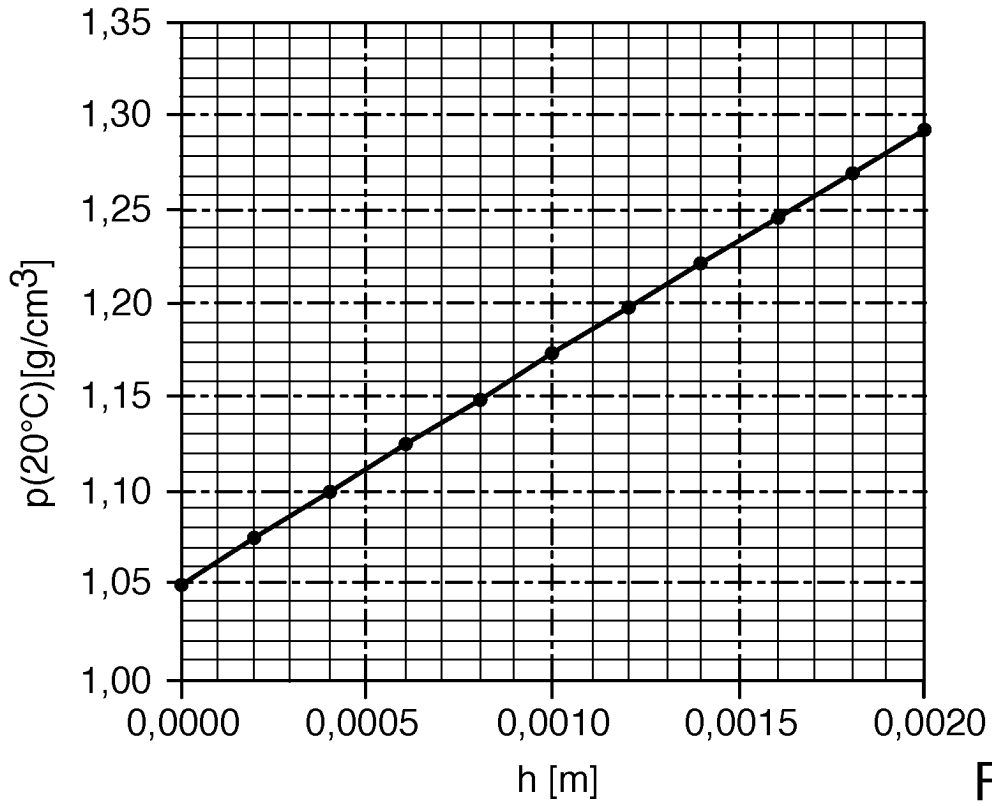


Fig.3c

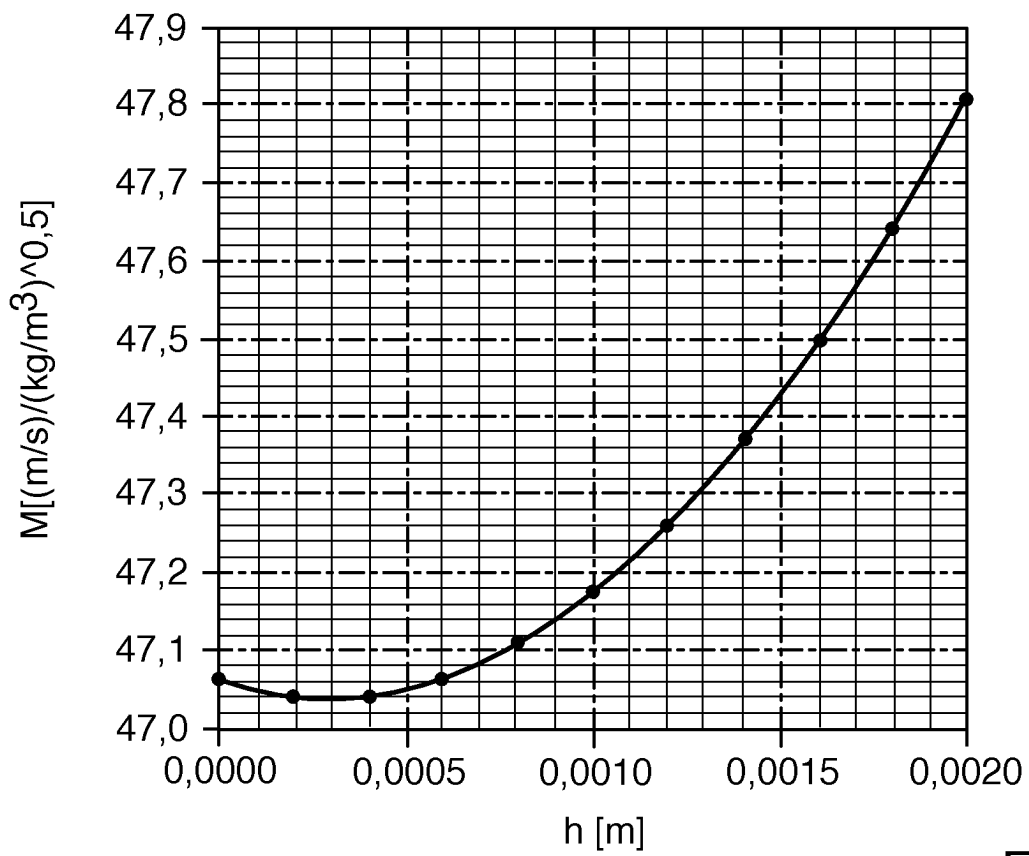


Fig.3d