

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 429/2017
(22) Anmeldetag: 06.11.2017
(45) Veröffentlicht am: 15.03.2019

(51) Int. Cl.: **G01N 9/00** (2006.01)
G01N 9/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 3012612 A1
AT 12626 U1
AT 514574 B1
CN 201707277 U

(73) Patentinhaber:
Mettler-Toledo GmbH
8606 Greifensee (CH)

(72) Erfinder:
Diepold Andreas
8010 Graz (AT)
Edelsbrunner Helmut
8054 Graz (AT)
Illenberger Johannes
8045 Graz (AT)
Senn Helmuth
8010 Graz (AT)

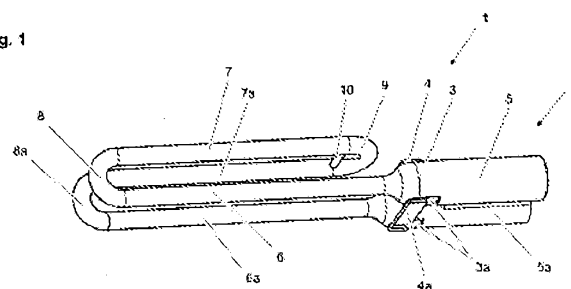
(74) Vertreter:
Schober Elisabeth Dipl.Ing. Dr.techn., Fox
Tobias Dipl.-Phys. Dr. phil.
1200 Wien (AT)

(54) Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien

(57) Eine Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien weist einen Hohlkörper (1) zur Aufnahme des zu untersuchenden fluiden Mediums auf. Der Hohlkörper (1) umfasst mindestens zwei parallele Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a), sowie eine Verbindungsleitung (9) an einem ersten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a), welche die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) U-förmig miteinander verbindet. An einem zweiten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) ist der Hohlkörper (1) mit einem mindestens zwei Einspannröhre (5, 5a) aufweisenden Einspannelement (2) versehen, in welche Einspannröhre (5, 5a) die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) münden. Eine ein piezoelektrisches Element (4) umfassende Erregereinrichtung zum Anregen einer Schwingung der Rohrabschnitte sowie eine ein piezoelektrisches Element (4) umfassende Sensoreinrichtung zur Erfassung einer angeregten Schwingung charakterisierenden Größe sind in der Dichtemessvorrichtung vorhanden, wobei das piezoelektrische Element (4) der Erregereinrichtung und das piezoelektrische Element (4a) der Sensoreinrichtung an jeweils einem Kontaktbereich (3, 3a) des Einspannelements (2) in jeweils einer Ebene parallel zu

den von den Längsachsen der mindestens zwei Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) aufgespannten Ebenen befestigt sind. Dabei sind die Kontaktbereiche (3, 3a) des Einspannelements (2) am in Bezug auf die mindestens zwei Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) proximalen Ende des Einspannelements (2) angeordnet. Jeder Kontaktbereich (3, 3a) erstreckt sich über beide Einspannröhre (5, 5a) und jedes der piezoelektrischen Elemente (4, 4a) erstreckt sich in Richtung der Ausdehnung seiner längsten Seite ebenfalls über beide Einspannröhre (5, 5a).

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien mit einem als Biegeschwinger ausgebildeten Hohlkörper zur Aufnahme des zu untersuchenden fluiden Mediums.

[0002] Die Dichtemessung von fluiden Medien mit einem Biegeschwinger beruht auf der Tatsache, dass sich die Eigenschwingungen eines mit dem fluiden Medium befüllten Rohres mit der Dichte des Mediums ändern. Über eine Messung von das Schwingungssystem charakterisierenden Parametern, wie Amplitude und/oder Dämpfung, Güte, Verlustwinkel, und/oder Oberwellen, insbesondere aber Periodendauer beziehungsweise Frequenz, einer Eigenschwingung nach Anregung mit geeigneten Frequenzen und Ermittlung der Antwort des Schwingungssystems kann unter anderem die Dichte bestimmt werden.

[0003] Die EP 3015847 A1 offenbart ein Verfahren und ein Messgerät zur Dichtemessung von fluiden Medien. Dabei wird als Dichtesensor ein Biegeschwinger mit Massenausgleich, insbesondere ein sogenannter Faltschwinger oder Doppelbugschwinger, eingesetzt. Als Erregereinrichtung und als Sensoreinrichtung kommen Magnetsysteme und piezoelektrische Elemente in Frage, welche in den Biegebereichen der parallel zueinander verlaufenden Rohre des Faltschwingers angeordnet sind, wobei die Biegebereiche sich am in Bezug auf die Endanschlüsse der Rohre distalen Ende der Rohre befinden. Der Biegeschwinger mit Massenausgleich sowie die diesem zugeordnete Mess- und Sensorelektronik ist mit einem Gehäuse oder einer Kartusche, bevorzugt allseitig umschlossen. Die Kartusche ist mit dem Messgerät zur Dichtemessung lösbar oder auswechselbar verbunden.

[0004] Die AT 12 626 U1 beschreibt eine Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien, welche als Biegeschwinger einen Hohlkörper aufweist, der zwei parallele Rohrabschnitte umfasst und als U-förmiges Rohr ausgebildet ist. Ferner sind eine Erregereinrichtung und eine Sensoreinrichtung vorhanden, welche beispielsweise ein piezoelektrisches Element oder ein Magnetsystem mit einer Spule umfassen. Die Erregereinrichtung und die Sensoreinrichtung können beispielsweise außen an den das U-förmige Rohr bildenden parallelen Rohrabschnitten angebracht sein. Es kann auch vorgesehen sein, dass die Erregereinrichtung zur Schwingungsanregung bevorzugt parallel zur von den Längsachsen der Rohrabschnitte gebildeten Ebene angeordnet ist. Es erfolgt eine Schwingungsanregung parallel zu beziehungsweise in der von den Längsachsen der Rohrabschnitte gebildeten Ebene. Die Rohrabschnitte sind an einem Ende eingespannt und sind als X-Schwinger ausgebildet, das heißt, dass sie gegensinnig in der genannten Ebene schwingen. Zur Dichtebestimmung wird wenigstens die Periodendauer eines der Rohrabschnitte erfasst.

[0005] Nachteilig bei den Ausführungen gemäß dem Stand der Technik ist, dass die Erregereinrichtung und die Sensoreinrichtung der Dichtemessvorrichtung - insbesondere bei Verwendung von Magnetsystemen - das Schwingungssystem durch ihre Masse und ihre thermische Kapazität in Sensitivität und Ansprechzeit negativ beeinflussen können. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn die Erregereinrichtung und die Sensoreinrichtung direkt an den schwingenden Rohren befestigt sind. Ferner können sich Probleme mit dem Übersprechen von Signalen und der Erregung unerwünschter Schwingungsmoden ergeben, was eine nachteilige Auswirkung auf die Dichtemessung haben kann.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfach herzustellende Dichtemessvorrichtung zur Verfügung zu stellen, welche eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Empfindlichkeit und thermische Zeitkonstante aufweist. Ferner soll die Dichtemessvorrichtung einer geringen Beeinflussung durch äußere Schwingungen unterliegen.

[0007] Diese Aufgaben werden gelöst mit einer Dichtemessvorrichtung gemäß dem unabhängigen Anspruch 1. Die abhängigen Ansprüche betreffen weitere vorteilhafte Ausführungen der Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien.

[0008] Eine Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien weist einen

Hohlkörper zur Aufnahme des zu untersuchenden fluiden Mediums auf. Der Hohlkörper umfasst mindestens zwei parallele Rohrabschnitte, sowie eine Verbindungsleitung an einem ersten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte, welche die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte U-förmig miteinander verbindet. An einem zweiten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte ist der Hohlkörper mit einem mindestens zwei Einspannröhre aufweisenden Einspannelement versehen, in welche Einspannröhre die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte münden.

[0009] Eine ein piezoelektrisches Element umfassende Erregereinrichtung zum Anregen einer Schwingung der Rohrabschnitte sowie eine ein piezoelektrisches Element umfassende Sensoreinrichtung zur Erfassung einer angeregten Schwingung charakterisierenden Größe sind in der Dichtemessvorrichtung vorhanden, wobei das piezoelektrische Element der Erregereinrichtung und das piezoelektrische Element der Sensoreinrichtung an jeweils einem Kontaktbereich des Einspannelements in jeweils einer Ebene parallel zu den von den Längsachsen der mindestens zwei Rohrabschnitte aufgespannten Ebenen befestigt sind. Dabei sind die Kontaktbereiche des Einspannelements am in Bezug auf die mindestens zwei Rohrabschnitte proximalen Ende des Einspannelements angeordnet. Jeder Kontaktbereich erstreckt sich über beide Einspannröhre und jedes der piezoelektrischen Elemente erstreckt sich in Richtung der Ausdehnung seiner längsten Seite ebenfalls über beide Einspannröhre.

[0010] Als Einspannelement sei der Bereich des Hohlkörpers, der dem Einspannen desselben in eine Halterung dient, verstanden. Der Hohlkörper ist bevorzugt einstückig ausgestaltet und ist vorzugsweise aus Glas hergestellt.

[0011] Dadurch, dass die piezoelektrischen Elemente in der Ausdehnung ihrer längsten Seite sich nahezu über die gesamte Breite eines jeweiligen Kontaktbereichs erstrecken, das heißt jeweils mit beiden Einspannröhren in Kontakt sind, werden die mindestens zwei Rohrabschnitte des Hohlkörpers gleichzeitig und mit etwa gleicher Amplitude zu Schwingungen angeregt und entsprechend werden die Signale des schwingenden Hohlkörpers gleichermaßen über zwei Rohrabschnitte erfasst, was gegenüber einer einseitigen Anregung und Aufnahme des Schwingungssignals an jeweils einem Rohrabschnitt, wie im Stand der Technik offenbart, zu einer höheren Amplitude des Erreger- und des Sensorsignals führt, somit auch zu einer verbesserten Empfindlichkeit der Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien. Ferner wird durch die Anordnung der piezoelektrischen Elemente eine verbesserte Symmetrie des Schwingungssystems erreicht.

[0012] Das piezoelektrische Element der Erregereinrichtung und das piezoelektrische Element der Sensoreinrichtung sind an einem wenig sensitiven Teil des Hohlkörpers, nämlich dem Einspannelement, angeordnet. Daher reduziert sich ihr Einfluss auf die Schwingungen des Hohlkörpers, das heißt die Rohrabschnitte können weitestgehend frei schwingen. Zudem ist die Gefahr von Glasbruch durch eine geringere Masse an den schwingenden Teilen des Hohlkörpers vermindert.

[0013] Außerdem reduzieren die piezoelektrischen Elemente aufgrund ihrer im Vergleich zu einer magnetisch basierten Erregereinrichtung und/oder Sensoreinrichtung geringen Masse den Einfluss auf die Schwingungen des Hohlkörpers. In mechanischer Hinsicht bewirkt diese geringere Masse eine erhöhte Empfindlichkeit des Sensors. In thermischer Hinsicht bewirkt diese geringere Masse einen zeitlich verkürzten thermischen Ausgleich.

[0014] Sowohl der Befestigungsort der piezoelektrischen Elemente, nämlich am Einspannelement, als auch die vergleichsweise geringe Masse der piezoelektrischen Elemente führen zu einer verkürzten thermischen Zeitkonstante des Schwingungssystems. Die Verkürzung der thermischen Zeitkonstante und damit der Aufwärmzeit der Dichtemessvorrichtung wird außerdem noch dadurch verbessert, dass die Verwendung magnetischer Spulen, die den Hohlkörper aufwärmen können, entfällt.

[0015] Durch den konstruktiv vereinfachten Aufbau ist eine solche Dichtemessvorrichtung leichter und preisgünstiger herzustellen.

[0016] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung sind die Kontaktbereiche des Einspannelements als parallel zueinander ausgerichtete Abflachungen der Mantelflächen der jeweiligen Einspannröhre ausgestaltet.

[0017] In einer bevorzugten Ausführungsform sind die Einspannröhre des Einspannelements an ihrem in Bezug auf die mindestens zwei Rohrabschnitte distalen Ende miteinander verschmolzen und an ihrem in Bezug auf die mindestens zwei Rohrabschnitte proximalen Ende durch einen Spalt getrennt. Dabei entsprechen die Kontaktbereiche des Einspannelements in ihrer Ausdehnung parallel zur Mittellängsachse der Einspannröhre maximal der Länge des Spaltes. Dies führt zu einer erhöhten Stabilität des Bereichs der Schwingungsanregung.

[0018] Mit Vorzug ist die Dichtemessvorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Einspannröhre zwei sich konisch zu den Rohrabschnitten hin verjüngende, ihre Wandstärke und ihren Außendurchmesser verringernde Glasrohre umfasst, welche an ihrem proximalen Ende mit den Rohrabschnitten verschmolzen sind.

[0019] Durch die Verschmelzung der vorzugsweise aus Glas bestehenden Einspannröhre mit den, ebenfalls bevorzugt aus Glas bestehenden Rohrabschnitten ist der Innendurchmesser der Einspannröhre und der Innendurchmesser der Rohrabschnitte gleich und weist auch im Bereich des Übergangs eine glatte und störungsfreie Innenfläche auf. Dadurch entsteht ein einstückiger Hohlkörper. Insbesondere beträgt die Wandstärke der Einspannröhre mindestens das Sechsfache der Wandstärke der Rohrabschnitte, wodurch eine weitere Erhöhung der Stabilität des der Schwingungsanregung dienenden Bereichs gewährleistet wird.

[0020] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Dichtemessvorrichtung weisen die Einspannröhre des Einspannelements an ihrem, in Bezug auf die mindestens zwei Rohrabschnitte distalen Ende Anschlüsse für die Zuleitung und Ableitung von fluiden Medien auf.

[0021] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Dichtemessvorrichtung ist der Hohlkörper als Faltschwinger mit vier parallelen Rohrabschnitten ausgestaltet, wobei die jeweils zwei durch die U-förmige Verbindungsleitung verbundenen Rohrabschnitte in einer Ebene parallel zu der durch die Mittellängsachsen der Einspannröhre sowie die Mittellängsachsen der beiden anderen Rohrabschnitte aufgespannten Ebene angeordnet und durch Biegestellen mit diesen verbunden sind, wobei die U-förmige Verbindungsleitung zum proximalen Ende des Einspannelements weist.

[0022] Die Ausgestaltung des Hohlkörpers als ein sogenannter Faltschwinger mit vier parallelen Rohrabschnitten hat den Vorteil, dass auf relativ kleinem Raum ein Schwingungsgebilde für das zu untersuchende fluide Medium entsteht. Ein Faltschwinger ist demnach ein U-Rohr, welches an den Biegestellen in sich zurückgebogen ist. Dabei ist von Bedeutung, dass die Rohrabschnitte stets parallel zueinander verlaufen und die Mittellängsachsen jeweils zweier Rohrabschnitte des U-Rohrs zwei zueinander parallele Ebenen aufspannen. Die Schwingungen erfolgen gegenseitig in den durch die Mittellängsachsen der durch die Rohrabschnitte aufgespannten Ebenen.

[0023] Die U-förmige Verbindungsleitung am ersten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte kann durch ein Stabilisierungselement, insbesondere ein Versteifungskreuz, versteift sein.

[0024] In einer spezifischen Ausgestaltung der Dichtemessvorrichtung kann eine Halterung das Einspannelement nahe dessen distalem Ende umfassen, welche Halterung mit einer Leiterplatte verbunden ist, die mit der Elektronik zur Anregung des piezoelektrischen Elements der Erregereinrichtung sowie derjenigen zur Aufnahme des Signals, welches vom piezoelektrischen Element der Sensoreinrichtung erfasst wird, bestückt ist.

[0025] Die Symmetrieeigenschaften der Dichtemessvorrichtung werden in besonderer Weise dadurch erhöht, dass die Erregereinrichtung und die Sensoreinrichtung gleichgeartete piezoelektrische Elemente, insbesondere aus piezoelektrischer Keramik, umfassen.

[0026] Für die elektrische Kontaktierung weisen das piezoelektrische Element der Erregerein-

richtung und das piezoelektrische Element der Sensoreinrichtung Elektroden in Form einer strukturierten metallischen Beschichtung des jeweiligen piezoelektrischen Elements auf. Dabei ist mit Vorteil eine erste elektrische Zuleitung mit einer ersten Elektrode eines piezoelektrischen Elements an der dem Kontaktbereich des Einspannelements abgewandten Fläche des piezoelektrischen Elements angebracht und eine zweite elektrische Zuleitung mit einer zweiten Elektrode eines piezoelektrischen Elements ebenfalls an der dem Kontaktbereich des Einspannelements abgewandten Fläche des piezoelektrischen Elements angebracht, wobei die zweite Elektrode durch Um-Kontaktierung über die Stirnfläche des piezoelektrischen Elements mit einer metallischen Beschichtung an der dem Kontaktbereich zugewandten Fläche des piezoelektrischen Elements elektrisch leitend verbunden ist. Die elektrische Kontaktierung der piezoelektrischen Elemente kann mittels Lötens oder mittels eines leitfähigen Klebers oder durch einen Federkontakt hergestellt sein.

[0027] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der stark schematisierten Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0028] Fig. 1 eine perspektivische Ansicht der Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien;

[0029] Fig. 2 die Dichtemessvorrichtung aus Figur 1 in einer Seitenansicht;

[0030] Fig. 3 die Dichtemessvorrichtung aus Figur 1 in der Aufsicht;

[0031] Fig. 4 eine perspektivische Ansicht der in einer Halterung befestigten und darüber mit einer Leiterplatte verbundenen Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien;

[0032] Fig. 5 ein Blockschaltbild zur Beschaltung der piezoelektrischen Elemente.

[0033] Die Dichtemessvorrichtung ist in den Figuren als sogenannter Faltschwinger ausgeführt. Ein Faltschwinger ist ein U-Rohr, welches an den Biegestellen in sich zurückgebogen ist. Dabei ist von Bedeutung, dass die Rohrabschnitte stets parallel zueinander verlaufen und die Mittellängsachsen jeweils zweier Rohrabschnitte des U-Rohrs zwei zueinander parallele Ebenen aufspannen.

[0034] Die Schwingungsbewegungen der Rohrabschnitte bzw. der beiden U-Rohrschenkel, unabhängig davon, ob sie einen einfachen U-Rohrschwinger bilden oder ob sie einen Faltschwinger bildend in sich zurückgefaltet sind, erfolgen gegenseitig in der bzw. den durch die Mittellängsachsen der beiden U-Rohrschenkel aufgespannten Ebene bzw. Ebenen. Dadurch ergibt es sich, dass eine Gegenmasse nicht erforderlich ist, da sich die Massenkräfte bei der Schwingungsbewegung gegenseitig aufheben.

[0035] Die Figur 1 zeigt eine perspektivische Ansicht des Hohlkörpers 1 der Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien. Für die Bestimmung der Dichte befindet sich das fluide Medium im Hohlkörper 1. Ein Einspannelement 2 des Hohlkörpers 1 dient dem Einspannen des Hohlkörpers 1 in eine Halterung und umfasst zwei parallel zueinander ausgerichtete Einspannröhre 5, 5a.

[0036] Die Figur 1 zeigt ferner jeweils einander gegenüberliegend - in der Figur 1 oben und unten gezeichnet - am Einspannelement 2 angeordnet, je einen Kontaktbereich 3, 3a, wobei die Kontaktbereiche 3, 3a Abflachungen an den runden Mantelflächen des Einspannelements 2 darstellen. Die Kontaktbereiche 3, 3a erstrecken sich jeweils über die beiden Einspannröhre 5, 5a. Je ein piezoelektrisches Element 4, 4a ist an einem der jeweils einander gegenüberliegenden Kontaktbereiche 3, 3a befestigt, bevorzugt geklebt. Die piezoelektrischen Elemente 4, 4a erstrecken sich über nahezu die gesamte Breite eines jeweiligen Kontaktbereichs 3, 3a, das heißt sie sind jeweils mit beiden Einspannröhren 5, 5a in Kontakt. Die piezoelektrischen Elemente 4, 4 sind Bestandteile einer Erregereinrichtung und einer Sensoreinrichtung, welche den Hohlkörper 1 zu Schwingungen anregt und die Schwingungen des Hohlkörpers 1 aufnimmt. Dabei sind die Funktionen des Erregens und Aufnehmens von Schwingungen durch die Beschaltung der Erregereinrichtung und der Sensoreinrichtung vorgegeben, wobei jedoch auch

jedes der piezoelektrischen Elemente 4, 4a sowohl mit der einen, als auch der anderen Funktion beaufschlagt werden kann. Bevorzugt, jedoch nicht zwingend, sind die piezoelektrischen Elemente 4, 4a gleichgeartet ausgestaltet. Als bevorzugtes Material für die piezoelektrischen Elemente 4, 4a kommt eine Piezokeramik, welche unter dem Handelsnamen PIC255 der Firma PI-Ceramic in Deutschland bekannt ist, in Frage.

[0037] Nahe den Kontaktbereichen 3, 3a verjüngen sich die Einspannröhre 5, 5a des Einspannelements 2 und gehen in zwei parallele Rohrabschnitte 6, 6a über. Die Einspannröhre 5, 5a sind an ihrem in Bezug auf die zwei Rohrabschnitte 6, 6a distalen Ende miteinander verschmolzen und an ihrem in Bezug auf die mindestens zwei Rohrabschnitte 6, 6a proximalen Ende durch einen Spalt getrennt (siehe Figur 3). Die Verjüngung der Einspannröhre 5, 5a erfolgt durch Abnahme deren Wandstärke, das heißt die Wandstärke der Einspannröhre 5, 5a ist mindestens um einen Faktor 6 höher, als die Wandstärke der Rohrabschnitte 6, 6a. Durch die Verschmelzung der vorzugsweise aus Glas bestehenden Einspannröhre 5, 5a mit den, ebenfalls bevorzugt aus Glas bestehenden Rohrabschnitten 6, 6a ist der Innendurchmesser der Einspannröhre 5, 5a und der Rohrabschnitte 6, 6a gleich und weist auch im Bereich des Übergangs eine glatte und störungsfreie Oberfläche auf. Die Länge des Spaltes entspricht mindestens der Ausdehnung der Kontaktbereiche 3, 3a in Richtung entlang der Mittellängsachse der Rohrabschnitte 6, 6a (siehe Figur 3).

[0038] Die beiden parallelen Rohrabschnitte 6, 6a sind an ihrem dem Einspannelement 2 abgewandten Ende U-förmig - in der Figur 1 nach oben - gebogen und setzen sich in einer Ebene - in der Figur 1 oberhalb - parallel zur von den Mittellängsachsen der Rohrabschnitte 6, 6a aufgespannten Ebene, ebenfalls parallel zueinander und zu den Rohrabschnitten 6, 6a als Rohrabschnitte 7, 7a fort. Diese Biegestellen 8, 8a liegen jeweils in einer Ebene senkrecht zu den von den Rohrabschnitten 6, 6a und 7, 7a aufgespannten Ebenen. An ihrem dem Einspannelement 2 zugewandten Ende sind die beiden Rohrabschnitte 7 und 7a durch eine in der Ebene der Rohrabschnitte 7, 7a liegende zum proximalen Ende des Einspannelements 2 weisende U-förmige Verbindungsleitung 9 miteinander verbunden, so dass beginnend mit den Einspannröhren 5, 5a über die Rohrabschnitte 6, 6a, die Biegestellen 8, 8a sowie die Rohrabschnitte 7, 7a und die sie verbindende U-förmige Verbindungsleitung 9 ein durchgängiger Hohlraum des Hohlkörpers 1 zur Aufnahme des fluiden Mediums gebildet wird.

[0039] Somit bildet der Hohlkörper 1 einen sogenannten Faltschwinger mit vier parallelen Rohrabschnitten 6, 6a, 7, 7a. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass auf relativ kleinem Raum ein Schwingungsgebilde für das zu untersuchende fluide Medium entsteht. Die Schwingungen erfolgen gegensinnig in den durch die Mittellängsachsen der durch die Rohrabschnitte 6, 6a und der durch die Rohrabschnitte 7, 7a aufgespannten Ebenen.

[0040] Ein Stabilisierungselement 10 im Bogeninneren der U-förmigen Verbindungsleitung 9 dient der Versteifung. Dieses Stabilisierungselement 10 ist vorteilhaft, jedoch nicht zwingend notwendig.

[0041] Die Figur 2 zeigt den Hohlkörper 1 der Dichtemessvorrichtung aus Figur 1 in einer Seitenansicht und die Figur 3 in der Aufsicht. Mit A und B sind in Figur 2 die Mittellängsachsen der Rohrabschnitte 6 und 7 bezeichnet. Diese spannen jeweils zusammen mit den in der Figur 2 nicht sichtbaren Mittellängsachsen der Rohrabschnitte 6a, 7a zwei parallel zueinander verlaufende Ebenen auf, in denen die Rohrabschnitte 6, 6a, 7, 7a des Faltschwingers sich erstrecken. Ebenfalls erstrecken sich, wie in der Figur 3 gezeigt, in der durch die Mittellängsachsen A, A' definierten Ebene die Einspannröhre 5, 5a des Einspannelements 2. Dies bedeutet, dass die Mittellängsachsen A, A' der Rohrabschnitte 6, 6a auch die Mittellängsachsen der Einspannröhre 5, 5a bilden.

[0042] Die Mantelflächen der jeweiligen Einspannröhre 5, 5a sind nahe ihres in Bezug auf die Rohrabschnitte proximalen Endes abgeflacht und bilden die ebenen Kontaktbereiche 3, 3a, welche parallel zu der durch die Mittellängsachsen A, A' gebildeten Ebene verlaufen. Auf diesen Kontaktbereichen 3, 3a, von denen in der Figur 2 einer oben und einer unten am Einspannelement 2 zu sehen ist, sind die piezoelektrischen Elemente 4, 4a befestigt, vorzugsweise aufge-

klebt. Als Klebmaterial kommt ein aus der Befestigung von Dehnmessstreifen bekanntes Klebematerial zur Anwendung. Die piezoelektrischen Elemente 4, 4a sind ebenfalls in ihrer flächigen Ausdehnung in jeweils einer Ebene parallel zu der von den Mittellängsachsen A, A' auf gespannten Ebene angeordnet.

[0043] In der Figur 3 ist der Hohlkörper 1 in der Aufsicht zu sehen. Das am Kontaktbereich 3 angebrachte piezoelektrische Element 4 weist auf seiner dem Kontaktbereich 3 abgewandten - in der Figur 3 dem Betrachter zugewandten - Seite zwei Elektroden 11, 12 auf, an denen elektrische Zuleitungen 13, 14 zur Beschaltung des piezoelektrischen Elements 4 angebracht sind. Bei den Elektroden 11, 12 handelt es sich um eine strukturierte metallische Beschichtung des piezoelektrischen Elements 4, wobei die Elektrode 11 eine teilweise Beschichtung der dem Kontaktbereich 3 abgewandten Fläche des piezoelektrischen Elements 4 darstellt und die Elektrode 12 mit einer vorzugsweise vollflächigen metallischen Beschichtung der dem Kontaktbereich 3 zugewandten Fläche des piezoelektrischen Elements 4 elektrisch leitend verbunden ist. Diese elektrisch leitende Verbindung setzt sich über eine der Stirnflächen des piezoelektrischen Elements 4 zum Kontaktbereich 12, der einen Ausschnitt der dem Kontaktbereich 3 abgewandten Oberfläche des piezoelektrischen Elements 4 bedeckt, in einer so genannten Umkontaktierung fort. Die drei anderen Seitenflächen des piezoelektrischen Elements 4 sind nicht beschichtet. Ebenso wenig ist ein Isolationsbereich 16 auf der dem Kontaktbereich 3 abgewandten Oberfläche des piezoelektrischen Elements 4 unbeschichtet und trennt somit die Elektrode 11 von der Elektrode 12.

[0044] Bevorzugt wird eine Lötverbindung zwischen den Elektroden 11, 12 und den elektrischen Zuleitungen 13, 14. Alternativ kann eine elektrisch leitende Verbindung über ein Federelement hergestellt werden oder es kann eine Klebeverbindung mit einem leitfähigen Klebstoff verwendet werden.

[0045] Die Zuleitungen 13, 14 werden durch den Spalt 15 im Einspannelement 2 hindurch- und zu einer als Trägerelement fungierenden Leiterplatte geführt (siehe Figur 4).

[0046] Das Stabilisierungselement 10 ist in der Figur 3 als T-förmiges Gebilde im Bogeninneren der U-förmigen Verbindungsleitung angeordnet.

[0047] Wie den Figuren 1 bis 3 zu entnehmen ist, ist der Hohlkörper 1 als Schwingungsgebilde symmetrisch in Bezug auf eine in der Figur 3 eingezeichnete Symmetrieebene S ausgestaltet. Diese Symmetrieebene S verläuft orthogonal zu den von den Achsen A, A' der Rohrabschnitte 6, 6a und den von den Achsen B, B' der Rohrabschnitte 7, 7a aufgespannten Ebenen mittig zum Hohlkörper 1. Für einen störungsfreien Betrieb der Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien ist es von besonderer Bedeutung, dass bei der Herstellung des Hohlkörpers 1 und der Anordnung der piezoelektrischen Elemente 4, 4a eine hohe Symmetrie der Anordnung und der Teile hinsichtlich der Ebene S eingehalten wird.

[0048] Für die Bestimmung der Dichte von fluiden Medien wird das die Erregereinrichtung bildende piezoelektrische Element 4 breitbandig angeregt. Dabei wird die Grundfrequenz - das heißt die niedrigste Resonanzfrequenz des Schwingungsgebildes, welches im Wesentlichen die Rohrabschnitte 6, 6a, 7, 7a und die sie verbindenden Biegestellen 8, 8a und die Verbindungsleitung 9 umfasst, aufgenommen und eine durch die Befüllung mit fluidem Medium des Schwingungsgebildes hervorgerufene Frequenzverschiebung der Resonanzfrequenz erfasst. Als Referenzmessung wird entweder die Resonanzfrequenz des unbefüllten Schwingungsgebildes oder jene eines mit einem Medium bekannter Dichte - beispielsweise Wasser - gefüllten Schwingungsgebildes herangezogen. Die Frequenz zur Bestimmung der Dichte eines fluiden Mediums liegt mit den beschriebenen und dargestellten Dichtemessvorrichtungen zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien in der Nähe von 1 kHz.

[0049] Die Figur 4 zeigt in einer perspektivischen Darstellung den in einer Halterung 18 eingespannten Hohlkörper 1. Die Halterung 18 umgibt als Art Joch das Einspannelement 2 des Hohlkörpers 1 und ist an einer Leiterplatte 19 befestigt. Diese Leiterplatte 19 ist mit der Elektronik zur Anregung des piezoelektrischen Elements der Erregereinrichtung sowie derjenigen zur

Aufnahme des Signals, welches vom piezoelektrischen Element der Sensoreinrichtung erfasst wird, bestückt. Die Leiterplatte 19 kann zudem auch mit einem Speicherelement bestückt sein, auf welchem die Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien charakterisierenden Parameter, insbesondere auch Kalibrierdaten abgelegt sind.

[0050] Durch Pfeile sind die Anschlüsse zur Befüllung beziehungsweise Entleerung des Hohlkörpers mit dem zu untersuchenden fluiden Medium angedeutet. Selbstredend können die beiden Fluidanschlüsse 20 des Einspannelements 2 hinsichtlich ihrer Funktion „Zulauf“ und „Ablauf“ auch vertauscht sein. Ebenso kann die Bestimmung der Dichte eines fluiden Mediums auch im Durchflussmodus des Hohlkörpers 1 erfolgen. Wichtig ist dabei, die Bildung von Luftblasen zu vermeiden.

[0051] In der Figur 4 sind ferner die Elektroden 11, 12 und die elektrischen Anschlüsse des piezoelektrischen Elements 4 zu sehen. Die elektrischen Zuleitungen 13, 14 zum piezoelektrischen Element 4 werden durch den Spalt 15 zur Leiterplatte 19 geführt und dort in Kontaktpunkten 21 kontaktiert. In der Figur 4 ist teilweise zu sehen, dass auch das piezoelektrische Element 4a in analoger Weise kontaktiert ist.

[0052] In der Figur 5 ist ein Schema für die Beschaltung der piezoelektrischen Elemente 4, 4a zu sehen. Das elektrische Signal der Erregereinrichtung wird eingangsseitig an die Verstärkereinrichtung angelegt. Das piezoelektrische Element 4 sei hier der Erregereinrichtung und das piezoelektrische Element 4a der Sensoreinrichtung zugeordnet.

[0053] Eine Vorverstärkereinheit 22 verstärkt das dem piezoelektrischen Element 4a entnommene Signal. Dieses Signal charakterisiert die durch das im Hohlkörper 1 befindliche fluide Medium erzeugte Verschiebung der Resonanzfrequenz des schwingenden Hohlkörpers 1 gegenüber der Resonanzfrequenz einer Referenzmessung, das heißt einer Messung mit leerem Hohlkörper oder mit einem fluiden Medium bekannter Dichte gefüllten Hohlkörper 1.

[0054] Die Filtereinrichtung 25 filtert unerwünschte Signalanteile aus. Dies sind solche Signalanteile, die nicht mit der für die Messung der Dichte eines fluiden Mediums ausgewählten Eigenschwingung des Hohlkörpers 1 übereinstimmen und können beispielsweise nicht benötigte Oberschwingungen oder Übersprechsignale enthalten.

[0055] Die Begrenzerschaltung 24 ist für ein stabiles Signal mit ausreichender Verstärkung verantwortlich. Die Endstufe 23 passt die Amplitude an die Anforderung des piezoelektrischen Elements der Erregereinheit an und stellt die erforderliche Phasenbedingung her.

[0056] Die Erfindung wurde anhand von bevorzugten Ausführungsformen gezeigt und beschrieben. Es sollen jedoch auch andere, hier nicht ausführlich genannte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung vom Schutzzumfang umfasst sein.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

1	Hohlkörper der Dichtemessvorrichtung
2	Einspannelement
3, 3a	Kontaktbereiche
4, 4a	piezoelektrische Elemente
5, 5a	Einspannrohre
6, 6a	Rohrabschnitte
7, 7a	Rohrabschnitte
8, 8a	Biegestellen
9	U-förmige Verbindungsleitung
10	Stabilisierungselement
11	Elektrode am piezoelektrischen Element
12	Elektrode am piezoelektrischen Element
13	elektrische Zuleitung
14	elektrische Zuleitung
15	Spalt
16	Isolationsbereich
18	Halterung des Hohlkörpers
19	Leiterplatte
20	Fluidanschlüsse
21	Kontaktpunkte
22	Vorverstärkereinheit
23	Endstufe oder Erregerverstärker
24	Limiter oder Begrenzerschaltung
25	Filter
A, A'	Mittellängsachse n der Rohrabschnitte 6, 6a
B, B'	Mittellängsachse n der Rohrabschnitte 7, 7a
S	Symmetrieebene

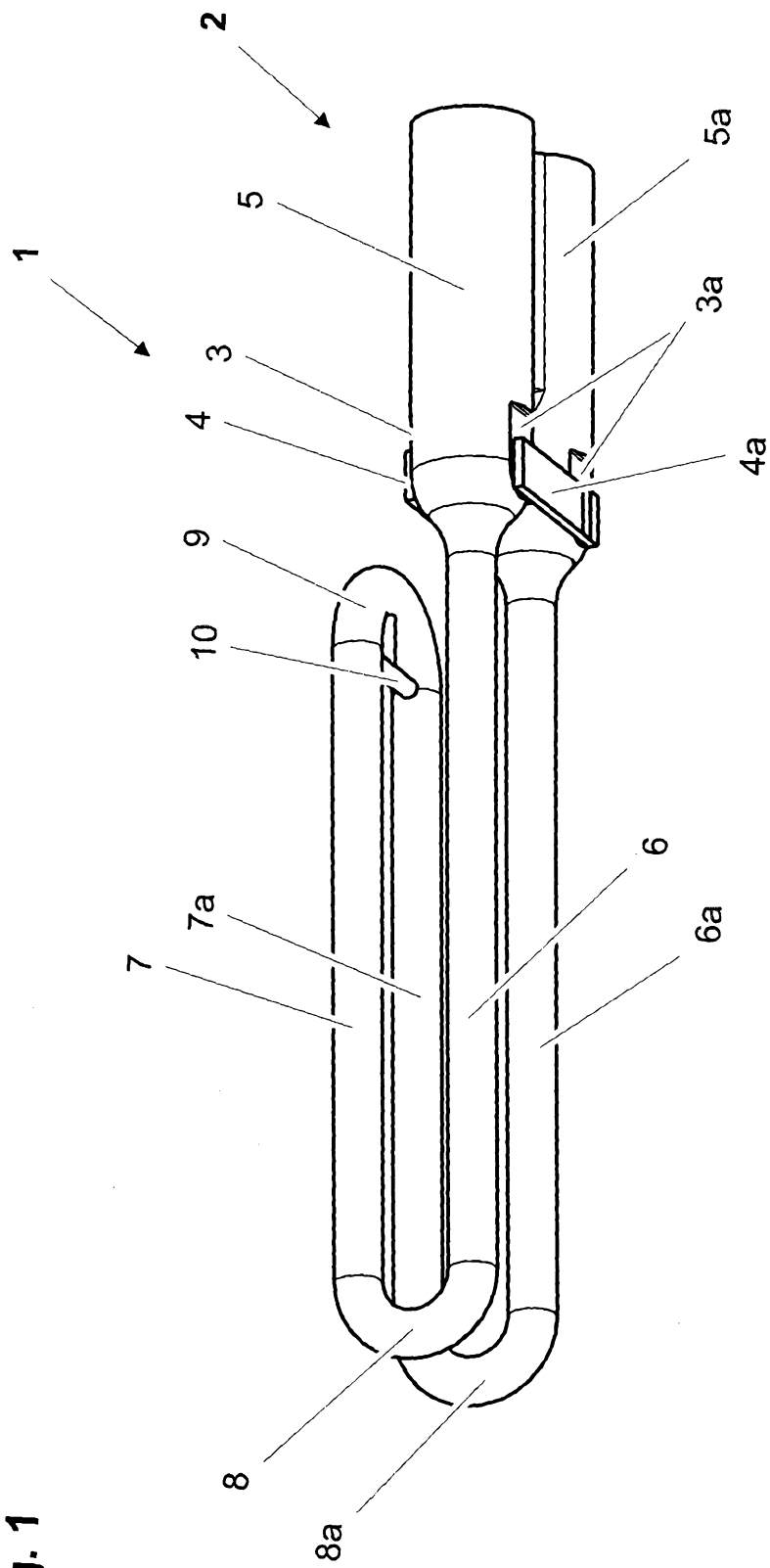
Patentansprüche

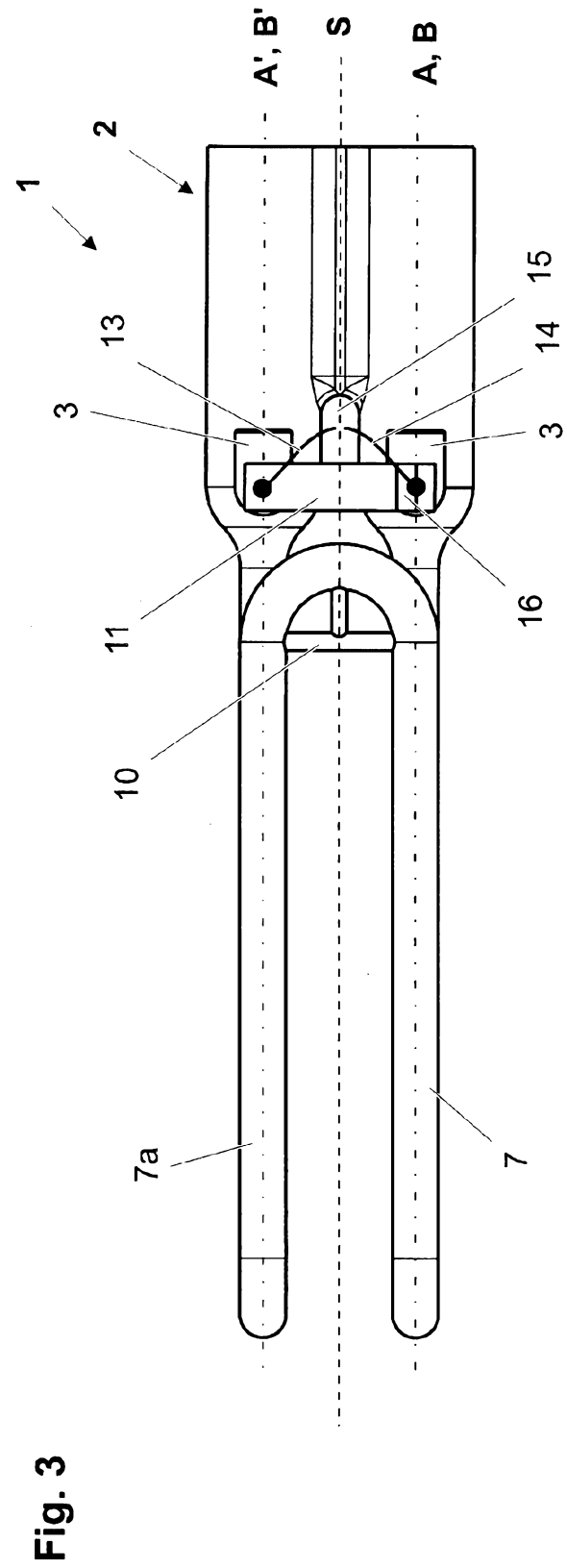
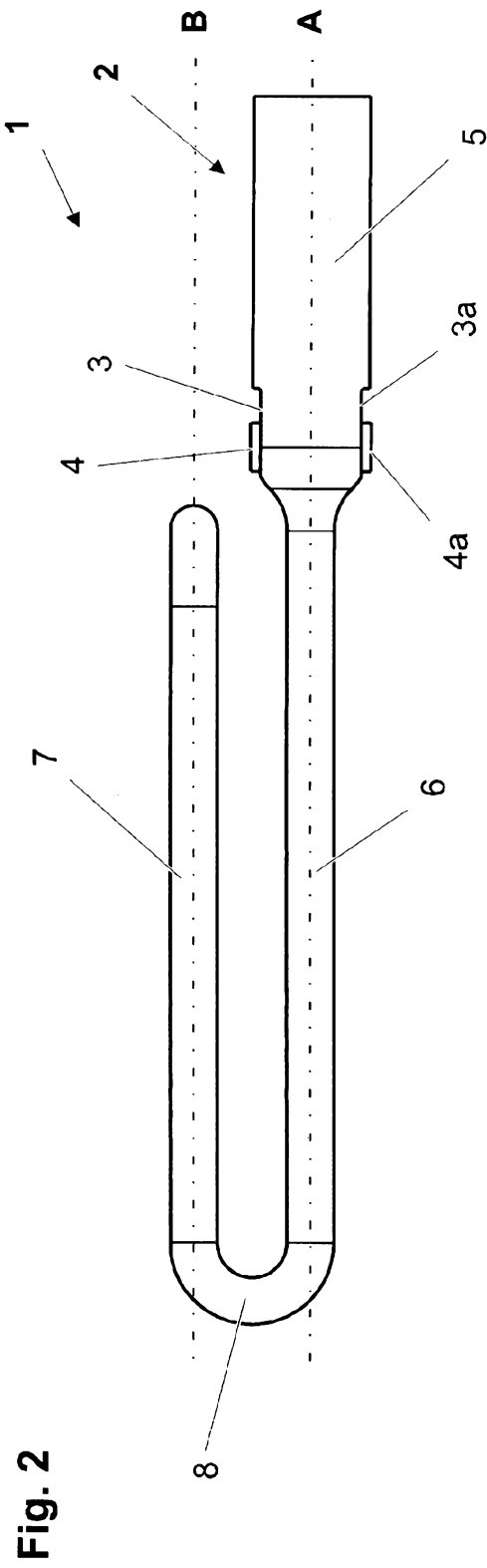
1. Dichtemessvorrichtung zur Bestimmung der Dichte von fluiden Medien, aufweisend: einen Hohlkörper (1) zur Aufnahme des zu untersuchenden fluiden Mediums, wobei der Hohlkörper (1) mindestens zwei parallele Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) umfasst, sowie eine Verbindungsleitung (9) an einem ersten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a), welche die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) U-förmig miteinander verbindet, und mit einem mindestens zwei Einspannrohre (5, 5a) aufweisenden Einspannelement (2) an einem zweiten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) versehen ist, in welche Einspannrohre (5, 5a) die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) münden, wobei eine ein piezoelektrisches Element (4) umfassende Erregereinrichtung zum Anregen einer Schwingung der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) sowie eine ein piezoelektrisches Element (4a) umfassende Sensoreinrichtung zur Erfassung einer angeregten Schwingung charakterisierenden Größe vorhanden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das piezoelektrische Element (4) der Erregereinrichtung und das piezoelektrische Element (4a) der Sensoreinrichtung an jeweils einem Kontaktbereich (3, 3a) des Einspannelements (2) in jeweils einer Ebene parallel zu der von den Mittellängsachsen (A, A', B, B') der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) aufgespannten Ebene befestigt sind, wobei die Kontaktbereiche (3, 3a) des Einspannelements (2) am in Bezug auf die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) proximalen Ende des Einspannelements (2) angeordnet sind und sich jeder Kontaktbereich (3, 3a) über beide Einspannrohre (5, 5a) erstreckt, und wobei sich jedes der piezoelektrischen Elemente (4, 4a) in der Ausdehnung seiner längsten Seite ebenfalls über beide Einspannrohre (5, 5a) erstreckt.
2. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontaktbereiche (3, 3a) des Einspannelements (2) als parallel zueinander ausgerichtete Abflachungen der Mantelflächen der jeweiligen Einspannrohre (5, 5a) ausgestaltet sind.
3. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einspannrohre (5, 5a) des Einspannelements (2) an ihrem in Bezug auf die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) distalen Ende miteinander verschmolzen sind und an ihrem in Bezug auf die mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) proximalen Ende durch einen Spalt (15) getrennt sind.
4. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kontaktbereiche (3, 3a) des Einspannelements (2) in ihrer Ausdehnung parallel zur Mittellängsachse (A, A') der Einspannrohre (5, 5a) maximal der Länge des Spaltes (15) entsprechen.
5. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einspannrohre (5, 5a) zwei sich konisch zu den Rohrabschnitten (6, 6a, 7, 7a) hin verjüngende, ihre Wandstärke und ihren Außendurchmesser verringernde Glasrohre umfasst, welche an ihrem proximalen Ende mit den Rohrabschnitten (6, 6a, 7, 7a) verschmolzen sind.
6. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wandstärke der Einspannrohre (5, 5a) mindestens das sechsfache der Wandstärke der Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) beträgt.
7. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einspannrohre (5, 5a) des Einspannelements (2) an ihrem in Bezug auf die mindestens zwei Rohrabschnitte (6, 6a, 7, 7a) distalen Ende Fluidanschlüsse (20) für die Zuleitung und Ableitung von fluiden Medien aufweisen.
8. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlkörper (1) als Faltschwinger mit vier parallelen Rohrabschnitten (6, 6a, 7, 7a) ausgestaltet ist, wobei die jeweils zwei durch die U-förmige Verbindungsleitung (9) verbundenen Rohrabschnitte (7, 7a) in einer Ebene parallel zu der durch die Mittellängsachsen (B, B') der Einspannrohre (7, 7a) sowie der beiden anderen Rohrabschnitte (6, 6a) aufge-

- spannten Ebene (A, A') angeordnet sind und die U-förmige Verbindungsleitung (9) zum proximalen Ende des Einspannelements (2) weist.
9. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die U-förmige Verbindungsleitung (9) am ersten Ende der mindestens zwei parallelen Rohrabschnitte, durch ein Stabilisierungselement (10) versteift ist.
 10. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Stabilisierungselement (10) als Versteifungskreuz ausgebildet ist.
 11. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Halterung (18) das Einspannelement (2) nahe dessen distalem Ende umfasst, welche Halterung (18) mit einer Leiterplatte (19) verbunden ist, die mit der Elektronik zur Anregung des piezoelektrischen Elements (4) der Erregereinrichtung sowie derjenigen zur Aufnahme des Signals, welches vom piezoelektrischen Element (4) der Sensoreinrichtung erfasst wird, bestückt ist.
 12. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Erregereinrichtung und die Sensoreinrichtung gleichgeartete piezoelektrische Elemente (4, 4a), insbesondere aus piezoelektrischer Keramik, umfassen.
 13. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das piezoelektrische Element (4) der Erregereinrichtung und das piezoelektrische Element der Sensoreinrichtung (4a) Elektroden (11, 12) in Form einer strukturierten metallischen Beschichtung des jeweiligen piezoelektrischen Elements (4, 4a) aufweisen.
 14. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine erste elektrische Zuleitung (13) mit einer ersten Elektrode (11) eines piezoelektrischen Elements (4, 4a) an der dem Kontaktbereich (3, 3a) des Einspannelements (2) abgewandten Fläche des piezoelektrischen Elements (4, 4a) angebracht ist, und eine zweite elektrische Zuleitung (14) mit einer zweiten Elektrode (12) eines piezoelektrischen Elements (4, 4a) an der dem Kontaktbereich (3, 3a) des Einspannelements (2) abgewandten Fläche des piezoelektrischen Elements (4, 4a) angebracht ist, wobei die zweite Elektrode (12) durch Umkontaktierung über die Stirnfläche des piezoelektrischen Elements (4, 4a) mit einer metallischen Beschichtung an der dem Kontaktbereich (3, 3a) zugewandten Fläche des piezoelektrischen Elements (4, 4a) elektrisch leitend verbunden ist.
 15. Dichtemessvorrichtung nach der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die elektrische Kontaktierung der piezoelektrischen Elemente (4, 4a) mittels Lötens oder mittels eines leitfähigen Klebers oder durch einen Federkontakt hergestellt ist.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

Fig. 1





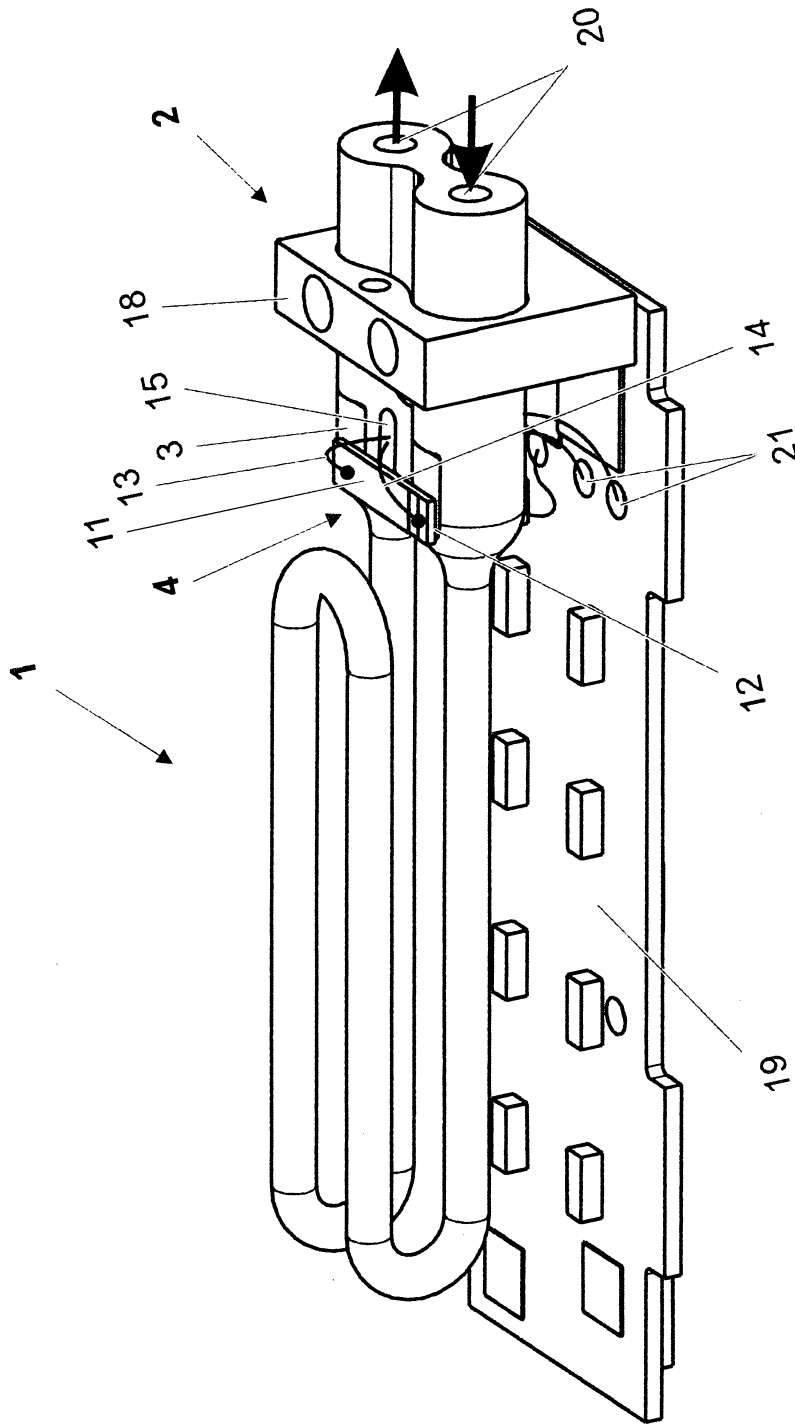


Fig. 4

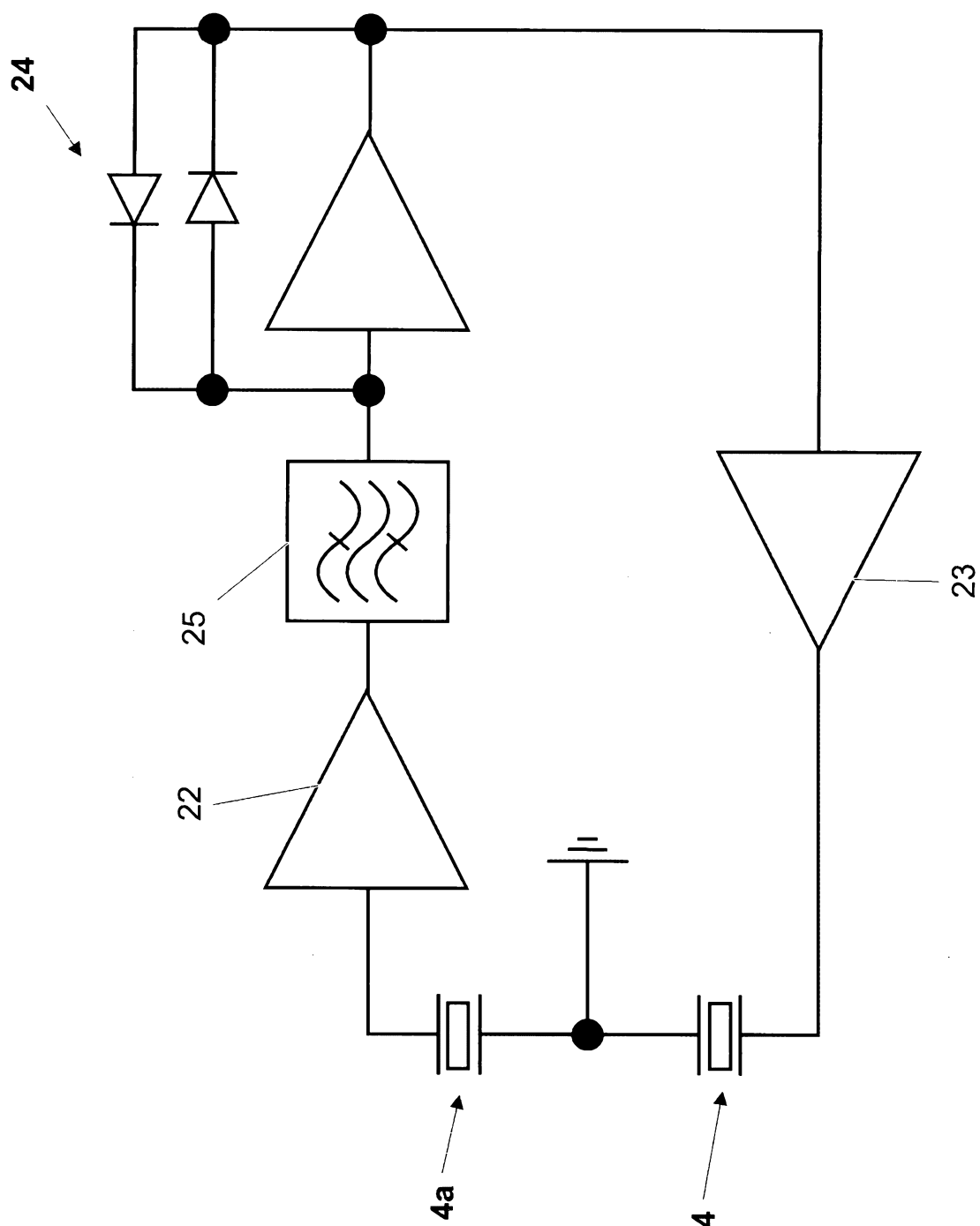


Fig. 5