

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50469/2023
(22) Anmeldetag: 14.06.2023
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2024

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

(56) Entgegenhaltungen:
AT 508675 B1
JP S6246231 A
EP 0538235 A1
WO 2007149834 A2

(71) Patentanmelder:
Belitsch Wolfgang
8075 Hart (AT)

(72) Erfinder:
Belitsch Wolfgang
8075 Hart (AT)

(74) Vertreter:
Schwarz & Partner Patentanwälte GmbH
1010 Wien (AT)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit**

(57) Die Dichtemessvorrichtung (1) zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit umfasst einen Messschwinger (2) mit einem Messhohlraum (3) zur Aufnahme der Flüssigkeit und einen Referenzschwinger (4) mit einem Referenzhohlraum (5), der mit einem Referenzfluid (6), insbesondere einem Referenzgas, gefüllt ist, zumindest eine Erregereinrichtung (7, 8) zur Anregung von Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4), und eine Auswerteeinrichtung (15) zur Erfassung der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4). Der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) sind so nahe aneinander angeordnet, dass sie in Wärmeaustausch miteinander stehen, wobei die Auswerteeinrichtung (15) dazu konfiguriert ist, aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers (4) eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers (2) abzuleiten.

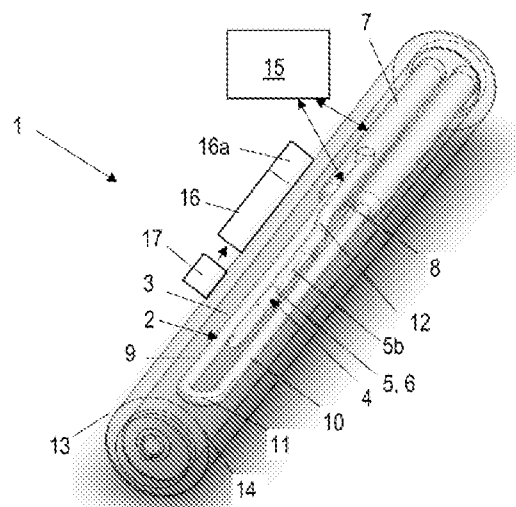


Fig. 3

Zusammenfassung:

Die Dichtemessvorrichtung (1) zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit umfasst einen Messschwinger (2) mit einem Messhohlraum (3) zur Aufnahme der Flüssigkeit und einen Referenzschwinger (4) mit einem Referenzhohlraum (5), der mit einem Referenzfluid (6), insbesondere einem Referenzgas, gefüllt ist, zumindest eine Erregereinrichtung (7, 8) zur Anregung von Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4), und eine Auswerteeinrichtung (15) zur Erfassung der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4). Der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) sind so nahe aneinander angeordnet, dass sie in Wärmeaustausch miteinander stehen, wobei die Auswerteeinrichtung (15) dazu konfiguriert ist, aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers (4) eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers (2) abzuleiten.

(Fig. 3)

31403-ATVorrichtung und Verfahren zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit, umfassend einen Messschwinger mit einem Messhohlraum zur Aufnahme der Flüssigkeit und einen Referenzschwinger mit einem Referenzhohlraum, der mit einem Referenzfluid, insbesondere einem Referenzgas, gefüllt ist, zumindest eine Erregereinrichtung zur Anregung von Schwingungen des Messschwingers und des Referenzschwingers, und eine Auswertereinrichtung zur Erfassung der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers und des Referenzschwingers.

Die Erfindung betrifft weiters ein Verfahren zum Bestimmen der Dichte einer Flüssigkeit, umfassend das Einbringen der Flüssigkeit in einen Messhohlraum eines Messschwingers, das Anregen des Messschwingers zu Schwingungen, das Anregen eines mit einem Referenzfluid, insbesondere einem Referenzgas, gefüllten Referenzschwingers zu Schwingungen, und das Erfassen der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers und des Referenzschwingers.

Für die Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten ist es seit langem bekannt, Flüssigkeiten in Hohlkörper zu füllen, die Hohlkörper zur Schwingung anzuregen und eine Resonanzfrequenz des Hohlkörpers nach dessen Anregung zu messen. Das Prinzip der Bestimmung der Dichte der Flüssigkeit beruht dabei auf einem Feder-Masse-Schwungsystem, dessen Masse sich einerseits aus dem Hohlkörper und andererseits aus der zu messenden Flüssigkeit zusammensetzt, wobei die Masse der Flüssigkeit von ihrer Dichte abhängt. Derartige Dichtemessvorrichtungen werden auch als Biegeschwinger oder Messschwinger bezeichnet.

Die Prinzipien dieser Biegeschwinger-Dichtemessungen und entsprechende Ausführungsformen von Schwingern sind in der österreichischen Patentanmeldung Nr. A 50795/2019 beschrieben.

Fig. 1 von A 50795/2019, die hier als Fig. 8 wiedergegeben ist, zeigt ein erstes bekanntes Beispiel eines Schwingers 101. Dieser Schwinger 101 umfasst ein U-förmiges Rohr 102 und eine Gegenmasse 103, in welcher das Rohr 102 mit seinen beiden Enden eingespannt ist, sodass das Rohr 102 mit einer freien Länge L schwingen kann. Bei dieser Form des Schwingers 101 wird das zu einer U-Form gebogene Rohr 102 senkrecht zur Ebene, in der

das U-förmige Rohr 102 liegt, in den Richtungen R, -R gegen seine Ruhelage ausgelenkt und so zu einer Resonanzschwingung angeregt. Das hat den Vorteil, dass die Resonanzfrequenz niedrig ist (einige 100 Hertz), aber den Nachteil, dass die Gegenmasse 103, an der das U-förmige Rohr 102 befestigt ist, relativ groß (ungefähr 8 bis 10 kg) sein muss, weil sonst der Messfehler für verschieden große Dichten der Messflüssigkeit zu groß sein würde.

Um den Nachteil der erforderlichen großen Gegenmasse des in Fig. 8 wiedergegebenen Schwingers 101 zu überwinden und zusätzlich einen Temperaturfühler zur Messung der Temperatur und eine darauf beruhende Thermostatisierung der im Rohr enthaltenen Flüssigkeit vorzusehen, wird in der A 50795/2019 die hier in Fig. 7 wiedergegebene Ausführungsform eines Schwingers vorgeschlagen.

Dieser Schwinger 113 umfasst einen Hohlkörper 114, in den die zu messende Flüssigkeit eingefüllt wird, und eine Gegenmasse 103, in welcher der Hohlkörper 114 eingespannt ist. Der Hohlkörper 114 setzt sich zusammen aus zwei Resonatorrohren 115, 116, die im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen, und einem U-förmigen Verbindungsrohr 117, welches die beiden Resonatorrohre 115, 116 verbindet, sodass Flüssigkeit in den Eingang 118 eines der Resonatorrohre 115 einströmen und über den Ausgang 119 des anderen Resonatorrohres 116 ausströmen kann. Der Hohlkörper 114 ist so in der Gegenmasse 103 eingespannt, dass die Resonatorrohre 115, 116 des Hohlkörpers 114 aus der Gegenmasse 103 herausragen und durch eine externe Anregung in eine Schwingung versetzt werden können, bei der die Resonatorrohre 115, 116 gegeneinander in Richtungen R, -R schwingen, wodurch die Lage des Schwerpunkts des Schwingers 113 bei der Schwingung konstant bleibt. Der Schwinger 113 weist einen Steg 120 auf, der zwischen der Gegenmasse 103 und dem Verbindungsrohr 117 angeordnet ist. Der Steg 120 begrenzt die Schwingungslänge L der Resonatorrohre 115, 116 und verhindert, dass das Verbindungsrohr 117 schwingt. Dadurch kann am Verbindungsrohr 117 ein Temperaturfühler 112 angebracht werden, ohne die Schwingungsmessung zu stören.

Wie in der österreichischen Patentanmeldung Nr. A 50795/2019 weiters ausgeführt ist, ist es für die Sicherstellung der Genauigkeit der Messung der Dichte von Flüssigkeiten nach dem Biegeschwinger-Prinzip von Vorteil, nach erfolgter erster Messung zumindest eine weitere Messung, eine sogenannte Wiederholmessung, durchzuführen und den so erhaltenen zweiten Messwert mit dem ersten Messwert zu vergleichen.

Da aufgrund des Messprinzips nach erfolgtem Probenflüssigkeitswechsel die Temperaturangleichung auf eine durch eine Temperiereinheit vorgegebene

Referenztemperatur langsam erfolgt, dauert eine Messung der Dichte lange (einige Minuten), was sich nachteilig auf den Probendurchsatz pro Arbeitstag auswirkt, insbesondere wenn die Gewährleistung der Messgenauigkeit durch Wiederholmessungen sichergestellt werden soll.

Eine deutliche Verkürzung der Zeit für die genaue Bestimmung der Dichte mittels Wiederholmessungen wird durch das in der A 50795/2019 vorgeschlagene Vorsehen des Temperaturfühlers am Verbindungsrohr zur unmittelbaren Messung der Temperatur der Flüssigkeit im Hohlkörper erreicht, ohne dabei die Schwingung des Hohlkörpers zu stören.

Gegenüber der in Fig. 7 dargestellten Ausführungsform eines Schwingers zur Messung der Dichte von Flüssigkeiten nach dem Biegeschwinger-Prinzip, die als sogenannter X-Schwinger ausgebildet ist, weist der in Fig. 8 dargestellte Biegeschwinger, ein sogenannter Y-Schwinger, eine höhere Genauigkeit auf. Allerdings ist auch beim Schwinger von Fig. 8 die Durchführung von Wiederholmessungen zur Sicherstellung der Genauigkeit sinnvoll. Eine Verkürzung der Messzeit mit Hilfe eines Temperaturfühlers ist dabei aber nicht möglich, weil es bei diesem Y-Schwinger keinen Rohrabschnitt des Hohlkörpers gibt, der nicht an der Schwingung teilnimmt und dessen Schwingung durch die Anbringung eines Temperaturfühlers nicht gestört würde.

Bei den genauesten Geräten für die Messung der Dichte von Flüssigkeiten wird der Hohlkörper aus Borosilicatglas gefertigt. Glas hat jedoch den Nachteil, dass sich seine mechanischen Eigenschaften mit der Zeit (bereits innerhalb einiger Wochen) verändern und sich dadurch die Resonanzfrequenz des Hohlkörpers des Schwingers verändert, was zu einer Ungenauigkeit der Messung führen würde. Ein solches Dichtemessgerät müsste deshalb alle paar Wochen nachjustiert werden.

Um diese Nachjustierung zu vermeiden, sieht man bei den genauesten Dichtemessgeräten einen zweiten Schwinger, den sogenannten Referenzschwinger, vor, der einen Referenzhohlkörper aus demselben Material wie der Messhohlkörper des Messschwingers aufweist. Dadurch verändern sich die mechanischen Eigenschaften und damit die Resonanzfrequenzen des Messhohlkörpers und des Referenzhohlkörpers mit der Zeit in sehr ähnlicher Weise. Wird nun die Resonanzfrequenz des Messschwingers auf die Resonanzfrequenz des Referenzschwingers bezogen, indem man vorzugsweise das Verhältnis der beiden Frequenzen bildet, so wird die zeitliche Veränderung der Resonanzfrequenz des Messschwingers sehr gut durch die gleichzeitig stattfindende zeitliche Veränderung der Resonanzfrequenz des Referenzschwingers kompensiert.

Es ist aber auch bei diesen genauen Dichtemessgeräten, die einen Messschwinger und einen Referenzschwinger umfassen, sinnvoll, das Ergebnis einer Dichtemessung durch eine Wiederholmessung zu verifizieren. Dabei steht man wiederum vor dem oben geschilderten Problem, dass eine Verkürzung der Messzeit mit Hilfe eines am Messschwinger angebrachten Temperaturfühlers nicht möglich ist, weil es keinen Rohrabschnitt des Messschwingers gibt, der nicht an der Schwingung teilnimmt und dessen Schwingung durch die Anbringung eines Temperaturfühlers nicht gestört würde.

Da die Dichte der in den Messschwinger eingebrachten Flüssigkeit von deren Temperatur abhängt, muss grundsätzlich die Dichte auf eine Referenztemperatur bezogen werden. Dazu werden der Messschwinger und der Referenzschwinger auf die Referenztemperatur temperiert. Wird nun eine Flüssigkeit, deren Dichte gemessen werden soll, in den Messschwinger eingebracht, so verändert die Flüssigkeit die Temperatur des Messschwingers vorübergehend, weil die Flüssigkeit nie exakt die gleiche Temperatur wie der Messschwinger hat. Steht kein Temperaturfühler zur Erfassung der momentanen Temperatur des Messschwingers zur Verfügung, so musste bis jetzt eine lange Zeitspanne zwischen dem Einfüllen der Flüssigkeit in den Messschwinger und der Durchführung der Dichtemessung verstreichen gelassen werden, um sicherzustellen, dass der Messschwinger und die darin enthaltene Flüssigkeit bei der Durchführung der Dichtemessung auf die Referenztemperatur temperiert sind.

Es ist somit die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Dichtemessgerät mit Messschwinger und Referenzschwinger und ein Verfahren zur Dichtemessung von Flüssigkeiten bereitzustellen, bei denen eine Verkürzung der Messzeit, insbesondere auch bei mehrfachen Dichtemessungen, ohne das Vorsehen eines Temperaturfühlers am Messschwinger möglich ist.

Die vorliegende Erfindung löst die gestellte Aufgabe, indem bei der eingangs genannten Dichtemessvorrichtung bzw. bei dem eingangs genannten Verfahren der Messschwinger und der Referenzschwinger so nahe aneinander angeordnet sind, dass sie in ständigem Wärmeaustausch miteinander stehen, wobei mittels der Auswerteeinrichtung aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers abgeleitet wird.

Für hochgenaue Dichtemessungen weist die erfindungsgemäße Dichtemessvorrichtung eine Temperiereinheit auf, die dazu ausgebildet ist, den Messschwinger und den Referenzschwinger auf eine Referenztemperatur zu temperieren. Um die

Schwingungsmessungen an Messschwinger und Referenzschwinger möglichst unbeeinflusst von äußeren Einflüssen durchführen zu können, ist in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dichtemessvorrichtung ein Behälter mit einem Innenraum vorgesehen, in dem der Messschwinger und der Referenzschwinger eingeschlossen sind, wobei vorzugsweise der Innenraum des Behälters mit Luft oder einem anderen Gas gefüllt ist.

Die oben genannte Temperiereinheit kann bei einer Ausführungsform der Dichtemessvorrichtung mit dem Behälter dazu ausgebildet sein, den Behälterinnenraum auf die Referenztemperatur zu temperieren. Um Dichtemessungen durchzuführen, die direkt auf eine Referenztemperatur bezogen sind, ist in einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die Temperiereinheit eine Regeleinrichtung umfasst, die mit einem die Temperatur im Behälterinnenraum erfassenden Temperaturfühler kommuniziert, wobei die Regeleinrichtung dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit der vom Temperaturfühler erfassten Temperatur im Behälterinnenraum die Temperiereinheit so mit Energie zu beaufschlagen, dass sich im Behälterinnenraum die Referenztemperatur einstellt.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen die Dichtemessvorrichtung so zu betreiben, dass die Auswertevorrichtung die Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers erfasst, wenn der Referenzschwinger die Referenztemperatur aufweist, oder dass in der Auswerteeinheit die Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers bei der Referenztemperatur gespeichert ist. Auf Basis dieser Ausgangslage erfasst die Auswertevorrichtung die Schwingungsfrequenz des Messschwingers, wenn der Referenzschwinger eine Schwingungsfrequenz aufweist, die seiner Schwingungsfrequenz bei der Referenztemperatur entspricht, und bestimmt aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers die Dichte der darin enthaltenen Flüssigkeit bezogen auf die Referenztemperatur.

In einer alternativen Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen die Dichtemessvorrichtung so zu betreiben, dass die Auswertevorrichtung aus der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers die momentane Temperatur des Referenzschwingers und damit aufgrund des ständigen Wärmeaustausches zwischen dem Messschwinger und dem Referenzschwinger die momentane Temperatur des Messschwingers ableitet und aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers die Dichte der darin enthaltenen Flüssigkeit, entweder bezogen auf die momentane Temperatur des Messschwingers oder aus der momentanen Temperatur auf die Referenztemperatur umgerechnet bestimmt.

Um einen möglichst guten Temperature Austausch zwischen dem Messschwinger und dem Referenzschwinger zu erzielen, ist es bevorzugt, wenn der Messschwinger als U-förmiges Rohr ausgebildet ist und zumindest ein Abschnitt des Referenzschwingers zwischen dem U-förmigen Rohr angeordnet ist. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Referenzschwinger als ein im Wesentlichen gerades, optional gekröpftes Rohrstück ausgeführt, das zwischen den U-Schenkeln des Messschwingers positioniert ist. In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung sind der Messschwinger und der Referenzschwinger von dem Referenzgas umgeben. Bei dieser Ausführungsform ist es zweckmäßig, wenn der Referenzhohlraum des Referenzschwingers offen ist, damit der Referenzschwinger innen und außen von dem Referenzgas umgeben ist. Wenn der Referenzschwinger als ein im Wesentlichen gerades Rohr ausgeführt ist, ist es sinnvoll, am Rohr des Referenzschwingers eine Flachstelle vorzusehen und dadurch die Schwingungsrichtung des Referenzschwingers eindeutig zu definieren. Die Schwingungsrichtung des Referenzschwingers wird vorzugsweise gleich wie die des Messschwingers gewählt.

Vorteilhafte und nicht einschränkende Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1A und Fig. 1B zeigen eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dichtemessvorrichtung in der Perspektive bzw. in Seitenansicht.

Fig. 2 zeigt einen Behälter der Dichtemessvorrichtung in der Perspektive.

Fig. 3 zeigt die erfindungsgemäße Dichtemessvorrichtung in der Perspektive mit aufgesetztem Behälter.

Fig. 4 zeigt den aufgezeichneten Verlauf der Dichte in g/cm^3 (Ordinate) über der Zeit.

Fig. 5 zeigt denselben Dichteverlauf wie Fig. 4, wobei jedoch die Dichte über dem Kehrwert der Frequenz des Referenzschwingers dargestellt ist.

Fig. 6 zeigt den Dichteverlauf von Fig. 5 über dem Kehrwert der Frequenz des Referenzschwingers, wobei zusätzlich der zeitliche Verlauf des ersten Füllvorgangs eingezeichnet ist, wie er wäre, wenn er nicht durch die zweite Füllung abgebrochen worden wäre.

Fig. 7 zeigt schematisch ein erstes bekanntes Beispiel eines Messschwingers.

Fig. 8 zeigt schematisch ein zweites bekanntes Beispiel eines Messschwingers.

Unter Bezugnahme auf die Figuren 1A, 1B, 2 und 3 wird nun eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dichtemessvorrichtung 1 beispielhaft erläutert.

Die Dichtemessvorrichtung 1 zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit umfasst einen Messschwinger 2 mit einem Messhohlraum 3 zur Aufnahme der Flüssigkeit und einen Referenzschwinger 4 mit einem Referenzhohlraum 5, der mit einem Referenzfluid 6, insbesondere einem Referenzgas, gefüllt ist. Eine erste Erregereinrichtung 7 dient zur Anregung von Schwingungen des Messschwingers 2. Eine zweite Erregereinrichtung 8 dient zur Anregung von Schwingungen des Referenzschwingers 4. Alternativ dazu kann auch eine gemeinsame Erregereinrichtung für die Anregung von Schwingungen des Messschwingers 2 und des Referenzschwingers 4 vorgesehen sein. Die Erregereinrichtungen 7, 8 können beispielsweise über piezoelektrische Elemente zu Schwingungen angeregt werden (sogenannte Fußpunkterregung). Der Messschwinger 2 und der Referenzschwinger 4 können einstückig oder mehrstückig ausgebildet sein. Bevorzugt ist jedoch eine einstückige Ausbildung aus Glas, insbesondere Borosilicatglas. Der Messschwinger 2 weist eine U-Form auf, die zwei parallel zueinander verlaufende Resonatorrohre 9, 10 umfasst, die durch ein gebogenes Verbindungsrohr 11 miteinander verbunden sind. Mittels eines nicht dargestellten Einlasses und Auslasses kann die zu messende Flüssigkeit in den Messhohlraum 3 eingebracht und daraus entfernt werden. Der Referenzschwinger 4 weist ein Resonatorrohr 12 auf, das gerade mit einer Kröpfung ausgebildet ist. Die Kröpfung dient dazu, einen überwiegenden Teil des Referenzschwingers 4 zwischen den geraden Resonatorrohren 9, 10 des Messschwingers 2 und im Wesentlichen in derselben Ebene wie die Resonatorrohre 9, 10 des Messschwingers 2 liegend anzuordnen. Der Abstand zwischen dem Messschwinger 2 und dem Referenzschwinger 4 ist dadurch nahe genug, damit der Messschwinger 2 und der Referenzschwinger 4 in Wärmeaustausch miteinander stehen, so dass sich eine durch das Einfüllen der Flüssigkeit in den Messhohlraum 3 ergebende Temperaturänderung des Messschwingers 2 auf den Referenzschwinger 4 überträgt. Da der Referenzschwinger 4 als ein im Wesentlichen gerades Rohr ausgeführt ist, ist es sinnvoll, am Rohr des Referenzschwingers eine Flachstelle 5b vorzusehen und dadurch die Schwingungsrichtung des Referenzschwingers eindeutig zu definieren. Die Schwingungsrichtung des Referenzschwingers 4 wird gleich wie die Schwingungsrichtung R, -R des Messschwingers 2 gewählt. Ohne diese Flachstelle 5b könnte das freie Rohrende des Referenzschwingers 4 in einer willkürlichen und sich verändernden Richtung schwingen und beispielsweise auch einen Kreisbogen oder eine Ellipse beschreiben. Der Messschwinger 2 und der Referenzschwinger 4 sind in einer Gasatmosphäre angeordnet, bei der es sich im einfachsten Fall um die Umgebungsluft handeln kann. Diese Gasatmosphäre kann das Referenzfluid 6 darstellen. In diesem Fall ist vorgesehen, dass der Referenzhohlraum 5 des Referenzschwingers 4 offen ist, wie in Fig. 1 durch das offene freie Ende des Rohrs des Referenzschwingers 4 dargestellt. Dadurch wird der Wärmeaustausch zwischen dem Messschwinger 2 und dem Referenzschwinger 4 über das Referenzfluid 6 weiter verbessert.

Aus technischen Gründen ausgeschlossen sind das Anordnen des Messchwingers 2 und des Referenzschwingers 4 in einer Flüssigkeit. Dies würde zwar eine sehr gute Wärmeübertragung ergeben, allerdings die Schwingungen von Messchwinger 2 und Referenzschwinger 4 stark beeinflussen. Ebenso ausgeschlossen ist das Anordnen des Messchwingers 2 und des Referenzschwingers 4 in einem Vakuum aufgrund der temperaturisolierenden Eigenschaften von Vakuum. Bevorzugt ist das Anordnen des Messchwingers 2 und des Referenzschwingers 4 in einem Behälter 13 mit einem Innenraum 14, wobei der Innenraum 14 des Behälters 13 mit Luft oder einem anderen Gas gefüllt, das das Referenzfluid 6 bildet, und vorzugsweise gegenüber der Umwelt hermetisch abgeschlossen ist. Ein solcher Behälter 13 kann als Überrohr ausgebildet sein, wie in den Figuren 2 und 3 zu sehen ist.

Der Referenzhohlraum 5 des Referenzschwingers 4 ist mit dem Referenzfluid 6, insbesondere einem Referenzgas, gefüllt. Dieses Referenzfluid 6 bleibt permanent im Referenzhohlraum 5 und wird allenfalls im Zuge von Wartungsarbeiten an der Dichtemessvorrichtung 1 ausgetauscht. Wenn das Referenzfluid 6 – wie oben erwähnt – das Gas ist, mit dem der Innenraum 14 des Behälters 13 gefüllt ist, wird dieses Gas permanent im Innenraum 14 belassen. Der Behälter 13 ist normalerweise nach seiner Befüllung mit dem Gas zugeschmolzen und kann nicht zerstörungsfrei geöffnet werden. Wartungsarbeiten sind daher nicht möglich, aber auch nicht notwendig.

Die Dichtemessvorrichtung 1 weist weiters eine Auswerteeinrichtung 15 zur Erfassung der Frequenzen der Schwingungen des Messchwingers 2 und des Referenzschwingers 4 auf. Dazu kann die Auswerteeinheit 15 mit Schwingungsmesssensoren, ausgestattet sein, die die Bewegungen des Messchwingers 2 und des Referenzschwingers 4 detektieren. Die Schwingungsmesssensoren können beispielsweise als optische oder piezoelektrische Elemente ausgebildet sein. Die Auswerteeinrichtung 15 ist dazu konfiguriert, aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers 4 eine Veränderung der Temperatur des Messchwingers 2 abzuleiten, wie nachfolgend noch näher erläutert wird.

Zur Erhöhung der Genauigkeit der Dichtemessung weist die dargestellte Dichtemessvorrichtung 1 eine Temperiereinheit 16 auf, die dazu ausgebildet ist, den Messchwinger 2 und den Referenzschwinger 4 auf eine vorgegebene Referenztemperatur von beispielsweise 20,00 °C oder 15,00 °C zu temperieren. Unter „temperieren“ ist heizen oder kühlen zu verstehen. Diese Temperiereinheit 16 kann beispielsweise am Behälter 13 angeordnet sein und den Innenraum 14 des Behälters 13, in dem der Messchwinger 2 und der Referenzschwinger 4 eingeschlossen sind, auf die Referenztemperatur temperieren,

wodurch auch der Messschwinger 2 und der Referenzschwinger 4 diese Temperatur einnehmen werden. In einer Variante umfasst die Temperiereinheit 16 eine Regeleinrichtung 16, die mit einem die Temperatur im Behälterinnenraum 14 erfassenden Temperaturfühler 17 kommuniziert, wobei die Regeleinrichtung 16a dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit der vom Temperaturfühler 17 erfassten Temperatur im Behälterinnenraum 14 die Temperiereinheit 16 so mit Energie zu beaufschlagen, dass sich im Behälterinnenraum 14 die Referenztemperatur einstellt.

Das erfindungsgemäße Verfahren zum Bestimmen der Dichte einer Flüssigkeit umfasst das Einbringen der Flüssigkeit in den Messhohlraum 3 eines Messschwingers 2, das Anregen des Messschwingers 2 zu Schwingungen, das Anregen des Referenzschwingers 4 zu Schwingungen, das Erfassen der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers 2 und des Referenzschwingers 4, wobei durch den Wärmeaustausch zwischen dem Messschwinger 2 und dem Referenzschwinger 4 aufgrund ihrer Nähe zueinander eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers 2 aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers 4 abgeleitet wird.

In einer Ausführungsform der Erfindung wird mittels der Auswertevorrichtung 15 die Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers 4 erfasst, wenn der Referenzschwinger 4 die Referenztemperatur aufweist, d.h. mit einer der Referenztemperatur entsprechenden Frequenz schwingt, wobei eine Vorab-Bestimmung der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers 4, wenn dieser die Referenztemperatur aufweist, vorgenommen werden kann. Die Schwingungsfrequenz des Messschwingers 2 wird erfasst, wenn der Referenzschwinger 4 eine Schwingungsfrequenz aufweist, die seiner Schwingungsfrequenz bei der Referenztemperatur entspricht. Aus der erfassten Schwingungsfrequenz des Messschwingers 2 bestimmt die Auswertevorrichtung 15 die Dichte der im Messschwinger 2 enthaltenen Flüssigkeit bezogen auf die Referenztemperatur, bei der die Schwingungsfrequenz des Messschwingers 2 erfasst worden ist.

In einer weiteren Ausführungsform der Dichtemessvorrichtung 1 ist die Auswertevorrichtung 15 dazu ausgebildet, die Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers 4 zu erfassen, wenn der Referenzschwinger 4 die Referenztemperatur aufweist. Alternativ dazu kann in der Auswerteeinheit 15 die vorab erfasste Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers 4 bei der Referenztemperatur gespeichert sein. Die Auswertevorrichtung 15 erfasst die Schwingungsfrequenz des Messschwingers 2, wenn der Referenzschwinger 4 eine Schwingungsfrequenz aufweist, die seiner Schwingungsfrequenz bei der Referenztemperatur entspricht, und bestimmt aus der

Schwingungsfrequenz des Messschwingers 2 die Dichte der darin enthaltenen Flüssigkeit bezogen auf die Referenztemperatur.

In einer weiteren Ausführungsform der Dichtemessvorrichtung 1 bzw. des damit auszuführenden Verfahrens leitet die Auswertevorrichtung 15 die momentane Temperatur des Referenzschwingers 4 aus der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers 4 und damit bedingt durch den Wärmeaustausch zwischen dem Messschwinger 2 und dem Referenzschwinger 4 die momentane Temperatur des Messschwingers 2 ab, und bestimmt die Dichte der im Messschwinger 2 enthaltenen Flüssigkeit aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers 2, bezogen auf die momentane Temperatur des Messschwingers 2. Aus dem Kurvenverlauf der Dichte mit der Temperatur bzw. der Frequenz des Referenzschwingers 4 kann die Dichte auf die gewünschte Referenztemperatur vorausberechnet werden. Der so errechnete Wert für die Dichte bei der Referenztemperatur ist aber nicht so genau wie derjenige Wert, der gemessen wird, wenn der vollständige Temperaturangleich abgewartet wird. Der Zusammenhang zwischen der Dichte eines Fluids und seiner Temperatur ist nicht mit ausreichender Genauigkeit bekannt. Deshalb muss die Flüssigkeit auf die gewünschte Referenztemperatur temperiert werden. Der Vorgang der vollständigen Temperierung muss aber nur einmal abgewartet werden, um eine genaue Messung der Dichte durchzuführen. Für die sogenannten Wiederholmessungen reicht es aus, den Abstand D bei demselben Kehrwert der Referenzschwingerfrequenz zwischen den Wiederholmessungen zu bestimmen (oder die Verläufe der Dichtemesswerte der Wiederholmessungen über die Änderung dieses Kehrwertes zu vergleichen), um daraus festzustellen, ob die Messungen aufgrund der Füllung des Messhohlraumes gut ist oder nicht.

Wenn die Flüssigkeit, deren Dichte gemessen werden soll, in den Messschwinger 2 eingebracht wird, so verändert sich dessen Temperatur vorübergehend, weil die Flüssigkeit nie exakt die gleiche Temperatur wie der Messschwinger 2 hat. Wird der Messschwinger 2 durch das Einbringen der Flüssigkeit thermisch ausgelenkt, so wird aufgrund des thermischen Kontaktes mit dem Referenzschwinger 4 auch der Referenzschwinger 4 thermisch ausgelenkt. Da der Referenzschwinger immer mit demselben Referenzfluid gefüllt ist, wird sich für die Resonanzfrequenz des Referenzschwingers 4 nach dem Erreichen der durch die Temperiereinheit 16 vorgegebenen Referenztemperatur wieder derselbe Wert wie vor der thermischen Auslenkung einstellen, wobei auch der Messschwinger 2 zur selben Zeit die Referenztemperatur erreicht und sich am Messschwinger 2 eine von der Dichte der Flüssigkeit im Messhohlraum 3 abhängige Resonanzfrequenz des Messschwingers 2 einstellt.

Aufgrund des sehr engen thermischen Kontaktes des Referenzschwingers 4 mit dem Messschwinger 2 „spürt“ der Referenzschwinger 4 die Temperatur des Messschwingers 2. Somit ist die Resonanzfrequenz des Referenzschwingers 4 direkt von der Temperatur des Messschwingers 2 abhängig und kann daher als Maß für die Temperatur des Messschwingers 2 und damit der im Messhohlraum 3 des Messschwingers 2 befindlichen Flüssigkeit verwendet werden.

Damit kann der Referenzschwinger 4 als berührungsloser Temperaturfühler für die im Messhohlraum 3 befindliche Flüssigkeit herangezogen werden. Der Referenzschwinger 4 nimmt daher die Rolle ein, die der Temperaturfühler beim Stand der Technik hat.

Durch diese Erkenntnis ist es erstmals möglich, auch bei Y-Schwingern verkürzte Wiederholmessungen durchzuführen und damit die Genauigkeit der Messung zu gewährleisten.

Fig. 4 zeigt den aufgezeichneten Verlauf der Dichte in g/cm^3 (Ordinate) über der Zeit in Sekunden (Abszisse) bei der Temperierung, hier Kühlung, einer Flüssigkeit von einer Umgebungstemperatur von $24,3^\circ\text{C}$ auf eine Referenztemperatur von 20°C während zweier Füllvorgänge 20, 21, wobei die Temperierung des ersten Füllvorgangs 20 durch den zweiten Füllvorgang 21 nach ungefähr 20s abgebrochen wird. Fig. 5 zeigt für die beiden Füllvorgänge 20, 21 denselben Dichteverlauf wie Fig. 4, wobei jedoch die Dichte in g/cm^3 (Ordinate) über dem Kehrwert der Frequenz des Referenzschwingers 4 in Millisekunden (ms) (Abszisse) aufgetragen ist. Hierbei ist zu beachten, dass in Fig. 5 der zeitliche Verlauf der Dichte ebenfalls von links nach rechts abzulesen ist. Der Kehrwert der Resonanzfrequenz des Referenzschwingers 4 hat bei derselben Temperatur wiederkehrend denselben Wert, dieser beträgt beispielsweise bei diesem Referenzschwinger 1,5873 ms bei $20,00^\circ\text{C}$.

Das bedeutet, dass jedem Kehrwert der Resonanzfrequenz des Referenzschwingers 4 eine Temperatur entspricht.

Deshalb muss – im Gegensatz zum Stand der Technik - für die Wiederholmessungen nicht die Zeit für zwei vollständige Temperaturangleichungen abgewartet werden, bis die beiden Messwerte miteinander verglichen werden können. Es können vielmehr die Messwerte der zumindest zwei Wiederholmessungen schon während der Temperaturangleichung verglichen werden, indem die Messwerte bei jeweils gleichem Frequenzwert des Referenzschwingers 4

(oder dessen Kehrwert) miteinander verglichen werden, oder indem die Verläufe der Messwerte in Abhängigkeit vom Frequenzwert des Referenzschwingers 4 (oder dessen Kehrwert) verglichen werden.

In Fig. 6 ist zusätzlich der zeitliche Verlauf des ersten Füllvorgangs 20 eingezeichnet, wie er wäre, siehe Kurvenabschnitt 20a, wenn er nicht durch den zweiten Füllvorgang 21 abgebrochen worden wäre.

Ansprüche:

1. Dichtemessvorrichtung (1) zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit, umfassend einen Messschwinger (2) mit einem Messhohlraum (3) zur Aufnahme der Flüssigkeit und einen Referenzschwinger (4) mit einem Referenzhohlraum (5), der mit einem Referenzfluid (6), insbesondere einem Referenzgas, gefüllt ist, zumindest eine Erregereinrichtung (7, 8) zur Anregung von Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4), und eine Auswertereinrichtung (15) zur Erfassung der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4), dadurch gekennzeichnet, dass der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) so nahe aneinander angeordnet sind, dass sie über eine Umgebungsgasatmosphäre, in der sich beide befinden, in Wärmeaustausch miteinander stehen, wobei die Auswertereinrichtung (15) dazu konfiguriert ist, aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers (4) eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers (2) abzuleiten.
2. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Temperiereinheit (16) aufweist, die dazu ausgebildet ist, den Messschwinger (2) und den Referenzschwinger (4) auf eine Referenztemperatur zu temperieren.
3. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen Behälter (13) mit einem Innenraum (14), in dem der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) eingeschlossen sind, wobei der Innenraum (14) des Behälters (13) mit Luft oder einem anderen Gas gefüllt ist, das vorzugsweise das Referenzfluid (6) ist.
4. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzhohlraum (5) des Referenzschwingers (4) offen ist.
5. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiereinheit (16) dazu ausgebildet ist, den Behälterinnenraum (14) auf die Referenztemperatur zu temperieren.
6. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiereinheit (16) eine Regeleinrichtung (16a) umfasst, die mit einem die Temperatur im Behälterinnenraum (14) erfassenden Temperaturfühler (17) kommuniziert, wobei die Regeleinrichtung (16a) dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit der vom Temperaturfühler (17) erfassten Temperatur im Behälterinnenraum (14) die Temperiereinheit (16) so mit Energie zu beaufschlagen, dass sich im Behälterinnenraum (14) die Referenztemperatur einstellt.

7. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertevorrichtung (15) dazu ausgebildet ist, die Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4) zu erfassen, wenn der Referenzschwinger (4) die Referenztemperatur aufweist, oder dass in der Auswerteeinheit (15) die Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4) bei der Referenztemperatur gespeichert ist, und dass die Auswertevorrichtung (15) dazu ausgebildet ist, die Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2) zu erfassen, wenn der Referenzschwinger (4) eine Schwingungsfrequenz aufweist, die seiner Schwingungsfrequenz bei der Referenztemperatur entspricht, und aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2) die Dichte der darin enthaltenen Flüssigkeit bezogen auf die Referenztemperatur zu bestimmen.

8. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertevorrichtung (15) dazu ausgebildet ist, aus der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4) die momentane Temperatur des Referenzschwingers (4) und damit aufgrund des Wärmeaustausches zwischen dem Messschwinger (2) und dem Referenzschwinger (4) die momentane Temperatur des Messschwingers (2) abzuleiten, und dass die Auswertevorrichtung (15) dazu ausgebildet ist, aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2) die Dichte der darin enthaltenen Flüssigkeit, entweder bezogen auf die momentane Temperatur des Messschwingers (2) oder aus der momentanen Temperatur auf die Referenztemperatur umgerechnet zu bestimmen.

9. Dichtemessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messschwinger (2) als U-förmiges Rohr ausgebildet ist und zumindest ein Abschnitt des Referenzschwingers (4) zwischen dem U-förmigen Rohr angeordnet ist.

10. Verfahren zum Bestimmen der Dichte einer Flüssigkeit, umfassend das Einbringen der Flüssigkeit in einen Messhohlraum (3) eines Messschwingers (2), das Anregen des Messschwingers (2) zu Schwingungen, das Anregen eines mit einem Referenzfluid (6), insbesondere einem Referenzgas, gefüllten Referenzschwingers (4) zu Schwingungen, und das Erfassen der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4),
dadurch gekennzeichnet, dass der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) so nahe aneinander angeordnet werden, dass sie in Wärmeaustausch miteinander stehen, und dass eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers (2) aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers (4) abgeleitet wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) auf eine Referenztemperatur temperiert werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch das Erfassen der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4), wenn der Referenzschwinger (4) die Referenztemperatur aufweist, oder das Vorab-Bestimmen der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4), wenn dieser die Referenztemperatur aufweist, das Erfassen der Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2), wenn der Referenzschwinger (4) eine Schwingungsfrequenz aufweist, die seiner Schwingungsfrequenz bei der Referenztemperatur entspricht, und das Bestimmen der Dichte der im Messschwinger (2) enthaltenen Flüssigkeit aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2) bezogen auf die Referenztemperatur.

13. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, gekennzeichnet durch das Ableiten der momentanen Temperatur des Referenzschwingers (4) aus der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4) und damit aufgrund des Wärmeaustausches zwischen dem Messschwinger (2) und dem Referenzschwinger (4) das Ableiten der momentanen Temperatur des Messschwingers (2), und das Bestimmen der Dichte der im Messschwinger (2) enthaltenen Flüssigkeit aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2), entweder bezogen auf die momentane Temperatur des Messschwingers (2) oder bezogen auf die Referenztemperatur durch Umrechnen der Dichte von der momentanen Temperatur auf die Referenztemperatur.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zeitlich hintereinander durchgeführte Wiederholmessungen auf die Frequenz des Referenzschwingers (4) bezogen werden und diese Messwerte zum selben Frequenzwert des Referenzschwingers (4) oder deren Verläufe über die Frequenzwerte des Referenzschwingers (4) miteinander verglichen werden, um die Qualität der Messung sicherzustellen, ohne mehrere vollständige Temperaturangleiche abwarten zu müssen.

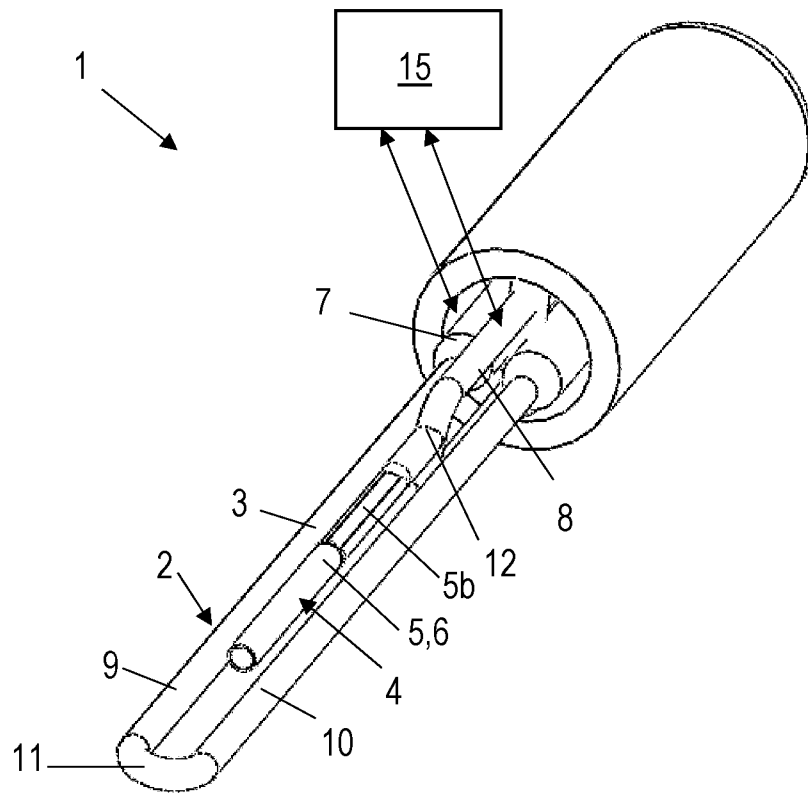


Fig. 1A

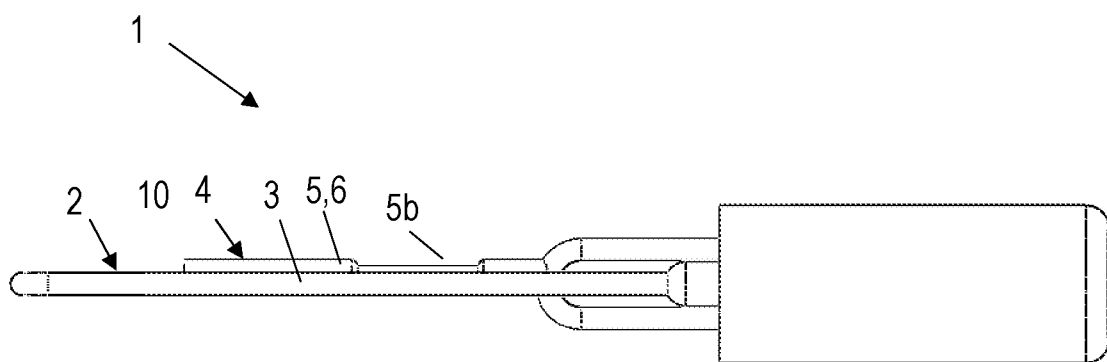


Fig. 1B

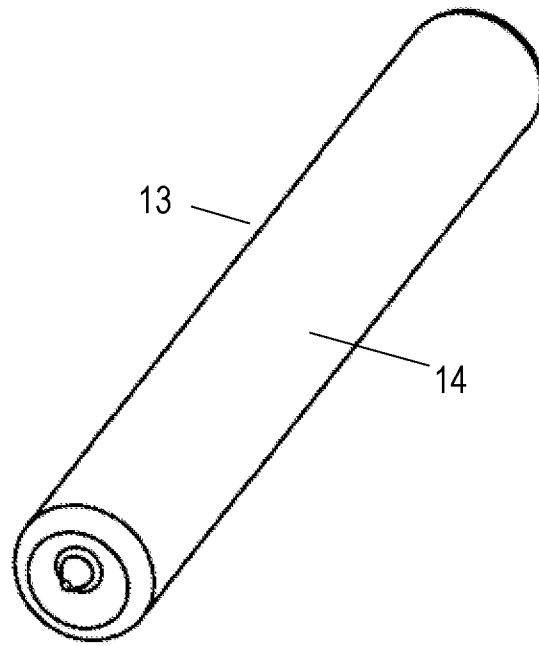


Fig. 2

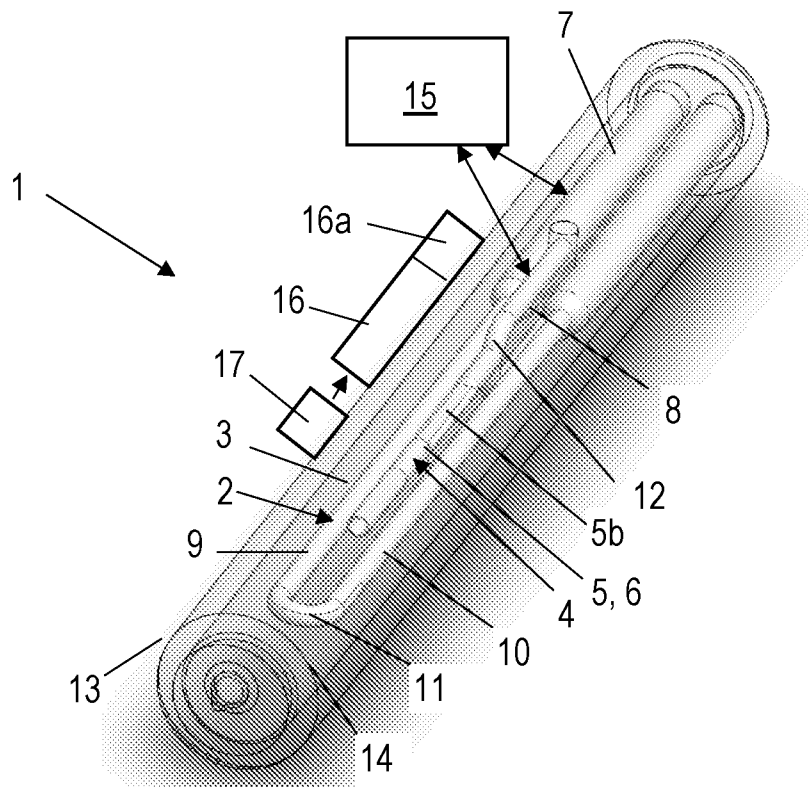
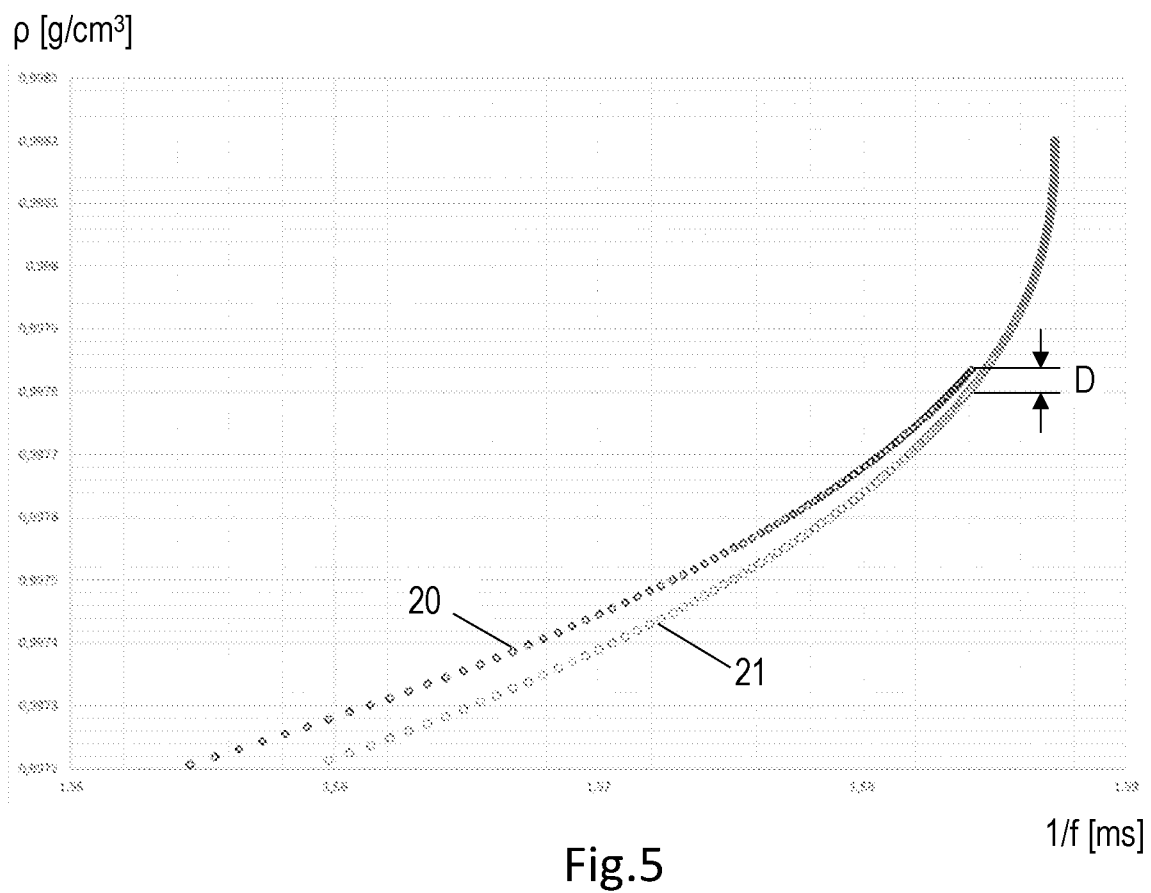
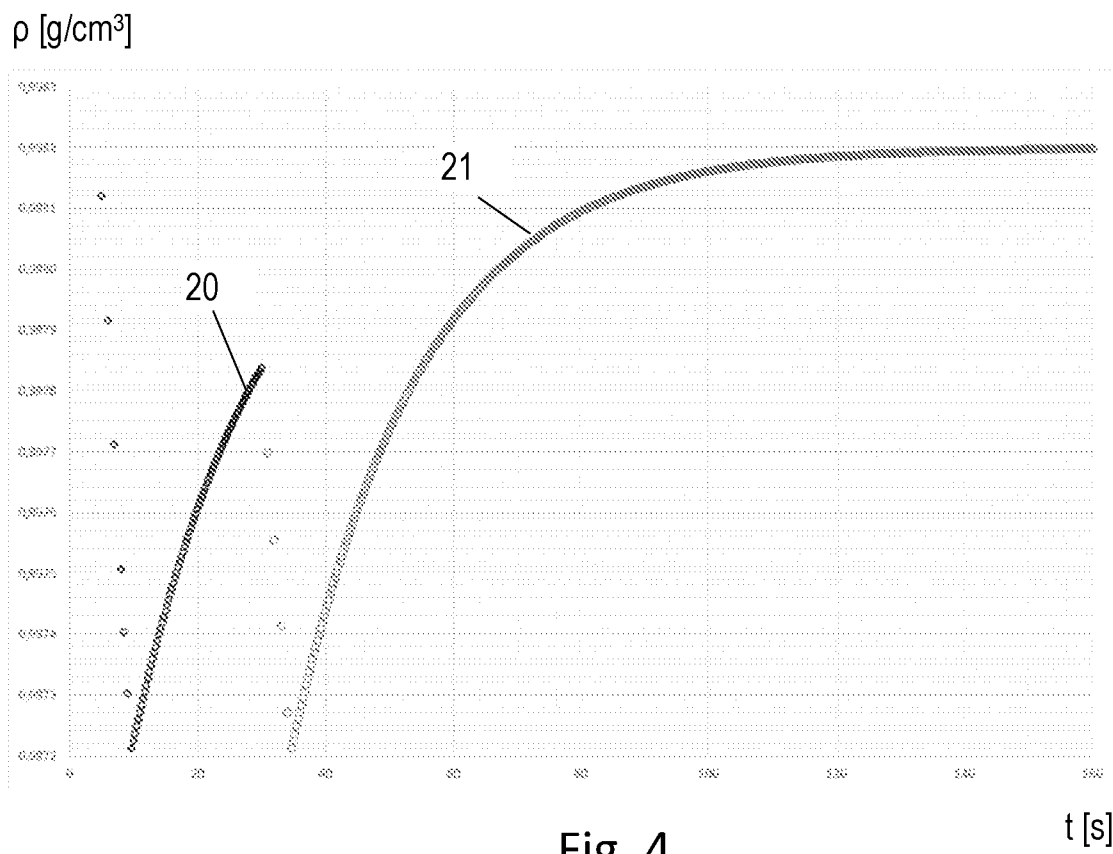


Fig. 3



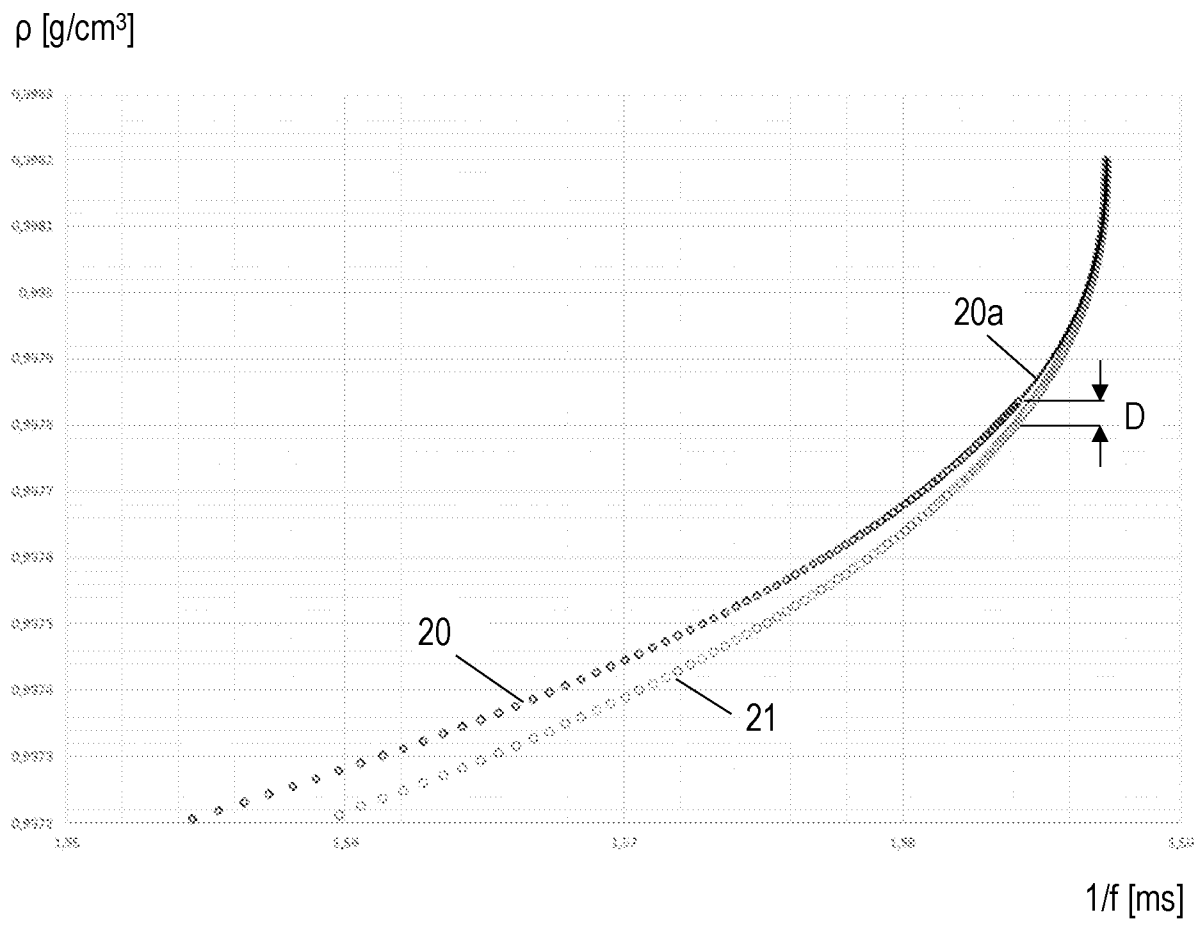


Fig. 6

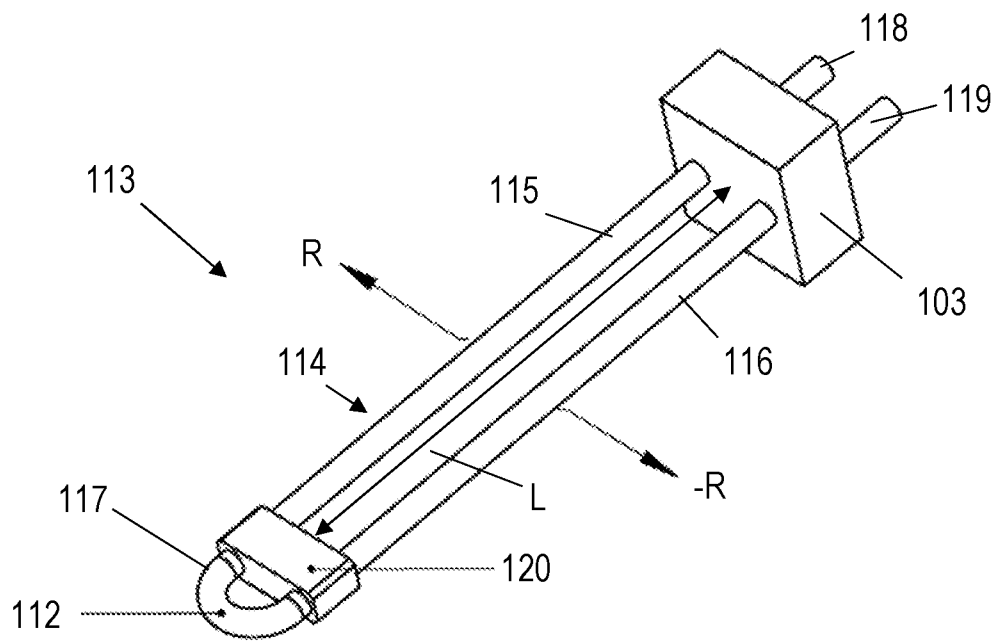


Fig. 7 (Stand der Technik)

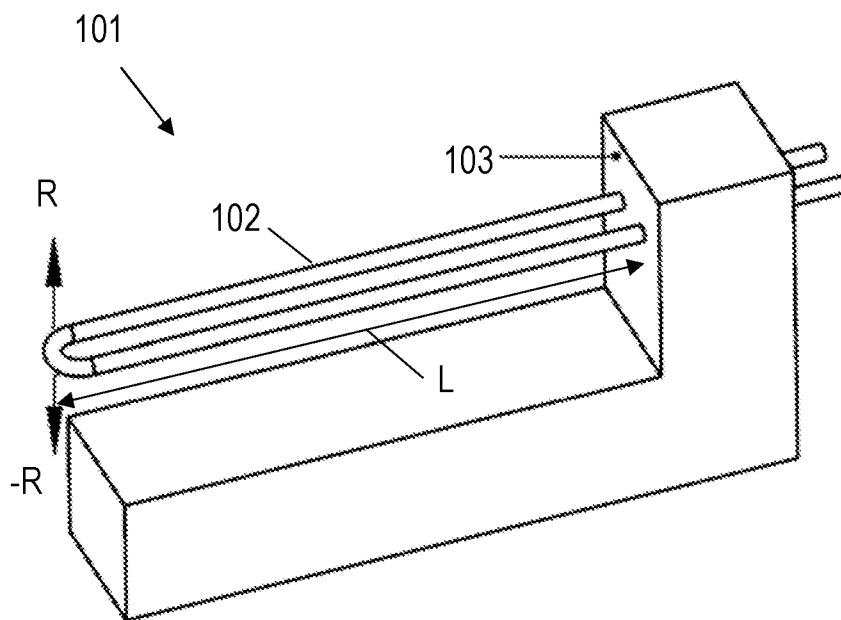


Fig. 8 (Stand der Technik)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
G01N 9/00 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
G01N 9/002 (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
G01N

Konsultierte Online-Datenbank:
EPODOC; WPIAP; TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 14.06.2023 eingereichten Ansprüchen 1-14 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	AT 508675 B1 (MESSTECHNIK DR HANS STABINGER GMBH LAB F) 15. März 2011 (15.03.2011) Gesamtes Dokument. Insbesondere Figur 2 samt zugehörige Beschreibung.	1-3, 5-7, 10-12
X	JP S6246231 A (AGENCY IND SCIENCE TECHN) 28. Februar 1987 (28.02.1987) Gesamtes Dokument. Insbesondere Figur 1 samt zugehörige Beschreibung. (übersetzt) [online] [abgerufen am 08.02.2024]. Abgerufen von EPOQUE: TXPMTJEA	1, 3, 7, 9, 10, 12
X	EP 0538235 A1 (LEOPOLD HANS O et al.) 21. April 1993 (21.04.1993) Gesamtes Dokument. Insbesondere Figur 1 samt zugehörige Beschreibung.	1, 3, 7, 10-12
A	WO 2007149834 A2 (RUDOLPH RES ANALYTICAL INC) 27. Dezember 2007 (27.12.2007) Gesamtes Dokument. Insbesondere Figur 1 samt zugehörige Beschreibung.	1-14

Datum der Beendigung der Recherche:
08.02.2024

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

LEHNER Johanna

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung von Bedeutung: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert.
- P** Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein „älteres Recht“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.

Ansprüche:

1. Dichtemessvorrichtung (1) zur Bestimmung der Dichte einer Flüssigkeit, umfassend einen Messschwinger (2) mit einem Messhohlraum (3) zur Aufnahme der Flüssigkeit und einen Referenzschwinger (4) mit einem Referenzhohlraum (5), der mit einem Referenzfluid (6), insbesondere einem Referenzgas, gefüllt ist, zumindest eine Erregereinrichtung (7, 8) zur Anregung von Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4), und eine Auswerteeinrichtung (15) zur Erfassung der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4), wobei der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) so nahe aneinander angeordnet sind, dass sie über eine Umgebungsgasatmosphäre, in der sich beide befinden, in Wärmeaustausch miteinander stehen, wobei die Auswerteeinrichtung (15) dazu konfiguriert ist, aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers (4) eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers (2) abzuleiten, dadurch gekennzeichnet, dass die Auswertevorrichtung (15) dazu ausgebildet ist, aus der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4) die momentane Temperatur des Referenzschwingers (4) und damit aufgrund des Wärmeaustausches zwischen dem Messschwinger (2) und dem Referenzschwinger (4) die momentane Temperatur des Messschwingers (2) abzuleiten, und dass die Auswertevorrichtung (15) dazu ausgebildet ist, aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2) die Dichte der darin enthaltenen Flüssigkeit, entweder bezogen auf die momentane Temperatur des Messschwingers (2) oder aus der momentanen Temperatur auf die Referenztemperatur umgerechnet zu bestimmen.
2. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Temperiereinheit (16) aufweist, die dazu ausgebildet ist, den Messschwinger (2) und den Referenzschwinger (4) auf eine Referenztemperatur zu temperieren.
3. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch einen Behälter (13) mit einem Innenraum (14), in dem der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) eingeschlossen sind, wobei der Innenraum (14) des Behälters (13) mit Luft oder einem anderen Gas gefüllt ist, das vorzugsweise das Referenzfluid (6) ist.
4. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzhohlraum (5) des Referenzschwingers (4) offen ist.

5. Dichtemessvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiereinheit (16) dazu ausgebildet ist, den Behälterinnenraum (14) auf die Referenztemperatur zu temperieren.

6. Dichtemessvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperiereinheit (16) eine Regeleinrichtung (16a) umfasst, die mit einem die Temperatur im Behälterinnenraum (14) erfassenden Temperaturfühler (17) kommuniziert, wobei die Regeleinrichtung (16a) dazu ausgebildet ist, in Abhängigkeit der vom Temperaturfühler (17) erfassten Temperatur im Behälterinnenraum (14) die Temperiereinheit (16) so mit Energie zu beaufschlagen, dass sich im Behälterinnenraum (14) die Referenztemperatur einstellt.

7. Dichtemessvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Messschwinger (2) als U-förmiges Rohr ausgebildet ist und zumindest ein Abschnitt des Referenzschwingers (4) zwischen dem U-förmigen Rohr angeordnet ist.

8. Verfahren zum Bestimmen der Dichte einer Flüssigkeit, umfassend das Einbringen der Flüssigkeit in einen Messhohlraum (3) eines Messschwingers (2), das Anregen des Messschwingers (2) zu Schwingungen, das Anregen eines mit einem Referenzfluid (6), insbesondere einem Referenzgas, gefüllten Referenzschwingers (4) zu Schwingungen, und das Erfassen der Frequenzen der Schwingungen des Messschwingers (2) und des Referenzschwingers (4), wobei der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) so nahe aneinander angeordnet werden, dass sie in Wärmeaustausch miteinander stehen, und dass eine Veränderung der Temperatur des Messschwingers (2) aus der Veränderung der Frequenz der Schwingung des Referenzschwingers (4) abgeleitet wird, gekennzeichnet durch das Ableiten der momentanen Temperatur des Referenzschwingers (4) aus der Schwingungsfrequenz des Referenzschwingers (4) und damit aufgrund des Wärmeaustausches zwischen dem Messschwinger (2) und dem Referenzschwinger (4) das Ableiten der momentanen Temperatur des Messschwingers (2), und das Bestimmen der Dichte der im Messschwinger (2) enthaltenen Flüssigkeit aus der Schwingungsfrequenz des Messschwingers (2), entweder bezogen auf die momentane Temperatur des Messschwingers (2) oder bezogen auf die Referenztemperatur durch Umrechnen der Dichte von der momentanen Temperatur auf die Referenztemperatur.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Messschwinger (2) und der Referenzschwinger (4) auf eine Referenztemperatur temperiert werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass zeitlich hintereinander durchgeführte Wiederholmessungen auf die Frequenz des Referenzschwingers (4) bezogen werden und diese Messwerte zum selben Frequenzwert des Referenzschwingers (4) oder deren Verläufe über die Frequenzwerte des Referenzschwingers (4) miteinander verglichen werden, um die Qualität der Messung sicherzustellen, ohne mehrere vollständige Temperaturangleiche abwarten zu müssen.