

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 305/2009

(22) Anmeldetag: 24.02.2009

(45) Veröffentlicht am: 15.03.2011

(51) Int. Cl. : **G01N 11/16**

(2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2001/051898A1 JP 9325111A
US 6247354B1 AT 504918A4

(73) Patentinhaber:
LABOR FÜR MESSTECHNIK DR. HANS
STABINGER GMBH
A-8010 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
STABINGER HANS DR.
GRAZ (AT)
HEIMEL HELMUT DR.
GRAZ (AT)
KRASSER EDWIN DR.
FRAUENTAL (AT)

(54) VISKOSITÄTSMESSGERÄT

(57) Bei einem Verfahren zur Messung der Viskosität einer flüssigen oder gasförmigen Probe, wobei die Probe in einen Messschwinger (1) eingebracht wird, wobei der Messschwinger (1) zu einer Messschwingung und ein baugleich zum Messschwinger (1) ausgebildeter Referenzschwinger (2) zu einer Referenzschwingung angeregt werden, und wobei der Messschwinger (1) in dessen Messschwingung in wenigstens einer ersten Eigenfrequenz des Messschwingers (1) schwingt und der Referenzschwinger (2) in dessen Referenzschwingung in wenigstens einer zweiten Eigenfrequenz des Referenzschwingers (2) schwingt, wird zur Messung der Viskosität der Probe vorgeschlagen, dass eine Messschwingungsdämpfung des Messschwingers und eine Referenzschwingungsdämpfung des Referenzschwingers gemessen werden, dass die Referenzschwingungsdämpfung von der Messschwingungsdämpfung abgezogen wird und derart eine korrigierte Messschwingungsdämpfung errechnet wird, und dass aus der korrigierten Messschwingungsdämpfung die Viskosität der Probe ermittelt wird und die Viskosität als Messwert ausgegeben oder angezeigt wird.

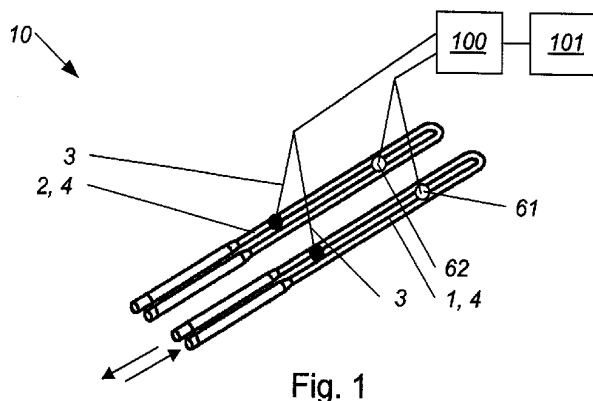


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung der Viskosität der flüssigen oder gasförmigen Probe gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Viskositätsmessgeräte sind bekannt, und werden - insbesondere wenn die Probe als Flüssigkeit vorliegt - oftmals auch als Viskosimeter bezeichnet.

[0003] Die WO 01/51 898 A1 zeigt ein Densitometer zum Messen der Dichte und der Viskosität von Fluiden.

[0004] Die JP 09 325 111 A behandelt ein Viskosimeter umfassend einen Eintauchoszillator zum Eintauchen in Messflüssigkeit.

[0005] Die US 6 247 354 B1 beschreibt ein Messgerät zur Bestimmung von Flüssigkeitseigenschaften umfassend ein oder mehrere gleichartige Oszillatoren.

[0006] Die AT 504 918 A4 offenbart ein Viskosimeter umfassend eine Messkammer mit wenigstens einer Membran.

[0007] Bekannte Viskositätsmessgeräte messen die Durchflussdauer der Probe durch ein Rohr mit vorbestimmbaren Durchflusseigenschaften oder messen den benötigten Kraftaufwand eines sich rotierenden Körpers zu einem nicht rotierenden Körper, wobei zwischen den beiden Körpern die Probe angeordnet ist. Von der Durchflussdauer bzw. vom benötigten Kraftaufwand ausgehend kann die Viskosität mit vorbekannten Formelzusammenhängen errechnet werden, wobei die Viskosität indirekt gemessen wird. Das indirekte Messen der Viskosität kann auch als Bestimmung der Viskosität bezeichnet werden, wobei die Bestimmung die direkte Messung erster Werte, beispielsweise der Durchflussdauer oder des Kraftaufwandes, und die formelmäßige Umwandlung der direkt gemessenen ersten Werte in Richtung der Viskosität umfasst.

[0008] Nachteilig bei bekannten Viskositätsmessgeräten ist, dass diese oftmals einen lediglich eingeschränkten Messbereich aufweisen, dass die Temperatur des Messgerätes nicht nur die Viskosität der zu messenden Probe selbst beeinflusst, sondern auch das Messgerät und damit das Messergebnis und die Messgenauigkeit und dass eine Alterung des Viskositätsmessgerätes das Messergebnis und die Messgenauigkeit beeinflusst. Insbesondere die Beeinflussung des Messergebnisses und der Messgenauigkeit durch die Alterung des Viskositätsmessgerätes sind dabei nur schwer erfassbar und üblicherweise lediglich durch eine regelmäßige und oftmals aufwendige Neukalibrierung des jeweiligen Viskositätsmessgerätes behebbar. Dies bewirkt jedoch entweder hohe Betriebskosten des Viskositätsmessgerätes oder einen mit der Zeit größer werdenden statistischen oder systematischen Messfehler bei der Messung der Probenviskosität.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist daher, ein Verfahren anzugeben, mit welchem die genannten Nachteile vermieden werden können, mit welchem die Messung der Viskosität der gasförmigen oder flüssigen Probe einfach, schnell, genau, reproduzierbar und kostengünstig durchgeführt werden und bei welchem die Temperatur des Messgerätes und die Alterung des Messgerätes das Messergebnis nicht beeinflussen.

[0010] Aufgabe ist weiters ein Verfahren anzugeben, bei welchem auch bei einer Probe mit sehr kleiner Viskosität die Viskosität mit hoher Genauigkeit gemessen werden kann.

[0011] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

[0012] Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass der Referenzschwinger und der Messschwinger bei der Messung an der Probe die gleichen Schwingungseigenschaften aufweisen. Dadurch ergibt sich der weitere Vorteil, dass der Referenzschwinger und der Messschwinger gleich altern, wobei die alterungsbedingten Änderungen der Schwingungseigenschaften des Messschwingers und des Referenzschwingers gegenseitig kompensierbar sind.

[0013] Vorteilhaft dabei ist, dass das Messergebnis zwar von der Temperatur der zu messenden Probe, nicht aber von jener des Messschwingers und des Referenzschwingers und von den

alterungsbedingten Eigenschaftsänderungen des Messschwingers und des Referenzschwingers beeinflusst ist. Derart kann gewährleistet werden, dass die Messung über die gesamte Lebensdauer des Viskositätsmessgerätes mit konstanter und hoher Genauigkeit, also mit lediglich kleinem statistischem Messfehler und im Wesentlichen ohne systematischen Messfehler, durchführbar ist.

[0014] Vorteilhaft dabei ist weiters, dass die Lebensdauer des Viskositätsmessgerätes insgesamt erhöht werden kann, da alterungsbedingte Änderungen mit hoher Genauigkeit kompensiert werden.

[0015] In vorteilhafter Weise ermöglicht das vorteilhafte Viskositätsmessgerät einen weiten Messbereich zwischen $0,05 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ und $10^8 \text{ mPa}\cdot\text{s}$. Vorteilhaft dabei ist, dass die Viskosität unterschiedlichster fluider Proben mit ein und demselben Viskositätsmessgerät gemessen werden kann, wobei zur Abdeckung eines vergleichbar weiten Messbereichs oftmals mehrere herkömmliche Viskositätsmessgeräte benötigt werden.

[0016] Das Verfahren ermöglicht in vorteilhafter Weise die vorstehend genannten Vorteile und vorteilhaften Wirkungen. Das Verfahren kann dabei insbesondere mit dem vorteilhaften Viskositätsmessgerät verwendet werden.

[0017] Die Unteransprüche, welche ebenso wie der Patentanspruch 1 gleichzeitig einen Teil der Beschreibung bilden, betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0018] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beige-schlossenen Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

[0019] Fig. 1 schematisch eine bevorzugte erste Ausführungsform des Viskositätsmessgerätes in Schrägansicht; und

[0020] Fig. 2 schematisch eine besonders bevorzugte zweite Ausführungsform des Viskositätsmessgerätes in Schrägansicht.

[0021] Die Fig. 1 bis 2 zeigen schematisch bevorzugte Ausführungsformen eines Viskositätsmessgerätes 10 zum Messen der Viskosität einer flüssigen oder gasförmigen Probe. Zur von der Temperatur und dem alterungsbedingten Zustand des Viskositätsmessgerätes 10 selbst unabhängigen Messung der Viskosität der Probe wird vorgeschlagen, dass das Viskositätsmessgerät 10 einen Messschwinger 1 und einen Referenzschwinger 2 umfasst, dass der Messschwinger 1 zu einer Messschwingung in wenigstens einer ersten Eigenfrequenz des Messschwingers 1 anregbar ist, dass der Referenzschwinger 2 zu einer Referenzschwingung in wenigstens einer zweiten Eigenfrequenz des Referenzschwingers 2 anregbar ist, und dass der Messschwinger 1 und der Referenzschwinger 2 zur Messung der Viskosität der Probe aus der Differenz einer am Messschwinger 1 gemessenen Messschwingungsdämpfung und einer am Referenzschwinger 2 gemessenen Referenzschwingungsdämpfung baugleich ausgebildet sind.

[0022] Das derartige Messgerät kann insbesondere mittels eines Verfahrens zur Messung der Viskosität der flüssigen oder gasförmigen Probe betrieben werden, bei welchem Verfahren vorgesehen ist, dass die Probe in den Messschwinger 1 eingebracht wird, dass der Messschwinger 1 zur Messschwingung und der Referenzschwinger 2 zur Referenzschwingung angeregt werden, dass der Messschwinger 1 in dessen Messschwingung in wenigstens einer ersten Eigenfrequenz des Messschwingers 1 schwingt und der Referenzschwinger 2 in dessen Referenzschwingung in wenigstens einer zweiten Eigenfrequenz des Referenzschwingers 2 schwingt, dass die Messschwingungsdämpfung des Messschwingers und die Referenzschwingungsdämpfung des Referenzschwingers gemessen werden, dass die Referenzschwingungsdämpfung von der Messschwingungsdämpfung abgezogen wird und derart eine korrigierte Messschwingungsdämpfung errechnet wird, und dass aus der korrigierten Messschwingungsdämpfung die Viskosität der Probe ermittelt wird und die Viskosität als Messwert ausgegeben oder angezeigt wird.

[0023] Der Referenzschwinger 2 ist dabei nicht zur Befüllung vorgesehen. Der Referenz-

schwinger 2 kann hiezu evakuiert sein. Ebenso kann der Referenzschwinger 2 dazu dauerhaft mit Luft oder einem Inertgas, beispielsweise Stickstoff, vorbefüllt sein.

[0024] Die Viskosität ist ein Maß für die Dünn- bzw. die Dickflüssigkeit eines Fluides, also eines Gases oder einer Flüssigkeit. Die fluide Probe kann auch als Gemisch oder als Suspension vorliegen.

[0025] Insbesondere können die Messschwingungsdämpfung und die Referenzschwingungsdämpfung derart gemessen werden, dass jeweils wenigstens zwei Amplituden unmittelbar aufeinanderfolgender Auslenkungsmaxima des Messschwingers 1 und des Referenzschwingers 2 direkt gemessen werden und daraus mittels vorbekannter Formelzusammenhänge die Messschwingungsdämpfung sowie die Referenzschwingungsdämpfung errechnet werden. Die Messschwingungsdämpfung und die Referenzschwingungsdämpfung sind derart indirekte Messgrößen und werden in Richtung des Messergebnisses, also dem Wert der Viskosität der Probe, umgeformt. Hiezu kann vorgesehen sein, dass mit dem Messschwinger 1 ein erster Amplitudenaufnehmer 61 zur Messung aufeinanderfolgender Amplituden der Messschwingung verbunden ist, und dass mit dem Referenzschwinger 2 ein zweiter Amplitudenaufnehmer 62 zur Messung aufeinanderfolgender Amplituden der Referenzschwingung verbunden ist.

[0026] Die maximale Auslenkung der jeweiligen Schwingung kann kontaktfrei zum Messschwinger 1 und/oder zum Referenzschwinger 2 gemessen werden, beispielsweise induktiv, interferometrisch, mittels Laserabtastung, oder mittels Geschwindigkeitsmessung des jeweiligen Schwingers beim Amplitudennulldurchgang.

[0027] Die maximale Auslenkung der jeweiligen Schwingung kann den Messschwinger 1 und/oder den Referenzschwinger 2 kontaktierend gemessen werden, beispielsweise piezoelektrisch, mittels Kraftmessung eines auslenkbaren Federsystems mit einer bekannten Federkonstante oder mittels Sensorverschiebung.

[0028] Aufeinanderfolgende Amplituden der Messschwingung und aufeinanderfolgende Amplituden der Referenzschwingung können entweder zeitgleich oder nacheinander, insbesondere unmittelbar nacheinander, gemessen werden.

[0029] Temperaturänderungen sowie Materialalterung von Messschwinger 1 und Referenzschwinger 2 bewirken eine Änderung der Federkonstante des Messschwingers 1 und Referenzschwingers 2. Vorteilhaft dabei ist, dass sich die Federkonstante des Messschwingers 1 und die Federkonstante des Referenzschwingers 2 bei selber Temperaturänderung sowie bei selber Materialalterung gleich ändern. Die Materialalterung, also die mit der Zeit zunehmende irreversible Veränderung der Struktur und der Eigenschaften des Messschwingers 1 kann dabei kostengünstig und mit hoher Präzision kompensiert werden, womit in vorteilhafter Weise die eingangs genannten Vorteile und vorteilhaften Wirkungen gewährleistet werden können. Besonders vorteilhaft dabei ist, dass auch kleine Viskositäten, also Viskositäten im Bereich von unter 1 mPa/s, insbesondere besonders kleine Viskositäten, also Viskositäten im Bereich von unter 0,2 mPa/s, mit hoher Genauigkeit gemessen werden können. Dabei kann die Genauigkeit besser als 1 % sein.

[0030] In bevorzugter Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass der Messschwinger 1 und der Referenzschwinger 2 derart miteinander in thermischem Kontakt stehen, dass der Messschwinger 1 und der Referenzschwinger 2 denselben thermischen Einflüssen und Alterungseinflüssen ausgesetzt sind. Derart kann die Genauigkeit weiter erhöht werden und kann bevorzugt besser als 0,5 % sein. Zur Ausbildung des guten thermischen Kontaktes kann ein Kontaktmittel 8 vorgesehen sein, wie dies in Fig. 2 schematisch dargestellt ist. Das Kontaktmittel 8 ist dabei zum Kontakt mit dem Messschwinger 1 und mit dem Referenzschwinger 2 vorgesehen. Dies kann als thermisch enge Kopplung des Messschwingers 1 und des Referenzschwingers 2 bezeichnet werden.

[0031] Die eine erste Eigenfrequenz oder die mehreren ersten Eigenfrequenzen des Messschwingers 1 sind dabei Teil eines ersten Eigenfrequenzspektrums des Messschwingers 1.

[0032] Die eine zweite Eigenfrequenz oder die mehreren zweiten Eigenfrequenzen des Referenzschwingers 2 sind dabei Teil eines zweiten Eigenfrequenzspektrums des Referenzschwingers 2.

renzschwingers 2 sind dabei Teil eines zweiten Eigenfrequenzspektrums des Referenzschwingers 2.

[0033] Zur präzisen Anregung der Messschwingung bzw. der Referenzschwingung kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass das Viskositätsmessgerät 10 eine Erregereinheit 3 zur Anregung der Messschwingung und der Referenzschwingung umfasst, wobei vorgesehen sein kann, dass die Messschwingung des Messschwingers 1 und die Referenzschwingung des Referenzschwingers 2 mit einer Erregereinheit 3 angeregt werden.

[0034] Die Erregereinheit 3 kann zwei räumlich getrennte Erreger umfassen, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Derart sind die Messschwingung und die Referenzschwingung unabhängig voneinander anregbar, also erzeugbar. Insbesondere können bei der Messung die Messschwingung und die Referenzschwingung dabei in vorbestimmbarer Reihenfolge unmittelbar hintereinander erzeugt werden. Dabei kann die Verbindung des Messschwingers 1 mit dem Amplitudenaufnehmer 61 anstatt der physischen Verbindung vielmehr als reine Wirkverbindung ausgebildet sein.

[0035] Die Erregereinheit 3 kann einen Gesamterreger umfassen, welcher über eine Kopplung sowohl mit dem Messschwinger als auch mit dem Referenzschwinger gekoppelt ist, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist. Insbesondere können bei der Messung die Messschwingung und die Referenzschwingung dabei zeitgleich erzeugt werden.

[0036] In bevorzugter Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass der Messschwinger 1 und der Referenzschwinger 2 jeweils als zueinander baugleiche Biegeschwinger 4 ausgebildet sind, wie dies in Fig. 1 und zwei dargestellt ist. In diesem Zusammenhang können die beiden baugleichen Biegeschwinger 4 als u-förmige Hohlrohre ausgebildet sein. Diese Geometrie des Biegeschwingers 4 ist dabei ähnlich zur Geometrie eines Biegeschwingers aus bekannten Verfahren zur Bestimmung der Dichte der gasförmigen oder flüssigen Probe nach dem normgerechten Biegeschwingerprinzip.

[0037] In vorteilhafter Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass der Messschwinger 1 und der Referenzschwinger 2 in einem gemeinsamen Gehäuse 5 angeordnet sind, wie dies in Fig. 2 dargestellt ist. Vorteilhaft dabei ist, dass der Messschwinger 1 und der Referenzschwinger 2 mit hoher Präzision auf gleicher Temperatur gehalten werden können und auch sonstige Umwelteinwirkungen auf den Messschwinger 1 und den Referenzschwinger 2 gering gehalten werden können. In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass im Gehäuse 5 eine Befüll- und Entnahmedurchbrechung 51 ausgebildet ist, welche Befüll- und Entnahmedurchbrechung 51 dazu vorgesehen ist, dass durch diese hindurch die Probe in den Messschwinger 1 eingefüllt werden kann und durch diese hindurch die Probe wieder aus dem Messschwinger 1 entfernt werden kann. Ebenso kann durch diese hindurch der Messschwinger 1 mit einem Spülmedium zum Reinigen und Spülen des Messschwingers 1 beaufschlagt werden.

[0038] Das Viskositätsmessgerät 10 gemäß der bevorzugten ersten und zweiten Ausführungsform kann besonders kostengünstig und mit dauerhaft hoher Präzision zur Messung der Viskosität an der Probe verwendet werden, wobei die Viskosität aus der Differenz der gemessenen Messschwingungsdämpfung und der gemessenen Referenzschwingungsdämpfung bestimmt wird.

[0039] In Weiterführung kann vorgesehen sein, dass mit dem Messschwinger 1 ein erster Frequenzaufnehmer 71 zur Messung der wenigstens einen ersten Eigenfrequenz verbunden ist, und dass mit dem Referenzschwinger 2 ein zweiter Frequenzaufnehmer 72 zur Messung der wenigstens einen zweiten Eigenfrequenz verbunden ist, wie dies in Fig. 2 schematisch dargestellt ist. Das derartig ausgebildete vorteilhafte Viskositätsmessgerät 10 kann besonders kostengünstig und mit dauerhaft hoher Präzision zur Messung der Dichte der Probe der gemessenen wenigstens einen ersten Eigenfrequenz und der gemessenen wenigstens einen zweiten Eigenfrequenz verwendet werden. Insbesondere kann dieses Viskositätsmessgerät 10 zur im Wesentlichen zeitgleichen Messung der Viskosität und der Dichte der Probe verwendet werden. Hierbei kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass die wenigstens eine erste Eigenfre-

quenz und die wenigsten eine zweite Eigenfrequenz gemessen werden, dass die erste Eigenfrequenz durch die zweite Eigenfrequenz dividiert wird und derart ein dimensionsloser Quotient gebildet wird, und dass aus dem dimensionslose Quotienten die Dichte der Probe ermittelt wird und die Dichte als zweiter Messwert ausgegeben oder angezeigt wird. Derart können in einem Messdurchgang sowohl die Viskosität der Probe als auch die Dichte der Probe ermittelt sowie ausgegeben und/oder angezeigt werden.

[0040] In diesem Zusammenhang kann vorgesehen sein, dass ein viskositätsbedingter systematischer Messfehler bei der Messung der Dichte mithilfe der korrigierten Messschwingungsdämpfung korrigiert wird und dass als zweiter Messwert eine derart korrigierte Dichte ausgegeben oder angezeigt wird. Derart kann der viskositätsbedingte systematische Messfehler bei der Messung der Dichte mittels dem Biegeschwinger 4 mit besonders hoher Präzision korrigiert werden.

[0041] In vorteilhafter Weise kann dabei vorgesehen sein, dass der erste Frequenznehmer 71 im ersten Amplitudenaufnehmer 61 integriert ist und dass der zweite Frequenznehmer 72 im zweiten Amplitudenaufnehmer 62 integriert ist.

[0042] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Referenzschwingungsdämpfung in der niedrigsten ersten Eigenfrequenz gemessen wird, und dass die Messschwingungsdämpfung in der niedrigsten zweiten Eigenfrequenz gemessen wird. Die niedrigste erste Eigenfrequenz, welche auch als Grundfrequenz der Messschwingung bezeichnet werden kann, und die niedrigste zweite Eigenfrequenz, welche auch als Grundfrequenz der Referenzschwingung bezeichnet werden kann, sind dabei exakt und mit geringem technischen Aufwand anregbar.

[0043] Ebenso kann die Messung der Referenzschwingungsdämpfung und der Messschwingungsdämpfung bei lediglich höheren Ordnungen der ersten Eigenfrequenz und der zweiten Eigenfrequenz erfolgen.

[0044] Der Kehrwert der Eigenfrequenz ist eine Periodendauer der jeweiligen Schwingung. Anstatt der ersten Eigenfrequenz kann eine erste Periodendauer gemessen werden und anstatt der zweiten Eigenfrequenz kann eine zweite Periodendauer gemessen werden.

[0045] Zur weiteren Verbesserung der Genauigkeit des Verfahrens und des Viskositätsmessgerätes 10 kann vorgesehen sein, dass die Messung der Messschwingungsdämpfung sowohl bei der niedrigsten ersten Eigenfrequenz als auch bei höheren Ordnungen der ersten Eigenfrequenz der Messschwingung erfolgt, und dass die Messung der Referenzschwingungsdämpfung sowohl bei der niedrigsten zweiten Eigenfrequenz als auch bei höheren Ordnungen der zweiten Eigenfrequenz erfolgt.

[0046] Das Viskositätsmessgerät 10 kann insbesondere eine Mess- und Regeleinrichtung 100 umfassen, welche Mess- und Regeleinrichtung 100 die Anregung der Messschwingung und der Referenzschwingung regelt und welche die Messsignale des ersten Amplitudenaufnehmers 61, des zweiten Amplitudenaufnehmers 62 sowie gegebenenfalls des ersten Frequenznehmers 71 und des zweiten Frequenznehmers 72 übernimmt und in Richtung des Messwertes, also der Viskosität der Probe, und gegebenenfalls des zweiten Messwertes, also der Dichte der Probe, weiterverarbeitet. Dazu kann die Mess- und Regeleinrichtung 100 mit der Erregereinheit 3 sowie dem ersten Amplitudenaufnehmer 61 und dem zweiten Amplitudenaufnehmer 62 und gegebenenfalls mit dem ersten Frequenznehmer 71 und dem zweiten Frequenznehmer 72 verbunden und/oder wirkverbunden sein, wie dies in Fig. 1 und 2 dargestellt ist.

[0047] Ebenfalls kann das Viskositätsmessgerät 10 eine Anzeigereinrichtung 101 zur Anzeige des Messwertes der Viskosität der Probe und gegebenenfalls des zweiten Messwertes der Dichte der Probe umfassen. Insbesondere kann die Anzeigereinrichtung 101 mit der Mess- und Regeleinrichtung 100 verbunden und/oder wirkverbunden sein, wie dies ebenfalls in Fig. 1 und 2 dargestellt ist.

[0048] Weitere erfindungsgemäße Ausführungsformen weisen lediglich einen Teil der beschriebenen Merkmale auf, wobei jede Merkmalskombination, insbesondere auch von verschiedenen beschriebenen Ausführungsformen, vorgesehen sein kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung der Viskosität einer flüssigen oder gasförmigen Probe, wobei die Probe in einen Messschwinger (1) eingebracht wird, wobei der Messschwinger (1) zu einer Messschwingung und ein baugleich zum Messschwinger (1) ausgebildeter Referenzschwinger (2) zu einer Referenzschwingung angeregt werden, und wobei der Messschwinger (1) in dessen Messschwingung in wenigstens einer ersten Eigenfrequenz des Messschwingers (1) schwingt und der Referenzschwinger (2) in dessen Referenzschwingung in wenigstens einer zweiten Eigenfrequenz des Referenzschwingers (2) schwingt, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Messschwingungsdämpfung des Messschwingers und eine Referenzschwingungsdämpfung des Referenzschwingers gemessen werden, dass die Referenzschwingungsdämpfung von der Messschwingungsdämpfung abgezogen wird und derart eine korrigierte Messschwingungsdämpfung errechnet wird, und dass aus der korrigierten Messschwingungsdämpfung die Viskosität der Probe ermittelt wird und die Viskosität als Messwert ausgegeben oder angezeigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Referenzschwingungsdämpfung in der niedrigsten ersten Eigenfrequenz gemessen wird, und dass die Messschwingungsdämpfung in der niedrigsten zweiten Eigenfrequenz gemessen wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messschwingung des Messschwingers (1) und die Referenzschwingung des Referenzschwingers (2) mit einer Erregereinheit (3) angeregt werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die wenigstens eine erste Eigenfrequenz und die wenigstens eine zweite Eigenfrequenz gemessen werden, dass die erste Eigenfrequenz durch die zweite Eigenfrequenz dividiert wird und derart ein dimensionsloser Quotient gebildet wird, und dass aus dem dimensionslosen Quotienten die Dichte der Probe ermittelt wird und die Dichte als zweiter Messwert ausgegeben oder angezeigt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein viskositätsbedingter systematischer Messfehler bei der Messung der Dichte mithilfe der korrigierten Messschwingungsdämpfung korrigiert wird, und dass als zweiter Messwert eine derart korrigierte Dichte ausgegeben oder angezeigt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Referenzschwinger (2) evakuiert verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Referenzschwinger (2) dauerhaft vorbefüllt mit Luft oder einem Inertgas, insbesondere Stickstoff, verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Messschwinger (1) und der Referenzschwinger (2) derart miteinander in thermischem Kontakt stehend angeordnet sind, dass der Messschwinger (1) und der Referenzschwinger (2) denselben thermischen Einflüssen und Alterungseinflüssen ausgesetzt werden.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

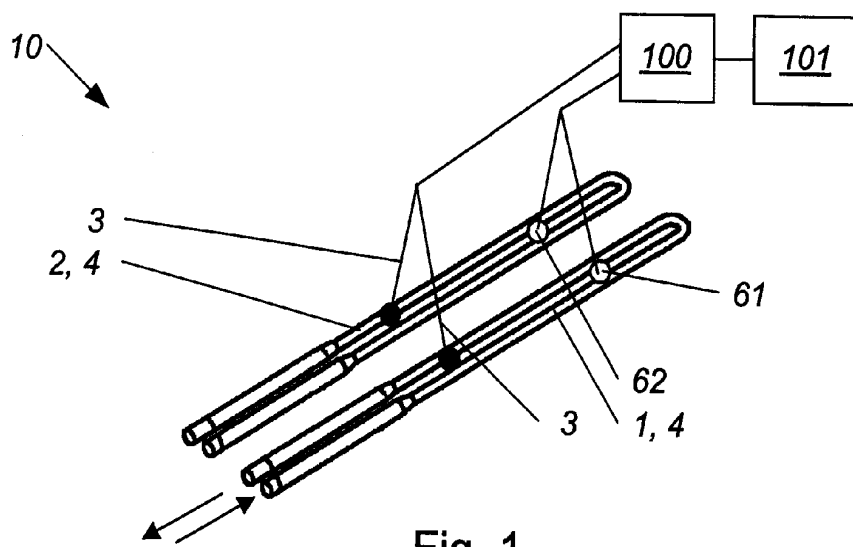


Fig. 1

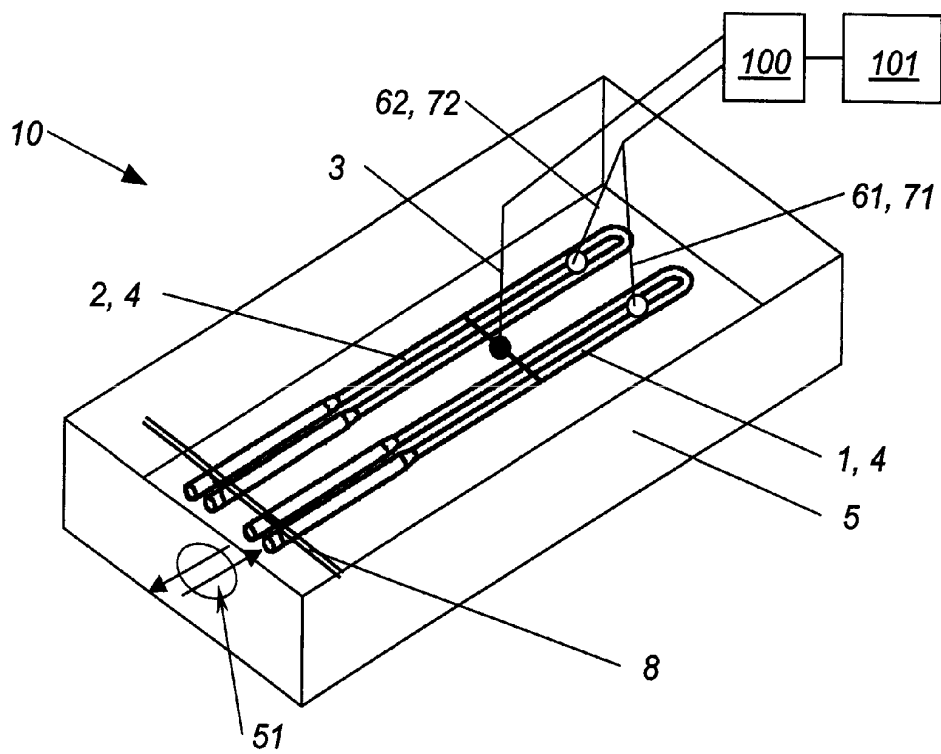


Fig. 2