

(12) **Patentschrift**

(21) Anmeldenummer: A 1519/2008

(22) Anmeldetag: 30.09.2008

(45) Veröffentlicht am: 15.10.2009

(51) Int. Cl.⁸: **G01N 9/00**

(2006.01)

(30) Priorität:
16.10.2007 AT A 1664/2007 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:
AT 331539B DE 2709076A1
DE 1953791A1 EP 0136627A2
US 5831178A US 5005400A
US 4297872A

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

(72) Erfinder:
HEIMEL HELMUT DR.
GRAZ (AT)
STABINGER HANS DR.
GRAZ (AT)
RAKUSCH ULRIKE ING.
GRAZ (AT)
RITZMANN KLAUS DIPL.ING.
GRAZ (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM ERMITTELN EINES KORREKTURWERTES**

(57) Bei einem Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturwertes zur Korrektur eines viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung eines in einem Biegeschwinger (2) angeordneten Fluides (1), wobei der Biegeschwinger (2) von einer Erregereinheit (3) zum Schwingen in einer Schwingebene angeregt wird, wobei während des Schwingens des Biegeschwingers (2) in einer ersten Eigenfrequenz ein erster Wert und während des Schwingens des Biegeschwingers (2) in einer zweiten Eigenfrequenz ein zweiter Wert ermittelt werden, wird zum einfachen, zuverlässigen und eindeutigen Ermitteln des Korrekturwertes vorgeschlagen, dass anschließend an das Ermitteln des ersten Wertes und des zweiten Wertes eine relative Differenz gebildet wird, indem der zweite Wert und der erste Wert voneinander subtrahiert werden und dies dann durch den ersten Wert dividiert wird, und dass anschließend der Korrekturwert bestimmt wird, indem ein von der relativen Differenz abhängiger Funktionswert einer vorbestimmbaren Korrekturwertefunktion oder einer vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle ermittelt wird.

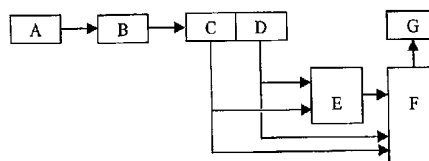


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturwertes zur Korrektur eines viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung eines in einem Biegeschwinger angeordneten Fluides, wobei der Biegeschwinger von einer Erregereinheit zum Schwingen in einer Schwingenebene angeregt wird.

[0002] Der Biegeschwinger gehört zu den Dichtemessgeräten, wobei beim Biegeschwinger die Bestimmung der Dichte von Flüssigkeiten oder Gasen, also Fluiden, auf eine Messung der Periodendauer der Schwingung zurückgeführt wird und aus dieser die Dichte errechnet wird.

[0003] Die AT 331 539 A und die DE 27 09 076 A1 beschreiben bekannte Biegeschwinger.

[0004] Die DE 1 953 791 A1 bezieht sich auf Dichtewandler umfassend ein Rohr und Einrichtungen zum Anregen natürlicher Querschwingungen des Rohres.

[0005] Die EP 0 136 627 A2 behandelt ein Resonatorsystem umfassend eine Temperaturkompensation.

[0006] Die US 5 831 178 A zeigt einen geradlinigen Messschwinger zur Bestimmung von Massefluss und Dichte.

[0007] Die US 5 005 400 A beschreibt ebenfalls einen Messschwinger, welcher zur Bestimmung der Dichte vorgesehen ist.

[0008] Die US 4 297 872 A bezieht sich auf einen Schwingungswandler zur Bestimmung beispielsweise von Druck, Dichte, Kraft und Temperatur.

[0009] Verfahren zur Bestimmung der Dichte des Fluides aus der Periodendauer eines mit dem Fluid gefüllten Biegeschwingers sind bekannt. Dabei wird das die Probe ausbildende Fluid in den Biegeschwinger eingefüllt. Der Biegeschwinger wird mittels einer Erregereinheit zu einer im Wesentlichen ungedämpften Schwingung in zumindest einer der Eigenfrequenzen des Biegeschwingers angeregt.

[0010] Bei Biegeschwinger-Dichtemessgeräten, also Vorrichtungen zur Bestimmung der Dichte umfassend den Biegeschwinger, werden zwei Konstanten A und B durch Justiermessung an mindestens zwei Fluiden bekannter Dichte, also an Kalibrierfluiden, insbesondere kleiner bis mittlerer Viskositäten, vorzugsweise Luft und Wasser, bestimmt. Eine unkorrigierte Dichte ρ_u einer unbekannten Flüssigkeit kann einfach mittels der Gleichung

$$\rho_u = A \cdot P^2 - B$$

bestimmt werden, wobei P die Periodendauer der Schwingung des mit einem Fluid gefüllten Biegeschwingers ist.

[0011] Misst man mit dem auf diese Weise justierten Biegeschwinger viskose Proben, beispielsweise Öle oder - bei gegenüber der Raumtemperatur erhöhter Temperatur - Paraffine, so findet man eine mit der Probenviskosität η ansteigende Dichte-Abweichung $\Delta\rho$ der unkorrigierten Dichte ρ_u von der wahren Dichte. Die viskositätsbedingte Dichte-Abweichung $\Delta\rho$ entspricht dabei einem systematischen Fehler, welcher gemäß der Formel korrigiert werden kann:

$$\rho_k = \rho_u - \rho_{\text{kor}}.$$

[0012] Dabei wird die unkorrigierte Dichte in Richtung einer korrigierten Dichte ρ_k korrigiert, womit der viskositätsbedingte systematische Messfehler berücksichtigt ist. Dabei ist ρ_{kor} ein zu ermittelnder Dichtekorrekturwert, welcher in diesem Fall der viskositätsbedingten Dichte-Abweichung $\Delta\rho$ entspricht. Die Korrektur der viskositätsbedingten Dichte-Abweichung $\Delta\rho$ wird herkömmlich als Viskositätskorrektur bezeichnet, wobei in einem ersten Schritt der Viskositätskorrektur die Dichte-Abweichung $\Delta\rho$ und somit der Dichtekorrekturwert ρ_{kor} ermittelt wird und in

einem zweiten Schritt die unkorrigierte Dichte ρ_u um den Betrag der Dichtekorrekturwert ρ_{korrr} in Richtung der korrigierten Dichte ρ_k korrigiert wird. Als dritter Schritt wird die korrigierte Dichte ρ_k üblicherweise als Messwert ausgegeben. Beim eigentlichen Messvorgang, welcher das direkte Messen der Periodendauer bzw. der Periodenfrequenz, die Ermittlung der unkorrigierten Dichte, die Dichtekorrektur und die Ausgabe der korrigierten Dichte umfasst, wird die korrigierte Dichte ρ_k somit als von der direkten Messgröße Periodendauer bzw. Periodenfrequenz abgeleitet, womit die korrigierte Dichte ρ_k eine abgeleitete Messgröße darstellt.

[0013] Ein bekanntes Verfahren zur Viskositätskorrektur macht sich den Zusammenhang der Schwingungsdämpfung zum viskositätsbedingten systematischen Messfehler der Dichtbestimmung zunutze, wobei über die Schwingungsdämpfung der Dichtekorrekturwert ρ_{korrr} bestimmt wird.

[0014] Nachteilig bei diesem Verfahren ist, dass die Bestimmung der Schwingungsdämpfung mit zusätzlichen Verfahrensschritten, mit zusätzlichem Aufwand und mit zusätzlichen Ungenauigkeiten bei der Bestimmung Schwingungsdämpfung verbunden ist.

[0015] Nachteilig bei diesem Verfahren ist weiters, dass der Zusammenhang zwischen der Schwingungsdämpfung und dem Dichtekorrekturwert ρ_{korrr} mehrdeutig ist, wobei zu im Wesentlichen jedem Wert der Schwingungsdämpfung zwei Dichtekorrekturwerte ρ_{korrr} möglich sind, wobei durch einen zusätzlichen Verfahrensschritt der für das jeweilig in den Biegeschwinger eingefüllte Fluid richtige der beiden Dichtekorrekturwerte zu bestimmen ist. Dieser zusätzliche Verfahrensschritt erhöht den Aufwand sowie die Fehlerunsicherheit der Bestimmung der korrigierten Dichte.

[0016] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturwertes der eingangs genannten Art anzugeben, welches eine einfache, genaue und zuverlässige Dichtekorrektur der unkorrigierten Dichte gewährleisten kann und mit welchem die Anzahl notwendiger Verfahrensschritte minimiert werden kann.

[0017] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 1 erreicht.

[0018] Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass die korrigierte Dichte ohne den Umweg über die Bestimmung der Schwingungsdämpfung bestimmt werden kann und zusätzliche Verfahrensschritte, welche beispielsweise zur Bestimmung der Schwingungsdämpfung notwendig wären, vermieden werden können.

[0019] Vorteilhafterweise hat sich gezeigt, dass der gesuchte Korrekturwert in einem eindeutigen Zusammenhang mit der relativen Differenz steht, welche gebildet wird, indem der zweite Wert, einer zweiten Periodendauer der zweiten Eigenfrequenz oder einer zweiten unkorrigierten Dichte des Fluides, und der erste Wert einer ersten Periodendauer der ersten Eigenfrequenz oder einer ersten unkorrigierten Dichte des Fluides, voneinander subtrahiert werden und ein dabei ermitteltes Subtraktionsergebnis durch den ersten Wert oder durch den zweiten Wert dividiert wird, womit bei der Durchführung der Verfahrensschritte des Patentanspruches 1 zuverlässig und ohne weitere Zwischenschritte der Korrekturwert zur Korrektur des viskositätsbedingten systematischen Messfehlers ermittelt wird. Der erste Wert kann dabei insbesondere die gemessene erste Periodendauer oder die daraus ermittelte erste unkorrigierte Dichte sein. Der zweite Wert kann dabei insbesondere die gemessene zweite Periodendauer oder die daraus ermittelte zweite unkorrigierte Dichte sein. Alternativ können auch ermittelte Frequenzen oder geeignete sonstige Werte als erster bzw. als zweiter Wert verwendet werden.

[0020] Vorteilhafterweise kann die korrigierte Dichte besonders einfach und mit wenigen Verfahrensschritten zuverlässig und mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0021] Die Erfindung betrifft weiters ein Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Dichte eines in einem Biegeschwinger angeordneten Fluides, wobei der Biegeschwinger von einer Erregereinheit zum Schwingen in einer Schwingebene angeregt wird. Erfindungsgemäß ist bei dem Verfahren zur Bestimmung der korrigierten Dichte des in einem Biegeschwinger angeordneten Fluides vorgesehen, dass der Korrekturwert zumindest in der vorstehend beschriebenen Weise korrigiert wird, wie dies erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruches 6

erreicht wird.

[0022] Vorteilhafterweise kann dabei die korrigierte Dichte besonders einfach und mit wenigen Verfahrensschritten zuverlässig und mit hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0023] Die Erfindung betrifft weiters ein Verfahren zur Bestimmung zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertefunktion oder zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle zur Korrektur eines viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung eines in einem Biegeschwinger angeordneten Fluides, wobei der Biegeschwinger von der Erregereinheit zum Schwingen in der Schwingebene angeregt wird.

[0024] Aufgabe der Erfindung ist es daher weiters zumindest eine vorbestimmbare Korrekturwertefunktion oder zumindest eine vorbestimmbare Korrekturwertetabelle zur Korrektur des viskositätsbedingten systematischen Messfehlers anzugeben, aus welcher Korrekturwertefunktion bzw. Korrekturwertetabelle einfach, genau und zuverlässig der Korrekturwert gemäß dem oben beschriebenen Verfahren ermittelt werden kann.

[0025] Erfindungsgemäß wird dies durch die Merkmale des Patentanspruches 8 erreicht.

[0026] Vorteilhaft dabei ist, dass die zumindest eine vorbestimmbare Korrekturwertefunktion oder die zumindest eine vorbestimmbare Korrekturwertetabelle gemeinsam mit einer Vorrichtungskalibrierung der Vorrichtung vor deren Benutzung durchgeführt werden kann. Vorteilhaft dabei ist, dass dabei keine wiederholten Kalibrierungsschritte durchzuführen sind.

[0027] Vorteilhafterweise hat sich gezeigt, dass die Korrekturwertefunktion bzw. die Korrekturwertetabelle einfach ausgebildet sind und bereits mit wenigen Kalibrierfluiden bekannter Dichte die zumindest eine Korrekturwertefunktion bzw. Korrekturwertetabelle mit hoher Genauigkeit erstellt werden kann.

[0028] Die Erfindung betrifft weiters ein Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um die Schritte der vorstehend genannten Verfahren auszuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere auf einer Computereinheit der Vorrichtung zur Bestimmung der korrigierten Dichte eines in einem Biegeschwinger angeordneten Fluides, ausgeführt wird.

[0029] Die Erfindung betrifft weiters einen Datenträger, auf welchem dieses Computerprogramm gespeichert ist.

[0030] Die Erfindung betrifft weiters eine Vorrichtung zur Bestimmung einer korrigierten Dichte eines in einem Biegeschwinger angeordneten Fluides, wobei der Biegeschwinger von der Erregereinheit zum Schwingen in der Schwingebene angeregt wird, welche Vorrichtung den Datenträger, auf welchem dieses Computerprogramm gespeichert ist, umfasst.

[0031] Die Unteransprüche, welche ebenso wie die unabhängigen Patentansprüche gleichzeitig einen Teil der Beschreibung bilden, betreffen weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0032] Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen, in welchen lediglich bevorzugte Ausführungsformen beispielhaft dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

[0033] Fig. 1 eine bevorzugte Ausführung einer Vorrichtung zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides in schematischer Darstellung;

[0034] Fig. 2 ein Blockschaltbild mehrerer Verfahrensschritte eines bevorzugten Verfahrens zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides;

[0035] Fig. 3 eine erste bevorzugte Korrekturwertefunktion zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides; und

[0036] Fig. 4 eine zweite bevorzugte Korrekturwertefunktion zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides.

[0037] Die Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung 6 zur Verwendung für ein Verfahren zum Ermitteln

eines Korrekturwertes zur Korrektur eines viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung eines in einem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1, wobei der Biegeschwinger 2 von einer Erregereinheit zum Schwingen in einer Schwingebene angeregt wird, wobei zur einfachen, genauen und zuverlässigen Ermittlung des Korrekturwertes zumindest die folgenden Schritte vorgesehen sind:

[0038] - dass das Fluid 1 im Biegeschwinger 2 angeordnet wird, dass anschließend daran - nacheinander oder gleichzeitig - der Biegeschwinger 2 zum Schwingen in einer ersten Eigenfrequenz und zum Schwingen in einer zweiten Eigenfrequenz angeregt wird,

[0039] - dass während des Schwingens des Bieeschwingers 2 bei der ersten Eigenfrequenz ein erster Wert entweder einer ersten Periodendauer P_1 dieser ersten Eigenfrequenz oder einer ersten unkorrigierten Dichte ρ_{u1} des Fluides 1 ermittelt wird,

[0040] - dass während des Schwingens des Bieeschwingers 2 bei der zweiten Eigenfrequenz ein zweiter Wert entweder einer zweiten Periodendauer P_2 dieser zweiten Eigenfrequenz oder einer zweiten unkorrigierten Dichte ρ_{u2} des Fluides 1 ermittelt wird, dass anschließend an das Ermitteln des ersten Wertes und des zweiten Wertes eine relative Differenz D_{rel} gebildet wird, indem der zweite Wert und der erste Wert voneinander subtrahiert werden, und ein dabei ermitteltes Subtraktionsergebnis durch den ersten Wert oder durch den zweiten Wert dividiert wird, und

[0041] - dass anschließend der Korrekturwert bestimmt wird, indem ein von der relativen Differenz D_{rel} abhängiger Funktionswert zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertfunktion 7 oder zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle ermittelt wird.

[0042] Die erste Periodendauer P_1 bzw. zweite Periodendauer P_2 entspricht dabei dem Kehrwert der ersten Eigenfrequenz bzw. der zweiten Eigenfrequenz.

[0043] Das Schwingen des Bieeschwingers 2 kann auch als Biegeschwingen bezeichnet werden. Die Schwingebene kann in diesem Zusammenhang auch als Biegeschwingebene oder als Bieeschwingerschwingebene bezeichnet werden.

[0044] In der Vorrichtung 6 ist ebenso ein Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Dichte eines in einem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1 durchführbar, wobei der Biegeschwinger 2 von einer Erregereinheit zum Schwingen in einer Schwingebene angeregt wird, und wobei zur einfachen, genauen und zuverlässigen Dichtekorrektur einer unkorrigierten Dichte ρ_u vorgesehen ist, dass zumindest die vorstehend genannten Schritte zum Ermitteln des Korrekturwertes durchgeführt werden, und dass nachfolgend mittels des ermittelten Korrekturwertes sowie des ersten Wertes und/oder des zweiten Wertes die korrigierte Dichte ρ_k des Fluides 1 ermittelt, insbesondere errechnet, wird.

[0045] Die korrigierte Dichte ρ_k kann insbesondere von der Vorrichtung 6 als Messergebnis der Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k ausgegeben und/oder angezeigt werden.

[0046] Der Biegeschwinger 2 ist dabei jenes Behältnis der Vorrichtung 6, in welches das Fluid 1 eingefüllt wird und welches bei der Messung schwingt. Der Biegeschwinger 2 kann insbesondere als gläsernes Rohr, bevorzugt als gläsernes U-Rohr, ausgebildet sein. Im Biegeschwinger 2 kann die Dichte - in an sich bekannter Weise - sowohl an im Biegeschwinger 2 im Wesentlichen ruhenden als auch an den Biegeschwinger 2 durchströmenden Fluiden 1 bestimmt werden.

[0047] Das Fluid 1, welches die zu bestimmende, daher üblicherweise nur ungenau oder nicht bekannte, Dichte aufweist, kann gasförmig und/oder insbesondere flüssig sein, sowie als Suspension oder als Gemisch, insbesondere als Dispersion, gasförmiger und/oder flüssiger erster Bestandteile mit festen zweiten Bestandteilen vorliegen. Auch das zur Kalibrierung des Bieeschwingers verwendete Kalibrierfluid bekannter Dichte kann derart ausgebildet sein.

[0048] Als Kalibrierfluid kann beispielsweise Wasser oder ein Wassergemisch verwendet werden, wobei Wasser eine genau bekannte niedrige Viskosität aufweist. Weiters sind Kalibrieröle bekannt, welche anstatt der vorgenannten Kalibrierfluide oder zusätzlich zu diesen in vorteilhafter Weise verwendet werden können. Die Kalibrierfluide können dabei eine Viskosität bei-

spielsweise im Viskositätsbereich zwischen 0,1mPas und 30000mPas aufweisen. Vorteilhafterweise können als Kalibrierfluide Fluide 1 genau vorbekannter Dichte und genau vorbekannter Viskosität, insbesondere Kalibrieröle, mit einer Viskosität von etwa 10mPas, etwa 20mPas, etwa 50mPas, etwa 100mPas, etwa 250mPas, etwa 1000mPas, etwa 3000mPas und/oder etwa 9000mPas verwendet werden. Je mehr zueinander unterschiedliche Kalibrierfluide verwendet werden, desto genauer kann die zumindest eine Korrekturwertfunktion bzw. Korrekturwerttabelle bestimmt werden. Vorteilhaft dabei ist, dass die Genauigkeit und der dementsprechende Aufwand auf den Anwendungsfall abgestimmt werden kann.

[0049] Bei der Bestimmung der Dichte des Fluides 1 mittels Biegeschwingers 2 steigt der viskositätsbedingte systematische Messfehler zunächst linear mit der Quadratwurzel der Viskosität η des Fluides 1 an und erreicht schließlich einen vom Innendurchmesser des Biegeschwingers 2, von dessen Länge und von der Periodendauer der Schwingung in der vorbestimmten Eigenfrequenz abhängigen Maximalwert.

[0050] Die Vorrichtung 6 zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides 1 umfasst zumindest einen Schaltkreis 5, wobei der Schaltkreis 5 insbesondere als elektrischer Schaltkreis ausgebildet ist und bevorzugt Mikroprozessoren, besonders bevorzugt eine Computereinheit, zur Ausführung von Computerprogrammen umfasst. Der Schaltkreis 5 ist zum Ablauf und zur Steuerung des Messvorganges, insbesondere zum Ablauf und zur Steuerung des erfindungsgemäßen Verfahrens, vorgesehen und kann bevorzugt Computerprogramm-Mittel zur Ausführung der Verfahrensschritte umfassen.

[0051] Die Vorrichtung 6 umfasst weiters den Biegeschwinger 2, welcher zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides 1 mit diesem Fluid befüllbar, insbesondere automatisiert befüllbar, ist.

[0052] Die Vorrichtung 6 umfasst zumindest einen mit dem Schaltkreis 5 verbundenen Schwingungsanreger 3 zur Anregung der Schwingungen, insbesondere zumindest zwei der Eigenschwingungen, des Biegeschwingers 2, wobei ein zur Anregung des Biegeschwingers 2 verwendetes Schwingungsanregungssignal vom Schaltkreis 5 zum Schwingungsanreger 3 übertragen wird. Schwingungsanreger 3 und die zugehörige Steuerung des Schwingungsanregers 3 können in vorteilhafter Weise die Erregereinheit ausbilden.

[0053] Der Schwingungsanreger 3 der Erregereinheit kann bevorzugt derart ausgebildet sein, dass bei einer Anregung des Biegeschwingers 2, beispielsweise einem Impuls, die erste Eigenschwingung und die zweite Eigenschwingung des Biegeschwingers 2 angeregt werden und dass bei lediglich einer Anregung des Biegeschwingers 2, insbesondere im Wesentlichen simultan, die erste Periodendauer P_1 und die zweite Periodendauer P_2 gemessen werden können.

[0054] Die Vorrichtung 6 umfasst zumindest einen mit dem Schaltkreis 5 wirkverbundenen Aufnehmer 4 zur Aufnahme der Schwingungen des Biegeschwingers 2, insbesondere zur Aufnahme und Messung der ersten Periodendauer und der zweiten Periodendauer, und gegebenenfalls zusätzlich zur Aufnahme und Messung der Amplitude der Schwingung des Biegeschwingers 2, wobei ein vom Aufnehmer 4 aufgenommenes Signal an den Schaltkreis 5 übertragen wird. Der Schaltkreis 5 kann weiters einen Regelkreis zum Abgleich des Schwingungsanregungssignals des Schwingungsanregers 3 zum vom Aufnehmer 4 aufgenommenen Signal umfassen.

[0055] Die Vorrichtung 6, insbesondere der Schaltkreis 5 der Vorrichtung 6, umfasst zumindest einen Auswertekreis zur Auswertung des vom Aufnehmer 4 aufgenommenen Signals zur Bestimmung der ersten unkorrigierten Dichte, der zweiten unkorrigierten Dichte und/oder der korrigierten Dichte.

[0056] Der Biegeschwinger 2 bildet in der Vorrichtung 6 ein Feder-Dämpfer-System aus, insbesondere mit im Wesentlichen einem Freiheitsgrad. Dem Biegeschwinger 2 ist somit ein Eigenfrequenzspektrum zuordenbar, welches die möglichen Eigenschwingungen dieses Feder-Dämpfer-Systems umfasst. Das Eigenfrequenzspektrum ergibt sich dabei durch die Geometrie und Eigenmasse des Biegeschwingers 2 und das im Biegeschwinger 2 angeordnete Fluid 1.

Das Eigenfrequenzspektrum umfasst als Eigenfrequenz niedrigster Ordnung eine Grundschwingung des Biegeschwingers 2 und als Eigenfrequenz höherer Ordnungen eine erste Oberschwingung, eine zweite Oberschwingung, eine dritte Oberschwingung, eine vierte - und so fort - Oberschwingung. Die erste Eigenfrequenz sowie die zweite Eigenfrequenz werden aus dem Eigenfrequenzspektrum des Biegeschwingers 2 ausgewählt.

[0057] Vorteilhaft dabei ist, dass bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Ermitteln des Korrekturwertes keine Dämpfungsmessung des Biegeschwingers 2 nötig ist, womit die Anzahl der nötigen Verfahrensschritte zur Bestimmung der korrigierten Dichte des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1 besonders gering sein kann.

[0058] Vorteilhafterweise kann die erste Eigenfrequenz als Grundschwingung, erste Oberschwingung, zweite Oberschwingung, dritte Oberschwingung oder vierte Oberschwingung gewählt werden. Vorteilhafterweise kann die zweite Eigenfrequenz als Grundschwingung, erste Oberschwingung, zweite Oberschwingung, dritte Oberschwingung oder vierte Oberschwingung gewählt werden, wobei die zweite Eigenfrequenz ungleich der ersten Eigenfrequenz gewählt wird. Besonders bevorzugt kann die erste Eigenfrequenz als die Grundschwingung gewählt werden. Besonders bevorzugt kann die zweite Eigenfrequenz als die erste Oberschwingung gewählt werden.

[0059] Die korrigierte Dichte P_k des Fluides 1 ist - ebenso wie die erste unkorrigierte Dichte ρ_{u1} bzw. zweite unkorrigierte Dichte ρ_{u2} - eine physikalische Größe des Fluides 1 der SI-Einheit kg/m^3 .

[0060] Die erste Periodendauer P_1 und die zweite Periodendauer P_2 weisen die SI-Einheit Sekunde auf und sind der Kehrwert der jeweilig zugehörigen Eigenfrequenz.

[0061] Die erste unkorrigierte Dichte ρ_{u1} bzw. die zweite unkorrigierte Dichte ρ_{u2} errechnen sich aus der ersten Periodendauer P_1 bzw. aus der ersten Periodendauer P_2 wie folgt:

$$\rho_{u1} = A' \cdot P^2 - B'$$

$$\rho_{u2} = A'' \cdot P^2 - B''$$

[0062] A' , A'' , B' und B'' sind dabei jene an Kalibrierfluiden bestimmten Konstanten. Die Konstanten A' und B' sind der ersten Eigenfrequenz zugehörig und sind je nach aus dem Eigenfrequenzspektrum ausgewählter Eigenfrequenz des Biegeschwingers 2 unterschiedlich. Die Konstanten A'' und B'' sind der zweiten Eigenfrequenz zugehörig und sind je nach gewählter Eigenfrequenz aus dem Eigenfrequenzspektrum des Biegeschwingers 2 unterschiedlich. Die Konstanten sind darüber hinaus vorrichtungsspezifisch.

[0063] Die Korrekturwerte der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertfunktion und/oder der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle können in vorteilhafter Weise vorab experimentell oder rechnerisch bestimmt werden. Die experimentelle Bestimmung der Korrekturwerte kann in vorteilhafter Weise in einem dem Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Dichte eines in einem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1 zeitlich vorangestellten Verfahrens zur Bestimmung der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertfunktion oder der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle zur Korrektur des viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1 erfolgen. Das Verfahren zur Bestimmung der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertfunktion bzw. der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle umfasst dabei zumindest die Schritte:

[0064] - dass im Biegeschwinger 2 das Kalibrierfluid angeordnet wird,

[0065] - dass anschließend daran - nacheinander oder gleichzeitig - der Biegeschwinger 2 zum Schwingen in der ersten Eigenfrequenz und zum Schwingen in der zweiten Eigenfrequenz angeregt wird,

[0066] - dass während des Schwingens des Biegeschwingers 2 in der ersten Eigenfrequenz der erste Wert entweder der ersten Periodendauer P_1 dieser ersten Eigenfrequenz oder der ersten unkorrigierten Dichte ρ_{u1} des Kalibrierfluides ermittelt wird,

[0067] - dass während des Schwingens des Biegeschwingers 2 in der zweiten Eigenfrequenz der zweite Wert entweder der zweiten Periodendauer P_2 dieser zweiten Eigenfrequenz oder der zweiten unkorrigierten Dichte ρ_{u2} des Kalibrierfluides ermittelt wird,

[0068] - dass anschließend an das Ermitteln des ersten Wertes und des zweiten Wertes die relative Differenz D_{rel} gebildet wird, indem der zweite Wert und der erste Wert voneinander subtrahiert werden, und das dabei errechnete Subtraktionsergebnis durch den ersten Wert oder durch den zweiten Wert dividiert wird,

[0069] - dass anschließend an das Ermitteln des ersten Wertes und des zweiten Wertes eine erste relative Sollwertdifferenz $S1_{rel}$ gebildet wird, indem der erste Wert und ein zum ersten Wert bzw. zum zweiten Wert zuordenbarer Sollwert des Kalibrierfluides voneinander subtrahiert werden, und ein dabei errechnetes erstes Subtraktionsergebnis durch den Sollwert dividiert wird, und/oder eine zweite relative Sollwertdifferenz $S2_{rel}$ gebildet wird, indem der zweite Wert und der Sollwert voneinander subtrahiert werden, und ein dabei errechnetes zweites Subtraktionsergebnis durch den Sollwert dividiert wird,

[0070] - dass anschließend ein die erste relative Sollwertdifferenz $S1_{rel}$ und die relative Differenz D_{rel} umfassendes erstes Wertepaar gebildet und/oder ein die zweite relative Sollwertdifferenz $S2_{rel}$ und die relative Differenz D_{rel} umfassendes zweites Wertepaar gebildet werden, und

[0071] - dass das erste Wertepaar und/oder das zweite Wertepaar in der zumindest einen Korrekturwertetabelle und/oder in der zumindest einen Korrekturwertefunktion eingefügt werden.

[0072] Beispiele der derart experimentell bestimmten Korrekturwertefunktionen sind in Fig. 3 und Fig. 4 dargestellt, wobei in der in Fig. 3 dargestellten Korrekturwertefunktion 7 erste Wertepaare 75 eingetragen sind und in der in Fig. 4 dargestellten Korrekturwertefunktion 7 zweite Wertpaare 76 eingetragen sind. Bei der Bestimmung dieser Korrekturwertefunktionen werden als der erste Wert die erste unkorrigierte Dichte ρ_{u1} und als der zweite Wert die zweite unkorrigierte Dichte ρ_{u2} ermittelt. Als zum ersten Wert bzw. zum zweiten Wert zuordenbarer Sollwert wird die Solldichte ρ_{soll} des Kalibrierfluides bekannter Dichte herangezogen. Zuordenbar bedeutet im gegenständlichen Sinne, dass der erste Wert, der zweite Wert und der Sollwert Größen der gleichen physikalischen Einheit sind, womit sich die Einheit beim Subtrahieren nicht ändert und womit die Subtraktionen sinnvoll sind. Alternativ dazu kann als der erste Wert die erste Periodendauer P_1 , als der zweite Wert die zweite Periodendauer P_2 und als zuordenbarer Sollwert eine Sollperiodendauer P_{soll} des Kalibrierfluides bekannter Dichte bestimmt und verwendet werden, wobei sich lediglich die Formelzusammenhänge ändern, der Ablauf im Wesentlichen jedoch gleich bleibt. Selbiges gilt, wenn anstatt den Periodendauern P_1 , P_2 der Kehrwert dieser, also die entsprechenden Frequenzen, verwendet werden.

[0073] Weiters werden der Bestimmung dieser in Fig. 3 und Fig. 4 dargestellten Korrekturwertefunktionen der erste Wert bei der Schwingung des Biegeschwingers 2 in der Grundschiwingung des Biegeschwingers und der zweite Wert bei der Schwingung des Biegeschwingers 2 in der ersten Oberschwingung ermittelt.

[0074] Die relative Differenz D_{rel} wird hiebei wie folgt gebildet:

$$D_{rel} = (\rho_{u2} - \rho_{u1}) / \rho_{u1}$$

[0075] Die derart errechnete relative Differenz D_{rel} ist dimensionslos und kann in vorteilhafter Weise positiv sein. Gegebenenfalls kann der Betrag der dabei ermittelten relativen Differenz D_{rel} gebildet werden. Die Subtraktionsglieder können auch vertauscht werden, wobei auch hiebei gegebenenfalls der Betrag der dabei ermittelten relativen Differenz D_{rel} gebildet werden kann.

$$S1_{\text{rel}} = (\rho_{u1} - \rho_{\text{soll}}) / \rho_{\text{soll}}$$

[0076] Die erste relative Sollwertdifferenz $S1_{\text{rel}}$ des ersten Wertepaares 75 der ersten Korrekturwertefunktion 73 wird hiebei wie folgt berechnet:

$$S2_{\text{rel}} = (\rho_{u2} - \rho_{\text{soll}}) / \rho_{\text{soll}}$$

[0077] Die zweite relative Sollwertdifferenz $S2_{\text{rel}}$ des zweiten Wertepaares 76 der zweiten Korrekturwertefunktion 74 - wird hiebei wie folgt berechnet:

[0078] Das erste Wertepaar 75 umfasst dabei sowohl die an der x-Achse aufgetragene relative Differenz D_{rel} als unabhängigen Funktionswert 71 als auch die an der y-Achse aufgetragene relative erste Sollwertdifferenz $S1_{\text{rel}}$ als abhängigen Funktionswert 72. Die erste Korrekturwertefunktion 73 umfasst dabei mehrere erste Wertepaare 75. Die ersten Wertepaare 75 können gleichermaßen in einer ersten Korrekturwertetabelle aufgelistet sein, also in Tabellenform vorliegen.

[0079] Das zweite Wertepaar 76 umfasst dabei sowohl die an der x-Achse aufgetragene relative Differenz D_{rel} als auch die an der y-Achse aufgetragene relative zweite Sollwertdifferenz $S2_{\text{rel}}$ als abhängigen Funktionswert 72. Die zweite Korrekturwertefunktion 74 umfasst dabei mehrere zweite Wertepaare 76. Die zweiten Wertepaare 76 können gleichermaßen in einer ersten Korrekturwertetabelle aufgelistet sein, also in Tabellenform vorliegen.

[0080] Zur Bestimmung der gesamten ersten Korrekturwertefunktion 73 bzw. zweiten Korrekturwertefunktion 74 und/oder den entsprechenden Korrekturwertetabellen kann in vorteilhafter Weise vorgesehen sein, dass die Verfahrensschritte zur Bestimmung zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertefunktion 7 oder zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle bei mehreren relativen Differenzen D_{rel} durchgeführt werden, und dass mehrere zusammengehörige erste Wertepaare 75 und/oder zweite Wertepaare 76 der zumindest einen Korrekturwertetabelle bzw. der zumindest einen Korrekturwertefunktion 7 ermittelt und in der zumindest einen Korrekturwertetabelle und/oder in der zumindest einen Korrekturwertefunktion 7 eingefügt werden. Vorteilhaft dabei ist, dass die relative erste Sollwertdifferenz $S1_{\text{rel}}$ bzw. die relative zweite Sollwertdifferenz $S2_{\text{rel}}$ dabei den später zu ermittelnden Korrekturwert ausbildet, welcher Korrekturwert zur Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1 - wie weiter oben beschrieben - verwendet wird.

[0081] Alternativ kann die zumindest eine Korrekturwertefunktion 7, insbesondere die erste Korrekturwertefunktion 73 und/oder die zweite Korrekturwertefunktion 74, bzw. die zumindest eine Korrekturwertetabelle rechnerisch bestimmt werden. Vorteilhaft dabei ist, dass die Korrekturwertefunktion 7 sich aus der dreidimensionalen Geometrie des Biegeschwingers 2 und weiteren immanenten Systemeigenschaften der Vorrichtung 6 zur Bestimmung der korrigierten Dichte, beispielsweise Eigenresonanzen der Vorrichtung 6, ergibt. Die Korrekturwertefunktion 7 kann dabei im Wesentlichen sämtliche immanente Systemeigenschaften berücksichtigen und korrigieren. Die Korrekturwertefunktion 7 kann -zumindest bereichsweise - unter anderem unter Berücksichtigung der dreidimensionalen Geometrie des Biegeschwingers 2 und der Eigenresonanzen der Vorrichtung 6, beispielsweise mittels Finite-Elemente-Methode, berechnet werden.

[0082] Die in Fig. 3 dargestellte erste Korrekturwertefunktion 73 ist - im mathematischen Sinn - surjektiv. Dabei ist gewährleistet, dass zu jedem unabhängigen Funktionswert 71, also zu jeder relativen Differenz D_{rel} , genau ein abhängiger Funktionswert 72, also genau ein Korrekturwert, vorliegt. Somit ist im Unterschied zur Dichtekorrektur mittels der Schwingungsdämpfung ohne weiteres Zutun der eindeutige Korrekturwert zur Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k bestimmbar. Eine mehrdeutige Bestimmung des Korrekturwertes kann dabei zuverlässig vermieden werden.

[0083] Die in Fig. 4 dargestellte zweite Korrekturwertefunktion 74 ist - im mathematischen Sinn - bijektiv. Dabei ist gewährleistet, dass zu jedem unabhängigen Funktionswert 71, also zu jeder relativen Differenz D_{rel} , genau ein abhängiger Funktionswert 72, also genau ein Korrekturwert,

vorliegt. Eine mehrdeutige Bestimmung des Korrekturwertes kann dabei zuverlässig vermieden werden.

[0084] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass dieselbe unabhängige Variable 71 bei der ersten Korrekturwertefunktion 73 und bei der zweiten Korrekturwertefunktion 74 verwendet wird, wie dies auch in Fig. 3 und 4 dargestellt ist. Derart kann eine parallele Verwendung der ersten Korrekturwertefunktion 73 und/oder der zweiten Korrekturwertefunktion 74 bei einer Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides 1 begünstigt sein.

[0085] Vorteilhafterweise kann die experimentelle Bestimmung der ersten Korrekturwertefunktion 73 und/oder der zweiten Korrekturwertefunktion 74 im Wesentlichen simultan, also im selben Arbeitsdurchgang, beispielsweise bei der Endkontrolle, bei einer Justierung und/oder bei einer Erstkalibrierung der Vorrichtung 6 erfolgen. Damit kann der zusätzliche Aufwand zur Bestimmung der zumindest einen Korrekturwertefunktion 7 und/oder der zumindest einen Korrekturwertetabelle gering sein.

[0086] Insbesondere können die zur Bestimmung der Korrekturwertefunktion 7 verwendeten Korrekturfluide im Wesentlichen den gesamten Messbereich des Verfahrens und/oder der Vorrichtung 6 abdecken, wobei die Korrekturwerte der Korrekturwertefunktion 7 zwischen den experimentell bestimmten einzelnen ersten Wertepaaren und/oder zweiten Wertepaaren interpoliert werden können. Derart kann die Bestimmung der Korrekturwertefunktion 7 bzw. der Korrekturwertetabelle mit hoher Genauigkeit gewährleistet sein.

[0087] Vorteilhafterweise kann die Korrekturwertefunktion 7 bereichsweise berechnet und bereichsweise experimentell bestimmt werden. Dabei kann unter anderem ausgenützt werden, dass der viskositätsbedingte systematische Messfehler den vom Innendurchmesser des Biegeschwingers 2, von dessen Länge und von der Periodendauer der Schwingung in der vorbestimmten Eigenfrequenz abhängigen Maximalwert erreicht. Ab Erreichen dieses Maximalwertes ergibt sich dabei in Fig. 3 eine im Wesentlichen waagerechte Linie der Funktionswerte 72 und in Fig. 4 eine Linie der Funktionswerte 72 einer im Wesentlichen konstanten zweiten Steigung. Derart können sowohl eine hohe rechnerische Genauigkeit als auch eine hohe experimentelle Genauigkeit für die Bestimmung der Korrekturwertefunktion 7 hoher Genauigkeit genutzt werden und/oder experimentell kaum zugängliche Messbereiche der Vorrichtung 6 und/oder des Verfahrens können durch die berechneten Bereiche der Korrekturwertefunktion 7 abgedeckt werden.

[0088] Die Fig. 2 zeigt schematisch einen bevorzugten Verfahrensablauf des Verfahrens zur Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1, wobei der Biegeschwinger 2 von der Erregereinheit zum Schwingen in der Schwingebene angeregt wird. Bei diesem bevorzugten Verfahrensablauf werden beispielsweise sieben Verfahrensschritte A bis G durchlaufen. Jeder der Verfahrensschritte kann wiederum mehrere Verfahrensschritte umfassen und/oder einzelne der sieben Verfahrensschritte A bis G können zu einem gemeinsamen Verfahrensschritt zusammengefasst werden, wobei das Verfahren auch eine andere Anzahl von Verfahrensschritten aufweisen kann und wobei der Ablauf des Verfahrens entsprechend abgeändert sein kann. Bei der Ermittlung des Korrekturwertes zur Korrektur des viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1 können hierbei insbesondere die erste Korrekturwertefunktion 73 und/oder die zweite Korrekturwertefunktion 74 bzw. die dementsprechende erste Korrekturwertetabelle und/oder zweite Korrekturwertetabelle herangezogen werden.

[0089] Der erste Verfahrensschritt A umfasst hierbei vorbereitende Maßnahmen zur Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides 1, beispielsweise die Probenvorbereitung, die Reinigung des Biegeschwingers 2 und/oder die Temperaturmessung des Messsystems.

[0090] Im zweiten Verfahrensschritt B wird hierbei das Fluid 1 manuell oder automatisch in den Biegeschwinger 2 gefüllt und der Biegeschwinger 2 wird mittels der den Schwingungsanreger 3 umfassenden Erregereinheit zum Schwingen in der ersten Eigenfrequenz und in der zweiten Eigenfrequenz des Biegeschwingers 2 angeregt. Dabei können die erste Eigenfrequenz und die

zweite Eigenfrequenz gleichzeitig oder in vorgebarer Reihenfolge der beiden hintereinander angeregt werden.

[0091] In den Verfahrensschritten C und D werden die erste Periodendauer P_1 und die zweite Periodendauer P_2 des Biegeschwingers 2 gemessen und gegebenenfalls aufgezeichnet. Die Verfahrensschritte C und D können gleichzeitig ausgeführt werden. Insbesondere können die erste Periodendauer P_1 und die zweite Periodendauer P_2 , beispielsweise als Impulsantwort, bei lediglich einer kurzen Anregung des Biegeschwingers 2, beispielsweise einem Anregungsimpuls, bestimmt werden. Dadurch kann die Messung besonders schnell durchgeführt werden und die erste Periodendauer P_1 und die zweite Periodendauer P_2 können im Wesentlichen gleichzeitig bestimmt werden. Alternativ können die Verfahrensschritte C und D zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgeführt werden, wobei die erste Periodendauer P_1 in der Schwingung des Biegeschwingers 2 und die zweite Periodendauer P_2 in der zweiten Schwingung des Biegeschwingers 2 bestimmt werden. Erste Periodendauer P_1 und zweite Periodendauer P_2 sind zueinander verschieden, wobei jede der beiden Periodendauern P_1 und P_2 - in Abhängigkeit der aus dem Eigenfrequenzspektrum des Biegeschwingers 2 ausgewählten ersten und zweiten Eigenfrequenz - die kleinere der beiden sein kann.

[0092] Die erste Periodendauer P_1 und die zweite Periodendauer P_2 werden im fünften Verfahrensschritt E weiterverwendet. Besonders bevorzugt können dabei mit der ersten Periodendauer P_1 die erste unkorrigierte Dichte ρ_{u1} gemäß der Formel

$$\rho_{u1} = A' \cdot P_1^2 - B'$$

und mit der zweiten Periodendauer P_2 die zweite unkorrigierte Dichte ρ_{u2} gemäß der Formel

$$\rho_{u2} = A'' \cdot P_2^2 - B''$$

errechnet werden.

[0093] Der viskositätsbedingte systematische Messfehler, welcher selbst positiv ist, steigt dabei mit steigender Ordnung der Eigenschwingung, womit die zweite unkorrigierte Dichte P_1 größer als die erste unkorrigierte Dichte ρ_{u1} ist, sofern - wie in diesem Fall vorgesehen - die erste Eigenfrequenz niedriger als die zweite Eigenfrequenz gewählt ist.

[0094] Im fünften Verfahrensschritt E wird in weiteren Umformungen - in der vorstehend beschriebenen Art und Weise - die relative Differenz D_{rel} errechnet. Dabei können die Elemente der Subtraktion auch vertauscht werden, wobei sinnvoll sein kann, die relative Differenz D_{rel} positiv zu wählen. Gegebenenfalls kann hierzu der Betrag der relativen Differenz D_{rel} gebildet werden.

[0095] Im sechsten Verfahrensschritt F wird die korrigierte Dichte des Fluides bestimmt. Die relative Differenz D_{rel} wird nunmehr als unabhängige Variable weiterverwendet und ein der relative Differenz D_{rel} zugehöriger Funktionswert des Korrekturwertes der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertfunktion bzw. der zumindest einen vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle ermittelt. Der Korrekturwert entspricht dabei der ersten relativen Sollwertdifferenz $S1_{rel}$ bzw. der zweiten relativen Sollwertdifferenz $S2_{rel}$, je nach dem, ob die in einem ersten Weg korrigierte Dichte ρ_k aus der ersten unkorrigierten Dichte ρ_{u1} bzw. in einem zweiten Weg aus der zweiten unkorrigierten Dichte ρ_{u2} errechnet werden soll, wobei beide Weg gleichwertig sind. Die Formeln, welche dabei in vorteilhafter Weise verwendet werden können, sind die folgenden:

$$\rho_k = \rho_{u1} / (1 + S1_{rel}) \text{ und/oder}$$

$$\rho_k = \rho_{u2} / (1 + S2_{rel})$$

[0096] In vorteilhafter Weise hat sich dabei gezeigt, dass die über den ersten Weg ermittelte korrigierte Dichte ρ_k und die über den zweiten Weg ermittelte korrigierte Dichte ρ_k zueinander einen sehr ähnlichen Wert aufweisen. Der verbleibende Restfehler der derart bestimmten korri-

gierte Dichte ρ_k zur wahren Dichte des Fluides 1 ist sehr gering. Vorteilhafterweise kann die Dichte dabei mit sehr hoher Genauigkeit bestimmt werden.

[0097] Wenn die korrigierte Dichte ρ_k sowohl über den ersten Weg als auch über den zweiten Weg errechnet wird und anschließend ein Mischwert aus beiden derart errechneten korrigierten Dichten ρ_k errechnet wird hat sich in vorteilhafter Weise gezeigt, dass die Korrektur des viskositätsbedingten systematischen Messfehlers besonders genau sein kann. Als geeignete Mischwerte haben sich dabei zwischen 50% der über den ersten Weg errechneten korrigierten Dichte ρ_k plus 50% der über den zweiten Weg errechneten korrigierten Dichte ρ_k , bis hin zu 80 % der über den ersten Weg errechneten korrigierten Dichte ρ_k plus 20 % der über den zweiten Weg errechneten korrigierten Dichte ρ_k erwiesen.

[0098] Aus Gründen der Vereinfachung wurde in diesem Zusammenhang zwischen der über den ersten Weg errechneten korrigierten Dichten ρ_k , der über den zweiten Weg errechneten korrigierte Dichte ρ_k und der als Mischwert dieser beiden errechneten korrigierte Dichte ρ_k nicht unterschieden, wobei sich die Zahlenwerte dieser korrigierte Dichten ρ_k in deren fünften, sechsten oder siebenten Stelle voneinander unterscheiden können. Vorteilhafterweise kann die Auswahl des zur Bestimmung der korrigierte Dichte ρ_k optimalen Weges automatisch von der Vorrichtung ausgewählt werden, insbesondere von einem Computerprogramm, welches in der Computereinheit der Vorrichtung vorgesehen ist.

[0099] Im siebenten Verfahrensschritt G wird der Zahlenwert der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides 1 als Endwert der Messung ausgegeben, als Endwert der Messwert angezeigt und/oder als Endwert der Messung zur weiteren Verwendung, beispielsweise zur Erstellung der Statistik, abgespeichert werden. Die korrigierte Dichte ρ_k ist dabei das Endergebnis der Bestimmung der Dichte des Fluides 1 und kann daher als Messwert bezeichnet werden. In diesem Zusammenhang kann die Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides 1 auch als Messung der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides 1 bezeichnet werden, wobei „Messen“ im Allgemeinen die experimentelle Bestimmung einer physikalischen Größe im Verlauf eines Messvorganges, also der Messung, bezeichnet und wobei im gegenständlichen Verfahren die Messung eine indirekte Messung ist, da aus der direkt gemessenen physikalischen Größe, der ersten und/oder der zweiten Periodendauer bzw. der ersten und/oder zweiten Eigenfrequenz, auf die korrigierte Dichte ρ_k als weiterer physikalischer Größe rückgeschlossen wird. Vorteilhaft dabei ist, dass die korrigierte Dichte ρ_k ohne den Umweg über die Bestimmung der Schwingungsdämpfung bestimmt werden kann.

[00100] Dadurch ergibt sich der Vorteil, dass der Korrekturwert eindeutig bestimmt werden kann und beispielsweise keine Messung bei einer dritten - zur ersten Eigenfrequenz und zur zweiten Eigenfrequenz unterschiedlichen - Eigenfrequenz nötig ist. Mit diesem Verfahren kann somit mit hoher Geschwindigkeit, mit hoher Zuverlässigkeit und mit hoher Genauigkeit die korrigierte Dichte ρ_k des Fluides 1 unter Berücksichtigung des viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1 bestimmt werden.

[00101] Vorteilhaft dabei ist, dass lediglich zwei Periodendauern P_1 , P_2 bzw. zwei Eigenfrequenzen zu messen sind, welche einfach und mit hoher Genauigkeit messbar sind, womit die Messung schnell, einfach und mit hoher Zuverlässigkeit durchgeführt werden kann, wobei weitere Messungenauigkeiten durch die Messung weiterer physikalischer Größen vermieden werden können. Dabei kann ein besonders geringer manueller oder computergestützter Rechenaufwand gewährleistet sein, womit die Korrektur besonders einfach, schnell und zuverlässig durchgeführt werden kann.

[00102] In einem geringfügig abgewandelten Verfahren zur Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1, wobei der Biegeschwinger 2 von der Erregereinheit zum Schwingen in der Schwingebene angeregt wird, kann die erste Eigenfrequenz als erste Oberfrequenz und die zweite Eigenfrequenz als zweite Oberfrequenz gewählt werden. Die vorbestimmbaren Konstanten A, B und die Korrekturwertefunktion sind dabei entsprechend anzupassen.

[00103] In einem weiteren geringfügig abgewandelten Verfahren zur Bestimmung der korrigierten Dichte des in dem Biegeschwinger 2 angeordneten Fluides 1, wobei der Biegeschwinger 2 von der Erregereinheit zum Schwingen in der Schwingebene angeregt wird, kann als erster Wert die erste Periodendauer P_1 und als zweiter Wert die zweite Periodendauer P_2 ermittelt werden und diese in - zu weiter oben beschriebenen ähnlichen - Transformationen in Richtung einer korrigierten Periodendauer P_k korrigiert werden. Dabei sind die Korrekturwerte der diesbezüglichen zumindest einen Korrekturwertefunktion bzw. zumindest einen Korrekturwertetabelle als relative Sollperiodendauerdifferenz SP_{rel} vorbestimmbar. Die korrigierten Periodendauer P_k errechnet sich dabei in Analogie zum in Fig. 2 dargestellten Verfahren wie folgt:

$$P_k = P_1 / (1 + SP_{rel})$$

[00104] Aus der korrigierten Periodendauer P_k kann – insbesondere unmittelbar anschließend und gemäß der bekannten Formel- die korrigierte Dichte ermittelt werden:

$$\rho_k = A * P_k^2 - B$$

[00105] Im Unterschied zum in Fig. 2 dargestellten Verfahren wird hierbei also zuerst die erste Periodendauer P_1 und/oder die zweite Periodendauer P_2 in Richtung der korrigierten Periodendauer P_k korrigiert und aus der korrigierten Periodendauer P_k die korrigierte Dichte ρ_k errechnet. Bei dem in Fig. 2 dargestellten Verfahren hingegen werden aus der ersten Periodendauer P_1 und aus der zweiten Periodendauer P_2 die erste unkorrigierte Dichte ρ_{u1} und die zweite unkorrigierte Dichte ρ_{u2} errechnet und anschließend eine dieser oder beide dieser in Richtung der korrigierten Dichte ρ_k korrigiert. Daraus ist ersichtlich, dass die Abfolge der Verfahrensschritte unterschiedlich sein kann und dennoch zum gleichen Endergebnis der Messung führen kann.

[00106] Die korrigierte Dichte ρ_k kann in unterschiedliche Einheitensysteme transformiert werden und in unterschiedlichen Einheitensystemen ausgegeben werden.

[00107] Im Zuge des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die korrigierte Dichte ρ_k mit weiteren Dichtewerten aus anderen Messungen oder mit Literaturwerten der Dichte verglichen wird.

[00108] In vorteilhafter Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass die relative Differenz aus der ersten Periodendauer P_1 und der zweiten Periodendauer P_2 wie folgt errechnet wird:

$$D_{rel} = (P_1 - P_2) / P_1$$

[00109] In der weiter oben beschriebenen Art und Weise kann auch dieser D_{rel} die erste relative Sollwertdifferenz $S1_{rel}$ und/oder die zweite relative Sollwertdifferenz $S2_{rel}$ zugeordnet werden. Ebenso kann dieser D_{rel} die relative Sollperiodendauerdifferenz SP_{rel} zugeordnet werden. Dabei entstehen zu den in Fig. 3 und 4 dargestellten Korrekturwertefunktionen abweichende Korrekturwertefunktionen, welche ebenso die einfache und eindeutige Ermittlung des zu verwendenden Korrekturwertes ermöglichen und welche durch einfache Formelumformungen in Richtung der in Fig. 3 und 4 dargestellten Korrekturwertefunktionen transformierbar sind.

[00110] In vorteilhafter Weiterbildung des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass zwischen der ersten Eigenschwingung des Biegeschwingers 2 und der zweiten Eigenschwingung des Biegeschwingers 2 zumindest eine der Oberschwingungen aus dem Eigenfrequenzspektrum des Biegeschwingers 2 ausgebildet ist, wobei die erste Periodendauer P_1 und die zweite Periodendauer P_2 nicht zweier unmittelbar aufeinanderfolgender Ordnungen der Eigenschwingungen des Biegeschwingers 2 zugehörig sind. Da der viskositätsbedingte Messfehler der unkorrigierten Dichte ρ_u zur korrigierten Dichte ρ_k mit steigender Ordnung der Eigenschwingung zunimmt, kann derart die Dichtedifferenz der zweiten unkorrigierten Dichte ρ_{u2} zur ersten unkorrigierten Dichte ρ_{u1} vergrößert werden, welches Vorteile bei der genauen Bestimmung des Korrekturwertes mit sich bringen kann.

[00111] Die zumindest eine Korrekturwertefunktion 7 bzw. die zumindest eine Korrekturwertetabelle kann in der Computereinheit der Vorrichtung 6 gespeichert werden.

[00112] In Weiterbildung des Verfahrens kann vorgesehen sein, insbesondere ohne zusätzli-

chen Messschritt, dass die korrigiert Dichte ρ_k einmal über die erste unkorrigierte Dichte und anschließende Korrektur der ersten unkorrigierten Dichte sowie ein zweites Mal über die zweite unkorrigierte Dichte und anschließende Korrektur der zweiten unkorrigierten Dichte bestimmt wird, wobei zwei Werte für die korrigiert Dichte ρ_{u1} bestimmt werden. Dabei ergibt sich der Vorteil, dass die beiden als korrigiert Dichte bestimmten Werte miteinander verglichen werden können. Dabei kann bei einer Abweichung der beiden Werte über ein vorbestimmtes Maß eine Aktion, beispielsweise eine Warnung, eine Benutzerwarnung oder eine nochmalige Messung der ersten Periodendauer und/oder der zweiten Periodendauer, ausgelöst werden. Dadurch ergibt sich der Vorteil der hohen Zuverlässigkeit der Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k , wobei sich die beiden mehr oder weniger unterschiedlichen Werte gegenseitig stützen können bzw. der Unterschied der beiden Werte als Maß für die Zuverlässigkeit der Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides verwendbar ist.

[00113] In diesem Zusammenhang kann der als endgültiger Wert der Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides 1 angegebene und/oder ausgegebene Wert der korrigierten Dichte ρ_k , als gewichteter Mittelwert der korrigierten Dichte, welche über die zweite unkorrigierte Dichte bestimmt wird, und der korrigierten Dichte, welche über die erste unkorrigierte Dichte bestimmt wird, angegeben werden. Derart kann ein besonders geringer Messfehler gewährleistet werden, da zwei Werte für die korrigierte Dichte und zwei zueinander unterschiedliche Korrekturwertefunktionen zur Bestimmung der korrigierten Dichte verwendet werden, wobei die korrigierte Dichte weiterhin als Funktion lediglich der ersten Periodendauer und der zweiten Periodendauer bestimmt wird.

[00114] Bei der Bestimmung der korrigierten Dichte können insbesondere zwei zueinander verschiedene Korrekturwertefunktionen 7 zur Bestimmung des Korrekturwertes verwendet werden, wobei vorteilhaft ist, dass bei jeder individuellen Messung individuell entschieden werden kann, ob die korrigierte Dichte mittels der ersten Korrekturwertefunktion 73 und der ersten unkorrigierten Dichte, mittels der zweiten Korrekturwertefunktion 74 und der zweiten unkorrigierten Dichte oder mittels der ersten Korrekturwertefunktion 73 und der ersten unkorrigierten Dichte sowie der zweiten Korrekturwertefunktion 74 und der zweiten unkorrigierten Dichte bestimmt wird. Dabei kann individuell auf unterschiedliche Korrekturkurven 7 zur optimalen Korrektur zurückgegriffen werden und die korrigierte Dichte mit besonderer Genauigkeit bestimmt werden.

[00115] In bevorzugter Weiterbildung kann vorgesehen sein, dass die Anregungsschwingung die erste Eigenschwingung des Biegeschwingers 2 und die zweite Eigenschwingung des Biegeschwingers 2 gleichzeitig ausbildet und dass die erste Periodendauer und die zweite Periodendauer parallel und im Wesentlichen gleichzeitig gemessen werden. Dadurch können die Messung sowie Messserien, also zeitliche aufeinanderfolgende Messungen desselben Fluides 1, insbesondere also desselben fluiden Präparates, schnell durchgeführt werden. Dadurch kann in kurzer Zeit eine aussagekräftige Statistik einer korrigierten Dichte ρ_k eines Fluides 1 bestimmt werden.

[00116] Gemäß der in der Fig. 1 dargestellten bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Verfahren in einer Vorrichtung 6 zur Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k eines Fluides 1 umfassend den mit dem Fluid 1 gefüllten Biegeschwinger 2 durchgeführt wird und dass die Vorrichtung 6 bei der Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides 1 automatisch die erste Periodendauer P_1 , die zweite Periodendauer P_2 , die erste unkorrigierte Dichte ρ_{u1} und/oder die zweite unkorrigierte Dichte ρ_{u2} korrigiert. Dadurch kann der Verfahrensablauf weitgehend automatisiert werden und der Bedienungsaufwand für den Benutzer der Vorrichtung 6 kann gering sein. Vorteilhafterweise kann das Verfahren dadurch kostengünstig durchgeführt werden. Dabei kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass von der Vorrichtung 6 die korrigierte Dichte ρ_k des Fluides 1 ausgegeben wird. Dadurch kann ein geringer Arbeitsaufwand für den Benutzer gewährleistet werden und die Datenmenge kann bei der Messung, insbesondere bei Messserien, gering sein, womit die einfache und kostengünstige Protokollierung und Datenerfassung der Endwerte der Messung gewährleistet sein kann.

[00117] Bei einer weiteren Ausführungsform kann der fünfte Verfahrensschritt E vom sechsten

Verfahrensschritt F umfasst werden, wobei die Korrektur und die Bestimmung der korrigierten Dichte ρ_k des Fluides 1 in einem Verfahrensschritt ablaufen können. Vorteilhafterweise können der fünfte Verfahrensschritt E und der sechste Verfahrensschritt F mit einer gemeinsamen Auswerteeinheit, insbesondere mittels der Auswerteschaltung der Vorrichtung 6, durchgeführt werden.

[00118] Bevorzugt kann das Verfahren computerprogrammgestützt ausgeführt werden. In diesem Zusammenhang kann vorteilhafterweise ein Computerprogramm mit Programmcodemitteln, um Schritte des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen, wenn das Programm auf dem Computer, insbesondere auf der Computereinheit einer Vorrichtung zur Bestimmung der korrigierten Dichte eines Fluides 1 aus den Periodendauern P_1 , P_2 des mit dem Fluid 1 gefüllten Biegeschwingers 2, ausgeführt wird, vorgesehen sein. Dadurch kann das Verfahren zumindest teilweise automatisiert ablaufen und die Messung und/oder die Messserien können zumindest teilweise automatisiert und mit lediglich geringem Personalaufwand durchgeführt werden.

[00119] Weiters kann bevorzugt ein Datenträger 51, wobei auf dem Datenträger 51 das Computerprogramm zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gespeichert ist, vorgesehen sein. Der Datenträger 51 kann dabei mobil, beispielsweise als Diskette, als Festplatte und/oder als CD, vorliegen oder kann dauerhaft mit der Computereinheit verbunden, beispielsweise als in der Vorrichtung 6 eingebaute Festplatte, als Hauptspeicher der Computereinheit und/oder als Flashspeicher der Computereinheit vorliegen. Dadurch können vorbekannte Computerprogramme durch das Computerprogramm umfassend die Programmcodemittel zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ersetzt werden und die Vorrichtung 6, insbesondere der Schaltkreis 5 oder die Computereinheit der Vorrichtung 6, kann einfach, schnell und kostengünstig zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens aktualisiert werden.

[00120] In diesem Zusammenhang kann bevorzugt vorgesehen sein, dass das Verfahren mit der Vorrichtung 6 zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides 1 aus den Periodendauern P_1 , P_2 des mit dem Fluid 1 gefüllten Biegeschwingers 2, welche Vorrichtung 6 den Biegeschwinger 2, zumindest den Schaltkreis 5, welcher insbesondere die Computereinheit umfasst oder ausbildet, zumindest den mit dem Schaltkreis 5 wirkverbundenen Schwingungsanreger 3 zur Anregung des Biegeschwingers 2 und zumindest den mit dem Schaltkreis 5 wirkverbundenen Aufnehmer 4 zur Aufnahme der Schwingungen des Biegeschwingers 2 umfasst, wobei vorgesehen ist, dass die Vorrichtung das Computerprogramm zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst.

[00121] 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 zum Ermitteln eines Korrekturwertes zur Korrektur eines viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung eines in einem Biegeschwinger (2) angeordneten Fluides (1), wobei der Biegeschwinger (2) von einer Erreger-einheit zum Schwingen in einer Schwingebene angeregt wird,
wobei das Fluid (1) im Biegeschwinger (2) angeordnet wird,
wobei anschließend daran - nacheinander oder gleichzeitig - der Biegeschwinger (2) zum Schwingen in einer ersten Eigenfrequenz und zum Schwingen in einer zweiten Eigenfrequenz angeregt wird,
wobei während des Schwingens des Biegeschwingers (2) in der ersten Eigenfrequenz ein erster Wert entweder einer ersten Periodendauer der ersten Eigenfrequenz oder einer ersten unkorrigierten Dichte des Fluides (1) ermittelt wird,
wobei während des Schwingens des Biegeschwingers (2) in der zweiten Eigenfrequenz ein zweiter Wert entweder einer zweiten Periodendauer der zweiten Eigenfrequenz oder einer

zweiten unkorrigierten Dichte des Fluides (1) ermittelt wird, **dadurch gekennzeichnet**,

dass anschließend an das Ermitteln des ersten Wertes und des zweiten Wertes eine relative Differenz gebildet wird, indem der zweite Wert und der erste Wert voneinander subtrahiert werden, und ein dabei ermitteltes Subtraktionsergebnis durch den ersten Wert oder durch den zweiten Wert dividiert wird,

dass vom Subtraktionsergebnis und/oder von der relativen Differenz der Betrag gebildet werden, und dass anschließend der Korrekturwert bestimmt wird, indem ein von der relativen Differenz abhängiger Funktionswert zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertfunktion (7) oder zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als die erste Eigenfrequenz die Grundfrequenz des mit dem Fluid (1) gefüllten Biegeschwingers (2) gewählt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als die zweite Eigenfrequenz die erste, die zweite, die dritte oder die vierte, insbesondere die erste, Oberfrequenz des mit dem Fluid (1) gefüllten Biegeschwingers (2) gewählt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass als erster Wert die erste unkorrigierte Dichte bei der Grundfrequenz des Biegeschwingers (2) und als zweiter Wert die zweite unkorrigierte Dichte bei der ersten Oberfrequenz des Biegeschwingers (2) ermittelt werden.
5. Verfahren zur Bestimmung einer korrigierten Dichte eines in einem Biegeschwinger (2) angeordneten Fluides (1), wobei der Biegeschwinger (2) von einer Erregereinheit zum Schwingen in einer Schwingebene angeregt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Ermitteln eines Korrekturwertes zur Korrektur eines viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei dieser Dichtebestimmung die Verfahrensschritte nach einem der Ansprüche 1 bis 4 durchgeführt werden, und dass nachfolgend mittels dem ermitteltem Korrekturwert sowie dem ersten Wert und/oder dem zweiten Wert die korrigierte Dichte des Fluides (1) ermittelt, insbesondere errechnet, wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verfahrensschritte vorprogrammierbar in einer Vorrichtung (6) zur Bestimmung der korrigierten Dichte des Fluides (1) umfassend den mit dem Fluid (1) gefüllten Biegeschwinger (2) durchgeführt werden, und dass anschließend als Messwert der Bestimmung der korrigierten Dichte des in dem Biegeschwinger (2) angeordneten Fluides (1) die korrigierte Dichte dieses Fluides (1) ausgegeben wird.
7. Verfahren zur Bestimmung zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertfunktion (7) oder zumindest einer vorbestimmbaren Korrekturwertetabelle zur Korrektur eines viskositätsbedingten systematischen Messfehlers bei der Dichtebestimmung eines in einem Biegeschwinger (2) angeordneten Fluides (1), wobei der Biegeschwinger (2) von einer Erregereinheit zum Schwingen in einer Schwingebene angeregt wird, mit den Schritten:

dass im Biegeschwinger (2) ein Kalibrierfluid angeordnet wird,

dass anschließend daran - nacheinander oder gleichzeitig - der Biegeschwinger (2) zum Schwingen in einer ersten Eigenfrequenz und zum Schwingen in einer zweiten Eigenfrequenz angeregt wird,

dass während des Schwingens des Biegeschwingers (2) in der ersten Eigenfrequenz ein erster Wert entweder einer ersten Periodendauer der ersten Eigenfrequenz oder einer ersten unkorrigierten Dichte des Kalibrierfluides ermittelt wird,

dass während des Schwingens des Biegeschwingers (2) in der zweiten Eigenfrequenz ein zweiter Wert entweder einer zweiten Periodendauer der zweiten Eigenfrequenz oder einer zweiten unkorrigierten Dichte des Kalibrierfluides ermittelt wird,

dass anschließend an das Ermitteln des ersten Wertes und des zweiten Wertes eine relative Differenz gebildet wird, indem der zweite Wert und der erste Wert voneinander subtra-

hiert werden, und ein dabei errechnetes Subtraktionsergebnis durch den ersten Wert oder durch den zweiten Wert dividiert wird,

dass anschließend an das Ermitteln des ersten Wertes und des zweiten Wertes eine erste relative Sollwertdifferenz gebildet wird, indem der erste Wert und ein zum ersten Wert bzw. zum zweiten Wert zuordenbarer Sollwert des Kalibrierfluides voneinander subtrahiert werden, und ein dabei errechnetes erstes Subtraktionsergebnis durch den Sollwert dividiert wird, und/oder eine zweite relative Sollwertdifferenz gebildet wird, indem der zweite Wert und der Sollwert voneinander subtrahiert werden, und das dabei errechnete zweite Subtraktionsergebnis durch den Sollwert dividiert wird,

dass anschließend ein die erste relative Sollwertdifferenz und die relativen Differenz umfassendes erstes Wertepaar gebildet und/oder ein die zweite relative Sollwertdifferenz und die relativen Differenz umfassendes zweites Wertepaar gebildet wird, und

dass das erste Wertepaar und/oder das zweite Wertepaar in der zumindest einen Korrekturwertetabelle (7) und/oder in der zumindest einen Korrekturwertefunktion eingefügt werden.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verfahrensschritte bei mehreren relativen Differenzen durchgeführt werden, und dass mehrere zusammengehörige erste Wertepaare und/oder zweite Wertepaare der zumindest einen Korrekturwertetabelle bzw. der zumindest einen Korrekturwertefunktion ermittelt und in der zumindest einen Korrekturwertetabelle und/oder in der zumindest einen Korrekturwertefunktion eingefügt werden.
9. Computerprogramm mit Programmcode-Mitteln, um alle Schritte von jedem beliebigen der Ansprüche 1 bis 8 durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer, insbesondere auf einer Computereinheit einer Vorrichtung zur Bestimmung der korrigierten Dichte des in dem Biegeschwinger (2) angeordneten Fluides (1), ausgeführt wird.
10. Datenträger (51), **dadurch gekennzeichnet**, dass auf ihm ein Computerprogramm nach Anspruch 9 gespeichert ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

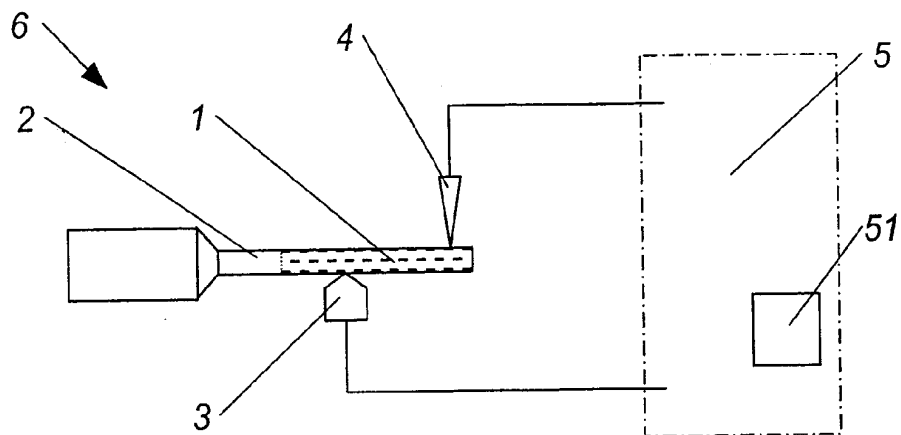


Fig. 1

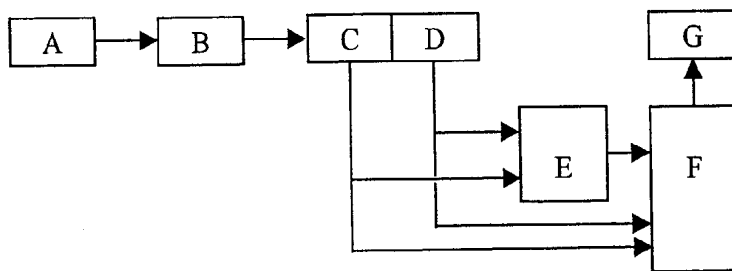


Fig. 2

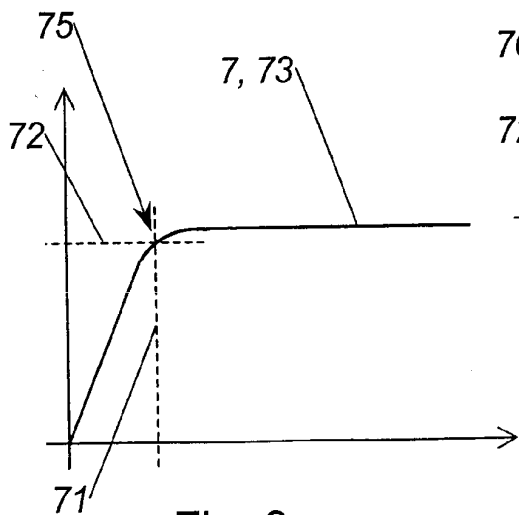


Fig. 3

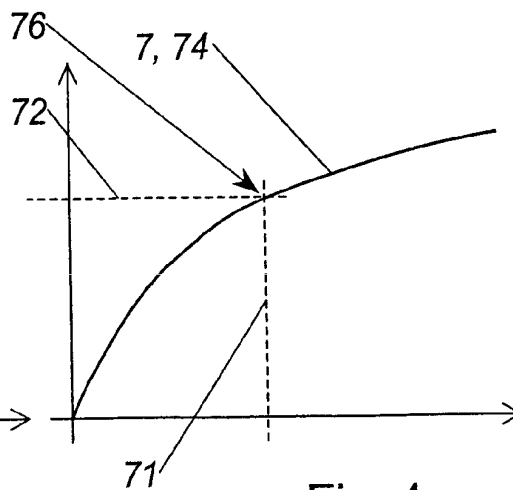


Fig. 4