(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 28 422 T2** 2006.06.01

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 117 976 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 28 422.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/20616**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 949 608.6**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/19175**
(86) PCT-Anmeldetag: **09.09.1999**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **06.04.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **25.07.2001**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **16.11.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **01.06.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01F 1/84*** (2006.01)
G01F 1/74 (2006.01)
G01N 9/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
163529 **30.09.1998** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, IT, LI, NL

(73) Patentinhaber:
Micro Motion Inc., Boulder, Col., US

(72) Erfinder:
DUTTON, E., Robert, Louisville, US

(74) Vertreter:
Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser, 80538 München

(54) Bezeichnung: **BEHEBUNG DER WIRKUNG VORÜBERGEHENDER BLASEN IN CORIOLIS DURCHFLUSSMESSER**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

1. Sachgebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Coriolis-Massendurchflussmesser. Insbesondere enthalten die Coriolis-Massendurchflussmesser Selbst-Diagnostika, die die Genauigkeit verbessern, die von den Messgeräten beim Messen eines Zwei-Phasen-Flusses, umfassend Mischungen aus Gas und Flüssigkeit, oder beim Identifizieren von Messungen, die durch den Niederschlag von Ablagerungen oder Wachs innerhalb des Messgeräts hervorgerufen werden können, erhaltbar sind.

2. Beschreibung des Problems

[0002] Coriolis-Durchflussmesser messen direkt die Rate eines Massenflusses durch einen Kanal. Wie in dem Stand der Technik, wie beispielsweise in den US-Pat. Nr. 'n 4,491,025 (herausgegeben für J. E. Smith et al am 1. Jan. 1985 und nachfolgend bezeichnet als U.S. Pat. Nr. 4,491,025) und in der Re. 31,450 (herausgegeben für J. E. Smith am 11. Febr. 1982 und nachfolgend bezeichnet als das U.S. Pat. Nr. Re. 31,450) offenbart ist, besitzen diese Durchflussmesser eine oder mehrere Durchflussröhren einer geraden oder gekrümmten Anordnung. Jede Durchflussröhren-Anordnung in einem Coriolis-Massendurchflussmesser besitzt einen Satz von natürlichen Vibrationsmoden, die von einem einfachen Biege-Torsions- oder gekoppelten Typ sein können. Fluid fließt in den Durchflussmesser von einer angrenzenden Rohrleitung an der Einlassseite hinein, wird durch das Durchflussrohr oder die Durchflussröhren gerichtet und verlässt den Durchflussmesser über die Auslassseite des Durchflussmessers. Die natürlichen Vibrationsmoden des vibrierenden, mit Fluid gefüllten Systems werden teilweise durch die kombinierte Masse der Durchflussröhren und des Fluids innerhalb der Durchflussröhren definiert. Jedes Durchflussrohr wird so betrieben, um bei einer Resonanz in einer dieser natürlichen Moden zu oszillieren.

[0003] Wenn dort kein Fluss durch den Durchflussmesser vorhanden ist, oszillieren alle Punkte entlang des Durchflussrohrs mit einer identischen Phase. Wenn Fluid beginnt zu fließen, bewirken Coriolis-Beschleunigungen, dass jeder Punkt entlang des Durchflussrohrs eine unterschiedliche Phase besitzt. Die Phase an der Einlassseite des Durchflussrohrs läuft der Antriebseinrichtung hinterher, während die Phase auf der Auslassseite der Antriebseinrichtung vorangeht. Sensoren können an dem Durchflussrohr angeordnet sein, um sinusförmige Signale zu erzeugen, die für die Bewegung des Durchflussrohrs repräsentativ sind. Die Phasendifferenz zwischen zwei Sensorsignalen ist proportional zu der Massenflussrate des Fluids durch die Durchflussröhre. Ein verkomplizierender Faktor bei dieser Messung ist derjenige, dass die Dichte von typischen Prozessfluiden variiert. Änderungen in der Dichte bewirken, dass die Frequenzen der natürlichen Moden variieren. Da das Steuersystem des Durchflussmessers eine Resonanz beibehält, variiert die Oszillationsfrequenz in Abhängigkeit davon.

[0004] Eine Massendurchflussrate in dieser Situation ist proportional zu dem Verhältnis einer Phasendifferenz und einer Oszillationsfrequenz.

[0005] Die U.S. Pat. Nr. Re. 31,450 offenbart einen Coriolis-Durchflussmesser, der das Erfordernis vermeidet, sowohl eine Phasendifferenz als auch eine Oszillationsfrequenz zu messen. Eine Phasendifferenz wird durch Messen der Zeitverzögerung zwischen den Level-Kreuzungen der zwei sinusförmigen Signale bestimmt. Wenn dieses Verfahren verwendet wird, heben sich die Variationen in der Oszillationsfrequenz auf und die Massendurchflussrate ist proportional zu der gemessenen Zeitverzögerung. Dieses Messverfahren wird nachfolgend als eine Zeitverzögerungsmessung bezeichnet.

[0006] Ein Problem bei derzeit erhältlichen Coriolis-Durchflussmessvorrichtungen ist eine begrenzte Eignungsfähigkeit bei Gasanwendungen. Gase sind weniger dicht als Flüssigkeiten und demzufolge werden, bei denselben Strömungsgeschwindigkeiten, kleinere Coriolis-Beschleunigungen erzeugt. Diese Situation erfordert einen Durchflussmesser mit einer höheren Empfindlichkeit. Alternativ könnte ein Durchflussmesser mit einer herkömmlichen Empfindlichkeit verwendet werden, wenn die Fließgeschwindigkeit erhöht wird, um dieselben Coriolis-Beschleunigungen zu erreichen. Allerdings führt diese Alternative zu einem Durchflussmesser, der eine Empfindlichkeit besitzt, die nicht konstant ist.

[0007] Die Probleme bei einem Gasfluss durch Coriolis-Durchflussmesser ist noch ausgeprägter in Systemen mit Mehrphasen-Fluss, umfassend Flüssigkeiten und Gas. Das Gas dämpft das System mit dem Effekt einer Verringerung der Empfindlichkeit in Bezug auf die Messung. Dieser Dämpfungseffekt kann so stark sein, dass das Messgerät nicht Durchflussmessungen durchführen kann.

[0008] Situationen, die die Verwendung von Coriolis-Durchflussmessern einsetzen, um einen Mehrphasen-Strom zu messen, entstehen oftmals in der Petroleumindustrie, wo Ölbohrlöcher Öl, Gas und Wasser erzeugen. Gasbohrungen erzeugen ähnlich Gas Kondensat und Wasser. Das US-Patent Nr. 5,654,502 beschreibt ein Bohrloch-Testsystem, bei dem ein Verteiler so aufgebaut ist, um ein ausgewähltes Bohrloch durch einen Test-Separator fließen zu lassen, der die Produktion von dem Bohrloch in jeweilige Anteile, umfassend Gas, Öl oder Kondensat, und Wasser, separiert. Ein Coriolis-Durchflussmesser wird dazu verwendet, die Massendurchflussrate der jeweiligen Öl- und Wasserkomponenten zu messen. Die Genauigkeit der Messungen des Durchflussmessers werden unter Verwendung einer elektronisch abgeleiteten Water-Cut-Messung erhöht, um die gemessene Dichte der segregierten Ölphase für einen Restwassergehalt zu korrigieren. Dieser Korrekturvorgang ist schwierig oder unmöglich in einigen Situationen zu verwenden, da nicht alle Bohrlöcher mit einem Test-Separator verbunden sind. Es ist manchmal wünschenswert, den Fluss von einem Bohrloch direkt und ohne die Verwendung oder den Kostenaufwand eines Test-Separators zu messen. In diesen Situationen kann das Vorhandensein von Gas in dem System ein kritischer, begrenzender Faktor in der Genauigkeit von Messungen sein, die von dem Messgerät erhaltbar sind.

[0009] Das United States Patent Nr. 5,029,482 lehrt die Verwendung von empirisch abgeleiteten Korrelationen, die dadurch erhalten werden, dass kombinierte Gas- und Flüssigkeitsdurchflussströme, die bekannte Massenprozentsätze der jeweiligen Gas- und Flüssigkeits-Komponenten haben, durch ein Coriolis-Messgerät fließen gelassen werden. Die empirisch abgeleiteten Korrelationen werden dann dazu verwendet, den Prozentsatz an Gas und den Prozentsatz an Flüssigkeit in einem kombinierten Gas- und Flüssigkeitsstrom mit bekannten Gas- und Flüssigkeitsprozentsätzen basierend auf einer direkten Coriolis-Messung der gesamten Massendurchflussrate zu berechnen. Das '482 Patent wendet sich nicht der Beseitigung der Effekte einer Gasdämpfung in den Systemmessungen zu, obwohl dieser Dämpfungseffekt einen Effekt auf die empirischen Korrelationen haben kann.

[0010] Das US-Patent 5,594,180 offenbart eine Vorrichtung und Verfahren zum Erfassen und zum Korrigieren verschiedener Fehlerzustände in einem arbeitenden Coriolis-Effekt-Massendurchflussmesser. Die Vorrichtung erhält Informationen von einem arbeitenden Coriolis-Massendurchflussmesser und vergleicht die Informationen mit Schwellwert-Signaturen, die verschiedene Fehlerzustände darstellen. Wenn ein Fehlerzustand erfasst ist, werden Ausgangssignale dazu verwendet, einen Bediener zu informieren und die Massendurchflussrate durch den Durchflussmesser zu steuern, um den Fehlerzustand zu korrigieren. Genauer gesagt erfassen die Verfahren das Vorhandensein eines Risses in den Durchflussröhren und unterbrechen den Fluss von Material, um eine Freisetzung des Materials durch die gerissenen Durchflussröhren zu verhindern. Andere Verfahren erfassen die Leerstellen-Fraktion von Material, das durch die Durchflussröhren fließt, berechnen eine korrigierte, tatsächliche Massendurchflussrate und steuern die Massendurchflussrate durch den Durchflussmesser, um die Effekte der Leerstellen-Fraktion zu kompensieren. Signatur-Informationen, die sich auf Schwellwerte für eine gemessene Frequenz, Antriebsleistung, Temperatur und einen Massendurchfluss des arbeitenden Durchflussmessers beziehen, werden in einem Speicher innerhalb der Fehlererfassungsvorrichtung gespeichert.

[0011] Dementsprechend ist ein tatsächliches Erfordernis nach einem Coriolis-Durchflussmesser vorhanden, der weniger empfindlich auf die Effekte einer Gasdämpfung unter Dichtemessungen in einem Mehrphasen-Strom ist.

LÖSUNG

[0012] Die vorliegende Erfindung beseitigt die Probleme, die vorstehend angegeben sind, und bildet den Stand der Technik durch Schaffen eines Coriolis-Durchflussmessers fort, der weniger auf Effekte einer Gasdämpfung unter Dichtemessungen in einem Mehrphasen-Strom ist. Die Messelektroniken sind für eine spezielle Verarbeitung programmiert, die eine Antriebs-Verstärkung gegenüber einem Schwellwert als einen Indikator eines Mehrphasen-Stroms vergleicht.

[0013] Der Coriolis-Durchflussmesser ist in breiter Weise zur Verwendung als ein vibrierender Densitometer in Umgebungen eines mehrphasigen Stroms, umfassend Kombinationen aus Gas und Flüssigkeiten, Gas und Feststoffen oder Feststoffen und Flüssigkeiten, geeignet. Der Durchflussmesser umfasst mindestens eine Durchflussröhre, einen Antrieb zum Vibrieren der Durchflussröhre bei einer Frequenz basierend auf einem Antriebssignal, und Abgreifer zum Erzeugen von Abgriff-Signalen, die auf ein Material ansprechen, das durch die Durchflussröhre fließt. Die Messelektroniken überwachen die Antriebs-Verstärkung in der vibrierenden Durchflussröhre in Bezug auf eine Änderung im Wert, um die Existenz eines Mehrphasen-Stroms durch die Durchflussröhre zu bestimmen. Diese Änderung in dem Wert ist typischerweise ein Vergleich gegenüber einem Schwellwert, wo eine Mehrphasen-Strömung, die Gas und Flüssigkeit umfasst, durch die Antriebs-Verstär-

kung, die den Schwellwert übersteigt, angezeigt wird. Ein zweiter Vergleich kann gegenüber einem zweiten Schwellwert vorgenommen werden, um die Existenz eines Mehrphasen-Stroms anzuzeigen, der Gas und Feststoffe, Flüssigkeit und Feststoffe, oder Flüssigkeit, Gas und Feststoffe umfasst, die ähnliche Dämpfungseffekte wie solche von Gas- und Flüssigkeitssystemen zeigen können. Die Messelektroniken sprechen auf das Vorhandensein eines mehrphasigen Stroms in der Durchflussröhre für die gesamte Dauer des mehrphasigen Stroms an. Dieses Ansprechen ist typischerweise das Bereitstellen von historischen Dichte-Daten zur Verwendung beim Bestimmen volumetrischer Durchflussraten von Realzeit-Massendurchfluss-Ratendaten von dem Messgerät. Andere nützliche Dichte-Werte zur Verwendung während des Intervalls eines gedämpften Mehrfachphase-Stroms können Dichtemessungen, erhalten von ausgewählten Komponenten des Mehrphasen-Fluids, umfassen.

[0014] Die historischen Dichte-Werte zur Verwendung während des Intervalls während eines gedämpften mehrphasigen Stroms werden typischerweise über ein Zeitintervall gemittelt, um einen durchschnittlichen Dichte-Wert bereitzustellen. Diese Werte können auch einer statistischen Analyse unterworfen werden, um falsche Messungen dahingehend zu beseitigen oder zu verringern, dass sie in dem durchschnittlichen Dichte-Wert eingeschlossen werden. Als eine Alternative dazu, historische Messdaten zu verwenden, können Dichte-Werte für repräsentative Fluide von Laboratoriums-Messungen oder von empirisch abgeleiteten Korrelationen für Fluid-Eigenschaften, umfassend eine Dichte, erhalten werden.

[0015] Der Coriolis-Durchflussmesser ist zur Verwendung in irgendeiner Umgebung vorgesehen, wo ein mehrphasiger Strom existiert, wo ein mehrphasiger Strom als ein Strom definiert ist, der mindestens zwei Zustände eines Materials umfasst: fest, flüssig oder gasförmig. Der Durchflussmesser ist besonders nützlich in Mehrfachphasen-Systemen, umfassend Gas und Flüssigkeit oder Gas und Feststoffe. Diese Umgebungen sind besonders in der Petroleumindustrie üblich, wo ein produzierendes Ölbohrloch oder Gasbohrloch Nebel, Blasen oder andere Mehrfachphasen-Fluidsysteme fließen lassen kann. Der Durchflussmesser ist besonders beim Durchführen von Fließtests an Bohrlöchern nützlich, um die volumetrischen Durchflussraten eines Bohrlochs, in Bezug auf Wasser, Gas und Öl oder Kondensat, zu bestimmen. In diesen Situationen können die Messelektroniken einen Vorgang vornehmen, um das Problem einer Gasdämpfung zu beseitigen, und zwar direkt durch Erhöhen des Gegendrucks an dem Bohrloch, um Gas in eine Lösung hinein zu drücken, oder durch Anzeigen eines Alarm-Zustands, um einen Eingriff eines Bedieners zu fordern.

[0016] Die Erfindung betrifft auch eine Steuersoftware, umfassend Anweisungen zum Durchführen der Aufgaben der Erfindung. Insbesondere sind die Anweisungen dann wirksam, wenn sie durch einen Prozessor ausgeführt werden, um den Prozessor anzuweisen, die Antriebs-Verstärkungseingänge von einer Coriolis-Messeinrichtung aufzunehmen und die Antriebs-Verstärkungseingänge so zu verarbeiten, um die Existenz eines mehrphasigen Stroms durch den Coriolis-Durchflussmesser durch Vergleichen der Antriebs-Verstärkungseingänge gegen einen Schwellwert, der für einen mehrphasigen Strom kennzeichnend ist, zu bestimmen und Ausgänge bereitzustellen, die einen historischen Dichte-Wert umfassen, der nicht für tatsächliche Dichtemessungen für die Dauer des mehrphasigen Stroms repräsentativ ist. Diese Anweisungen werden auf einem maschinenlesbaren Speichermedium für ein Aufsuchen, wenn sie benötigt werden, gespeichert.

[0017] Ein erster Aspekt dieser Erfindung ist ein Coriolis-Durchflussmesser, der zum Messen von Dichten von Materialien ausgeführt ist, wobei der Durchflussmesser umfasst:
wenigstens eine Durchflussröhre;
eine Antriebseinrichtung, die so ausgeführt ist, dass sie die wenigstens eine Durchflussröhre auf Basis eines Antriebssignals mit einer Frequenz antreibt;
Abgriff-Einrichtungen, die an der wenigstens einen Durchflussröhre befestigt und so ausgeführt sind, dass sie in Reaktion auf das Material, das durch die wenigstens eine Durchflussröhre fließt, Abgriff-Signale erzeugen; und
Messelektronik, die so ausgeführt ist, dass sie die Dichte des Materials, das durch die wenigstens eine Durchflussröhre strömt, auf Basis wenigstens eines der Abgriff-Signale bestimmt;
wobei der Durchflussmesser dadurch gekennzeichnet ist, dass die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie:
eine Antriebs-Verstärkung auf eine Wertänderung hin überwacht, um zu bestimmen, ob das Material einen mehrphasigen Strom umfasst, und
wenn das Material einen mehrphasigen Strom umfasst, die Dichte des Materials auf Basis wenigstens eines gespeicherten Dichte-Wertes bestimmt, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale zu bestimmen.

[0018] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt, dass sie

die Antriebs-Verstärkung auf eine Änderung des Wertes hin überwacht, um zu bestimmen, ob das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst; und wenn das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst, die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale bestimmt, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Dichte-Wertes zu bestimmen.

[0019] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Messelektronik weiterhin so ausgeführt, dass sie bestimmt, ob die Antriebs-Verstärkung einen ersten Schwellenwert übersteigt, um zu bestimmen, ob das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

[0020] In einer Ausführungsform der Erfindung stellt der erste Schwellenwert dar, dass der mehrphasige Strom Gas und Flüssigkeiten enthält.

[0021] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt, dass sie bestimmt, ob die Antriebs-Verstärkung einen zweiten Schwellenwert übersteigt, wobei der zweite Schwellenwert darstellt, dass der mehrphasige Strom Flüssigkeit und Feststoff umfasst.

[0022] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt, um vergangene bzw. historische, durchschnittliche Dichtemessungen über einen Zeitraum zu mitteln, um die Dichte zu bestimmen, wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

[0023] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt, um eine statistische Analyse auf die historischen Dichtemessungen anzuwenden, um falsche Messungen zu verringern.

[0024] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Messelektronik weiterhin so ausgeführt, um Dichtemessungen, die aus Labormessungen gewonnen werden, zu verarbeiten, um die Dichte zu bestimmen, wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

[0025] In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt, um Korrelationen zu verarbeiten, um die Dichte zu bestimmen, wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

[0026] In einer Ausführungsform der Erfindung weist der Durchflussmesser des Weiteren eine Schaltung auf, die so ausgeführt ist, dass sie ein Ventil schließt, um in Reaktion auf Bestimmen des mehrphasigen Stroms einen Bohrlochtest zu unterbrechen, der an einem Fluid durchgeführt wird, das aus einem Förderbohrloch strömt.

[0027] In einer Ausführungsform der Erfindung weist der Durchflussmesser des Weiteren eine Einrichtung auf, die eine Warnmeldung anzeigt, die den mehrphasigen Strom anzeigt.

[0028] Ein zweiter Aspekt dieser Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Durchflussmessers zum Messen von Dichten von Materialien, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
Versetzen wenigstens einer Durchflussröhre des Coriolis-Durchflussmessers in Schwingung bei einer Frequenz auf Basis eines Antriebssignals,
Erzeugen von Abgriff-Signalen, die eine Bewegung der wenigstens einen Durchflussröhre darstellen, wenn das Material durch die wenigstens eine Durchflussröhre strömt; und
Bestimmen der Dichte des Materials, das durch die wenigstens eine Durchflussröhre strömt, auf Basis wenigstens eines der Abgriff-Signale;
wobei das Verfahren durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:
Überwachung einer Antriebs-Verstärkung auf eine Änderung des Wertes, um zu bestimmen, ob das Material einen mehrphasigen Strom umfasst; und
wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst, Bestimmen der Dichte des Materials auf Basis wenigstens eines gespeicherten Dichte-Wertes, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale zu bestimmen.

[0029] In einer Ausführungsform der Erfindung weist das Verfahren auf:
Überwachen der Antriebs-Verstärkung, um zu bestimmen, ob das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst; und
wenn das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst, Bestimmen der Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Wertes zu bestimmen.

[0030] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst der Schritt des Überwachens ein Vergleichen der Antriebs-Verstärkung mit einem ersten Schwellenwert, um zu bestimmen, ob die Antriebs-Verstärkung den ersten Schwellenwert übersteigt, um zu bestimmen, ob das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

[0031] In einer Ausführungsform der Erfindung schließt der Schritt des Vergleichens ein, dass der erste Schwellenwert so gesetzt wird, dass er darstellt, dass der mehrphasige Strom Gas und Flüssigkeiten enthält.

[0032] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst der Schritt des Vergleichens, dass ein zweiter Schwellenwert so gesetzt wird, dass er darstellt, dass der mehrphasige Strom Flüssigkeiten und Feststoff enthält, und die Antriebs-Verstärkung mit dem zweiten Schwellenwert verglichen wird, um zu bestimmen, ob die Antriebs-Verstärkung den zweiten Schwellenwert übersteigt.

[0033] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst der Schritt des Bestimmens der Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Dichte-Wertes des Weiteren einen Schritt des Mittelns vergangener Dichtemessungen über einen Zeitraum zum Bestimmen der Dichte.

[0034] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst der Schritt des Mittelns der vergangenen Dichtemessungen des Weiteren einen Schritt des Anwendens einer statistischen Analyse auf die vergangenen Dichtemessungen zum Verringern von Fehlmessungen.

[0035] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst der Schritt des Bestimmens der Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Dichte-Wertes des Weiteren das Verarbeiten von aus Labormessungen gewonnenen Dichtemessungen zum Bestimmen der Dichte.

[0036] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst der Schritt des Bestimmens der Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Dichte-Wertes des Weiteren das Verarbeiten von Korrelationen zum Bestimmen der Dichte.

[0037] In einer Ausführungsform der Erfindung weist das Verfahren des Weiteren ein Schließen eines Ventils, um in Reaktion auf Bestimmen des mehrphasigen Stroms einen Bohrlochtest zu unterbrechen, der an einem Fluid durchgeführt wird, das aus einem Förder-Bohrloch strömt, auf.

[0038] In einer Ausführungsform der Erfindung umfasst das Verfahren des Weiteren ein Anzeigen einer Warnmeldung, die den mehrphasigen Strom anzeigt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0039] Fig. 1 zeigt einen Coriolis-Durchflussmesser;

[0040] Fig. 2 zeigt ein Blockdiagramm der Messelektronik in dem Coriolis-Durchflussmesser;

[0041] Fig. 3 zeigt ein schematisches Diagramm einer vibrierenden Feder und eines Gewichtungssystems;

[0042] Fig. 4 zeigt ein schematisches Diagramm einer vibrierenden Feder und eines Gewichtungssystems ähnlich zu demjenigen der Fig. 3, allerdings zusätzlich einen Gasdämpfer umfassend, der analog zu einem Gas in einem mehrphasigen Strömungssystem ist;

[0043] Fig. 5 zeigt einen Ausdruck einer Durchlässigkeit gegenüber einer Vibrationsfrequenz, umfassend einen Vergleich zwischen einem hypothetischen Flüssigkeitssystem und einem hypothetischen Flüssigkeitssystem, das durch die Zugabe einer Gaskomponenten in einem mehrphasigen Strom gedämpft ist;

[0044] Fig. 6 zeigt einen Ausdruck einer Antriebs-Verstärkung gegenüber der Zeit während eines Übergangs-Blasen-Ereignisses, das eine Berichtigung erfordert;

[0045] Fig. 7 zeigt ein schematisches Prozess-Steuerdiagramm, das ein Verfahren für eine Berichtigung eines Übergangs-Blasen-Ereignisses, dargestellt in Fig. 6, demonstriert; und

[0046] Fig. 8 zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines Bohrloch-Testsystems, das eine Steuerschaltung einsetzt, die zum Ausführen des Verfahrens, dargestellt in Fig. 7, geeignet ist.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORM

Coriolis-Durchflussmesser allgemein – Fig. 1

[0047] Fig. 1 stellt einen Coriolis-Durchflussmesser **5** dar, der eine Durchflussmesseranordnung **10** und eine Messelektronik **20** aufweist. Die Messelektronik **20** ist mit einer Messanordnung **10** über Leitungen **100** verbunden, um die Dichte, die Massenströmungsrate, die Volumenströmungsrate, den aufsummierten Massenfluss und andere Informationen über den Pfad **26** bereitzustellen. Es sollte für Fachleute auf dem betreffenden Fachgebiet ersichtlich sein, dass die vorliegende Erfindung durch irgendeinen Typ eines Coriolis-Durchflussmessers ungeachtet der Zahl von Antrieben oder der Zahl von Abgriff-Sensoren verwendet werden kann.

[0048] Die Durchflussmesser-Anordnung **10** umfasst ein Paar Flansche **101** und **101'**, einen Verteiler **102** und Durchflussröhren **103A** und **103B**. Verbunden mit den Durchflussröhren **103A** und **103B** sind ein Antrieb **104** und Abgriff-Sensoren **105** und **105'**. Verstärkungsteile **106** und **106'** dienen dazu, die Achsen W und W', über die die Durchflussröhre **103A** und **103B** oszilliert, zu definieren.

[0049] Wenn die Durchflussmesser-Anordnung **10** in ein Rohrleitungssystem (nicht dargestellt) eingesetzt ist, das das Material führt, das gemessen werden soll, tritt Material in die Durchflussmesser-Anordnung **10** über den Flansch **101** ein, führt durch den Verteiler **102** hindurch, wo das Material so gerichtet wird, um in die Durchflussröhren **103A** und **103B** einzutreten, fließt durch die Durchflussröhren **103A** und **103B** zurück in den Verteiler **102**, wo es die Messanordnung **10** über den Flansch **101'** verlässt.

[0050] Durchflussröhren **103A** und **103B** sind ausgewählt und geeignet an dem Verteiler **102** so befestigt, um im Wesentlichen dieselbe Massenverteilung, Trägheitsmomente und elastischen Module über die Biegeachsen W-W und W'-W' jeweils zu haben. Die Durchflussröhren erstrecken sich nach außen von dem Verteiler in einer im Wesentlichen parallelen Art und Weise.

[0051] Die Durchflussröhren **103A** und **103B** werden durch eine Antriebseinrichtung **104** in entgegengesetzten Richtungen über deren jeweilige Biegeachsen W und W' und an dem, was als der erste Ausgang der Biegefaltung des Durchflussmessers bezeichnet ist, angetrieben. Die Antriebseinrichtung **104** kann eine oder mehrere ausreichend bekannte Anordnung(en) aufweisen, wie beispielsweise einen Magnet, befestigt an der Durchflussröhre **103A**, und einer gegenüberliegenden Spule, befestigt an der Durchflussröhre **103B**. Ein Wechselstrom wird durch die gegenüberliegende Spule hindurchgeführt, um zu bewirken, dass beide Röhren oszillieren. Ein geeignetes Antriebssignal wird durch die Messelektronik **20** über die Leitung **110** an den Antrieb **104** angelegt.

[0052] Die Beschreibung der Fig. 1 ist nur als ein Beispiel für den Betrieb eines Coriolis-Durchflussmessers vorgesehen und ist nicht dazu vorgesehen, die Lehre der vorliegenden Erfindung einzuschränken. Die vorliegende Erfindung ist ebenso bei anderen Typen eines Coriolis-Durchflussmessers anwendbar, umfassend eine Messeinrichtung mit einer einzelnen Röhre, ebenso wie solche, die mehrere Abgriffe oder mehrere Antriebe haben.

[0053] Die Messelektronik **20** nimmt das rechte und das linke Geschwindigkeits-Signal, das an den Leitungen **111** und **111'** jeweils auftritt, auf. Die Messelektronik **20** erzeugt das Antriebssignal an der Leitung **110**, was bewirkt, dass der Antrieb **104** die Durchflussröhren **103A** und **103B** oszillieren lässt. Die vorliegende Erfindung, wie sie hier beschrieben ist, kann mehrere Antriebssignale von mehreren Antrieben erzeugen. Die Messelektronik **20** verarbeitet das linke und das rechte Geschwindigkeitssignal, um eine Massendurchflussrate zu berechnen und das Validitierungssystem der vorliegenden Erfindung zu schaffen. Ein Pfad **26** bildet eine Eingabe- und eine Ausgabeeinrichtung, um zu ermöglichen, dass sich die Messelektroniken **20** mit einem Bediener schnittstellenmäßig verbinden.

Messelektronik **20** allgemein – Fig. 2

[0054] Fig. 2 stellt ein Blockdiagramm der Bauteile der Messelektronik **20** dar, die die Prozesse, die sich auf die vorliegende Erfindung beziehen, durchführt. Pfade **111** und **111'** übertragen das linke und das rechte Geschwindigkeitssignal von der Durchfluss-Messanordnung **10** zu der Messelektronik **20**. Die Geschwindigkeitssignale werden durch einen Analog/Digital-(A/D)-Wandler **203** in der Messelektronik **20** aufgenommen. Der A/D-Wandler **203** wandelt das linke und das rechte Geschwindigkeitssignal in digitale Signale, benutzbar durch einen Prozessor **201**, um, und sendet die digitalen Signale über einen Pfad **213** zu einem I/O-Bus **210**. Die digitalen Signale werden durch den I/O-Bus **210** zu einem Prozessor **201** geführt. Ansteuersignale werden

über den I/O-Bus **210** zu einem Pfad **212** geführt, der die Signale an einen Digital/Analog-(D/A)-Wandler **202** anlegt. Die analogen Signale von dem D/A-Wandler **202** werden zu dem Antrieb **104** über einen Pfad **110** übertragen. Der Pfad **26** ist mit einem I/O-Bus **210** verbunden und führt Signale zu Eingabe- und Ausgabeeinrichtungen (nicht dargestellt), die der Messelektronik **20** ermöglichen, Daten von einem Bediener aufzunehmen und zu diesem hin zu schicken.

[0055] Der Prozessor **201** liest Anweisungen zum Durchführen der verschiedenen Funktionen des Durchflussmessers, umfassend, allerdings nicht darauf beschränkt, diejenigen, eine Massendurchflussrate eines Materials zu berechnen, eine Volumenströmungsrate eines Materials zu berechnen und eine Dichte eines Materials zu berechnen, und zwar von einem Read Only Memory (ROM) **220** über einen Pfad **221**. Diese Daten ebenso wie Anweisungen zum Durchführen der verschiedenen Funktionen sind in einem Random Access Memory (RAM) **230** gespeichert. Der Prozessor **201** führt Lese- und Schreibvorgänge in dem RAM-Speicher **230** über den Pfad **231** durch. In einem größeren Sinne umfasst die Messelektronik **20** ein zusätzliches Steuerinstrumentarium und andere Prozessoren, die optional mit der Messelektronik **20** über den Pfad **26** verbunden werden können.

Fluiddichte-Berechnungen

[0056] Fig. 3 zeigt eine ungedämpfte, dynamische Federanordnung **300**, die auf denselben, physikalischen Prinzipien wie die Durchflussröhren **103A** und **103B** des Coriolis-Durchflussmessers **5** (siehe Fig. 1) in einem Einzel-Phasen-Strom arbeitet. Die Feder **302** ist mit einem Anker **304** und einer Masse **306** verbunden. Die Masse **306** bewegt sich auf einem Pfad parallel zu einem Doppelpfeil **308** hin und her oder vibriert dort entlang. Die natürliche Frequenz, f_n, der Anordnung **300** ist:

$$(1) \qquad f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K_s}{m}}$$

wobei K_s die Federkonstante der Feder **203** ist und m die Masse der Masse **306** ist. In dem Fall des Coriolis-Durchflussmessers **5** ist m das kombinierte Gewicht der Durchflussröhren **103A** und **103B** zusammen mit der Masse des Materials innerhalb der Röhren.

[0057] Dort, wo Gleichung (1) auf eine Durchflussröhre **103A** oder **103B** angewandt wird, wird sie:

$$(2) \qquad \rho = \frac{A}{f_n^2} - B$$

wobei A und B Kalibrierungskonstanten sind, die in einer herkömmlichen Art und Weise für Coriolis-Durchflussmesser bestimmt sind, ρ die Dichte der Medien ist, die durch die Durchflussröhre fließen, und f_n die natürliche Frequenz ist. Demzufolge kann man, unter der Kenntnis der natürlichen Frequenz, die Dichte des Fluids bestimmen.

[0058] Coriolis-Durchflussmesser messen eine Massenflussrate durch Messen der Coriolis-Verdrehung einer vibrierenden Sensorröhre, z.B. einer der Durchflussröhren **103A** und **103B** (siehe Fig. 1). Die Vibrationen der Sensorröhre haben den Effekt, dass sie das winkelmäßige Moment eines Fluids oder von Fluiden, die innerhalb der Röhre fließen, ändern. Eine Coriolis-Verdrehkraft ist relativ klein, und die Durchflussröhren sind relativ steif. Um die Durchflussröhren **103A** und **103B** mit einer ausreichenden Amplitude vibrieren zu lassen, um die Coriolis-Verdrehkraft erfassbar zu gestalten, liefert die Messelektronik **20** eine Ansteuerspannung, um eine Spule **104** anzusteuern, die die Durchflussröhren **103A** und **103B** bei deren natürlicher Frequenz vibrieren lässt. Demzufolge liefert der Prozessor **201** (siehe Fig. 2) einen Ausgang, der kontinuierlich das Transmissionsverhältnis oder die Ansteuerverstärkung in einer herkömmlichen Art und Weise für Coriolis-Durchflussmesser maximiert. Zum Beispiel wird die Antriebsspannung typischerweise dann erhöht, wenn sich das Durchlässigkeitsverhältnis oder die Antriebs-Verstärkung verringert. Gleichzeitig kann die Ansteuerspannung nicht über einen bestimmten, maximalen Grenzwert hinaus erhöht werden, oder die Spannung wird auch gelegentlich zu groß mit der Folge, dass die Messeinrichtung durch eine übermäßige Spannung oder übermäßige Vibrationsamplituden beschädigt wird.

Der Effekt einer Gasdämpfung an dem System

[0059] Fig. 4 zeigt eine gedämpfte, dynamische Feder- und Massenanordnung **400**, die auf denselben, physikalischen Prinzipien wie Durchflussröhren **103A** und **103B** des Coriolis-Durchflussmessers **5** (siehe Fig. 1)

in einer mehrphasigen Strömung, umfassend Gas und Flüssigkeit, arbeitet. Dort, wo es möglich ist, sind ähnliche Nummerierungen in Fig. 4 für identische Elemente in Fig. 3 beibehalten worden. Fig. 4 unterscheidet sich von Fig. 3 durch die Hinzufügung einer Dämpfungseinrichtung **402**, die den Effekt hat, die Amplitude einer Vibration entlang des Pfads **308** zu verringern. Die Gleichungen (1) und (2) gelten noch für das System, das in Fig. 4 dargestellt ist, allerdings ist die Gesamtgröße einer Vibration gering aufgrund des Dämpfers **402**.

[0060] Fig. 5 zeigt einen Ausdruck von hypothetischen Daten, die die praktischen Effekte von Gas, das bei dem Frequenzansprechverhalten, bei der die Durchflussröhren **103A** und **103B** in dem Coriolis-Durchflussmesser **5** dämpft (siehe auch Fig. 1), demonstrieren. Der Logarithmus der Durchlässigkeit ist als eine Funktion der Frequenz und einer Wechselspannung, angelegt an die Ansteuerspule **104**, ausgedruckt, z.B. bei Frequenzen f_0, f_1, und f_2. Das Durchlässigkeitsverhältnis T_4 gleicht dem Abgriff-Ausgang, der durch den Ansteuereingang geteilt ist, d.h. T_r ist die Antriebs-Verstärkung:

$$(3) \qquad T_r = \frac{\text{AUSGANG}}{\text{EINGANG}} = \frac{V_{ac}\,\text{ABGRIFF} - \text{SPULE}}{V_{ac}\,\text{ANTRIEBS} - \text{SPULE}}$$

wobei die V_{ac}-Abgriff-Spule die Wechselspannung an Leitung **111** und **111'** von Abgriffen **105** und **105'** ist und V_{ac}-Antriebs-Spule die Wechselspannung an einer Leitung **110** zu der Antriebs-Spule **104** ist. Diese Spannungen können proportional durch eine Kalibrierungskonstante eingestellt werden, um Differenzen in dem Maßstab zwischen der Antriebs-Spule **104** und den Abgriffen **105** und **105'** zu berücksichtigen. Eine erste Kurve **500** entspricht dem nicht gedämpften System der Gleichung (1) und Fig. 3, d.h. kein Gas ist in dem Fluid, das gemessen wird, vorhanden. Eine zweite Kurve **502** entspricht dem gedämpften System der Gleichung (3). Beide Kurven **500** und **502** besitzen einen optimalen Wert **504** und **504'**, jeweils, bei der natürlichen Frequenz f_n. Der Bereich **506** der Kurven **500** und **502** links von f_n stellt eine Situation dar, bei der die Durchflussröhren **103A** und **103B** (siehe Fig. 1) in Phase vibrieren. Der Bereich **508** der Kurven **500** und **502** rechts von f_n stellt eine Situation dar, in der die Durchflussröhren **103A** und **103B** (siehe Fig. 1) außerhalb der Phase vibrieren. Der optimale Punkt **504'** ist schwieriger zu erfassen als der optimale Punkt **504**, und zwar aufgrund der verringerten Amplitude des optimalen Punkts **504'**. Wenn sich die Amplitude aufgrund einer Gasdämpfung verringert, kann der Coriolis-Durchflussmesser **5** (siehe Fig. 1) nicht länger effektive Flussmessungen durchführen, und zwar in Abhängigkeit von der Empfindlichkeit des Durchflussmessers.

[0061] Die Messelektronik **20** ist so ausgelegt, um eine Antriebs-Verstärkung oder eine Durchlässigkeit zu überwachen, und um die Amplitude der Durchlässigkeit basierend auf einem Verhältnis der Spannung an der Abgriff-Spule, geteilt durch die Spannung an der Antriebs-Spule, zu optimieren. Diese Optimierung wird basierend auf einer Steigungs-Analyse der Kurve **500** durchgeführt. Zum Beispiel wird eine erste Vorwärts-Differenz, genommen von neuen Daten, erzeugt durch eine schnellere Frequenz einer Vibration an der Antriebs-Spule, eine Steigung erzeugen, die einen Null-Wert (optimierter Zustand) einen negativen Wert (Bereich **508**) oder einen positiven Wert (Bereich **506**) besitzt. Die Messelektronik steuert dann die Vibration schneller oder langsamer an, wie das Erfordernis durch die Steigung der Daten angezeigt ist, bis eine optimierte Durchlässigkeit erhalten ist. Fig. 6 zeigt einen Ausdruck von hypothetischen Daten, die die Beziehung zwischen der Antriebs-Verstärkung und der Zeit für ein Ereignis **600** darstellt, wo eine transiente Blase in einen Coriolis-Durchflussmesser **5** (siehe Fig. 1) zu der Zeit **602** eintritt und zu der Zeit **604** verlässt. Die Antriebs-Verstärkung wird als ein Prozentsatz in Fig. 6 ausgedrückt und als eine Funktion der Zeit bei Intervallen, z.B. t_1, t_2 und t_3, ausgedruckt. Entsprechend dem Konzept der vorliegenden Erfindung ist der Prozessor **201** (siehe auch Fig. 2) mit einem Schwellwert **606** basierend auf der Antriebs-Verstärkung oder der Durchlässigkeit programmiert. Wenn die Antriebs-Verstärkung oder die Durchlässigkeit der Kurve **608** den Schwellwert **606** übersteigt, hört der Prozessor **201** auf, einen Dichte-Wert, berechnet in der herkömmlichen Art und Weise entsprechend zu Gleichung (2), zu verwenden. Der Prozessor **201** geht dann weiter dazu über, eine Dichte entsprechend dem Flussdiagramm, dargestellt in Fig. 7, zu berechnen.

[0062] Die Effekte, dargestellt in den Fig. 5–Fig. 6, sind ähnlich zu den Effekten eines mehrphasigen Flusses, umfassend Flüssigkeiten und Feststoffe, z.B. mit Paraffin, Sand oder Ablagerung in dem Fluid, oder mit einer Ablagerung, die sich tatsächlich auf den Innenwänden der Durchflussröhren **103A** und **103B** aufgebaut hat. Demzufolge ist ein System, das dazu geeignet ist, Gas und Flüssigkeit in einem mehrphasigen Fluss zu erfassen, auch in der Lage, unter Verwendung derselben Prinzipien, einen mehrphasigen Fluss zu erfassen, der Gas und Feststoffe, Flüssigkeit und Feststoffe und eine Ablagerung, innerhalb der Durchflussröhren, umfasst.

Beseitigungs-Modus einer vorübergehenden Blase

[0063] Es ist immer bevorzugt, Messungen zu verwenden, die entsprechend Gleichung (2) erhalten sind, für

Messausgänge, umfassend Dichte-Werte; allerdings ist es nicht immer möglich, Gleichung (2) aufgrund der verschlechternden Effekte einer Gasdämpfung in einem mehrphasigen Fluss zu verwenden. Fig. 7 zeigt einen Vorgang P700 zum Berichtigen der Dichte-Werte, wenn eine vorübergehende Blase in den Coriolis-Durchflussmesser **5** mit dem Effekt einer Gasdämpfung des Systems eintritt. Der Vorgang P700 ist gemäß der Vorgabe entwickelt worden, dass, während eine Gasdämpfung Realzeit-Messungs-Schwierigkeiten hervorrufen kann, der nächste, beste Wert für eine Dichte, erhaltbar von dem Coriolis-Durchflussmesser, eine kurz vorher gemessene Dichte ist. Die jeweiligen Schritte des Vorgangs P700 werden in dem Zusammenhang der Bezugszeichen, die auch in Fig. 6 angegeben sind, beschrieben.

[0064] Im Schritt P702 bestimmt der Prozessor **201**, dass die Antriebs-Verstärkung einen Schwellwert **606** als eine Folge der Kurve **608**, die den Schwellwert **606** zu der Zeit **602** gekreuzt hat, überschritten hat. Aufgrund der Tatsache, dass der Bereich der Kurve **608**, der der Zeit **602** vorausgeht, ein bestimmtes Rauschen aufgrund einer Blase besitzt, die dabei ist, in die Messeinrichtung einzutreten, sieht, während des Schritts P704, der Prozessor **201** zurück über ein vorbestimmtes Zeitintervall **610**, um ein Intervall **612** zu mitteln. Eine Mittelung des Intervalls **612** kann einem einzelnen Datenpunkt entsprechen, allerdings weist sie vorzugsweise ein Intervall auf, das mehrere Datenpunkte besitzt, zu dem Zweck, fehlerhafte Messungen **614** zu glätten, die nach oben ausschlagen können, ohne den Schwellwert **606** zu übersteigen.

[0065] Im Schritt P706 bestimmt der Prozessor **201**, ob irgendeine der Messungen in dem mittelnden Intervall **612** den Schwellwert **606** übersteigt. Falls dies der Fall ist, wird, im Schritt P708, ein mehrfaches oder ein Bruchteil des nach hinten gesehenen Intervalls **610** in der Berechnung verwendet, um an einem neuen, mittelnden Intervall **612** über eine Wiederholung von Schritt P704 anzukommen. Falls wiederholte Versuche über Schritt P706 fehlschlagen, an einem Intervall **612** anzukommen, das keine Punkte größer als der Schwellwert **606** hat, dann können fehlerhafte Messungen, z.B. eine Messung **614**, umfassend solche größer als der Schwellwert **606**, durch eine statistische Analyse eliminiert werden. Diese statistische Analyse kann eine Berechnung einer Standard-Abweichung oder Ignorieren aller Zahlen außerhalb der Standard-Abweichung oder Ignorieren aller Zahlen größer als der Schwellwert **606** umfassen, so lange wie einige Messungen in dem mittelnden Intervall **612** geringer als der Schwellwert **606** sind. Alternativ kann der Prozessor **201** so programmiert werden, um einen vorab ausgewählten Dichte-Wert auszugeben, wie er beispielsweise durch Laboratoriums-Messungen erhalten werden kann.

[0066] Schritt P710 umfasst eine Mittelung der Dichte-Werte über ein mittelndes Intervall **612**, um einen gemittelten, repräsentativen Dichte-Wert zu liefern, der einem gemittelten Intervall **612** entspricht. Die Werte, die dazu verwendet werden, diese Mittelung zu berechnen, können durch eine statistische Analyse, wie sie vorstehend in Bezug auf Schritt P706 diskutiert ist, eingestellt werden. In Fällen, in denen die Messdiagnostiken zeigen, dass der Durchflussmesser nicht korrekt arbeitet, um eine Durchflussratenmessung aufgrund einer Gasdämpfung zu erzeugen, kann der Messausgang für die Massendurchflussrate auch entsprechend diesen selben Prinzipien gemittelt werden.

[0067] Gemäß Schritt P712 liefert der Prozessor **201** einen Messausgang des gemittelten Dichte-Werts, erhalten von Schritt P710, bis zu einer solchen Zeit, zu der die Kurve **608** unterhalb des Schwellwerts **606**, zu der Zeit **604**, fällt. Dementsprechend kommt der Prozess P700 an dem Schritt P714 mit dem Prozessor **201** überein, den Korrektur-Modus für eine vorübergehende Blase zu verlassen und zu der Messausgabe zurückzukehren, die aus Messungen besteht, die entsprechend Gleichung (2) durchgeführt sind.

[0068] Die präzisen Niveaus oder die Dauern für den Schwellwert **606** des nach hinten gesehenen Intervalls **610** und des mittelnden Intervalls **610** sind dem Typ und der Größe einer Messeinrichtung ebenso wie der vorgesehenen Benutzungsumgebung zugeordnet. Zum Beispiel sind diese Werte für Messeinrichtungen unterschiedlich, die an einem Bohrloch installiert sind, mit dem tausend Barrel Öl pro Tag gefördert werden, gegenüber einem Bohrloch, das ein Barrel an C51 fördert. In der Praxis bestimmt ein Bediener den Schwellwert **606**, bei dem der Coriolis-Durchflussmesser **5** ohne Blasen arbeitet. Diese Bestimmung wird durch eine Kombination aus Erfahrung, Versuch und Fehler, Empfehlungen des Herstellers, oder eine Aufzeichnung über die Zeit in der vorgesehenen Benutzungsumgebung, vorgenommen. Der Bediener gibt diesen Wert in die Messelektronik **20** als einen Sollwert zur Verwendung in dem Prozess P700 ein. Die Messelektronik überwacht kontinuierlich das Antriebs-Verstärkungsniveau. Anwendungen einer Korrektur-Technologie für eine vorübergehende Blase sind nicht auf Anwendungen in der Petroleumindustrie beschränkt, und umfassen irgendeine Situation, in der ein mehrphasiger Fluss, umfassend Gas und Flüssigkeiten, vorgefunden werden kann.

[0069] Dieselben Dämpfungsprinzipien, dargestellt in Fig. 5, als ein Vergleich zwischen Kurven **500** und **502**, gelten für Situationen, in denen ein mehrphasiger Fluss Feststoff und Flüssigkeiten umfasst, obwohl mit einem

geringeren Grad. Der mehrphasige Fluss kann auch eine Mischung aus Gas, Flüssigkeiten und Feststoffen umfassen. In der Benutzungsumgebung der Petroleumindustrie entstehen diese Situationen dort, wo die Flussströmung natürliches Gas, Öl oder Kondensat, Wasser, Paraffin, Sand und/oder Ablagerung enthält. Demzufolge können die Prinzipien der Fig. 6 und Fig. 7 dazu verwendet werden, fehlerhafte Dichte- oder Massenflussraten-Messungen aufgrund eines mehrphasigen Flusses, umfassend Feststoffe und Flüssigkeiten oder Gas und Feststoffe, ebenso wie Gas und Flüssigkeiten, zu korrigieren.

[0070] Die vorstehend beschriebenen Verfahrenselemente sind aus Anweisungen aufgebaut, die in einem Speichermedium gespeichert sind. Die Anweisungen können durch einen Prozessor aufgesucht und ausgeführt werden. Einige Beispiele von Anweisungen sind Software, Programm-Code und Firmware. Einige Beispiele eines Speichermediums sind Speichervorrichtungen, Band, Platten, integrierte Schaltungen und Server. Die Anweisungen sind arbeitend, wenn sie durch den Prozessor ausgeführt werden, um den Prozessor anzuweisen, gemäß der Erfindung zu arbeiten. Der Ausdruck „Prozessor" bezieht sich auf eine einzelne Verarbeitungsvorrichtung oder eine Gruppe von miteinander zusammenarbeitenden Verarbeitungsvorrichtungen. Einige Beispiele von Prozessoren sind integrierte Schaltungen, Computer und eine logische Schaltung. Fachleute auf dem betreffenden Fachgebiet sind mit Anweisungen, Prozessoren und Speichermedien vertraut.

[0071] Coriolis-Durchflussmesser und zugeordnete Messelektroniken, die so ausgestattet sind, um die Prinzipien der Korrektur einer vorübergehenden Blase, diskutiert vorstehend, auszuführen, können in irgendeiner Umgebung verwendet werden, die einen mehrphasigen Strom enthält, und die Messeinrichtungen arbeiten besonders gut dann, um einen vorübergehenden Nebel und feine Blasen zu korrigieren. In diesem Zusammenhang bedeutet „vorübergehend" einen Strömungszustand, der temporär oder periodisch über die Zeit existiert. Die Messeinrichtungen arbeiten auch akzeptabel gut, um Gaseffekte in Schwallströmungs- oder Propfenströmungszuständen zu korrigieren, obwohl die berechneten, volumetrischen Flussraten weniger zuverlässig unter diesen Strömungsbedingungen als für Strömungsbedingungen von Nebel sind. Spezifische Anwendungen umfassen chemische Prozesse mit Gas-Genesis in einem Reaktor oder einer Prozess-Strömungsleitung, eine Retorte-Verarbeitung von Nahrungsmitteln, mikrobiologische Prozesse mit Gas-Genesis, und irgendein anderes System mit mehrphasigen Fluiden, wie beispielsweise Förderbohrlöcher in der Petroleumindustrie, wo kein Separator vor der Mess- bzw. Dosiereinrichtung installiert worden ist.

Ein System zur Verwendung bei Testmessungen in einem Petroleum-Bohrloch

[0072] Wie in Fig. 8 dargestellt ist, die ein schematisches Blockdiagramm zeigt, umfasst ein System **800** einen Verteiler **802**, der eine Mehrzahl von elektronisch betätigten Bohrlochkopfventilen **803**, **803'** und **803"** besitzt, die jeweils einen mehrphasigen Strom bereitstellen, umfassend Gas, Flüssigkeit und Feststoffe, und zwar zu einer Rohrleitung **804**. Die Ventile **803**, **803'** und **803"** sind vorzugsweise elektronisch betätigte, pneumatisch betätigte Dreiwege-Ventile, wie beispielsweise das Xomox TUFFLINE 037AX WCB/316 Bohrloch-Umschaltventil mit einem MATRYX MX200 Aktuator. Die Ventile **803**, **803'** und **803"** sind wahlweise so konfiguriert, um eine Mehrfach-Phasenströmung von einem Bohrloch zu einem Zeitpunkt über den Verteiler **803** und einer Testleitung **804** zu einem Coriolis-Durchflussmesser **806** zu führen, der derselbe wie der Coriolis-Durchflussmesser **5** sein kann. Das Bohrloch, das durch den Coriolis-Durchflussmesser **806** fließt, befindet sich unter einem Test für seine volumetrische Durchflussrate, um seinen Beitrag zu den Gesamtverkäufen zu bestimmen. Der Rest der Bohrlöcher **803**, **803'** und **803"** fließt zu einer Sammelleitung **808** für eine Weiterführung über eine zweite Messeinrichtung **810**, die eine Verkaufs-Messeinrichtung sein kann. Der Strom durch den Coriolis-Durchflussmesser **806** tritt in eine Messeinrichtung-Ausgabeleitung **812** aus und tritt in eine Wasser-Schnitt-Messeinrichtung **812** ein. Der Strom wird danach mit dem Strom in der Sammelleitung **808** für eine Messung durch die zweite Messeinrichtung **810** zusammengeführt. Beispielhafte Formen von Durchflussmessern **806** und **810** umfassen die ELITE Modelle CMV300356NU und Modell CMF300H551NU, die von Micro Motion, Boulder, Colorado, erhältlich sind.

[0073] Das System **800** umfasst einen Computer **816** (z.B. eine IBM kompatible Maschine), die mit einer Daten-Akquisitions- und -Programmiersoftware programmiert ist. Eine bevorzugte Form dieser Software ist die Intellution Software DMACS, die von INTELLUTION, eine Tochterfirma von Emerson Electric, erhältlich ist. Diese Software ist besonders bevorzugt, da sie Alarme erzeugen kann, die abnormale Bohrloch-Testzustände anzeigen, die für mechanische Fehler repräsentativ sind, die potenziell gefährlich sind. Der Computer **816** steuert das Programmieren von einer entfernten Betätigungs-Steuereinheit **818**, die eine Mehrzahl von Treibern und Schnittstellen umfasst, die dem Computer **816** ermöglichen, mit entfernten Komponenten des Systems **800** zusammenzuwirken. Eine bevorzugte Form der Steuereinheit **818** für entfernte Operationen ist das Fisher Modell ROC364. Die Steuereinheit **818** kann auch mit einer Software programmiert sein, um die Ausführung von Steueranweisungen von dem Computer **816** zu erleichtern.

[0074] Die Ventilsteuerleitungen **820**, **820'** und **820"** verbinden die Steuereinheit **818** mit den elektronisch betätigten Ventilen **803**, **803'** und **803"** für eine wahlweise Steuerung der Ventile. Die Leitung **822** verbindet die Steuereinheit **818** mit einem Druckübertrager **824**. Eine beispielhafte Form des Übertragers **824** ist das ELITE Modell RFT9739, das von Micro Motion, Boulder, Colorado, erhältlich ist. Die Leitung **826** verbindet die Steuereinheit **818** mit einer Wasser-Schnitt-Messeinrichtung **814**. Die Funktionen der Steuereinheit **818**, des Übertragers **824** und des Computers **816** können in einem einzelnen Prozessor, wie beispielsweise dem Prozessor **201** der Messelektronik **20** (siehe Fig. 2), kombiniert sein.

[0075] Das System **800** arbeitet wie folgt. Der Verteiler **802** bewirkt, dass ein einzelnes Bohrloch **803**, **803'** oder **803"** durch den Coriolis-Durchflussmesser **806** fließt, um das Bohrloch zu testen und Informationen über die Durchflussrate, die sich auf das Bohrloch beziehen, bereitzustellen, während der Rest der Bohrlöcher in eine Sammelleitung **808** für einen kombinierten Verkauf, ausgegeben durch die zweite Messeinrichtung **810**, fließt. Der Coriolis-Durchflussmesser **806** liefert Dichte- und Massenflussraten-Informationen als Messausgänge zu dem Übertrager **824**, der, wiederum, Signale zu der Steuereinheit **818** auf der Leitung **822** zuführt. Entweder der Computer **816**, die Steuereinheit **818**, der Übertrager **824** oder der Coriolis-Durchflussmesser **806** (typischerweise Computer **816**) führt eine Berechnung der gesamten, volumetrischen Durchflussrate Q_e gemäß Gleichung (4) durch:

$$(4) \qquad Q_e = \frac{M_e}{D_e}$$

wobei M_e die auf einer Coriolis-Kraft basierende Durchflussratenmessung, erhalten von dem gesamten, kombinierten Öl- und Wasserfluss-Strom, ist; und D_e eine Dichte des gesamten, kombinierten Öl-, Gas-, Wasser- und Feststoff-Stroms bei einer Messtemperatur T ist.

[0076] Eine volumetrische Durchflussrate von Öl wird entsprechend Gleichung (5) berechnet:

$$Q_e = Q_o(1 - X_w) \qquad (5)$$

wobei Q_o eine volumetrische Flussrate von Öl ist; X_w eine Teilströmungsrate von Wasser ist, und die restlichen Variablen vorstehend definiert sind.

[0077] Eine volumetrische Flussrate von Wasser wird entsprechend Gleichung (6) berechnet:

$$Q_w = Q_e \cdot X_w \qquad (6)$$

wobei Q_w eine volumetrische Flussrate von Wasser ist, und die restlichen Variablen so, wie vorstehend, definiert sind.

[0078] Die volumetrischen Durchflussratenwerte Q_o und Q_w können zu einer Standard-Referenz-Temperatur T_r über eine Multiplikation der volumetrischen Durchflussratenwerte durch die Dichte bei einer Messtemperatur und Teilen durch die Dichte bei der Referenztemperatur, z.B. wie in Gleichung (7) korrigiert werden:

$$(7) \qquad Q_o = Q_{o,T} * \frac{D_{o,T}}{D_o}$$

wobei Q_o eine volumetrische Ölflussrate bei einer Standard-Referenz-Temperatur T_{ref} ist; $Q_{O,T}$ eine volumetrische Ölflussrate, gemessen bei einer Temperatur T, und berechnet gemäß Gleichung (5), ist; D_o eine gemessene Dichte von Öl von Laboratoriums-Messungen bei einer Referenztemperatur T_{ref} ist; und $D_{o,T}$ eine Dichte von Öl, gemessen bei einer Temperatur T, ist.

[0079] Die Teildurchflussrate von Wasser wird berechnet als

$$(8) \qquad X_w = \frac{D_e - \rho_{o,T}}{\rho_{w,T} - \rho_{o,T}}$$

wobei D_e eine Dichte des gesamten, kombinierten Öl- (oder Kondensat-) und Wasserdurchflusses bei einer Messtemperatur T ist, $\rho_{o,T}$ eine Dichte der reinen Öl- (oder Kondensat-) Phase ohne irgendeinen restlichen Wassergehalt, der segregierten Ölkomponenten ist; $\rho_{w,T}$ eine Dichte der reinen Wasserphase ist; und die restlichen Variablen so, wie vorstehend definiert, sind.

[0080] Der Wert X_w ist eine „Wasser-Schnitt"-Messung („Water-Cut"), die ein wichtiges Ergebnis von Bohrloch-Testmessungen ist. Der Ausdruck „Wasser-Schnitt" bzw. „Water-Cut" wird hier als irgendein Verhältnis bezeichnet, das eine Beziehung zwischen einem Volumen an Öl und einem Volumen an Wasser in einer Öl- und Wasser-Flüssigkeits-Mischung darstellt. Die Wasser-Schnitt-Messeinrichtung **814** verwendet eine Kapazität, einen Widerstand, Mikrowellenstrahlung oder andere Messungen, um den Wasser-Schnitt zu quantifizieren. In einigen Fällen ist das Volumen an Wasser so groß, dass es die Grenzen des Instrumentariums übersteigt. Zum Beispiel liefern Kapazitäts- oder Widerstands-Überwachungen akzeptabel genaue Wasser-Schnitt-Messungen nur dort, wo das Wasservolumen geringer als ungefähr 20% bis 30% des gesamten Stroms ist. Die obere 30% Genauigkeitsgrenze ist weit unterhalb des Niveaus, das bei vielen produzierenden Bohrlöchern beobachtet wird. Zum Beispiel kann das gesamte Flüssigkeits-Produktionsvolumen eines Ölbohrlochs 99% Wasser sein. Einige Wasser-Schnitt-Überwachungseinrichtungen sind deshalb dazu abgestellt, den Wasser-Schnitt in einer Ölkomponenten zu bestimmen, die einen niedrigen Wassergehalt besitzt. Wasser-Schnitt-Überwachungseinrichtungen können oftmals nicht dazu verwendet werden, den Wassergehalt in dem Material zu bestimmen, das von einem Zwei-Phasen-Separator aus fließt, da die gesamte Flüssigkeitskomponente einen Wassergehalt besitzt, der die obere Genauigkeitsgrenze von 30% übersteigt. Eine beispielhafte Form einer Wasser-Schnitt-Überwachungseinrichtung **66** ist die Kapazitäts-Überwachungseinrichtung Drexelbrook Modell CM-2. Entsprechend liefert Gleichung (8) ein Verfahren zum Berechnen eines Wasser-Schnitts und der volumetrischen Durchflussrate von Wasser und Öl oder Kondensat. Die Werte $\rho_{o,T}$ und $\rho_{w,T}$ können von herkömmlichen Laboratoriums-Messungen von produzierten Fluiden aus einem bestimmten Bohrloch erhalten werden.

[0081] Dort, wo der Wert X_w innerhalb der Funktions- und Genauigkeitsgrenzen der Wasser-Schnitt-Messeinrichtung **814** liegt, kann die Öldichte für den Wassergehalt wie folgt korrigiert werden:

$$\rho_{o,T} = \frac{\rho_t - \rho_{w,T} WC}{1 - WC} \tag{9}$$

wobei $\rho_{o,T}$ die im Wasser korrigierte Öldichte bei einer Temperatur T ist; ρ_t die gesamte Dichte der kombinierten Wasser-Schnitt-Flüssigkeit, wie sie durch den Coriolis-Durchflussmesser **806** bei einer Temperatur T gemessen ist, ist; ρ_w die Dichte der Wasser-Komponenten ist, erhalten durch eine Laboratoriums-Messung, oder die eine konventionell, empirische Temperatur-Salzgehalt-Korrektur bei einer Temperatur T ist; und WC der „Water-Cut" bzw. „Wasser-Schnitt", gemessen durch die Wasser-Schnitt-Überwachungseinrichtung **814**, ist.

[0082] Zusammengefasst ist es notwendig, Flüssigkeitsmessungen einer Messeinrichtung von Massendurchflussraten in volumetrische Flussraten zu Verkaufszwecken umzuwandeln, da Petroleum-Produkte über das Volumen verkauft werden. Dichte-Werte werden verwendet, um die Umwandlung von einer Massendurchflussrate in eine volumetrische Durchflussrate durchzuführen. Die Teildurchflussraten von Wasser und Öl sind durch eine direkte Messung eines Wasser-Schnitts bestimmbar, allerdings arbeitet dieses Verfahren nicht immer gut aufgrund von Einschränkungen des Instrumentariums, die Wasser-Schnitt-Messeinrichtungen eigen sind. Die direkte Messung von Wasser kann auch dazu verwendet werden, die Messeinrichtung für eine Änderung des Öl-Dichte-Werts über die Lebenszeit eines Förderbohrlochs zu kalibrieren. Ein Wasser-Schnitt ist aus der Dichte-Messung bestimmbar, falls die jeweiligen Dichten von Wasser und Öl aus anderen Quellen bekannt sind. Eine Gas-Dämpfung an dem System beeinträchtigt diese Berechnungen gemäß Gleichungen (8) und (9), da eine Dämpfung so stark sein kann, dass die Messeinrichtung damit aufhört, akkurate Dichte-Auslesungen von Material, das durch die Durchflussröhren fließt, zu liefern, oder da die gemessene Dichte einen ausreichenden Gasgehalt repräsentiert, um die Annahme eines zweiphasigen Flusses zu stören, der den Gleichungen (8) und (9) eigen ist. Die Rate eines Gasflusses kann durch empirische Korrelationen entsprechend dem United States Patent Nr. 5,029,482 bestimmt werden.

[0083] Es folgt, dass der Computer **816** oder die Steuereinheit **818** der Fig. 8 die Option einer Verarbeitung eines Dichte- oder Massendurchfluss-Ratenwerts, erhalten gemäß Fig. 7, haben, während eine vorübergehende Blase innerhalb des Durchflussmessers **806** erfasst wird. Alternativ umfassen, falls die Verwendung des Durchschnittswerts von dem Intervall **616** nicht erwünscht ist, alternative Optionen ein Unterbrechen des Bohrloch-Tests oder Anzeigen eines Alarms für einen Bediener-Eingriff. Eine noch andere Option ist für den Computer **816** gegeben, um der Steuereinheit **818** zu signalisieren, teilweise das ausgewählte eine der Ventile **803**, **803'** oder **803"** zu schließen, um den Gegendruck an dem Bohrloch zu erhöhen. In dem Fall eines Ölbohrlochs kann dieser Gegendruck freigesetztes Gas zurück in die Lösung drücken, um dadurch vollständig oder teilweise die Effekte einer Gasdämpfung an dem Coriolis-Durchflussmesser **806** durch eine gesamte oder teilweise Beseitigung des Gases von dem Produktionsfluid zu beseitigen.

[0084] Die Gleichungen (8) und (9) beziehen sich spezifisch auf Öl und Wasser, allerdings beziehen sich die

Gleichungen in breiter Weise auf irgendein unvermischbares Dual-Phasen-Flüssigkeitssystem, z.B. irgendeine kolloidale Lösung, die auch durch Gas als eine dritte Phase bewirkt werden kann. Die verschlechternden Effekte von Gas auf diese Systeme umfassen mehr als nur eine Dämpfung, da X_w Werte, berechnet unter Verwendung der Dichte von Gleichung (8), wie sie durch Gleichung (9) korrigiert ist, ein Fehler aufgrund des verringerten Dichte-Werts D_e besitzen, wenn die Gleichungen unter der Annahme von unvermischbaren Dual-Phasen-Flüssigkeiten ohne Berücksichtigung von Gas entwickelt wurden.

[0085] Der Erfinder bestätigt hier seine Absicht, sich auf der Doktrin der Äquivalente zu berufen, um seine vollen Rechte auf die Erfindung zu schützen.

Patentansprüche

1. Coriolis-Durchflussmesser (**5**), der zum Messen von Dichten von Materialien ausgeführt ist, wobei der Durchflussmesser umfasst:
wenigstens eine Durchflussröhre (**103A**, **103B**);
eine Antriebseinrichtung (**104**), die so ausgeführt ist, dass sie die wenigstens eine Durchflussröhre auf Basis eines Antriebssignals mit einer Frequenz antreibt;
Abgriffeinrichtungen (**105**, **105'**), die an der wenigstens einen Durchflussröhre befestigt und so ausgeführt sind, dass sie in Reaktion auf das Material, das durch die wenigstens eine Durchflussröhre fließt, Abgriff-Signale erzeugen; und
Messelektronik (**20**), die so ausgeführt ist, dass sie die Dichte des Materials, das durch die wenigstens eine Durchflussröhre strömt, auf Basis wenigstens eines der Abgriff-Signale bestimmt;
wobei der Durchflussmesser **dadurch gekennzeichnet** ist, dass die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie:
eine Antriebsverstärkung auf eine Wertänderung hin überwacht, um zu bestimmen, ob das Material einen mehrphasigen Strom umfasst, und
wenn das Material einen mehrphasigen Strom umfasst, die Dichte des Materials auf Basis wenigstens eines gespeicherten Dichtewertes bestimmt, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale zu bestimmen.

2. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 1, wobei die Messelektronik (**20**) des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie:
die Antriebsverstärkung auf eine Änderung des Wertes hin überwacht, um zu bestimmen, ob das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst; und
wenn das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst, die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale bestimmt, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Dichtewertes zu bestimmen.

3. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 1, wobei die Messelektronik des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie bestimmt, ob die Antrebsverstärkung einen ersten Schwellenwert übersteigt, um zu bestimmen, ob das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

4. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 3, wobei der erste Schwellenwert darstellt, dass der mehrphasige Strom Gas und Flüssigkeiten enthält.

5. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 4, wobei die Messelektronik (**20**) des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie bestimmt, ob die Antriebsverstärkung einen zweiten Schwellenwert übersteigt, wobei der zweite Schwellenwert darstellt, dass der mehrphasige Strom Flüssigkeit und Feststoff umfasst.

6. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 1, wobei die Messelektronik (**20**) des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie vergangene Dichtemessungen über einen Zeitraum mittelt, um die Dichte zu bestimmen, wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

7. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 6, wobei die Messelektronik (**20**) des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie eine statistische Analyse der vergangenen Dichtemessungen durchführt, um Fehlmessungen zu verringern.

8. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 1, wobei die Messelektronik (**20**) des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie aus Labormessungen gewonnene Dichtemessungen verarbeitet, um die Dichte zu bestimmen, wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

9. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 1, wobei die Messelektronik (**20**) des Weiteren so ausgeführt ist, dass sie Korrelationen verarbeitet, um die Dichte zu bestimmen, wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

10. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 1, der des Weiteren umfasst:
eine Schaltung (**818**), die so ausgeführt ist, dass sie ein Ventil (**803**, **803'**, **803"**) schließt, um in Reaktion auf Bestimmen des mehrphasigen Stroms einen Bohrlochtest zu unterbrechen, der an einem Fluid durchgeführt wird, das aus einem Förderbohrloch strömt.

11. Durchflussmesser (**5**) nach Anspruch 1, der des Weiteren umfasst:
eine Einrichtung, die eine Warnmeldung anzeigt, die den mehrphasigen Strom anzeigt.

12. Verfahren zum Betreiben eines Coriolis-Durchflussmessers (**5**) und zum Messen von Dichten von Materialien, wobei das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:
Versetzen wenigstens einer Durchflussröhre (**103A**, **103B**) des Coriolis-Durchflussmessers in Schwingung bei einer Frequenz auf Basis eines Antriebssignals,
Erzeugen von Abgriff-Signalen, die Bewegung der wenigstens einen Durchflussröhre darstellen, wenn das Material durch die wenigstens eine Durchflussröhre strömt; und
Bestimmen der Dichte des Materials, das durch die wenigstens eine Durchflussröhre strömt, auf Basis wenigstens eines der Abgriff-Signale;
wobei das Verfahren durch die folgenden Schritte gekennzeichnet ist:
Überwachung einer Antriebsverstärkung auf eine Änderung des Wertes, um zu bestimmen, ob das Material einen mehrphasigen Strom umfasst; und
wenn das Material den mehrphasigen Strom umfasst, Bestimmen der Dichte des Materials auf Basis wenigstens eines gespeicherten Dichtewertes, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale zu bestimmen.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Verfahren des Weiteren umfasst:
Überwachen der Antriebsverstärkung, um zu bestimmen, ob das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst; und
wenn das Material keinen mehrphasigen Strom mehr umfasst, Bestimmen der Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen der Abgriff-Signale, statt die Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Wertes zu bestimmen.

14. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Überwachens der Antriebsverstärkung Vergleichen der Antriebsverstärkung mit einem ersten Schwellenwert umfasst, um zu bestimmen, ob die Antriebsverstärkung den ersten Schwellenwert übersteigt und zu bestimmen, ob das Material den mehrphasigen Strom umfasst.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei der Schritt des Vergleichens einschließt, dass der erste Schwellenwert so gesetzt wird, dass er darstellt, dass der mehrphasige Strom Gas und Flüssigkeiten enthält.

16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der Schritt des Vergleichens einschließt, dass ein zweiter Schwellenwert so gesetzt wird, dass er darstellt, dass der mehrphasige Strom Flüssigkeiten und Feststoff enthält, und die Antriebsverstärkung mit dem zweiten Schwellenwert verglichen wird, um zu bestimmen, ob die Antriebsverstärkung den zweiten Schwellenwert übersteigt.

17. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Bestimmens der Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Dichtewertes des Weiteren einen Schritt des Mittelns vergangener Dichtemessungen über einen Zeitraum zum Bestimmen der Dichte umfasst.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der Schritt des Mittelns der vergangenen Dichtemessungen des Weiteren einen Schritt des Anwendens einer statistischen Analyse auf die vergangenen Dichtemessungen zum Verringern von Fehlmessungen umfasst.

19. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Bestimmens der Dichte des Materials auf Basis des wenigstens einen gespeicherten Dichtewertes des Weiteren das Verarbeiten von aus Labormessungen gewonnenen Dichtemessungen zum Bestimmen der Dichte umfasst.

20. Verfahren nach Anspruch 12, wobei der Schritt des Bestimmens der Dichte des Materials auf Basis des

wenigstens einen gespeicherten Dichtewertes des Weiteren das Verarbeiten von Korrelationen zum Bestimmen der Dichte umfasst.

21. Verfahren nach Anspruch 12, das des Weiteren umfasst:
Schließen eines Ventils (**803**, **803'**, **803"**), um in Reaktion auf Bestimmen des mehrphasigen Stroms einen Bohrlochtest zu unterbrechen, der an einem Fluid durchgeführt wird, das aus einem Förder-Bohrloch strömt.

22. Verfahren nach Anspruch 12, das des Weiteren umfasst:
Anzeigen einer Warnmeldung, die den mehrphasigen Strom anzeigt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

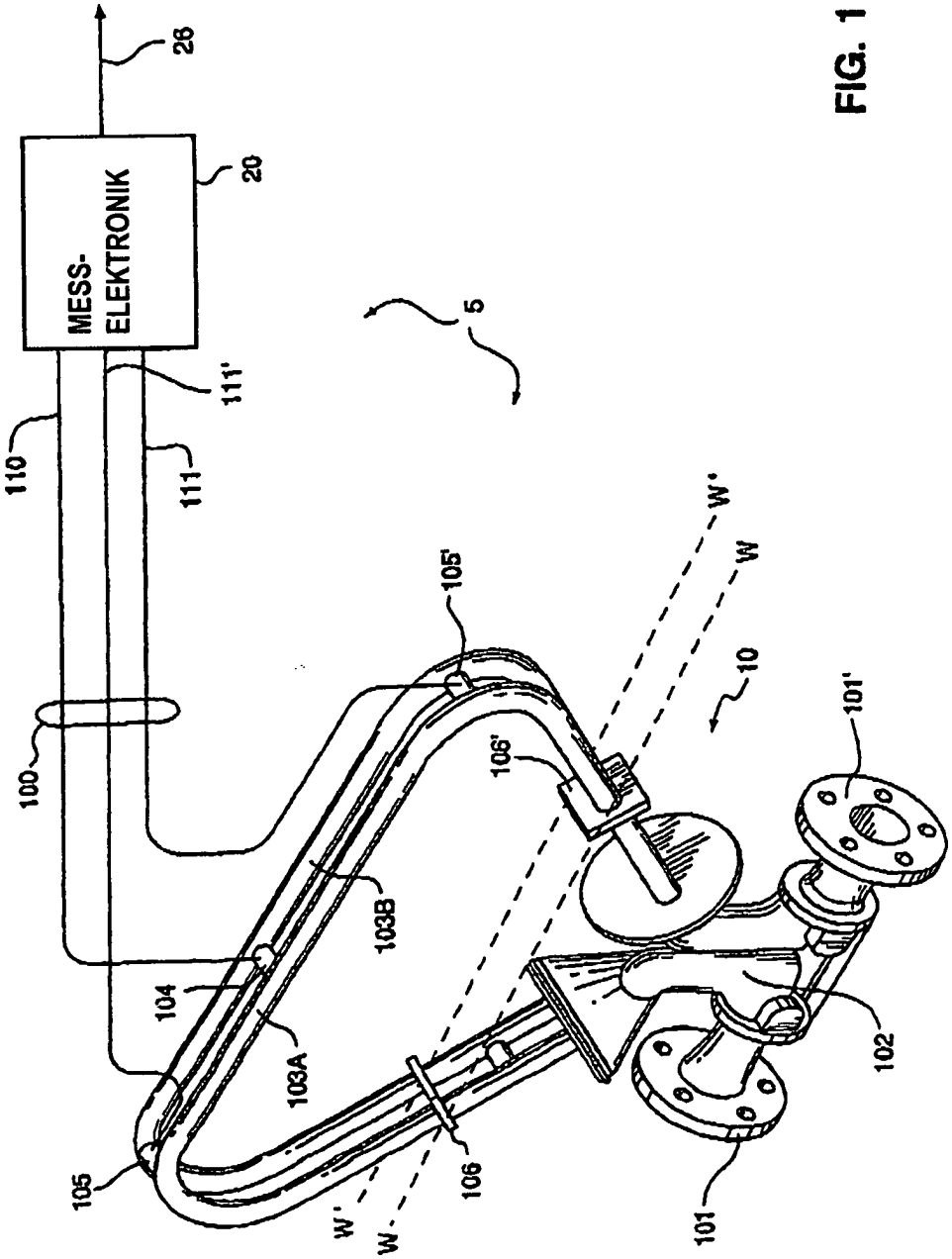
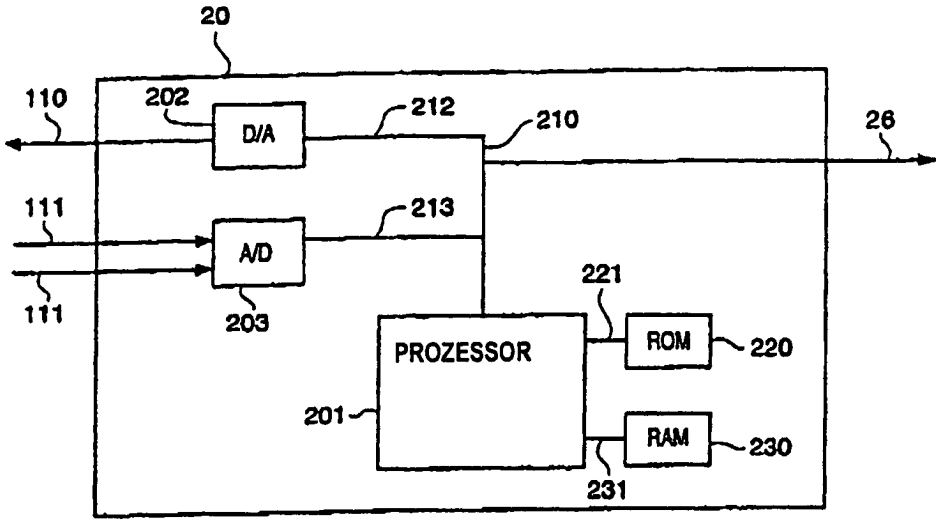


FIG. 1

FIG. 2



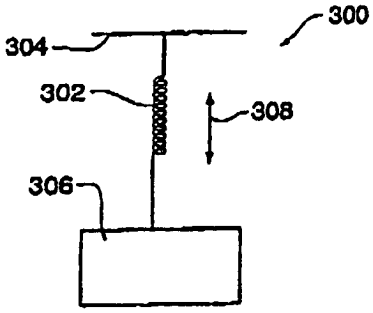


FIG. 3

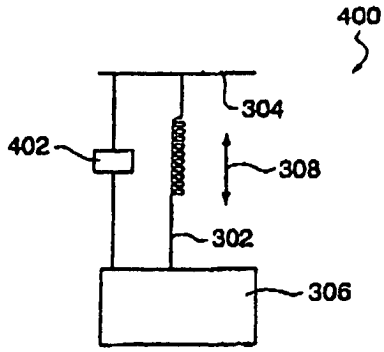


FIG. 4

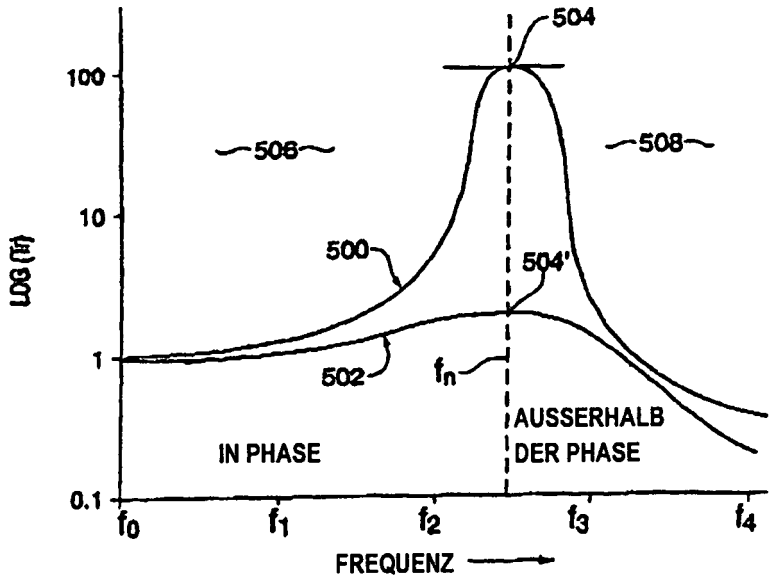

504
100
506
508
10
500
504'
LOG (fr)
1
502
fn
AUSSERHALB
DER PHASE
IN PHASE
0.1
f0
f1
f2
f3
f4
FREQUENZ

FIG. 5

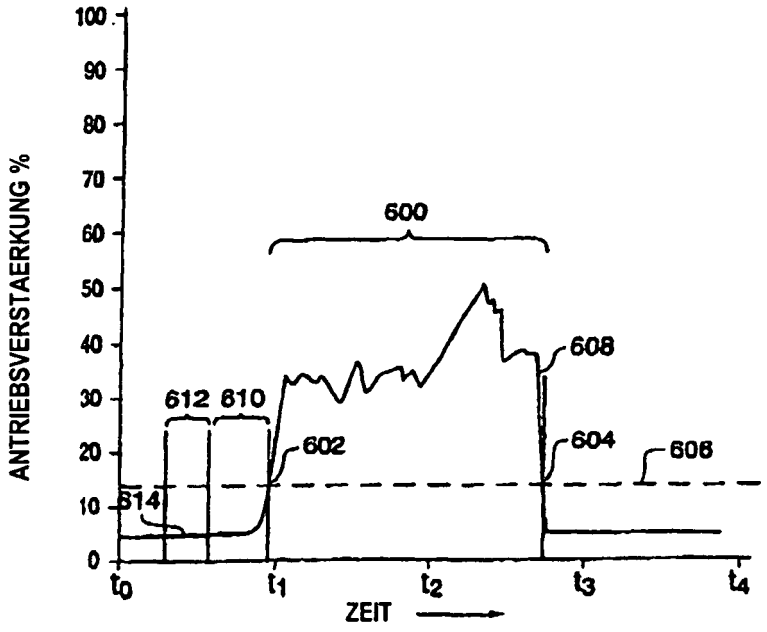
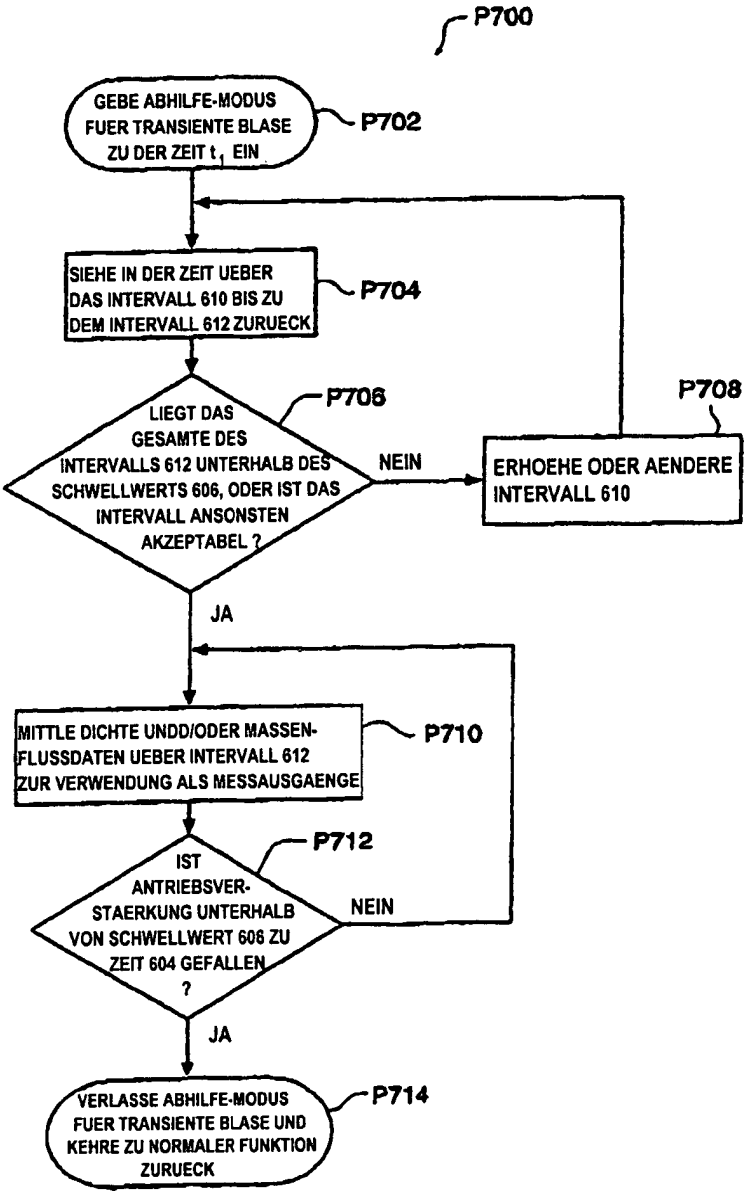

100
90
80
70
600
60
50
40
608
30
612 610
20
602
604
606
10
614
0
ANTRIEBSVERSTAERKUNG %
t0
t1
t2
t3
t4
ZEIT

FIG. 6

FIG. 7


P700
GEBE ABHILFE-MODUS FUER TRANSIENTE BLASE ZU DER ZEIT t_1 EIN
P702
SIEHE IN DER ZEIT UEBER DAS INTERVALL 610 BIS ZU DEM INTERVALL 612 ZURUECK
P704
LIEGT DAS GESAMTE DES INTERVALLS 612 UNTERHALB DES SCHWELLWERTS 606, ODER IST DAS INTERVALL ANSONSTEN AKZEPTABEL ?
P706
NEIN
ERHOEHE ODER AENDERE INTERVALL 610
P708
JA
MITTLE DICHTE UNDD/ODER MASSEN-FLUSSDATEN UEBER INTERVALL 612 ZUR VERWENDUNG ALS MESSAUSGAENGE
P710
IST ANTRIEBSVER-STAERKUNG UNTERHALB VON SCHWELLWERT 606 ZU ZEIT 604 GEFALLEN ?
P712
NEIN
JA
VERLASSE ABHILFE-MODUS FUER TRANSIENTE BLASE UND KEHRE ZU NORMALER FUNKTION ZURUECK
P714

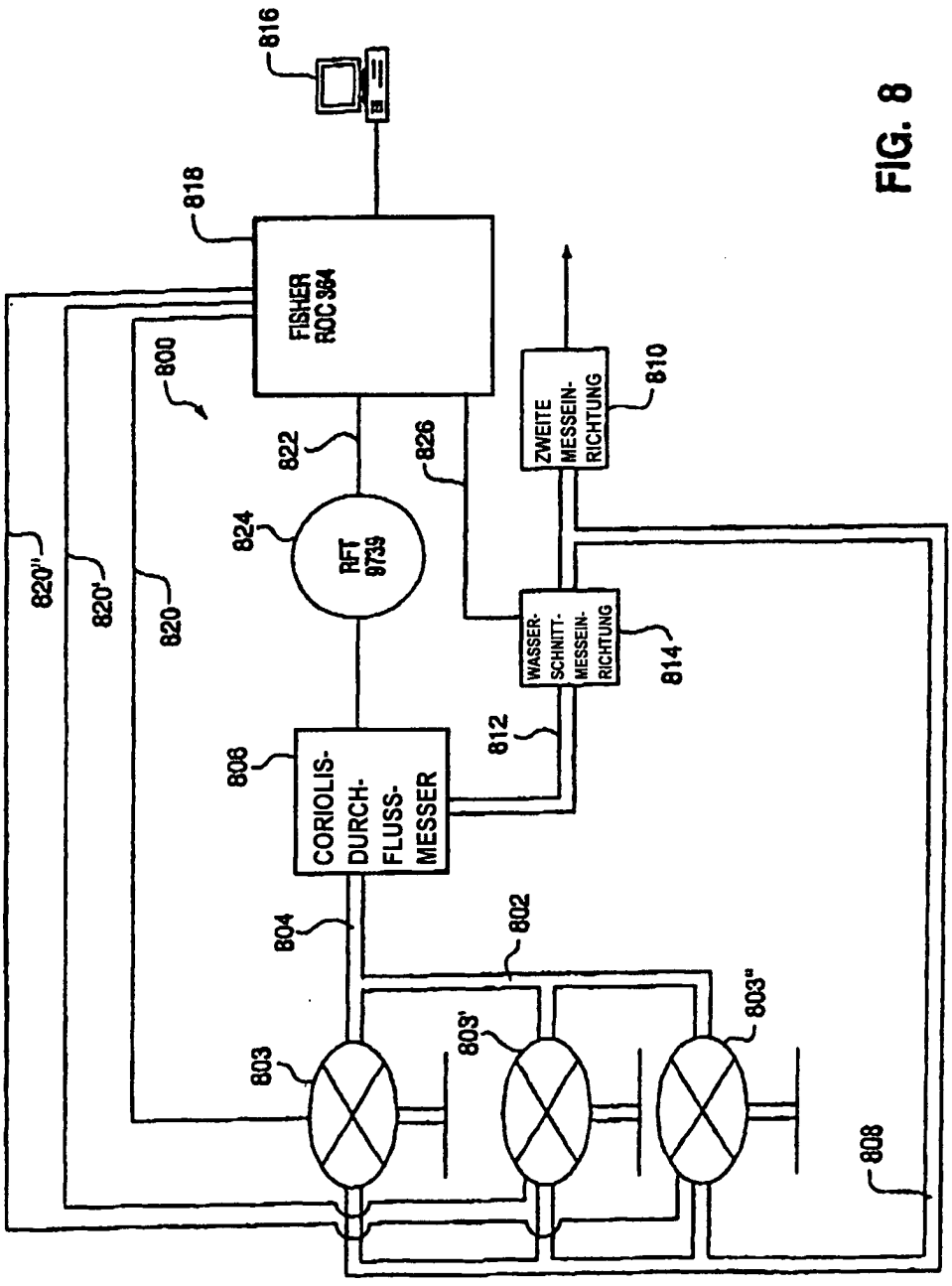

816
818
FISHER ROC 364
800
822
826
824
RFT 9739
820''
820'
820
ZWEITE MESSEIN-RICHTUNG
810
WASSER-SCHNITT-MESSEIN-RICHTUNG
814
812
806
CORIOLIS-DURCH-FLUSS-MESSER
804
802
803
803'
803''
808

FIG. 8