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

(10) **DE 699 27 156 T2** 2006.06.14

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 092 131 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 27 156.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US99/14513**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 931 953.6**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 00/02016**
(86) PCT-Anmeldetag: **25.06.1999**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **13.01.2000**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.04.2001**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **07.09.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.06.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01F 1/34*** (2006.01)
G01F 25/00 (2006.01)
A61M 1/14 (2006.01)
F04B 43/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
108528 **01.07.1998** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE

(73) Patentinhaber:
Deka Products Ltd. Partnership, Manchester, N.H., US

(72) Erfinder:
GRAY, B., Larry, Merrimack, US; BRYANT, Robert, Manchester, US; SPENCER, Geoffrey, Manchester, US; MORELL, B., John, Manchester, US

(74) Vertreter:
PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR, 80801 München

(54) Bezeichnung: **STRÖMUNGSWÄCHTER FÜR EIN ELEMENT**

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

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Strömungssysteme und genauer gesagt die Entscheidung, ob ein Strömungsmittel innerhalb einer Leitung aufgehört hat zu strömen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Ein Problem in Strömungswächter-Systemen ist die mangelnde Möglichkeit, eine Okklusion (bzw. Verschließung) in einer Strömungsleitung schnell zu erfassen. Wenn ein Patient an eine Maschine zur Ausgabe eines Strömungsmittels angeschlossen ist, dann kann die Strömungsleitung gebogen oder flach gedrückt und somit okkludiert (bzw. verschlossen) werden. Dieses ist ein Problem, da der Patient eventuell eine vorgeschriebene Menge einer Flüssigkeit über einen bestimmten Zeitraum benötigt und eine Okklusion die Transportrate auf einen Wert, der niedriger ist als die notwendige Rate, sinken lassen kann, falls sie nicht umgehend erfasst wird. Eine bekannte Lösung zur Bestimmung, ob eine Leitung okkludiert ist, besteht in einer Volumen-Messung des transportierten Strömungsmittels. In einigen Dialysegeräten werden zu vorbestimmten Zeiten Volumen-Messungen durchgeführt, um zu prüfen, ob der Patient die notwendige Strömungsmittelmenge erhalten hat. In diesem System werden sowohl der Füllhub als auch der Förderhub einer Pumpe zeitlich bestimmt. Dieses Messsystem bietet jedoch bei weitem keine unverzügliche Rückmeldung. Wenn über eine erste Zeitdauer die Volumen-Messung sich vom erwarteten Volumen unterscheidet, dann kann das System zurückspringen und das Volumen des verschickten Strömungsmittels noch einmal messen. In diesem Falle muss jedoch mindestens eine zusätzlichen Periode durchgeführt werden, bevor bestimmt werden kann, ob die Leitung tatsächlich okkludiert war. Ein Alarm, der anzeigt, dass die Leitung okkludiert ist, kann frühestens nach mindestens zwei Zyklen abgegeben werden.

[0003] Die US 4,976,162 beschreibt ein Strömungssystem, mit einer Kammer und einer Membran, die die Kammer in zwei Teile teilt, wobei eine Seite ein Strömungsmittel enthält und die andere Seite ein Messgas enthält. Ein Druckwandler ist auf der Seite des Messgases vorgesehen.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Nach der vorliegenden Erfindung ist ein Strömungswächter-System wie in Anspruch 1 dargelegt vorgesehen.

[0005] Ebenfalls offenbart ist ein Verfahren zur Bestimmung, wann ein erstes Strömungsmittel mit einem Druck aufgehört hat innerhalb einer Leitung zu fließen. Das Verfahren kann die folgenden Schritte enthalten:
Beaufschlagen einer über die Zeit variierenden Energiemenge auf ein zweites Strömungsmittel, welches durch eine Membran vom ersten Strömungsmittel getrennt ist,
Messen eines Druckes des zweiten Strömungsmittels, und
Entscheiden, aufgrund zumindest des Druckes des zweiten Strömungsmittels, ob das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen.

[0006] Ein weiteres Verfahren enthält die folgenden Schritte:
Modulieren eines Druckes eines zweiten Strömungsmittels, welches durch eine Membran vom ersten Strömungsmittel getrennt ist;
Messen des Druckes des zweiten Strömungsmittels;
Bestimmen eines Wertes entsprechend der Ableitung bezüglich einer Zeitperiode des Druckes des zweiten Strömungsmittels, und Erhalten eines Ableitungswertes;
Bestimmung eines Wertes entsprechend der Größe des Ableitungswertes und Erhalten eines Ableitungsbetrages;
Bestimmen eines Wertes entsprechend einer Tiefpassfilterung des Ableitungsbetrages und Erhalten einer Tiefpassausgabe; und Vergleichen der Tiefpassausgabe mit einem Schwellwert, um zu bestimmen, dass das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen, falls die Tiefpassausgabe unter dem Schwellwert liegt. In einer weiteren Ausführungsform enthält das Verfahren weiterhin die folgenden Schritte:
Bestimmen der Differenz zwischen dem Druck des zweiten Strömungsmittels und einem Zielwert, und variieren eines Einlassventils in Antwort auf die Differenz zwischen dem Druck des zweiten Strömungsmittels und dem Zielwert, um den Druck des zweiten Strömungsmittels auf den Zielwert hin zu verändern.

[0007] In einer anderen Anordnung enthält der Zielwert einen zeitveränderlichen Anteil mit einer Amplitude und ist über einen DC-Anteil gelegt. Die Amplitude des zeitveränderlichen Anteils ist kleiner als der DC-Anteil.

[0008] In einer erfindungsgemäßen Ausführungsform wird der Prozessor benutzt, um anhand des Signals zu bestimmen, ob das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen.

[0009] In einer anderen Ausführungsform enthält das Strömungswächter-System eine Kammer, einen Vorratstank, eine Membran, einen Wandler und einen Prozessor. Der Vorratstank enthält ein zweites Strömungsmittel, das in Fließverbindung mit der Kammer steht, und der Tank hat ein Ventil, welches zwischen dem Vorratstank und der Kammer angeordnet ist. Die

Membran ist in der ersten Kammer zwischen dem ersten Strömungsmittel und dem zweiten Strömungsmittel angeordnet und wird benutzt, um das erste Strömungsmittel durch eine Druckdifferenz zwischen dem ersten Strömungsmittel und dem zweite Strömungsmittel zu pumpen. Der Wandler wird benutzt, um den Druck des zweiten Strömungsmittels in der Kammer zu messen und ein Drucksignal zu erzeugen. Der Prozessor führt mehrere Schritte durch, nämlich:

i) Einlesen des Drucksignals,

ii) Bestimmen eines Wertes, der der Ableitung nach der Zeitperiode des Drucksignals entspricht, und Erzeugen eines Ableitungswertes,

iii) Bestimmen eines Wertes, der dem Betrag des Ableitungswertes entspricht, und Erzeugen eines Ableitungsbetrages,

iv) Bestimmen eines Wertes, der einer Tiefpassfilterung des Ableitungsbetrages entspricht, und Erzeugen einer Tiefpassausgabe,

v) Vergleichen der Tiefpassausgabe mit einem Schwellwert, um zu bestimmen, ob das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen, falls die Tiefpassausgabe unter dem Schwellwert liegt, und

vi) Ausgeben eines Anzeigesignals, falls das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen.

[0010] In einer anderen verwandten Ausführungsform steuert der Prozessor das Öffnen und das Schließen eines Ventils in Antwort auf die Differenz zwischen dem Druck des zweiten Strömungsmittels und einem Zielwert, wobei das Öffnen und Schließen des Ventils den Druck des zweiten Strömungsmittels auf den Zielwert hin anpasst. In weiteren Ausführungsformen kann das erste Strömungsmittel eine Dialyseflüssigkeit oder Blut sein und das zweite Strömungsmittel kann Luft oder ein Gas sein.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] Die oben beschriebenen Merkmale der Erfindung werden im Folgenden unter Zuhilfenahme der beiliegenden Zeichnungen im Detail beschrieben.

[0012] Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer vereinfachten Ausführungsform der Erfindung, und zeigt eine Kammer, einen Vorratstank und einen Prozessor.

[0013] Fig. 2A zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens, um zu berechnen, ob ein Strömungsmittel in einer Leitung aufgehört hat zu strömen, nach einer Ausführungsform der Erfindung.

[0014] Fig. 2B zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **202** in Fig. 2A, und zeigt das Drucksignal des zweiten Strömungsmittels in Abhängigkeit von der Zeit.

[0015] Fig. 2C zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **204** in Fig. 2A, und zeigt die Ableitung von Schritt **202** in Abhängigkeit von der Zeit.

[0016] Fig. 2D zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **206** in Fig. 2A, und zeigt den Betrag von Schritt **204**, in Abhängigkeit von der Zeit.

[0017] Fig. 2E zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **208** in Fig. 2A, und zeigt eine Tiefpassfilterung von Schritt **206**, in Abhängigkeit von der Zeit.

[0018] Fig. 3 zeigt ein Flussdiagramm eines Regelungskreises zum Einstellen des Druckes in der Kammer in Fig. 1, nach einer Ausführungsform der Erfindung.

DETALLIERTE BESCHREIBUNG VON BESTIMMTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0019] Wie in Fig. 1 dargestellt, ist ein Strömungswächter-System allgemein mit der Ziffer **10** gekennzeichnet. Das Strömungswächter-System ist so gestaltet, dass es den Druck eines Strömungsmittels benutzt, um ein anderes Strömungsmittel zu bewegen. Die Erfindung wird im Allgemeinen unter Bezugnahme auf das Strömungswächter-System in Fig. 1 beschrieben, es sollte jedoch ersichtlich sein, dass viele Strömungssysteme wie zum Beispiel Dialysegeräte oder Bluttransportgeräte, sich in ähnlicher Weise die verschiedenen Ausführungsformen und Verbesserungen, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind, zu Nutze machen können. In der folgenden Beschreibung und in den Ansprüchen bedeutet der Ausdruck „Leitung", ohne darauf beschränkt zu sein, einen Behälter, eine Kammer, einen Halter, einen Tank, ein Rohr, oder noch konkreter Pumpkammern für Dialysegeräte und Bluttransportgeräte. In der folgenden Beschreibung und in den Ansprüchen bezeichnet der Ausdruck „Membran" alles, was geeignet ist, zwei Strömungsmittel so voneinander zu trennen, dass das eine Strömungsmittel nicht in das andere Strömungsmittel fließt, wie zum Beispiel eine Scheidewand. Jegliche Vorrichtungen zur Umwandlung eines Strömungsdruckes in ein elektrisches, hydraulisches, optisches oder digitales Signal werden in Folgendem als „Wandler" bezeichnet. In der folgenden Beschreibung und in den Ansprüchen bezeichnet der Ausdruck „Energiebeaufschlagungsvorrichtung" jegliche Vorrichtung, die ein System mit Energie beaufschlagen kann. Einige Beispiele solcher Energiebeaufschlagungsvorrichtungen sind unter Druck stehende Flüssigkeitsbehälter, Heizgeräte, Kolben, Aktuatoren und Kompressoren.

ÜBERBLICK ÜBER SYSTEM UND VERFAHREN ZUM BESTIMMEN, OB EIN STRÖMUNGSMITTEL IN EINER LEITUNG STRÖMT

[0020] Dieses System und dieses Verfahren erlau-

ben es, schnell festzustellen, ob ein Strömungsmittel aufgehört hat in einer Leitung zu strömen. In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Leitung eine Kammer **11**. Das Verfahren bestimmt, ob ein Pumpmechanismus eines Strömungswächter-Systems am Ende eines Hubes ist und ein Strömungsmittel, im Folgenden als „erstes Strömungsmittel" bezeichnet, aufgehört hat zu strömen. In einer Ausführungsform sind das System und das Verfahren Teil eines Strömungswächter-Systems zum Transport von einer Dialyseflüssigkeit **13**, wobei das erste Strömungsmittel mittels eines Pumpmechanismusses, der eine flexible Membran **12** sein kann, durch eine Kammer **11** bewegt wird. Das erste Strömungsmittel **13** kann Blut, eine Dialyseflüssigkeit, eine flüssige Medizin oder jedes andere Strömungsmittel sein. Das Strömungsmittel, welches sich auf der gegenüberliegenden Seite der Membran vom ersten Strömungsmittel befindet wird als zweites Strömungsmittel bezeichnet. Das zweite Strömungsmittel **14** ist vorzugsweise ein Gas, kann aber jedes Strömungsmittel sein. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das zweite Strömungsmittel Luft.

[0021] Die flexible Membran **12** bewegt sich innerhalb der Kammer **11** auf und nieder, aufgrund von Druckunterschieden im zweiten Strömungsmittel. Wenn die Membran **12** ihren niedrigsten Punkt erreicht, kommt sie in Berührung mit dem Boden **19** der Kammer **11**. Wenn die Membran **12** den Boden **19** berührt, dann ist sie am unteren Ende beziehungsweise am Ende ihres Hubes. Das Ende eines Hubes ist ein Anzeichen, dass das erste Strömungsmittel **13** aufgehört hat zu strömen. Um festzustellen ob der Pumpmechanismus **12** am Ende seines Hubes ist, wird der Druck des zweiten Strömungsmittels ständig gemessen. Der Druck des zweiten Strömungsmittels wird gemessen, um festzustellen, ob das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen.

[0022] Diese Druckmessung wird innerhalb der Kammer bzw. Leitung mittels eines Wandlers **15** durchgeführt. Der Wandler **15** sendet ein Ausgangssignal an einen Prozessor **18**, welcher die übrigen Schritte durchführt und das System steuert. Der Prozessor **18** bildet eine Ableitung. Der absolute Wert dieser Ableitung wird gebildet, woraufhin das Signal tiefpassgefiltert wird, und schließlich mit einem Schwellwert verglichen wird. Wenn das Signal unterhalb des Schwellwertes liegt, hat das Strömungsmittel aufgehört zu strömen. Der Betrag der Ableitung kann als „Betrag der Ableitung" bezeichnet werden und entweder der Betrag, die Größe oder ein Wert, der den Betrag bezeichnet, kann dafür verwendet werden. Wenn festgestellt worden ist, dass das erste Strömungsmittel **13** aufgehört hat zu strömen, dann ist das System in der Lage herauszufinden, ob eine Okklusion (Verschluss) in einer Ausgangsleitung **22** oder einer Eingangsleitung **23** vorliegt, oder ob die Quelle des Strömungsmittels erschöpft ist. Da vom Algorithmus schnell erfasst wird, wenn das Strömungsmittel anhält, kann die Verzögerung mit der erfasst wird, ob die Ausgangsleitung **22** oder die Eingangsleitung **23** okkludiert sind, um eine Größenordnung gegenüber dem Stand der Technik für ein solches System verringert werden. Eine genauere Beschreibung dieses Verfahrens und des dazugehörigen Systems sind unten stehend angegeben. Das System zum Bestimmen wann ein Strömungsmittel aufgehört hat zu Strömen kann auch zusammen mit einem Steuerungssystem betrieben werden.

[0023] In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Druck im Behälter von einem geschlossenen Regelkreissystem geregelt. Dieses versucht den Druck des zweiten Strömungsmittels an einen Zieldruck anzupassen, indem es das gemessene Drucksignal des zweiten Strömungsmittels mit einem Zieldruck vergleicht, um das Öffnen beziehungsweise Schließen eines Einlassventils **16** zu steuern, um den Druck des zweiten Strömungsmittels anzupassen. Hierbei wird der Ausdruck „versucht" im regelungstheoretischen Sinn verwendet. Das Einlassventil **16** verbindet die Kammer mit einem unter Druck stehenden Strömungsmittel-Vorratsbehälter **17**.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DES SYSTEMS ZUM BESTIMMEN OB EIN STRÖMUNGSMITTEL STRÖMT

[0024] Wie in Fig. 1 dargestellt, strömt in einer bevorzugten Ausführungsform ein Strömungsmittel durch eine Leitung **11**, in der ein Pumpmechanismus **12** angeordnet ist. Dieser Mechanismus kann aus einer flexiblen Membran **12** bestehen, welche die Leitung **11** teilt und an Innenseiten **20** der Leitung befestigt ist. Die Membran **12** kann mittels von Druckänderungen in der Kammer **11** hinauf und hinunter bewegt werden und ist das Mittel durch welches das Strömungsmittel durch die Kammer **11** transportiert wird. Ein computergesteuertes pneumatisches Ventil **16**, welches verschiedene Anschlüsse (nicht dargestellt) der Kammer **11** mit positivem oder negativem Druck beaufschlagt, zwingt die Membran **12** auf die Kammerwand zu oder davon weg. Das pneumatische Ventil **16** ist mit einem unter Druck stehenden Vorratsbehälter **17** verbunden. Mit „unter Druck stehend" ist hierbei gemeint, dass der Vorratsbehälter ein Strömungsmittel **14** enthält, welches unter einem größeren Druck steht als das zu transportierende Strömungsmittel **13**.

[0025] Die Druckregelung in der Leitung **11** wird durch einen geschlossenen Regelungskreislauf mit dem pneumatischen Ventil **16**, welches eine variable Größe hat, erreicht. Das Strömungsmittel **13** fließt durch die Kammer, in Antwort auf einen Druckunterschied zwischen dem ersten Strömungsmittel **13**, welches transportiert wird, und dem zweiten Strömungsmittel **14**, welches vom Vorratsbehälter in die

Leitung geführt wird.

[0026] Der Vorratsbehälter **17** lässt eine zeitveränderliche Menge des zweiten Strömungsmittels **14** in die Kammer. Wenn der Druck des Strömungsmittels aus dem Vorratsbehälter zunimmt, verengt die Membran **12** das Volumen, in dem sich das transportierte Strömungsmittel **13** befindet, und erzwingt so die Bewegung des transportierten Strömungsmittels **13**. Der Fluss des Strömungsmittels wird von einem Prozessor **18** geregelt, der den Druck des zweiten Strömungsmittels mit einem Zieldrucksignal vergleicht, und das Öffnen und Schließen des Ventils **16** dementsprechend steuert. Wenn das Strömungsmittel **13** anhält, schließt das Ventil **16**, nachdem der Druck sein Ziel erreicht hat. Dies zeigt, das die Membran oder der Pumpmechanismus **12** am Ende eines Hubes angelangt ist oder die Strömungsleitung okkludiert ist. Nachdem das Strömungsmittel aufhört zu strömen, bleibt der Druck in der Leitung **11** bei einem konstanten Wert. Wenn also das Drucksignal differenziert wird, dann ist dieser Ableitungswert gleich Null. Aufgrund dieser Information ist ein System entwickelt worden, welches bestimmt, ob das Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen.

BESCHREIBUNG DES STRUERSYSTEMS UND DES REGELKREISES

[0027] Der folgende Abschnitt bezieht sich auf das Flussdiagramm in Fig. 3 und auf Fig. 1. In einer bevorzugten Ausführungsform arbeitet das Steuersystem wie folg:
Das zweite Strömungsmittel bzw. der Luftdruck innerhalb der Kammer wird mit dem Wandler **15** gemessen (Schritt **302**). Das erzeugte Drucksignal wird in den Prozessor **18** gegeben, welcher dieses Signal mit einem Zieldrucksignal vergleicht und das Ventil **16**, das den unter Druck stehenden Strömungsmittel-Vorratsbehälter **17** und die Kammer **11** verbindet, so ausregelt, dass der Druck des zweiten Strömungsmittels beziehungsweise der Luft in der Kammer **11** sich auf einen Zieldruck zu bewegt (Schritt **304**). Der Zieldruck in diesem geschlossenen Regelkreis ist ein computer-simulierter DC-Zielwert über den ein kleiner zeitveränderlicher Anteil gelegt ist. In der bevorzugten Ausführungsform ist der zeitveränderliche Anteil ein AC-Anteil, dessen Wert nur einen kleinen Bruchteil des DC-Wertes beträgt. Der zeitveränderliche Anteil stellt somit ein Mittel bereit, das Drucksignal um den gewünschten Zielwert schwanken zu lassen, bis der Hub beendet ist. Da über dem Zieldruck ein zeitveränderliches Signal gelegt ist, wird die Differenz beziehungsweise der Unterschied zwischen dem Drucksignal und dem Zielwert nie bei Null bleiben solange Strömungsmittel durch die Leitung strömt. Der Zieldruck wird von Zeitperiode zu Zeitperiode fluktuieren, was sicher stellt, dass die Differenz zwischen dem Druck und dem Zieldruck einen Wert ungleich Null ergibt, solange ein Strömungsmittel strömt.

[0028] Wenn ein höherer Druck erwünscht ist, was bedeutet dass der Druck in der Kammer **11** unter dem Zieldruck liegt, dann wird das Ventil **16** geöffnet, was es dem unter Druck stehenden Strömungsmittel, also Luft **14** in einer bevorzugten Ausführungsform, erlaubt vom Vorratsbehälter in die Kammer zu fließen (Schritt **306**). Der Vorratsbehälter braucht nicht mit Luft gefüllt zu sein. Der Vorratsbehälter **17** kann mit jedwedem Strömungsmittel, hier als zweites Strömungsmittel **14** bezeichnet, gefüllt sein, welches mit einem größeren Druck gespeichert ist als das erste Strömungsmittel **13**, welches das zu transportierende Strömungsmittel ist. Zur Erleichterung der Beschreibung wird das zweite Strömungsmittel als „Luft" bezeichnet. Solange das erste Strömungsmittel **13** strömt, muss das Ventil **16** offen bleiben, um der Luft **14** zu erlauben, in die Kammer **11** zu strömen, um so einen konstanten Druck aufrecht zu erhalten. Wenn ein niedrigerer Druck erwünscht ist, was bedeutet, dass der Druck größer ist als der Zieldruck, dann ist das Ventil **16** nicht so weit offen (Schritt **308**). Wenn das Strömungsmittel aufhört, sich zu bewegen, dann schließt das Ventil **16** komplett. Abhängig von der Veränderung im Druck kann das Strömungsmittel in die Kammer **11** hinein oder daraus heraus fließen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DES SYSTEMS UND DES VERFAHRENS ZUM MESSEN OB DAS STRÖMUNGSMITTEL AUFGEHÖRT HAT ZU STRÖMEN

[0029] Wie in Fig. 2A dargestellt, wird das Verfahren zum Bestimmen wann ein Strömungsmittel in einer Leitung aufgehört hat zu strömen anhand der in Fig. 1 gezeigten Vorrichtung beschrieben. In einer Ausführungsform wird der Druck des zweiten Strömungsmittels in der Kammer mit einem Wandler, welcher den Druck abliest, gemessen (Schritt **202**). Fig. 2B zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **202** in Fig. 2A, und zeigt das Drucksignal des zweiten Strömungsmittels in Abhängigkeit von der Zeit.

[0030] So lange die Membran **12** noch nicht am Ende ihres Hubes ist, ändert sich in jeder Periode der Druck des zweiten Strömungsmittels durch den AC-Anteil, der über den DC-Zieldruck gelegt wird. Der AC-Anteil verursacht ein periodisches Öffnen und Schließen des Ventils **16**, so dass der Druck des zweiten Strömungsmittels **11** den AC-Anteil des Zieldruckes imitiert und somit moduliert wird. So lange das Strömungsmittel weiter fließt, wird der Druckunterschied zwischen den Perioden nicht gleich Null sein.

[0031] Der gemessene Druck wird zum Prozessor **18** gesendet, welcher diese Information abspeichert und das gemessene Drucksignal bezüglich des eingestellten Zeitintervalls ableitet (Schritt **204**). Fig. 2C

zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **204** in Fig. 2A, und zeigt die Ableitung von Schritt **202** in Abhängigkeit von der Zeit.

[0032] Weil der AC-Anteil des Zieldruckes bewirkt, dass das Einlassventil **16** den tatsächlichen Druck der Luft beziehungsweise des zweiten Strömungsmittels **14** in der Kammer **11** während des Hubes anpasst, verändert sich auch der Druckunterschied zwischen jedem Zeitintervall in ähnlicher Weise. Wenn der Pumpmechanismus beziehungsweise die Membran **12** das Ende eines Hubes erreicht, dann nähert sich der Druckunterschied (dp) pro Zeitintervall Null, wenn das Strömungsmittel aufhört zu strömen.

[0033] Der Prozessor **18** bildet dann den Betrag des abgeleiteten Drucksignals (Schritt **206**). Fig. 2D zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **206** in Fig. 2A, und zeigt den Betrag von Schritt von **204** in Abhängigkeit von der Zeit.

[0034] Der Betrag wird gebildet, um zu verhindern, dass das Signal Nulldurchgänge hat. Während das Strömungsmittel fließt, kann das dem Zieldruck überlagerte zeitveränderliche Signal bewirken, dass der Zielwert während einer Periode größer ist als der tatsächliche Druck und während der nächsten Periode kleiner ist als der tatsächliche Druck. Diese Veränderungen bewirken, dass sich das Ventil öffnet und schließt, so dass der tatsächliche Druck den zeitveränderlichen Anteil des Zieldruckes imitiert. Von einer Periode zur nächsten kann die Ableitung des tatsächlichen Drucksignals einen Nulldurchgang haben, wenn sie bezüglich der Zeit aufgetragen wird. Da jedoch ein Druck mit dem Wert Null anzeigt, dass das Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen, würde ein solcher Nulldurchgang anzeigen, dass das Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen, obwohl es das nicht hat. Wenn der Betragswert gebildet wird, dann wird die absolute Größe des Signals genommen, was das Signal auf positive Werte begrenzt.

[0035] Das Drucksignal wird dann tiefpassgefiltert, um die Kurve zu glätten und hochfrequentes Rauschen zu entfernen (Schritt **208**). Dieses Filtern verhindert, dass sich das Signal vor dem Ende des Hubes an Null annähert. Fig. 2E zeigt eine graphische Darstellung von Schritt **208** in Fig. 2A, und zeigt Schritt **206** tiefpassgefiltert und in Abhängigkeit von der Zeit.

[0036] Wenn das gefilterte Signal unter einen vorbestimmten Schwellwert fällt, dann hat das Strömungsmittel aufgehört zu strömen, und entweder die Membran hat das Ende ihres Hubes erreicht oder die Strömungsleitung ist okkludiert (Schritt **210**). Der Schwellwert wird als Abschaltpunkt für sehr kleine Durchflussgeschwindigkeiten verwendet. Niedrige Durchflussgeschwindigkeiten sind einer okkludierten Leitung gleichwertig. Der Schwellwert wird zu einem Wert größer als Null gesetzt, und zwar zu einem Pegel, der sicher stellt, dass keine falschen Indikationen, dass das Strömungsmittel aufgehört hat zu strömen, vorliegen, wenn das Signal oberhalb des Schwellwertes ist. Der Schwellwert wird durch verschiedene Testmessungen im System bestimmt und ist systemabhängig.

ANZEIGEN, OB EINE STRÖMUNGSLEITUNG OKKLUDIERT IST

[0037] Wenn in einer bevorzugten Ausführungsform vom Prozessor **18** angezeigt wird, dass ein Ende des Hubes vorliegt, dann kann das System bestimmen, ob eine der Strömungsleitungen **22** bzw. **23** okkludiert ist. Dies kann durch eine volumetrische Strömungsmittelmessung erreicht werden. Das Volumen der Luft innerhalb der Leitung **11** wird gemessen. Die ideale Gasgleichung kann verwendet werden, um das von dem System verdrängte Strömungsmittel zu messen. Da Druckänderungen inverse proportional zu Volumenänderungen in einem unveränderlichen Raum sind, kann das Luftvolumen in der Pumpkammer **11** unter Verwendung der folgenden Gleichung gemessen werden:

$$Va = Vb(Pbi - Pbf)/(Paf - Pai)$$

Wobei

Va	=	Luftvolumen in der Pumpkammer
Vb	=	(Bekanntes) Referenz-Luftvolumen
Pbi	=	ursprünglicher Druck im Referenzvolumen
Pbf	=	endgültiger Druck im Referenzvolumen
Paf	=	endgültiger Druck in der Pumpkammer
Pai	=	ursprünglicher Druck in der Pumpkammer

[0038] Wenn das Luftvolumen berechnet worden ist, dann wird der Wert des Luftvolumens beim Beginn des Hubes aufgerufen. Die Differenz zwischen der vorherigen und der aktuellen Volumenmessung entspricht dem Volumen des Strömungsmittels **13** welches verdrängt wurde. Wenn die verdrängte Menge des Strömungsmittels **3** weniger als die Hälfte der erwarteten Menge ist, dann werden die Eingangs- bzw. Ausgangsleitung **22** bzw. **23** für okkludiert gehalten, und ein Alarm kann entweder visuell und akustisch oder beides abgegeben werden. Dieser gesamte Prozess kann in weniger als 5 Sekunden durchgeführt werden, im Unterschied zum Stand der Technik, in dem bis zu über 30 Sekunden benötigt werden, um festzustellen, ob eine Strömungsleitung okkludiert ist. Der Algorithmus ist über einem weiten Bereich von Füll- und Förderdrücken sehr robust und ist intolerant gegenüber Variationen im zur Drucksteuerung verwendeten Ventil.

[0039] Es ist möglich, die ideale Gasgleichung zu verwenden, um ein System zu bilden, in dem eine Bedingung dafür, dass keine Strömung vorliegt, mit

anderen Parametern als dem Druck gemessen wird. Falls Energie in einer zeitveränderlichen Weise durch das zweite Strömungsmittel in das System eintreten kann, dann kann die Veränderung im Volumen oder der Temperatur bezüglich des zweiten Strömungsmittels gemessen werden. Falls diese Veränderung für das Volumen oder die Temperatur auf Null zugeht, dann hat das erste Strömungsmittel aufgehört zu strömen.

Patentansprüche

1. Ein Strömungswächter-System zur Abgabe einer bestimmten Menge eines ersten Strömungsmittels (**13**) und zur Überwachung eines Strömungszustands des ersten Strömungsmittels, umfassend:
eine Kammer (**11**) mit einem Einlass, einem Auslass und einer Scheidewand (**12**), die das erste Strömungsmittel (**13**) von einem zweiten Strömungsmittel (**14**) trennt;
eine Energiebeaufschlagungsvorrichtung, die das zweite Strömungsmittel mit einer über die Zeit variierende Energiemenge beaufschlagt;
einen Wandler (**15**) zum Messen des Drucks des zweiten Strömungsmittels (**14**) innerhalb der Kammer und Assoziieren eines Signals mit diesem Druck; und
einen Prozessor (**18**), der ausgelegt ist, um auf Basis von zumindest dem Signal zu bestimmen, ob das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu fließen; sowie eine Anzeige, die aktiviert wird, wenn das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu fließen.

2. Das System nach Anspruch 1, wobei das zweite Strömungsmittel (**14**) ein Gas ist.

3. Das System nach Anspruch 1 oder 2, wobei das zweite Strömungsmittel (**14**) Luft ist.

4. Das System nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei das erste Strömungsmittel (**13**) eine Dialyseflüssigkeit ist.

5. Das System nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei das erste Strömungsmittel (**13**) Blut ist.

6. Das System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei: der Prozessor ausgelegt ist, um auf Basis von dem Signal zu bestimmen, ob das erste Strömungsmittel aufgehört hat zu fließen.

7. Das System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin umfassend:
einen Vorratsbehälter (**17**) enthaltend ein zweites Strömungsmittel, der in Fließverbindung mit der Kammer steht, wobei ein Ventil zwischen dem Vorratsbehälter und der Kammer angeordnet ist;
wobei die Scheidewand (**12**) die erste Flüssigkeit auf einen Druckunterschied zwischen der ersten und der zweiten Flüssigkeit hin weiter pumpt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

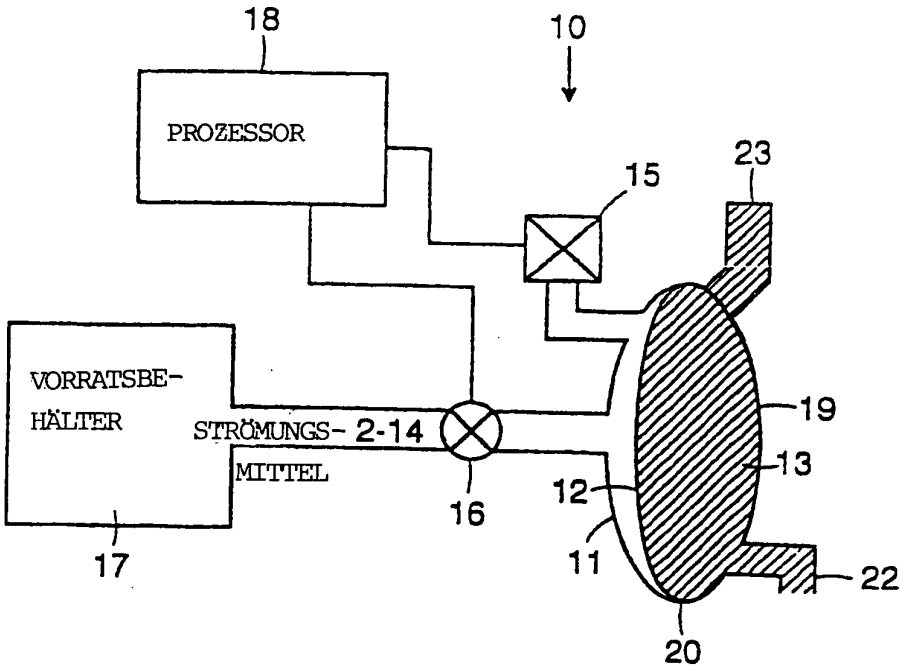

FIG. 1

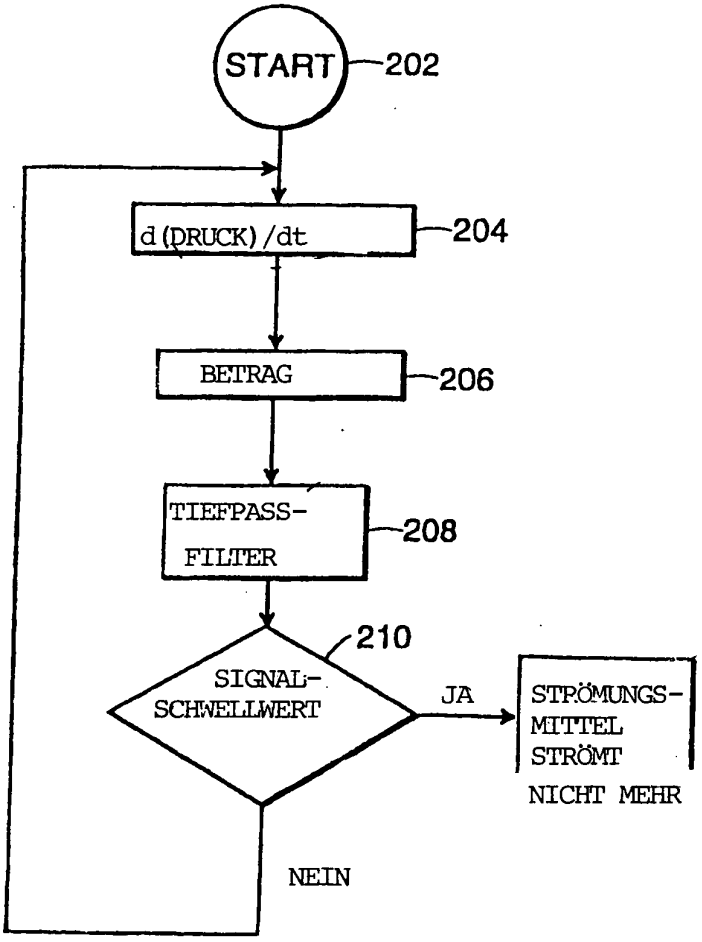

FIG. 2A

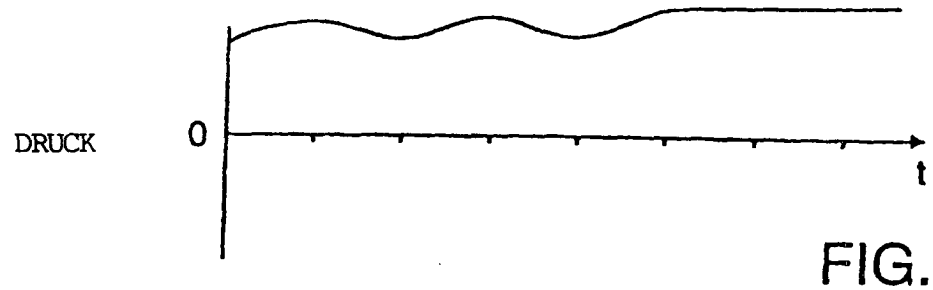

FIG. 2B

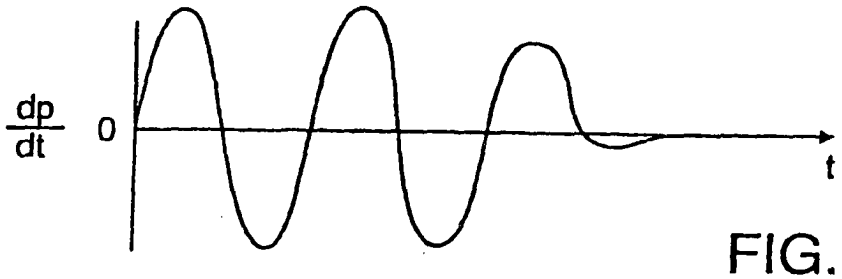

FIG. 2C

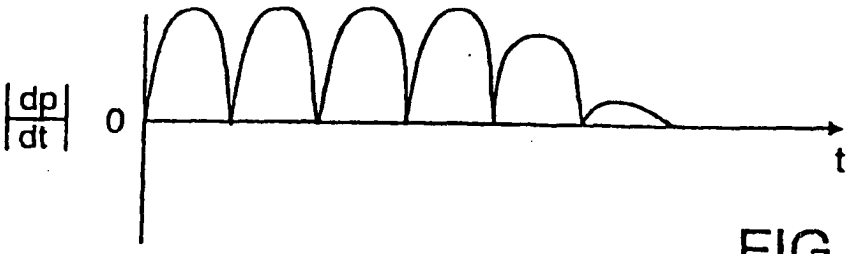

FIG. 2D

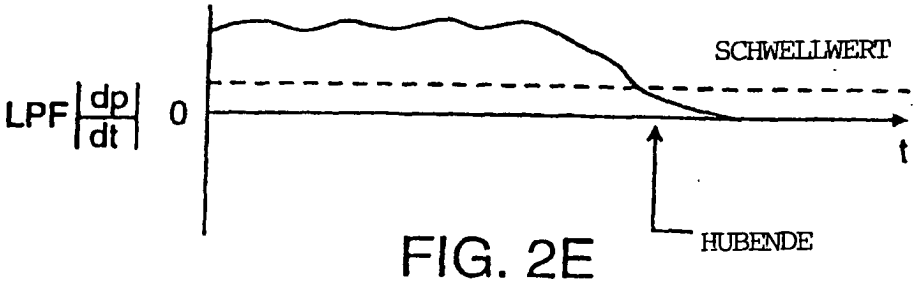

FIG. 2E

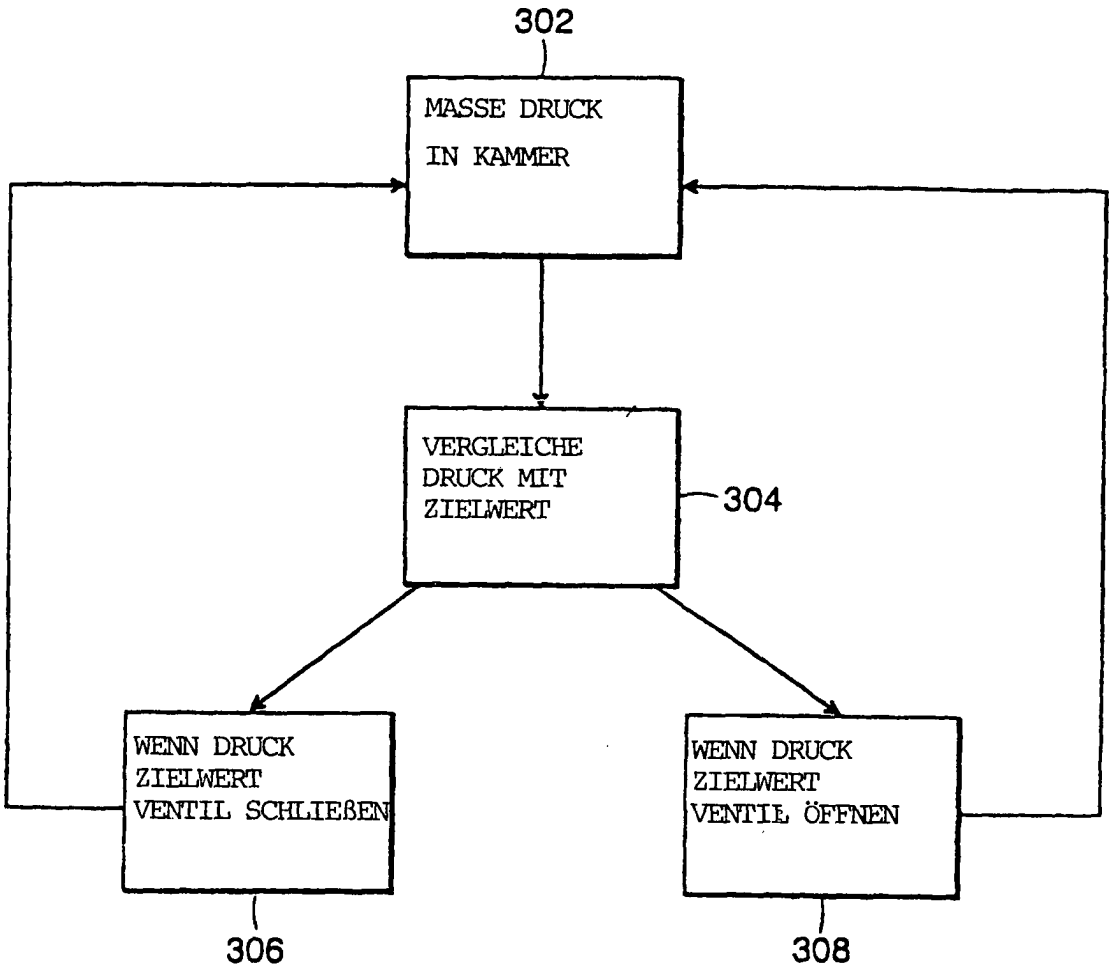
302
MASSE DRUCK
IN KAMMER
VERGLEICHE
DRUCK MIT
ZIELWERT
304
WENN DRUCK
ZIELWERT
VENTIL SCHLIEßEN
306
WENN DRUCK
ZIELWERT
VENTIL ÖFFNEN
308

FIG. 3