

(12)

Patentschrift

(21)

Anmeldenummer:

A 50226/2019

(22)

Anmeldetag:

18.03.2019

(45)

Veröffentlicht am:

15.11.2020

(51)

Int. Cl.:

G01F 1/84

G01F 15/02

(2006.01)

(2006.01)

<div>(56)</div> <div>Entgegenhaltungen:</div> <div>US 2014190579 A1</div> <div>US 2013186486 A1</div> <div>US 2015276449 A1</div> <div>EP 3105647 B1</div> <div>JP H04313107 A</div> <div>EP 0834723 A1</div> <div>WO 2016206983 A2</div> <div>US 4341107 A</div>	<div>(73)</div> <div>Patentinhaber:</div> <div>AVL List GmbH</div> <div>8020 Graz (AT)</div> <div>(72)</div> <div>Erfinder:</div> <div>Buchner Michael Dipl.Ing.</div> <div>8010 Graz (AT)</div> <div>Kammerstetter Heribert Dr.</div> <div>5020 Salzburg (AT)</div> <div>(74)</div> <div>Vertreter:</div> <div>Kopetz Heinrich Dipl.Ing.</div> <div>8020 Graz (AT)</div>
---	---

(54) **Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit**

(57) Es sind Messsysteme zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit mit einer Hauptleitung (10), die von einer Versorgungseinheit (36) zu einem Verbraucher (40) führt, einer Messeinheit (34), die aus einem ersten Coriolis-Messgerät (12), welches in der Hauptleitung (10) angeordnet ist, einem zweiten Coriolis-Messgerät (14), welches in Reihe zum ersten Coriolis-Messgerät (12) in der Hauptleitung (10) angeordnet ist und für einen kleineren Maximaldurchfluss ausgelegt ist als das erste Coriolis-Messgerät (12), einer Bypassleitung (16), über die das zweite Coriolis-Messgerät (12) umgehbar ist, und einem Ventil (18), welches in der Bypassleitung (16) angeordnet ist, besteht, und mit einer Recheneinheit (32), die mit dem ersten Coriolis-Messgerät (12) und dem zweiten Coriolis-Messgerät (14) verbunden ist, bekannt, wobei das Ventil (18) druckabhängig öffnet und stromabwärts der Messeinheit (34) in der Hauptleitung (10) ein Ausgangsdruckregler (38) angeordnet ist.

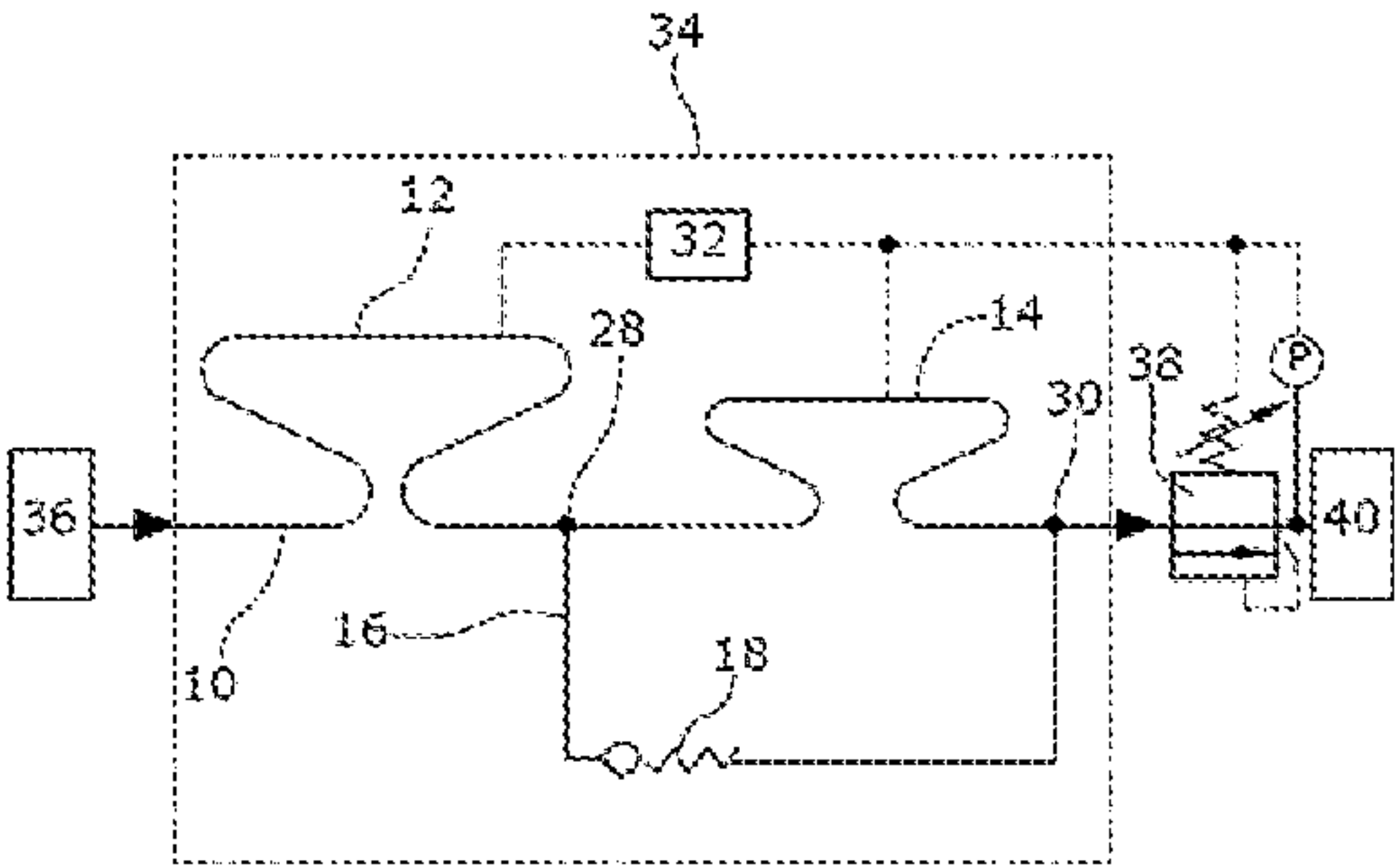


Fig.1

## Beschreibung

### MESSSYSTEM ZUR MESSUNG EINES MASSENDURCHFLUSSES, EINER DICHTHE, EINER TEMPERATUR UND/ODER EINER STRÖMUNGSGESCHWINDIGKEIT

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit mit einer Hauptleitung, die von einer Versorgungseinheit zu einem Verbraucher führt, einer Messeinheit, die aus einem ersten Coriolis-Messgerät, welches in der Hauptleitung angeordnet ist, einem zweiten Coriolis-Messgerät, welches in Reihe zum ersten Coriolis-Messgeräts in der Hauptleitung angeordnet ist und für einen kleineren Maximaldurchfluss ausgelegt ist als das erste Coriolis-Messgerät, einer Bypassleitung, über die das zweite Coriolis-Messgerät umgehbar ist, und einem Ventil, welches in der Bypassleitung angeordnet ist, besteht, und mit einer Recheneinheit, die mit dem ersten Coriolis-Messgerät und dem zweiten Coriolis-Messgerät verbunden ist.

**[0002]** Derartige Messsysteme und zugehörige Messverfahren werden in einer Vielzahl von Anlagen genutzt, in denen Aussagen zu den in der Anlage vorhandenen Durchflüssen, Dichten oder Geschwindigkeiten erforderlich sind. Mit den verwendeten Messgeräten können sowohl die Durchflüsse von Flüssigkeiten als auch von Gasen in den entsprechenden Leitungen gemessen werden. Ein Beispiel für eine Durchflussmessung ist die Verwendung einer derartigen Anordnung zur Verbrauchsmessung von Kraftstoffen in Kraftfahrzeugen, die entweder gasförmig oder flüssig vorliegen können.

**[0003]** Bei den bekannten Verbrauchsmesssystemen werden Coriolis-Messgeräte verwendet, da diese eine hohe Genauigkeit bei einphasigen Strömungen aufweisen und auch geeignet sind, Strömungsgeschwindigkeiten und Durchflüsse gasförmiger Medien zu messen. Bei diesen Coriolis-Messgeräten handelt es sich um Messgeräte, die einen Druck aufbauen müssen, um korrekte Messergebnisse anzuzeigen. Des Weiteren erreichen diese Messgeräte immer nur in einem und einem bestimmten Durchflussbereich ausreichend genaue Messergebnisse. Aus diesem Grund sind Messgeräte bekannt geworden, bei denen mehrere unterschiedlich große Coriolis-Messgeräte miteinander kombiniert werden.

**[0004]** Ein Beispiel hierfür ist das in der EP 2 660 570 A2 beschriebene System zur Versorgung einer Gasturbine mit gasförmigem Kraftstoff. Zur Verbrauchsmessung wird hier vorgeschlagen, zwei Durchflussmesser parallel zu schalten und einen dritten Durchflussmesser in Reihe zu schalten. Alle drei Durchflussmesser können dabei über eine Umgehungsleitung, in der ein Schaltventil angeordnet ist, umgangen werden. Hierzu werden zwei kleinere Durchflussmessgeräte parallel vor ein größeres Durchflussmessgerät geschaltet, wobei der Maximaldurchfluss der kleinen Geräte in Summe dem Maximaldurchfluss des großen Gerätes entspricht. Dabei werden immer alle drei Durchflussmesser durchströmt, außer wenn einer der Durchflussmesser zur Kalibrierung ausgebaut wird. Das Ergebnis der Summe der beiden kleinen Durchflussmesser wird mit dem Messergebnis des großen Durchflussmessers verglichen. Als Ergebnis werden bei zu großer Abweichung entweder die Messwerte gewichtet oder lediglich einer der Messwerte verwendet.

**[0005]** Bei der Verwendung solcher unterschiedlich großer Durchflussmesser, die in Reihe oder parallel geschaltet werden, ergibt sich jedoch das Problem, dass keine ausreichende Genauigkeit für unterschiedliche geforderte Drücke über einen großen Durchflussmessbereich kontinuierlich zur Verfügung gestellt werden kann. Des Weiteren entstehen bei den bekannten Ausführungen beim Umschalten der Schaltventile Druckstöße, die das gesamte System beeinflussen und so nicht nur zu Messfehlern führen, sondern gegebenenfalls auch das angeschlossene zu vermessende Gerät beschädigen.

**[0006]** Des Weiteren ist aus der bislang unveröffentlichten A51099/2018 ein Messsystem bekannt, bei dem statt des Schaltventils in der Bypassleitung ein druckabhängig öffnendes Ventil, insbesondere ein Rückschlagventil verwendet wird, über welches der kleinere Coriolis-Sensor ab einem bestimmten Druck umgangen wird. Messfehler können dann lediglich durch die gespeicherte Masse in der Verbindungsleitung zwischen der Messeinheit und dem Verbraucher entste-

hen, da durch die Messeinheit mit steigendem Durchfluss ein erhöhter Druckverlust über die Sensoren entsteht und in der nachfolgenden Leitung entsteht, so dass die Messeinheit möglichst nah am Verbraucher zu platzieren ist, um ausreichend genaue Messergebnisse zu erzielen.

**[0007]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Messsystem und ein Messverfahren zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit zur Verfügung zu stellen, mit denen es möglich wird, eine hochgenaue Messung auch für den Fall durchführen zu können, dass die Messeinheit in größerer Entfernung zum Verbraucher angeordnet ist beziehungsweise werden muss, wie dies beispielsweise bei Klimaschranktests der Fall ist, da die Sensoren für derartige Umgebungsbedingungen bei diesen Tests nicht spezifiziert sind. Des Weiteren soll es möglich sein, reale Druckbedingungen am Verbraucher zu simulieren.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch ein Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0009]** Dadurch, dass das Ventil druckabhängig öffnet und stromabwärts der Messeinheit in der Hauptleitung ein Ausgangsdruckregler angeordnet ist, kann der Druck stromabwärts des Ausgangsdruckreglers auf einen beliebigen, insbesondere einen konstanten Wert eingestellt werden. Entsprechend kann die folgende Leitung, die zum Verbraucher führt, eine beinahe beliebige Länge aufweisen, ohne dass Massenverbrauchsmessfehler entstehen. Zum Erhalt einer Druckstabilität ist es jedoch empfehlenswert, auch die Leitung zwischen dem Ausgangsdruckregler und dem Verbraucher möglichst kurz zu halten. Lediglich die Leitung zwischen der Messeinheit und dem Ausgangsdruckregler weist einen nicht konstanten Druck auf, der zu einer nicht konstanten Masse in diesem Leitungsabschnitt bei kompressiblen Medien führt. Dieser kann jedoch in seiner Länge ebenfalls problemlos minimiert werden, so dass sehr genaue Messergebnisse erreicht werden. Zusätzlich ergibt sich die Möglichkeit, Bedingungen mit sich ändernden Druckverhältnissen nachzustellen, wie diese beispielsweise am Fahrzeug bei einem sich leerenden Tank mit fallendem Druck auftreten. Selbstverständlich ist hierzu der Druck in der Hauptleitung zwischen dem Versorger und der Messeinheit größer zu wählen als der Druck zwischen dem Druckregler und dem Verbraucher. Durch die Verwendung des druckabhängig öffnenden Ventils in der Bypassleitung wird es möglich, jeweils die Messwerte des im entsprechenden Messbereich mit höherer Genauigkeit messenden Coriolis-Sensors zu verwenden. Unter einem abhängig vom Druck öffnenden Ventil wird dabei ein Ventil verstanden, welches bei Erreichen eines Schwelldruckes beginnt einen Öffnungsquerschnitt freizugeben, wobei dieser Öffnungsquerschnitt mit steigendem Druck zunimmt. Auf diese Weise können im Vergleich zu einem Schaltventil Druckstöße, die zu einer Unstetigkeit des gemessenen Durchflusses führen, vermieden werden.

**[0010]** Vorzugsweise ist der Ausgangsdruckregler unmittelbar stromabwärts der Messeinheit angeordnet, so dass die Leitungslänge zwischen der Messeinheit und dem Ausgangsdruckregler minimiert wird und damit auch der Fehler der Messung durch die in der Leitung vorhandene nicht konstante Masse minimiert wird.

**[0011]** In einer weiterführenden Ausführungsform ist stromaufwärts der Messeinheit in der Hauptleitung ein zweiter Ausgangsdruckregler angeordnet. Durch eine derartige Anordnung kann darauf verzichtet werden, dass der Versorgungsdruck konstant sein muss, um zuverlässige Messwerte zu erhalten, da solange der Versorgungsdruck nicht unterhalb des Ausgangsdrucks des zweiten Ausgangsdruckreglers sinkt, konstante Druckbedingungen vor den Coriolis-Messgeräten herrschen und so ein Rückfluss durch den Druckregler ausgeschlossen werden kann und entsprechend die Leitung zwischen dem Versorger und dem Druckregler nicht mehr bei der Betrachtung eines nicht konstanten Druckes und damit einer nicht konstanten Masse in der Leitung zu einem Fehler beitragen kann.

**[0012]** Zusätzlich ist es vorteilhaft, wenn der Ausgangsdruck des Ausgangsdruckreglers und/oder des zweiten Ausgangsdruckreglers regelbar ist, da auf diese Weise auf einen Wunschdruck oder auch auf einen sich ändernden Eingangsdruck am Verbraucher geregelt werden kann, wodurch beispielsweise ein sich leerender Tank mit sinkendem Druck simuliert werden kann.



**[0013]** In einer hierzu alternativen Ausführungsform ist stromaufwärts der Messeinheit in der Hauptleitung ein regelbarer Verdichter angeordnet. Dieser sollte hochdynamisch regelbar sein, um einen stetigen gleichen Druck an seinem Ausgang erzeugen zu können, wodurch auch in dieser Ausführung der versorgungsdruck nicht mehr konstant sein muss. Des Weiteren muss der Druck in der Leitung hinter dem Versorger nicht mehr größer sein als der Druck vor dem Verbraucher, da durch den Verdichter der Druck auf das gewünschte Druckniveau angehoben werden kann.

**[0014]** In einer weiterführenden Ausführung ist der Verdichter pulsationsfrei. So werden Druckschwankungen in den nachfolgenden Leitungen vermieden, ohne dass Bufferspeicher oder Druckminderer zum Ausgleich solcher Druckschwankungen verwendet werden müssen.

**[0015]** Besonders vorteilhaft ist hierbei die Ausführung des Verdichters als ein Tesla-Verdichter, da dieser pulsationsfrei arbeitet und keine zusätzliche Schmierung benötigt.

**[0016]** In einer Weiterführung der Erfindung ist zwischen der Messeinheit und dem Ausgangsdruckregler eine Temperaturkonditioniereinheit in der Hauptleitung angeordnet, welche es ermöglicht die Temperatur des Gases zwischen dem Auslass der Messeinheit und dem Einlass in den Verbraucher konstant zu halten oder zur Simulation Temperaturschwankungen nachzustellen, um den Einfluss auf den Verbraucher zu untersuchen.

**[0017]** Dabei ist es vor allem vorteilhaft, wenn die Temperaturkonditioniereinheit eine Konditionierleitung, in der ein zweiter pulsationsfrei fördernder Verdichter und ein Wärmetauscher angeordnet sind und eine Rückführleitung aufweist, die stromabwärts des Wärmetauschers und des zweiten Verdichters von der Konditionierleitung abzweigt und stromaufwärts des Wärmetauschers und des zweiten Verdichters wieder in die Konditionierleitung mündet. Durch diese Kreisführung des Messmediums in der Temperaturkonditioniereinheit kann ein thermischer Kurzschluss zwischen dem Auslass aus der Messeinheit und dem Einlass zum Ausgangsdruckregler hergestellt werden, wodurch die Temperatur völlig unabhängig vom Durchfluss immer konstant gehalten beziehungsweise geregelt werden kann. Die empfindliche Temperatureinheit kann auch in Entfernung zum Ausgangsdruckregler angeordnet werden und dieser in unmittelbarer Nähe zum Verbraucher, um sicherzustellen, dass am Verbraucher selbst der gewünschte ausgangsdruck herrscht.

**[0018]** In einer Weiterbildung der Erfindung ist in der Hauptleitung zwischen Messeinheit und der Temperaturkonditioniereinheit sowie zwischen der Temperaturkonditioniereinheit und dem Ausgangsdruckregler jeweils ein Drucksensor angeordnet ist, die mit einer Steuereinheit des zweiten pulsationsfrei fördernden Verdichters verbunden sind, und dass der zweite pulsationsfrei fördernde Verdichter derart angesteuert wird, dass sich zwischen den Drucksensoren in der Hauptleitung ein konstanter Druckverlust einstellt. Das Druckgefälle der Temperaturkonditioniereinheit wird auf diese Weise auf einen gewünschten konstanten Wert eingestellt, wodurch Messfehler durch Druckschwankungen, die durch die Temperaturkonditioniereinheit entstehen, zuverlässig vermieden werden.

**[0019]** Entsprechend wird ein Messsystem und ein Messverfahren geschaffen, mit denen über einen weiten Durchflussbereich auftretende Durchflüsse sehr genau auch bei Gasen gemessen werden können, da Fehler durch Druckschwankungen in den Leitungen und dadurch sich ändernde Volumina in diesen Leitungen weitestgehend vermieden beziehungsweise minimiert werden. Dies funktioniert in den weiterführenden Ausführungen auch bei größeren Entfernungen zwischen dem Verbraucher und der Versorgungseinheit, wie dies bei Klimaschranktests häufig der Fall ist. Ein derartiges Messsystem ist zusätzlich auf einfache Weise an Kundenwünsche bezüglich des Ausgangsdrucks und der Temperatur anzupassen und erreicht deutlich höhere Genauigkeiten als bekannte Messgeräte.

**[0020]** Vier erfindungsgemäße Ausführungsbeispiele von Messsystemen sind in den Figuren dargestellt und werden im Folgenden anhand der Figuren auch in ihrer Funktionalität beschrieben.

**[0021]** Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Messsystems.

**[0022]** Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Messsystems.

**[0023]** Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Messsystems.

**[0024]** Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Messsystems.

**[0025]** Das in Figur 1 dargestellte erfindungsgemäße Messsystem besteht aus einer ersten Hauptleitung 10, die von einem gasförmigen oder flüssigen Medium, wie beispielsweise einem gasförmigen Kraftstoff durchströmt wird, dessen Massendurchfluss bestimmt werden soll.

**[0026]** In dieser Hauptleitung 10 ist ein erstes Coriolis-Messgerät 12 angeordnet, welches auf einen Maximaldurchfluss aufweist, der über dem zu erwartenden Maximaldurchfluss in das Messsystem liegt. Ein solches Coriolis-Messgerät 12 liefert bei geringen Durchflüssen keine exakten Messwerte aufgrund einer Nullpunktsdrift, die entsteht, weil ein gewisser Mindestdurchfluss für eine exakte Messung bei Coriolis-Messgeräten erforderlich ist.

**[0027]** Stromabwärts dieses ersten Coriolis-Messgerätes 12 ist ein zweites Coriolis-Messgerät 14 in der Hauptleitung 10 angeordnet, dessen Maximaldurchfluss geringer ist als der Maximaldurchfluss des ersten Coriolis-Messgerätes 12, welches jedoch bei geringeren Durchflüssen aufgrund seines Messbereichs exaktere Messwerte liefert als das erste Coriolis-Messgerät 12.

**[0028]** Da dieses zweite, stromabwärtige Coriolis-Messgerät 14 jedoch im oberen zu messenden Bereich oberhalb seines Maximaldurchflusses liegen würde und so einen extrem hohen Druckverlust aufgrund der entstehenden Blendenwirkung verursachen würde, der den zu messenden Durchfluss am Prüfling verfälschen würde beziehungsweise diesen aufgrund eines nicht mehr ausreichenden Mindestausgangsdrucks unmöglich machen würde, zweigt von der Hauptleitung 10 zwischen dem ersten Coriolis-Messgerät 12 und dem zweiten Coriolis-Messgerät 14 eine Bypassleitung 16 ab. Diese Bypassleitung 16 mündet stromabwärts des zweiten Coriolis-Messgerätes im vorliegenden Ausführungsbeispiel wieder in die Hauptleitung 10.

**[0029]** In der Bypassleitung 16 ist ein druckabhängig schaltendes Ventil 18 angeordnet, welches als Rückschlagventil oder Druckregler ausgebildet werden kann.

**[0030]** Das druckabhängig schaltende Ventil 18 öffnet oder schließt einen Durchströmungsquerschnitt der Bypassleitung 16 in Abhängigkeit der auf das Ventil 18 wirkenden Druckdifferenz. Liegt eine Druckdifferenz an, die eine Schwellendruckdifferenz überschreitet, wird entsprechend der Durchströmungsquerschnitt freigegeben und das Medium kann von einer Abzweigung 28 der Bypassleitung 16 aus dem Hauptkanal 10 durch den Bypasskanal 16 und über eine Mündung 30 der Bypassleitung 16 zurück in den Hauptkanal 10 strömen.

**[0031]** Die beiden Coriolis-Messgeräte 12, 14 bilden mit dem druckabhängig schaltenden Ventil 18 und der Bypassleitung 16 eine Messeinheit 34 und sind mit einer Recheneinheit 32 verbunden, an die die Messwerte der Coriolis-Messgeräte 12, 14 übertragen werden und in der diese Messwerte verarbeitet werden, um ein nutzbares Messergebnis zu erzeugen.

**[0032]** Gelangt das Medium über eine Versorgungseinheit 36 in die Hauptleitung 10, wird zunächst das erste Coriolis-Messgerät 12 durchströmt und es baut sich ein Druck auf. Ebenso wird das zweite Coriolis-Messgerät 14 durchströmt, in dem ebenfalls ein Druck aufgebaut wird. Das zweite, kleinere Coriolis-Messgerät 14 erreicht bereits bei relativ kleinen Durchflüssen seinen Messbereich, in dem es exakte Messwerte liefert. Ein ausreichender Durchfluss für exakte Messwerte ist zu diesem Zeitpunkt bei dem Coriolis-Messgerät 12 mit dem höheren Maximaldurchfluss noch nicht erreicht. Entsprechend werden in diesem ersten Messbereich von der Recheneinheit 32 die Messwerte des zweiten Coriolis-Messgerätes 14 als Ausgabewert verwendet.

**[0033]** Bei steigendem Durchfluss im Messsystem erhöht sich die Genauigkeit des ersten Coriolis-Messgerätes 12 und der Druckabfall über das zweite Coriolis-Messgerät 14 steigt an. Entsprechend wird ein zweiter Messbereich ausgewählt, in dem sowohl die Messwerte des ersten Coriolis-Messgerätes 12 als auch die Messwerte des zweiten Coriolis-Messgerätes 14 von der Re-



cheneinheit 32 berücksichtigt und verarbeitet werden, indem diese gewichtet und interpoliert werden und zwar in Abhängigkeit vom Differenzdruck des zweiten Coriolis-Messgerätes 14. Sowohl im ersten als auch im zweiten Messbereich verschließt das Ventil 18 die Bypassleitung 16.

**[0034]** Im sich daran anschließenden Bereich, in dem der Durchfluss so hoch ist, dass präzise Messwerte durch das erste Coriolis-Messgerät 12 ausgegeben werden, werden diese Messwerte auch von der Recheneinheit 32 als Ausgabewert verwendet.

**[0035]** Dieser Bereich teilt sich in zwei Teile und zwar in einen dritten Messbereich, in dem das druckabhängig öffnende Ventil 18 aufgrund des anliegenden Druckes öffnet und einem vierten Messbereich, der zwischen dem zweiten Messbereich und dem dritten Messbereich liegt, in dem zwar die Messwerte des ersten Coriolis-Messgerätes 12 als Ausgabewert genutzt werden, jedoch das druckabhängig öffnende Ventil 18 noch geschlossen ist.

**[0036]** Dies bedeutet, dass ein Schalterpunkt des druckabhängig öffnenden Ventils 18 beabstandet zu dem Bereich ist, in dem die Messwerte des zweiten, kleineren Coriolis-Messgerätes 14 verwendet werden, so dass eine Verfälschung der Ausgabewerte durch eine Verschiebung des Öffnungsdrucks des druckabhängig öffnenden Ventils 18 ausgeschlossen werden kann. Falsche Ausgabewerte durch falsche Messergebnisse des zweiten Coriolis-Messgerätes 14 aufgrund eines vorzeitigen Öffnens beispielsweise aufgrund einer vorhandenen Hysterese oder einer alterungsbedingten Verschiebung des druckabhängig öffnenden Ventils 18 werden so zuverlässig ausgeschlossen.

**[0037]** Eine Rückwirkung durch das Schalten des druckabhängig öffnenden Ventils 18 auf die Ausgangswerte des Messsystems sind dadurch weitestgehend ausgeschlossen, dass das Ventil 18 mit steigendem Druck weiter öffnet und somit allmählich einen zusätzlichen Durchströmungsquerschnitt freigibt, während der Widerstand am zweiten Coriolis-Messgerät 14 wächst. Ein Drucksprung wird auf diese Weise zuverlässig verhindert.

**[0038]** Erfindungsgemäß ist in der Hauptleitung 10 im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 hinter der Messeinheit 34, also stromabwärts der Messeinheit 34 und vor einem Verbraucher 40, dessen Kraftstoffverbrauch gemessen wird ein Ausgangsdruckregler 38 angeordnet, über den der Einlassdruck am Verbraucher 40 konstant gehalten wird. Dies hat zur Folge, dass die Länge der Hauptleitung 10 zwischen dem Ausgangsdruckregler 38 und dem Verbraucher 40 keinen Einfluss mehr auf die Messgenauigkeit des Messsystems hat, da Volumenänderungen des Kraftstoffs durch sich ändernden Druck in diesem Bereich ausgeschlossen werden. Somit kann die Hauptleitung 10 zwischen dem Ausgangsdruckregler 38 und dem Verbraucher 40 beliebig lang gewählt werden. Um auch den Einfluss des Leitungsabschnitts zwischen dem Ausgangsdruckregler 38 und der Messeinheit 34 zu minimieren, wird der Ausgangsdruckregler 38 in unmittelbarer Nähe zur Messeinheit 34 angeordnet. Somit treten unter der Voraussetzung, dass ein konstanter Versorgungsdruck von der Versorgungseinheit 36 zur Verfügung gestellt wird durch die in der Hauptleitung vorhandenen Kraftstoffmassen keine Beeinträchtigungen der Messergebnisse mehr auf. Des Weiteren kann durch einen verstellbaren Ausgangsdruckregler 38 auch ein beliebiger Druck eingestellt oder entsprechend hinterlegten Kennlinien ein sich ändernder Druck erzeugt werden, was genutzt werden kann, um gewisse Situationen, wie einen sich entleerenden Tank zu simulieren.

**[0039]** Um zusätzlich eine Unabhängigkeit von einem konstanten Versorgungsdruck der Versorgungseinheit 36 zu erzielen, ist in der Ausführung gemäß der Figur 2 zusätzlich ein zweiter Ausgangsdruckregler 42 zwischen der Versorgungseinheit 36 und der Messeinheit 34 in der Hauptleitung 10 angeordnet, so dass auch die Versorgungseinheit 36 in Entfernung zur Messeinheit 34 angeordnet werden kann und einen nicht konstanten Ausgangsdruck liefern kann, da Messfehler durch Volumenänderungen des Kraftstoffs in der Hauptleitung 10 zwischen dem zweiten Ausgangsdruckregler 42 und der Messeinheit 34 ausgeschlossen werden und der Leitungsabschnitt der Hauptleitung 10 zwischen dem Ausgangsdruckregler 42 und der Versorgungseinheit 36 nicht mehr zu einem Messfehler beiträgt, da Rückströmungen durch den Ausgangsdruckregler 42 ausgeschlossen sind. Hierzu wird der Ausgangsdruck des Ausgangsdruckreglers 42 so eingestellt, dass er geringer ist als der übliche Versorgungsdruck der Versorgungseinheit 36, wodurch auch

bei fallendem Druckniveau der Versorgungseinheit 36 der Ausgangsdruck am Ausgangsdruckregler 42 und damit auch in der Messeinheit 34 aufrecht erhalten werden kann.

**[0040]** In der in Figur 3 dargestellten alternativen Ausführungsform ist der zweite Ausgangsdruckregler 42 durch einen pulsationsfrei arbeitenden und regelbaren Verdichter 44 ersetzt, der bevorzugt als Tesla-Verdichter ausgeführt wird. Dieser Verdichter 44 bewirkt einerseits wie der zweite Ausgangsdruckregler 42 in Figur 2, dass der Leitungsabschnitt stromaufwärts des Verdichters 44 nicht mehr zu einem Messfehler beitragen kann, da auch hier eine Rückströmung in diesen Leitungsabschnitt bei Druckänderung durch den Verdichter 44 verhindert wird und zusätzlich kann der von der Versorgungseinheit 36 zur Verfügung gestellte Druck geringer sein, da er nicht mehr deutlich größer gewählt werden muss als der Eingangsdruck am Verbraucher 40, da ein konstanter Ausgangsdruck von dem pulsationsfrei arbeitenden Verdichter 44 zur Verfügung gestellt werden kann.

**[0041]** Eine weiter optimierte Lösung bietet das Messsystem, welches in Figur 4 dargestellt ist. Im Vergleich zu Figur 3 ist hier zwischen der Messeinheit 34 und dem Ausgangsdruckregler 38 eine Temperaturkonditioniereinheit 46 in der Hauptleitung 10 angeordnet. Die Hauptleitung 10 mündet entsprechend in eine Konditionierleitung 48, in der ein zweiter pulsationsfrei arbeitender Verdichter 50, der wiederum bevorzugt als Tesla-Verdichter ausgeführt ist, und ein Wärmetauscher 52 zur Erzeugung einer gewünschten Temperatur angeordnet sind. Des Weiteren weist die Temperaturkonditioniereinheit 46 eine Rückführleitung 54, über die der Kraftstoff stromabwärts des Wärmetauschers 52 und des zweiten Verdichters 50 von der Konditionierleitung 48 abzweigt und stromaufwärts des Wärmetauschers 52 und des zweiten Verdichters 50 wieder in die Konditionierleitung 48 mündet.

**[0042]** Diese Temperaturkonditioniereinheit 46 kann problemlos stromabwärts der Messeinheit 34 verbaut werden, da sie auch bei kleinsten Durchflüssen zuverlässig den dem Verbraucher 40 zugeführten Kraftstoff auf eine gewünschte konstante Temperatur einstellt, da durch den zweiten pulsationsfrei arbeitenden Verdichter 50 der Kraftstoff bei einem konstanten Druckabfall im Konditionierkreis und mit einer konstanten Temperatur im Kreis geführt wird, so dass auch bei sehr kleinen Durchflüssen zum Verbraucher 40 keine Temperaturänderung auftritt. Dass der Druckabfall konstant ist, kann durch eine entsprechende Steuerung des Verdichters 50 erreicht werden, indem dieser eine Steuereinheit 53 aufweist, die mit einem ersten Drucksensor 56, der in der Hauptleitung 10 unmittelbar stromaufwärts der Temperaturkonditioniereinheit 46 angeordnet ist und einem zweiten Drucksensor 58, der in der Hauptleitung 10 stromabwärts der Temperaturkonditioniereinheit 46 angeordnet ist, elektrisch verbunden ist und über welche der zweite Verdichter 50 in Abhängigkeit einer gemessenen Druckdifferenz zwischen dem ersten Drucksensor 56 und dem zweiten Drucksensor 58 angesteuert wird.

**[0043]** Die beschriebenen Messsysteme liefern über ein breites Druck- und Durchflussspektrum sehr genaue Messwerte, die kontinuierlich zur Verfügung stehen. Ein Einschwingen des Systems ist bei Druckänderungen nicht erforderlich. Insbesondere ist dieses Messsystem auch für die Messung von Durchflüssen von Gasen geeignet und erreicht hohe Messgenauigkeiten auch bei sehr kleinen Durchflüssen, da mögliche Volumenänderungen des Kraftstoffs auf sehr kleine Leitungsabschnitte begrenzt werden und im Übrigen konstante Drücke in den Leitungen erzeugt werden, wodurch einerseits ein sich änderndes Volumen durch einen sich ändernden Druck ausgeschlossen wird und andererseits Rückströmungen in andere Leitungsabschnitte vermieden werden.

**[0044]** Selbstverständlich sind auch zusätzliche Erweiterungen denkbar. So können auch mehr als zwei unterschiedliche Coriolis-Messgeräte mit sich mindernden Maximaldurchflüssen in Serie hintereinander geschaltet werden, wobei außer am größten Coriolis-Messgerät jeweils ein Bypass vorzusehen ist. In diesem Fall werden im untersten Messbereich die Messwerte des Coriolis-Messgerätes mit dem kleinsten Maximaldurchfluss. Vor dem Öffnen des jeweiligen Ventils in der Bypassleitung werden dann jeweils die Messwerte des jeweils größeren Coriolis-Messgerätes zur Bestimmung des Ausgangswertes verwendet, wobei jeweils ein Interpolationsbereich schengeschaltet wird. Der Öffnungspunkt der Ventile variiert dann entsprechend mit der am Ventil

entstehenden Druckdifferenz, die durch den Druckverlust im jeweils parallel geschalteten Coriolis-Messgerät entsteht. Auch können unterschiedliche druckabhängig schaltende Ventile und verschiedene Druckregler verwendet werden. Diese können beispielsweise elektromotorisch oder elektromagnetisch angetrieben sein und in Abhängigkeit von Werten der Drucksensoren geregelt werden. Weitere Änderungen ergeben sich ebenfalls für den Fachmann innerhalb des Schutzbereiches des Hauptanspruchs.



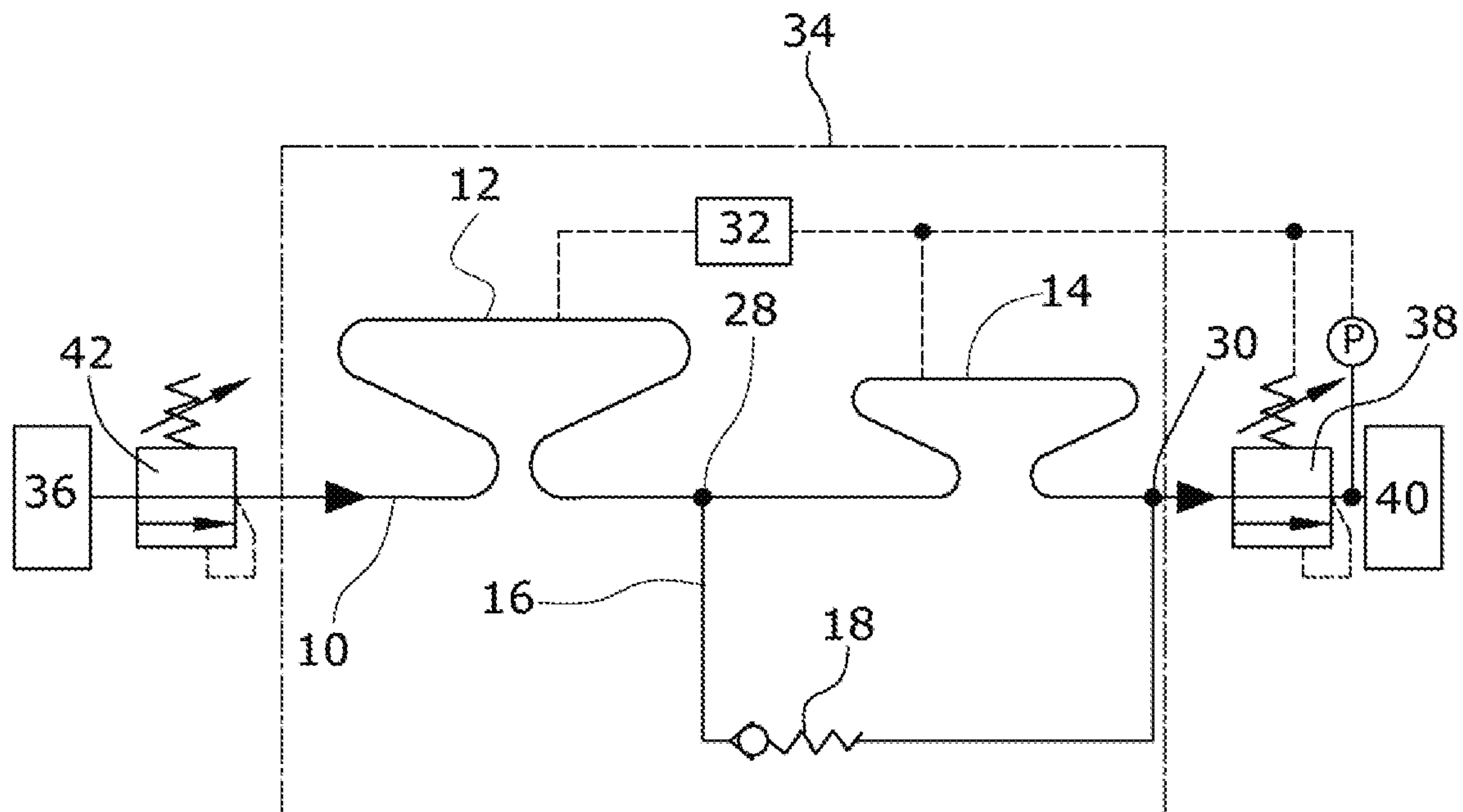
## Patentansprüche

1. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit mit einer Hauptleitung (10), die von einer Versorgungseinheit (36) zu einem Verbraucher (40) führt, einer Messeinheit (34), die aus einem ersten Coriolis-Messgerät (12), welches in der Hauptleitung (10) angeordnet ist, einem zweiten Coriolis-Messgerät (14), welches in Reihe zum ersten Coriolis-Messgerät (12) in der Hauptleitung (10) angeordnet ist und für einen kleineren Maximaldurchfluss ausgelegt ist als das erste Coriolis-Messgerät (12), einer Bypassleitung (16), über die das zweite Coriolis-Messgerät (12) umgehbar ist, und einem Ventil (18), welches in der Bypassleitung (16) angeordnet ist, besteht, und mit einer Recheneinheit (32), die mit dem ersten Coriolis-Messgerät (12) und dem zweiten Coriolis-Messgerät (14) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ventil (18) druckabhängig öffnet und stromabwärts der Messeinheit (34) in der Hauptleitung (10) ein Ausgangsdruckregler (38) angeordnet ist.
2. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausgangsdruckregler (38) unmittelbar stromabwärts der Messeinheit (34) angeordnet ist.
3. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromaufwärts der Messeinheit (34) in der Hauptleitung (10) ein zweiter Ausgangsdruckregler (42) angeordnet ist.
4. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ausgangsdruck des Ausgangsdruckreglers (38) und/oder des zweiten Ausgangsdruckreglers (42) regelbar ist.
5. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass stromaufwärts der Messeinheit (34) in der Hauptleitung (10) ein regelbarer Verdichter (44) angeordnet ist.
6. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdichter (44) pulsationsfrei ist oder pulsationsfrei betreibbar ist.
7. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Verdichter (44) ein Tesla-Verdichter ist.
8. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen der Messeinheit (34) und dem Ausgangsdruckregler (38) eine Temperaturkonditioniereinheit (46) in der Hauptleitung (10) angeordnet ist.

9. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
die Temperaturkonditioniereinheit (46) eine Konditionierleitung (48), in der ein zweiter pulsationsfrei fördernder Verdichter (50) und ein Wärmetauscher (52) angeordnet sind und eine Rückführleitung (54) aufweist, die stromabwärts des Wärmetauschers (52) und des zweiten Verdichters (50) von der Konditionierleitung (48) abzweigt und stromaufwärts des Wärmetauschers (52) und des zweiten Verdichters (50) wieder in die Konditionierleitung (48) mündet.
10. Messsystem zur Messung eines Massendurchflusses, einer Dichte, einer Temperatur und/oder einer Strömungsgeschwindigkeit nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
in der Hauptleitung (10) zwischen Messeinheit (34) und der Temperaturkonditioniereinheit (46) sowie zwischen der Temperaturkonditioniereinheit (46) und dem Ausgangsdruckregler (38) jeweils ein Drucksensor (56, 58) angeordnet ist, die mit einer Steuereinheit (53) des zweiten pulsationsfrei fördernden Verdichters (50) verbunden sind, und dass der zweite pulsationsfrei fördernde Verdichter (50) derart angesteuert wird, dass sich zwischen den Drucksensoren (56, 58) in der Hauptleitung (10) ein konstanter Druckverlust einstellt.

**Hierzu 2 Blatt Zeichnungen**

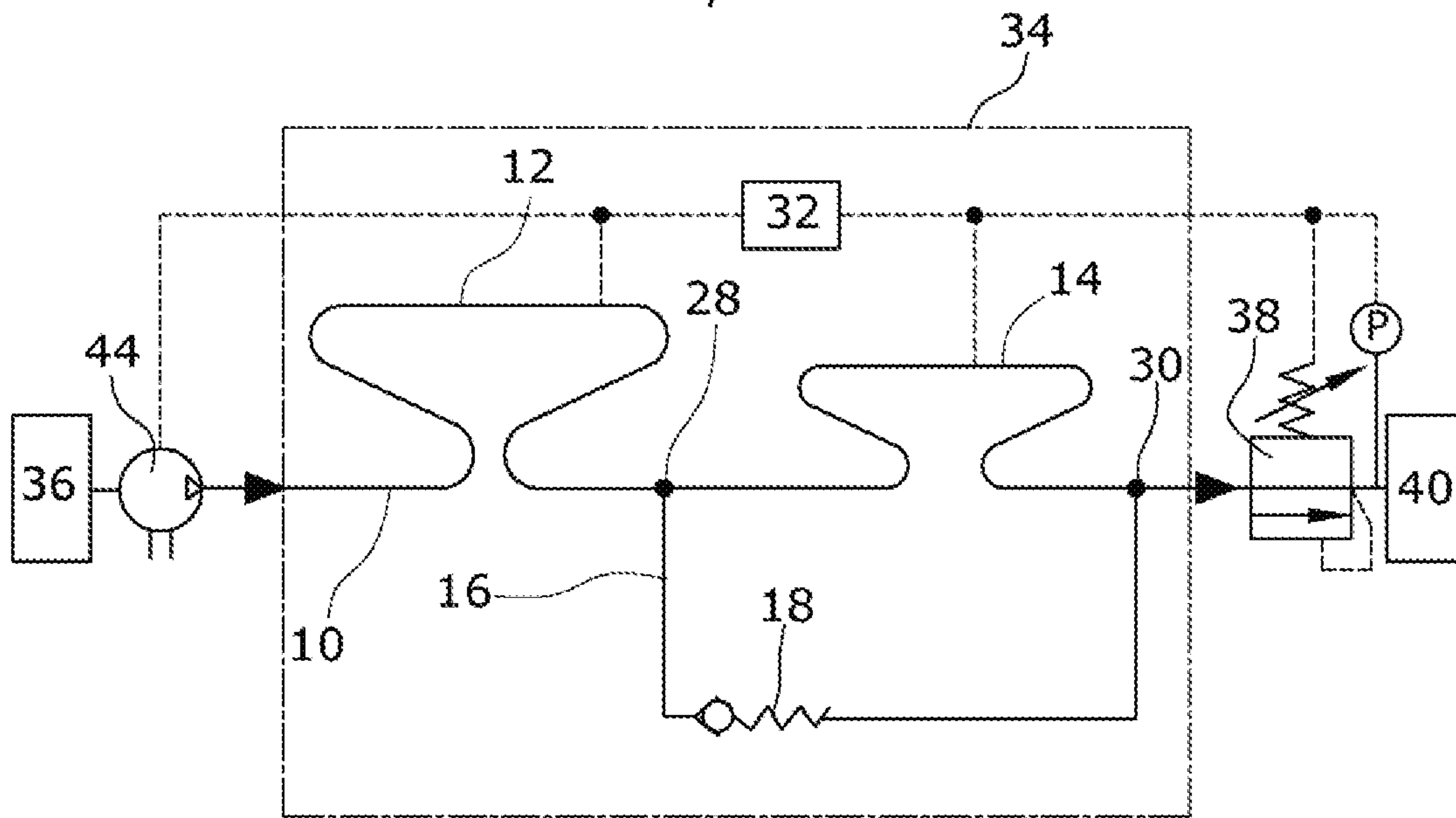
**Fig. 1**



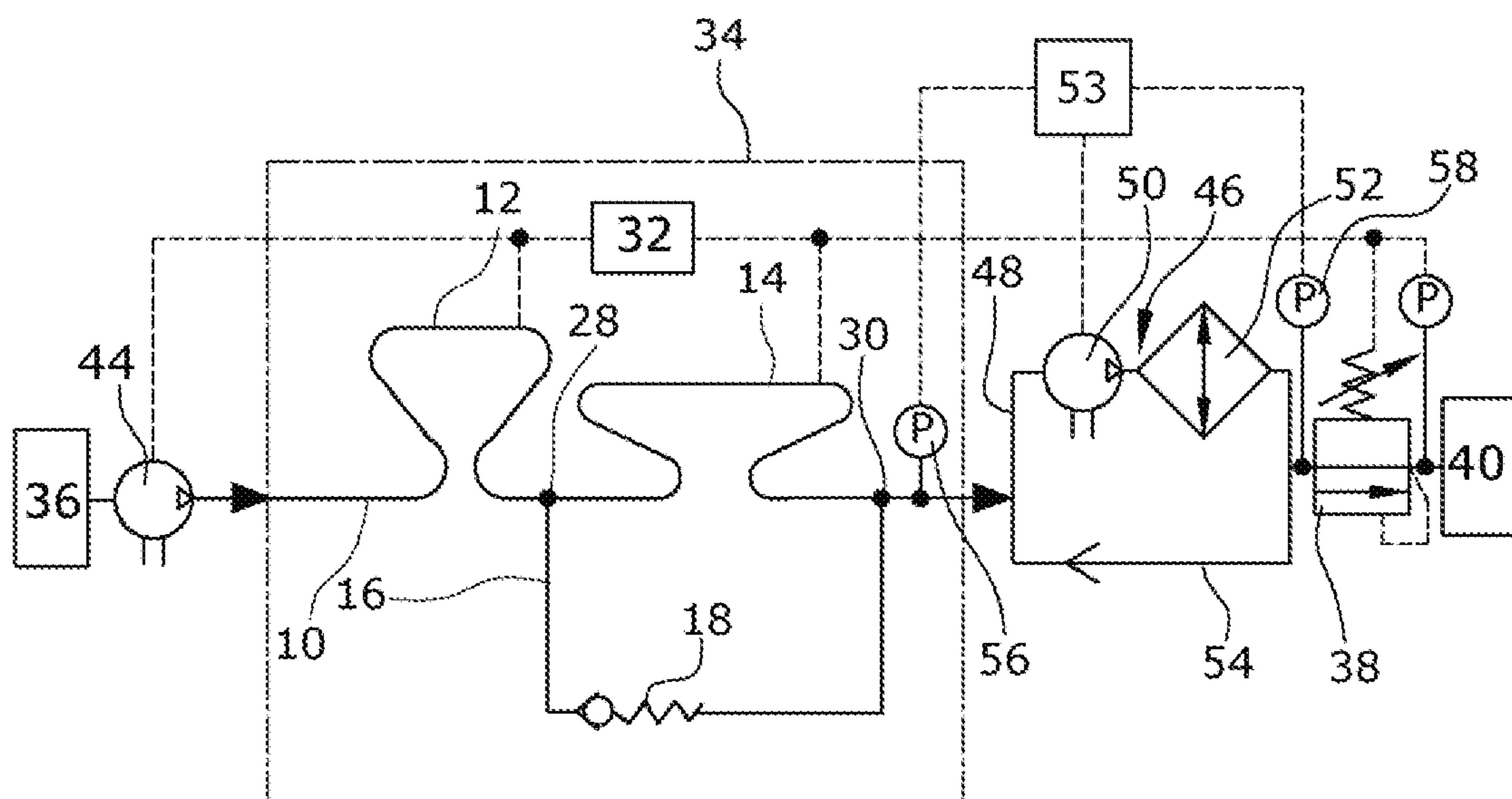
**Fig.2**



-2/2-



**Fig.3**



**Fig.4**