

(12)

# Patentschrift

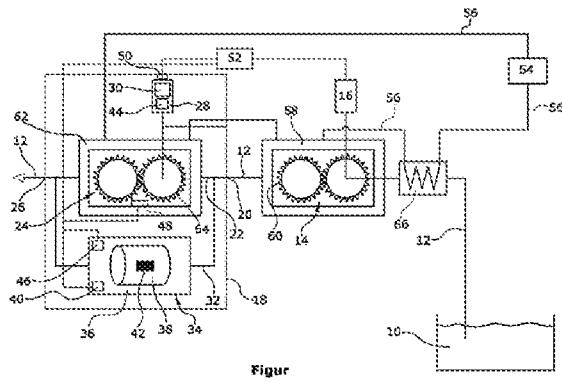
(21) Anmeldenummer: A 50255/2022 (51) Int. Cl.: G01F 3/10 (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 19.04.2022 G01F 15/02 (2006.01)  
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2023 G01F 1/38 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
AT 524206 B1  
CN 108691627 A  
DE 10331228 B3  
US 2019145809 A1  
EP 3073228 A1

(73) Patentinhaber:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)  
  
(72) Erfinder:  
Buchner Michael Dipl.-Ing.  
8010 Graz (AT)  
Kammerstetter Heribert Dr.  
5020 Salzburg (AT)  
Derschmidt Otfried Dipl.-Ing.  
8010 Graz (AT)  
  
(74) Vertreter:  
Gamper Bettina Dr.  
8020 Graz (AT)

(54) **Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden sowie Verfahren zur Dosierung von Fluiden mit einem derartigen Massenstromregelsystem**

(57) Es sind Massenstromregelsysteme zur Dosierung von Fluiden bekannt. Um die Messgenauigkeit zu verbessern, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, dass das Massenstrommessgerät (18) einen Einlass (20) und einen Auslass (26) aufweist, wobei der Einlass (20) und der Auslass (26) im Massenstrommessgerät (18) durch eine Hauptleitung (22) fluidisch verbunden sind, in der ein rotatorischer Verdränger (24) angeordnet ist, wobei der rotatorische Verdränger (24) über eine Umgehungsleitung (32), umgehbar ist, und in der ein translatorischer Druckdifferenzauflnehmer (34) angeordnet ist, wobei der Antriebsmotor (28) des rotatorischen Verdrängers (24) in Abhängigkeit der von der Erfassungseinrichtung (40) ermittelten Werte am Druckdifferenzauflnehmer (34) zur Ermittlung einer Istmasse ansteuerbar ist, wobei die Förderpumpe (14) als rotatorische Verdrängerpumpe ausgebildet ist, die über einen winkelgeregelten Elektromotor (16) angetrieben ist, welcher in Abhängigkeit einer aus dem ermittelten Istmassenstrom berechneten geförderten Istmasse auf eine Sollmasse regelbar ist.



## Beschreibung

MASSENSTROMREGELSYSTEM ZUR DOSIERUNG VON FLUIDEN SOWIE VERFAHREN ZUR DOSIERUNG VON FLUIDEN MIT EINEM DERARTIGEN MASSENSTROMREGELSYSTEM

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden mit einer Fluidquelle, einer Leitung, über die die Fluidquelle mit einer Förderpumpe verbunden ist, und einem Massenstrommessgerät, das in der Leitung angeordnet ist, sowie ein Verfahren zur Dosierung von Fluiden mit einem derartigen Massenstromregelsystem.

**[0002]** Derartige Systeme sind seit vielen Jahren bekannt und werden beispielsweise genutzt, um exakte Mengen beispielsweise an Kühlflüssigkeiten, Kraftstoffen, Wasserstoff oder Wasser zu dosieren.

**[0003]** Die dabei verwendeten Förderpumpen sind üblicherweise vor oder hinter einem Massenstrommessgerät angeordnet und über nach- oder vorgeschaltete Regelventile wird in Abhängigkeit der Werte des Massenstrommessgerätes der Förderstrom geregelt.

**[0004]** Problematisch ist es dabei jedoch, dass die Regelgenauigkeit der Regelventile bei kleinen Öffnungsquerschnitten oft nicht ausreichend ist. Eine Regelung allein über die Förderpumpen entfällt bei den bekannten Anordnungen ebenfalls, da diese entweder keine ausreichende Fördermenge zur Verfügung stellen oder bei kleinen Massenströmen nicht ausreichend gut geregelt werden können.

**[0005]** Des Weiteren erzeugen die meisten Massenstrommessgeräte einen zusätzlichen Druckverlust, da die Messung durch Erzeugung von Differenzdrücken erfolgt oder anderweitige Einschnürungen erforderlich sind. Diese notwendige Druckdifferenz führt dazu, dass sehr kleine Massenströme nicht mit einer ausreichenden Genauigkeit gemessen werden können. Des Weiteren treten Nichtlinearitäten der Ventile bei kleinen Öffnungsquerschnitten auf, die noch verstärkt werden, wenn minimale Temperaturschwankungen vorliegen. Daher ist eine stetige Nachjustierung erforderlich.

**[0006]** Es stellt sich somit die Aufgabe ein Massenstromregelsystem zur Verfügung zu stellen, bei dem möglichst kein Differenzdruck zur Messung erforderlich ist, um so auch sehr kleine Volumenströme mit hoher Genauigkeit messen zu können. Des Weiteren soll möglichst auf eine Wärmeerzeugung durch Querschnittsverengungen, wie sie bei Ventilen auftreten, verzichtet werden. Des Weiteren sollen Fehler in den Messungen durch Temperatureinflüsse verhindert werden. Die Notwendigkeit von Nachjustierungen bei konstanten geforderten Massenströmen soll minimiert werden. Auch soll das verwendete System unempfindlich gegen Drucksprünge am Einlass oder Auslass sein.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch ein Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Dosierung von Fluiden mit einem derartigen Massenstromregelsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 12 gelöst.

**[0008]** Das erfindungsgemäße Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden besteht aus einer Fluidquelle, die an eine Leitung angeschlossen ist, in der eine Förderpumpe angeordnet ist, über die Fluid aus der Fluidquelle in die Leitung gefördert wird, und einem in der Leitung angeordneten Massenstrommessgerät. Das Massenstrommessgerät weist einen rotatorischen Verdränger auf, der über einen Antriebsmotor angetrieben ist und beispielsweise als Zahnradpumpe ausgeführt werden kann. Der rotatorische Verdränger ist in einer Hauptleitung des Massenstrommessgerätes angeordnet, welche einen Einlass mit einem Auslass des Massenstrommessgerätes verbindet, wobei die Leitung in den Einlass mündet und hinter dem Auslass weitergeführt wird. Von der Hauptleitung zweigt stromaufwärts des rotatorischen Verdrängers eine Umgehungsleitung von der Hauptleitung des Massenstrommessgerätes ab und mündet stromabwärts des rotatorischen Verdrängers in die Hauptleitung. In der Umgehungsleitung ist ein translatorischer Druckdifferenzauflnehmer angeordnet, der eine den Differenzdruck aufnehmende Erfassungsein-

richtung aufweist, wobei der Druckdifferenzauflnehmer aus einem in einer Messkammer angeordneten Kolben bestehen kann, dessen Auslenkung durch Erfassungseinrichtung erfasst wird. Der Antriebsmotor des rotatorischen Verdrängers ist in Abhängigkeit der von der Erfassungseinrichtung ermittelten Werte am Druckdifferenzauflnehmer zur Ermittlung eines Istmassenstroms ansteuerbar. Dies bedeutet, dass eine anliegende Druckdifferenz immer durch eine Anpassung der Geschwindigkeit des Verdrängers ausgeglichen wird, so dass im genannten Ausführungsbeispiel der Kolben immer beweglich in der Messkammer verharrt. Gleichzeitig wird die Drehung des rotatorischen Verdrängers erfasst, wobei dessen gefördelter Volumenstrom proportional zu den Umdrehungen des Verdrängers ist. Hierbei werden auch sehr kleine Drehwinkel und entsprechende Volumenströme erfasst. Dieses Massenstrommessgerät arbeitet praktisch ohne Druckverlust, da keine Druckdifferenzen notwendig sind. Die Umrechnung vom gemessenen Volumenstrom auf den geförderte Istmassenstrom erfolgt durch Berücksichtigung der Temperatur und der davon abhängigen Dichte des geförderten Fluids. Die Dichte kann entweder gemessen werden oder wenn das Medium rein und bekannt ist mittels Tabelle über die Temperaturmessung und eine optionale Druckmessung ermittelt werden. Die Förderpumpe wird als rotatorische Verdrängerpumpe ausgebildet, die über einen winkelgeregelten Elektromotor angetrieben ist, welcher in Abhängigkeit der aus dem ermittelten Istmassenstrom berechneten Istmasse auf eine Sollmasse regelbar ist. Geregelt wird also auf einen Drehwinkel der Welle. Es wird aus dem ermittelten Istmassenstrom durch Integration eine geförderte Istmasse berechnet die mit der Sollmasse verglichen wird. Daraus kann auf einen aktuellen Sollwinkel der Welle umgerechnet werden. Da beliebig kleine Drehzahlen nicht exakt erzeugt werden können, würde der relative Fehler steigen, je kleiner die Drehzahl ist. Im Extremfall würde der Motor dann zum Beispiel einfach stehen bleiben. Ein Drehwinkel kann jedoch immer genau gleich exakt angefahren werden. Wenn sich der Solldrehwinkel nur sehr langsam ändert, wird möglicherweise die Bewegung des Zahnrades nicht mehr 100% gleichmäßig sein, also eine gewisse Zeit stehenbleiben und dann weiterspringen. Makroskopisch glättet die Elastizität des Fluids einerseits diese Bewegung vollständig und andererseits ist man über die Zeit bezüglich der geförderten Masse immer richtig unabhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung. Dies ist der große Vorteil der Drehwinkelregelung. Entsprechend erfolgt eine Rückkopplung der vom Massenstrommessgerät ermittelten Werte, entsprechend derer der Drehwinkel und damit die Fördermenge der Förderpumpe angepasst wird, bis die geforderte Sollmasse erreicht wird. Der Vorteil der Ausbildung der Förderpumpe als rotatorische Verdrängerpumpe besteht darin, dass diese auch geeignet ist, sehr kleine Volumenströme hochgenau und beinahe pulsationsfrei zu fördern. Durch dieses System ist es entsprechend möglich hochgenau sowohl kleine als auch große Fluidmengen zu dosieren. Das System ist unempfindlich gegen Druckänderungen und fördert beinahe ohne notwendige Nachstellungen einen konstanten Sollmassenstrom.

**[0009]** Beim erfindungsgemäßen Verfahren zur Dosierung von Fluiden mit einem derartigen Massenstromregelsystem wird über eine von einem winkelgeregelten Elektromotor angetriebenen Förderpumpe ein Istmassenstrom eines zu dosierenden Fluids gefördert. In einem in der gleichen Leitung angeordneten Massenstrommessgerät wird ein rotatorischer Verdränger, der parallel zu einem Druckdifferenzauflnehmer angeordnet ist, derart angesteuert, dass eine am Druckdifferenzauflnehmer auftretende Druckdifferenz durch Regelung des Antriebs des Verdrängers ausgeglichen wird. Die hierzu notwendige Drehzahl des Antriebsmotors des rotatorischen Verdrängers wird über einen Drehwinkelsensor gemessen und aus der Drehzahl des rotatorischen Verdrängers und der vorliegenden Fluidtemperatur ein Massenstrom in einer Auswerteeinheit berechnet und an eine Steuereinheit übermittelt. Dabei ist die Drehzahl ein direktes und bekanntes Maß des geförderten Volumenstroms. Der ermittelte Istmassenstrom wird daraufhin durch Integration in eine Istmasse umgerechnet und mit einer Sollmasse in der Steuereinheit verglichen, woraufhin der winkelgeregelte Elektromotor der Förderpumpe über die Steuereinheit in Abhängigkeit der ermittelten Differenz zwischen der geförderten Istmasse und der Sollmasse so lange nachgeregelt wird bis die am Massenstrommessgerät ermittelte Istmasse der Sollmasse entspricht. Daraufhin stellt sich ein Gleichgewicht ein, so dass die Förderpumpe einen sehr exakten Massenstrom fördert, und zwar unabhängig von der Größe dieses Massenstroms. Ein solches System eignet sich entsprechend zur hochgenauen Dosierung unterschiedlichster Fluide.

**[0010]** Bezuglich des Massenstromregelsystems ist vorzugsweise das Massenstrommessgerät stromabwärts der Förderpumpe in der Leitung angeordnet. Durch diese stromabwärtige Anordnung wird der tatsächlich geförderte Massenstrom gemessen, und zwar unabhängig davon, ob durch die Förderpumpe eine geringe Temperaturänderung am Fluid eintritt.

**[0011]** Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Massenstrommessgerät und die Förderpumpe bezüglich der Temperatur des geförderten Fluids konditioniert sind. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das Fluid im Massenstrommessgerät und an der Förderpumpe die gleiche Temperatur aufweisen und somit Messfehler durch Temperaturschwankungen zuverlässig vermieden werden.

**[0012]** Vorzugsweise weist das Massenstromregelsystem eine Temperaturkonditioniereinheit mit einem Konditioniermedium auf, welches über eine Konditionierleitung einer ersten Medienleitung in der Förderpumpe und einer zweiten Medienleitung im Massenstrommessgerät zuführbar ist. Durch die Zuführung eines Konditioniermediums, insbesondere einer Kühlflüssigkeit, die jedoch auch zur Zuführung von Wärme genutzt werden kann, erfolgt zuverlässig ein guter Wärmeübergang, so dass sehr schnell eine sehr genaue Temperatur des Fluids eingestellt werden kann. Durch die Zuführung des gleichen Konditioniermediums an die Förderpumpe und das Massenstrommessgerät wird auch sichergestellt, dass das Fluid in beiden Geräten die gleiche Temperatur aufweist, und zwar unabhängig von einem gegebenenfalls vorhandenen Wärmeeintrag durch die Förderpumpe.

**[0013]** In einer hierzu weiterführenden bevorzugten Ausbildung der Erfindung umgibt die erste Medienleitung eine Förderkammer der Förderpumpe und die zweite Medienleitung eine Förderkammer des rotatorischen Verdrängers zumindest teilweise und das Konditioniermedium ist über die Konditionierleitung in die Temperaturkonditioniereinheit rückführbar. Diese Konditionierleitungen weisen eine große Fläche zur Wärmeübertragung auf, so dass sichergestellt wird, dass an den Positionen, an denen die Messung und Förderung erfolgt, immer eine gleiche Temperatur des Fluids herrscht, wodurch die Exaktheit der Messungen und damit der geförderten Massenströme erhöht wird. Auch die Verbindungsleitung zwischen dem Massenstrommessgerät und der Förderpumpe wird isoliert beziehungsweise auf ein konstantes Temperaturniveau konditioniert.

**[0014]** Hierzu kann die erste Medienleitung der Förderpumpe in Reihe zur zweiten Medienleitung des Massenstrommessgerätes geschaltet werden, wodurch sichergestellt wird, dass ein gleicher Volumenstrom den beiden Medienleitungen zugeführt wird, und somit auch der Wärmeeintrag gleich ist.

**[0015]** Alternativ kann die erste Medienleitung der Förderpumpe parallel zur zweiten Medienleitung des Massenstrommessgerätes geschaltet sein, wodurch sichergestellt wird, dass ein Konditioniermedium gleicher Temperatur in beiden Medienleitungen strömt.

**[0016]** Vorzugsweise ist in der Konditionierleitung, welche zu den Medienleitungen der Förderpumpe und des Massenstrommessgerätes führt, ein Wärmetauscher angeordnet, in dem ein Wärmeaustausch zwischen dem Konditioniermedium und dem zu dosierenden Fluid stattfindet, welches von der Fluidquelle über den Wärmetauscher zur Fluidquelle zurückführbar ist. Entsprechend werden die Temperaturen des Konditioniermediums und des zu fördernden Fluids aneinander angeglichen, so dass keine großen Temperaturdifferenzen über das Konditioniermedium in den Konditioniermänteln ausgeglichen werden müssen. Auf diese Weise wird die Genauigkeit der Messungen noch einmal erhöht.

**[0017]** Des Weiteren ist es möglich, am Druckdifferenzauflnehmer oder stromabwärts des Druckdifferenzauflnehmers einen Drucksensor und/oder einen Temperatursensor und/oder einen Dichtesensor anzutragen. So kann immer die momentan herrschende Temperatur des Mediums und dessen Dichte zur Berechnung des Massenstroms mit einbezogen werden.

**[0018]** Des Weiteren ist es vorteilhaft, wenn der winkelgeregelte Elektromotor der Förderpumpe ein elektronisch kommutierter Elektromotor ist, da dieser auch bei sehr kleinen Drehzahlen hochgenau arbeitet, wodurch exakte Dosierungen über eine breite Fördermengenspanne möglich werden. Dieser weist möglichst geringe beziehungsweise fein aufgelöste Rastmomente auf und kann

beispielsweise ein Schrittmotor sein.

**[0019]** Vorzugsweise ist am Antriebsmotor des rotatorischen Verdrängers ein Drehwinkelsensor zur Messung der Umdrehungen des Antriebsmotors angeordnet, wobei der ermittelte Drehwinkel als Maß zur Ermittlung der geförderten Istmasse des rotatorischen Verdrängers dient. Diese Drehwinkelsensoren können insbesondere magnetoresistive Sensoren oder Inkrementaldrehwinkelgeber sein, welche hochgenaue Daten zur Rotorlage des Antriebsmotors liefern.

**[0020]** Der translatorische Druckdifferenzauflnehmer besteht vorzugsweise aus einem in einer Messkammer verschiebbar angeordneten Kolben, dessen Auslenkung ein Maß für die Druckdifferenz bildet. Vorzugsweise weist dieser Kolben die gleiche Dichte wie das Fluid auf. Die vorliegende Verschiebung des Kolbens in der Messkammer bildet das Maß für die anliegende Druckdifferenz, die stetig durch den Verdränger ausgeglichen wird.

**[0021]** Das erfindungsgemäße Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden sowie das zugehörige Verfahren ermöglichen entsprechend eine sehr genaue Dosierung über eine sehr große Fördermengenspanne. Dabei werden Fehler aufgrund von Temperaturschwankungen ebenso zuverlässig vermieden wie Messfehler durch Querschnittsverengungen und dadurch folgende Druck- und Temperaturschwankungen. Auch wird eine sehr hohe Förderkonstanz erreicht.

**[0022]** Ein nicht einschränkendes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Massenstromregelsystems zur Dosierung von Fluiden ist in der Figur dargestellt und wird nachfolgend beschrieben.

**[0023]** Die Figur zeigt ein Schema des prinzipiellen Aufbaus eines erfindungsgemäßen Massenstromregelsystems zur Dosierung von Fluiden.

**[0024]** Das in der Figur dargestellte erfindungsgemäße Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden besteht aus einer Fluidquelle 10, aus der eine Leitung 12 zu einer Förderpumpe 14 führt. Die Förderpumpe 14 ist als rotatorische Verdrängerpumpe, insbesondere Zahnradpumpe ausgeführt, und wird über einen winkelgeregelten Elektromotor 16, insbesondere einen elektronisch kommutierter Elektromotor mit niedrigem Rastmoment angetrieben. Die Leitung 12 führt vom Auslass der Förderpumpe 14 weiter in ein Massenstrommessgerät 18.

**[0025]** Das Massenstrommessgerät 18 weist einen Einlass 20 auf, in den die Leitung 12 mündet und von dem aus das Fluid in eine Hauptleitung 22 des Massenstrommessgerätes 18 strömt. In dieser Hauptleitung 22 ist ein rotatorischer Verdränger 24 in Form einer Doppelzahnradpumpe angeordnet. Stromabwärts des Verdrängers 24 endet die Hauptleitung 22 an einem Auslass 26, von dem aus sich die Leitung 12 fortsetzt. Der rotatorische Verdränger 24 wird über einen Antriebsmotor 28 angetrieben, der über eine Elektronikeinheit 30 angesteuert wird.

**[0026]** Von der Hauptleitung 22 zweigt zwischen dem Einlass 20 und dem rotatorischen Verdränger 24 eine Umgehungsleitung 32 ab, die stromabwärts des rotatorischen Verdrängers 24 zwischen diesem und dem Auslass 26 wieder in die Hauptleitung 22 mündet und entsprechend wie die Hauptleitung 22 fluidisch mit dem Einlass 20 und dem Auslass 26 verbunden ist. In dieser Umgehungsleitung 32 ist ein translatorischer Druckdifferenzauflnehmer 34 angeordnet, der aus einer Messkammer 36 und einem in der Messkammer 36 frei verschiebbar angeordneten Kolben 38 besteht, der das gleiche spezifische Gewicht wie das zu fördernde Fluid aufweist und wie die Messkammer 36 zylindrisch geformt ist; die Messkammer 36 weist somit einen Innendurchmesser auf, der im Wesentlichen dem Außendurchmesser des Kolbens 38 entspricht. Bei Anliegen einer Druckdifferenz zwischen der Vorderseite und der Rückseite des Kolbens 38 erfolgt eine Auslenkung des Kolbens 38 aus seiner Ruhestellung. Entsprechend ist die Auslenkung des Kolbens 38 ein Maß für die vorhandene Durchflussdifferenz und damit die vorhandene Fehlmenge. An der Messkammer 36 ist ein Wegsensor angeordnet, der als Erfassungseinrichtung 40 zur Bestimmung der Druckdifferenz durch Messung der Auslenkung des Kolbens 38 eine von der Größe der Auslenkung des Kolbens 38 abhängige Spannung erzeugt wird. Dieser an der Messkammer 36 befestigte und als Erfassungseinrichtung 40 dienende Wegsensor ist beispielsweise ein magnetoresistiver Sensor, über den die auf ihn wirkende Feldstärke eines Magneten 42 im Kolben 38 in eine Spannung umgewandelt wird. Hierzu ist der Magnet 42 im Schwerpunkt des

Kolbens 38 befestigt. Als Wegsensoren 40 können jedoch auch Lichtsensoren oder kapazitive Sensoren eingesetzt werden.

**[0027]** Die Erfassungseinrichtung 40 ist ebenfalls mit einer Auswerteeinheit 44 verbunden, welche in der Elektronikeinheit 30 integriert sein kann. Diese dient zur Auswertung der Messungen der Erfassungseinrichtung 40 und wandelt diese über die Elektronikeinheit 30 in Steuersignale für den Antriebsmotor 28 um, der derart angesteuert wird, dass sich der Kolben 38 immer in einer definierten Ausgangsstellung befindet, so dass der rotatorische Verdränger 24 die aufgrund des geförderten Fluids am Kolben 38 entstehende Positionsänderung durch Förderung ständig etwa ausgleicht. Dies bedeutet, dass bei Auslenkung des Kolbens 38 nach links in Abhängigkeit der Größe dieser Auslenkung die Pumpendrehzahl erhöht wird und umgekehrt. Hierzu wird die Auslenkung des Kolbens 38 beziehungsweise das durch ihn verdrängte Volumen in der Messkammer 36 mittels einer Übertragungsfunktion in ein gewünschtes Fördervolumen des rotatorischen Verdränger 24 beziehungsweise eine Drehzahl des Antriebsmotors 28 umgerechnet und der Antriebsmotor 28 entsprechend bestromt.

**[0028]** In der Messkammer 36 kann zusätzlich ein Drucksensor 46 und im Bereich des rotatorischen Verdrängers 24 ein Temperatursensor 48 angeordnet werden, der kontinuierlich den in diesem Bereich auftretenden Druck und die Temperatur messen und wiederum der Auswerteeinheit 44 zuführen, um gegebenenfalls vorhandene Änderungen der Dichte in der Messkammer 36 bei der Berechnung berücksichtigen zu können.

**[0029]** Der Ablauf der Massenstrommessungen erfolgt derart, dass bei der Berechnung eines zu ermittelnden Massenstromes in der Auswerteeinheit 44 sowohl ein durch die Bewegung beziehungsweise Stellung des Kolbens 38 und das damit verdrängte Volumen in der Messkammer 36 entstehender Massenstrom in der Umgehungsleitung 32 als auch ein tatsächlicher Massenstrom des rotatorischen Verdrängers 24 in einem festgelegten Zeitintervall berücksichtigt werden und beide Durchflüsse zur Ermittlung des Istmassenstroms miteinander addiert werden.

**[0030]** Die Ermittlung des Massenstromes am Kolben 38 erfolgt beispielsweise, indem in der Auswerteeinheit 44, die mit dem Wegsensor 40 verbunden ist, die Auslenkung des Kolbens 38 differenziert wird und anschließend mit der Grundfläche des Kolbens 38 multipliziert wird, so dass sich ein Volumenstrom in der Umgehungsleitung 32 in diesem Zeitintervall ergibt.

**[0031]** Der Massenstrom durch den rotatorischen Verdränger 24 und somit in der Hauptleitung 22 kann entweder aus den ermittelten Steuerdaten zur Regelung des Verdrängers 24 bestimmt werden oder über die Drehzahl berechnet werden, wenn diese direkt am Verdränger 24 oder am Antriebsmotor 28 beispielsweise über einen Drehwinkelsensor 50 gemessen wird. Dies gelingt, da bei rotatorischen Verdrängern immer ein festes Volumen pro Umdrehung gefördert wird, so dass über die Dichte eine einfache Umrechnung vom Volumenstrom in einen Massenstrom erfolgen kann.

**[0032]** Bei Dosierung eines festen Massenstroms über einen längeren Zeitraum entsteht am Kolben 38 ein Gleichgewicht, so dass der Istmassenstrom in diesem Fall lediglich aus dem von dem Verdränger 24 geförderten Anteil besteht.

**[0033]** Die Elektronikeinheit 30 beziehungsweise die Auswerteeinheit 44 sind mit einer Steuerseinheit 52 des Elektromotors 16 verbunden. Ist nun also zur Dosierung eine bestimmte Sollmasse vorgegeben, so wird der momentane Istmassenstrom in der Auswerteeinheit im Massenstrommessgerät 18 ermittelt und in eine seit Messbeginn geförderte Istmasse durch Integration umgerechnet. Diese Daten werden an die Steuereinheit 52 übermittelt, wo ein Vergleich zwischen der geförderten Istmasse und der zu dosierenden Sollmasse durchgeführt wird. Ist die Istmasse geringer als die Sollmasse, wird die Sollposition des Elektromotors 16 der Förderpumpe 14 entsprechend angepasst, bis die gemessene Istmasse der Sollmasse entspricht.

**[0034]** Das beschriebene Massenstrommessgerät 18 arbeitet zwar hochgenau, jedoch können Fehler bei vorhandenen Temperaturgradienten zwischen dem Massenstrommessgerät 18 und der Förderpumpe 14 entstehen und daraus folgend Schwankungen der Dichte auftreten, was insbesondere auch durch einen geringen Wärmeeintrag durch eine Druckerhöhung des Fluids

oder direkt durch die entstehende Wärme am Elektromotor 16 oder der Steuereinheit 52 nicht auszuschließen ist.

**[0035]** Aus diesem Grund wird zusätzlich eine Konditionierung des Fluids vorgesehen. Hierzu wird in einer Temperaturkonditioniereinheit 54 ein Konditioniermedium auf eine definierte Temperatur konditioniert, also gekühlt oder erwärmt. Diese Temperaturkonditioniereinheit 54 ist über eine Konditionierleitung 56 mit einem Wärmetauscher 66 verbunden, der in der Leitung 12 angeordnet ist und von diesem Wärmetauscher 66 zu einer ersten Medienleitung 58 in der Förderpumpe 14 führt, welche eine Förderkammer 60 der Förderpumpe 14 zumindest teilweise umgibt und somit einen Konditioniermantel bildet. Die Konditionierleitung 56 führt weiter zum Massenstrommessgerät 18 und strömt dort ebenfalls in eine zweite Medienleitung 62, die zumindest eine Förderkammer 64 des Verdrängers 24 zumindest teilweise umgibt und einen Konditioniermantel bildet, jedoch besser das gesamte Massenstrommessgerät 18 umgibt und somit auch die Messkammer 36. Von dieser zweiten Medienleitung 62 aus führt die Konditionierleitung 56 zurück zur Temperaturkonditioniereinheit 54.

**[0036]** Entsprechend wird das Fluid bereits vor Erreichen der Förderpumpe 12 auf eine gewünschte Temperatur und durch die entsprechende Anbindung der Förderpumpe 14 und des Massenstrommessgerätes 18 auch diese auf die gleiche Temperatur konditioniert, so dass Fehldosierungen und Fehlmessungen durch auftretende Temperaturgradienten und daraus folgende Dichtedifferenzen vermieden werden.

**[0037]** Somit wird durch das Massenstromregelsystem ein sehr genauer Massenstrom des Fluids zur Verfügung gestellt, da im Massenstrommessgerät hochgenau gemessen wird, diese Messungen zur Rückkopplung dem winkelgeregelten Elektromotor der Förderpumpe zur Verfügung gestellt werden, so dass eine exakte Fluidmenge gefördert wird. Fehler durch Temperaturschwankungen und daraus folgende Scheinflüsse zwischen der Förderpumpe und dem Massenstrommessgerät sowie Dichteschwankungen werden zuverlässig vermieden. Durch die Verwendung der Verdrängerpumpe als Förderpumpe kann hochgenau und pulsationsfrei dosiert werden und dies über ein extrem großes Förderspektrum. So kann bei einem Spektrum der Förderrate von 1:1000 über das gesamte Spektrum eine Genauigkeit von unter 0,1% erreicht werden. Nichtlinearitäten durch Einschnürungen im Messsystem werden vollständig vermieden. Auch Druckschwankungen können zuverlässig ausgeglichen werden. Nachjustierungen bei festen geforderten Sollmassenströmen werden minimiert.

**[0038]** Es sollte deutlich sein, dass die Erfindung nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel begrenzt ist, sondern verschiedene Modifikationen innerhalb des Schutzbereichs des Hauptanspruchs möglich sind. So kann das Konditioniermedium beispielsweise auch parallel zum Massenstrommessgerät und zur Förderpumpe geführt werden. Die Verdrängerpumpen müssen auch nicht zwangsweise als Zahnradpumpen ausgeführt werden. Zusätzlich kann der Wärmetauscher auch in der Leitung zur Förderpumpe angeordnet werden.

## Patentansprüche

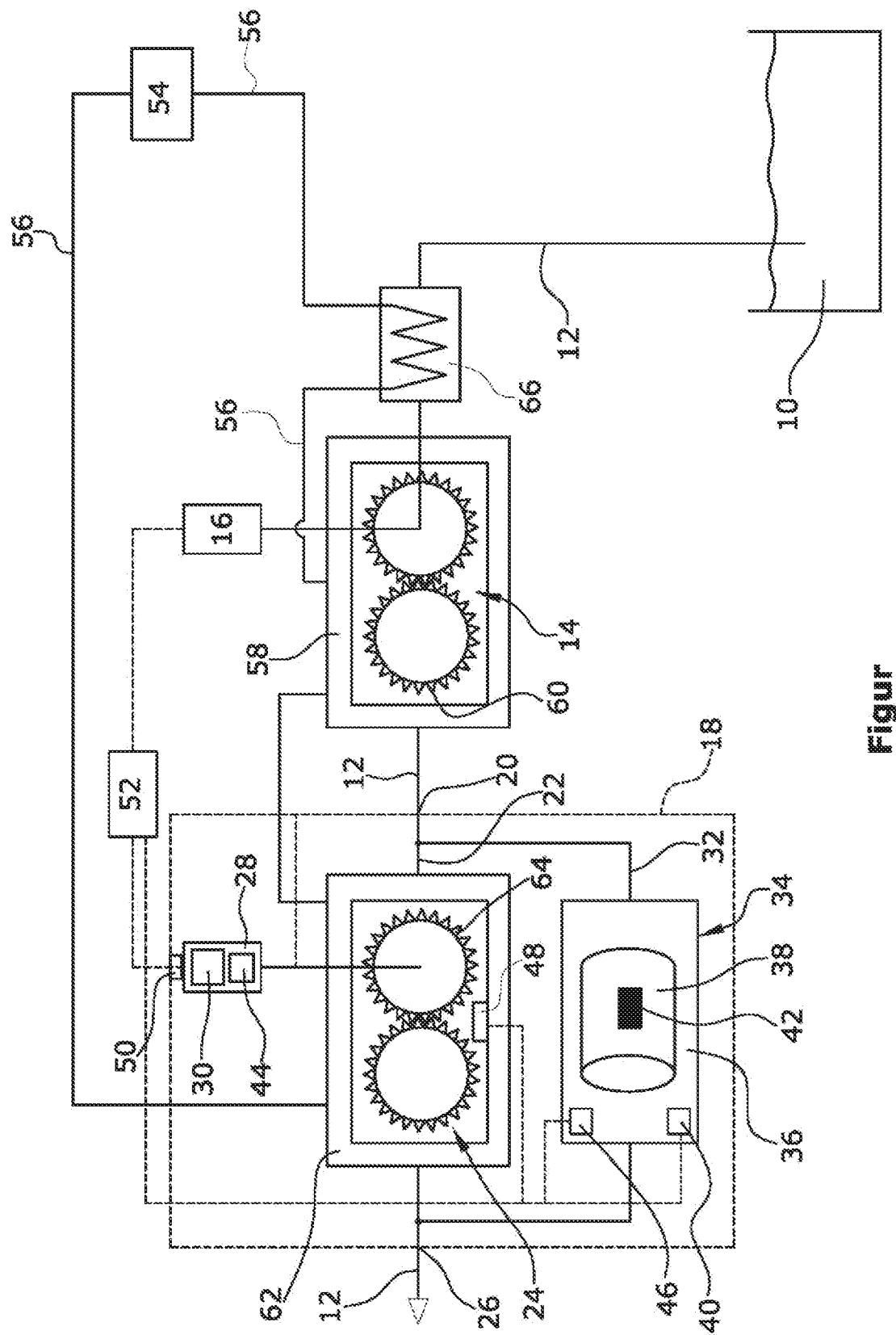
1. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden mit einer Fluidquelle (10), einer Leitung (12), über die die Fluidquelle (10) mit einer Förderpumpe (14) verbunden ist, einem Massenstrommessgerät (18), das in der Leitung (12) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Massenstrommessgerät (18) einen Einlass (20) aufweist, in den die Leitung (12) mündet, und einen Auslass (26) aufweist, von dem aus sich die Leitung (12) fortsetzt, wobei der Einlass (20) und der Auslass (26) im Massenstrommessgerät (18) durch eine Hauptleitung (22) fluidisch verbunden sind, in der ein rotatorischer Verdränger (24) angeordnet ist, der über einen Antriebsmotor (28) angetrieben ist, wobei der rotatorische Verdränger (24) über eine Umgehungsleitung (32), die stromaufwärts des rotatorischen Verdrängers (24) von der Hauptleitung (22) abzweigt und stromabwärts des rotatorischen Verdrängers (24) in die Hauptleitung (22) mündet, umgehbar ist, und in der ein translatorischer Druckdifferenzauflnehmer (34) angeordnet ist, der eine die Druckdifferenz aufnehmende Erfassungseinrichtung (40) aufweist, wobei der Antriebsmotor (28) des rotatorischen Verdrängers (24) in Abhängigkeit der von der Erfassungseinrichtung (40) ermittelten Werte am Druckdifferenzauflnehmer (34) zur Ermittlung eines geförderten Istmassenstroms ansteuerbar ist, wobei die Förderpumpe (14) als rotatorische Verdrängerpumpe ausgebildet ist, die über einen winkelgeregelten Elektromotor (16) angetrieben ist, welcher in Abhängigkeit einer aus dem ermittelten Istmassenstrom berechneten geförderten Istmasse auf eine Sollmasse regelbar ist.
2. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Massenstrommessgerät (18) stromabwärts der Förderpumpe (14) in der Leitung (12) angeordnet ist.
3. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Massenstrommessgerät (18) und die Förderpumpe (14) bezüglich der Temperatur des geförderten Fluids konditioniert sind.
4. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
das Massenstromregelsystem eine Temperaturkonditioniereinheit (54) mit einem Konditioniermedium aufweist, welches über eine Konditionierleitung (56) einer ersten Medienleitung (58) in der Förderpumpe (14) und einer zweiten Medienleitung (62) im Massenstrommessgerät (18) zuführbar ist.
5. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
die erste Medienleitung (58) eine Förderkammer (60) der Förderpumpe (14) und die zweite Medienleitung (62) eine Förderkammer (64) des rotatorischen Verdrängers (24) zumindest teilweise umgibt und das Konditioniermedium aus den Medienleitungen (58, 62) über die Konditionierleitung (56) in die Temperaturkonditioniereinheit (54) rückführbar ist.
6. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
die erste Medienleitung (58) in der Förderpumpe (14) in Reihe zur zweiten Medienleitung (62) im Massenstrommessgerät (18) geschaltet ist.
7. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
die erste Medienleitung (58) in der Förderpumpe (14) parallel zur zweiten Medienleitung (62) im Massenstrommessgerät (18) geschaltet ist.
8. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass

in der Konditionierleitung (56), welche zu den Medienleitungen (58, 62) in der Förderpumpe (14) und im Massenstrommessgerät (18) führt, ein Wärmetauscher (66) angeordnet ist, in dem ein Wärmeaustausch zwischen dem Konditioniermedium und dem zu dosierenden Fluid stattfindet, welches von der Fluidquelle (10) über den Wärmetauscher (66) zur Fluidquelle (10) zurückführbar ist.

9. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
am Druckdifferenzauflnehmer (34) oder stromabwärts des Druckdifferenzauflnehmers (34) ein Drucksensor (46) und/oder ein Temperatursensor (48) und/oder ein Dichtesensor angeordnet sind.
10. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der winkelgeregelte Elektromotor (16) der Förderpumpe (14) ein elektronisch kommutierter Elektromotor ist.
11. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
am Antriebsmotor (28) des rotatorischen Verdrängers (24) ein Drehwinkelsensor (50) zur Messung der Umdrehungen des Antriebsmotors (28) angeordnet ist, wobei der ermittelte Drehwinkel als Maß zur Ermittlung der geförderten Istmasse des rotatorischen Verdrängers (24) dient.
12. Massenstromregelsystem zur Dosierung von Fluiden nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
der translatorische Druckdifferenzauflnehmer (34) einen in einer Messkammer (36) verschiebbar angeordneten Kolben (38) aufweist, dessen Auslenkung ein Maß für die Differenz bildet.
13. Verfahren zur Dosierung von Fluiden mit einem Massenstromregelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
über eine von einem winkelgeregelten Elektromotor (16) angetriebenen Förderpumpe (14) ein Istmassenstrom eines zu dosierenden Fluids gefördert wird,  
in einem Massenstrommessgerät (18) ein rotatorischer Verdränger (24), der parallel zu einem Druckdifferenzauflnehmer (34) angeordnet ist, derart angesteuert wird, dass eine am Druckdifferenzauflnehmer (34) ermittelte Druckdifferenz durch Regelung des Antriebs des rotatorischen Verdrängers (24) ausgeglichen wird,  
über einen Drehwinkelsensor (50) eine Drehzahl eines Antriebsmotors (28) des rotatorischen Verdrängers (24) gemessen wird,  
aus der Drehzahl des rotatorischen Verdrängers (24) und der vorliegenden Fluidtemperatur ein gefördelter Istmassenstrom in einer Auswerteeinheit (44) berechnet, in eine geförderte Istmasse umgerechnet wird und an eine Steuereinheit (52) übermittelt wird,  
die ermittelte Istmasse mit einer Sollmasse in der Steuereinheit (52) verglichen wird,  
der winkelgeregelte Elektromotor (16) über die Steuereinheit (52) in Abhängigkeit der ermittelten Differenz zwischen Istmasse und Sollmasse so lange nachgeregelt wird, bis die am Massenstrommessgerät (18) ermittelte Istmasse der Sollmasse entspricht.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

-1/1-



三