



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 707 402 A2

(51) Int. Cl.: F17D 3/01 (2006.01)
G05B 17/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 02849/12

(71) Anmelder:
BELIMO Holding AG, Brunnenbachstrasse 1
8340 Hinwil (CH)

(22) Anmeldedatum: 18.12.2012

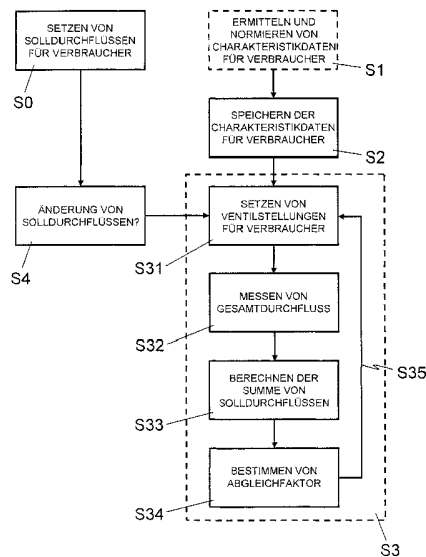
(72) Erfinder:
Marc Thuillard, 8707 Uetikon am See (CH)
Urs Keller, 8340 Hinwil (CH)
Norbert Lederle, 79725 Laufenburg (DE)
Reto Hobi, 8735 St. Gallenkappel (CH)
Peter Schmidlin, 8610 Uster (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.06.2014

(74) Vertreter:
Rentsch Partner AG, Fraumünsterstrasse 9 Postfach 2441
8022 Zürich (CH)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem.

(57) Zum Abgleichen (S3) einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem, in welchem jeder Verbraucher mit einem motorisierten Regelventil zum Regulieren des Durchflusses durch den Verbraucher versehen ist, werden Charakteristikdaten für die Verbraucher gespeichert (S2), die für Solldurchflüsse durch jeweils einen der Verbraucher jeweils eine Ventilstellung des entsprechenden Regelventils bestimmen. Es wird ein aktueller Gesamtdurchfluss durch die Gruppe der Verbraucher mittels eines gemeinsamen Durchflusssensors ermittelt (S32) und basierend auf dem aktuellen Gesamtdurchfluss und einer Summe der gewünschten Solldurchflüsse durch die Verbraucher ein Abgleichfaktor bestimmt (S34). Durch Setzen (S31) der Ventilstellungen der entsprechenden Regelventile basierend auf den Charakteristikdaten und dem Abgleichfaktor wird ein dynamischer Abgleich der Verbraucher durchgeführt.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und Vorrichtungen zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren und Vorrichtungen zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem, in welchem jeder Verbraucher mit einem motorisierten Regelventil zum Regulieren des Durchflusses durch den Verbraucher versehen ist.

Stand der Technik

[0002] Fluidtransportsysteme umfassen typischerweise mehrere Verbraucher, d.h. parallele Zweige oder Stränge, durch welche ein flüssiges oder gasförmiges Fluid, beispielsweise zur thermischen Energieverteilung, transportiert wird. Die Verbraucher sind in der Regel unterschiedlich ausgestaltet, das heisst sie weisen unterschiedliche Durchmesser und/oder Längen der Transportleitungen, z.B. Rohrleitungen, auf und haben verschiedene beispielsweise variierende Durchflussmengen respektive Volumenströme. Um in solchen Fluidtransportsystemen eine aus- oder abgegliche Verteilung des Fluids an die Verbraucher vorzunehmen, werden die Verbraucher jeweils mit einem Ausgleichs- oder Abgleichorgan versehen, beispielsweise ein einstellbares Stellglied, insbesondere ein Ventil, das den Durchfluss durch den betreffenden Verbraucher mit unterschiedlichen Öffnungsgraden respektive Ventilstellungen einstellen kann.

[0003] In DE 69 706 458 wird ein Ausgleichsverfahren eines Netzes für die Verteilung einer nicht-komprimierenden Flüssigkeit beschrieben, in welchem für jeden Zweig zwei Druckanschliessstellen auf beiden Seiten des Ausgleichsorgans und eine weitere davon beabstandete dritte Druckanschliessstelle angeordnet sind. In sämtlichen Zweigen werden Durchflussmessungen jeweils durch Messen des Druckunterschieds auf beiden Seiten des betreffenden Ausgleichsorgans und eine Messung einer Druckdifferenz mittels der dritten Druckanschliessstelle durchgeführt. Auf der Grundlage dieser Messwerte werden die hydraulischen Widerstandskoeffizienten sämtlicher Zweige und Abschnitte auf der Hauptleitung berechnet. Schliesslich werden in Kenntnis des erwünschten Durchflusses in jedem Zweig und unter Verwendung der bestimmten Widerstandskoeffizienten die Einstellungspositionen jedes Abgleichorgans berechnet und eingestellt. Das Ausgleichsverfahren erfordert bei jedem Ausgleichsorgan mehrere Druckanschliessstellen und ist nicht für einen dynamischen Abgleich eines Fluidtransportsystems eingerichtet.

Darstellung der Erfindung

[0004] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem vorzuschlagen, welche zumindest einige Nachteile des Stands der Technik nicht aufweisen. Es ist insbesondere eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem vorzuschlagen, welche für einen dynamischen Abgleich des Fluidtransportsystems eingerichtet sind und nicht bei jedem Verbraucher separate Sensoren zur Bestimmung des Durchflusses erfordern.

[0005] Gemäss der vorliegenden Erfindung werden diese Ziele durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche erreicht. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen gehen ausserdem aus den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

[0006] Die oben genannten Ziele werden durch die vorliegende Erfindung insbesondere dadurch erreicht, dass zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem, in welchem jeder Verbraucher mit einem motorisierten Regelventil zum Regulieren des Durchflusses durch den Verbraucher versehen ist, Charakteristikdaten für die Verbraucher gespeichert werden, die für Solldurchflüsse durch jeweils einen der Verbraucher bei einem konstanten Druck im Fluidtransportsystem jeweils eine Ventilstellung des entsprechenden Regelventils bestimmen. Mittels eines gemeinsamen Durchflusssensors wird ein aktueller Gesamtdurchfluss durch die Gruppe der Verbraucher ermittelt. Basierend auf dem aktuellen Gesamtdurchfluss und einer Summe der gewünschten Solldurchflüsse durch die Verbraucher wird ein Abgleichfaktor bestimmt. Ein dynamischer Abgleich der Verbraucher wird durch Setzen der Ventilstellungen der entsprechenden Regelventile basierend auf den Charakteristikdaten und den mit dem Abgleichfaktor skalierten Solldurchflüssen ausgeführt.

[0007] Entsprechend umfasst eine Vorrichtung zum Abgleichen der Gruppe von Verbrauchern im Fluidtransportsystem ein Charakteristikdatenmodul, welches eingerichtet ist, die Charakteristikdaten für die Verbraucher zu speichern, und ein Abgleichmodul, welches eingerichtet ist, den Abgleichfaktor basierend auf dem aktuellen Gesamtdurchfluss und der Summe der gewünschten Solldurchflüsse durch die Verbraucher zu bestimmen, und den dynamischen Abgleich der Verbraucher durch Setzen der Ventilstellungen der entsprechenden Regelventile basierend auf den Charakteristikdaten und den mit dem Abgleichfaktor skalierten Solldurchflüssen auszuführen.

[0008] Durch den Abgleich der Verbraucher basierend auf dem aktuellen Gesamtdurchfluss und der Summe der gewünschten Solldurchflüsse wird ein automatischer und dynamischer Abgleich des Fluidtransportsystems ermöglicht, der mit einem einzigen gemeinsamen Durchflusssensor zur Messung des Gesamtdurchflusses durch die Gruppe der Verbraucher auskommt, ohne dass dazu mehrere separate Durchflusssensoren respektive Druckanschliessstellen in den Regelventilen der einzelnen Verbraucher vorgesehen werden müssen.

[0009] Vorzugsweise werden die Charakteristikdaten für die Verbraucher durch Messungen des Durchflusses durch die Verbraucher in verschiedenen Ventilstellungen der Regelventile mittels des gemeinsamen Durchflusssensors erfasst, es wird der aktuelle Druck im Fluidtransportsystem basierend auf den Messungen berechnet, und die Charakteristikdaten für die Verbraucher werden basierend auf dem aktuellen Druck im Fluidtransportsystem auf den konstanten Druck im Fluidtransportsystem normiert.

[0010] Entsprechend ist das Charakteristikdatenmodul eingerichtet, die Charakteristikdaten für die Verbraucher durch Messungen des Durchflusses durch die Verbraucher in verschiedenen Ventilstellungen der Regelventile mittels des gemeinsamen Durchflusssensors zu erfassen, den aktuellen Druck im Fluidtransportsystem basierend auf den Messungen zu berechnen, und die Charakteristikdaten für die Verbraucher basierend auf dem aktuellen Druck im Fluidtransportsystem auf den konstanten Druck im Fluidtransportsystem zu normieren.

[0011] Durch die Normierung der Charakteristikdaten für den konstanten Druck im Fluidtransportsystem können die Charakteristikdaten auch bei Druckänderungen während der Messung und Erfassung der Charakteristikdaten ohne signifikante Verfälschung für den Abgleich der Verbraucher im Betrieb des Fluidtransportsystems verwendet werden.

[0012] Die Normierung der Charakteristikdaten für die Verbraucher erfolgt vorzugsweise durch Skalieren des gemessenen Durchflusses durch jeweils einen der Verbraucher basierend auf dem aktuellen Druck im Fluidtransportsystem. Entsprechend ist das Charakteristikdatenmodul eingerichtet, die Charakteristikdaten für die Verbraucher durch Skalieren des gemessenen Durchflusses durch jeweils einen der Verbraucher basierend auf dem aktuellen Druck im Fluidtransportsystem zu normieren.

[0013] In einer Ausführungsvariante wird der aktuelle Druck im Fluidtransportsystem basierend auf einer linearen Pumpencharakteristik für mindestens einen Strang mit mehreren der Verbraucher berechnet. Entsprechend ist das Charakteristikdatenmodul eingerichtet, den aktuellen Druck im Fluidtransportsystem basierend auf einer linearen Pumpencharakteristik für mindestens einen Strang mit mehreren der Verbraucher zu berechnen.

[0014] In einer Ausführungsvariante werden die Charakteristikdaten für die Verbraucher der Gruppe dadurch erfasst, dass die Regelventile für einen ersten Teil der Verbraucher in eine Sperrstellung gesetzt werden und der Durchfluss durch einen zweiten Teil der Verbraucher in verschiedenen Ventilstellungen mittels des gemeinsamen Durchflusssensors gemessen wird. Zum Beispiel werden die Charakteristikdaten für einen Verbraucher der Gruppe jeweils dadurch erfasst, dass die Regelventile für die anderen Verbraucher der Gruppe in eine Sperrstellung gesetzt werden und der Durchfluss durch den einen der Verbraucher in verschiedenen Ventilstellungen mittels des gemeinsamen Durchflusssensors gemessen wird.

[0015] Entsprechend ist das Charakteristikdatenmodul eingerichtet, die Charakteristikdaten dadurch zu erfassen, dass es die Regelventile für den ersten Teil der Verbraucher in die Sperrstellung setzt und dass es mittels des gemeinsamen Durchflusssensors den Durchfluss durch den zweiten Teil der Verbraucher in verschiedenen Ventilstellungen misst. Das Charakteristikdatenmodul ist beispielsweise eingerichtet, die Charakteristikdaten für den einen Verbraucher der Gruppe jeweils dadurch zu erfassen, dass es die Regelventile für die anderen Verbraucher der Gruppe in eine Sperrstellung setzt und mittels des gemeinsamen Durchflusssensors den Durchfluss durch den einen der Verbraucher in verschiedenen Ventilstellungen misst.

[0016] Die Bestimmung der Charakteristikdaten der Verbraucher respektive Regelventile durch sequentielles Durchmessen eines einzelnen Verbrauchers respektive Regelventils der Gruppe bei geschlossenen Regelventilen der übrigen Verbraucher der Gruppe ermöglicht eine besonders einfache und effiziente Bestimmung. Die gleichzeitige Vermessung mehrerer Verbraucher respektive Regelventile der Gruppe bei geschlossenen Regelventilen der übrigen Verbraucher der Gruppe, beispielsweise eine paarweise Vermessung, ermöglicht eine genauere Bestimmung, wenn der Durchfluss durch die gleichzeitige Öffnung mehrerer Regelventile günstiger in den Arbeitsbereich des verwendeten Durchflusssensors zu liegen kommt.

[0017] In einer Ausführungsvariante wird der Abgleichfaktor periodisch bestimmt und der dynamisch Abgleich der Verbraucher periodisch ausgeführt. Entsprechend ist das Abgleichmodul eingerichtet, den Abgleichfaktor periodisch zu bestimmen und den dynamischen Abgleich der Verbraucher periodisch auszuführen.

[0018] Die periodische Bestimmung des Abgleichfaktors und periodische Ausführung des dynamischen Abgleichs ermöglichen es, das Fluidtransportsystem respektive die Verbraucher automatisch, dynamisch und kontinuierlich abzugleichen und an veränderte Systembedingungen respektive Verbraucheranforderungen anzupassen.

[0019] Neben einem Verfahren und einer Vorrichtung zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern in einem Fluidtransportsystem bezieht sich die vorliegende Erfindung zudem auf ein Computerprogrammprodukt mit Computerprogrammcode zur Steuerung eines oder mehrerer Prozessoren einer Vorrichtung derart, dass die Vorrichtung das Verfahren zum Abgleichen der Gruppe von Verbrauchern im Fluidtransportsystem ausführt, insbesondere ein Computerprogrammprodukt mit einem computerlesbaren greifbaren, nicht-flüchtigen Speichermedium, auf welchem der Computerprogrammcode gespeichert ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0020] Nachfolgend wird eine Ausführung der vorliegenden Erfindung anhand eines Beispiels beschrieben. Das Beispiel der Ausführung wird durch die folgenden beigelegten Figuren illustriert:

- Fig. 1: zeigt ein Blockdiagramm, welches schematisch ein Fluidtransportsystem mit einer Gruppe von Verbrauchern und einer Vorrichtung zum dynamischen Abgleichen der Verbraucher illustriert.
- Fig. 2: zeigt ein Blockdiagramm welches, schematisch ein Fluidtransportsystem für gasförmige Fluide mit einer Gruppe von Verbrauchern und einer Vorrichtung zum dynamischen Abgleichen der Verbraucher illustriert.
- Fig. 3: zeigt ein Flussdiagramm, welches eine Sequenz von Schritten für den dynamischen Abgleich eines Fluidtransportsystems mit einer Gruppe von Verbrauchern illustriert.
- Fig. 4: zeigt eine Kurve, welche die Anpassung einer Ventilstellung bei Druckänderungen im Fluidtransportsystem basierend auf Charakteristikdaten des Ventils und einem Abgleichfaktor illustriert.
- Fig. 5: zeigt ein Beispiel eines Szenarios mit zwei Regelventilen und dem Durchfluss durch die Regelventile abhängig vom Druck im Fluidtransportsystem bei verschiedenen Ventilstellungen.
- Fig. 6: zeigt ein weiteres Beispiel eines Szenarios mit zwei Regelventilen und dem Durchfluss durch die Regelventile abhängig vom Druck im Fluidtransportsystem bei verschiedenen Ventilstellungen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0021] In den Fig. 1 und 2 beziehen sich die Bezugszeichen 5 und 5' jeweils auf Fluidtransportsysteme mit einer Gruppe von mehreren Verbrauchern V1, V2, V3, Vi, beispielsweise HLK- (Heizung, Lüftung und Kühlung) respektive HVAC- (Heating, Ventilating and Air Conditioning) Fluidtransportsysteme 5, 5'. Wie in den Fig. 1 und 2 schematisch dargestellt ist, umfassen die Fluidtransportsysteme 5, 5' jeweils eine Arbeitsmaschine 3 zur Förderung der Fluide im Fluidtransportsystem 5, 5', insbesondere eine oder mehrere Pumpen für die Förderung von Flüssigkeiten, z.B. Wasser, oder einen oder mehrere Ventilatoren zum Fördern von gasförmigen Fluiden, z.B. Luft.

[0022] In der Fig. 1 ist der geschlossene Kreislauf des Fluidtransportsystems 5 mit einer Zuführleitung 51 (Vorlauf) und einer Rücklaufleitung 52, z.B. Rohrleitungen, dargestellt. Die Verbraucher V1, V2, V3, Vi umfassen beispielsweise einen oder mehrere Vorrichtungen für den Austausch thermischer Energie, insbesondere Wärmetauscher zum Heizen oder Kühlen, beispielsweise Heizkörper, Bodenheizungen oder Kühlaggregate, oder sogenannte Chiller.

[0023] Wie in den Fig. 1 und 2 dargestellt ist, weisen die Verbraucher V1, V2, V3, Vi jeweils ein zugeordnetes Regelventil V11, V22, V33, Vii zum Regulieren des Durchflusses zum respektive durch den Verbraucher V1, V2, V3, Vi auf. Die Regelventile V11, V22, V33, Vii sind jeweils im Vorlauf (Zuführleitung 51) oder im Rücklauf (Rücklaufleitung 52) der Verbraucher V1, V2, V3, Vi angeordnet. Die Regelventile V11, V22, V33, Vii umfassen jeweils einen steuerbaren, elektrischen Motor M, der das betreffende Regelventil V11, V22, V33, Vii antreibt und die Öffnung und damit den Durchfluss respektive Volumenstrom des Regelventils V11, V22, V33, Vii durch entsprechendes Einstellen eines Drosselkörpers, z.B. eine Ventilklappe, reguliert.

[0024] Das Bezugszeichen 30 bezieht sich auf ein übergeordnetes Steuersystem, welches beispielsweise individuelle Sollwerte für die Durchflüsse F_{t_i} («target flow») durch die Regelventile V11, V22, V33, Vii generiert.

[0025] Wie in den Fig. 1 und 2 ersichtlich ist, umfasst das Fluidtransportsystem 5, 5' einen Durchflusssensor 4 zum Messen des Gesamtdurchflusses respektive Gesamtvolumenstroms $F_{c_{tot}}$ («current total flow») durch die Gruppe der Verbraucher V1, V2, V3, Vi. Der Durchflusssensor 4 ist vorzugsweise im Rücklauf angeordnet, er kann jedoch auch im Vorlauf angeordnet sein.

[0026] Das in Fig. 2 dargestellte Fluidtransportsystem 5' ist für den Transport von gasförmigen Fluiden eingerichtet, wobei die Verbraucher V1, V2, V3, Vi beispielsweise Wohnräume sind, in welche die Regelventile V11, V22, V33, Vii Zuluft zuführen respektive von welchen die Regelventile V11, V22, V33, Vii Abluft wegführen. Den durch die Regelventile V11, V22, V33, Vii regulierten Fluid- respektive Luftdurchlässen ist eine gemeinsame motorisierte Drosselklappe V' und eine Schalldämpfung 7 vorgeschaltet.

[0027] In den Fig. 1 und 2 bezieht sich das Bezugszeichen 1 auf eine Abgleichvorrichtung zum Abgleichen der Gruppe von Verbrauchern V1, V2, V3, Vi respektive der Fluidtransportsysteme 5, 5'. Wie in den Fig. 1 und 2 schematisch dargestellt ist, umfasst die Abgleichvorrichtung 1 mehrere funktionale Module insbesondere ein Charakteristikdatenmodul 11 und ein Abgleichmodul 12. Die funktionalen Module sind vorzugsweise programmierte Softwaremodule zur Steuerung eines oder mehrerer Prozessoren der Abgleichvorrichtung 1. Die funktionalen Module sind auf einem computerlesbaren Medium gespeichert, das fest oder entfernbar mit der Abgleichvorrichtung 1 verbunden ist. Der Fachmann wird jedoch verstehen, dass die funktionalen Module in alternativen Ausführungsvarianten teilweise oder vollständig mit Hardware-Komponenten ausgeführt sein können.

[0028] Zur Steuerung der Regelventile V11, V22, V33, Vii respektive deren Motoren M ist die Abgleichvorrichtung 1 über Steuerleitungen oder einen Steuerbus 54 mit diesen verbunden. Zur Erfassung des aktuellen Gesamtdurchflusses respektive Gesamtvolumenstroms $F_{c,mod}$ durch die Gruppe der Verbraucher V1, V2, V3, Vi ist die Abgleichvorrichtung 1 über eine Messleitung oder einen Datenbus 53 mit dem Durchflusssensor 4 verbunden. Zum Entgegennehmen von Steuersignalen und/oder Steuerparametern, insbesondere Sollwerte für die individuellen Durchflüsse $F_{i,t}$ durch die Regelventile V11, V22, V33, Vii, ist die Abgleichvorrichtung 1 über eine Datenleitung oder einen Datenbus 55 mit dem Steuersystem 30 verbunden. Schliesslich ist die Abgleichvorrichtung 1 über eine Steuerleitung oder einen Steuerbus 56 auch mit dem Drosselventil V' verbunden.

[0029] In den folgenden Abschnitten werden mit Bezug zur Fig. 3 die Funktionen des Charakteristikdatenmoduls 11 und des Abgleichmoduls 12 sowie mögliche Schrittsequenzen für den dynamischen Abgleich des Fluidtransportsystems 5, 5' beschrieben.

[0030] Im vorbereitenden und optionalen Schritt S1 erfasst das Charakteristikdatenmodul 11 für die Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive für die zugeordneten Regelventile V11, V22, V33, Vii Charakteristikdaten, die jeweils bei einem konstanten Druck im Fluidtransportsystem 5, 5' für Solldurchflüsse durch den betreffenden Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive durch das zugeordnete Regelventil V11, V22, V33, Vii eine Ventilstellung des betreffenden Regelventils V11, V22, V33, Vii bestimmen. Die Kurve fh der Fig. 4 illustriert beispielsweise für ein bestimmtes Regelventil V11, V22, V33, Vii respektive den entsprechenden Verbraucher V1, V2, V3, Vi die Ventilstellung H, die einzustellen ist, um einen gewünschten Solldurchfluss respektive Volumenstrom F innerhalb des Bereichs $F=0$, bei geschlossener Stellung, und $F=F_{max}$ bei maximal geöffneter Stellung H_{max} , zu erzielen. Umgekehrt kann basierend auf der Kurve fh auch der Durchfluss respektive Volumenstrom F durch den betreffenden Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive durch das zugeordnete Regelventil V11, V22, V33, Vii bestimmt werden, der bei einer bestimmten Ventilstellung H des Regelventils V11, V22, V33, Vii erreicht wird (Nenndurchfluss bei zugeordneter Ventilstellung).

[0031] Das Charakteristikdatenmodul 11 erfasst die Charakteristikdaten dadurch, dass es ausgehend von einer Sperrsituation, in welcher die gesamte Gruppe der Regelventile V11, V22, V33, Vii gesperrt ist, die Regelventile V11, V22, V33, Vii eines nach dem andern individuell durchmisst. Die Messungen werden bei einem konstanten, aber unbekanntem Initialdruck ΔP_0 im Fluidtransportsystem 5, 5' durchgeführt. Bei der Ausmessung eines Regelventils V11, V22, V33, Vii wird beim konstanten Initialdruck ΔP_0 jeweils in verschiedenen Ventilstellungen H der erzielte Durchfluss F durch das Regelventil V11, V22, V33, Vii gemessen und der betreffenden Ventilstellung H zugeordnet gespeichert (Nenndurchfluss per Ventilstellung). Dabei wird beispielsweise für das auszumessende Regelventil i die Ventilstellung H ausgehend von der geschlossenen Sperrstellung H_0 schrittweise geöffnet, also eine höherwertige Ventilstellung H eingestellt, und für jede Ventilstellung H, des Regelventils i der vom Durchflusssensor 4 gemessene aktuelle Durchfluss respektive Volumenstrom F: erfasst, der aufgrund der geschlossenen Ventilstellung der anderen Regelventile dem Durchfluss respektive Volumenstrom F, des auszumessenden Regelventils i entspricht.

[0032] In einer Ausführungsvariante, beispielsweise, wenn der Durchfluss durch bloss eines der Regelventile V11, V22, V33, Vii nicht im optimalen Arbeitsbereich des Durchflusssensors 4 liegt, erfolgt die Erfassung der Charakteristikdaten durch Ausmessung von jeweils gleichzeitig mehr als einem der Regelventile V11, V22, V33, Vii, beispielsweise durch gleichzeitige, paarweise Ausmessung von jeweils zwei der Regelventile V11, V22, V33, Vii. Dabei werden die gleichzeitig auszumessenden Regelventile V11, V22, V33, Vii vorzugsweise in jeweils der gleichen Ventilstellung vermessen, also bei jeweils gleicher prozentualer Öffnung. Basierend auf den Charakteristikdaten, die gleichzeitig für mehrere Regelventile V11, V22, V33, Vii erfasst wurden, werden durch arithmetische Operationen die individuellen Charakteristikdaten (Nenndurchfluss per Ventilstellung) für die einzelnen Regelventile V11, V22, V33, Vii berechnet.

[0033] Um eine Änderung des Drucks im Fluidtransportsystem 5, 5' während der Messung zu kompensieren, werden die Charakteristikdaten für den konstanten Initialdruck ΔP_0 normiert. Der Durchfluss F_i in einem Verbraucher Vi ist proportional zur Wurzel des Drucks ΔP im Verbraucher Vi respektive in der betreffenden Gruppe (Strang) der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive zugeordneten Regelventile V11, V22, V33, Vii: $F_i \approx \sqrt{\Delta P}$. Die Normierung der Charakteristikdaten erfolgt somit durch die Berechnung des Nenndurchflusses $F_{N,i}$ per Ventilstellung Hi durch die Skalierung $F_{N,i} = \frac{F_i}{\sqrt{\Delta P}}$ des nicht normierten Nenndurchflusses $F_{N,i}$, basierend auf dem tatsächlichen Druck ΔP während der Messung. Der tatsächliche Druck ΔP während der Messung wird aufgrund mehrerer Messungen (mittels des Durchflusssensors 4) des Durchflusses durch eines oder mehrerer Regelventile V11, V22, V33, Vii bei verschiedenen Ventilstellungen berechnet.

[0034] Beispielsweise gilt bei einer linearen Pumpencharakteristik c im Fluidtransportsystem 5, 5' oder im Strang oder der Gruppe der auszumessenden Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive zugeordneten Regelventile V11, V22, V33, Vii die Gleichung:

$$\Delta P = \Delta P_0 + c \cdot F \quad (1)$$

[0035] Durch die Abhängigkeit $\propto \sqrt{\Delta P}$ von Druck ΔP und Durchfluss F_i bei einer durch den Parameterwert k_j , gekennzeichneten Einstellung j der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive der zugeordneten Regelventile V11, V22, V33, Vii folgt somit:

$$\frac{F_j^2}{k_j^2} = \Delta P_0 + c \cdot F_j \quad (2)$$

[0036] Aufgrund mehrerer Messungen des Durchflusses F_j durch eines oder mehrere Regelventile V11, V22, V33, Vii bei verschiedenen Ventilstellungen j , welche nachfolgend mit Bezug zu den Fig. 5 und 6 beispielhaft erläutert werden, werden die Werte für ΔP_0 , c , k_j und schliesslich ΔP für die Normierung der erfassten Charakteristikdaten berechnet. Der aktuelle Druck ΔP kann somit ohne die Verwendung eines Drucksensors ermittelt werden.

[0037] Die Fig. 5 illustriert ein Beispiel eines Szenarios mit zwei Regelventilen, in welchem der Druckwert ΔP abhängig vom Durchfluss F bei verschiedenen Ventilstellungen j dargestellt ist, wobei A1, A2 verschiedene Ventilstellungen des ersten Regelventils bei geschlossenem zweiten Regelventil, B eine geöffnete Ventileinstellung des zweiten Regelventils bei geschlossenem ersten Ventil, und B+A1 respektive B+A2 die Ventilstellungen A1, A2 des ersten Ventils bei gleichzeitiger Ventilstellung B des zweiten Regelventils bezeichnen. Das Bezugszeichen cp1 bezieht sich auf die lineare Pumpencharakteristik $\Delta P = \Delta P_0 + c \cdot F$ der Pumpe (respektive Arbeitsmaschine 3) des Fluidtransportsystems 5, 5' für sämtliche Ventilstellungen A1, A2, B, A1+B, A2+B, in welchen die Messungen in die Berechnung des Druckwerts ΔP mittels der Gleichung (2) einfließen können.

[0038] Die Fig. 6 illustriert ein weiteres Beispiel mit zwei Regelventilen, in welchem der Druckwert ΔP abhängig vom Durchfluss F bei verschiedenen Ventilstellungen j dargestellt ist, wobei A1, A2 verschiedene Ventilstellungen des ersten Regelventils bei geschlossenem zweiten Regelventil, B1 und B2 eine geöffnete Ventileinstellung des zweiten Regelventils bei geschlossenem ersten Ventil, und B1+A1, B1+A2 respektive B2+A1 die Ventilstellungen A1, A2 des ersten Ventils bei gleichzeitiger Ventilstellung B1 respektive B2 des zweiten Regelventils bezeichnen. Das Bezugszeichen cp2 bezieht sich auf die lineare Pumpencharakteristik $\Delta P = \Delta P_0 + c \cdot F$ der Pumpe (respektive Arbeitsmaschine 3) des Fluidtransportsystems 5, 5' für die Ventilstellungen B1, B2, B1+A1, B1+A2 und B2+A1, in welchen die Messungen in die Berechnung des Druckwerts ΔP mittels der Gleichung (2) einfließen können.

[0039] Im vorbereitenden Schritt S2 werden die normierten Charakteristikdaten für die Regelventile V11, V22, V33, Vii gespeichert. Anstelle der dynamischen Erfassung der Charakteristikdaten im optionalen Schritt S1, werden in einer alternativen Ausführungsvariante bekannte Charakteristikdaten der Regelventile V11, V22, V33, Vii, beispielsweise ab Datenblättern, erfasst und gespeichert. Mit den Charakteristikdaten wird jeweils auch ein Nenndurchfluss, eine Identifizierung und/oder eine Typenbezeichnung des betreffenden Verbrauchers V1, V2, V3, Vi respektive Regelventils V11, V22, V33, Vii gespeichert.

[0040] Im Schritt S0 werden im Steuersystem 30 die individuellen Solldurchflüsse F_i für die Regelventile V11, V22, V33, Vii bestimmt, beispielsweise aufgrund von aktuellen Sensorwerten und/oder Benutzeranforderungen.

[0041] Beim Auffahren (Inbetriebnahme) des Fluidtransportsystems 5, 5' oder wenn eine Änderung der Solldurchflüsse F_i erkannt wird, wird im Schritt S4 der Schritt S3 für den dynamischen Abgleich des Fluidtransportsystems 5, 5' respektive der Verbraucher V1, V2, V3, Vi ausgelöst und aktiviert.

[0042] Im Schritt S31 setzt das Abgleichmodul 12 die Ventilstellungen der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii basierend auf den Solldurchflüssen F_i für die einzelnen Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii. Für die Solldurchflüsse F_i werden die Ventilstellungen der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii für den konstanten, aber unbekanntem Initialdruck ΔP_0 im Fluidtransportsystem 5, 5' gesetzt. Dazu verwendet das Abgleichmodul 12 jeweils die individuellen Charakteristikdaten der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii und ermittelt auf der Basis dieser Charakteristikdaten für die Regelventile V11, V22, V33, Vii jeweils die dem Solldurchfluss F_i entsprechende Ventilstellung H_i , mit welcher im betreffenden Regelventil V11, V22, V33, Vii der zugeordnete aktuelle individuelle Durchfluss F_i erreicht werden soll, der beim konstanten, aber unbekanntem Initialdruck ΔP_0 dem gewünschten Solldurchfluss $F_i = F_i$ entspricht. Wie später beschrieben wird, werden für die Berechnungen der Ventilstellungen H_i die aktuellen individuellen Durchflüsse F_i jeweils mit einem Abgleichfaktor $F_i = \alpha \cdot F_i$ korrigiert, welcher anfänglich auf $\alpha = 1$ gesetzt ist, in der Annahme, dass der aktuelle Druck ΔP_c im Fluidtransportsystem 5, 5' dem konstanten Initialdruck ΔP_0 entspricht, $\Delta P_c = \Delta P_0$ (d.h. $\frac{\Delta P_c}{\Delta P_0} = 1$, wie später im Zusammenhang mit Schritt S34 erläutert wird).

[0043] In einer Ausführungsvariante setzt das Abgleichmodul 12 die Ventilstellungen der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii zusätzlich unter Berücksichtigung eines optimierten Einsatzes der Arbeitsmaschine 3 zur Förderung der Fluide. Das Abgleichmodul 12 arbeitet beispielsweise als Pumpenoptimierer zur Optimierung der Pumpenleistung. Dazu werden die Ventilstellungen der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii bis zu einem definierten maximalen Grenzwert, beispielsweise 70% oder 80% der maximalen Öffnung, erhöht geöffnet, während die Pumpleistung entsprechend so reduziert wird, dass der zu erzielende Gesamtdurchfluss gleich bleibt. Somit kann in den einzelnen Verbrauchern V1, V2, V3, Vi und insgesamt im Fluidtransportsystem 5, 5' jeweils derselbe Durchfluss respektive Volumenstrom bei reduzierter Pumpleistung erreicht werden.

[0044] In einer Variante setzt das Abgleichmodul 12 die Ventilstellungen der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii zusätzlich unter Berücksichtigung eines optimierten Betriebes des Wärme- bzw. Kälteerzeugers, so dass die Vorlauftemperatur maximiert bzw. minimiert werden kann, wobei mindestens ein Ventil eine Anschlagstellung erreicht.

[0045] In einer Ausführungsvariante wird zudem vom Abgleichmodul 12 untersucht, ob die Ventilstellung mindestens einer der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive eines der Regelventile V11, V22, V33, Vii eine Anschlagstellung mit maxima-

ler Öffnung oder eine definierte Minimalstellung erreicht hat. Dabei sind Ventilstellungen beispielsweise als Zahlenwerte angegeben, die einen Öffnungsgrad, z.B. in Winkelgraden oder Bruchteilen, z.B. Prozenten, oder einen entsprechenden Steuerwert angeben. Die Anschlagstellung und/oder die definierte Minimalstellung eines Verbrauchers V1, V2, V3, Vi respektive Regelventils V11, V22, V33, Vii werden beispielsweise als Teil der betreffenden Charakteristikdaten gespeichert. Wenn eine Anschlagstellung oder eine definierte Minimalstellung erreicht wurde, führt das Abgleichmodul 12 eine entsprechende definierte Ausnahmeregelung der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii aus.

[0046] in einer Variante sieht die Ausnahmeregelung für eine festgestellte Anschlagstellung vor, dass der Durchfluss zugunsten des Verbrauchers V1, V2, V3, Vi respektive Regelventils V11, V22, V33, Vii im Anschlag bei den anderen Regelventile V11, V22, V33, Vii der Gruppe gedrosselt wird. Dazu werden für die Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii jeweils zugeordnete Prioritätsangaben, beispielsweise als Teil der betreffenden Charakteristikdaten, gespeichert. Die Prioritätsangaben sind beispielsweise Klassifizierungs- oder Zahlenwerte die eine hohe respektive niedrige Wichtigkeit oder eine bestimmte Stufe in einer mehrwertigen Skala angeben. Beim Feststellen einer Anschlagstellung, reduziert das Abgleichmodul 12 somit die Öffnung und damit den Durchfluss durch weniger wichtigere Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii, die eine Prioritätsangabe mit einem niedrigeren Wert als der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive das Regelventil V11, V22, V33, Vii in der Anschlagstellung aufweisen.

[0047] In einer Variante sieht die Ausnahmeregelung für eine festgestellte definierte Minimalstellung vor, dass zur Vermeidung von Strömungsgeräuschen die Ventilator- bzw. Pumpenleistung in der Arbeitsmaschine 3 zur Förderung gasförmiger Fluide im Fluidtransportsystem 5, 5', d.h. im Ventilator, reduziert wird.

[0048] Im Schritt S32 ermittelt das Abgleichmodul 12 über den Durchflusssensor 4 den aktuellen Gesamtdurchfluss respektive Gesamtvolumenstrom $F_{C_{total}}$ im Fluidtransportsystem 5, 5', d.h. durch die gesamte Gruppe der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii.

[0049] Im Schritt S33 berechnet das Abgleichmodul 12 die Summe der Solldurchflüsse $F_{t_{total}} = \sum F_{t_i}$ («total target flow») für die gesamte Gruppe der Verbraucher V1, V2, V3, Vi respektive Regelventile V11, V22, V33, Vii.

[0050] Im Schritt S34 bestimmt das Abgleichmodul 12 auf der Basis des aktuellen, tatsächlich erreichten gemessenen Gesamtdurchflusses $F_{C_{total}}$ und dem gewünschten Gesamtsolldurchfluss $F_{t_{total}} = \sum F_{t_i}$, einen Abgleichfaktor α . Der Abgleichfaktor α wird durch Druckveränderungen im Fluidtransportsystem 5, 5' bestimmt (aktueller Druck ΔP_C gegenüber konstantem Initialdruck ΔP_0) und aus dem Verhältnis $\beta = \frac{\Delta P_C}{\Delta P_0}$ des konstanten, aber unbekanntem Initialdrucks ΔP_0 zum aktuellen, aber ebenfalls unbekanntem Druck ΔP_C berechnet. Dabei entspricht das Verhältnis β dem Quadrat des Verhältnisses vom gewünschten Gesamtsolldurchfluss $F_{t_{total}} = \sum F_{t_i}$ (beim konstanten, aber unbekanntem Initialdruck ΔP_0) zum tatsächlich gemessenen aktuellen Gesamtdurchfluss $F_{C_{total}}$ (beim aktuellen, aber ebenfalls unbekanntem Druck ΔP_C). Der Abgleichfaktor α berechnet sich aus der Wurzel des Verhältnisses β , nämlich $\alpha = \sqrt{\frac{\Delta P_C}{\Delta P_0} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n F_{t_i}^2}{F_{C_{total}}^2}}$ und entspricht somit dem Verhältnis vom gewünschten Gesamtsolldurchfluss $F_{t_{total}} = \sum F_{t_i}$ (beim konstanten, aber unbekanntem Initialdruck ΔP_0) zum tatsächlich gemessenen aktuellen Gesamtdurchfluss $F_{C_{total}}$.

[0051] Das Abgleichmodul 12 fährt anschliessend im Schritt S31 mit der Berechnung neuer korrigierter Ventilstellungen H'_i fort, bei welchen die aktuellen individuellen Solldurchflüsse F_{t_i} jeweils mit dem Abgleichfaktor $F'_{t_i} = \alpha \cdot F_{t_i}$ korrigiert werden (wobei die korrigierten individuellen Durchflüsse F'_{t_i} zu neuen aktuellen individuellen Solldurchflüssen beim aktuellen, aber unbekanntem Druck ΔP_C werden).

[0052] Bei einer Druckänderung des aktuellen Drucks ΔP_C im Fluidtransportsystem 5, 5' gegenüber dem Initialdruck ΔP_0 weicht der aktuelle Fluss F_C vom gewünschten Solldurchfluss F_t ab und es ergibt sich ein Abgleichfaktor $\alpha \neq 1$. Beispielsweise verdoppelt sich der tatsächliche Fluss $F_C = 2 \cdot F_t$ bei einer Vervierfachung des Drucks $\Delta P_C = 4 \cdot \Delta P_0$ und es ergibt sich ein Abgleichfaktor $\alpha = \sqrt{\frac{\Delta P_C}{\Delta P_0} \cdot \frac{F_t^2}{F_C^2}}$. Wie in der Fig. 4 ersichtlich ist, wird der vom Solldurchfluss F_t abweichende aktuelle Fluss F_C , der bei einer Ventilstellung H_i für den Solldurchfluss F_t , bei einer Abweichung des aktuellen Flusses F_C vom Initialdruck ΔP_0 tatsächlich erreicht wird (z.B. ein verdoppelter Fluss $F_C = 2 \cdot F_t$), durch die Skalierung des Solldurchflusses F_t mit dem Abgleichfaktor $F'_{t_i} = \alpha \cdot F_{t_i}$ (Schritt a: z.B. eine Halbierung des Sollflusses $F'_{t_i} = 0.5 \cdot F_{t_i}$) und einer Einstellung des Regelventils V11, V22, V33, Vii mit der über die Charakteristikdaten zugeordneten Ventilstellung H'_i korrigiert (Schritt b: H'_i für F'_{t_i} aus Kurve fh).

[0053] In einer Ausführungsvariante sind im Fluidtransportsystem 5 zudem Temperatursensoren angeordnet, die ermöglichen in den Verbrauchern V1, V2, V3, Vi jeweils die Temperaturdifferenz $\Delta T_i = T_{in_i} - T_{out_i}$ zwischen Eingangstemperatur T_{in_i} und Ausgangstemperatur T_{out_i} des zugeführten respektive zurückzuführenden Fluids bei der betreffenden Vorrichtung für den Austausch thermischer Energie (Wärmetauscher) zu bestimmen. Für die Bestimmung der Eingangstemperatur T_{in_i} ist beispielsweise ein gemeinsamer Temperatursensor im Vorlauf zu den Verbrauchern V1, V2, V3, Vi angeordnet oder es sind mehrere separate Temperatursensoren in den Vorläufen der einzelnen Verbraucher V1, V2, V3, Vi vorgesehen. Die verschiedenen Ausgangstemperaturen T_{out_i} werden jeweils durch separate Temperatursensoren in den Rückläufen der einzelnen Verbraucher V1, V2, V3, Vi gemessen. Die Abgleichvorrichtung 1 ist mit den Temperatursensoren verbunden und eingerichtet die Eingangstemperaturen T_{in_i} und Ausgangstemperaturen T_{out_i} der einzelnen Verbraucher V1, V2, V3, Vi zu erfassen und die jeweiligen Temperaturdifferenzen $\Delta T_i = T_{in_i} - T_{out_i}$ für die Verbraucher V1, V2, V3, Vi zu ermitteln. Die Abgleichvorrichtung 1 ist zudem eingerichtet, im abgeglichenen Zustand, basierend auf dem gemessenen aktuellen Gesamtdurchfluss respektive Gesamtvolumenstrom $F_{C_{total}}$ und den individuellen Solldurchflüssen F_{t_i} und Temperaturdifferenzen ΔT_i die anteilmässige aktuelle Energieabgabe $\dot{w}_i = \frac{F_{t_i} \cdot \Delta T_i}{F_{C_{total}}}$ («current individual energy») durch die Verbraucher V1, V2, V3,

V_i zu ermitteln. Die Abgleichvorrichtung 1 bestimmt zudem die gesamte Energieabgabe $E_{c_{tot}} = \sum E_{c_i}$ («current total energy») durch die Verbraucher V_1, V_2, V_3, V_i . Die ermittelte Gesamtenergie $E_{c_{total}}$ wird in der Abgleichvorrichtung 1 oder im übergeordneten Steuersystem 30 zur Regelung und insbesondere Begrenzung der über das Fluidtransportsystem 5, 5' abzugehenden Gesamtenergie $E_{t_{total}} = f(E_{c_{total}})$ («total target energy») eingesetzt. Somit ist es möglich im Fluidtransportsystem 5, 5' mit der Durchflussmessung respektive Volumenstrommessung in bloss einem einzigen, gemeinsamen Durchflusssensor 4 sowohl die in den einzelnen Verbrauchern V_1, V_2, V_3, V_i abgegebenen individuellen Energiemengen E_{c_i} als auch die gesamte im Fluidtransportsystem 5, 5' abgegebene Energie $E_{c_{total}}$ zu messen und zu regeln.

[0054] Wie mit dem Pfeil S35 angezeigt wird, wird die Bestimmung des Abgleichfaktors a und der dynamische Abgleich im Schritt S3 periodisch ausgeführt, beispielsweise mit einer Periodendauer von drei bis dreissig Sekunden, z.B. alle fünf oder zehn Sekunden.

[0055] Abschliessend soll angeführt werden, dass in der Beschreibung zwar Computerprogrammcode spezifischen funktionalen Modulen zugeordnet wurde und dass die Ausführung von Schritten in einer bestimmten Reihenfolge dargestellt wurde, dass der Fachmann jedoch verstehen wird, dass der Computerprogrammcode unterschiedlich strukturiert und die Reihenfolge von mindestens gewissen Schritten geändert werden kann, ohne dabei vom Schutzgegenstand abzuweichen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern (V_1, V_2, V_3, V_i) in einem Fluidtransportsystem (5, 5'), in welchem die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) jeweils mit einem motorisierten Regelventil ($V_{11}, V_{22}, V_{33}, V_{ii}$) zum Regulieren des Durchflusses durch den Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) versehen sind, gekennzeichnet durch:
 - Speichern (S2) von Charakteristikdaten für die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i), die für Solldurchflüsse (F_{t_i}) durch jeweils einen der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) bei einem konstanten Druck (ΔP_0) im Fluidtransportsystem (5, 5') jeweils eine Ventilstellung (H_i) des entsprechenden Regelventils ($V_{11}, V_{22}, V_{33}, V_{ii}$) bestimmen,
 - Ermitteln (S32) eines aktuellen Gesamtdurchflusses durch die Gruppe der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) mittels eines gemeinsamen Durchflusssensors (4),
 - Bestimmen (S34) eines Abgleichfaktors basierend auf dem aktuellen Gesamtdurchfluss und einer Summe der gewünschten Solldurchflüsse durch die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i), und
 - Ausführen (S3) eines dynamischen Abgleichs der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) durch Setzen der Ventilstellungen (H_i) der entsprechenden Regelventile ($V_{11}, V_{22}, V_{33}, V_{ii}$) basierend auf den Charakteristikdaten und den mit dem Abgleichfaktor skalierten Solldurchflüssen (F_{t_i}).
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Erfassen (S1) der Charakteristikdaten für die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) durch Messungen des Durchflusses (F) durch die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) in verschiedenen Ventilstellungen (H) der Regelventile ($V_{11}, V_{22}, V_{33}, V_{ii}$) mittels des gemeinsamen Durchflusssensors (4), Berechnen eines aktuellen Drucks (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5') basierend auf den Messungen, und Normieren der Charakteristikdaten für die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) auf den konstanten Druck (ΔP_0) im Fluidtransportsystem (5, 5') basierend auf dem aktuellen Druck (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5')-
3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch Normieren der Charakteristikdaten für die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) durch Skalieren des gemessenen Durchflusses (F) durch jeweils einen der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) basierend auf dem aktuellen Druck (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5').
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, gekennzeichnet durch Berechnen des aktuellen Drucks (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5') basierend auf einer linearen Pumpencharakteristik (cp1, cp2) für mindestens einen Strang mit mehreren der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i).
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch Erfassen (S1) der Charakteristikdaten für die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) durch Setzen der Regelventile ($V_{11}, V_{22}, V_{33}, V_{ii}$) für einen ersten Teil der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) in eine Sperrstellung, und Messen des Durchflusses (F) durch einen zweiten Teil der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) in verschiedenen Ventilstellungen (H) mittels des gemeinsamen Durchflusssensors (4).
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch, Erfassen (S1) der Charakteristikdaten für einen Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) der Gruppe jeweils durch Setzen der Regelventile ($V_{11}, V_{22}, V_{33}, V_{ii}$) für die anderen Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) der Gruppe in eine Sperrstellung, und Messen des Durchflusses (F) durch den einen der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) in verschiedenen Ventilstellungen (H) mittels des gemeinsamen Durchflusssensors (4).
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, gekennzeichnet durch periodisches Bestimmen (S34) des Abgleichfaktors und Ausführen (S3) des dynamischen Abgleichs der Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i).
8. Vorrichtung (1) zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern (V_1, V_2, V_3, V_i) in einem Fluidtransportsystem (5, 5'), in welchem die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) jeweils mit einem motorisierten Regelventil ($V_{11}, V_{22}, V_{33}, V_{ii}$) zum Regulieren des Durchflusses durch den Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) versehen sind und ein gemeinsamer Durchflusssensor (4) zum Messen eines Gesamtdurchflusses durch die Gruppe von Verbrauchern (V_1, V_2, V_3, V_i) vorgesehen ist, gekennzeichnet durch:
 - ein Charakteristikdatenmodul (11), welches eingerichtet ist, für die Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) jeweils Charakteristikdaten zu speichern, die für Solldurchflüsse (F_{t_i}) durch den betreffenden Verbraucher (V_1, V_2, V_3, V_i) bei einem kon-

stanten Druck (ΔP_0) im Fluidtransportsystem (5, 5') jeweils eine Ventilstellung (H_i) des entsprechenden Regelventils (V11, V22, V33, Vii) bestimmen, und ein Abgleichmodul (12), welches eingerichtet ist mittels des Durchflusssensors (4) den aktuellen Gesamtdurchfluss durch die Gruppe der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) zu ermitteln, einen Abgleichfaktor basierend auf dem aktuellen Gesamtdurchfluss und einer Summe der gewünschten Soll durchflüsse durch die Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) zu bestimmen, und einen dynamischen Abgleich der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) durch Setzen der Ventilstellungen (H_j) der entsprechenden Regelventile (V11, V22, V33, Vii) basierend auf den Charakteristikdaten und den mit dem Abgleichfaktor skalierten Soll durchflüssen ($F_{i,j}$) auszuführen.

9. Vorrichtung (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass das Charakteristikdatenmodul (11) eingerichtet ist, die Charakteristikdaten für die Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) durch Messungen des Durchflusses (F) durch die Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) in verschiedenen Ventilstellungen (H) der Regelventile (V11, V22, V33, Vii) mittels des gemeinsamen Durchflusssensors (4) zu erfassen, einen aktuellen Druck (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5') basierend auf den Messungen zu berechnen, und die Charakteristikdaten für die Verbraucher (V1, V2, V3, Vi), basierend auf dem aktuellen Druck (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5') auf den konstanten Druck (ΔP_0) im Fluidtransportsystem (5, 5'), zu normieren.
10. Vorrichtung (1) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Charakteristikdatenmodul (11) eingerichtet ist, die Charakteristikdaten für die Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) durch Skalieren des gemessenen Durchflusses (F) durch jeweils einen der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) basierend auf dem aktuellen Druck (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5') zu normieren.
11. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Charakteristikdatenmodul (11) eingerichtet ist, den aktuellen Druck (ΔP) im Fluidtransportsystem (5, 5'), basierend auf einer linearen Pumpencharakteristik ($cp1, cp2$) für mindestens einen Strang mit mehreren der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi), zu berechnen.
12. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Charakteristikdatenmodul (11) eingerichtet ist, die Charakteristikdaten für die Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) dadurch zu erfassen, dass die Regelventile (V11, V22, V33, Vii) für einen ersten Teil der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) in eine Sperrstellung gesetzt werden, und dass mittels des gemeinsamen Durchflusssensors (4) der Durchfluss (F) durch einen zweiten Teil der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) in verschiedenen Ventilstellungen (H) gemessen wird.
13. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Charakteristikdatenmodul (11) eingerichtet ist, die Charakteristikdaten für einen der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) jeweils dadurch zu erfassen, dass die Regelventile (V11, V22, V33, Vii) für die anderen Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) der Gruppe in eine Sperrstellung gesetzt werden, und dass mittels des gemeinsamen Durchflusssensors (4) der Durchfluss (F) durch den einen der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) in verschiedenen Ventilstellungen (H) gemessen wird.
14. Vorrichtung (1) nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Abgleichmodul (12) eingerichtet ist, den Abgleichfaktor periodisch zu bestimmen und den dynamischen Abgleich der Verbraucher (V1, V2, V3, Vi) periodisch auszuführen.
15. Computerprogrammprodukt umfassend Computerprogrammcode zur Steuerung eines oder mehrerer Prozessoren einer Vorrichtung (1) derart, dass die Vorrichtung (1) ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 zum Abgleichen einer Gruppe von Verbrauchern (V1, V2, V3, Vi) in einem Fluidtransportsystem (5, 5') ausführt.

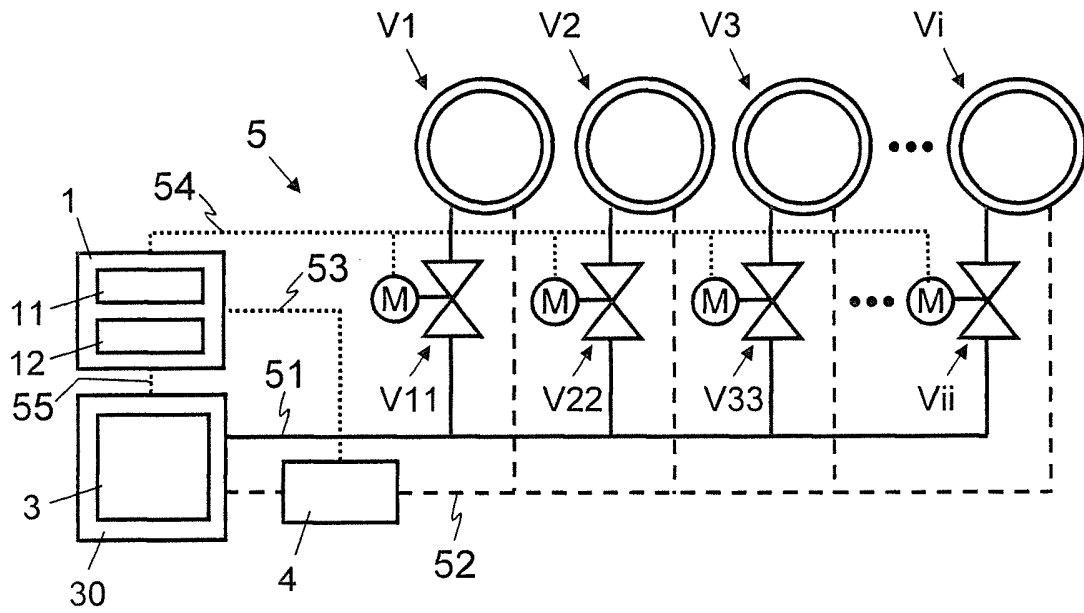


Fig. 1

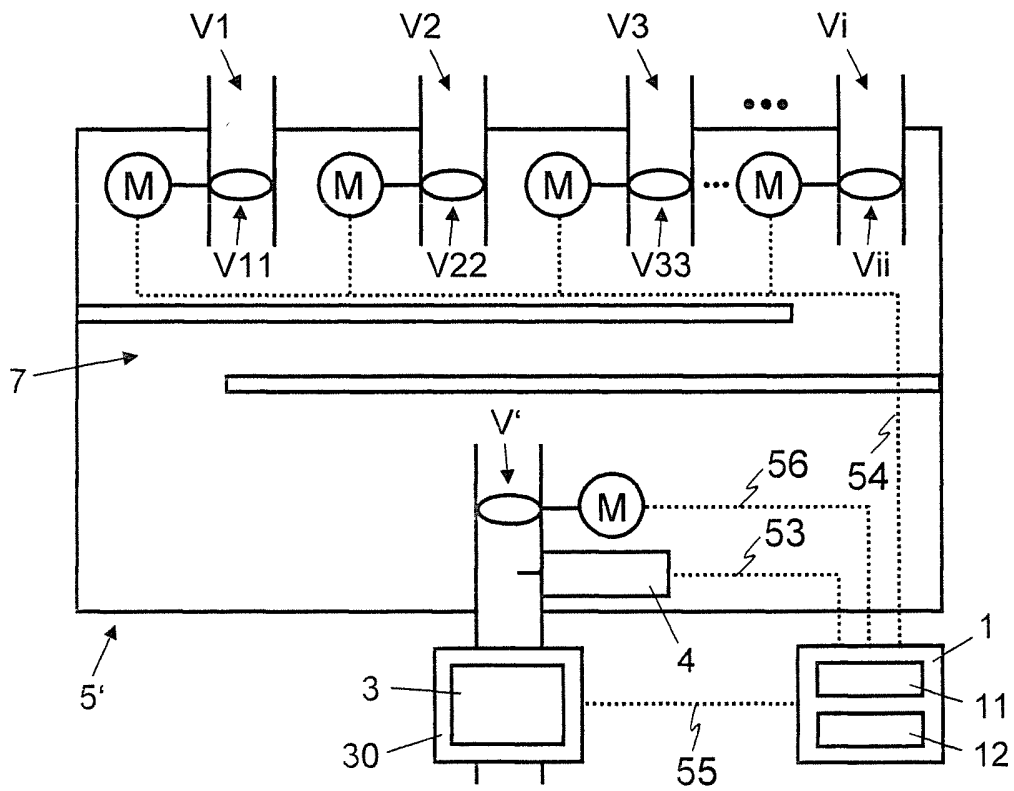


Fig. 2

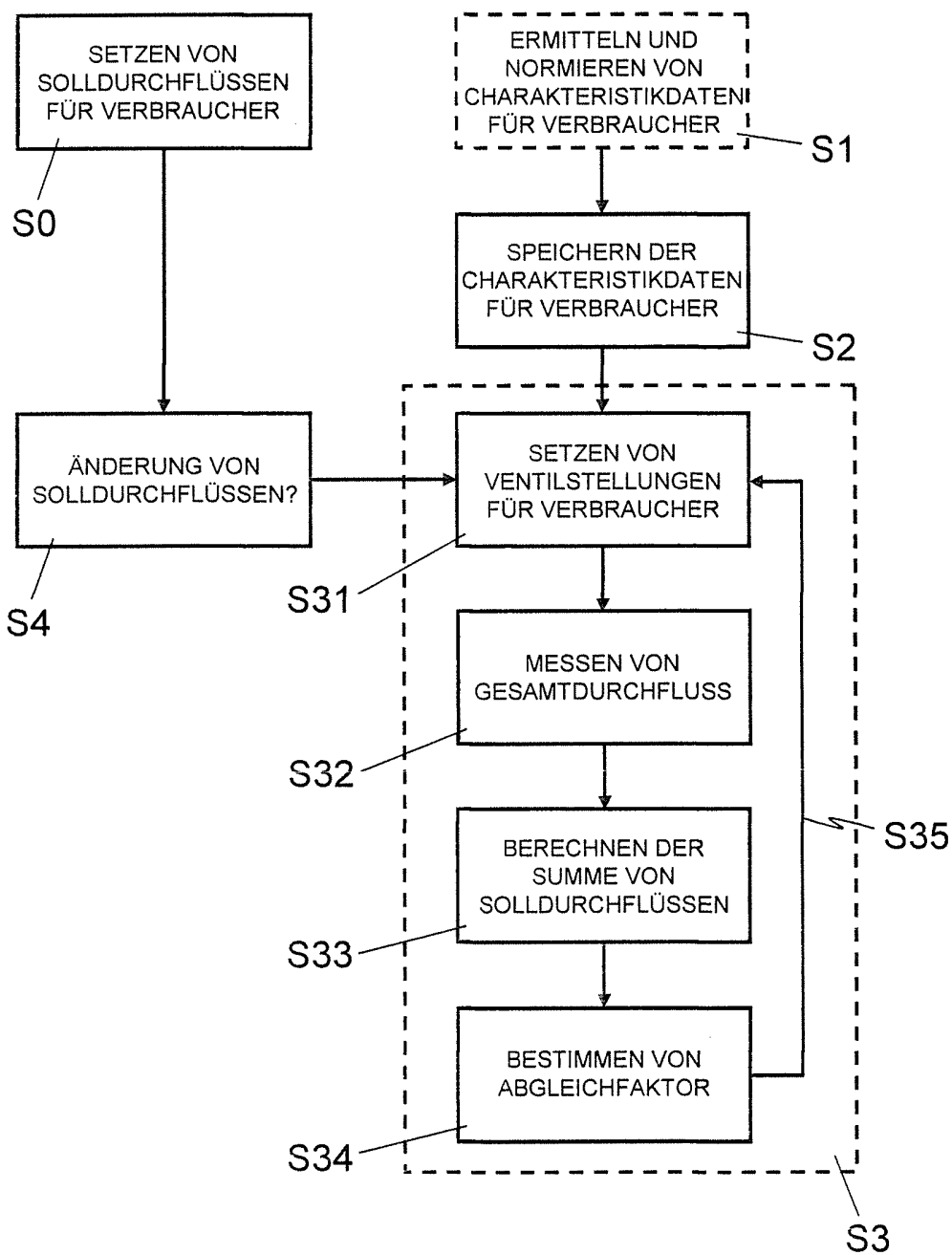


Fig. 3

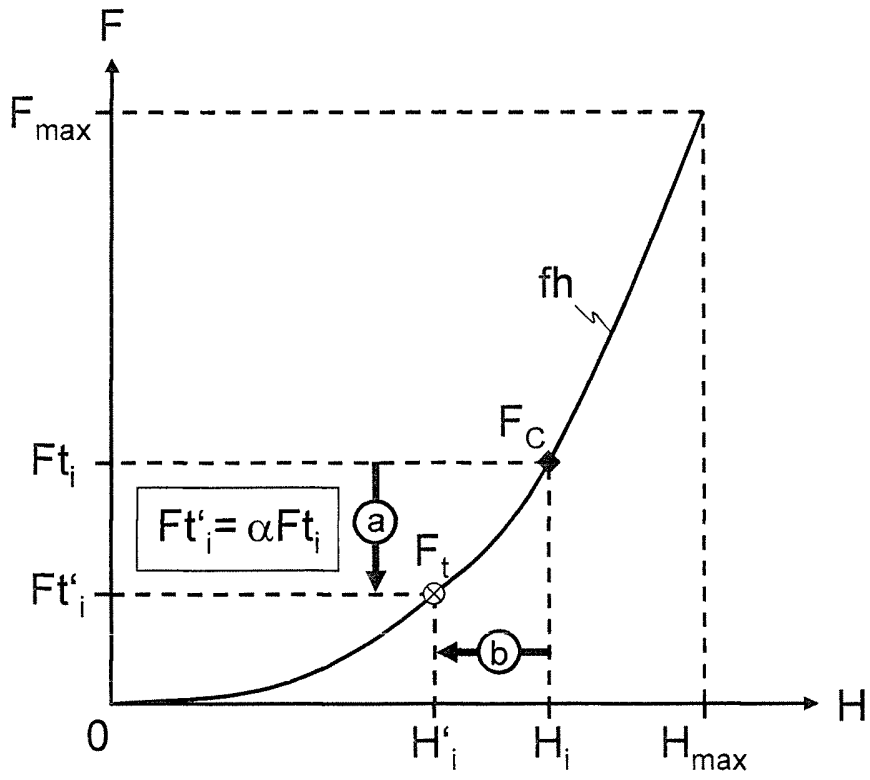


Fig. 4

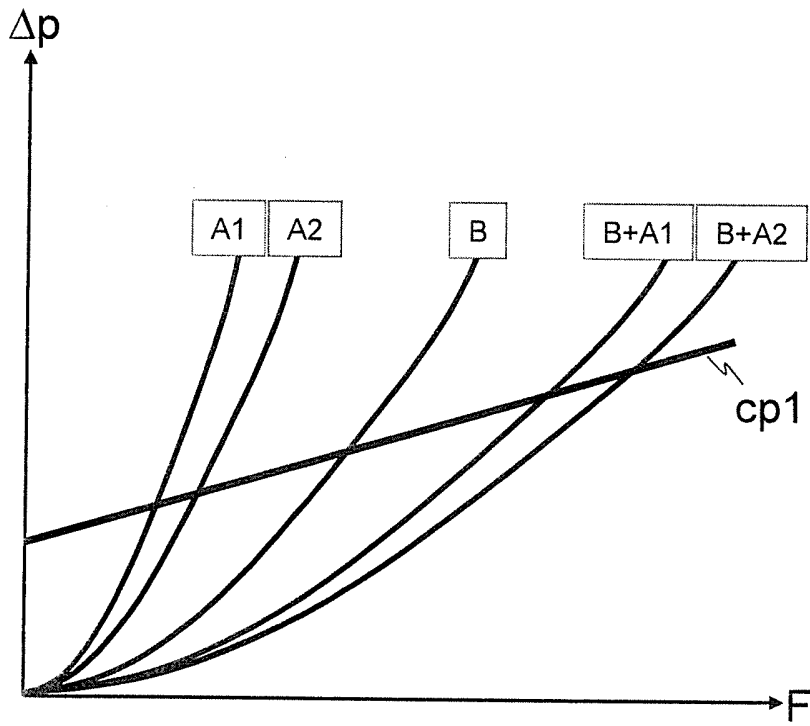


Fig. 5

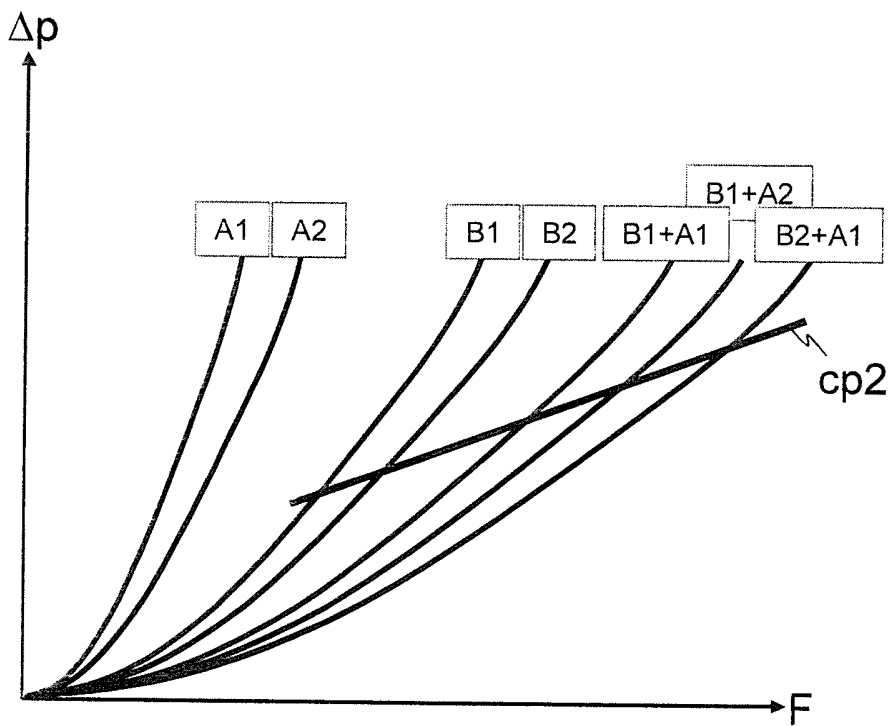


Fig. 6