



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.08.2011 Patentblatt 2011/32

(51) Int Cl.:
F04D 13/14 (2006.01) F04D 15/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10000446.4**

(22) Anmeldetag: **19.01.2010**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA RS

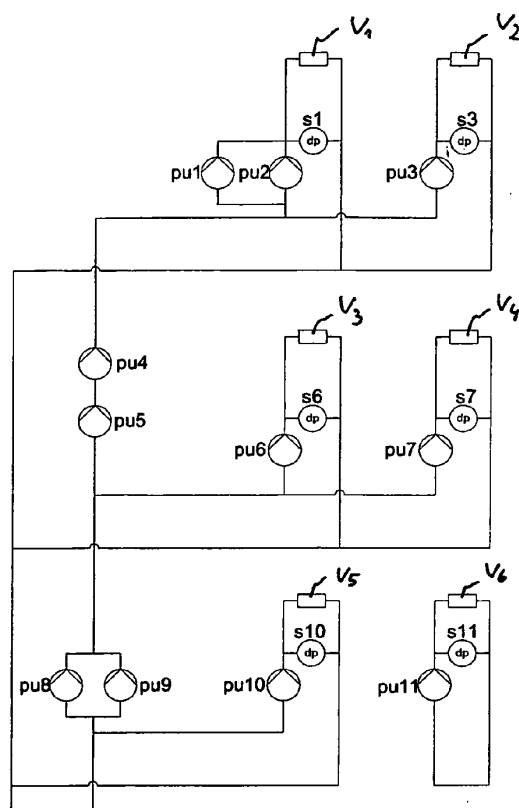
(71) Anmelder: **Grundfos Management A/S**
8850 Bjerringbro (DK)

(72) Erfinder:
• **Skovmose Kalleøe, Carsten**
8800 Viborg (DK)
• **Carøe Aarestrup, Jan**
8850 Bjerringbro (DK)

(74) Vertreter: **Vollmann, Heiko et al**
Vollmann & Hemmer
Patentanwälte
Wallstrasse 33a
23560 Lübeck (DE)

(54) **Verfahren zum Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs von Pumpen**

(57) Das Verfahren dient zum Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs mehrerer in ihrer Drehzahl steuerbarer Pumpen in einer hydraulischen Anlage. Es wird hier zumindest eine Pumpe mit veränderter Drehzahl angesteuert und aus den hydraulischen Rückwirkungen mindestens ein funktionaler Zusammenhang der Anlage ermittelt. Bei geeigneter Wahl der Ansteuerung und Erfassung der hydraulischen Änderungen kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren der funktionale Zusammenhang der gesamten Anlage ermittelt werden.



a

Fig. 1

Beschreibung

Erfindung wird das Verfahren in drei grundsätzlichen Verfahrensschritten angewandt, nämlich wie folgt:

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs mehrerer in ihrer Drehzahl steuerbarer Pumpen in einer Anlage.

[0002] Insbesondere in Heizungsanlagen größerer Gebäude oder komplexerer Bauart sind eine Vielzahl von Pumpen, d.h. Kreislaspumpen mit einem diese antreibenden Elektromotor verbaut, um die einzelnen Anlagenteile zuverlässig mit Fluid bzw. Wärme zu versorgen. Moderne Pumpen dieser Art sind typischerweise frequenzumrichter-gesteuert, so dass sie leistungsmäßig eine große Bandbreite versorgen können und je nach Bedarf unterschiedlich betrieben werden können. Wenn eine Vielzahl solcher Pumpen in einer Anlage zusammenarbeiten, sei es durch Parallel-, Hintereinanderschaltung oder Kombination davon, ergibt sich ein komplexes hydraulisches Netz, das zunächst einmal in seiner Struktur, d.h. seinem funktionalen Zusammenhang bekannt sein muss um den Betrieb der Gesamtheit der Pumpen energetisch optimieren zu können. Insbesondere bei älteren Anlagen kann es vorkommen, dass der hydraulische Schaltplan nicht mehr verfügbar ist. Auch kann dieser anhand der vorhandenen Verrohrung nicht immer mit ausreichender Genauigkeit eindeutig ermittelt werden. Dann ist es erforderlich den funktionalen Zusammenhang der Pumpen zu ermitteln.

[0003] Vor diesem Hintergrund liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs mehrerer in ihrer Drehzahl steuerbarer Pumpen in einer Anlage zu schaffen, mit dem dieser funktionale Zusammenhang, also quasi der hydraulische Schaltplan der Anlage eindeutig ermittelbar ist.

[0004] Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen angegeben.

[0005] Gemäß der Erfindung wird der funktionale Zusammenhang mehrerer in ihrer Drehzahl steuerbarer Pumpen in einer Anlage dadurch ermittelt, dass bei mindestens einer Pumpe die Drehzahl verändert wird und aus der daraus resultierenden hydraulischen Rückwirkung mindestens ein funktionaler Zusammenhang der Anlage ermittelt wird. Je nach Umfang des zu ermittelnden funktionalen Zusammenhangs können eine oder auch mehrere Pumpen mit veränderter Drehzahl angesteuert werden, um diesen Zusammenhang zu ermitteln. So kann es beispielsweise zur Feststellung ob zwei Pumpen parallel oder hintereinander geschaltet sind genügen, eine der Pumpen mit erhöhter Drehzahl anzusteuern um dann durch Druck- oder Durchflussmessung gegenüber dem Ursprungszustand zu bestimmen in welcher Weise diese Pumpen verschaltet sind.

[0006] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der

a) In einem ersten Verfahrensschritt werden alle in der Anlage verbauten Pumpen mit vorzugsweise konstanter Drehzahl angesteuert und zu jeder Pumpe oder zu jedem den Pumpen zugeordneten Verbraucher oder jeder Verbrauchergruppe, wenn einer Pumpe mehrere Verbraucher zugeordnet sind, eine hydraulische Größe erfasst. Typischerweise werden die Pumpen dabei mit einer konstanten mittleren Drehzahl angesteuert und zwar solange, bis sich quasi stationäre Werte einstellen. Diese Werte werden entweder pumpenweise oder verbraucherweise erfasst, es handelt sich dabei wahlweise um den Druck oder den Volumenstrom, wobei diese nicht notwendigerweise direkt erfasst werden müssen, sondern in an sich bekannter Weise auch durch andere Größen, z.B. elektrische Größen des Antriebs der Pumpen indirekt ermittelt werden können.

b) Es werden dann nacheinander jeweils eine der Pumpen oder mehrere Pumpen mit veränderter Drehzahl angesteuert und die sich dabei jeweils ergebende Änderung der hydraulischen Größen erfasst. Es wird also jede einzelne Pumpe typischerweise mit einer gegenüber der gemäß Schritt a erhöhten Drehzahl angesteuert und es werden dann die Änderungen der hydraulischen Größen erfasst, die sich entweder verbraucherseitig oder pumpenseitig ergeben, wobei pumpenseitig sowohl die hydraulischen Größen der mit veränderter Drehzahl angesteuerten Pumpe als auch die der anderen Pumpen erfasst werden. Grundsätzlich spielt es dabei keine Rolle, ob die veränderte Drehzahl eine gegenüber der Drehzahl gemäß Schritt a erhöhte oder erniedrigte ist, vorteilhaft wird jedoch in der Regel eine demgegenüber erhöhte Drehzahl gewählt. Es versteht sich, dass in gleicher Weise nacheinander alle Pumpen entweder mit gegenüber der Drehzahl im Schritt a erhöhter oder aber abgesenkter Drehzahl betrieben werden müssen um die sich dabei ergebenden hydraulischen Änderungen der hydraulischen Größen zu erfassen.

c) In einem dritten Verfahrensschritt wird dann nachdem die Änderungen der hydraulischen Größen erfasst sind die Zuordnung der Pumpen oder Pumpengruppe zu den Verbrauchern oder Verbrauchergruppen anhand dieser erfassten hydraulischen Größenänderungen bestimmt.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren kann bei der vorteilhaften Verwendung frequenzumrichter-gesteuerter Pumpen in die digitale Frequenzumrichterelektronik implementiert sein, wobei dann eine Datenverbindung der Pumpen untereinander, sei es drahtlos per Funk oder beispielsweise über Netzkabel gebildet sein sollte

um die Pumpen verfahrensmäßig entsprechend zu koordinieren und im weiteren die hydraulischen Größen an den Pumpen bzw. an den Verbrauchern zu erfassen. Es kann jedoch dieses Verfahren auch in einer gesonderten Steuerung implementiert werden, die drahtlos oder drahtgebunden mit den Pumpen und ggf. den Verbrauchern bzw. deren Sensoren datenverbunden ist.

[0008] Das erfindungsgemäße Verfahren bietet den großen Vorteil, dass es mit typischerweise ohnehin in der Heizungsanlage vorhandenem Equipment ausgeführt werden kann, d.h. mit Ausnahme der Steuerung und des Datenverbundes sind keine zusätzlichen Maßnahmen in der Anlage vorzusehen. Steuerung und Datenverbund können jedoch bei geeigneter Ausgestaltung der Pumpen in diese bei nur geringen Mehrkosten integriert werden.

[0009] Die Auswertung der so ermittelten hydraulischen Größen und Größenänderungen kann in einfacher Weise erfolgen. Dabei unterscheiden sich die Verfahren grundlegend dadurch, ob die hydraulischen Größen bzw. deren Änderungen pumpenseitig oder verbraucherseitig erfasst werden.

[0010] Wenn die Größen verbraucherseitig, d.h. bei einem Verbraucher oder einer Verbrauchergruppe, wenn mehrere Verbraucher einer Pumpe zugeordnet sind, erfasst werden, dann wird gemäß einer Weiterbildung des Verfahrens bei den Pumpen, die beim Ansteuern mit geänderter Drehzahl die gleichen verbraucherseitigen hydraulischen Größenänderungen erzeugen festgestellt, dass diese einer Pumpengruppe zugeordnet sind. Eine Pumpengruppe besteht aus zwei oder mehr unmittelbar parallel und/oder hintereinander geschalteten Pumpen. Der erste Zuordnungsschritt besteht also darin, bei verbraucherseitiger Größenerfassung zu bestimmen, ob die Pumpen als Einzelpumpen oder in Gruppen in der Anlage hydraulisch verschaltet sind.

[0011] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird festgestellt, dass dann, wenn bei einer Drehzahländerung einer oder nacheinander folgend auch mehrerer Pumpen nur ein Verbraucher oder eine Verbrauchergruppe entsprechend der Drehzahländerung ansteigend bzw. abfallend beeinflusst wird, dass dann die Pumpe oder die Pumpen dem jeweils beeinflussten Verbraucher oder der jeweils beeinflussten Verbrauchergruppe direkt zugeordnet sind, d.h. keine weiteren Pumpen sich mehr im Leitungsweg zwischen der vorgenannten Pumpe/ den vorgenannten Pumpen und dem Verbraucher bzw. der Verbrauchergruppe befinden.

[0012] Um den funktionalen Zusammenhang innerhalb einer Pumpengruppe zu ermitteln ist gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen, alle Pumpen der Pumpengruppe mit konstanter Drehzahl anzusteuern, also beispielsweise gemäß Verfahrensschritt a, wobei dann die von den jeweiligen Pumpen erzeugte Druckdifferenz beispielsweise durch einen Differenzdrucksensor an der jeweiligen Pumpe erfasst wird. Es wird danach nacheinander jeweils eine der Pumpen mit verändertem, vorzugsweise erhöhtem

Druck angesteuert und die sich dabei ergebende Differenzdruckänderung oder Drehzahländerungen der anderen Pumpen erfasst, wonach dann die Zuordnung der Pumpen innerhalb der Pumpengruppe anhand der erfassten Größenänderungen bestimmt wird, wie sich dies anhand der hydraulischen Grundgesetze bei Parallel- oder Reihenschaltung von Pumpen ergibt. Um den funktionalen Zusammenhang innerhalb der Pumpengruppe festzustellen können entweder die Pumpen einer Pumpengruppe nachfolgend mit veränderter, vorzugsweise erhöhter Drehzahl angesteuert und die Durchflussmenge durch die jeweilige Pumpe erfasst werden oder aber die Pumpen werden nacheinander jeweils zur Erzeugung eines erhöhten Differenzdruckes angesteuert wobei dann die sich einstellenden Druckniveaus dieser und der anderen Pumpen erfasst und anhand der sich ggf. ergebenden Änderungen die Zuordnung der Pumpen innerhalb der Pumpengruppe festgestellt wird.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Pumpe oder werden die Pumpen, die bei ihrer Drehzahländerung zwei oder mehr Verbraucher oder Verbrauchergruppen entsprechend der Drehzahländerung ansteigend bzw. abfallend beeinflussen entsprechend der Anzahl der beeinflussten Verbraucher oder Verbrauchergruppen zugeordnet. Es kann somit ermittelt werden, welche Pumpen welche Verbraucher beaufschlagen und somit die Zuordnung der Pumpen untereinander bestimmt werden.

[0014] Besonders vorteilhaft ist es, wenn bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht die Absolutwerte der hydraulischen Größen bzw. Größenänderungen erfasst werden sondern lediglich deren Richtung, da dann zum einen eine sehr einfache und nicht kalibrierte Sensorik zum Einsatz kommen kann, zum ändern die Auswertung nur geringe Rechenleistung sowie verminderten Speicherplatzbedarf benötigt. Es reicht also zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens aus, zu erfassen ob sich die jeweils erfasste hydraulische Größe bei Drehzahl oder Druckänderung einer bestimmten Pumpe vergrößert, verkleinert oder gleich bleibt. Es kommt somit nur auf eine vereinfachte Richtungserfassung an, die ausreichend genau ist, wenn sie in drei Gruppen, nämlich größer (+1), kleiner (-1) und gleich (0) kategorisiert werden kann.

[0015] Wenn das erfindungsgemäße Verfahren durch Erfassen der hydraulischen Größen der Pumpen, also beispielsweise des Drucks oder des Volumenstroms durchgeführt werden soll, was anlagenmäßig in der Regel günstiger ist, da frequenzumrichtergesteuerte Heizungsumwälzpumpen heutzutage regelmäßig mit Differenzdrucksensoren ausgestattet sind, dann ist es zweckmäßig, zunächst einmal mit dem Verfahren zu bestimmen, ob die hydraulische Anlage ein hydraulisches Netzwerk ist oder ob sie aus zwei oder mehr voneinander unabhängigen Anlagenteilen besteht. Bei voneinander unabhängigen Anlagenteilen hat eine drehzahlveränderte oder druckerhöhte Ansteuerung einer Pumpe in dem

anderen Teil keinerlei Einfluss, so dass auf diese Weise mit dem Verfahren zunächst einmal die hydraulisch miteinander verbundenen Anlagenteile bestimmt werden können.

[0016] Die Verfahren, bei denen zum Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs hydraulische Größen der Pumpen, typischerweise Druck bzw. Differenzdruck oder Volumenstrom erfasst werden, unterscheiden sich wiederum grundsätzlich voneinander.

[0017] Wenn, was gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen ist, bei allen Pumpen die Volumenströme und somit als hydraulische Änderungen Volumenstromänderungen erfasst werden, dann kann der funktionale Zusammenhang der Pumpen wie folgt bestimmt werden, wobei im Folgenden die Änderungen beim Ansteuern einer Pumpe mit steigender Drehzahl vermerkt sind. Es sei allerdings betont, dass auch die Änderungen in analoger Weise herangezogen werden können, wenn die Ansteuerung mit abgesenkter Drehzahl erfolgt:

Es wird eine Matrix gebildet, in der die hydraulischen Änderungen mindestens eines hydraulisch selbstständigen Anlagenteils erfasst werden, wobei vorteilhaft auch hier die Richtungsänderungen erfasst werden, also die Matrix mit den Werten 0 für gleich bleibend, +1 für steigend und -1 für fallend gebildet wird. Dabei wird zeilenweise zu jeder Pumpe die sich bei ihrer Ansteuerung mit veränderter Drehzahl ergebenden Änderungen der hydraulischen Größen an dieser Pumpe sowie an den anderen Pumpen angegeben. Weiterhin wird jeder Pumpe eine Spalte zugeordnet, dabei sind die Zeilen innerhalb der Matrix sortiert, und zwar entsprechend ihrer Anzahl ansteigender Änderungen (+1) aufsteigend von oben nach unten und die Spalten entsprechend ihrer Anzahl ansteigender Änderungen (+1) aufsteigend vom links nach rechts. In der obersten Zeile der Matrix sind also die Änderungen der Pumpe erfasst, welche die wenigsten ansteigenden Änderungen in der Gesamtheit der Pumpen erzeugt, die zugehörige Spalte dieser Pumpe schließt sich an gleicher Stelle oben links der Matrix an. Die Pumpe mit den meisten ansteigenden Änderungen steht in der letzten, also untersten Zeile, wobei dieser Pumpe dann auch die letzte Spalte, also die Spalte ganz rechts zugeordnet ist. Es versteht sich, dass die Matrix, da sie zwingend bezüglich ihrer Diagonalen spiegelsymmetrisch ist, auch genau umgekehrt angeordnet werden kann.

[0018] Es wird die Matrix durch eine Diagonale geteilt, welche von der einen zur anderen Matrixachse verläuft die quasi die Felder der Matrix schneidet bzw. auslöscht, in der eine ansteigenden Größenänderung also typischerweise eine 1 befindlich ist. Dies sind die Felder, bei denen die Pumpenzuordnung von Spalte und Zeile übereinstimmt. Durch Betrachtung der Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in jeder Spalte

unter der vorgenannten Diagonalen oder in jeder Zeile über der vorgenannten Diagonalen kann dann bestimmt werden, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind.

[0019] Bei den Pumpen, bei denen eine gleiche Anzahl ansteigender Änderungen (+1) der hydraulischen Größen in den Spalten unter der Diagonalen oder in den Zeilen über der Diagonalen der Matrix angegeben ist, handelt es sich um nebeneinander geschaltete Pumpen, also solche Pumpen, die aus derselben Leitung und aus demselben Druckniveau heraus fördern.

[0020] Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Pumpen bestimmt, die zu einem Verbraucher oder zu einer Verbrauchergruppe unmittelbar zugeordnet sind, d.h. die in einen solchen Verbraucher oder eine Verbrauchergruppe ohne Zwischenschaltung weiterer Pumpen fördern. Es handelt sich dabei um die Pumpen, bei denen keine ansteigende Änderung der hydraulischen Größen in einer Zeile unter der Diagonalen oder einer Spalte über der Diagonalen der Matrix vorhanden ist. Hierzu kann ggf. auch die erste Pumpe der Matrix gehören, die der ersten Zeile und der ersten Spalte zugeordnet ist und die auf der Diagonalen liegt. Dies ergibt sich aus der Zeilen- bzw. Spaltensortierung.

[0021] Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird durch Auswerten der Matrix bestimmt, wie viele Pumpen der jeweils betrachteten Pumpe hydraulisch vorgeschaltet sind. Hierzu wird die Anzahl der ansteigenden Änderungen der hydraulischen Größen in den Spalten unter der Diagonalen oder in den Zeilen über der Diagonalen der Matrix erfasst. Diese Zahl entspricht der Anzahl der der jeweiligen Pumpe vorgeschalteten Zahl von Pumpen, wobei über die hydraulische Verschaltung der vorgeschalteten Pumpen keine Aussage getroffen ist.

[0022] Gemäß einer Verfahrensvariante, bei der die Matrix in gleicher Weise wie vorbeschrieben gebildet wird, kann bestimmt werden, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind, anhand der Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in jeder Zeile unter oder in jeder Spalte über einer die Matrix teilenden und von einer zur anderen Matrixachse verlaufenden Diagonalen. Dabei kann gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Anzahl der ansteigenden Änderungen der hydraulischen Größen in den Zeilen unter der Diagonalen oder in den Spalten über der Diagonalen der Matrix zur Bestimmung der Anzahl der Pumpen herangezogen werden, die der jeweiligen Pumpe hydraulisch nachgeschaltet sind, es kann somit die Anzahl zugeordnet werden.

[0023] Das erfindungsgemäße Verfahren kann wenn hydraulische Größen der Pumpe ausgewertet werden, entweder dadurch ausgeführt werden, dass der Volumenstrom der Pumpen erfasst wird oder aber alternativ der Druck bzw. der Differenzdruck der Pumpen. Wenn die Bestimmung über die Druckänderungen erfolgen soll,

wird gemäß der Erfindung in gleicher Weise wie vorherbeschrieben eine Matrix gebildet, in der die hydraulischen Änderungen mindestens eines hydraulisch selbstständigen Anlagenteils erfasst werden, wobei auch hier zeilenweise zu jeder Pumpe die bei ihrer Ansteuerung zur Förderung mit verändertem Druck sich ergebenden Änderungen der hydraulischen Größe an dieser und den anderen Pumpen angegeben wird und wobei jeder Pumpe eine Spalte zugeordnet wird. Dabei werden die Zeilen entsprechend ihrer Anzahl abfallender Änderungen (-1) aufsteigend von oben nach unten und die Spalten entsprechend ihrer Anzahl abfallende Änderungen von links nach rechts sortiert wobei dann anhand der Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größe in jeder Spalte unter oder in jeder Zeile über einer die Matrix teilenden und von einer zur anderen Matrixachse verlaufenden Diagonalen bestimmt wird, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind. Die Diagonale bildet auch hier eine symmetrische Teilung der Matrix und verläuft durch die stets als ansteigende Änderung ausgewiesenen Felder, welche in Zeile und Spalte jeweils dieselbe Pumpe betreffen. Diese Felder werden ebenso wie bei der vorherbeschriebenen auch bei der nachfolgenden Auswertung nicht mitgezählt.

[0024] Dabei gibt eine gleiche Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in den Spalten unter der Diagonalen oder in den Zeilen über der Diagonalen der Matrix die Nebeneinanderschaltung der entsprechenden Pumpen an.

[0025] Eine unterschiedliche Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in Spalten unter der Diagonalen oder in Zeilen über der Diagonalen der Matrix gibt die Hintereinanderschaltung der entsprechenden Pumpen an.

[0026] Wenn eine Zeile unter der Diagonalen keine abfallende Änderung der hydraulischen Größen aufweist oder eine Spalte über der Diagonalen der Matrix, dann bestimmt dies die unmittelbare Zuordnung der entsprechenden Pumpe zu einem Verbraucher oder einer Verbrauchergruppe.

[0027] Die Anzahl der abfallenden Änderungen der hydraulischen Größen in den Spalten unter der Diagonalen oder in den Zeilen über der Diagonalen der Matrix gibt gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens die Anzahl der jeweiligen Pumpe hydraulisch vorgeschalteten Pumpen an.

[0028] Anhand der Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in jeder Spalte unter oder in jeder Zeile über einer die Matrix teilenden und von einer zur anderen Matrixachse verlaufenden Diagonalen wird gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens alternativ bestimmt, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind. Dabei sind die Pumpen, welche die gleiche Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größe in der Spalte unter oder in der Zeile über der Diagonalen der Matrix aufweisen, hydraulisch ne-

beneinander geschaltet und die mit unterschiedlicher Anzahl hydraulisch hintereinander geschaltet. Gemäß einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens gibt die Anzahl der abfallenden Änderungen der hydraulischen Größen in den Zeilen unter der Diagonalen oder in den Spalten über der Diagonalen der Matrix die Anzahl der jeweiligen Pumpe hydraulisch nachgeschalteten Pumpen an.

[0029] Es wird somit deutlich, dass die vorherbeschriebene Matrix den funktionalen Zusammenhang der Pumpen eindeutig bestimmt, wenn eine hydraulische Größenänderung an jeder Pumpe erfasst wird. Bei der Erfassung hydraulischer Änderungen am Verbraucher oder einer Verbrauchergruppe kann es ggf. erforderlich sein, wie eingangs beschreiben, zusätzlich Pumpengruppen mittels der Änderung einer hydraulischen Größe der Pumpen dahingehend zu differenzieren ob sie parallel oder in Reihe geschaltet sind.

[0030] Die Erfindung ist nachfolgend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 a das hydraulische Schaltbild einer Anlage mit mehreren Pumpen und Verbrauchern,

Figur 1 b eine Matrix zu der Anlage gemäß Figur 1 a,

Figur 2a ein Schaltbild von vier nebeneinander angeordneten Pumpen,

Figur 2b das zeitliche Verhalten der Pumpen bei Druckerhöhungen,

Figur 3a ein Schaltbild einer Pumpengruppe aus nebeneinander und hintereinander angeordneten Pumpen,

Figur 3b das Verhalten der Pumpen bei Ansteuerung mit geänderter Drehzahl,

Figur 4a ein Schaltbild von drei parallel angeordneten Pumpen,

Figur 4b das Verhalten der Pumpen bei Drehzahländerung,

Figur 5a ein Schaltbild von drei hintereinander angeordneten Pumpen,

Figur 5b das Verhalten der Pumpen bei Ansteuerung mit einer Drehzahländerung,

Figur 6 ein hydraulisches Schaltbild einer hydraulischen Anlage entsprechend Figur 1 jedoch mit pumpenseitiger Sensoranordnung,

Figur 7 eine erste Matrix zu der Anlage gemäß Figur 6 und

Figur 8 eine zweite Matrix zu der Anlage gemäß Figur 6.

[0031] Die anhand von Figur 1 und Figur 6 dargestellte hydraulische Anlage ist eine hier nicht im Einzelnen zu erläuternde Heizungsanlage. Sie ist mit insgesamt 11 Pumpen PU1 - PU11 ausgerüstet. Diese insgesamt 11 Pumpen versorgen 6 Verbraucher V1 - V6. Diese Verbraucher können Einzelverbraucher sein, sind jedoch typischerweise Verbrauchergruppen, wie beispielsweise ein Netzwerk von parallel geschalteten Wärmetauschern, wie es im Wohnungsbau zur Raumheizung üblich ist, die ggf. auch in Gruppen parallel und/oder hintereinander geschaltet sein können. Jedem Verbraucher ist ein Sensor S1, S3, S6, S7, S10 bzw. S11 zugeordnet, welcher den am Verbraucher abfallende Druck erfasst.

[0032] Die Anlage besteht aus zwei hydraulisch voneinander unabhängigen Anlagenteilen, nämlich dem in Figur 1 a unten rechts dargestellten Anlagenteil bestehend aus der Pumpe PU11 und dem Verbraucher V6 sowie dem übrigen Anlagenteil. In dem übrigen Anlagenteil versorgt auf unterster Ebene eine Pumpe PU10 einen Verbraucher V5, parallel speisen zwei parallel geschaltete Pumpen PU8 und PU9 über eine nachgeschaltete Pumpe PU6 den Verbraucher V3 sowie parallel dazu über eine nachgeschaltete Pumpe PU7 den Verbraucher V4. Über die in Reihe geschalteten Pumpen PU5 und PU4 werden die Pumpen PU1, PU2 und PU3 versorgt, die ihrerseits aber erstere parallel geschaltet den Verbraucher V1 bzw. den Verbraucher V2 versorgen. Diese Anordnung ist beliebig gewählt und dient ausschließlich zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0033] Zur Durchführung des Verfahrens werden nun zunächst einmal alle Pumpen PU1 bis PU11 mit konstanter Drehzahl angesteuert, typischerweise einer mittleren Drehzahl die so gewählt ist, dass die Anlage bestimmungsgemäß bedient wird, jedoch Reserven vorhanden sind, so dass die Pumpen ggf. mit dem gegenüber erhöhten Drehzahl angesteuert werden können. Bei den Pumpen handelt es sich typischerweise um frequenzumrichter gesteuerte Heizungsumwälzpumpen wie sie marktüblich sind.

[0034] Es werden alle Pumpen mit einer konstanten Drehzahl betrieben, diese Drehzahl soll bezogen auf die jeweilige Pumpe konstant sein, untereinander können die Drehzahlen natürlich differieren. Wenn eine der Pumpen während des Verfahrens aufgrund des anlagenseitigen Bedarfs mit einer veränderten Drehzahl angesteuert werden muss, so kann dies erfolgen, wenn die entsprechend geänderte Drehzahl rechnerisch berücksichtigt wird. Während dieser Ansteuerung mit konstanter Drehzahl werden an den Sensoren S1, S3, S6, S7, S10 und S11 Drücke ermittelt. Es wird nun eine erste Pumpe, z.B. die Pumpe PU1 mit einer veränderten Drehzahl, beispielsweise einer erhöhten Drehzahl angesteuert und mittels der Sensoren S1, S3, S6, S7, S10 und S11 die sich dann ggf. einstellenden Änderungen oder auch

Nichtänderungen erfasst.

[0035] Hierzu wird zweckmäßigerweise eine Matrix aufgestellt, wie sie in Figur 1 b dargestellt ist. In der Matrix werden auf der einen, hier senkrechten Achse die Pumpen PU1 - PU 11 und auf der anderen. Hier horizontalen Achse die Sensoren S1 - S11 aufgeführt um dann in den sich dabei ergebenden Feldern zu erfassen, ob und ggf. welche hydraulischen Änderungen sich bei Ansteuerung einer Pumpe mit erhöhter Drehzahl ergeben. Dabei erfolgt eine Kategorisierung in 0, -1 und 1 wobei 0 für keine Änderung, 1 für eine ansteigende hydraulische Größe und -1 für eine abfallende hydraulische Größe steht.

[0036] Beim Ansteuern der Pumpe PU1 mit erhöhter Drehzahl ergibt sich also gemäß der Figur 1 b am Sensor S1 eine ansteigende Druckdifferenz, am Sensor S3 eine abfallende Druckdifferenz, am Sensor S6 eine abfallende Druckdifferenz, am Sensor S7 eine abfallende Druckdifferenz und am Sensor S10 ebenfalls eine abfallende Druckdifferenz gegenüber der Voransteuerung dieser Pumpe PU1 mit niedrigerer Drehzahl. Der Sensor S1 erfasst, da er einen hydraulisch mit der Pumpe PU1 nicht verbundenen Anlagenteil betrifft, keine Änderung. Wenn diese Änderungen erfasst sind wird die Pumpe PU1 wieder auf die zuvor angesteuerte konstante erste Drehzahl heruntergefahren, wonach nun die Pumpe PU2 mit erhöhter Drehzahl angesteuert wird und die sich dann bei den Sensoren S1 - S11 ergebenden Änderungen in der Matrix eingetragen werden. Dies erfolgt nachfolgend mit allen Pumpen bis die Matrix vollständig wie in Figur 1 b ausgeführt ist.

[0037] Die Matrixdarstellung ist hier nur zur vereinfachten Zahlendarstellung aufgeführt, zur Auswertung jedoch grundsätzlich nicht erforderlich. Es kann nun anhand der Ansteuerung zunächst einmal festgestellt werden, dass die Pumpen PU1 - PU 10 keinerlei Einfluss auf den Sensor S 11 und somit den Verbraucher V6 haben. Umgekehrt hat die Pumpe PU11 keinerlei Einfluss auf die Verbraucher V1 - V5, woraus sich ergibt, dass es sich hierbei um zwei voneinander unabhängige Anlagenteile handeln muss, wobei die Pumpe PU11 offensichtlich nur den Verbraucher V6 versorgt.

[0038] Bei dem verbleibenden Anlagenteil, welcher die Pumpen PU1 - PU 10 aufweist, wird nun zunächst untersucht, welche Pumpen in Pumpengruppen angeordnet sind, d.h. welche Pumpen parallel oder hintereinander zu einer Gruppe verschaltet sind. Zu Gruppen sind die Pumpen geschaltet, die verbraucherseitig bei ihrer Drehzahländerung die gleichen hydraulischen Änderungen auslösen. Dies trifft wie aus der Matrix gemäß Figur 1 b hervorgeht, für die Pumpen PU8 und PU9 zu, für die Pumpen PU1 und PU2 sowie auch für die Pumpen PU4 und PU5. Diese Pumpen sind also als Gruppen identifiziert, zu bestimmen ist also noch ob diese jeweils parallel oder in Reihe geschaltet sind, was weiter unten noch beschrieben wird.

[0039] Es wird dann ermittelt, welche Pumpen bei einer Drehzahländerung nur einen Verbraucher oder nur eine Verbrauchergruppe entsprechend der Drehzahlän-

derung beeinflussen, d.h. bei einer Drehzahlerhöhung druckerhöhend und bei einer Drehzahlabsenkung druckmindernd beeinflussen. Da bei dem Ausführungsbeispiel das anhand von Figur 1 dargestellt ist, davon ausgegangen wird, dass die Pumpen im Verfahrensschritt b mit erhöhter Drehzahl gegenüber der zuvor niedrigeren konstanten Drehzahl angesteuert werden, ergeben sich hier diese Pumpen dadurch, dass sie nur eine positive 1 in der Zeile aufweisen. Es sind dies die Pumpen PU1, PU2, PU3, PU6, PU7, PU 10 und natürlich PU 11, die zum anderen Anlagenteil gehört. Diese Pumpen sind einem Verbraucher unmittelbar zugeordnet, d.h. sie versorgen den Verbraucher ohne Zwischenschaltung weiterer Pumpen.

[0040] Anhand dieser Zuordnungen kann jedoch nicht nur festgestellt werden, welche Pumpen einem Verbraucher direkt zugeordnet sind, sondern darüber hinaus auch, welche Verbraucher von welchen Pumpen überhaupt versorgt werden. So ist ersichtlich, dass die Pumpe PU10 nur den Verbraucher V5 und diesen direkt beaufschlagt. Hinsichtlich der Pumpengruppe PU8 und PU9 ist erkennbar, dass diese die Sensoren S1, S3, S6 und S7 gleichsinnig beeinflussen, d.h. das bei einer Ansteuerung der Pumpe mit erhöhter Drehzahl an diesen Sensoren ein höherer Druck abfällt, d.h. eine ansteigende Druckänderung gegeben ist. Dies besagt das die Pumpen PU8 und PU9 die Verbraucher V1 - V4 speisen, jedoch nur mittelbar, d.h. das noch andere Pumpen zwischengeschaltet sein müssen. Hinsichtlich der Pumpen PU4 und PU5 kann in gleicher Weise festgestellt werden, dass sie die Verbraucher S1 und S3 versorgen, jedoch ebenfalls nur mittelbar da die Verbraucher V3 und V4 von den Pumpen PU6 bzw. PU7 unmittelbar versorgt werden, die Pumpen PU4 und PU5 als Pumpengruppe jedoch diese Verbraucher nicht gleichsinnig beeinflussen ergibt sich, dass die Pumpengruppe PU4 und PU5 sowie die Pumpe PU6 und die Pumpe PU7 nebeneinander geschaltet sind wobei die Pumpen PU6 und PU7 jeweils den zugehörigen Verbrauchern V3 und V4 zugeordnet sind während die Pumpengruppe PU4 und PU5 die Verbraucher V1 und V2 beaufschlagt, jedoch ebenfalls nicht direkt.

[0041] In soweit ist jetzt lediglich noch zu ermitteln wie die Pumpengruppen verschaltet sind. Diese drei Gruppen von Pumpen PU8 und PU9, PU4 und PU5 sowie PU1 und PU2 müssen daher in soweit noch untersucht werden. Hierzu werden allerdings weitere Sensoren benötigt, welche den Differenzdruck der jeweiligen Pumpen der Pumpengruppe erfassen oder den Durchfluss. Bei den Ausführungen gemäß den Figuren 2 und 3 werden Differenzdrucksensoren parallel zur Pumpe eingesetzt wohingegen bei den Ausführungen gemäß den Figuren 4 und 5 Volumenstromsensoren also sog. Durchflussmesser den Pumpen zugeordnet werden. Ungeachtet welche Sensoren eingesetzt werden, wird auch zur Ermittlung der Anordnung der Pumpen in einer Pumpengruppe wiederum das vorbeschriebene Verfahren angewandt, d.h. die Pumpen werden zunächst wie anhand

der Figuren 4 und 5 dargestellt, mit konstanter Drehzahl betrieben, wonach eine Pumpe, hier die Pumpe PU1 mit erhöhter Drehzahl angesteuert wird. Anhand des sich ändernden Volumenstroms dieser und der anderen Pumpen kann nun ermittelt werden ob die zu einer Pumpengruppe angeordneten Pumpen in Reihe oder parallel geschaltet sind. Bei der Parallelschaltung gemäß Figur 4a ergibt sich bei Ansteuerung einer Pumpe hier der Pumpe PU1 mit erhöhter Drehzahl co 1 dieser Pumpe ein erhöhter Durchfluss q^1 wohingegen die anderen beiden Pumpen PU2 und PU3 mit der bisherigen konstanten Drehzahl weiterlaufen, jedoch eine geringere Fördermenge q_2 bzw. q_3 aufweisen. Hieraus ergibt sich unmittelbar, dass die Pumpen parallel geschaltet sein müssen, da andernfalls die Fördermengen steigen müssten, wie dies anhand von Figur 5 verdeutlicht ist, wo drei Pumpen PU1 - PU3 in Reihe geschaltet sind. Wird hier die Pumpe PU1 mit erhöhter Drehzahl co 1 angesteuert, so ergibt sich trotz gleichbleibender Drehzahl der Pumpen PU2 und PU3 eine erhöhte Durchflussmenge q^1 , q_2 und q_3 aller drei Pumpen.

[0042] Wenn die Anordnung der Pumpen mittels Drucksensoren also Differenzdrucksensoren parallel zur Pumpe ermittelt werden soll, dann wird eine der Pumpen einer Pumpengruppe nachdem alle zur Erzeugung eines konstanten Drucks angesteuert worden sind, eine der Pumpen zur Erzeugung eines erhöhten Drucks angesteuert. Dies ist bei den Beispielen gemäß Figur 2 und Figur 3 jeweils bei der Pumpe PU 1 erfolgt. Wie sich der zeitliche Verlauf der Änderung der hydraulischen Größen darstellt, ist der Figur 2b zu entnehmen. Nach dem Drucksprung der Pumpe PU1 bleibt der Druck an den Pumpen PU2, PU3 und PU4 praktisch unverändert, wobei die Drehzahlen der Pumpen PU2 und PU3 bei leicht ansteigendem Druck abfallen, was auf eine Parallelschaltung schließen lässt, wohingegen die Drehzahl der Pumpe PU4 bei gleichbleibendem Druck ansteigt, was darauf hinweist, dass diese Pumpe nicht zu den parallel geschalteten Pumpen gehört. Analog ergibt sich bei der Reihenschaltung der Pumpen PU1, PU2 und PU3 zu einer Gruppe eine Druckänderung nur bei der Pumpe PU1 und bei allen übrigen Pumpen lediglich eine Drehzahländerung, und zwar nach oben.

[0043] Wie die vorstehenden Ausführungen verdeutlichen, kann somit das Schaltbild gemäß Figur 1 a vollständig ermittelt werden. Da bei dem vorbeschriebenen Verfahren lediglich jedem Verbraucher bzw. jeder Verbrauchergruppe ein Sensor zugeordnet ist, muss zur Ermittlung der Anordnung der Pumpen in den Pumpengruppen gesonderte pumpenseitige Sensorik eingesetzt werden.

[0044] In soweit häufig günstiger ist, dass erfindungsgemäße Verfahren ausschließlich mit pumpenseitiger Druck, Differenzdruck oder Durchflusssensoren auszuführen, wie dies anhand der Figuren 6 - 8 dargestellt ist. Dieses Verfahren läuft in gleicher Weise ab, d.h. es werden zunächst in einem ersten Verfahrensschritt alle Pumpen mit konstanter Drehzahl angesteuert und dann in

einem zweiten Verfahrensschritt nachfolgend alle Pumpen einzeln und nacheinander mit demgegenüber veränderter Drehzahl, typischerweise erhöhter Drehzahl angesteuert. Die sich ergebenden Änderungen werden in einer Matrix erfasst, wie sie anhand von Figur 7 für die Durchflussmessung der Pumpen und anhand von Figur 8 für die Differenzdruckmessung an den Pumpen dargestellt ist. Dabei ist die Matrix in gleicher Weise wie die anhand von Figur 1b beschriebene gebildet, d.h. 0 steht für keine Änderung der hydraulischen Größe des entsprechenden Sensors bei Ansteuerung der entsprechenden Pumpe mit erhöhter Drehzahl, 1 steht für ansteigende Änderung und -1 für abfallende Änderung.

[0045] Für die Auswertung der Matrix gemäß Figur 7 ist es jedoch erforderlich, diese vorher nach Zeilen zu sortieren. Bei der Erfassung der Volumenstromänderungen wie sie in Figur 7 aufgezeichnet sind, erfolgt die Sortierung der Zeilen entsprechend der Anzahl ansteigender Änderungen aufsteigend von oben nach unten. So weist die Pumpe PU7 betreffende oberste Zeile eine 1, nämlich bei q11 auf. Auch die darunter angeordnete Zeile PU10 weist nur eine 1 nämlich bei q10 auf. Die Zeilen PU7 und PU6 weisen jeweils 3 ansteigende Änderungen, die Zeilen PU1, PU2 und PU3 jeweils 5 ansteigende Änderungen, die Zeile PU4 und PU5 7 ansteigenden Änderungen und die Zeile PU8 und PU9 8 ansteigende Änderungen auf. Entsprechend dieser Reihenfolge sind die Zeilen von oben nach unten aufsteigend sortiert. Dabei ist jeder Zeile eine Pumpe zugeordnet und jeder Spalte der der Pumpe jeweils zugeordnete Sensor. Die Spalten werden in gleicher Weise aufsteigend sortiert wie die Pumpen jedoch von links nach rechts so dass sich eine Spiegelsymmetrie der Matrix im Bezug auf eine Diagonale D, welche durch die Felder gebildet ist, die dieselbe Pumpe betreffen. Diese Diagonale erstreckt sich von links oben nach rechts unten in der Matrix beginnend von dem Feld PU11, q11 bis zum Feld PU9, q9.

[0046] Der funktionale Zusammenhang, d.h. der Aufbau der Anlage kann anhand dieser Matrix unmittelbar ermittelt werden. So kann zunächst in gleicher Weise wie bei dem ersten Ausführungsbeispiel anhand der Nullen in der ersten Spalte unter der Diagonalen bzw. in der ersten Zeile über der Diagonalen festgestellt werden, dass die Pumpen PU1 - PU10 zu einem anderen Anlagenteil gehören als die Pumpe PU11, da diese Pumpe nur ihren eigenen Sensor q11 beeinflusst.

[0047] Anhand der Anzahl ansteigender Änderungen, also den Ziffern 1 des Durchflusses in jeder Spalte unter der Diagonalen D oder in jeder Zeile über der Diagonalen D, welche die Matrix teilt, ergibt sich welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind. Eine gleiche Anzahl, wie sie beispielsweise in den Spalten q7 und q6 und q5 in Figur 7 unter der Diagonalen D auftritt, besagt, dass diese Pumpen nebeneinander angeordnet sind, wohingegen eine demgegenüber abweichende Zahl wie beispielsweise bei q4 -hier sind es drei- darauf hinweist, dass diese Pumpe PU5 nicht neben sondern hinter einer der vorge-

nannten Pumpen liegt. Wie die Anordnung gegeben ist, ergibt sich aus der Anzahl ansteigender Änderungen. Dabei gibt die Anzahl der ansteigenden Änderungen der hydraulischen Größen in den Spalten unter der Diagonalen bzw. da spiegelsymmetrisch in den Zeilen über der Diagonalen der Matrix die Anzahl der der jeweiligen Pumpe hydraulisch vorgeschalteten Pumpen an. So ist beispielsweise der Pumpe PU1, welche der Sensor q1 zugeordnet ist, in der Spalte q1 unter der Diagonalen mit vier Einsen gekennzeichnet, d.h. vier ansteigende Änderungen der hydraulischen Größen, was bedeutet, dass vier Pumpen der Pumpe PU1 vorgeschaltet sind. Dies kann für jede der Pumpen so ermittelt werden.

[0048] Weiterhin kann festgestellt werden, welche der Pumpen unmittelbar einem Verbraucher oder einer Verbrauchergruppe zugeordnet sind, es handelt sich nämlich hier um die Pumpen, bei denen keine ansteigende Änderung der hydraulischen Größen in einer Zeile unter der Diagonalen oder einer Spalte über der Diagonalen der Matrix aufgeführt ist. Dies gilt beispielsweise für die Pumpe PU7, in deren zugehöriger Zeile in Figur 7 unter der Diagonalen nur die Ziffern 0 und -1 stehen, in gleicher Weise für PU6, dort stehen die Ziffern 0, -1, -1 usw.. Anhand dieser Bestimmungen kann also festgestellt werden, welche Pumpen nebeneinander geschaltet sind, wie viele Pumpen der jeweiligen Pumpe hydraulisch vorgeschaltet sind und welche Pumpen direkt an einen Verbraucher oder eine Verbrauchergruppe anschließen. Damit ist die Schaltungsanordnung gemäß Figur 6 eindeutig bestimmt.

[0049] Weiterhin kann in Figur 7 auch anhand der Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größe in jeder Zeile unter oder in jeder Spalte über der Diagonalen D der Matrix ermittelt werden, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hintereinander geschaltet sind. Die Anzahl der ansteigenden Änderungen (+1) gibt dabei die Anzahl der Pumpen an, welche dieser Pumpe hydraulisch nachgeschaltet sind. So weist in Figur 7 die Pumpe PU8 in der Zeile 7 Einsen unter der Diagonale D auf, was bedeutet, dass dieser Pumpe sieben Pumpen nachgeschaltet sind. Es handelt sich hierbei um die Pumpen PU1 - PU7. Liest man in Figur 7 unter PU4 die Zeile unter der Diagonalen D aus so ergeben sich 3 Einsen, d.h. drei nachgeschaltete Pumpen. Es handelt sich dabei wie das Schaltbild gemäß Figur 6 verdeutlicht um die Pumpen PU 1 - PU3.

[0050] In analoger Weise erfolgt die Auswertung der Matrix gemäß Figur 8, bei der anstelle der Durchflussänderungen q die Druckänderungen s angegeben sind. Allerdings werden hier zur Auswertung nicht die ansteigenden Änderungen 1 sondern die abfallenden Änderungen -1 herangezogen, im Übrigen aber erfolgt die Auswertung in gleicher Weise wie anhand von Figur 7 beschrieben.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln des funktionalen Zusammenhangs mehrerer in ihrer Drehzahl steuerbarer Pumpen in einer Anlage, bei dem mindestens eine Pumpe in ihrer Drehzahl verändert wird und aus der daraus resultierenden hydraulischen Rückwirkung mindestens ein funktionaler Zusammenhang der Anlage ermittelt wird. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1 mit folgenden Verfahrensschritten : 10
 - a) Es werden alle Pumpen mit vorzugsweise konstanter Drehzahl angesteuert und zu jeder Pumpe oder zu jedem den Pumpen zugeordnetem Verbraucher oder jeder Verbrauchergruppe eine hydraulische Größe erfasst, 15
 - b) es werden nacheinander jeweils eine oder mehrere der Pumpen mit gegenüber Schritt a) veränderter Drehzahl angesteuert und die sich dabei jeweils ergebende Änderungen der hydraulischen Größen erfasst, 20
 - c) es wird die Zuordnung der Pumpen oder Pumpengruppen zu den Verbrauchern oder Verbrauchergruppen anhand der erfassten hydraulischen Größenänderungen bestimmt. 25
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Pumpen, die beim Ansteuern mit geänderter Drehzahl die gleichen verbraucherseitigen hydraulischen Größenänderungen erzeugen, einer Pumpengruppe zugeordnet werden. 30
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Pumpe oder Pumpen, die bei ihrer Drehzahländerung nur einen Verbraucher oder nur eine Verbrauchergruppe entsprechend der Drehzahländerung ansteigend bzw. abfallend beeinflussen, dem jeweils beeinflussten Verbraucher oder der jeweils beeinflussten Verbrauchergruppe direkt zugeordnet sind. 35
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Pumpe oder Pumpen, die bei ihrer Drehzahländerung zwei oder mehr Verbraucher/ oder Verbrauchergruppen entsprechend der Drehzahländerung ansteigend bzw. abfallend beeinflussen entsprechend der Anzahl der beeinflussten Verbraucher oder Verbrauchergruppen zugeordnet werden. 40
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der funktionale Zusammenhang einer Pumpengruppe ermittelt wird, indem zunächst alle Pumpen der Pumpengruppe mit vorzugsweise konstanter Drehzahl angesteuert werden und eine hydraulische Größe, insbesondere der Durchfluss je- 45
- der Pumpe erfasst wird, wonach nacheinander jeweils eine der Pumpen mit veränderter Drehzahl angesteuert und die sich jeweils ergebende Änderungen der hydraulischen Größen erfasst werden, wonach die Zuordnung der Pumpen innerhalb der Pumpengruppe anhand der erfassten hydraulischen Größenänderungen bestimmt wird. 50
7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der funktionale Zusammenhang einer Pumpengruppe ermittelt wird, indem zunächst alle Pumpen der Pumpengruppe mit konstanter Drehzahl oder zur Erzeugung einer Druckdifferenz angesteuert werden und die erzeugte Druckdifferenz jeder Pumpe erfasst wird, wonach nacheinander jeweils eine der Pumpen mit verändertem, vorzugsweise erhöhtem Druck angesteuert und die sich jeweils ergebende Differenzdruckänderungen oder Drehzahländerungen erfasst werden, wonach die Zuordnung der Pumpen innerhalb der Pumpengruppe anhand der erfassten Größenänderungen bestimmt wird. 55
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Änderungen der hydraulischen Größen nur hinsichtlich ihrer Richtung erfasst werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Änderungsrichtungen in größer (+1), kleiner (-1) und gleich (0) kategorisiert werden.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zunächst anhand der sich gegebenenfalls nicht ändernden hydraulischen Größen pumpenbezogen bestimmt wird, welche Pumpen zu welchen hydraulisch voneinander unabhängigen Anlagenteilen gehören.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als hydraulische Änderungen Volumenstromänderungen erfasst werden.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Matrix gebildet wird, in der die hydraulischen Änderungen mindestens eines hydraulisch selbstständigen Anlagenteils erfasst werden, wobei zeilenweise zu jeder Pumpe die bei ihrer Ansteuerung mit veränderter Drehzahl sich ergebenden Änderungen der hydraulischen Größen an dieser und den anderen Pumpen angegeben wird, wobei jeder Pumpe eine Spalte zugeordnet ist, bei dem die Zeilen entsprechend ihrer Anzahl ansteigender Änderungen aufsteigend von oben nach unten und die Spalten entsprechend ihrer Anzahl ansteigender Änderungen aufsteigend von links nach rechts sortiert werden, und anhand der Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in jeder Spalte unter oder in jeder Zeile über einer die Matrix teilenden und von einer zur anderen Ma-

trixachse verlaufenden Diagonalen bestimmt wird, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind.

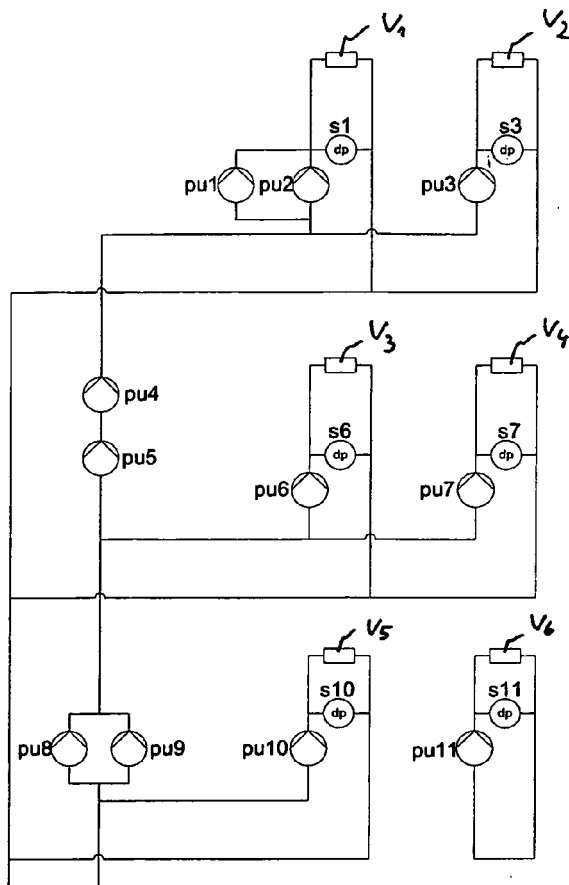
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine gleiche Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in Spalten unter der Diagonalen oder in Zeilen über der Diagonalen der Matrix die Nebeneinanderschaltung der entsprechenden Pumpen angibt. 5
14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine unterschiedliche Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in Spalten unter der Diagonalen oder in Reihen über der Diagonalen der Matrix die Hintereinanderschaltung der entsprechenden Pumpen angibt. 10
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem keine ansteigende Änderung der hydraulischen Größen in einer Zeile unter der Diagonalen oder einer Spalte über der Diagonalen der Matrix die unmittelbare Zuordnung der entsprechenden Pumpe zu einem Verbraucher oder zu einer Verbrauchergruppe angibt. 15
16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in den Spalten unter der Diagonalen oder in den Zeilen über der Diagonalen der Matrix die Anzahl der jeweiligen Pumpe hydraulisch vorgeschalteter Pumpen angibt. 20
17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Matrix gebildet wird, in der die hydraulischen Änderungen mindestens eines hydraulisch selbstständigen Anlagenteils erfasst werden, wobei zeilenweise zu jeder Pumpe die bei ihrer Ansteuerung mit veränderter Drehzahl sich ergebenden Änderungen der hydraulischen Größen an dieser und den anderen Pumpen angegeben wird, wobei jeder Pumpe eine Spalte zugeordnet ist, bei dem die Zeilen entsprechend ihrer Anzahl ansteigender Änderungen aufsteigend von oben nach unten und die Spalten entsprechend ihrer Anzahl ansteigender Änderungen aufsteigend von links nach rechts sortiert werden, und anhand der Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in jeder Zeile unter oder in jeder Spalte über einer die Matrix teilenden und von einer zur anderen Matrixachse verlaufenden Diagonalen bestimmt wird, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind. 25
18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Anzahl ansteigender Änderungen der hydraulischen Größen in den Zeilen unter der Diagonalen oder in den Spalten über der Diagonalen 30

der Matrix die Anzahl der jeweiligen Pumpe hydraulisch nachgeschalteten Pumpen angibt.

19. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem als hydraulische Änderungen Druckänderungen erfasst werden. 35
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine Matrix gebildet wird, in der die hydraulischen Änderungen mindestens eines hydraulisch selbstständigen Anlagenteils erfasst werden, wobei zeilenweise zu jeder Pumpe die bei ihrer Ansteuerung zur Förderung mit veränderten Druck sich ergebenden Änderungen der hydraulischen Größen an dieser und den anderen Pumpen angegeben wird, wobei jeder Pumpe eine Spalte zugeordnet, bei dem die Zeilen entsprechend ihrer Anzahl abfallender Änderungen aufsteigend von oben nach unten und die Spalten entsprechend ihrer Anzahl abfallender Änderungen aufsteigend von links nach rechts sortiert werden, und anhand der Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in jeder Spalte unter oder in jeder Zeile über einer die Matrix teilenden und von einer zur anderen Matrixachse verlaufenden Diagonalen bestimmt wird, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind. 40
21. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine gleiche Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in Spalten unter der Diagonalen oder in Zeilen über der Diagonalen der Matrix die Nebeneinanderschaltung der entsprechenden Pumpen angibt. 45
22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem eine unterschiedliche Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in Spalten unter der Diagonalen oder in Zeilen über der Diagonalen der Matrix die Hintereinanderschaltung der entsprechenden Pumpen angibt. 50
23. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem keine abfallende Änderung der hydraulischen Größen in einer Zeile unter der Diagonalen oder einer Spalte über der Diagonalen der Matrix die unmittelbare Zuordnung der entsprechenden Pumpe zu einem Verbraucher oder zu einer Verbrauchergruppe angibt. 55
24. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in den Spalten unter der Diagonalen oder in den Zeilen über der Diagonalen der Matrix die Anzahl der jeweiligen Pumpe hydraulisch vorgeschalteten Pumpen angibt.
25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü-

che, bei dem eine Matrix gebildet wird, in der die hydraulischen Änderungen mindestens eines hydraulisch selbstständigen Anlagenteils erfasst werden, wobei zeilenweise zu jeder Pumpe die bei ihrer Ansteuerung mit veränderter Drehzahl sich ergebenden Änderungen der hydraulischen Größen an dieser und den anderen Pumpen angegeben wird, wobei jeder Pumpe eine Spalte zugeordnet ist, bei dem die Zeilen entsprechend ihrer Anzahl abfallender Änderungen aufsteigend von oben nach unten und die Spalten entsprechend ihrer Anzahl abfallender Änderungen aufsteigend von links nach rechts sortiert werden, und anhand der Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in jeder Spalte unter oder in jeder Zeile über einer die Matrix teilenden und von einer zur anderen Matrixachse verlaufenden Diagonalen bestimmt wird, welche Pumpen hydraulisch nebeneinander und welche hydraulisch hintereinander geschaltet sind.

26. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Anzahl abfallender Änderungen der hydraulischen Größen in den Zeilen unter der Diagonalen oder in den Spalten über der Diagonalen der Matrix die Anzahl der jeweiligen Pumpe hydraulisch nachgeschalteten Pumpen angibt.



a

	s1	s3	s6	s7	s10	s11
pu1	1	-1	-1	-1	-1	0
pu2	1	-1	-1	-1	-1	0
pu3	-1	1	-1	-1	-1	0
pu4	1	1	-1	-1	-1	0
pu5	1	1	-1	-1	-1	0
pu6	-1	-1	1	-1	-1	0
pu7	-1	-1	-1	1	-1	0
pu8	1	1	1	1	-1	0
pu9	1	1	1	1	-1	0
pu10	-1	-1	-1	-1	1	0
pu11	0	0	0	0	0	1

b

Fig. 1

Fig. 2

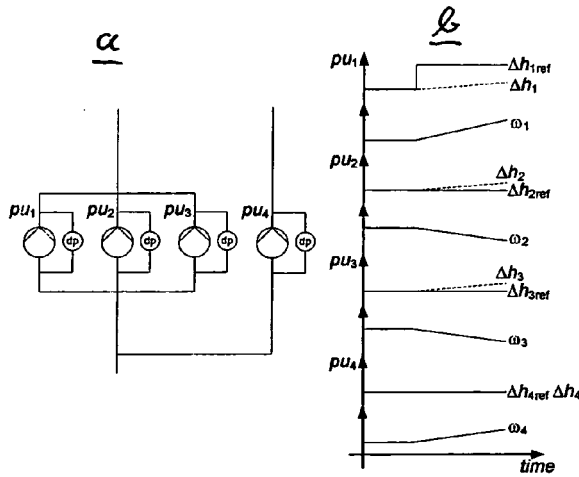


Fig. 3

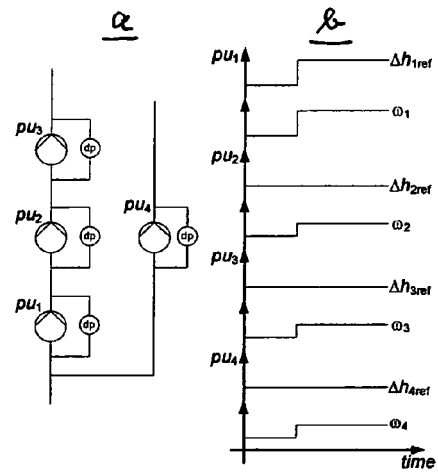


Fig. 4

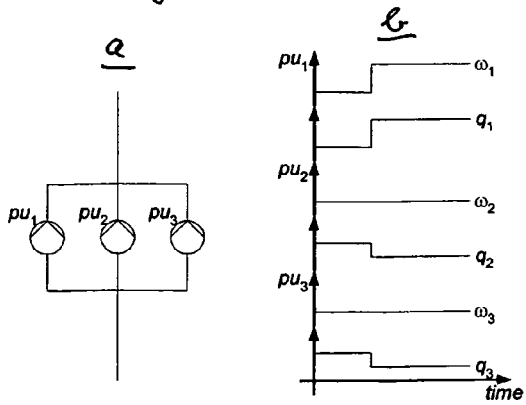


Fig. 5

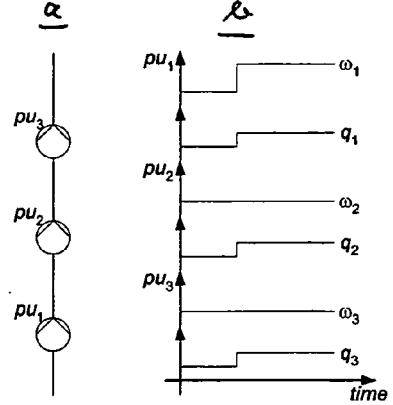


Fig. 6

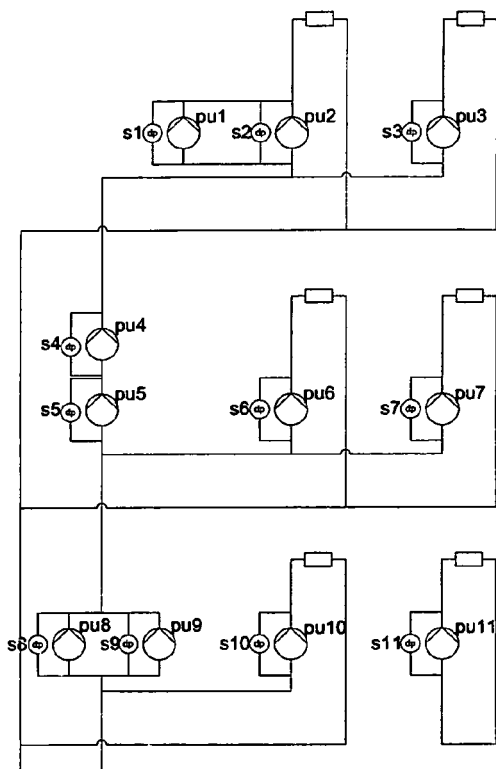


Fig. 7

	q_{11}	q_{10}	q_7	q_6	q_5	q_2	q_3	q_4	q_8	q_9
pu11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pu10	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
pu7	0	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
pu6	0	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
pu1	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1
pu2	0	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1
pu3	0	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1	1	1
pu4	0	-1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	-1
pu5	0	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
pu8	0	-1	1	1	1	-1	-1	1	1	-1
pu9	0	-1	1	1	1	1	1	1	-1	1

Fig. 8

	s_{11}	s_{10}	s_7	s_6	s_1	s_2	s_3	s_4	s_5	s_8	s_9
pu11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
pu10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
pu7	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
pu6	0	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
pu1	0	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
pu2	0	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
pu3	0	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
pu4	0	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1
pu5	0	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1
pu8	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
pu9	0	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 10 00 0446

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 735 273 A1 (WILO GMBH [DE]) 2. Oktober 1996 (1996-10-02) * Zusammenfassung * * Zeile 19 - Seite 5, Zeile 40 * * Abbildung 3 * -----	1	INV. F04D13/14 F04D15/00
A	US 2009/151801 A1 (GORMAN JOHN [US] ET AL) 18. Juni 2009 (2009-06-18) * das ganze Dokument *	1-26	
A	DE 41 18 753 A1 (FREIBERG BERGAKADEMIE [DE]) 10. Dezember 1992 (1992-12-10) * das ganze Dokument *	1-26	
A	CH 573 054 A5 (IBERAG AG) 27. Februar 1976 (1976-02-27) * das ganze Dokument *	1-26	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 7. Juli 2010	Prüfer Giorgini, Gabriele
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 10 00 0446

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-07-2010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0735273	A1	02-10-1996	DE 19511170 A1	02-10-1996
US 2009151801	A1	18-06-2009	WO 2009076565 A1	18-06-2009
DE 4118753	A1	10-12-1992	KEINE	
CH 573054	A5	27-02-1976	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82