



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.01.2018 Patentblatt 2018/02

(51) Int Cl.:
F04D 15/00 (2006.01) E03F 5/22 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17001136.5**

(22) Anmeldetag: **04.07.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL 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 RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(72) Erfinder:
• **Grosse-Westhoff, Edgar**
59269 Beckum (DE)
• **Büning, Daniel**
44263 Dortmund (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz Hannig Borkowski Wißgott**
Patent- und Rechtsanwaltskanzlei
Schumannstrasse 97-99
40237 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: **04.07.2016 DE 102016008016**

(71) Anmelder: **WILO SE**
44263 Dortmund (DE)

(54) **VERFAHREN UND SYSTEM ZUR REGELUNG EINER PUMPSTATION**

(57) Verfahren zur Regelung einer Pumpstation (1) in einem hydraulischen Netzwerk, insbesondere einer Druckerhöhungsanlage, die ein zu mindestens einem Verbraucher (3) zu förderndes Medium unter Druck setzt, wobei der Druck in Abhängigkeit des Volumenstroms (Q) durch die Pumpstation (1) gemäß einer Regelkurve eingestellt wird. Die Regelkurve wird dabei aus einer Mehrzahl partieller Druckkurven ($P_{\text{soll},1}(Q), \dots, P_{\text{soll},n}(Q)$) gebildet, die jeweils für ein Volumenstromintervall

($\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$) einer der Mehrzahl entsprechenden Anzahl (n) lückenlos aneinander angrenzender Volumenstromintervalle ($\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$) auf der Grundlage ermittelter und intervallbezogen auszuwertender Druck- und Volumenstromwerte des Netzwerks definiert werden. Dies ermöglicht eine optimale, bedarfsgerechte Anpassung des Ausgangsdrucks der Pumpstation (1), so dass ein energieeffizienter Betrieb vorliegt.

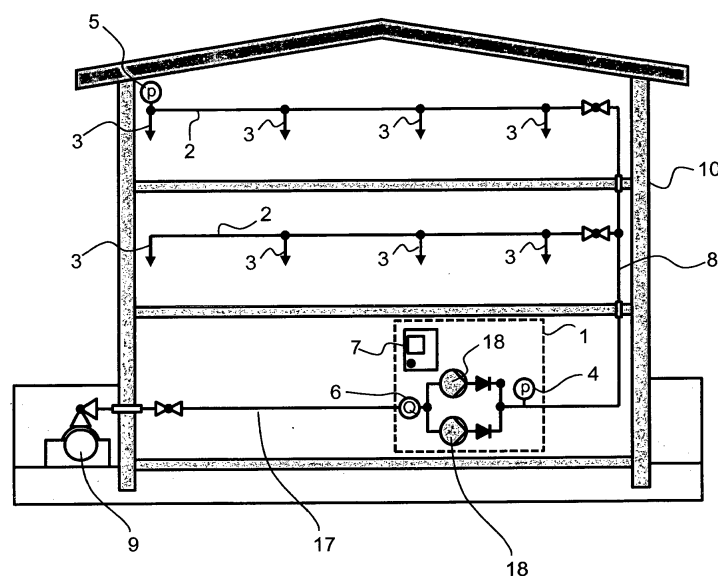


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung einer Pumpstation in einem hydraulischen Netzwerk, die ein zumindest einem Verbraucher zu förderndes Medium unter Druck setzt, wobei der Druck in Abhängigkeit des Volumenstroms durch die Pumpstation gemäß einer Regelkurve eingestellt wird. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein System zur Durchführung des Verfahrens.

[0002] Wird ein Medium von einer Pumpstation zu einem Verbraucher gepumpt, liegen entlang der Förderstrecke Druckverluste vor, die zum einen durch die Rohrreibung zum anderen durch Stellglieder innerhalb der Leitung bedingt sind. Je länger dabei die Leitungswege sind, umso höher sind die Verluste. Dies ist bei geschlossenen Systemen wie Heizungs- oder Kühlanlagen ebenso wie bei offenen Systeme, beispielsweise im Falle einer Druckerhöhungsanlage der Trinkwasserversorgung. Regelmäßig ist es der Wunsch, dass am Verbraucher, beispielsweise eine Entnahmestelle für das geförderte Trinkwasser, ein Heizkörper oder ein Kühlkreis, ein genügend Druck vorliegt, um den Verbraucher ausreichend zu versorgen. So soll beispielsweise bei der Dusche ein ausreichend hoher Druck vorhanden sein, um das Duschvergnügen nicht zu beeinträchtigen.

[0003] Der tatsächliche Druck am Verbraucher ist aber in der Regel nicht bekannt, so dass die Pumpstation stets so überdimensioniert gewählt und übertrieben hoch eingestellt wird, dass mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit auch bei ungünstigen Systemzuständen der am schlechtesten versorgte Verbraucher stets ausreichend versorgt wird.

[0004] Bei Druckerhöhungsanlagen in der Trinkwasserversorgung ist es bekannt, auf einen konstanten, vorgegebenen Ausgangsdruck zu regeln. Der Ausgangsdruck dieser Pumpstationen wird somit gemäß einer Konstantdruck-Regelkurve eingestellt, d.h. unabhängig vom Volumenstrom durch die Pumpstation konstant gehalten. Variiert der vom Versorger zur Verfügung gestellte Versorgungsdruck, so gleicht die Druckerhöhungsanlage derartige Druckschwankungen aus. Eine Konstantdruck-Regelung führt jedoch zu einem energetisch nicht optimalen Betrieb. Die Druckverluste steigen mit dem Volumenstrom an, so dass eine Proportionaldruckkurve, entlang welcher die Pumpstation geregelt wird, energetisch günstiger wäre. Die tatsächlichen Druckverluste entlang der zu befördernden Strecke sind jedoch in der Regel nicht bekannt und eine optimale Einstellung der Pumpstation ist deshalb schwierig. Hinzu kommt, dass gerade bei Druckerhöhungsanlagen die Entnahme an mehreren Zapfstellen gleichzeitig zu enormen Druckschwankungen im System führt, die keine für die Praxis sinnvolle Einstellung des Drucks ermöglicht.

[0005] Aufgabe der zugrunde liegenden Erfindung ist es ein Verfahren und ein System zur Regelung einer Pumpstation in einem hydraulischen Netzwerk zur Verfügung zu stellen, das den Druck der Pumpstation in Abhängigkeit des Volumenstroms ohne Komforteinbruch bedarfsgerecht und energieeffizient regelt.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Zudem wird die Aufgabe durch ein System mit den technischen Merkmalen des Anspruchs 18 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

[0007] Erfindungsgemäß wird vorgeschlagen, den Druck der Pumpstation in Abhängigkeit des Volumenstroms durch die Pumpstation gemäß einer Regelkurve einzustellen, wobei die Regelkurve aus einer Mehrzahl partieller Druckkurven gebildet wird, die jeweils für ein Volumenstromintervall einer der Mehrzahl entsprechenden Anzahl lückenlos aneinander angrenzender Volumenstromintervalle auf der Grundlage ermittelter und intervallbezogen auszuwertender Druck- und Volumenstromwerte des Netzwerks definiert werden. Die Regelkurve wird somit lückenlos abschnittsweise definiert, d.h. einerseits für alle möglichen Lastfälle, andererseits unter Berücksichtigung der tatsächlich im System auftretenden Druckverluste. Dabei ist die konkrete Kenntnis der hydraulischen Widerstände im Netzwerk nicht erforderlich.

[0008] Erfindungsgemäß wird ferner ein System zur Regelung einer Pumpstation in einem hydraulischen Netzwerk vorgeschlagen, mit der ein zu mindestens einem Verbraucher zu förderndes Medium unter Druck setzbar ist, wobei der Druck in Abhängigkeit des Volumenstroms durch die Pumpstation gemäß einer Regelkurve einstellbar ist, wobei das System dazu eingerichtet ist, die Regelkurve aus einer Mehrzahl partieller Druckkurven zu bilden, und diese partieller Druckkurven jeweils für ein Volumenstromintervall einer der Mehrzahl entsprechenden Anzahl lückenlos aneinander angrenzender Volumenstromintervalle auf der Grundlage ermittelter und intervallbezogen auszuwertender Druck- und Volumenstromwerte des Netzwerks zu definieren.

[0009] Die Regelkurve setzt sich aus der Mehrzahl von partiellen Druckkurven zusammen, die jeweils für ein bestimmtes Volumenstromintervall definiert werden. Die Definition respektive Bestimmung der jeweiligen partiellen Druckkurve eines bestimmten Volumenstromintervalls erfolgt vorzugsweise dynamisch im Betrieb, wobei hierzu Druck- und Volumenstromwerte ermittelt werden und diejenigen Werte ausgewertet werden, die dem bestimmten Volumenstromintervall zugeordnet sind. Auf diese Weise wird eine Regelkurve gebildet, bei deren Verwendung die Regelung der Pumpstation optimal auf das hydraulische Netzwerk angepasst wird und die Pumpstation energetisch besonders günstig betrieben wird.

[0010] Weitere Vorteile sowie Merkmale und Eigenschaften des erfindungsgemäßen Verfahrens sowie des erfindungsgemäßen Systems werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und der beigelegten Figuren erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 ein System zur Regelung einer Pumpstation in einem hydraulischen Netzwerk unter Verwendung von Druckwerten von nur einer Systemstelle,
- Figur 2 ein System zur Regelung einer Pumpstation in einem hydraulischen Netzwerk unter Verwendung von Druckwerten von zwei Systemstellen,
- 5 Figur 3a, b Ablaufdiagramme des erfindungsgemäßen Verfahrens,
- Figur 4 eine Darstellung erfasster Druck- und Volumenstromwerte als Datentupel in einem p-Q Diagramms,
- Figur 5 eine Zuordnung der Datentupel zu Volumenstromdatenintervallen im Δp -Q Diagramms,
- Figur 6 eine Darstellung gebildeter Repräsentanzwerte zu den Volumenstromdatenintervallen im Δp -Q Diagramms,
- 10 Figur 7 eine aus einer Mehrzahl partieller Konstantdruck-Kurven gebildete Regelkurve im p-Q Diagramm aufgrund der Repräsentanzwerte in Figur 6,
- Figur 8 eine Darstellung gebildeter Repräsentanzwerte zu den Volumenstromdatenintervallen im Δp -Q Diagramm mit linearer Verknüpfung,
- Figur 9 eine aus einer Mehrzahl partieller Proportionaldruck-Kurven gebildete Regelkurve im p-Q Diagramm aufgrund der Repräsentanzwerte in Figur 8,
- 15 Figur 10 eine Darstellung gebildeter Repräsentanzwerte zu den Volumenstromdatenintervallen im Δp -Q Diagramm mit linearer Verknüpfung, wobei die Repräsentanzwerte den Mitten der Volumenstromdatenintervalle zugeordnet sind.
- Figur 11 eine aus einer Mehrzahl partieller Proportionaldruck-Kurven gebildete Regelkurve im p-Q Diagramm aufgrund der Repräsentanzwerte in Figur 10.
- 20

[0011] Figur 1 zeigt ein Gebäude 10 mit einer Trinkwasserversorgung, die von einer zentralen Versorgungsleitung 9 eines kommunalen Versorgers mit druckbehaftetem Trinkwasser gespeist wird. Das Trinkwassersystem umfasst eine innerhalb des Gebäudes 10 aufgestellte Pumpstation 1 in der Art einer Druckerhöhungsanlage, die eingangsseitig über eine Zuleitung 16 mit der zentralen Versorgungsleitung 9 verbunden ist, und ausgangseitig mit einem hydraulischen Netzwerk 8, 2 verbunden ist, welches eine Vielzahl an Verbrauchern 3 aufweist, zu denen das Trinkwasser geleitet wird. Die Verbraucher 3 sind hier durch Entnahmestellen zur Entnahme des Trinkwassers gebildet. Beispielsweise sind die Verbraucher, Wasserarmaturen wie Spülbecken, Badewannen oder Duscharmaturen, Toiletten, Waschmaschinen oder Spülmaschinen etc. gebildet.

30 **[0012]** Das Netzwerk 8, 2 umfasst eine mit dem Ausgang der Pumpstation 1 verbundene Druckleitung 8, von der hier zwei lokale Versorgungsleitungen 2 abgehen, entlang welcher die Verbraucher 3 angeordnet sind. Hydraulisch betrachtet, haben die Verbraucher 3 somit alle einen unterschiedlichen Abstand zur Pumpstation 1, so dass jeder Leitungsweg von der Pumpstation 1 zu einem der Verbraucher 3 einen individuellen Druckverlust verursacht.

35 **[0013]** Die Pumpstation 1 umfasst zwei parallel angeordnete Pumpen 17, die alternativ oder kumulativ betrieben werden können. Eine Steuer- und Regelungseinheit 7 ist zur Steuerung und/ oder Regelung der Pumpen 17 vorgesehen und stellt diese in ihrer Leistung und/ oder Drehzahl entsprechend ein.

40 **[0014]** Es sei darauf hingewiesen, dass die Darstellung in Figur 1 rein beispielhaft zu verstehen ist und die Erfindung keinesfalls hierauf beschränkt ist. So kann die Pumpstation beispielsweise auch nur eine Pumpe 17 oder mehr als zwei Pumpen, z.B. drei oder vier Pumpen 17 aufweisen, die hydraulisch parallel und/ oder in Reihe liegen können. Die Steuer- und Regelungseinheit 7 kann baulich Teil der Pumpstation 1 sein, sie kann alternativ aber auch außerhalb der Pumpstation liegen, beispielsweise Teil einer zentralen Steuer- und/ oder Regelung einer Gebäudetechnik sein. Ferner kann gemäß einer alternativen Ausführungsvariante das hydraulische Netzwerk auch zwei oder mehr Druckleitungen 8 aufweisen und/oder die Druckleitung 8 drei oder mehr Etagen versorgen. Auch können in einer Ausführungsvariante drei oder mehr lokale Versorgungsleitungen 2 von der Druckleitung 8 abgehen. Schließlich ist es ebenfalls möglich, dass sich eine lokale Versorgungsleitung in zwei oder mehr weitere Leitungen aufteilt. Schließlich müssen auch nicht, wie in Figur 1 dargestellt, in den lokalen Versorgungsleitungen 2 die gleiche Anzahl an Verbrauchern 3 vorhanden sein, die lokalen Versorgungsleitungen 2 dieselbe Länge aufweisen, oder der Beabstandung zwischen den Verbrauchern äquidistant sein. So zeigt Figur 2 ein beispielhaftes Trinkwassersystem, bei dem die sich in der zweiten Etage erstreckende lokale Versorgungsleitung 2 einerseits kürzer ist, als die sich in der ersten Etage erstreckende lokale Versorgungsleitung 2, und andererseits weniger Verbraucher 3 aufweist, als die sich in der ersten Etage erstreckende lokale Versorgungsleitung 2.

50 **[0015]** Die Pumpstation 1 erhöht den Druck der zentralen Zuleitung 9 und fördert das Trinkwasser über die Druckleitung 8 und den lokalen Versorgungsleitungen 2 zu den Verbrauchern 3, sofern sich zumindest eine der Entnahmestellen 3 öffnet. Dabei wird die Pumpstation 1 so geregelt, dass an ihrem Ausgang ein bestimmter Ausgangsdruck vorliegt, der sicherstellt, dass auch an der schlechtesten Entnahmestelle 3 ein ausreichender Fließdruck vorliegt. Hierbei müssen die Druckverluste Berücksichtigung finden, die zwischen der Pumpstation 1 und der jeweiligen Entnahmestelle 3 vorliegen. Die schlechteste Entnahmestelle 3, auch Schlechtpunkt genannt, ist in der Regel diejenige Entnahmestelle, die geografisch betrachtet, am höchsten gelegen ist und/ oder am weitesten von der Pumpstation 1 weg liegt. Hydraulisch

betrachtet ist, es diejenige Entnahmestelle 3, zu deren Erreichen das Wasser den größten hydraulischen Widerstand erfährt.

[0016] Druckschwankungen in der zentralen Versorgungsleitung 9, die beispielsweise einspeisebedingt oder stellgliedbedingt vom Versorger zu verantworten sind oder aus Entnahmeschwankungen in der Nachbarschaft resultieren, müssen von der Pumpstation 1 ebenso ausgeglichen werden, wie Druckänderungen innerhalb des hydraulischen Netzwerks, die aus dem Öffnen und Schließen von einer oder mehr Entnahmestellen resultieren. Zum Ausgleich dieser Druckschwankungen wird der Druck der Pumpstation 1 am Ausgang nach dem Stand der Technik auf einen konstanten Wert eingestellt, d.h. gemäß einer Konstantdruck- Regelkurve geregelt. Somit ist der Druck p_{aus} am Ausgang der Pumpstation über dem Volumenstrom Q konstant.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren baut auf dieser Betriebsweise auf und passt die Regelkurve so an, dass der Ausgangsdruck in Abhängigkeit des Volumenstroms Q durch die Pumpstation 1 gemäß einer neuen Regelkurve eingestellt wird. Diese neue Regelkurve wird aus einer Mehrzahl partieller Druckkurven $p_{\text{soll},1}(Q), \dots, p_{\text{soll},n}(Q)$ gebildet, die jeweils für ein Volumenstromintervall $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ einer der Mehrzahl entsprechenden Anzahl n lückenlos aneinander angrenzender Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ auf der Grundlage ermittelter und intervallbezogen auszuwertender Druck- und Volumenstromwerte des Netzwerks definiert werden.

[0018] Zur Bildung der partiellen Druckkurven können die Druck- und Volumenstromwerte mindestens Systemdruckwerte $p_{\text{sys}}(t_v), p_{\text{sys},k}(t_v)$ des an einer Systemstelle 5, 5a, 5b anliegenden Systemdrucks $p_{\text{sys}}, p_{\text{sys},k}$ sowie Volumenstromwerte $Q(t_v)$ des fließenden bzw. geförderten Volumenstroms Q zu verschiedenen Zeitpunkten t_v umfassen.

[0019] Wie in Figur 1 gezeigt, kann als Systemstelle 5, der Schlechtpunkt, d.h. der Ort der schlechtesten Entnahmestelle 3 gewählt werden. Dies hat den Vorteil, dass für die Bildung der Regelkurve die maximal auftretenden Rohrleitungsverluste berücksichtigt werden und somit gewährleistet ist, dass auch die schlechteste Entnahmestelle 3 mit ausreichendem Betriebsdruck versorgt wird, wenn die Pumpstation 1 entsprechend der erfindungsgemäßen partiellen Druckkurven geregelt wird. Es wird also bevorzugt der Systemdruck p_{sys} dieser schlechtesten Entnahmestelle 3 ermittelt. In der Regel ist diese eine Entnahmestelle 3, die am Ende einer der lokalen Versorgungsleitungen 2 liegt, insbesondere diejenige Entnahmestelle, die am höchsten gelegen ist.

[0020] Es ist jedoch nicht immer der Fall und nicht immer klar, dass die am höchsten gelegene Entnahmestelle 3 am Ende einer lokalen Versorgungsleitung 8 den Schlechtpunkt darstellt. Aus diesem Grund zeigt Figur 2 eine Ausführungsvariante, bei der der Systemdruck $p_{\text{sys},k}$ an zwei Systemstellen 5a, 5b ermittelt wird, die jeweils einen potentiellen Schlechtpunkt darstellen, weil sie jeweils am Ende eines Zweigs des hydraulischen Netzwerks gelegen sind. Nachfolgend gibt der Index k den Ort der Systemstelle an, so dass bei zwei Systemstellen $k = 1$ für die erste Systemstelle 5a oder $k = 2$ für die zweite Systemstelle 5b sein kann.

[0021] In einem komplexen hydraulischen Netzwerk mit mehreren oder einer Vielzahl verzweigter Leitungswege, sind sogar mehr als zwei potentielle Schlechtpunkte möglich. Es macht dann Sinn, an mehreren unterschiedlichen Systemstellen im Netzwerk, die diese potentielle Schlechtpunkte darstellen, entsprechende Systemdruckwerte zu bestimmen.

[0022] Es ist nicht erforderlich, den Systemdruck $p_{\text{sys}}, p_{\text{sys},k}$ genau am Ort einer Entnahmestelle zu ermitteln. Er kann vielmehr auch entfernt von dieser, davor oder danach ermittelt werden, wie Figur 2 zeigt. Folglich kann auch die Systemstelle 5 oder die erste oder zweite Systemstelle 5a, 5b vor oder nach einer Entnahmestelle 3, insbesondere vor oder nach dem Schlechtpunkt liegen. Die dadurch bedingte Ungenauigkeit in der Werteerfassung ist gering und beeinträchtigt das erfindungsgemäße Verfahren somit nicht. Bevorzugt befindet sich die Systemstelle 5 aber in unmittelbarer Nähe zur Entnahmestelle 3, da dort der Einbau einer Messvorrichtung am einfachsten ist.

[0023] Vorzugsweise erfolgt die Ermittlung der Systemdruckwerte durch Messen mittels einer Messvorrichtung wie einem Drucksensor. Der Systemdruck $p_{\text{sys}}, p_{\text{sys},k}$ kann alternativ aber auch aus anderen Größen berechnet oder geschätzt werden.

[0024] Zusätzlich zum Systemdruck $p_{\text{sys}}, p_{\text{sys},k}$ wird der Volumenstrom Q ermittelt. Dies kann ebenfalls durch Messen mittels einer Messvorrichtung wie einem Volumenstromsensor 6, alternativ aber auch rechnerisch aus anderen Größen wie der Leistung oder der Drehzahl eines der oder beider Pumpen 17 erfolgen. Die Messvorrichtung 6 kann beispielsweise am Eingang der Pumpstation 1 angeordnet sein. Weiter alternativ kann eine Schätzung des Volumenstroms erfolgen, beispielsweise aufgrund von mathematischen, elektro-mechanischen und/ oder mechanisch- hydraulischen Modellen der Pumpstation 1.

[0025] Soweit eine oder mehr Messvorrichtungen vorhanden sind, bilden sie vorzugsweise einen Teil des erfindungsgemäßen Systems zur Regelung der Pumpstation 1. Insbesondere kann die Messvorrichtung für den Ausgangsdruck und/ oder für den Volumenstrom baulich mit der Pumpstation 1 vereinigt sein.

[0026] Die vorhandenen Messvorrichtungen können mit der Steuer- und Regelungseinheit 7 verbunden sein, beispielsweise über eine Kabelverbindung und/ oder über eine Funkverbindung. Eine Kabelverbindung hat den Vorteil einer zuverlässigen und im Wesentlichen zeitgleichen Erfassung des Systemdrucks oder eines der Systemdrücke, des Ausgangsdrucks und/ oder des Volumenstroms. Demgegenüber hat eine Funkverbindung den Vorteil einer leichten Installation oder Nachrüstung von datentechnisch zu verbindenden Komponenten wie einer Messvorrichtung zur Erfassung des Systemdrucks, da die Verlegung einer Datenleitung entfällt.

[0027] Der Systemdruck p_{sys} , oder jeweilige Systemdruck $p_{\text{sys},k}$, und der Volumenstrom Q werden geeigneterweise einander zeitlich zugeordnet, d.h. vorzugsweise zum selben oder im Wesentlichen gleichen Zeitpunkt t_v ermittelt. Aufgrund dieses gemeinsamen zeitlichen Bezugs bilden sie eine Einheit in Gestalt eines Datentupels. Für die Definition der Regelkurve wird bevorzugt eine Vielzahl von Datentupeln zu unterschiedlichen Zeitpunkten ermittelt.

[0028] Die Ermittlung der Druck- und Volumenstromwerte, insbesondere Erfassung der Datentupel, kann in zeitlichen Abständen erfolgen, beispielsweise entweder zu bestimmten Zeitpunkten, wie zur vollen Stunde, oder immer nach Ablauf einer Zeitspanne, z.B. alle 15 Minuten. Sie können folglich periodisch ermittelt werden. Alternativ oder kumulativ können bestimmte Ereignisse die Ermittlung von Druck- und Volumenstromwerten auslösen, beispielsweise das Öffnen einer Entnahmestelle.

[0029] Dabei ist zu berücksichtigen, dass der Druck p_{sys} , $p_{\text{sys},k}$ an der Systemstelle 5, 5a, 5b identisch oder zumindest nahezu identisch dem Ausgangsdruck p_{aus} der Pumpstation 1 ist, wenn keine Entnahmestelle geöffnet ist, bzw. kein Verbraucher 3 etwas verbraucht. In diesem Fall ist ferner der Volumenstrom Q gleich null und damit das entsprechende Datentupel nicht brauchbar.

[0030] Gemäß einer Ausführungsvariante können diese Fälle ungeachtet der damit verbundenen Erkenntnis dennoch zunächst als Druck- und Volumenstromwerte aufgenommen werden, wobei sich dann eine Filterung der Datentupel anschließen kann, bei der solche Datentupel mit Volumenstrom null und/ oder solche mit einem Systemdruckwert im Wesentlichen dem Ausgangsdruck p_{aus} der Pumpstation 1 entfernt werden. Um dies zu vermeiden, kann dafür gesorgt werden, dass die nicht brauchbaren Datentupel gar nicht erst erfasst werden. Dies kann dadurch erreicht werden, dass während des Betriebs der Pumpstation 1 ermittelt wird, wann der Volumenstrom Q größer null ist, wobei nur in diesem Fall der oder die Druckwerte $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$ und der Volumenstromwert $Q(t_v)$ ermittelt werden.

[0031] Um zudem valide Druck- und Volumenstromwerte zu erhalten, ist es von Vorteil, Übergangseffekte von einem Systemzustand "Entnahmestelle geschlossen" zum anderen Systemzustand "Entnahmestelle geöffnet" auszublenden. Derartige Übergangseffekte sind z.B. ein Einschwingen, d.h. abklingende periodische Druckschwankungen. Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens kann somit zusätzlich oder alternativ zur Feststellung, wann der Volumenstrom größer null ist, während des Betriebs der Pumpstation 1 ermittelt werden, wann die zeitliche Änderung eines von null verschiedenen Volumenstroms Q zumindest für einen bestimmten Zeitraum im Wesentlichen konstant ist, wobei nur in diesem Fall der oder die Druckwerte $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$ und der Volumenstromwert $Q(t_v)$ aufgenommen werden. Denn in diesem Fall sind die Übergangseffekte weitestgehend abgeklungen.

[0032] Die Ermittlung der Druck- und Volumenstromwerte, insbesondere die Erfassung der Datentupel erfolgt zumindest zu Beginn des Verfahrens und mindestens für einen gewissen Zeitraum, da sie die Grundlage für die Definition der partiellen Druckkurven bilden. Je länger der Zeitraum ist, desto mehr Werte, bzw. Datentupel werden gesammelt und desto genauer kann die Regelkurve abschnittsweise an die tatsächlichen Verhältnisse angepasst werden. Es ist nicht erforderlich, die Datenerfassung auf diesen Zeitraum zu beschränken. Vielmehr kann das erfindungsgemäße Verfahren kontinuierlich im Betrieb der Pumpstation 1 angewendet werden, und auf diese Weise die Regelkurve immer wieder dynamisch angepasst werden. Jedoch kann das Ende des Zeitraums bestimmt sein durch den Beginn der sich anschließenden Auswertung der gesammelten Datentupel. An den beendeten Zeitraum kann sich dann ein neuer Zeitraum anschließen innerhalb dem die Datenerfassung erfolgt.

[0033] Die Auswertung der ermittelten Druck- und Volumenstromwerte bzw. Datentupel kann wie folgend beschrieben erfolgen.

[0034] Gemäß einer Ausführungsvariante können zunächst die Datentupel anhand ihres jeweiligen Volumenstromwerts $Q(t_v)$ jeweils einem Volumenstromdatenintervall ΔQ_i zugeordnet werden, das mit einem der Volumenstromintervalle ΔQ_i korreliert. Die gesammelten Daten werden somit im Hinblick auf die zu definierenden partiellen Druckkurven zu einer Gruppe zusammengefasst, wobei die Gruppen zudem sortiert sind. Auf den Zeitbezug der Druck- und Volumenstromwerte, respektive der Datentupel kommt es dann nicht mehr an.

[0035] Anschließend wird zu jedem Datentupel der Druckverlust Δp von der Pumpstation 1 zur entsprechenden Systemstelle 5, 5a, 5b berechnet. Dies kann gemäß einer Ausführungsvariante dadurch erfolgen, dass die Differenz aus einem Ausgangsdrucksollwert p_{booster} der Pumpstation 1 und dem Systemdruckwert $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$ des jeweiligen Datentupels gebildet wird. Der Ausgangsdrucksollwert p_{booster} der Pumpstation 1 ist bekannt, da er dem Konstantdruck entspricht, auf den die Pumpstation 1 zumindest zu Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens geregelt wird. Er definiert die initiale Konstantdruck-Regelkurve, gemäß derer der Ausgangsdruck p_{aus} von der Steuer- und Regeleinheit 7 eingestellt wird.

[0036] Naturgemäß ist es jedoch so, dass der Ausgangsdruck p_{aus} der Pumpstation 1 in der Praxis nicht oder zumindest nicht immer dem Ausgangsdrucksollwert p_{booster} entspricht, weil vor und/ oder hinter der Pumpstation dynamische Druckänderungen vorkommen, die entsprechend ausgegeregelt werden. Somit können die Druckverluste von der Pumpstation 1 zur entsprechenden Systemstelle 5, 5a, 5b genauer berechnet werden, wenn anstelle des Ausgangsdrucksollwerts p_{booster} der tatsächlich am Ausgang der Pumpstation 1 vorliegende Druck p_{aus} verwendet wird. Aus diesem Grund ist es von Vorteil, wenn die ermittelten bzw. zu ermittelnden Druck- und Volumenstromwerte auch den Ausgangsdruck p_{aus} der Pumpstation 1 umfassen.

[0037] Wie bei der Systemstelle 5 oder den Systemstellen 5a, 5b kann auch der Ausgangsdruck p_{aus} messtechnisch oder rechnerisch ermittelt oder geschätzt werden beispielsweise aufgrund eines mathematischen Modells der Pumpstation 1. Bevorzugt erfolgt auch hier die Ermittlung messtechnisch, beispielsweise mittels einem Drucksensor, der geeigneterweise am Ausgang der Pumpstation 1 angeordnet ist.

[0038] Verfahrenstechnisch einfach für die Druckverlustermittlung ist es, wenn die Datentupel zusammen mit dem jeweiligen Systemdruckwert $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$ und Volumenstromwert $Q(t_v)$ auch einen Ausgangsdruckwert $p_{\text{aus}}(t_v)$ des am Ausgang der Pumpstation 1 aktuell anliegenden Ausgangsdrucks p_{aus} umfassen. Er wird zum selben oder zumindest im Wesentlichen gleichen Zeitpunkt t_v wie die anderen beiden Werte ermittelt, so dass ein entsprechender Systemdruckwert $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$, ein Ausgangsdruckwert $p_{\text{aus}}(t_v)$ und ein Volumenstromwert $Q(t_v)$ aufgrund des gemeinsamen Ermittlungszeitpunktes eine Gruppe bilden. Somit umfasst dann in dieser Ausführungsvariante jedes Datentupel drei Elemente und bildet somit ein Datentripel.

[0039] Gemäß einer Weiterbildung dieser Ausführungsvariante mit Datentripeln, und alternativ zur Berechnung des Druckverlusts von der Pumpstation 1 zur entsprechenden Systemstelle 5, 5a, 5b aufgrund des Ausgangsdrucksollwert p_{booster} , kann der Druckverlust $\Delta p(t_v)$ aus dem Systemdruckwert $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$ und dem ermittelten Ausgangsdruckwert $p_{\text{aus}}(t_v)$ eines jeden Datentupels durch Differenzbildung ermittelt werden. Somit ergibt sich aus jedem Datentupel ein Druckverlust $\Delta p(t_v)$.

[0040] Eine diagrammatische Darstellung der ermittelten Datentupel ist in Figur 4 dargestellt. Sie zeigt in einem pQ -Diagramm für verschiedene, zu unterschiedlichen Zeitpunkten t_v gebildete Datentupel den Ausgangsdruckwert $p_{\text{aus}}(t_v)$, den Systemdruckwert $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$ -jeweils durch einen kleinen Kreis gebildet- und den dabei vorliegenden Volumenstromwert $Q(t_v)$. Besonders herausgestellt, sind die Datentupel der vier Zeitpunkte t_1, t_2, t_3, t_4 . Der vertikale Abstand der Kreise entspricht dabei dem Druckverlust $\Delta p(t_v)$ zum jeweiligen Zeitpunkt (t_v) . Erkennbar liegt der Ausgangsdruckwert $p_{\text{aus}}(t_v)$ bei allen ermittelten Datentupeln auf einer dem Ausgangsdrucksollwert p_{booster} entsprechenden Linie, was verdeutlicht, dass anstelle der Ist-Ausgangsdruckwerte $p_{\text{aus}}(t_v)$ der Ausgangsdrucksollwert p_{booster} verwendet werden kann, ohne bedeutende Abweichungen und damit Verschlechterung in der Qualität des Verfahrens in Kauf nehmen zu müssen.

[0041] Durch die Zuordnung der Datentupel zu einem der Volumenstromdatenintervalle $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ erhält man im Ergebnis für jedes Volumenstromdatenintervall ΔQ_{dj} eine Menge m an Druckverlustwerten $\Delta p_{i,j}$ (mit $i = 1 \dots n$; $j = 1 \dots m$), die zur Berechnung der jeweiligen partiellen Druckkurve verwendet werden können. Dies ist in Figur 5 veranschaulicht. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass obwohl zuvor im Falle der Verwendung von zwei oder mehr Systemstellen 5a, 5a, hinsichtlich ihres Ortes differenziert wurde, nämlich indem bei dem entsprechenden Systemdruck $p_{\text{sys},k}$ durch den Index k dieser Ort referenziert wurde, es letztendlich auf den Ort der Erfassung nicht ankommt. Denn von Bedeutung sind letztendlich nur die Höhe der Druckverluste und deren Zuordnung zu einem Volumenstromdatenintervall ΔQ_{dj} . Bei zwei Systemstellen 5a, 5b, verdoppelt sich lediglich die in derselben Zeitspanne erfasste Menge an Datentupeln.

[0042] Dasselbe Ergebnis wie in Figur 5 wird erreicht, wenn die Schritte der Intervallzuordnung und Druckverlustberechnung vertauscht werden. So kann gemäß einer anderen Ausführungsvariante zunächst aus dem Systemdruckwert $p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$ und dem Ausgangssollwert p_{booster} der Pumpstation 1 oder dem ermittelten Ausgangsdruckwert $p_{\text{aus}}(t_v)$ eines jeden Datentupels durch Differenzbildung ein Druckverlust $\Delta p(t_v)$ vom Ausgang der Pumpstation 1 zu der Systemstelle 5, 5a, 5b ermittelt werden, und anschließend dieser ermittelte Druckverlust $\Delta p(t_v)$ anhand des Volumenstromwerts $Q(t_v)$ des jeweiligen Datentupels einem Volumenstromdatenintervall ΔQ_{dj} zugeordnet werden. Auf den Zeitbezug kommt es dann nicht mehr an. Der Druckverlust Δp kann vielmehr als j -ter Wert des i -ten Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{di} angegeben werden.

[0043] Die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ sind abgeschlossene Teilbereiche des Volumenstrombereichs, der von der Pumpstation 1 gefördert werden kann. Dieser Volumenstrombereich erstreckt sich von $Q = 0$ bis $Q = Q_{\text{max}}$, vgl. Figur 4, für den Fall, dass alle Pumpen 17 der Pumpstation 1 gleichzeitig in Betrieb sind. Die Intervalle werden somit jeweils nach unten durch einen Minimalwert oder Anfangswert und nach oben durch einen Maximalwert (Endwert) begrenzt, wobei der Maximalwert eines Volumenstromintervalls ΔQ_i dem Minimalwert des nächst höheren Volumenstromintervalls ΔQ_{i+1} bzw. wobei der Minimalwert eines Volumenstromintervalls ΔQ_i dem Maximalwert des nächst niedrigeren Volumenstromintervalls ΔQ_{i-1} entspricht. Die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ liegen somit lückenlos aneinander. Für eine mathematisch exakte Intervalldefinition dürfen diese Werte natürlich nur einem der Intervalle zugeordnet werden.

[0044] Erfindungsgemäß wird für jedes Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ eine partielle Druckkurve festgelegt. Die Anzahl n an Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ respektive die entsprechende Anzahl an partiellen Druckkurven kann grundsätzlich frei gewählt werden. Um eine gute Anpassung des Ausgangsdrucks der Pumpstation 1 an die volumenstromabhängigen Druckverluste des hydraulischen Systems zu gewährleisten, sollten mindestens 6 oder 8 Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ verwendet werden. Das Verfahren ist aber ebenso ausführbar, wenn nur 4 Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ verwendet werden. Es versteht sich von selbst, dass die Anpassung der Regelkurve an die volumenstromabhängigen Druckverluste des hydraulischen Systems umso genauer ist, je mehr Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ verwendet werden. Ferner kann bei größeren Pumpstationen 1, d.h. solchen mit leistungsstärkeren Pumpen 17 oder mehr als 2 Pumpen 17, die auch entsprechend einen größeren Volumenstrombereich abdecken, die

Anzahl n an Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ größer gewählt werden, als bei der in den Figuren 1 und 2 gezeigten Pumpstation 1. So können durchaus auch 20 oder 30 Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ sinnvoll sein.

[0045] Gemäß einer Ausführungsvariante können die Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ bereits vor der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens festgelegt sein. Beispielsweise können die Volumenstromintervalle eine Breite von $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$ bis $3 \text{ m}^3/\text{h}$, insbesondere $1 \text{ m}^3/\text{h}$ aufweisen. Die Festlegung kann aber auch durch die Festlegung der Anzahl n erfolgen, wobei dann entsprechend der von der Pumpstation 1 förderbare Volumenstrombereich $0 \dots Q_{\max}$ in diese Anzahl n Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ unterteilt wird oder ist. Geeigneterweise weisen die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ dann eine im Wesentlichen gleiche Breite auf, wodurch die Unterteilung vereinfacht wird.

[0046] Es ist aber nicht zwingend erforderlich, dass die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ alle eine im Wesentlichen gleiche Breite aufweisen. So kann z.B. eine Einteilung alle $1 \text{ m}^3/\text{h}$ vorgenommen werden, wobei das letzte Intervall bei $Q_{\max}$ endet und schmaler ist als $1 \text{ m}^3/\text{h}$. Alternativ kann vorgesehen werden, dass im Teillastbereich mehr Intervalle liegen, als im Vollast- oder Niedriglastbereich. Die Intervallbreite ist dann im Teillastbereich entsprechend kleiner, so dass hier eine genauere Anpassung an die tatsächlichen Druckverluste im hydraulischen Netzwerk möglich ist. Somit können alternativ oder in Kombination zur Festlegung der Anzahl n , auch die Grenzwerte und damit die Lagen der Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ bereits vor der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens festgelegt sein.

[0047] Gemäß einer anderen Ausführungsvariante können die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ während des erfindungsgemäßen Verfahrens, d.h. dynamisch im Betrieb, in Abhängigkeit der ermittelten Druck- und Volumenstromwerte festgelegt werden. Die Festlegung kann die Anzahl n und/ oder die Breite der Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ betreffen. So kann der von der Pumpstation 1 förderbare Volumenstrombereich $0 \dots Q_{\max}$ in Abhängigkeit der ermittelten Druck- und Volumenstromwerte in die Anzahl n an Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ unterteilt werden. Dies kann beispielsweise anhand der volumenstrombezogenen Dichte der Datentupel erfolgen, d.h. aufgrund der Anzahl der in einem bestimmten Volumenstrombereich vorkommenden Druckwerte. So können beispielsweise einem Volumenstrombereich, in dem sich Datentupel häufen, schmalere Volumenstromintervalle, d.h. mehr Volumenstromintervalle, verwendet werden als in einem anderen Volumenstrombereich gleicher Breite, in dem sich weniger Datentupel befinden. Auf diese Weise wird eine bedarfsabhängige Feinjustierung der Regelkurve automatisch vorgenommen. Besonders einfach ist es, die Breite der Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ so zu wählen, dass sie dieselbe oder im Wesentlichen dieselbe Anzahl an Datentupeln umfassen.

[0048] Die Volumenstromdatenintervalle $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ sind ebenfalls abgeschlossene Teilbereiche des Volumenstrombereichs $0 \dots Q_{\max}$, der von der Pumpstation 1 gefördert werden kann. Hinsichtlich ihrer Festlegung und Breite gilt das zuvor zu den Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ Gesagte. Sie werden somit ebenfalls jeweils nach unten durch einen Minimalwert und nach oben durch einen Maximalwert begrenzt. Die Volumenstromdatenintervalle $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ bilden eine Art Datencontainer für die Zuordnung der Datentupel oder der berechneten Druckverluste $\Delta p_{i,j}$ zu einem Volumenstrombereich. Jedes Volumenstromdatenintervall ΔQ_{di} korreliert mit einem Volumenstromintervall ΔQ_i . Dies bedeutet, dass jedes Volumenstromdatenintervall ΔQ_{di} einem der Volumenstromintervalle ΔQ_i zugeordnet ist. Im einfachsten Fall sind die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ deckungsgleich mit den Volumenstromdatenintervallen $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$. Dies ist bei den Beispielen in den Figuren 5 bis 9 der Fall. Alternativ können die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ aber auch versetzt zu den Volumenstromdatenintervallen $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ liegen. Dies ist beispielsweise bei dem Beispiel in Figur 11 der Fall, der nachfolgend noch beschrieben wird. Hier liegen die partiellen Druckkurven (die Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$) volumenstrombezogen versetzt zu den Datencontainern (den Volumenstromdatenintervallen $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$), so dass die Definition der Druckkurven nicht für dieselben Volumenstromintervalle erfolgt, für die die Zuordnung der Datentupel oder der Druckverluste erfolgt.

[0049] Ausgehend von den berechneten, volumenstromdatenintervall-bezogenen Druckverlusten $\Delta p_{i,j}$ kann für jedes Volumenstromdatenintervall ΔQ_{di} aus den, insbesondere der Gesamtheit der diesem Volumenstromdatenintervall ΔQ_{di} zugeordneten Druckverluste(n) $\Delta p_{i,j}$ ein Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},i}$ bestimmt werden, der einen Druckverlust für das jeweilige Volumenstromdatenintervall bzw. für den das Volumenstromdatenintervall abdeckenden Volumenstrombereich repräsentiert. Durch den Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},i}$ werden die einem Volumenstromdatenintervall direkt oder indirekt zugeordneten Druckverluste zu einem repräsentativen Wert vereint.

[0050] Als Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},i}$ kann beispielsweise der Maximalwert der dem entsprechenden Volumenstromdatenintervall $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ zugeordneten Druckverluste $\Delta p_{i,j}$ sein. Entsprechend ist aus den zugeordneten Druckverluste $\Delta p_{i,j}$ der größte Wert herauszufiltern. Alternativ kann als Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},i}$ der arithmetische Mittelwert oder ein Quantil im Bereich von 75% bis 95% der Gesamtheit der dem entsprechenden Volumenstromdatenintervall $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ zugeordneten Druckverluste $\Delta p_{i,j}$ verwendet werden. Durch das Quantil wird sichergestellt, dass Ausreißer in den berechneten Druckverlusten nach oben bei der Bestimmung des Repräsentanzwerts nicht berücksichtigt werden, so dass zu hohe Drücke durch die Pumpstation vermieden und damit Energie eingespart wird. Die Bildung des arithmetischen Mittelwerts der zugeordneten Druckverlustwerte eines Volumenstromintervalls führt dazu, dass sowohl Abweichungen nach oben als auch nach unten ausgeglichen bzw. gemittelt werden.

[0051] Figur 6 veranschaulicht das Ergebnis der Ermittlung eines Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},1}, \Delta p_{\text{rep},2}, \Delta p_{\text{rep},3}, \dots, \Delta p_{\text{rep},n}$ für jedes der Volumenstromdatenintervall $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$, wobei hier aus der Menge der einem jeweiligen Volumen-

stromdatenintervall ΔQ_{d_i} zugeordneten Druckverluste $\Delta p_{i,j}$ jeweils das Maximum genommen ist. Diese Repräsentanzwerte $\Delta p_{rep,i}$ besagen somit, dass es für das entsprechende Volumenstromintervall keinen höheren Druckverlust gibt oder zumindest während des zurückliegenden Zeitraums der Erfassung der Druck- und Volumenstromwerte nicht gegeben hat.

[0052] In vorteilhafter Weiterbildung kann anschließend allen Repräsentanzwerten $\Delta p_{rep,1} \dots \Delta p_{rep,n}$ ein gemeinsamer Vorgabedruckwert p_{set} hinzuaddiert werden. Dieser Vorgabedruckwert p_{set} kann demjenigen Druck entsprechen, den man an einer Entnahmestelle 3 mindestens haben möchte, im Jargon auch Komfortdruck genannt. Da die Repräsentanzwerte $\Delta p_{rep,i}$ den maximalen Druckverlust im jeweiligen Volumenstromdatenintervall $\Delta Q_{d_1}, \dots, \Delta Q_{d_n}$ angeben, wird dieser Komfortdruck auch an allen Entnahmestellen 3 bei jedem Volumenstrom erreicht. Durch diese Addition erhält man einen intervallbezogenen Solldruck für die Pumpstation 1, der für das entsprechende Volumenstromintervall mindestens erreicht werden muss, um den Komfortdruck zu gewährleisten.

[0053] Von diesem Grundgedanken umfasst, ist auch eine Variante, bei der die Ermittlung der Repräsentanzwerte $\Delta p_{rep,i}$ und die Addition des Vorgabedruckwerts p_{set} zeitlich vertauscht sind. So kann gemäß einer alternativen Ausführungsvariante zunächst den Druckverlusten $\Delta p_{i,j}$ der gemeinsame Vorgabedruckwert p_{set} hinzuaddiert und anschließend der jeweilige Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i}$ bestimmt werden.

[0054] Durch die Addition des Vorgabedruckwerts p_{set} werden die Repräsentanzwerte $\Delta p_{rep,i}$ in Figur 6 um p_{set} angehoben. Das Ergebnis dieser Anhebung kann Figur 7 entnommen werden. Die angehobenen Repräsentanzwerte $\Delta p_{rep,i}$ können nun zur Definition der partiellen Druckkurven verwendet werden.

[0055] Gemäß einer Ausführungsvariante können die partiellen Druckkurven $p_{soll,1}(Q), \dots, p_{soll,n}(Q)$ Konstantdruckkurven sein. In diesem Fall ist jede Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ durch einen konstanten Solldruck festgelegt. Diese Variante ist in Figur 7 veranschaulicht. Die aus der Gesamtheit der partiellen Druckkurven $p_{soll,1}(Q), \dots, p_{soll,n}(Q)$ gebildete Regelkurve $p_{soll}(Q)$ ist dann unstetig. Sie besitzt an den Intervallgrenzen, d.h. im Übergang von einer partiellen Druckkurve zur nächsten einen Sprung.

[0056] Sofern die Repräsentanzwerte $\Delta p_{rep,i}$ aus der Summe der Druckverluste $\Delta p_{i,j}$ und dem Vorgabewert p_{set} ermittelt worden sind, kann der konstante Solldruck der entsprechenden Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ direkt dem Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i}$ desjenigen Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{d_i} entsprechen, für das die entsprechende partielle Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ zumindest teilweise definiert wird. Sofern der Vorgabewert p_{set} aber noch nicht in den Repräsentanzwerten $\Delta p_{rep,i}$ berücksichtigt ist, kann alternativ der konstante Solldruck der entsprechenden Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ der Summe aus dem Vorgabedruckwert p_{set} und dem Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i}$ desjenigen Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{d_i} entsprechen, für das die entsprechende partielle Druckkurve $p_{soll,i}$ zumindest teilweise definiert wird. Eben diese zweitgenannte Möglichkeit zeigt Figur 7, in der die partiellen Druckkurven $p_{soll,1}(Q), \dots, p_{soll,n}(Q)$ durch die Summe des gemeinsamen Vorgabewerts p_{set} und dem entsprechenden Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i}$ des jeweiligen Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{d_i} definiert werden. Da die Volumenstromdatenintervalle $\Delta Q_{d_1}, \dots, \Delta Q_{d_n}$ in Figur 7 deckungsgleich mit den Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ liegen, erfolgt die Definition der partiellen Druckkurven $p_{soll,1}(Q), \dots, p_{soll,n}(Q)$ hier nicht nur teilweise für ein jeweiliges Volumenstromdatenintervall ΔQ_{d_i} sondern vollständig. Wären die Volumenstromdatenintervalle $\Delta Q_{d_1}, \dots, \Delta Q_{d_n}$ zu den Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ verschoben, wäre dies nicht so, wie es in Figur 11 der Fall ist.

[0057] Gemäß einer anderen Ausführungsvariante können die partiellen Druckkurven $p_{soll,1}(Q), \dots, p_{soll,n}(Q)$ Proportionaldruck-Kurven sein. In diesem Fall ist jede partielle Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ durch einen linear mit dem Volumenstrom Q ansteigenden Solldruck $p_{soll,i}(Q)$ festgelegt. Diese Variante ist in Figuren 8 und 9 veranschaulicht. Die aus der Gesamtheit der partiellen Druckkurven $p_{soll,1}(Q), \dots, p_{soll,n}(Q)$ gebildete Regelkurve $p_{soll}(Q)$ ist dann stetig. Sie besitzt allerdings an den Intervallgrenzen, einer partiellen Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ zur nächsten $p_{soll,i+1}(Q)$ einen Knick.

[0058] Figur 8 zeigt, dass der für ein Volumenstromdatenintervall ΔQ_{d_i} ermittelte und festgelegte Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i}$ im Vergleich zu einer partiellen Konstantdruckkurve nur den Solldruck am Anfang der für dieses Volumenstromdatenintervall ΔQ_{d_i} bestimmten partiellen Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ definiert. Demgegenüber bestimmt der für das nächste Volumenstromdatenintervall $\Delta Q_{d_{i+1}}$ ermittelte und festgelegte Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i+1}$ den Solldruck am Ende dieser partiellen Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$. Die partielle Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ wird dann durch die Linie zwischen den beiden Repräsentanzwerten $\Delta p_{rep,i}$ und $\Delta p_{rep,i+1}$ definiert. Da Figur 8 auf Figur 5 aufbaut, fehlt es hier jedoch noch an dem addierten Vorgabedruckwert p_{set} . Dieser ist in Figur 9 berücksichtigt.

[0059] Sofern also die Repräsentanzwerte $\Delta p_{rep,i}$ aus der Summe der Druckverluste $\Delta p_{i,j}$ und dem Vorgabewert p_{set} ermittelt worden sind, kann der lineare Solldruck der entsprechenden Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ so gebildet sein, dass er von dem durch den Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i}$ desjenigen Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{d_i} , für das die entsprechende partielle Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ zumindest teilweise definiert wird, gebildeten ersten Druckwert, zu dem durch den Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i+1}$ des nächst folgenden Volumenstromdatenintervalls $\Delta Q_{d_{i+1}}$ gebildeten zweiten Druckwert ansteigt oder abfällt. Sofern der Vorgabewert p_{set} aber noch nicht in den Repräsentanzwerten $\Delta p_{rep,i}$ berücksichtigt ist, kann -wie in Figur 9- der lineare Solldruck der entsprechenden Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ alternativ so gebildet sein, dass er von dem durch die Summe aus dem Vorgabedruckwert p_{set} und dem Repräsentanzwert $\Delta p_{rep,i}$ desjenigen Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{d_i} , für das die entsprechende partielle Druckkurve $p_{soll,i}(Q)$ zumindest teilweise definiert wird, gebildeten

ersten Druckwert, zu dem durch die Summe aus dem Vorgabedruckwert p_{set} und dem Repräsentanzwert Δp_{i+1} des nächst folgenden Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{i+1} gebildeten zweiten Druckwert ansteigt oder abfällt.

[0060] Vorzugsweise kann die partielle Proportionaldruck-Kurve für das i-te Volumenstromintervall ΔQ_i nach der Gleichung:

$$p_{\text{soll},i}(Q) = p_{\text{set}} + \Delta p_{\text{rep},i} + (\Delta p_{\text{rep},i+1} - \Delta p_{\text{rep},i}) / (\Delta Q_{i,\text{max}} - \Delta Q_{i,\text{min}}) \cdot (Q - Q_{i,\text{min}})$$

bestimmt werden oder sein, wobei

$p_{\text{soll},i}$ der volumenstromabhängige Druck-Sollwert für das i-te Volumenstromintervall,

Q der Volumenstrom,

p_{set} der Vorgabedruckwert,

$\Delta p_{\text{rep},i}$ der Repräsentanzwert für das i-te Volumenstromdatenintervall,

$\Delta p_{\text{rep},i+1}$ der Repräsentanzwert für das (i+1)-te Volumenstromdatenintervall,

$\Delta Q_{i,\text{max}}$ der Maximalwert (Endwert) des Volumenstroms im i-ten Volumenstromintervall ist.

$\Delta Q_{i,\text{min}}$ der Minimalwert (Anfangswert) des Volumenstroms im i-ten Volumenstromintervall ist.

[0061] Anhand dieses mathematischen Zusammenhang lässt sich in Abhängigkeit des Volumenstroms Q auf einfache Weise der Ausgangsdruck $p_{\text{aus}} = p_{\text{soll},i}(Q)$ der Pumpvorrichtung 1 für alle Volumenstromintervalle einstellen.

[0062] Gemäß einer wiederum anderen Ausführungsvariante können ein Teil der partiellen Druckkurven $p_{\text{soll},1}(Q), \dots, p_{\text{soll},n}(Q)$ Konstantdruck-Kurven und der übrige Teil Proportionaldruck-Kurven sein. Eine solche Mischvariante ist in Figur 11 gezeigt, bei der die erste und die letzte partielle Druckkurve $p_{\text{soll},1}(Q), p_{\text{soll},n}(Q)$ Konstantdruck-Kurven und die zwischen diesen liegenden partiellen Druckkurven $p_{\text{soll},2}(Q), \dots, p_{\text{soll},n-1}(Q)$ Proportionaldruck-Kurven sind.

[0063] Gegebenenfalls kann der Fall eintreten, dass die Pumpstation 1 während des Zeitraums der Erfassung der Druck- und Volumenstromwerte nicht in allen Volumenstrombereichen betrieben wird, so dass nicht zu allen Volumenstromdatenintervallen $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ Werte vorliegen. Vorzugsweise kann in dem Fall, dass einem der Volumenstromdatenintervalle ΔQ_{di} kein Datentupel oder kein Druckverlust $\Delta p(t_v), \Delta p_k(t_v)$ zugeordnet worden ist, als Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},i}$ für dieses Volumenstromdatenintervall ΔQ_{di} der Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},i-1}, \Delta p_{\text{rep},i+1}$ des vorhergehenden oder nachfolgenden Volumenstromdatenintervalls $\Delta Q_{d,i-1}, \Delta Q_{d,i+1}$ verwendet werden. Dies stellt sicher, dass die Regelkurve für den gesamten Volumenstrombereich der Pumpstation 1 definiert werden kann.

[0064] Figur 10 veranschaulicht eine Ausführungsvariante, bei der die Repräsentanzwerte $\Delta p_{\text{rep},1}, \dots, \Delta p_{\text{rep},n}$ nicht dem Anfang der Volumenstromdatenintervallen $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ zugeordnet werden, sondern etwa der Mitte. Dies führt dazu, dass die Definition der partiellen Druckkurven $p_{\text{soll},1}(Q), \dots, p_{\text{soll},n}(Q)$ die Volumenstromdatenintervalle $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$ übergreift. Sie verlaufen jeweils von der Mitte des einen Volumenstromdatenintervalls ΔQ_{di} zur Mitte des nächsten Volumenstromdatenintervalls $\Delta Q_{d,i+1}$. Die Volumenstromintervallen $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ haben somit zwar dieselbe Breite wie die Volumenstromdatenintervallen $\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn}$, sie sind zu diesen jedoch um die halbe Breite versetzt. Dies ist in Figur 11 dargestellt, die den Verlauf der finalen partiellen Druckkurven $p_{\text{soll},1}(Q), \dots, p_{\text{soll},n}(Q)$ zeigt.

[0065] Bei der in Figur 11 veranschaulichten Ausführungsvariante hat das erste Volumenstromintervall ΔQ_1 nur die halbe Breite der übrigen Volumenstromintervalle $\Delta Q_2, \dots, \Delta Q_n$. Dies zeigt, dass nicht alle Volumenstromintervalle $\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$ dieselbe Breite haben müssen.

[0066] Bei der in Figur 11 veranschaulichten Ausführungsvariante ist ferner zu bemerken, dass für das erste Volumenstromintervall ΔQ_1 eine partielle Konstantdruckkurve definiert ist, deren Sollwert durch den dem ersten Volumenstromintervall ΔQ_1 zugeordneten Repräsentanzwert $\Delta p_{\text{rep},1}$ definiert ist. Demgegenüber sind für die übrigen Volumenstromintervalle $\Delta Q_2, \dots, \Delta Q_n$ partielle Proportionaldruckkurven definiert. Dies zeigt, dass nicht alle partiellen Druckkurven dieselbe Ordnung haben müssen.

[0067] Es sei ferner angemerkt, dass die maximale Pumpenkurve M den Betriebsbereich der Pumpstation 1 begrenzt. Es können somit keine Betriebspunkte jenseits dieser Pumpenkurve M erreicht werden. Die Pumpenkurve M überlagert somit die Regelkurve $p_{\text{soll}}(Q)$ in dem oder in den letzten Volumenstromintervall(en) derart, dass Betriebspunkte auf der zum letzten oder gegebenenfalls auch vorletzten Volumenstromintervall ΔQ_n gebildeten partiellen Druckkurve $p_{\text{soll},n}(Q)$, die jenseits der maximalen Pumpenkurve M liegen würden, auf der maximalen Pumpenkurve M liegen.

[0068] Figuren 3a und 3b zeigen nun noch eine grafische Darstellung eines ersten und zweiten erfindungsgemäßen Verfahrensablaufs in seinen grundsätzlichen Schritten. In einem ersten Schritt 11 erfolgt bei beiden Varianten die Ermittlung von Datentupeln aus Druck- und Volumenstromwerten. Bei dem ersten Verfahrensablauf in Figur 3a folgt dann in Schritt 12a die Zuordnung der Datentupel zu einem Volumenstromdatenintervall, woran sich in Schritt 13a die Berechnung eines Druckverlusts für jedes Datentupel anschließt. Diese beiden Schritte sind in dem zweiten Verfahrens-

ablauf in Figur 3b vertauscht, wobei hier in Schritt 12a zunächst die Berechnung eines Druckverlusts für jedes Datentupel erfolgt und anschließend in Schritt 13a diese Druckverluste jeweils einem Volumenstromdatenintervall zugeordnet werden. Die nachfolgenden Schritte 14, 15, 16 sind wieder bei beiden Varianten gleich. Aus den berechneten Druckverlusten wird ein Repräsentanzwert für jedes Volumenstromdatenintervall bestimmt, Schritt 14. Aus jedem Repräsentanzwert wird anschließend jeweils eine partielle Druckkurve für jedes mit dem entsprechenden Volumenstromdatenintervall korrelierte Volumenstromintervall definiert, Schritt 15, woran sich dann die Regelung der Pumpstation entlang der durch die Gesamtheit der partiellen Druckkurven gebildeten Regelkurve anschließt, Schritt 16. Das Verfahren wird sodann wiederholt. Nach Schritt 16 wird es bei Schritt 11 fortgeführt und somit die definierte Regelkurve dynamisch, insbesondere immer wieder angepasst. Die Bildung der partiellen Druckkurven kann wie zuvor beschrieben werden. Dabei können die partielle Druckkurven Konstantdruckkurven, oder Proportionaldruckkurven oder zum Teil Konstantdruckkurven und zum anderen Teil Proportionaldruckkurven sein.

[0069] Das erfindungsgemäße Verfahren kann gemäß einer Variante im Rahmen einer Inbetriebnahmeprozedur unmittelbar nach der Installation der Pumpstation 1 ausgeführt werden. Wird das Verfahren gestartet, so muss lediglich nacheinander eine der Entnahmestellen 3 und/ oder zwei oder mehr, insbesondere alle Entnahmestellen 3 gleichzeitig geöffnet werden. Zumindest sollte auch der Schlechtpunkte darunter sein. Dies hat den Vorteil, dass für den gesamten förderbaren Volumenstrombereich der Pumpstation 1 Druck- und Volumenstromwerte in kurzer Zeit aufgenommen werden können. Anschließend kann die Datenerfassung, Schritt 11, beendet und mit der Auswertung, Schritte 12 bis 15, begonnen werden.

[0070] Alternativ kann das erfindungsgemäße Verfahren unabhängig von der Installation der Pumpstation 1 im Rahmen ihres bestimmungsgemäßen Betriebs erfolgen. Dies bedingt zwar einen längeren Zeitraum, bis ausreichend viele Druck- und Volumenstromwerte erfasst sind. Es entfällt jedoch die Inbetriebnahmeprozedur für die Datenermittlung. Bei beiden Varianten kann die Pumpstation zunächst gemäß einer über dem gesamten Volumenstrom konstanten Druckkurve geregelt werden.

Bezugszeichenliste

[0071]

1	Pumpstation
2	lokale Versorgungsleitung
3	Verbraucher, Entnahmestelle
4	Ausgang der Pumpstation mit Drucksensor
5, 5a, 5b	Systemstelle mit Drucksensor
6	Volumenstromsensor
7	Steuer- und Regelungseinheit
8	Druckleitung
9	zentrale Versorgungsleitung
10	Gebäude
11	Schritt Betriebswertaufnahme
12a	Schritt Datentupelzuordnung
12b	Schritt Druckverlustberechnung
13a	Schritt Druckverlustberechnung
13b	Schritt Druckverlustzuordnung
14	Schritt Repräsentanzwertbestimmung
15	Schritt Bildung der partiellen Druckkurven
16	Schritt Regelung der Pumpstation anhand partieller Druckkurven
17	Zuleitung
18	Pumpe

Patentansprüche

- Verfahren zur Regelung einer Pumpstation (1) in einem hydraulischen Netzwerk, die ein zu mindestens einem Verbraucher (3) zu förderndes Medium unter Druck setzt, wobei der Druck in Abhängigkeit des Volumenstroms (Q) durch die Pumpstation (1) gemäß einer Regelkurve eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelkurve aus einer Mehrzahl partieller Druckkurven ($p_{\text{soil},1}(Q), \dots, p_{\text{soil},n}(Q)$) gebildet wird, die jeweils für ein Volumenstromintervall ($\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$) einer der Mehrzahl entsprechenden Anzahl (n) lückenlos aneinander angrenzender Volumenstromintervalle ($\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n$) auf der Grundlage ermittelter und intervallbezogen auszuwertender Druck- und

Volumenstromwerte des Netzwerks definiert werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Druck- und Volumenstromwerte Datentupel mit zumindest folgenden, einander zeitlich zugeordnete Werten umfassen:

- einen Systemdruckwert ($p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$) des an einer Systemstelle (5, 5a, 5b) anliegenden Systemdrucks (p_{sys} , $p_{\text{sys},k}$) und
- einen Volumenstromwert ($Q(t_v)$) des fließenden Volumenstroms (Q).

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datentupel ferner einen Ausgangsdruckwert ($p_{\text{aus}}(t_v)$) des am Ausgang der Pumpstation (1) aktuell anliegenden Ausgangsdrucks (p_{aus}) umfassen.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Datentupel anhand ihres jeweiligen Volumenstromwerts ($Q(t_v)$) jeweils einem Volumenstromdatenintervall ($\Delta Q_{d,i}$) zugeordnet werden, das mit einem der Volumenstromintervalle (ΔQ_i) korreliert, und dass aus dem Systemdruckwert ($p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$) und einem Ausgangsdrucksollwert (p_{booster}) der Pumpstation (1) oder dem ermittelten Ausgangsdruckwert ($p_{\text{aus}}(t_v)$) eines jeden Datentupels durch Differenzbildung ein Druckverlust ($\Delta p_{i,j}$) vom Ausgang der Pumpstation (1) zu der Systemstelle (5, 5a, 5b) ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem Systemdruckwert ($p_{\text{sys}}(t_v)$, $p_{\text{sys},k}(t_v)$) und einem Ausgangsollwert (p_{booster}) der Pumpstation (1) oder dem ermittelten Ausgangsdruckwert ($p_{\text{aus}}(t_v)$) eines jeden Datentupels durch Differenzbildung ein Druckverlust ($\Delta p_{i,j}$) vom Ausgang der Pumpstation (1) zu der Systemstelle (5, 5a, 5b) ermittelt wird, und dass dieser Druckverlust ($\Delta p_{i,j}$) anhand des Volumenstromwerts ($Q(t_v)$) des jeweiligen Datentupels einem Volumenstromdatenintervall ($\Delta Q_{d,i}$) zugeordnet wird, das mit einem der Volumenstromintervalle (ΔQ_i) korreliert.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jedes Volumenstromdatenintervall ($\Delta Q_{d,i}$) aus den, insbesondere der Gesamtheit der diesem Volumenstromdatenintervall ($\Delta Q_{d,i}$) zugeordneten Druckverluste(n) ($\Delta p_{i,j}$) ein Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) bestimmt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** allen Repräsentanzwerten ($\Delta p_{\text{rep},i}$) ein gemeinsamer Vorgabedruckwert (p_{set}) hinzuaddiert wird oder dass den Druckverlusten ($\Delta p(t_v)$, $\Delta p_k(t_v)$) zunächst ein gemeinsamer Vorgabedruckwert (p_{set}) hinzuaddiert wird und anschließend der jeweilige Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) bestimmt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Fall, dass einem der Volumenstromdatenintervalle ($\Delta Q_{d,i}$) kein Datentupel oder kein Druckverlust ($\Delta p(t_v)$, $\Delta p_k(t_v)$) zugeordnet worden ist, als Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) für dieses Volumenstromdatenintervall ($\Delta Q_{d,i}$) der Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i-1}$, $\Delta p_{\text{rep},i+1}$) des vorhergehenden oder nachfolgenden Volumenstromdatenintervalls ($\Delta Q_{d,i-1}$, $\Delta Q_{d,i+1}$) verwendet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine, mehrere oder alle partiellen Druckkurven ($p_{\text{soll},1}(Q)$, ... $p_{\text{soll},n}(Q)$) Konstantdruck-Kurven sind, deren Solldruck jeweils dem Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) oder der Summe aus dem Vorgabedruckwert (p_{set}) und dem Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) desjenigen Volumenstromdatenintervalls ($\Delta Q_{d,i}$) entspricht, für das die entsprechende partielle Druckkurve ($p_{\text{soll},i}$) zumindest teilweise definiert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 7, 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine, mehrere oder alle partiellen Druckkurven ($p_{\text{soll},1}(Q)$, ... $p_{\text{soll},n}(Q)$) Proportionaldruck-Kurven sind, deren Solldruck jeweils von dem durch den Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) oder die Summe aus dem Vorgabedruckwert (p_{set}) und dem Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) desjenigen Volumenstromdatenintervalls ($\Delta Q_{d,i}$), für das die entsprechende partielle Druckkurve ($p_{\text{soll},i}(Q)$) zumindest teilweise definiert wird, gebildeten ersten Druckwert, zu dem durch den Repräsentanzwert (Δp_{i+1}) oder die Summe aus dem Vorgabedruckwert (p_{set}) und dem Repräsentanzwert (Δp_{i+1}) des nächst folgenden Volumenstromdatenintervalls ($\Delta Q_{d,i}$) gebildeten zweiten Druckwert ansteigt oder abfällt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Repräsentanzwert ($\Delta p_{\text{rep},i}$) der Maximalwert, der arithmetische Mittelwert oder ein Quantil im Bereich von 75% bis 95% der Gesamtheit der dem entsprechenden Volumenstromdatenintervall ($\Delta Q_{d,1}$, ..., $\Delta Q_{d,n}$) zugeordneten Druckverluste ($\Delta p_{i,j}$) ist.

12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Volumenstromintervalle

$(\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n)$ eine im Wesentlichen gleiche Breite aufweisen.

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der von der Pumpstation (1) förderbare Volumenstrombereich ($0 \dots Q_{\max}$) in Abhängigkeit der ermittelten Druck- und Volumenstromwerte in die Anzahl (n) an Volumenstromintervallen $(\Delta Q_1, \Delta Q_n)$ unterteilt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Volumenstromintervalle $(\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n)$ deckungsgleich mit den Volumenstromdatenintervallen $(\Delta Q_{d1}, \dots, \Delta Q_{dn})$ sind oder hierzu versetzt liegen.

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Betriebs der Pumpstation (1) ermittelt wird, wann der Volumenstrom (Q) größer Null ist, und dass nur in diesem Fall der oder die Druckwerte $(p_{\text{sys}}(t_v), p_{\text{sys},k}(t_v), p_{\text{aus}}(t_v))$ und der Volumenstromwert $(Q(t_v))$ ermittelt werden.

16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Betriebs der Pumpstation (1) ermittelt wird, wann die Änderung des Volumenstroms (Q) für einen Zeitraum im Wesentlichen konstant ist, und dass nur in diesem Fall der oder die Druckwerte $(p_{\text{sys}}(t_v), p_{\text{sys},k}(t_v), p_{\text{aus}}(t_v))$ und der Volumenstromwert $(Q(t_v))$ aufgenommen werden.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Systemdruck $(p_{\text{sys}}(t_v), p_{\text{sys},k}(t_v))$ an einer hydraulisch am weitesten von der Pumpstation (1) entfernten Entnahmestelle (5, 5a, 5b) und/ oder am Ende eines Versorgungsstranges (2) ermittelt wird.

18. System zur Regelung einer Pumpstation (1) in einem hydraulischen Netzwerk, mit der ein zu mindestens einem Verbraucher (3) zu förderndes Medium unter Druck setzbar ist, wobei der Druck in Abhängigkeit des Volumenstroms durch die Pumpstation (Q) gemäß einer Regelkurve einstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das System dazu eingerichtet ist, die Regelkurve aus einer Mehrzahl partieller Druckkurven $(p_{\text{soll},1}(Q), \dots, p_{\text{soll},n}(Q))$ zu bilden, und diese partieller Druckkurven $(p_{\text{soll},1}(Q), \dots, p_{\text{soll},n}(Q))$ jeweils für ein Volumenstromintervall $(\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n)$ einer der Mehrzahl entsprechenden Anzahl (n) lückenlos aneinander angrenzender Volumenstromintervalle $(\Delta Q_1, \dots, \Delta Q_n)$ auf der Grundlage ermittelter und intervallbezogen auszuwertender Druck- und Volumenstromwerte des Netzwerks zu definieren.

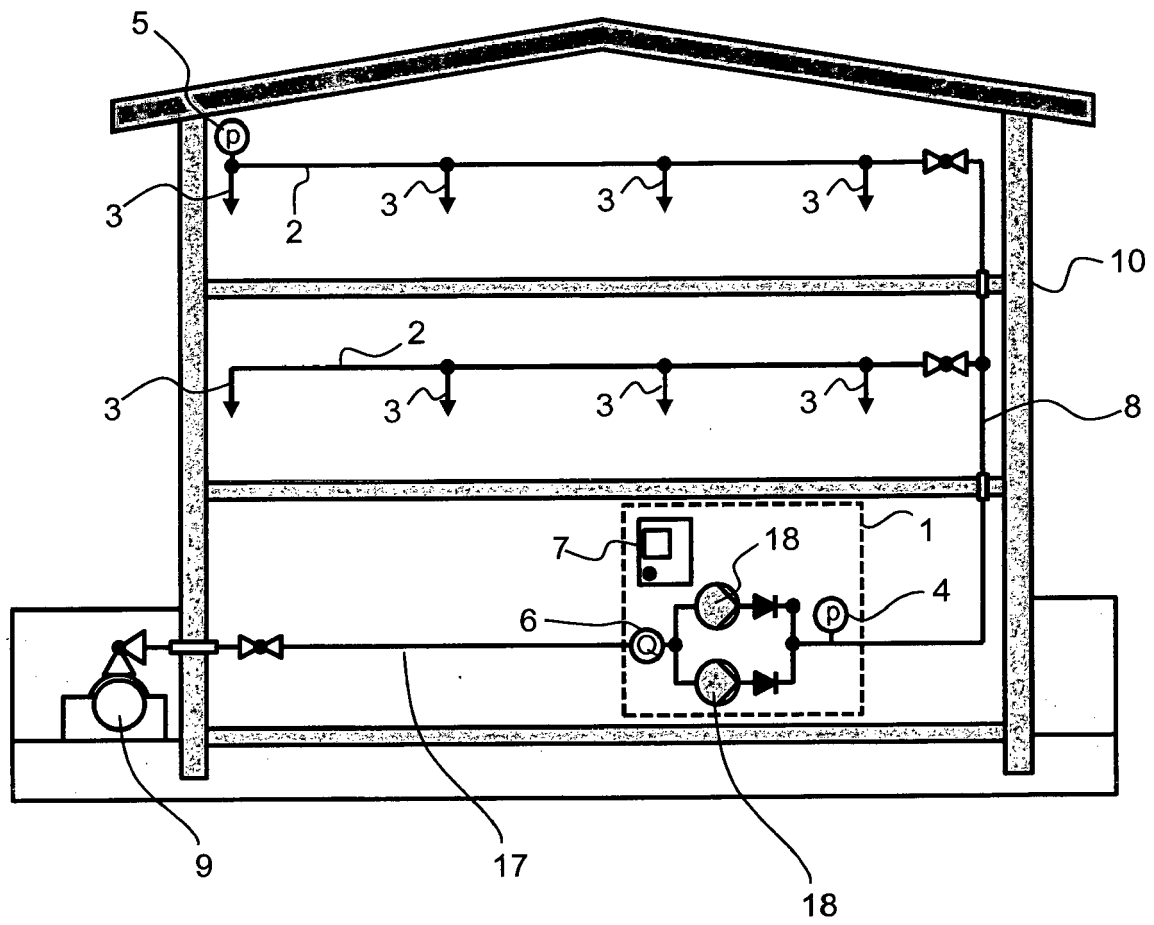


Fig. 1

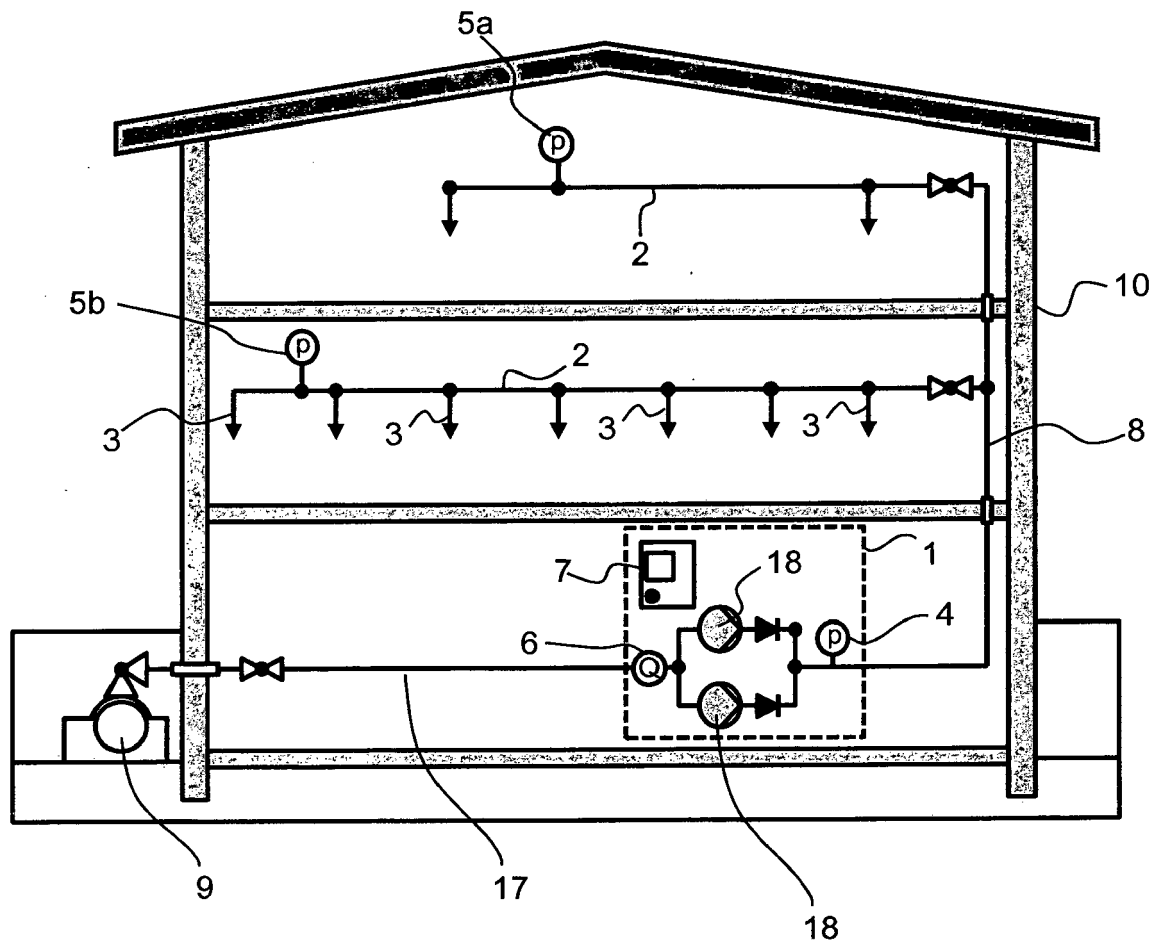


Fig. 2

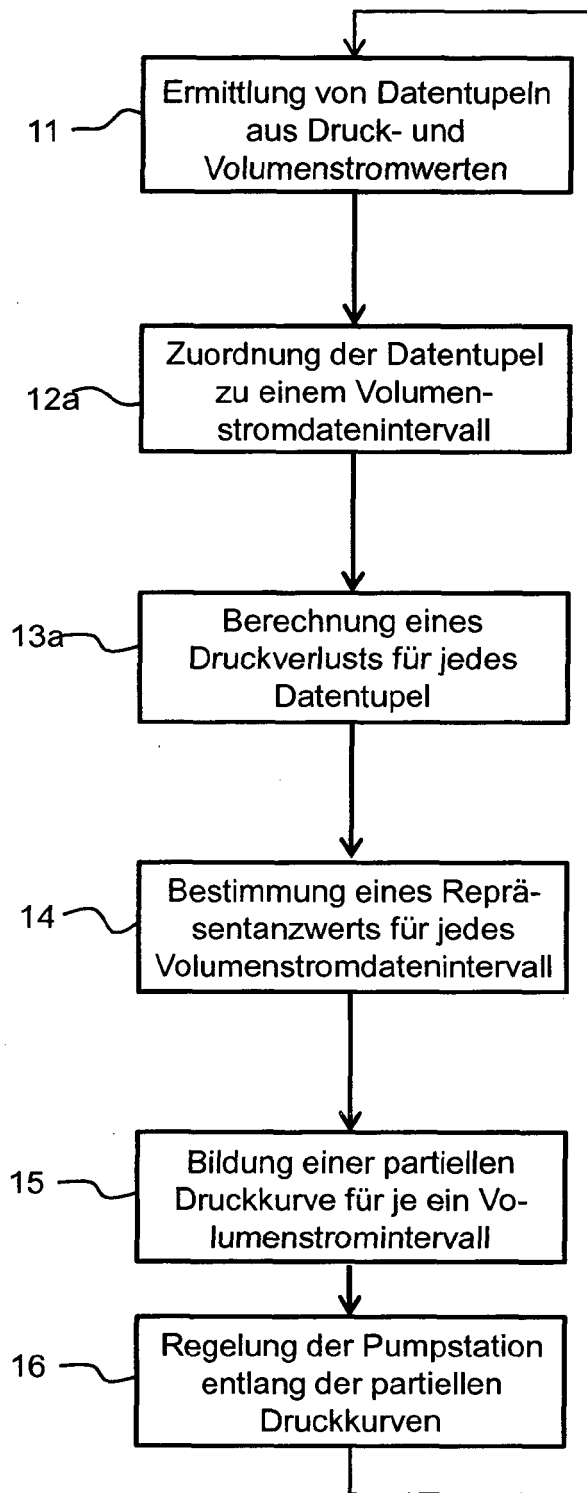


Fig. 3a

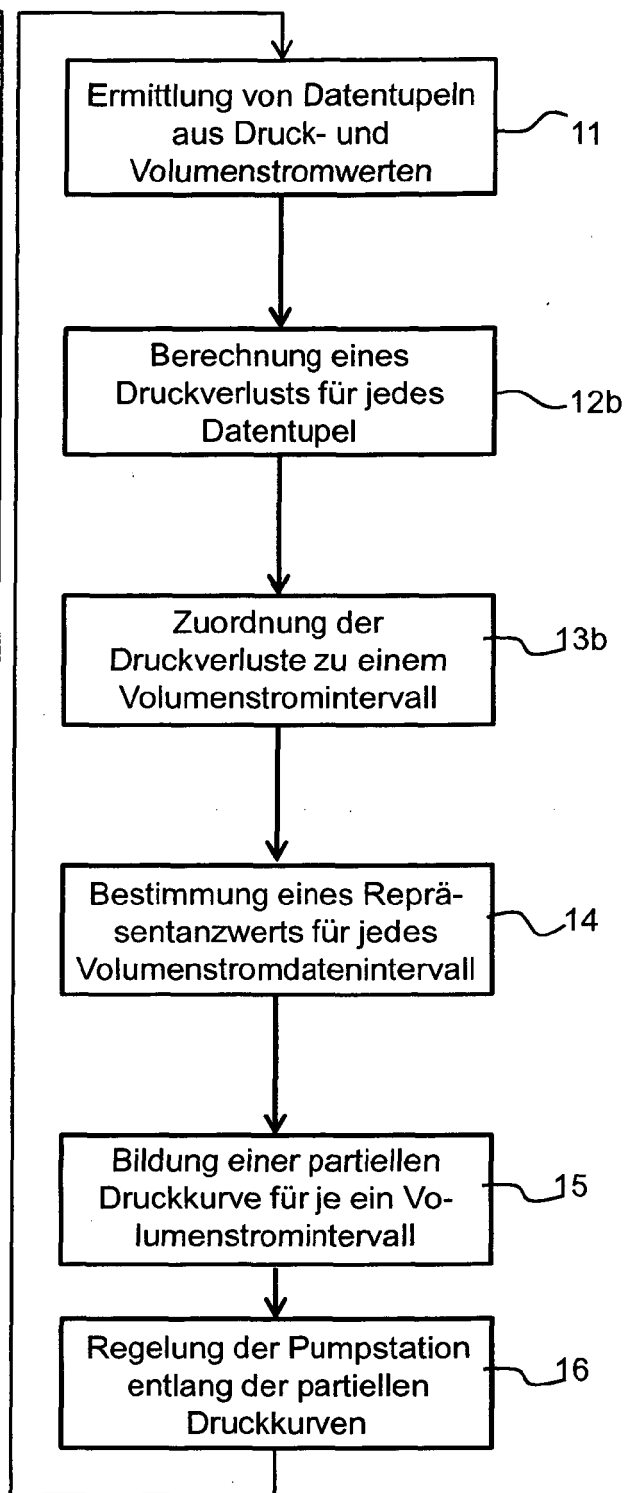


Fig. 3b

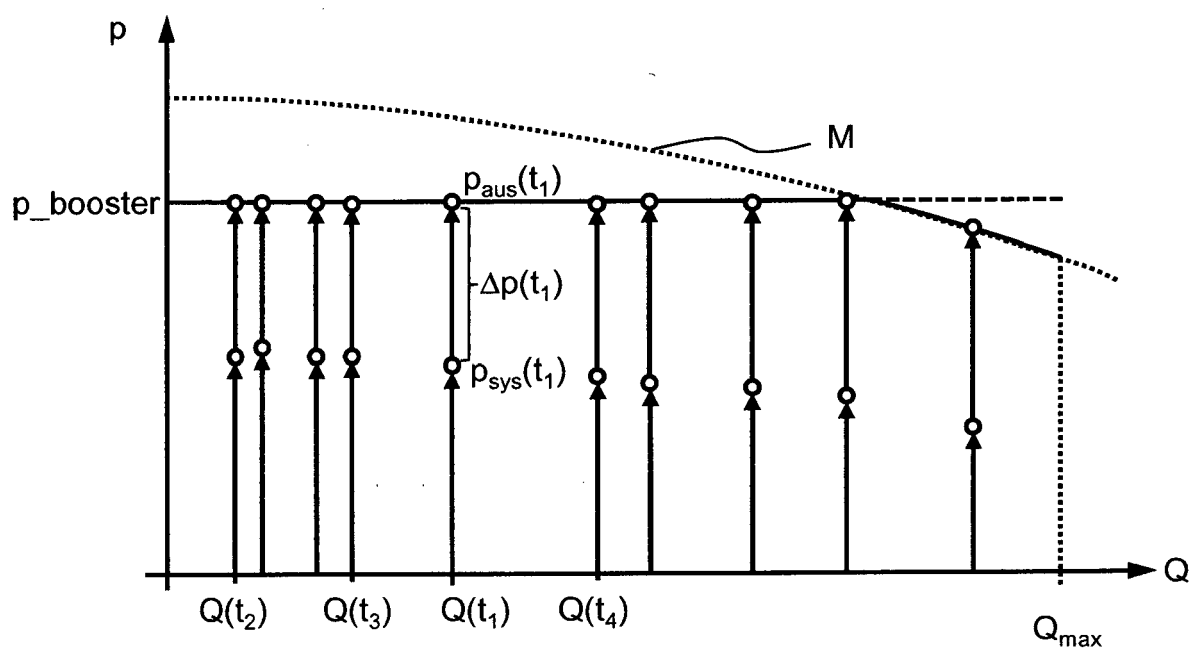


Fig. 4

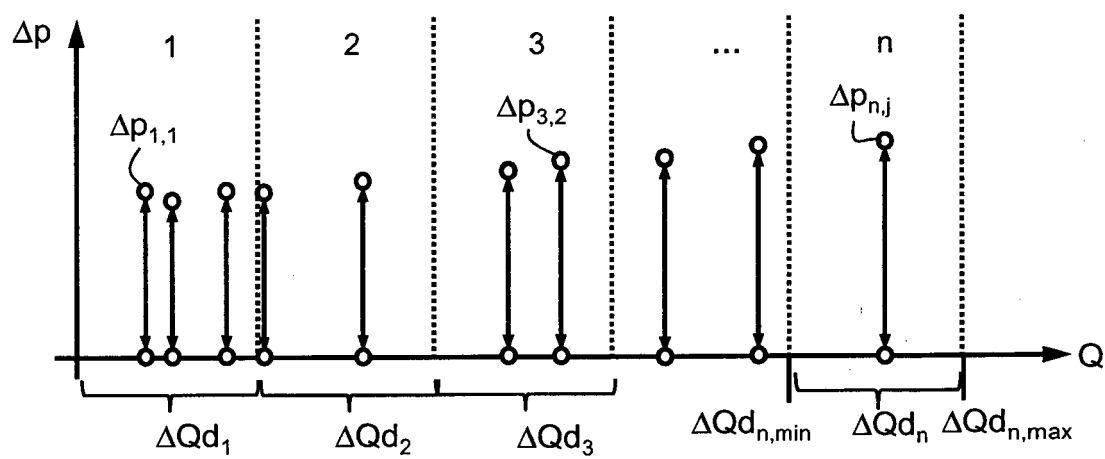


Fig. 5

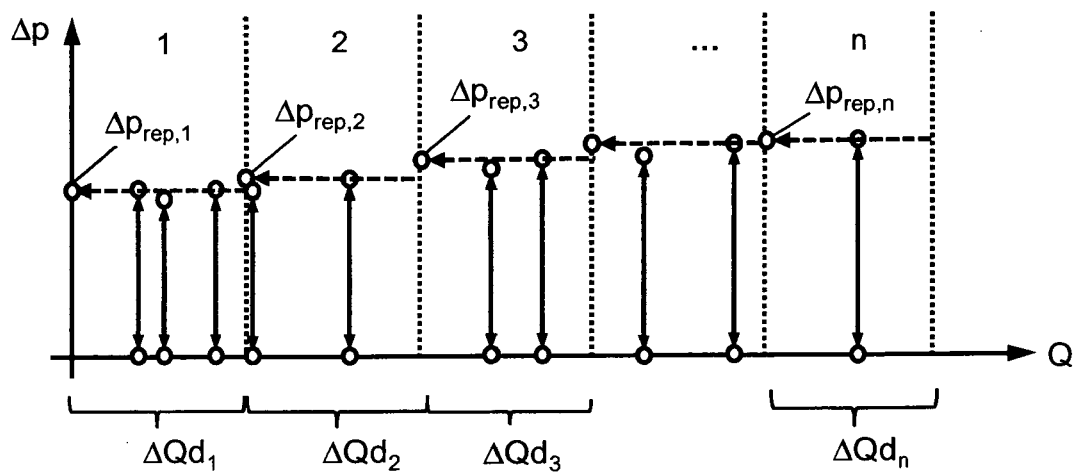


Fig. 6

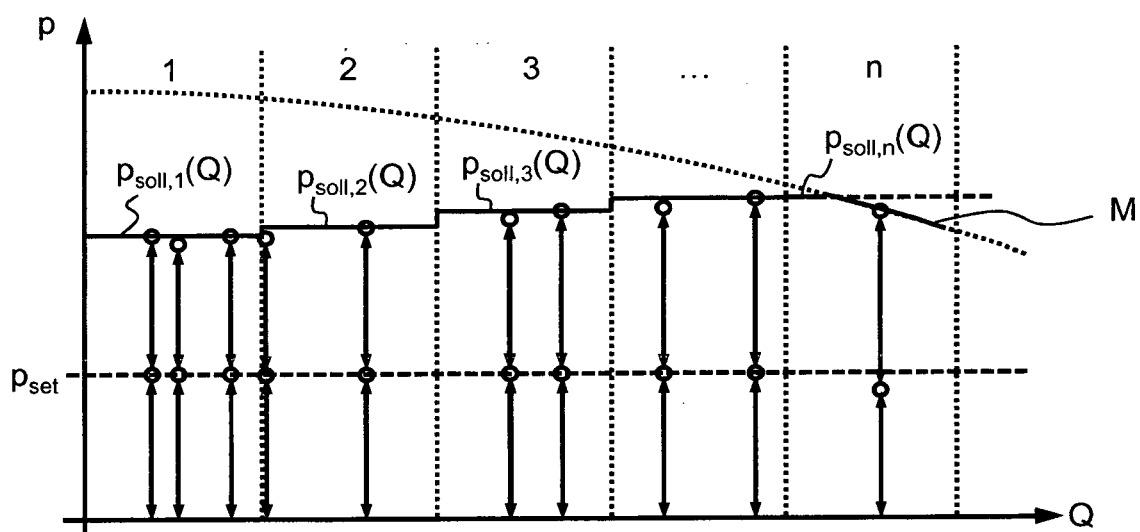


Fig. 7

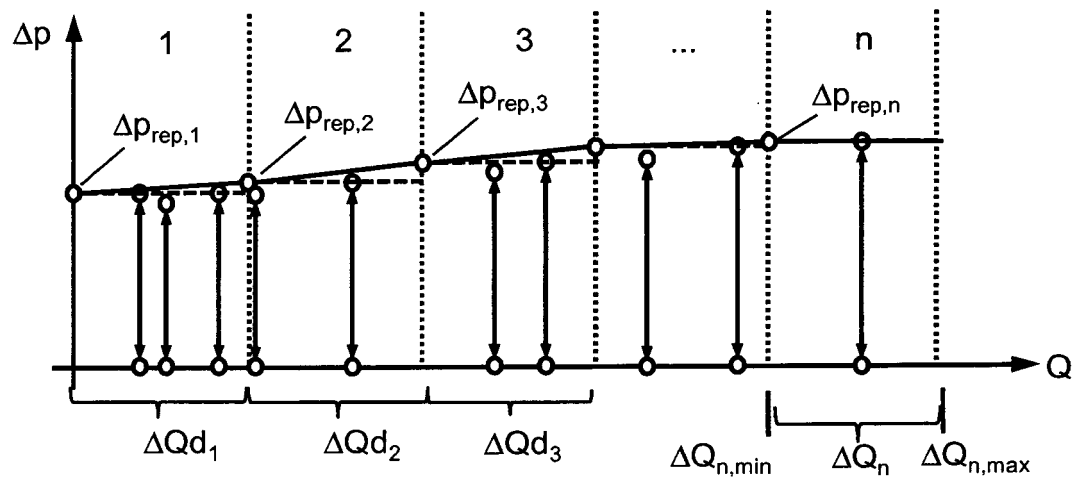


Fig. 8

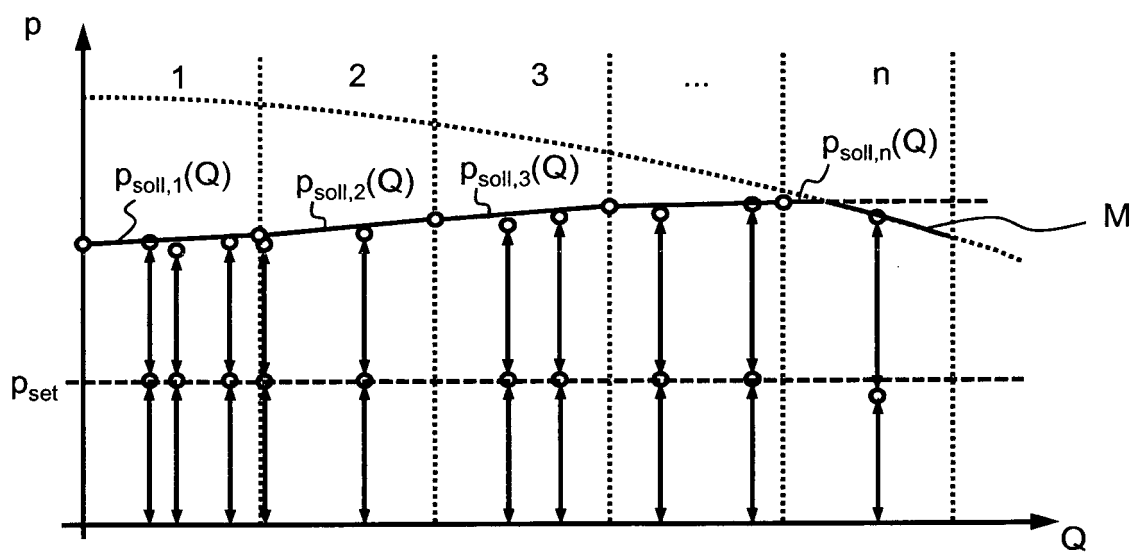


Fig. 9

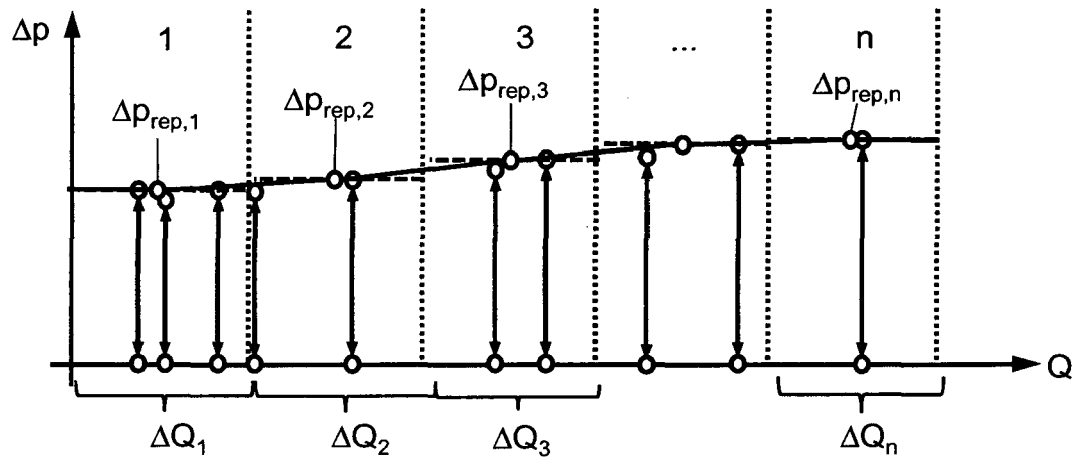


Fig. 10

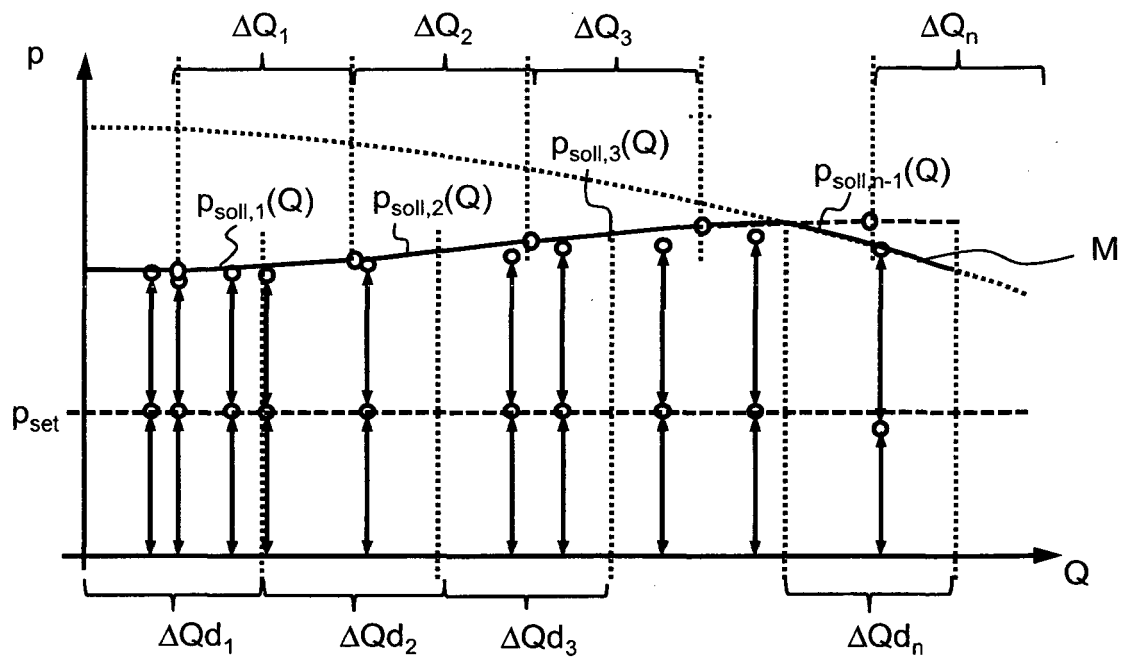


Fig. 11



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 00 1136

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2014 001413 A1 (WILO SE [DE]) 6. August 2015 (2015-08-06) * Absätze [0036], [0101]; Abbildung 1.2 *	1-18	INV. F04D15/00 E03F5/22
A	WO 2012/095274 A2 (WILO SE [DE]; ALBERS FRANK [DE]; GROSSE-WESTHOFF EDGAR [DE]) 19. Juli 2012 (2012-07-19) * Zusammenfassung; Ansprüche 1,8; Abbildungen 1-3 *	1-18	
A	DE 10 2014 018020 A1 (WILO SE [DE]) 9. Juni 2016 (2016-06-09) * Absatz [0092]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2 *	1-18	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D E03F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. November 2017	Prüfer de Martino, Marcello
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 : mündliche 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	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 17 00 1136

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

21-11-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102014001413 A1	06-08-2015	DE 102014001413 A1	06-08-2015
			EP 2915926 A2	09-09-2015
15	WO 2012095274 A2	19-07-2012	CN 103299076 A	11-09-2013
			DE 102011008165 A1	12-07-2012
			EP 2663774 A2	20-11-2013
			RU 2013137441 A	20-02-2015
			WO 2012095274 A2	19-07-2012
20	DE 102014018020 A1	09-06-2016	CN 107208646 A	26-09-2017
			DE 102014018020 A1	09-06-2016
			EP 3230593 A1	18-10-2017
			US 2017268516 A1	21-09-2017
25			WO 2016091342 A1	16-06-2016
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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