

(19)



(11)

**EP 3 215 744 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**13.05.2020 Patentblatt 2020/20**

(51) Int Cl.:  
**F04D 15/00** <sup>(2006.01)</sup> **F02D 41/30** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04B 51/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **15788053.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2015/075473**

(22) Anmeldetag: **02.11.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2016/071285 (12.05.2016 Gazette 2016/19)**

(54) **VERFAHREN ZUM ERSTELLEN EINES KENNLINIENFELDS EINER FLUIDPUMPE, VERWENDUNG EINES LIMITIERTEN VENTILS, VERWENDUNG EINES STUFENVENTILS UND STEUERGERÄT FÜR EIN FLUIDFÖRDERSYSTEM**

METHOD FOR PRODUCING A SET OF CHARACTERISTIC CURVES OF A FLUID PUMP, USE OF A LIMITED VALVE, USE OF A STAGING VALVE, AND CONTROL DEVICE FOR A FLUID CONVEYING SYSTEM

PROCÉDÉ D'ÉLABORATION D'UN DIAGRAMME CARACTÉRISTIQUE D'UNE POMPE À FLUIDE, UTILISATION D'UNE SOUPAPE LIMITÉE, UTILISATION D'UN CLAPET À GRADINS ET APPAREIL DE COMMANDE POUR SYSTÈME DE REFOULEMENT DE FLUIDE

(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**

(73) Patentinhaber: **Vitesco Technologies GmbH**  
**30165 Hannover (DE)**

(30) Priorität: **03.11.2014 DE 102014222390**

(72) Erfinder: **BEHRENDT, Gerald**  
**60435 Frankfurt am Main (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**13.09.2017 Patentblatt 2017/37**

(56) Entgegenhaltungen:  
**WO-A2-2008/067622 DE-A1-102011 015 154**  
**US-A1- 2014 105 758**

**EP 3 215 744 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erstellen eines Kennlinienfelds einer Fluidpumpe eines druckabhängigen Fluidfördersystems für einen Arbeitsbereich der Fluidpumpe. Die Erfindung betrifft des Weiteren die Verwendung eines limitierten Ventils, die Verwendung eines Stufenventils und ein Steuergerät für ein Fluidfördersystem.

**[0002]** Fluidfördersysteme werden beispielsweise als Kraftstofffördersysteme in Kraftfahrzeugen eingesetzt. Derartige Fluidfördersysteme weisen eine Fluidpumpe auf, die von einem elektrischen Motor angetrieben wird und sind druckabhängig. Dokument US 2014/105758 A1 offenbart ein Closed Loop-Steuersystem für eine Kraftstoffpumpe, welches eine Kalibrierfunktionalität umfasst und eine nutzbringende Druckregulierung ermöglicht. Dabei ist ein vom Pumpensystem erzeugter Druck durch Messen eines charakteristischen Phasenstromes als eine Funktion der Geschwindigkeit einstellbar.

**[0003]** Dokument WO 2008/067622 A2 offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Kontrollieren eines Kraftstoffdurchflusses in einem Verbrennungsmotor. Zu diesem Zweck ist ein Steuersystem vorgesehen, welches einen Kraftstoffdurchfluss bereitstellt, der in Bezug auf eine Strömungsrate dem Kraftstoffbedarf des Verbrennungsmotors entspricht. In Dokument DE 102011015154 A1 ist ein Verfahren zur Überwachung einer elektromotorisch angetriebenen Kraftstoffpumpe beschrieben. Bei einer Überwachung einer elektromotorisch angetriebenen Kraftstoffpumpe einer Kraftstoffförderereinheit für ein Kraftfahrzeug wird ein Pumpenstrom in Abhängigkeit von einer Pumpenspannung oder einer Pumpendrehzahl überwacht.

**[0004]** Zur Steuerung eines Ansteuerstroms des elektrischen Motors zur Regelung der Fluidpumpe ist es vorteilhaft, einen Zusammenhang zum Druck im Fluidfördersystem herzustellen. Eine derartige Beziehung zwischen dem Ansteuerstrom für den elektrischen Motor und dem Druck in dem Fluidfördersystem kann mittels eines Kennlinienfelds hergestellt werden. Werte zur Ansteuerung können aus dem Kennlinienfeld ausgelesen werden.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur verbesserten Erstellung eines Kennlinienfelds einer Fluidpumpe eines druckabhängigen Fluidfördersystems für einen Arbeitsbereich der Fluidpumpe aufzuzeigen. Es ist weiter Aufgabe der Erfindung, die Verwendung eines limitierten Ventils und die Verwendung eines Stufenventils als Kalibrierventile sowie ein Steuergerät für ein Fluidfördersystem aufzuzeigen.

**[0006]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Erstellen eines Kennlinienfelds einer Fluidpumpe eines druckabhängigen Fluidfördersystems in einem Arbeitsbereich der Fluidpumpe gelöst. Das Fluidfördersystem umfasst hierbei einen stromgesteuerten elektrischen Motor, der von einem Motorsteuergerät mit einem Ansteuerstrom ange-

steuert wird. Die Fluidpumpe wird von dem elektrischen Motor angetrieben. Das Verfahren umfasst hierbei die Schritte:

- 5 - Einstellen des Ansteuerstroms auf einen vorbestimmten Wert;
- Verändern eines Durchflussvolumens des Fluidfördersystems, nachdem der Ansteuerstrom eingestellt ist;
- 10 - Aufnehmen einer einen Druck in dem Fluidfördersystem beschreibende Datenmenge in Abhängigkeit der Veränderung des Durchflussvolumens;
- Wiederholen der Schritte des Einstellens, Veränderns und Aufnehmens für eine vorbestimmte Anzahl an Wiederholungen und vorbestimmte, verschiedene Ansteuerströme; und
- 15 - Erstellen eines Kennlinienfelds aus der aufgenommenen Datenmenge.

20 **[0007]** Durch die Erstellung des Kennlinienfelds aus der aufgenommenen Datenmenge können Daten, die zur Einstellung des elektrischen Motors dienen, direkt aus dem Kennlinienfeld ausgelesen werden.

**[0008]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Verfahren zusätzlich den folgenden Schritt:

- 25 - Bestimmen von Randbereichen und/oder Randpunkten des Kennlinienfelds basierend auf das Fluidfördersystem charakterisierenden Parametern.

30 **[0009]** Ein Vorteil hierbei ist es, dass das Kennlinienfeld Bereichen und Werten von Druck- und Drehzahl zugeordnet und somit nivelliert werden kann. Beispielsweise ist das Fluidfördersystem als Kraftstofffördersystem für ein Kraftfahrzeug ausgebildet und für Benzin ausgelegt. Das Aufgenommene Kennlinienfeld umfasst Kennlinien konstanten Ansteuerstroms, die eine Abhängigkeit zwischen Drehzahl der Fluidpumpe und dem Druck im Fluidfördersystem herstellen.

35 **[0010]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung umfasst das Verfahren zusätzlich den folgenden Schritt:

- 40 - Kalibrieren des Kennlinienfelds durch Abfahren wenigstens eines Teilbereichs einer Kennlinie.

45 **[0011]** Dadurch, dass wenigstens ein Teil der Kennlinie abgefahren wird, kann unkompliziert und praktisch eine Zuordnung des Kennlinienfelds stattfinden. Das Fluidfördersystem ist beispielsweise als Kraftstofffördersystem für ein Kraftfahrzeug ausgebildet und für Diesel ausgelegt. Da Fluidpumpen für Diesel anders konstruiert sind als Benzinpumpen, kann durch diese Ausgestaltung eine Nivellierung des Kennlinienfelds genauer erfolgen.

**[0012]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung umfassen die das Fluidfördersystem charakterisierenden Parameter, wenigstens einen der folgenden Parameter:

- 50 - Nullfördermenge der Fluidpumpe;

- maximale Drehzahl des elektrischen Motors;
- maximales Fördervolumen der Fluidpumpe;
- minimaler Betriebsstrom des elektrischen Motors.

**[0013]** Vorteilhaft bei der Verwendung solcher charakterisierenden Parameter ist, sodass diese Parameter einfach zu erlangen sind. Somit kann bei jedem Fluidfördersystem ein Ansatzpunkt für die Zuordnung des Kennfelds stattfinden. Unterschiedliche Pumpentypen verlangen jedoch möglicherweise unterschiedliche Parameter. Eine Verdrängerpumpe, beispielsweise für Diesel, kann bauartbedingt nicht bei der Nullfördermenge betrieben werden.

**[0014]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst das Fluidfördersystem weiter ein Kalibrierventil, das an einer Auslassseite der Fluidpumpe angeordnet ist und sich in Abhängigkeit eines vorbestimmten Drucks öffnet, um eine druckabhängige Kalibrierfunktion bereitzustellen und wobei der Schritt des Aufnehmens zusätzlich von der Kalibrierfunktion abhängt.

**[0015]** Durch ein Kalibrierventil kann eine eindeutige Zuordnung von Ansteuerstrom und Druck stattfinden. Dies wird dadurch erreicht, dass in einer aufgenommenen Druckkennlinie durch das Öffnen des Ventils ein Knick erzeugt wird. Dieser unterstützt die Nivellierung des später aufgenommenen Kennlinienfelds für den Ansteuerstrom.

**[0016]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das Kalibrierventil als eines der folgenden Ventilarten ausgebildet: Schwellendruckventil; limitiertes Ventil; Stufenventil.

**[0017]** Vorteilhaft bei der Ausbildung als eines dieser Ventile ist es, dass diese Ventiltypen jeweils einen oder mehrere Knicke in der Druckkennlinie des Fluidfördersystems erzeugen, und somit weitere Ankerpunkte für ein Nivellieren des Kennlinienfelds ermöglichen.

**[0018]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das Kalibrierventil dazu ausgebildet, einen vorbestimmten maximalen Volumenstrom aus dem Fluidfördersystem abzuleiten, wenn das Kalibrierventil als limitiertes Ventil ausgebildet ist. Alternativ ist das Kalibrierventil dazu ausgebildet, pro Stufe einen vorbestimmten maximalen Volumenstrom aus dem Fluidfördersystem abzuleiten, wenn das Kalibrierventil als Stufenventil ausgebildet ist.

**[0019]** Eine Zuordnung der zusätzlichen Ankerpunkte für das Kennlinienfeld kann verlässlicher stattfinden, wenn die abgeleiteten Volumenströme vordefiniert sind.

**[0020]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung erfolgt der Schritt des Einstellens des Ansteuerstroms und des Veränderns eines Durchflussvolumens im Anschluss an ein Einschalten der Fluidpumpe.

**[0021]** Somit kann bei Beginn des Förderns durch das Fluidfördersystems eine aktuelle Kalibrierung des Kennlinienfelds stattfinden. Dies erhöht die Genauigkeit von dem Fluidfördersystem, speziell in Hinsicht auf Alterungsprozesse.

**[0022]** Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung

wird ein limitiertes Ventil als Kalibrierventil in einem Kraftstofffördersystem verwendet. Hierbei kann ein Verfahren nach dem ersten Aspekt durchgeführt werden.

**[0023]** Gemäß einem dritten Aspekt der Erfindung wird ein Stufenventil als Kalibrierventil in einem Fluidfördersystem eingerichtet. Hierbei kann ebenso ein Verfahren nach dem ersten Aspekt durchgeführt werden.

**[0024]** Gemäß einem vierten Aspekt der Erfindung wird ein Steuergerät für ein Fluidfördersystem beschrieben. Das Fluidfördersystem umfasst:

- einen stromgesteuerten elektrischen Motor, der von einem Motorsteuergerät geregelt wird; und
- eine Fluidpumpe, die von dem elektrischen Motor angetrieben wird.

**[0025]** Das Steuergerät ist hierbei dazu eingerichtet, ein Verfahren nach dem ersten Aspekt durchzuführen.

**[0026]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Figuren und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Fluidfördersystem (schematische Darstellung);

Figur 2 ein Feld mehrerer Druckkennlinien eines Fluidsystems;

Figur 3 eine exemplarische Darstellung eines Kennlinienfelds einer Industriepumpe (Pumpenhandbuch 2004, GRUNDFOS, Seite 119);

Figur 4 ein Flussdiagramm für ein Verfahren gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

Figur 5 eine exemplarische Darstellung eines Kennlinienfelds einer Fluidpumpe gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

Figur 6 eine schematische Darstellung einer Regelstrecke;

Figur 7 eine weitere exemplarische Darstellung eines Kennlinienfelds einer Fluidpumpe gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung;

Figur 8 eine weitere exemplarische Darstellung eines Kennlinienfelds mehrerer Druckkennlinien eines Fluidsystems;

Figur 9 zwei exemplarische Kennlinienfelder mit Markierungen für eine Nivellierung;

Figur 10 ein weiteres exemplarisches Kennlinienfeld mit Nivellierungsmarkierungen;

Figur 11 eine schematische Darstellung eines Ventils;

- Figur 12 eine weitere schematische Darstellung eines Ventils;
- Figur 13 eine weitere schematische Darstellung eines Ventils;
- Figur 14 ein exemplarisches Kennlinienfeld von Druckkennlinien und Stromkennlinien und
- Figur 15 ein weiteres exemplarisches Kennlinienfeld von Druckkennlinien und Stromkennlinien.

**[0027]** Figur 1 zeigt ein Fluidfördersystem 10. Das Fluidfördersystem 10 ist im Ausführungsbeispiel ein Kraftstofffördersystem zum Fördern von Benzin aus einem Tank. In einer anderen Ausgestaltung kann das Fluidfördersystem 10 zum Fördern von Diesel ausgelegt sein. Der Kraftstoff, hier das Benzin, wird durch das Fluidfördersystem 10 einer Einspritzanlage (sogenanntes Fuel Rail-System) zugeführt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde in Figur 1 auf eine Darstellung sowohl des Tanks, als auch der Einspritzanlage verzichtet. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich um ein sogenanntes Vorfördersystem. Ebenso kann es sich in anderen Ausgestaltungen um andere Fluidfördersysteme oder Teile eines Fluidfördersystems handeln.

**[0028]** Im Ausführungsbeispiel umfasst das Fluidfördersystem 10 einen elektrischen Motor 11. Der elektrische Motor 11 ist im Ausführungsbeispiel stromgesteuert. Der elektrische Motor 11 wird von einem Motorsteuergerät 12 angesteuert. Das Motorsteuergerät hat im Ausführungsbeispiel eine Ansteuereinheit und eine zusätzliche Recheneinheit 12a. Die Recheneinheit 12a ist in alternativen Ausgestaltungen räumlich von dem Motorsteuergerät 12 getrennt und somit ausgelagert. Der elektrische Motor 11 treibt eine Fluidpumpe 13 an. Die Fluidpumpe 13 ist im Ausführungsbeispiel eine Kraftstoffpumpe. Der elektrische Motor 11 ist über eine mechanische Kopplung 17 mit der Fluidpumpe 13 verbunden. Die Fluidpumpe 13 pumpt Benzin über eine Fluidleitung 15 von dem Tank durch das Fluidfördersystem 10 und über eine Leitung 16 zu der Einspritzanlage. An einer Auslassseite der Fluidpumpe 13 ist ein Kalibrierventil 14 angeschlossen und mit der Fluidpumpe 13 hydraulisch gekoppelt. Hierbei ist das Kalibrierventil 14 über die hydraulische Verbindung 18 mit der Leitung 16 und somit mit der Fluidpumpe 13 verbunden. Das Kalibrierventil 14 ist dazu eingerichtet, bei einem vorbestimmten Druck, beispielsweise 8 bar, zu öffnen. Der elektrische Motor 11 wird von dem Motorsteuergerät 12 so gesteuert, dass die Fluidpumpe 13 mit einer bestimmten Drehzahl des Motors 11 läuft. In einer alternativen Ausgestaltung ist kein Kalibrierventil 14 vorgesehen.

**[0029]** In die Leitung 16 ist ein Filter 16a eingebaut. Es handelt sich hierbei um einen Kraftstofffilter. In anderen Ausgestaltungen kann es sich um andere Filter oder fluidbeeinflussende Komponenten handeln. Der Filter 16a kann in einer weiteren Ausgestaltung auch entfallen.

**[0030]** An die Leitung 16 ist des Weiteren ein Drucksensor 19 angeschlossen. Im Ausführungsbeispiel misst der Drucksensor 19 einen Fluidruck in der Leitung 16 nach dem Filter 16a. Das Signal des Drucksensors 19 wird in einer Auswertungseinheit 19a ausgewertet. Die Auswertungseinheit 19a stellt dem Motorsteuergerät 12, im Ausführungsbeispiel der Recheneinheit 12a des Motorsteuergeräts 12, ein ausgewertetes Drucksignal zur Plausibilisierung bereit.

**[0031]** Figur 2 zeigt einen Graphen, der einen Ansteuerstrom für den elektrischen Motor 11 (Ordinatenachse) über die Drehzahl (Abszissenachse) für verschiedene Drücke darstellt. Die Drücke sind von Funktion 21 über 22 bis hin zu Funktion 25 hin steigend.

**[0032]** Eine derartige Darstellung ist jedoch wenig geeignet, um eine Regelung der Fluidpumpe 13 vorzunehmen, da das Ergebnis des Kennlinienfelds Strom ist, wobei Strom eine Eingangsgröße war. Ein Auslesen von Werten für eine Steuerung des Fluidfördersystems 10 ist daher nicht ohne Umrechnung möglich.

**[0033]** Figur 3 zeigt beispielhaft eine schematische Darstellung eines Kennlinienfelds einer Industripumpe im Allgemeinen. Hierbei wird die Förderhöhe (Ordinatenachse) über der Drehzahl (Abszissenachse) aufgebracht. Dieses Beispiel ist dem "Pumpenhandbuch" 2004, GRUNDFOS, Seite 119, entnommen.

**[0034]** Eine derartige Darstellung wäre auch wünschenswert für die verwendete Fluidpumpe 13.

**[0035]** Figur 4 zeigt ein Flussdiagramm gemäß einer Ausgestaltung des Verfahrens. Im Schritt 41 wird ein Ansteuerstrom auf einen vorbestimmten Wert gesetzt, beispielsweise 3A.

**[0036]** In Schritt 42 wird ein Durchflussvolumen des Fluidfördersystems 10 verändert. Durch die Veränderung des Durchflussvolumens kann zu dem in Schritt 41 eingestellten Ansteuerstrom ein entsprechendes, charakteristisches Druckverhalten im Fluidfördersystem 10 erzeugt werden. Im Fluidfördersystem 10 gilt hierbei, dass die Drehzahl proportional zum Fördervolumen der Fluidpumpe 13 ist. Die Veränderung des Durchflussvolumens wird hierbei beispielsweise automatisch erzielt, indem eine Druckerhöhung im Fluidfördersystem 10 aufgebaut wird. Dies kann auch im laufenden Betrieb erfolgen, beispielsweise bei einem Hochfahren des Fluidfördersystems 10.

**[0037]** In Schritt 43 werden Druckdaten des Fluidfördersystems 10 aufgezeichnet. Hierfür wird beispielsweise der Drucksensor 19 verwendet. Hierdurch entsteht eine Datenmenge, die zu dem eingestellten Ansteuerstrom in Abhängigkeit des veränderten Durchflussvolumens dem Druck im Fluidfördersystem darstellt.

**[0038]** In Schritt 44 wird ausgewertet, ob alle vorgegebenen Werte für die Erstellung des Kennlinienfelds vorhanden sind. Fehlen beispielsweise Daten zu einem bestimmten vorgegebenen Ansteuerstrom für den elektrischen Motor 11, so werden die Schritte 41, 42 und 43 mit entsprechend veränderten Parametern wiederholt.

**[0039]** In Schritt 45 wird ein Kennlinienfeld aus den auf-

gezeichneten Daten erstellt. Hierzu werden jeweils Druckwerte zu einem eingestellten Ansteuerstrom einer Drehzahl zugeordnet. Das Kennlinienfeld wird anhand von Ankerpunkten und Randparametern wie unten beschrieben nivelliert und ausgerichtet.

**[0040]** Figur 5 zeigt beispielhaft ein derartiges Kennlinienfeld. Die einzelnen Funktionen von unten nach oben hin steigend und stellen einen Ansteuerstrom dar. Auf der Abszissenachsen-Achse ist die Drehzahl aufgetragen, auf der Ordinaten-Achse der Druck im Fluidfördersystem 10. Um auch die Randbereiche des Kennlinienfelds korrekt darzustellen, ist es notwendig, dass charakteristische Parameter abgefahren werden. Es ist also eine Nivellierung des Kennlinienfelds notwendig.

**[0041]** Diese Parameter werden im Verfahren des Ausführungsbeispiels, wie im Flussdiagramm in Figur 4 dargestellt in Schritt 45 auf das Kennlinienfeld aufgerechnet. Je nach Fluidfördersystem 10 können sich hierbei unterschiedliche Parameter eignen. Beispielsweise wird für eine Fluidpumpe 13 zum Pumpen von Benzin die Nullfördermenge der Fluidpumpe 13 verwendet. Weitere Parameter ergeben sich aus einer maximalen Drehzahl des elektrischen Motors 11, einem maximalen Fördervolumen der Fluidpumpe 13 oder einem minimalen Betriebsstrom des elektrischen Motors 11. Diese Parameter sind jeweils charakteristisch für unterschiedliche, bestimmte Fluide bei unterschiedlichen Drücken. Ausgangsdruck und anliegender Druck bei der Fluidpumpe 13 sind, im Falle der Nullfördermenge, identisch, so dass das Fluid nicht befördert wird und ein Fördervolumen somit Null ist. Diese Parameter und die hieraus resultierenden Messdaten dienen als Ankerpunkte für das Kennlinienfeld.

**[0042]** Figur 6 zeigt eine schematische Darstellung einer Regelstrecke. Im Ausführungsbeispiel einer Regelstrecke des Computerprogramms. Block 61 stellt einen Regelbaustein dar, der zur Regelung ein Kennlinienfeld für ein Benzinfluidsystem nutzt. Der Block 61 hat zwei Eingänge 62, 63, ein Eingang 62 ist für die Drehzahl und Eingang 63 ist für den Ansteuerstrom. Ausgangsgröße des Blocks 61 ist ein Druckwert 64.

**[0043]** Figur 7 zeigt beispielhaft ein Kennlinienfeld für ein Dieselfluidfördersystem. Hierbei sind ebenso, wie in Figur 5 der Druck über der Drehzahl aufgetragen. Ebenso wie in Figur 5 sind von unten nach oben die einzelnen diagonalen Kennlinien Kurven steigenden Stroms.

**[0044]** Um eine bessere Einordnung des Kennlinienfelds zu ermöglichen, wird in einer weiteren Ausgestaltung ein zusätzliches Kalibrierventil 14 im Fluidfördersystem 10 verwendet. Das Kalibrierventil 14 erzeugt, wie in Figur 8 dargestellt, einen Knick in den Druckkennlinien 81 bis 84. Hierdurch kann das Kennlinienfeld für den Ansteuerstrom nivelliert werden, da ein Ankerpunkt zur Ausrichtung geschaffen wird.

**[0045]** Verschiedene Eckparameter sind nach einer Aufzeichnung jedoch noch nicht definiert. Dies ist in den beiden Graphen von Figur 9 dargestellt. Zwar sind Teilbereiche (OK) der Kennlinienfelder in Figur 9 ordentlich

zugeordnet (verankert), jedoch weisen andere Bereiche (X) der beiden in Figur 9 dargestellten Kennlinienfelder Ungenauigkeiten auf.

**[0046]** Figur 10 zeigt eine weitere Darstellung für ein Kennlinienfeld für Diesel. Hier sind ebenfalls wichtige Ankerpunkte nicht definiert. Durch die übliche Verwendung einer Verdrängerpumpe kann beispielsweise auch eine Nullfördermenge nicht zur Nivellierung verwendet werden, da die Art und Weise, mit der eine Verdrängerpumpe fördert, eine Nullfördermenge erlaubt.

**[0047]** Um weitere Parameterwerte für die Nivellierung des Kennlinienfelds zu erlangen, wird ein spezielles Kalibrierventil 14 eingesetzt. Hierbei ist in unterschiedlichen Ausgestaltungen eine verschiedene Anzahl und verschiedene Ausgestaltungen von Ventilen denkbar.

**[0048]** In einer Ausgestaltung wird ein limitiertes Ventil, wie in Figur 11 schematisch dargestellt, eingesetzt. Das limitierte Ventil lässt, nachdem es einmal geöffnet ist, nur eine definierte Menge (Bypassmenge) abfließen. Beispielsweise öffnet das limitierte Ventil bei 3 bar und erlaubt dann einen konstanten Abfluss von 5 l/Std. Hierbei führt ein druckabhängiger Einlass 112 auf einen Widerstand (Ventilklappe), der schematisch durch eine Feder 110 dargestellt ist. Ist der Druck groß genug, so wird der Auslass 111 freigegeben und das Fluid kann abfließen.

**[0049]** Figur 12 zeigt eine schematische Darstellung eines Kalibrierventils 14 gemäß einer weiteren Ausgestaltung. Hierbei ist das Kalibrierventil 14 ein Stufenventil. Das Stufenventil ermöglicht es, bei unterschiedlichen Druckstufen unterschiedliche Bypassmengen des Fluids abfließen zu lassen. Beispielsweise werden hier bei 3 bar 5 l/Std. und ab 4 bar 10 l/Std. abgeleitet. Hierbei führt ein druckabhängiger Einlass 121 auf einen Widerstand (Ventilklappe), der schematisch durch eine Feder 120 dargestellt ist. Ist der Druck groß genug, so wird der Auslass 121 freigegeben und das Fluid kann abfließen. Steigt der Druck weiter, wird zusätzlich der Auslass 122 freigegeben, so dass die Abflussmenge steigt. Selbstverständlich sind unterschiedliche Anzahlen von Stufen mit unterschiedlichen Werten und Auslassdrücken denkbar. Wichtig hierbei ist, dass die aufgenommenen Druckkennlinien der Fluidpumpe 13 unterschiedliche Knickstufen aufweisen. Anhand dieser kann das Kennlinienfeld der Ansteuerstromkurven nivelliert werden.

**[0050]** Eine weitere Ausgestaltung des Kalibrierventils 14 ist ein Stufenventil, das einen Abfluss nur innerhalb eines bestimmten Druckbereichs zulässt. Figur 13 zeigt eine schematische Darstellung eines derartigen Ventils. Das Ventil ist bei 1 bar geschlossen, bei 2 bar geöffnet und schließt wieder bei 3 bar komplett. Zwischen 2, 3 bar wird eine konstante Menge von 5 l/Std. abgelassen. Hierbei führt eine Druckkopplung 131 auf einen Widerstand, der schematisch durch eine Feder 130 dargestellt ist. Ist der Druck groß genug, so wird der Bypassvolumeneingang 132 freigegeben und das Fluid kann über den ebenfalls freigegebenen Bypassvolumenausgang 133 abfließen. Steigt der Druck weiter, so sperrt das Ventil.

**[0051]** Figur 14 zeigt verschiedene Pumpenkennlinien. Fett dargestellt sind Druckkennlinien des Fluidfördersystems 10. (Abszissenachse: Drehzahl; Ordinatenachse: Druck und Ansteuerstrom). Hierbei ist ersichtlich, dass die in Fett dargestellten Druckkennlinien unterschiedliche Knicke aufweisen. Anhand dieser Knicke lässt sich nun das Kennlinienfeld des Ansteuerstroms (dünne Linien) nivellieren. Die Messung kann drehzahlgesteuert durchgeführt werden. Das heißt, die Drehzahl wird durch die Ansteuerung des elektrischen Motors 11 abgefahren. Dies kann beispielsweise beim Einschalten der Fluidpumpe 13 vorgenommen werden.

**[0052]** Figur 15 zeigt ähnlich wie Figur 14 verschiedene Charakteristika, jedoch für verschiedene Ventiltypen (Abszissenachse: Drehzahl; Ordinatenachse: Druck und Ansteuerstrom). Die durch das modifizierte Ventil vorhandenen zusätzlichen Charakteristika ermöglichen eine einwandfreie Kalibrierung während eines Betriebs des Fluidfördersystems unter verschiedenen realistischen Bedingungen.

**[0053]** Hierbei kann etwas unterhalb des erwarteten Arbeitspunkts die Stromregelung eingeschaltet werden und der Ansteuerstrom leicht erhöht werden. Sobald ein Drehzahlsprung eintritt, ist davon auszugehen, dass ein Kalibrierventil öffnet und das Kennlinienfeld kann an diesem Ankerpunkt ausgerichtet werden. Dieser Ansteuerstrom kann zur Nivellierung des Kennlinienfelds verwendet werden. Im weiteren Arbeitsbetrieb kann wiederum drehzahlgeführt weitergearbeitet werden. Ein derartiges Nivellieren ist zu jedem Zeitpunkt anwendbar, auch und vor allem während des laufenden Betriebs. Eine derartige Bypassfunktion wirkt sich nicht auf den betrieb aus und beeinflusst nicht das Kennlinienfeld des Ansteuerstroms (vergleiche Figur 10). Das Kennlinienfeld bleibt auch mit Einsatz des Bypassventils oder Stufenventils (im Allgemeinen des Kalibrierventils 14) identisch.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erstellen eines Kennlinienfelds einer Fluidpumpe (13) eines druckabhängigen Fluidfördersystems (10) für einen Arbeitsbereich der Fluidpumpe (13), das Fluidfördersystem (10) umfassend:

- Einen stromgesteuerten elektrischen Motor (11), der von einem Motorsteuergerät (12) mit einem Ansteuerstrom gesteuert wird und die Fluidpumpe (13) antreibt;

umfassend die Schritte:

- Einstellen des Ansteuerstroms auf einen vorbestimmten Wert;
- Verändern eines Durchflussvolumens des Fluidfördersystems (10), nachdem der Ansteuerstrom eingestellt ist;
- Aufnehmen einer einen Druck in dem Fluidför-

dersystem (10) beschreibende Datenmenge in Abhängigkeit der Veränderung des Durchflussvolumens;

- Wiederholen der Schritte des Einstellens, Veränderns und Aufnehmens für eine vorbestimmte Anzahl an Wiederholungen und vorbestimmte verschiedene Ansteuerströme; und
- Erstellen eines Kennlinienfelds aus der aufgenommenen Datenmenge.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei zusätzlich der folgende Schritt durchgeführt wird:

- Bestimmen von Randbereichen und/oder Randpunkten des Kennlinienfelds basierend auf das Fluidfördersystem (10) charakterisierenden Parametern.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei zusätzlich der folgende Schritt durchgeführt wird:

- Kalibrieren des Kennlinienfelds durch Abfahren wenigstens einer Kennlinie eines Ansteuerstroms in wenigstens einem Teilbereich der Kennlinie.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die das Fluidfördersystem (10) charakterisierenden Parameter wenigstens einen der folgenden Parameter umfasst:

- Nullfördermenge der Fluidpumpe (13);
- Maximale Drehzahl des elektrischen Motors (11);
- Maximales Fördervolumen der Fluidpumpe (13);
- Minimaler Betriebsstrom des elektrischen Motors (11).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Fluidfördersystem weiter ein Kalibrierventil (14) umfasst, das an einer Auslassseite der Fluidpumpe (13) angeordnet ist und sich in Abhängigkeit eines vorbestimmten Drucks öffnet, um eine druckabhängige Kalibrierfunktion bereitzustellen und wobei der Schritt des Aufnehmens zusätzlich von der der Kalibrierfunktion abhängt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei das Kalibrierventil (14) als eine der folgenden Ventilarten ausgebildet ist:

- Schwellendruckventil;
- Limitiertes Ventil;
- Stufenventil.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Kalibrierventil (14) dazu ausgebildet ist, einen vorbestimmten maximalen Volumenstrom aus dem Fluidfördersys-

tem (10) abzuleiten, wenn das Kalibrierventil (14) als limitiertes Ventil ausgebildet ist, oder dazu ausgebildet ist, pro Stufe einen vorbestimmten maximalen Volumenstrom aus dem Fluidfördersystem (10) abzuleiten, wenn das Kalibrierventil (14) als Stufenventil ausgebildet ist.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Schritt des Einstellens des Ansteuerstroms und des Veränderns eines Durchflussvolumens im Anschluss an ein Einschalten der Fluidpumpe (13) erfolgt, während die Fluidpumpe (13) hochgefahren wird.

9. Verwendung eines limitierten Ventils als Kalibrierventil (14) in einem Fluidfördersystem (10), das dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 durchzuführen.

10. Verwendung eines Stufenventils als Kalibrierventil (14) in einem Fluidfördersystem (10), das dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2 durchzuführen.

11. Steuergerät für ein Fluidfördersystem (10), das Fluidfördersystem (10) umfassend:

- Einen stromgesteuerten elektrischen Motor (11), der von einem Motorsteuergerät (12) geregelt wird;
- Eine Fluidpumpe (13), die von dem elektrischen Motor (11) gesteuert wird; wobei das Steuergerät dazu eingerichtet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 durchzuführen.

## Claims

1. Method for producing a set of characteristic curves of a fluid pump (13) of a pressure-dependent fluid conveying system (10) for an operating range of the fluid pump (13), the fluid conveying system (10) comprising:

- a current-controlled electric motor (11) which is controlled by a motor control unit (12) by way of an actuating current and drives the fluid pump (13);

comprising the steps:

- setting of the actuating current to a predefined value;
- changing of a throughflow volume of the fluid conveying system (10) after the actuating current is set;
- recording of a dataset which describes a pres-

sure in the fluid conveying system (10) in a manner which is dependent on the change of the throughflow volume;

- repeating of the steps of setting, changing and recording for a predefined number of repetitions and predefined various actuating currents; and
- producing of a set of characteristic curves from the recorded dataset.

2. Method according to Claim 1, the following step additionally being carried out:

- determining of boundary ranges and/or boundary points of the set of characteristic curves based on parameters which characterize the fluid conveying system (10).

3. Method according to Claim 1 or 2, the following step additionally being carried out:

- calibrating of the set of characteristic curves by way of at least one characteristic curve of an actuating current being moved along in at least one part region of the characteristic curve.

4. Method according to Claim 2, the parameters which characterise the fluid conveying system (10) comprising at least one of the following parameters:

- zero conveying quantity of the fluid pump (13);
- maximum rotational speed of the electric motor (11);
- maximum conveying volume of the fluid pump (13);
- minimum operating current of the electric motor (11).

5. Method according to one of Claims 1 to 4, the fluid conveying system comprising, furthermore, a calibrating valve (14) which is arranged on an outlet side of the fluid pump (13) and opens in a manner which is dependent on a predefined pressure, in order to provide a pressure-dependent calibrating function, and the step of recording being additionally dependent on that of the calibrating function.

6. Method according to Claim 5, the calibrating valve (14) being configured as one of the following valve types:

- threshold pressure valve;
- limited valve;
- stage valve.

7. Method according to Claim 6, the calibrating valve (14) being configured to derive a predefined maximum volumetric flow from the fluid conveying system (10) if the calibrating valve (14) is configured as a

limited valve, or being configured to derive a predefined maximum volumetric flow from the fluid conveying system (10) per stage if the calibrating valve (14) is configured as a stage valve.

8. Method according to one of Claims 1 to 7, the step of setting of the actuating current and changing of a throughflow volume taking place subsequently to switching on of the fluid pump (13) while the fluid pump (13) is being started up.
9. Use of a limited valve as a calibrating valve (14) in a fluid conveying system (10) which is set up to carry out a method according to one of Claims 1 to 4.
10. Use of a stage valve as a calibrating valve (14) in a fluid conveying system (10) which is set up to carry out a method according to either of Claims 1 and 2.
11. Control unit for a fluid conveying system (10), the fluid conveying system (10) comprising:
  - a current-controlled electric motor (11) which is regulated by a motor control unit (12);
  - a fluid pump (13) which is controlled by the electric motor (11);
 the control unit being set up to carry out a method according to one of Claims 1 to 4.

## Revendications

1. Procédé de création d'un diagramme caractéristique d'une pompe à fluide (13) d'un système de transport de fluide (10) dépendant de la pression pour une plage de fonctionnement de la pompe à fluide (13), le système de transport de fluide (10) comprenant :
  - un moteur électrique (11) commandé en courant qui est commandé avec un courant d'excitation par un contrôleur de moteur (12) et qui entraîne la pompe à fluide (13) ; comprenant les étapes suivantes :
    - réglage du courant d'excitation à une valeur prédéterminée ;
    - modification d'un débit volumique du système de transport de fluide (10) après avoir réglé le courant d'excitation ;
    - enregistrement d'un ensemble de données décrivant la pression dans le système de transport de fluide (10) en fonction de la modification du débit volumique ;
    - répétition des étapes de réglage, modification et enregistrement pendant un nombre prédéterminé de répétitions et de différents courants d'excitations prédéterminés ; et
    - création d'un diagramme caractéristique à partir de l'ensemble de données enregistré.

2. Procédé selon la revendication 1, l'étape suivante étant en plus exécutée :

- détermination de zones de délimitation et/ou de points de délimitation du diagramme caractéristique en se basant sur les paramètres qui caractérisent le système de transport de fluide (10) .

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, l'étape suivante étant en plus exécutée :

- étalonnage du diagramme caractéristique en parcourant au moins une courbe caractéristique d'un courant d'excitation dans au moins une zone partielle de la courbe caractéristique.

4. Procédé selon la revendication 2, le paramètre qui caractérise le système de transport de fluide (10) comprenant au moins l'un des paramètres suivants :

- débit de refoulement nul de la pompe à fluide (13) ;
- vitesse de rotation maximale du moteur électrique (11) ;
- volume refoulé maximal de la pompe à fluide (13) ;
- courant de service minimal du moteur électrique (11).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, le système de transport de fluide comportant en outre une vanne d'étalonnage (14) qui est disposée au niveau d'un côté de sortie de la pompe à fluide (13) et qui s'ouvre en fonction d'une pression prédéterminée en vue de fournir une fonction d'étalonnage dépendante de la pression et l'étape d'enregistrement étant en plus dépendante de la fonction d'étalonnage.

6. Procédé selon la revendication 5, la vanne d'étalonnage (14) étant réalisée sous la forme de l'un des types de vanne suivants :

- vanne à pression de seuil ;
- vanne de limitation ;
- vanne à étages.

7. Procédé selon la revendication 6, la vanne d'étalonnage (14) étant configurée pour dériver un débit volumique maximal prédéterminé hors du système de transport de fluide (10) lorsque la vanne d'étalonnage (14) est réalisée sous la forme d'une vanne de limitation, ou étant configurée pour dériver un débit volumique maximal prédéterminé hors du système de transport de fluide (10) par étage lorsque la vanne d'étalonnage (14) est réalisée sous la forme d'une vanne à étages.



8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, l'étage de réglage du courant d'excitation et de modification d'un débit volumique ayant lieu à la suite d'une mise sous tension de la pompe à fluide (13), pendant que la pompe à fluide (13) est en phase de démarrage. 5
9. Utilisation d'une vanne de limitation en tant que vanne d'étalonnage (14) dans un système de transport de fluide (10) qui est conçu pour mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 4. 10
10. Utilisation d'une vanne à étages en tant que vanne d'étalonnage (14) dans un système de transport de fluide (10) qui est conçu pour mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 2. 15
11. Contrôleur pour un système de transport de fluide (10), le système de transport de fluide (10) comprenant : 20
- un moteur électrique (11) commandé en courant qui est régulé par un contrôleur de moteur (12) ;
  - une pompe à fluide (13) qui est commandée par le moteur électrique (11) ; 25
- le contrôleur étant conçu pour mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 4.

30

35

40

45

50

55

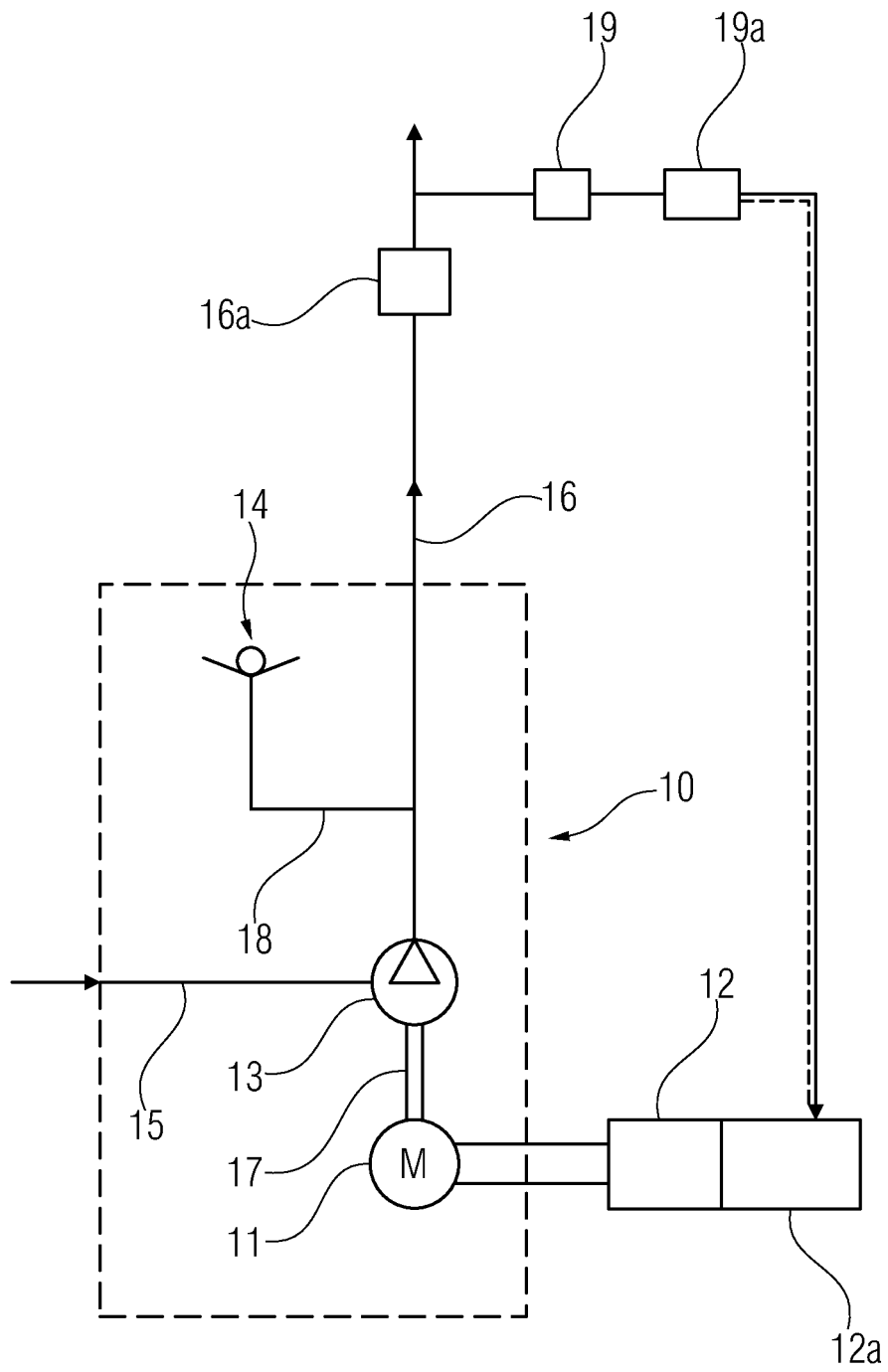


FIG 1

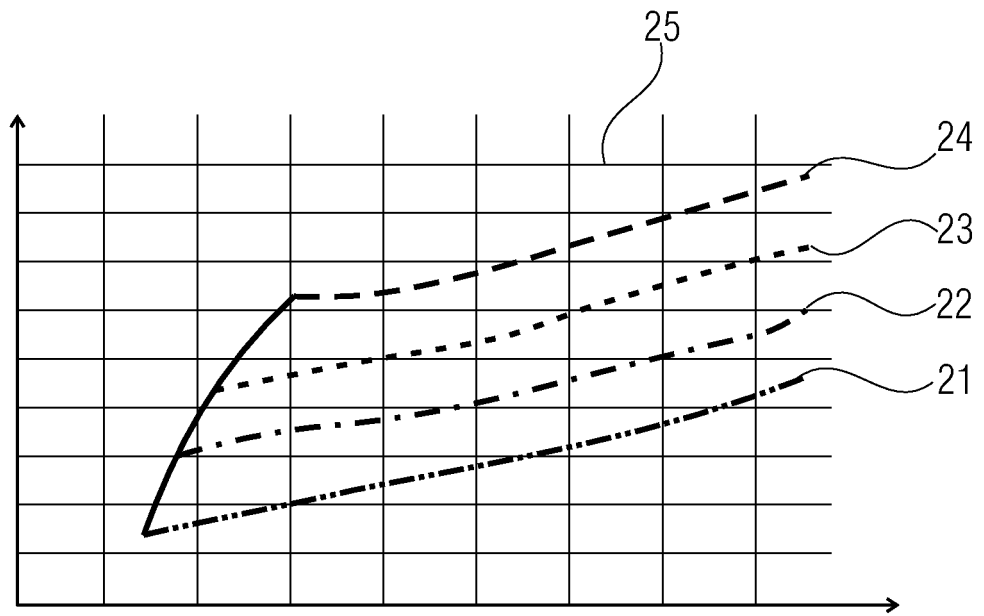


FIG 2

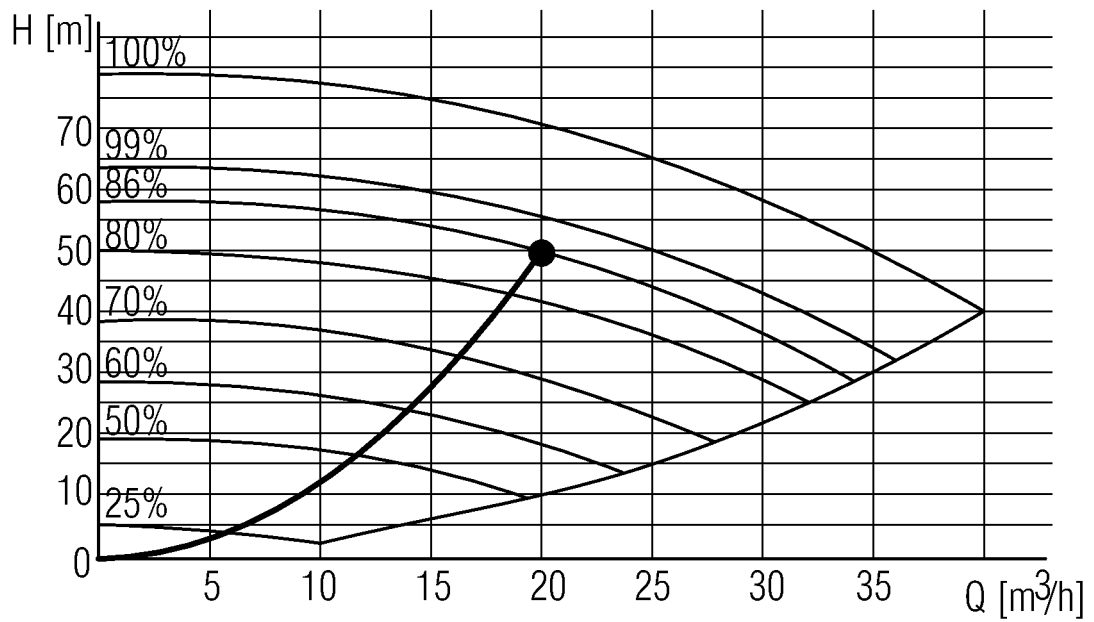


FIG 3

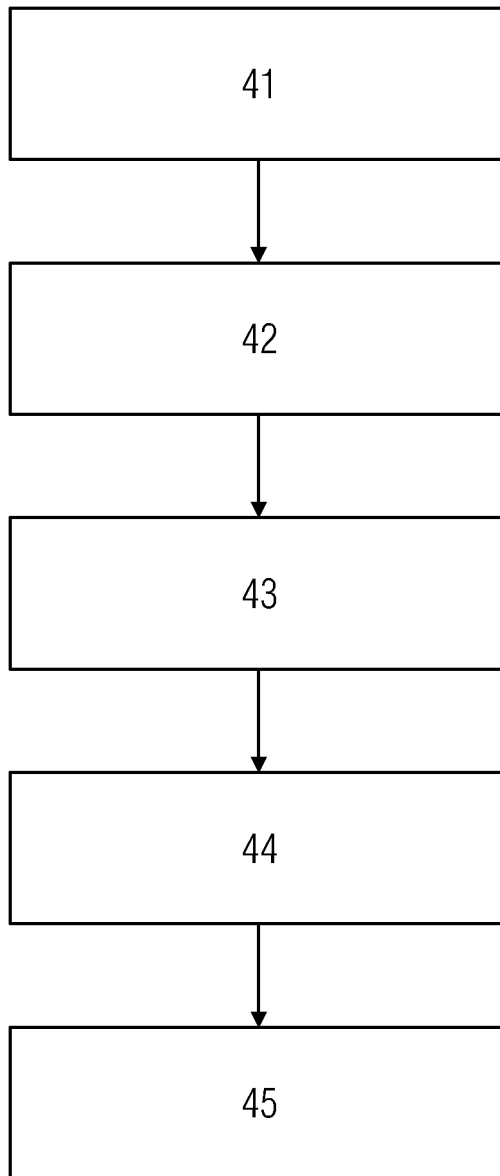


FIG 4

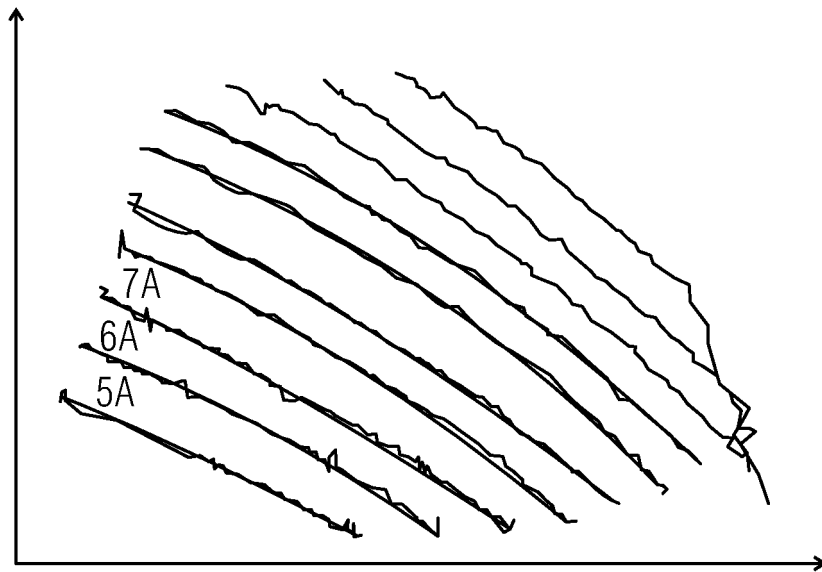


FIG 5

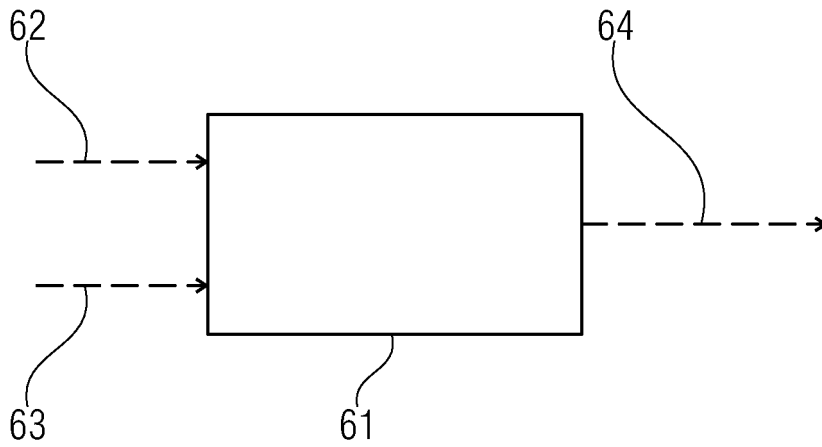


FIG 6

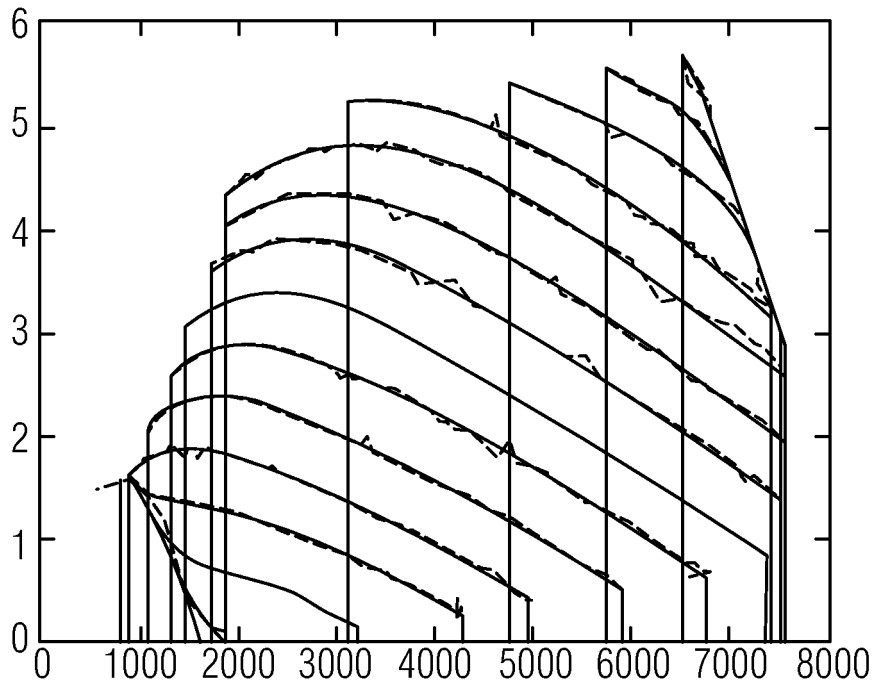


FIG 7

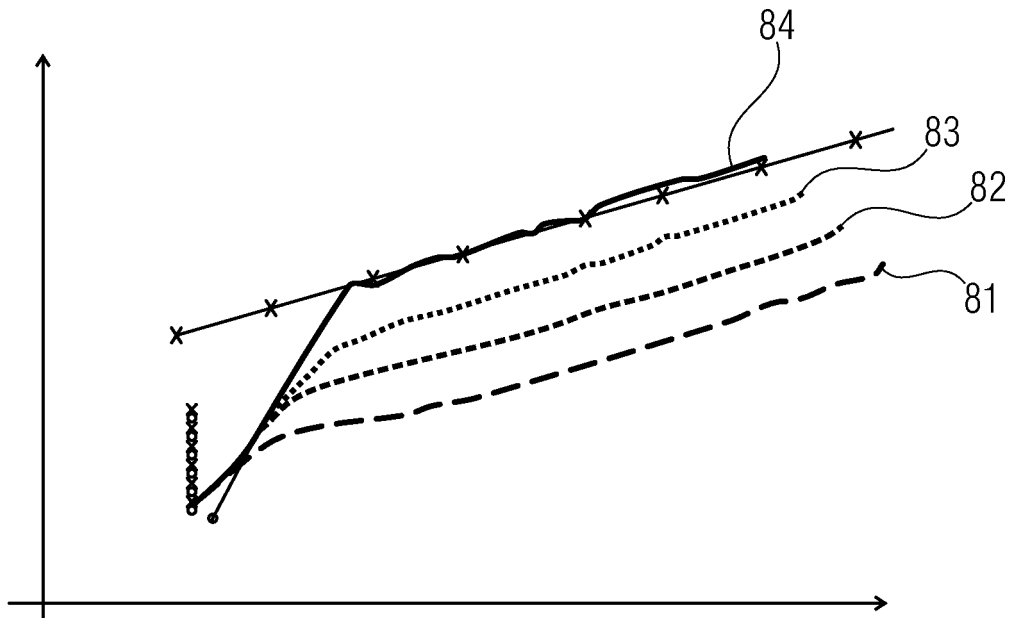


FIG 8

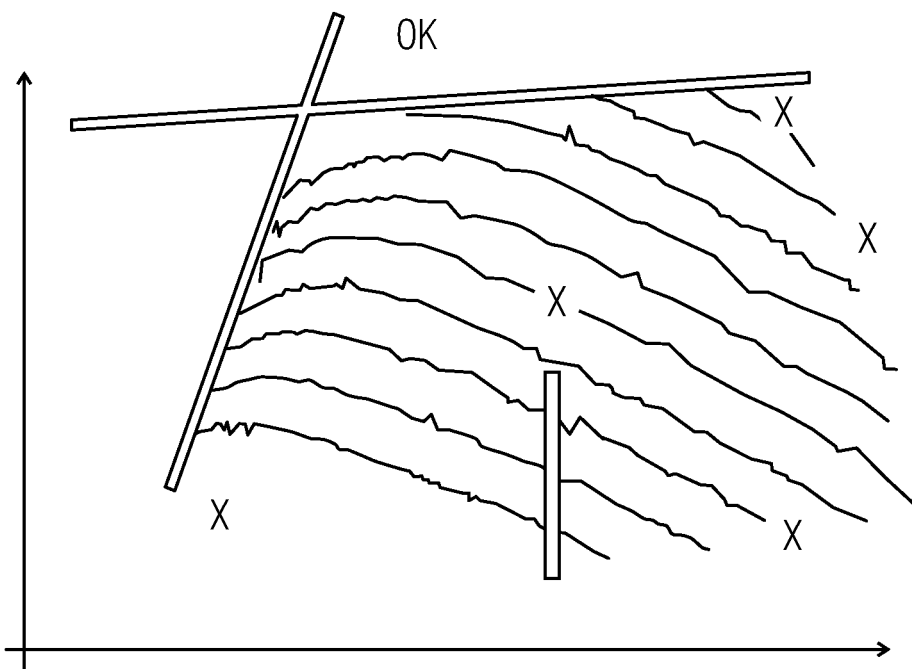
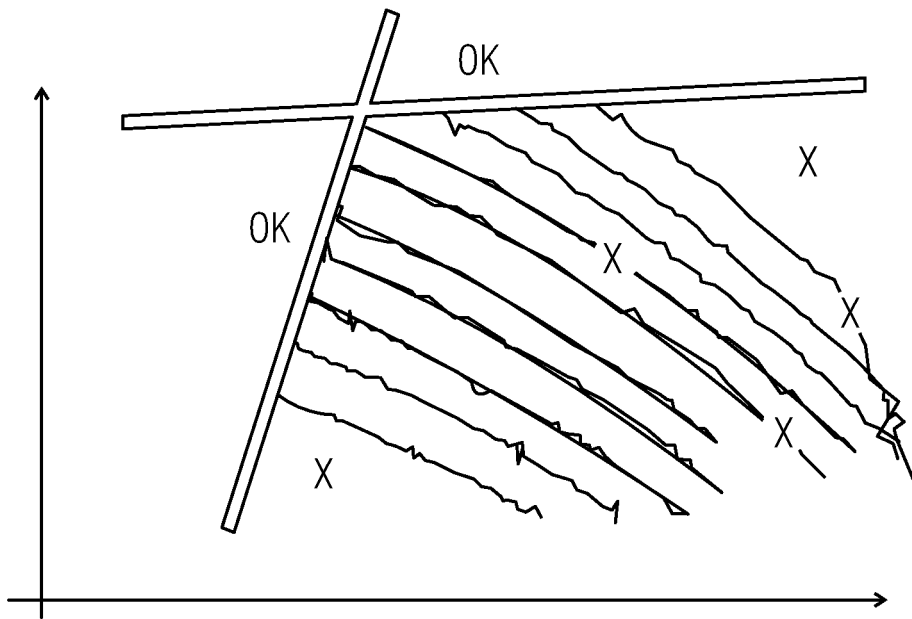


FIG 9

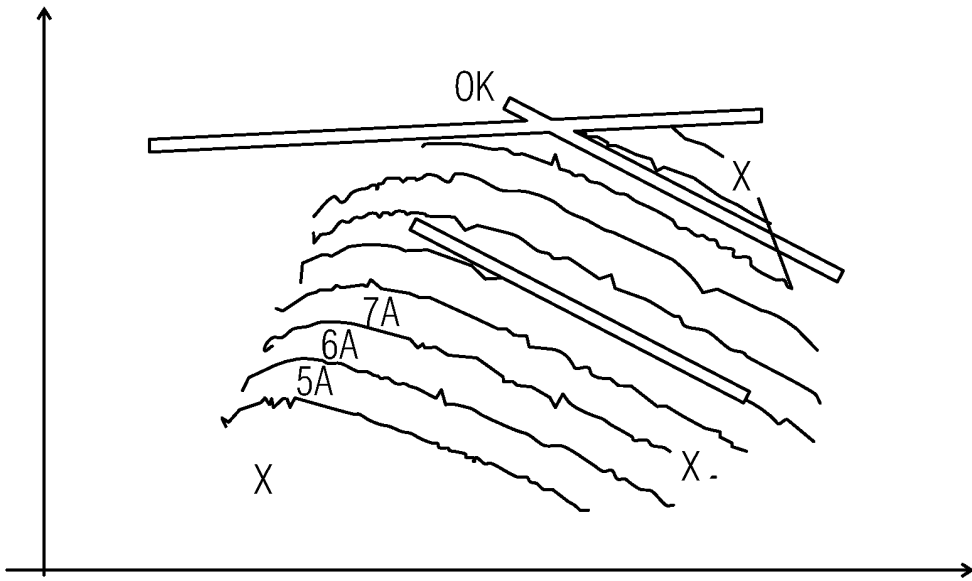


FIG 10

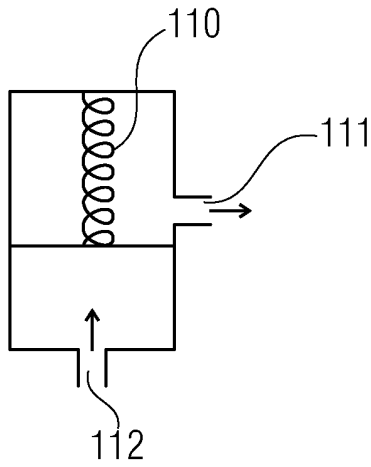


FIG 11

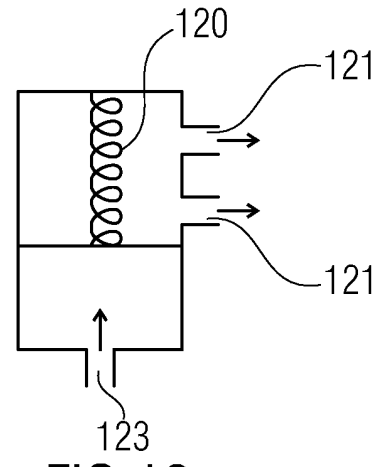


FIG 12

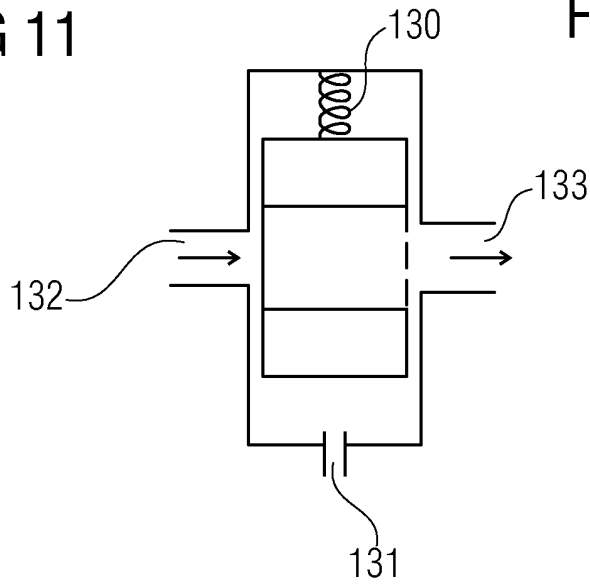


FIG 13



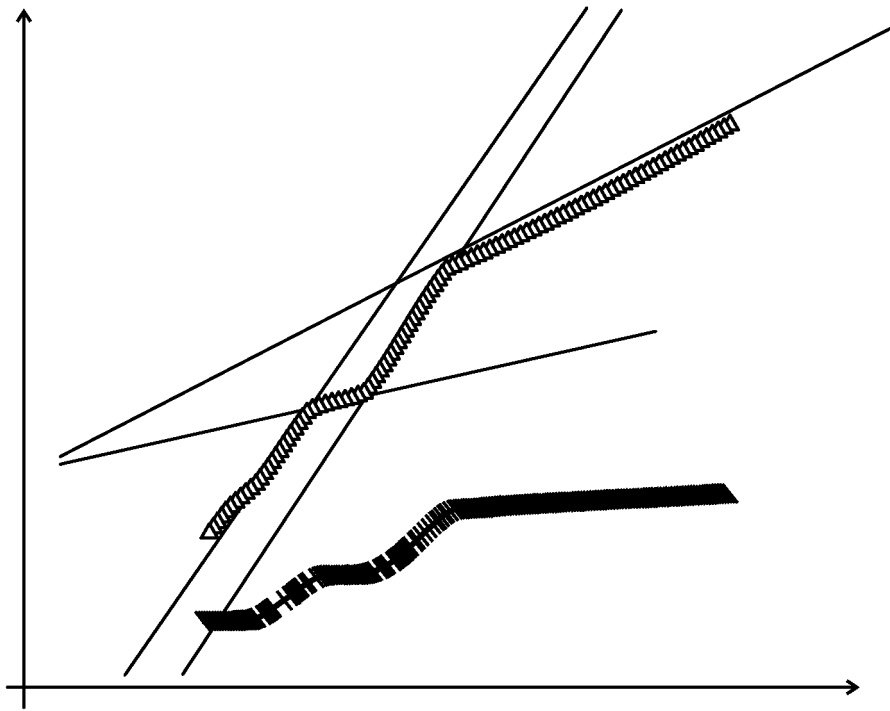


FIG 14

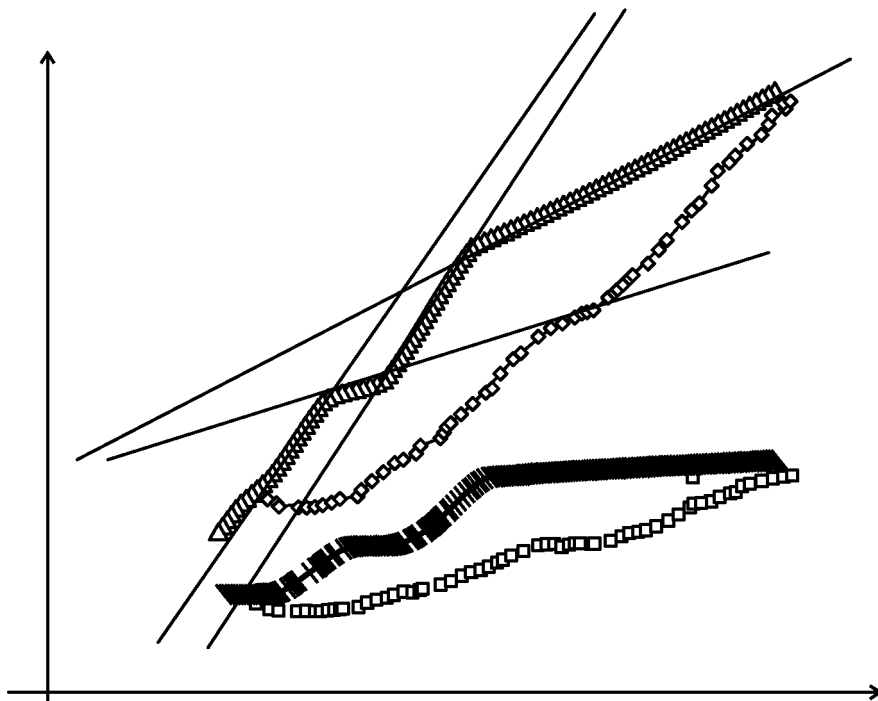


FIG 15

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 2014105758 A1 [0002]
- WO 2008067622 A2 [0003]
- DE 102011015154 A1 [0003]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- Pumpenhandbuch. GRUNDFOS, 2004, 119 [0033]