

(19)



(11)

**EP 3 378 827 B2**

(12)

**NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:  
**12.03.2025 Patentblatt 2025/11**

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:  
**25.12.2019 Patentblatt 2019/52**

(21) Anmeldenummer: **18159628.9**

(22) Anmeldetag: **02.03.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**B66F 9/22** <sup>(2006.01)</sup> **F15B 21/045** <sup>(2019.01)</sup>

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**B66F 9/22; F15B 21/045**; F15B 2211/20515;  
F15B 2211/20538; F15B 2211/6343;  
F15B 2211/6346; F15B 2211/6651;  
F15B 2211/6654; F15B 2211/75

(54) **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER HYDRAULIKANLAGE EINES FLURFÖRDERZEUGS**

METHOD FOR OPERATING A HYDRAULIC SYSTEM OF AN INDUSTRIAL TRUCK

PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UNE INSTALLATION HYDRAULIQUE D'UN CHARIOT DE  
MANUTENTION

(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**

(30) Priorität: **24.03.2017 DE 102017106390**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**26.09.2018 Patentblatt 2018/39**

(73) Patentinhaber: **STILL GmbH  
22113 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder: **SCHAUER, Sebastian  
22529 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Patentship Patentanwaltsgesellschaft  
Schertlinstraße 29  
86159 Augsburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-A1- 10 128 583 JP-A- 2005 299 450  
JP-A- 2010 255 780 US-A- 6 005 360**

**EP 3 378 827 B2**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Hydraulikanlage eines Flurförderzeugs, die eine von einem Antriebsmotor angetriebene Hydraulikpumpe aufweist und mindestens einen von dem Volumenstrom der Hydraulikpumpe angetriebenen Verbraucher aufweist, wobei bei der Ansteuerung des Verbrauchers der Volumenstrom der Hydraulikpumpe in Abhängigkeit von dem Stellsignal eines Stellglieds, insbesondere eines Joysticks oder eines Handbedienhebels, gesteuert wird, wobei die Hydraulikpumpe als Konstantpumpe mit einem konstanten Fördervolumen ausgebildet ist und bei der Ansteuerung des Verbrauchers der Volumenstrom der Hydraulikpumpe in Abhängigkeit von dem Stellsignal des Stellglieds, insbesondere eines Joysticks oder eines Handbedienhebels, durch eine Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors gesteuert wird.

**[0002]** Aus der DE 101 28 583 A1 und der US 6 005 360 A1 sind gattungsgemäße Verfahren zum Betrieb einer Hydraulikanlage eines Flurförderzeugs bekannt.

**[0003]** Die JP 2010 255780 A offenbart eine Hydraulikanlage, bei der der maximale Volumenstrom der Hydraulikpumpe unabhängig von der Temperatur des Druckmittels konstant gehalten werden soll. Hierzu wird mit einem Temperatursensor die Temperatur des Druckmittels im Tank gemessen. Mit sinkender Temperatur des Druckmittels wird die Drehzahl des Pumpenmotors erhöht. Dadurch fördert die Hydraulikpumpe auch bei niedrigen Temperaturen und damit hoher Viskosität des Druckmittels, wobei die Ansaugmenge der Hydraulikpumpe verringert ist, den maximalen Volumenstrom.

**[0004]** Bei batterie-elektrisch betriebenen Flurförderzeugen weist die Hydraulikanlage in der Regel eine Konstantpumpe mit einem konstanten Fördervolumen auf. Von der Hydraulikpumpe werden in der Regel mehrere Verbraucher versorgt, beispielsweise ein Hubantrieb zum Heben und Senken eines Lastaufnahmemittels, ein Neigeantrieb zum Neigen eines Hubgerüsts, an dem das Lastaufnahmemittel anhebbar und absenkbar angeordnet ist, und gegebenenfalls ein oder mehrere Zusatzverbraucher, beispielsweise ein Seitenschieber für das Lastaufnahmemittel. Bei der Ansteuerung eines Verbrauchers wird von dem Fahrer des Flurförderzeugs ein Stellglied, beispielsweise ein Joystick oder ein Handbedienhebel, betätigt und entsprechend der Auslenkung des Stellglieds eine bestimmte Solldrehzahl vorgegeben, mit der die Hydraulikpumpe antreibender Antriebsmotor betrieben wird. Mit der Solldrehzahl und dem Fördervolumen der Hydraulikpumpe ergibt sich ein bestimmter von der Hydraulikpumpe geförderter Volumenstrom (Fördermenge), mit dem der Verbraucher versorgt wird. Die als Konstantpumpe ausgeführte Hydraulikpumpe wird somit bei der Ansteuerung eines Verbrauchers mit einer gesteuerten Drehzahl betrieben, die allein abhängig ist von der Auslenkung des Stellglieds. Je nach Auslenkung des Stellglieds wird eine Solldrehzahl generiert, mit der die als Konstantpumpe ausgebildete Hydraulikpumpe betrieben wird, d.h. für unterschiedliche Auslenkungen des Stellglieds werden unterschiedliche Solldrehzahlen generiert.

**[0005]** Nachteilig hierbei ist, dass bei der Generierung und somit der Vorgabe dieser Solldrehzahlen jedoch nicht der Lastdruck des Verbrauchers sowie der viskositätsabhängige und drehzahlabhängige volumetrische Wirkungsgrad der Hydraulikpumpe berücksichtigt wird. Daraus folgt, dass für die gleiche Auslenkung des Stellglieds, d.h. einen bestimmten Auslenkungspunkt des Stellglieds, bei unterschiedlichen Viskositäten des Druckmittels dem Verbraucher unterschiedlich große Volumenströme und somit ein variierender Volumenstrom bereitgestellt wird. Dieser Effekt beruht darauf, dass bei einer als Konstantpumpe ausgebildeten Hydraulikpumpe der Volumenstrom mit schwankender Viskosität des Druckmittels bei gleichem Lastdruck variiert. Für den Fahrer des Flurförderzeugs führt dies dazu, dass sich bei einer bestimmten Auslenkung des Stellglieds und somit einer bestimmten, der Auslenkung des Stellglieds zugeordneten konstanten Drehzahl der Konstantpumpe ein schwankender bzw. variierender Volumenstrom der Konstantpumpe ergibt und sich somit für eine bestimmte Auslenkung des Stellglieds, d.h. gleiche Auslenkungen des Stellglieds, variierende Betätigungsgeschwindigkeiten des Verbrauchers einstellen je nach vorliegender Temperatur des Druckmittels. Darüber hinaus wird hierbei die Hydraulikpumpe nicht im funktionsgerechten und optimalen Betriebspunkt betrieben.

**[0006]** Sofern sich für eine bestimmte Auslenkung des Stellglieds, d.h. gleiche Auslenkungen des Stellglieds, variierende Betätigungsgeschwindigkeiten des Verbrauchers einstellen, führt dies bei dem Fahrer des Flurförderzeugs zu einem Komfortverlust, da Verbraucherbewegungen nicht optimal ausgeführt werden, sowie zu nicht reproduzierbaren Betätigungsgeschwindigkeiten des angesteuerten Verbrauchers über den gesamten Betriebsbereich. Der Fahrer des Flurförderzeugs kann dann gezwungen sein, an dem Stellglied die Auslenkung nachzujustieren, um eine erwartete Betätigungsgeschwindigkeit des angesteuerten Verbrauchers zu erzielen.

**[0007]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb einer Hydraulikanlage eines Flurförderzeugs der eingangs genannten Gattung zur Verfügung zu stellen, das die genannten Nachteile vermeidet.

**[0008]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Temperatur des Druckmittels mit einem Temperatursensor gemessen wird und bei der Ansteuerung des Verbrauchers der Volumenstrom der Hydraulikpumpe in Abhängigkeit von der Temperatur des Druckmittels derart gesteuert wird, dass bei der Steuerung des Volumenstroms der Hydraulikpumpe eine Kompensation der Einflüsse der Temperatur des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe geförderten Volumenstrom erfolgt, wodurch über den gesamten Temperaturbetriebsbereich des Druckmittels für das Stellsignal des Stellglieds ein konstanter Volumenstrom für den Verbraucher bereit gestellt wird. Zur Kompensation der Einflüsse der Temperatur des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe geförderten Volumenstrom wird eine

temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors durchgeführt und die temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe wird derart durchgeführt, dass mit zunehmender Temperatur des Druckmittels die Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors erhöht wird, wobei die temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe durch eine Faktorisierung mit einem viskositätsabhängigen Faktor erfolgt. Dies ermöglicht es auf einfache Weise, mit steigender Temperatur des Druckmittels die Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors zu erhöhen.

**[0009]** Bei der Erfindung wird somit bei einer bestimmten Auslenkung des Stellglieds und somit einem bestimmten Stellsignal des Stellglieds unabhängig von der Temperatur des Druckmittels und somit über den gesamten Temperaturbetriebsbereich des Druckmittels ein konstanter Volumenstrom der Hydraulikpumpe zur Verfügung gestellt, mit dem der Verbraucher betrieben wird. Für eine bestimmte Auslenkung des Stellglieds, d.h. gleiche Auslenkungen des Stellglieds, stellt sich somit bei unterschiedlichen Temperaturen des Druckmittels dieselbe Betätigungsgeschwindigkeit des Verbrauchers ein. Dies führt bei dem Fahrer des Flurförderzeugs zu einem erhöhten Komfort, da Verbraucherbewegungen optimal ausgeführt werden, sowie zu reproduzierbaren Betätigungsgeschwindigkeiten des angesteuerten Verbrauchers über den gesamten Betriebsbereich. Der Fahrer des Flurförderzeugs ist zudem bei der Erfindung nicht mehr gezwungen, an dem Stellglied die Auslenkung nachjustieren, um eine erwartete Betätigungsgeschwindigkeit des angesteuerten Verbrauchers zu erzielen.

**[0010]** Bei der Erfindung ist die Hydraulikpumpe als Konstantpumpe mit einem konstanten Fördervolumen ausgebildet und wird bei der Ansteuerung des Verbrauchers der Volumenstrom der Hydraulikpumpe in Abhängigkeit von dem Stellsignal des Stellglieds, insbesondere eines Joysticks oder eines Handbedienhebels, durch eine Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors gesteuert. Bei einer als Konstantpumpe ausgebildete Hydraulikpumpe kann durch die Vorgabe einer Drehzahl der Konstantpumpe auf einfache Weise der von der Konstantpumpe geförderte Volumenstrom gesteuert werden.

**[0011]** Gemäß der Erfindung wird zur Kompensation der Einflüsse der Temperatur des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe geförderten Volumenstrom eine temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors durchgeführt. Dadurch kann auf einfache Weise der von einer als Konstantpumpe ausgebildeten Hydraulikpumpe geförderte Volumenstrom derart gesteuert werden, dass eine Kompensation der Einflüsse der Temperatur des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe geförderten Volumenstrom erfolgt, um über den gesamten Temperaturbetriebsbereich des Druckmittels für das Stellsignal des Stellglieds einen konstanten Volumenstrom für den Verbraucher bereit zu stellen.

**[0012]** Die temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe wird erfindungsgemäß derart durchgeführt, dass mit zunehmender Temperatur des Druckmittels die Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors erhöht wird. Da der Volumenstrom der Hydraulikpumpe - bei konstanter Drehzahl und konstantem Lastdruck des Verbrauchers - mit zunehmender Temperatur des Druckmittels abnimmt, kann mit der Erhöhung der Drehzahlvorgabe des Antriebsmotors bei zunehmender Temperatur des Druckmittels auf sichere Weise erzielt werden, dass die Hydraulikpumpe bei einer bestimmten Auslenkung des Stellglieds unabhängig von der Temperatur des Druckmittels einen konstanten Volumenstrom liefert.

**[0013]** Vorteilhafterweise wird hierzu das Kennfeld des volumetrischen Wirkungsgrades der Hydraulikpumpe ermittelt und werden mehrere Kennlinien für konstante Volumenströme bestimmt sowie aus den mehreren Kennlinien für konstante Volumenströme der viskositätsabhängige Faktor bestimmt. Das Kennfeld des volumetrischen Wirkungsgrades der Hydraulikpumpe wird hierzu bevorzugt für Zielbetriebspunkte inklusive der auftretenden Lastdrücke des Verbrauchers und gewünschter jeweils konstanter Volumenströme ermittelt, mit denen der Verbraucher betrieben werden soll. Sofern weiterhin mehrere Kennlinien für konstante Volumenströme bestimmt werden, die jeweils eine Funktion des volumetrischen Wirkungsgrades der Hydraulikpumpe sind, kann aus diesen Kennlinien der viskositätsabhängige Faktor bestimmt werden, der für die temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe verwendet wird.

**[0014]** Die Temperatur des Druckmittels wird bevorzugt mit einem Temperatursensor gemessen, der die Temperatur des Druckmittels in einem Behälter der Hydraulikanlage erfasst.

**[0015]** Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand des in den schematischen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Hierbei zeigt

Figur 1 einen Schaltplan einer Hydraulikanlage eines Flurförderzeugs gemäß der Erfindung,

Figur 2 ein Diagramm des volumetrischen Wirkungsgrades der Hydraulikpumpe der Hydraulikanlage der Figur 1 über die Viskosität des Druckmittels,

Figur 3 ein Diagramm der Viskosität des Druckmittels der Hydraulikanlage der Figur 1 über die Temperatur und

Figur 4 ein Diagramm des Volumenstroms  $Q$  der Hydraulikpumpe der Hydraulikanlage der Figur 1 über die Temperatur  $T$  des Druckmittels.

**[0016]** In der Figur 1 ist ein Schaltplan einer erfindungsgemäße Hydraulikanlage 1 eines Flurförderzeugs dargestellt.

Die Hydraulikanlage 1 weist eine von einem Antriebsmotor 2 angetriebene Hydraulikpumpe 3 auf und mindestens einen Verbraucher 4, der von dem Volumenstrom Q der Hydraulikpumpe 3 angetrieben ist.

[0017] Die Hydraulikpumpe 3 ist im offenen Kreislauf betrieben und saugt mit einer Ansaugleitung 5 Druckmittel aus einem Behälter 6 an und fördert den Volumenstrom Q in eine Förderleitung 7, die mit dem Verbraucher 4 in Verbindung steht. Bei einer Ansteuerung des Verbrauchers 4, d.h. bei einer Bewegung des Verbrauchers 4 stellt sich in der Förderleitung 7 der Lastdruck p des Verbrauchers 4 ein.

[0018] Die Hydraulikpumpe 3 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als Konstantpumpe mit einem konstanten Fördervolumen ausgebildet.

[0019] Der die Hydraulikpumpe 3 antreibende Antriebsmotor 2 ist beispielsweise als Elektromotor ausgebildet.

[0020] Eine elektronische Steuereinrichtung 10 ist eingangsseitig mit einem Stellglied 11 verbunden, beispielsweise einem Joystick oder einem Handbedienhebel, und steht ausgangsseitig mit dem Antriebsmotor 2 in Verbindung, um eine Drehzahl n zum Antrieb der Hydraulikpumpe 3 vorzugeben. Bei der Ansteuerung des Verbrauchers 4 wird von der elektronischen Steuereinrichtung 11 anhand des von dem betätigten Stellglied 11 erzeugten Stellsignals eine Drehzahl  $n_{\text{soll}}$  für den Antriebsmotors 2 vorgegeben, um in Abhängigkeit von dem Stellsignal des Stellglieds 11 einen entsprechenden Volumenstrom Q der Hydraulikpumpe 3 zur Betätigung des Verbrauchers 4 zu erzeugen. Der Antriebsmotor 2 stellt somit die Drehzahl n und ein entsprechendes Drehmoment M zum Antrieb der Hydraulikpumpe 3 zur Verfügung

[0021] Die als Konstantpumpe ausgebildete Hydraulikpumpe 3 liefert einen Volumenstrom Q gemäß folgender Gleichung:

$$Q = V \cdot n \cdot \eta_{\text{vol}} / 1000$$

wobei Q der Volumenstrom in l/min, V das Fördervolumen in  $\text{cm}^3$ , n die Drehzahl in 1/min und  $\eta_{\text{vol}}$  der volumetrische Wirkungsgrad der Hydraulikpumpe 3 ist.

[0022] Bei der als Konstantpumpe ausgebildeten Hydraulikpumpe 3 ist das Fördervolumen V konstant. Daher ist zur Bestimmung des Volumenstroms Q der volumetrische Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 die variable Größe. Der volumetrische Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 ist abhängig von der Drehzahl n, der Viskosität des Druckmittels, die sich über die Temperatur T des Druckmittels und den Typ des Druckmittels ändert und somit eine Funktion der Temperatur T des Druckmittels und des Typs des Druckmittels ist.

[0023] In der Figur 2 ist ein Diagramm des volumetrischen Wirkungsgrades  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 der Figur 1 über die Viskosität des Druckmittels dargestellt. Hierbei ist auf der Ordinate der volumetrische Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 und auf der Abszisse die Viskosität des Druckmittels dargestellt. In der Figur 2 ist dabei die Abhängigkeit des volumetrischen Wirkungsgrades  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 von der Viskosität des Druckmittels zu erkennen. Bei hoher Viskosität des Druckmittels ist der volumetrische Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 niedrig, mit geringer werdender Viskosität des Druckmittels nimmt der volumetrische Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 zu. In der Figur 2 ist mit dem Bereich X auch ein optimaler Viskositätsbereich für den Betrieb der Hydraulikpumpe 3 dargestellt, der nicht gleich, sondern kleiner als der gesamte Temperaturbetriebsbereich des Druckmittels der Hydraulikanlage 1 ist.

[0024] In der Figur 3 ist ein Diagramm der Viskosität des Druckmittels der Hydraulikanlage 1 der Figur 1 über die Temperatur T dargestellt. Hierbei ist auf der Ordinate die Viskosität eines Druckmittels und auf der Abszisse die Temperatur T dargestellt. In der Figur 3 ist dabei die Abhängigkeit der Viskosität eines Druckmittels von der Temperatur T zu erkennen. Die Viskosität des Druckmittels nimmt mit steigender Temperatur T ab. Die Viskosität des Druckmittels ist somit eine Funktion der Temperatur T.

[0025] Gemäß dem Diagramm der Figur 4, in der der Volumenstroms Q der Hydraulikpumpe 3 der Figur 1 über die Temperatur T des Druckmittels dargestellt ist, wobei auf der Ordinate der Volumenstrom Q der Hydraulikpumpe 3 und auf der Abszisse die Temperatur T des Druckmittels dargestellt ist, ist ersichtlich, dass die Hydraulikpumpe 3, bei konstanter Drehzahl n und konstantem Lastdruck p, einen Volumenstrom Q fördert, der sich aufgrund der Abhängigkeit des volumetrischen Wirkungsgrades  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 von der Viskosität über die Temperatur T des Druckmittels ändert. Mit zunehmender Temperatur T des Druckmittels verringert sich der Volumenstrom Q. Die Hydraulikpumpe 3 fördert somit gemäß dem Diagramm der Figur 4 in Abhängigkeit von der Temperatur T des Druckmittels bei konstanter Drehzahl n und konstantem Lastdruck p einen variierenden Volumenstrom Q, wodurch sich für die bei einer bestimmten Betätigung (Auslenkung) des Stellglieds 11 vorgegebene Drehzahl  $n_{\text{soll}}$  bei unterschiedlichen Temperaturen T unterschiedliche Bewegungsgeschwindigkeiten des Verbrauchers 4 einstellen.

[0026] Bei der erfindungsgemäßen Hydraulikanlage 1 ist ein die Temperatur T des Druckmittels im Behälter 6 erfassender Temperatursensor 12 vorgesehen, der eingangsseitig mit der elektronischen Steuereinrichtung 10 in Verbindung steht.

[0027] Um über den gesamten Temperaturbetriebsbereich des Druckmittels für das Stellsignal des Stellglieds 11 einen konstanten Volumenstrom Q für den Verbraucher 4 bereit zu stellen und somit zu erzielen, dass sich unabhängig von der Temperatur T des Druckmittels für ein bestimmtes Stellsignal des Stellglieds 11 immer die gleiche Bewegungsge-

schwindigkeit des Verbrauchers 4 ergibt, wird erfindungsgemäß bei der Ansteuerung des Verbrauchers 4 der Volumenstrom Q der Hydraulikpumpe 3 in Abhängigkeit von der Temperatur T des Druckmittels derart gesteuert, dass bei der Steuerung des Volumenstroms Q der Hydraulikpumpe 3 eine Kompensation der Einflüsse der Temperatur T des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe 3 geförderten Volumenstrom Q erfolgt. Hierzu wird erfindungsgemäß, wobei bei der Ansteuerung des Verbrauchers 4 der Volumenstrom Q der Hydraulikpumpe 3 in Abhängigkeit von dem Stellsignal des Stellglieds 11 durch eine Drehzahlvorgabe (Solldrehzahl)  $n_{\text{soll}}$  des Antriebsmotors 2 gesteuert wird, zur Kompensation der Einflüsse der Temperatur T des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe 3 geförderten Volumenstrom Q eine temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe (Solldrehzahl)  $n_{\text{soll}}$  des Antriebsmotors 2 durchgeführt. Erfindungsgemäß wird somit in Abhängigkeit von der mit dem Temperatursensor 12 gemessenen Temperatur T des Druckmittels die Drehzahl  $n_{\text{soll}}$  des Antriebsmotors 3 und somit die Drehzahl  $n_{\text{soll}}$  der Hydraulikpumpe 2 derart angepasst, dass unabhängig von der Temperatur T des Druckmittels für eine bestimmte Auslenkung und somit ein bestimmtes Stellsignal des Stellglieds 11 ein konstanter Volumenstrom Q zur Versorgung des Verbrauchers 4 erzeugt wird. Es wird somit dem Verbraucher 4 bei einer bestimmten Auslenkung des Stellglieds 11 durch eine individuelle Drehzahl n der Hydraulikpumpe 3 in Abhängigkeit von der jeweiligen Temperatur des Druckmittels ein von der Temperatur des Druckmittels unabhängiger Volumenstrom Q und somit ein über die Temperatur konstanter Volumenstrom Q zur Verfügung gestellt.

**[0028]** Um die temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe (Solldrehzahl)  $n_{\text{soll}}$  des Antriebsmotors 2 durchzuführen und die Einflüsse der schwankenden Temperatur T des Druckmittels auf den Volumenstrom Q zu kompensieren, um einen über die Temperatur T konstanten Volumenstrom Q für eine bestimmte Auslenkung des Stellglieds 11 zu erzielen, sind die genauen Daten zu der Hydraulikpumpe 3 bezüglich des Volumenstroms Q, der eine Funktion der Drehzahl n, des Lastdruckes p und des volumetrischen Wirkungsgrades  $\eta_{\text{vol}}$  ist, sowie die Temperatur T des Druckmittels erforderlich.

**[0029]** Die Temperatur T des Druckmittels wird mittels des Temperatursensors 12 gemessen und der elektronischen Steuereinrichtung 10 zur Verfügung gestellt.

**[0030]** Bei der Erfindung ist das Kennfeld des volumetrischen Wirkungsgrades  $\eta_{\text{vol}}$  der Hydraulikpumpe 3 zu ermitteln. Das Kennfeld ist hierbei insbesondere für Zielbetriebspunkte inklusive der auftretenden Lastdrücke p und gewünschter jeweils konstanter Volumenströme Q1, Q2, Q3 bis Qn, mit denen der Verbraucher 4 betrieben werden soll, zu ermitteln. Hierzu sind folgende Gleichungen von Relevanz:

Viskosität des Druckmittels = Funktion von Druckmittel (Gleichung 1)

Volumetrischer Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  = Funktion von Viskosität des Druckmittels, Drehzahl n und Lastdruck p (Gleichung 2)

Volumenstrom Q = konstant = Funktion von Verdrängervolumen V, Drehzahl n, Viskosität des Druckmittels, Volumetrischer Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  (Gleichung 3)

**[0031]** Hierzu können die Viskositäten des Druckmittels für verschiedene Temperaturen bestimmt werden, beispielsweise -10°C, -5°C, 0°C, +5°C, +15°C, +35°C, +65°C, +85°C und +95°C.

**[0032]** Mit den bereit gestellten Kennlinien für jeweils Volumenstrom Q = konstant = Funktion von Verdrängervolumen V, Drehzahl n, Viskosität des Druckmittels, volumetrischer Wirkungsgrad  $\eta_{\text{vol}}$  (gemäß Gleichung 3) kann dann ein viskositätsabhängiger Faktor k bestimmt werden.

**[0033]** Dieser viskositätsabhängige Faktor k, der in der elektronischen Steuereinrichtung 10 hinterlegt ist, dient zur temperaturabhängigen Anpassung der Drehzahlvorgabe (Solldrehzahl)  $n_{\text{soll}}$  gemäß folgender Formel:

$$n_{\text{soll}} = n_{\text{ideal}} + (n_{\text{ideal}} * k)$$

wobei  $n_{\text{soll}}$  die Drehzahlvorgabe (Solldrehzahl) für den Antriebsmotors 2 ist,  $n_{\text{ideal}}$  der der Auslenkung des Stellglieds 11 entsprechende Drehzahlvorgabewert ist und k der viskositätsabhängige Faktor ist.

**[0034]** Mittels der Faktorisierung ( $n_{\text{ideal}} * k$ ) wird somit erzielt, dass mit steigender Temperatur T des Druckmittels, die mittels des Temperatursensors 12 gemessen wird, die Drehzahlvorgabe (Solldrehzahl)  $n_{\text{soll}}$  für den Antriebsmotor 2 von der elektronischen Steuereinrichtung 10 erhöht wird, derart, dass bei einer bestimmten Auslenkung des Stellglieds 11 der Volumenstrom Q unabhängig von der Temperatur T ist und über die Temperatur T konstant ist. Dadurch wird der Verbraucher 4 unabhängig von der Temperatur T des Druckmittels bei einer bestimmten Auslenkung des Stellglieds 11 stets mit der gleichen (konstanten) Bewegungsgeschwindigkeit betrieben.

**[0035]** Bei der Erfindung wird somit bei einer entsprechenden Auslenkung des Stellglieds 11 mittels der individuellen Drehzahl der Hydraulikpumpe 3 in Abhängigkeit von der Temperatur T des Druckmittels dem Verbraucher 4 temperaturunabhängig ein konstanter Volumenstrom Q bereitgestellt.

**[0036]** Sofern die Hydraulikanlage 1 mehrere Verbraucher 4 umfasst, kann für jeden Verbraucher 4 ein viskositätsabhängiger Faktor k bestimmt und in der elektronischen Steuereinrichtung 10 hinterlegt werden, so dass jeder Verbraucher 4 separat parametrisiert wird.

**[0037]** Alternativ kann bei einer Hydraulikanlage 1 mit mehreren Verbraucher 4 ein allgemeingültiger viskositätsabhängiger Faktor k in der elektronischen Steuereinrichtung 10 hinterlegt werden, der bei vertretbarer Überversorgung der Verbraucher 4 mit dem Volumenstrom Q für alle Verbraucher 4 verwendet werden kann.

**[0038]** Zusätzlich kann mit einem Drucksensor der Lastdruck p des Verbrauchers 4 erfasst und der elektronischen Steuereinrichtung 10 zur Verfügung gestellt werden, wodurch auch die Auswirkungen des Lastdruckes p auf den volumetrischen Wirkungsgrad  $\eta_{vol}$  der Hydraulikpumpe 3 ausgeglichen werden könne.

**[0039]** Das erfindungsgemäße Verfahren weist eine Reihe von Vorteilen auf.

**[0040]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erhält der Fahrer des Flurförderzeugs für die gleiche Auslenkung des Stellglieds 11, d.h. einen bestimmten Auslenkungspunkt des Stellglieds 11, beispielsweise eines Joysticks oder eines Handbedienhebels, die gleiche Betätigungsgeschwindigkeit des Verbrauchers 4 über den gesamten Temperaturbetriebsbereich des Druckmittels. Dies führt zu einem erhöhten Komfort, da Verbraucherbewegungen optimal ausgeführt werden. Zudem werden reproduzierbare Betätigungsgeschwindigkeiten des angesteuerten Verbrauchers 4 über den gesamten Betriebsbereich erzielt. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist der Fahrer des Flurförderzeugs nicht mehr gezwungen, an dem Stellglied die Auslenkung nachzujustieren, um eine erwartete Betätigungsgeschwindigkeit des angesteuerten Verbrauchers 4 zu erzielen.

**[0041]** Die Hydraulikpumpe 3 wird immer im optimalen Drehzahlbereich betrieben und führt somit im Betriebspunkt immer zu den geringsten Geräuschbelastungen.

**[0042]** Im Betrieb der Hydraulikpumpe 3 außerhalb des in der Figur 2 verdeutlichten optimalen Viskositätsbereichs X kann durch eine reduzierte Nenndrehzahl der Hydraulikpumpe 3 und/oder durch eine reduzierte Drehzahldynamik eine verlängerte Lebensdauer (Laufzeit) der Hydraulikpumpe 3 erzielt werden. Kavitation in der Hydraulikpumpe 3 bei niedrigen Starttemperaturen und somit einer hohen Viskosität des Druckmittels sowie ein Schmierfilmaustritt in der Hydraulikpumpe 3 bei hohen Betriebstemperaturen und somit einer niedrigen Viskosität des Druckmittels können hierdurch verhindert werden. Dies kann bei dem erfindungsgemäßen Verfahren durch Implementieren einer Warmlaufphase und/oder Abkühlphase erfolgen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Hydraulikanlage (1) eines Flurförderzeugs, die eine von einem Antriebsmotor (2) angetriebene Hydraulikpumpe (3) aufweist und mindestens einen von dem Volumenstrom (Q) der Hydraulikpumpe (3) angetriebenen Verbraucher (4) aufweist, wobei bei der Ansteuerung des Verbrauchers (4) der Volumenstrom (Q) der Hydraulikpumpe (3) in Abhängigkeit von dem Stellsignal eines Stellglieds (11), insbesondere eines Joysticks oder eines Handbedienhebels, gesteuert wird, wobei die Hydraulikpumpe (3) als Konstantpumpe mit einem konstanten Fördervolumen (V) ausgebildet ist und bei der Ansteuerung des Verbrauchers (4) der Volumenstrom (Q) der Hydraulikpumpe (3) in Abhängigkeit von dem Stellsignal des Stellglieds (11), insbesondere eines Joysticks oder eines Handbedienhebels, durch eine Drehzahlvorgabe ( $n_{soll}$ ) des Antriebsmotors (2) gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur (T) des Druckmittels mit einem Temperatursensor (12) gemessen wird und bei der Ansteuerung des Verbrauchers (4) der Volumenstrom (Q) der Hydraulikpumpe (3) in Abhängigkeit von der Temperatur (T) des Druckmittels derart gesteuert wird, dass bei der Steuerung des Volumenstroms (Q) der Hydraulikpumpe (3) eine Kompensation der Einflüsse der Temperatur (T) des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe (3) geförderten Volumenstrom (Q) erfolgt, wodurch über den gesamten Temperaturbetriebsbereich des Druckmittels für das Stellsignal des Stellglieds (11) ein konstanter Volumenstrom (Q) für den Verbraucher (4) bereit gestellt wird, wobei zur Kompensation der Einflüsse der Temperatur (T) des Druckmittels auf den von der Hydraulikpumpe (3) geförderten Volumenstrom (Q) eine temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe ( $n_{soll}$ ) des Antriebsmotors (2) durchgeführt wird und die temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe ( $n_{soll}$ ) derart durchgeführt wird, dass mit zunehmender Temperatur (T) des Druckmittels die Drehzahlvorgabe ( $n_{soll}$ ) des Antriebsmotors (2) erhöht wird, wobei die temperaturabhängige Anpassung der Drehzahlvorgabe ( $n_{soll}$ ) durch eine Faktorisierung ( $n_{ideal} \cdot k$ ) mit einem viskositätsabhängigen Faktor (k) erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kennfeld des volumetrischen Wirkungsgrades ( $\eta_{vol}$ ) der Hydraulikpumpe (3) ermittelt wird, mehrere Kennlinien für konstante Volumenströme (Q) bestimmt werden und aus den mehreren Kennlinien für konstante Volumenströme (Q) der viskositätsabhängige Faktor (k) bestimmt

wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Temperatursensor (12) die Temperatur (T) des Druckmittels in einem Behälter (6) der Hydraulikanlage (1) erfasst.

5

## Claims

1. Method for operating a hydraulic system (1) of an industrial truck, which hydraulic system (1) has a hydraulic pump (3) which is driven by a drive motor (2), and at least one consumer (4) which is driven by the volume flow (Q) of the hydraulic pump (3), wherein when the consumer (4) is actuated the volume flow (Q) of the hydraulic pump (3) is controlled as a function of the actuating signal of an actuator element (11), in particular of a joystick or of a manual operator lever, wherein the hydraulic pump (3) is configured as a fixed displacement pump with a fixed delivery volume (V), and when the consumer (4) is actuated the volume flow (Q) of the hydraulic pump (3) is controlled as a function of the actuating signal of the actuator element (11), in particular of a joystick or of a manual operator lever, by means of a rotational speed specification ( $n_{soll}$ ) of the drive motor (2), **characterized in that** the temperature (T) of the pressure medium is measured with a temperature sensor (12), and when the consumer (4) is actuated the volume flow (Q) of the hydraulic pump (3) is controlled as a function of the temperature (T) of the pressure medium in such a way that when the volume flow (Q) of the hydraulic pump (3) is controlled, the influences of the temperature (T) of the pressure medium on the volume flow (Q) which is delivered by the hydraulic pump (3) are compensated, as a result of which a fixed volume flow (Q) for the consumer (4) is made available over the entire temperature operating range of the pressure medium for the actuating signal of the actuator element (11), wherein in order to compensate the influences of the temperature (T) of the pressure medium on the volume flow (Q) which is delivered by the hydraulic pump (3) a temperature-dependent adaptation of the rotational speed specification ( $n_{soll}$ ) of the drive motor (2) is carried out, and the temperature-dependent adaptation of the rotational speed specification ( $n_{soll}$ ) is carried out in such a way that as the temperature (T) of the pressure medium rises the rotational speed specification ( $n_{soll}$ ) of the drive motor (2) is increased, wherein the temperature-dependent adaptation of the rotational speed specification ( $n_{soll}$ ) is carried out by factorizing ( $n_{ideal} \cdot k$ ) with a viscosity-dependent factor (k).
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the characteristic diagram of the volumetric efficiency ( $\eta_{vol}$ ) of the hydraulic pump (3) is determined, a plurality of characteristic curves for fixed volume flows (Q) are determined, and the viscosity-dependent factor (k) is determined from the plurality of characteristic curves for fixed volume flows (Q).
3. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the temperature sensor (12) senses the temperature (T) of the pressure medium in a container (6) of the hydraulic system (1).

## Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'une installation hydraulique (1) d'un chariot de manutention, laquelle comporte une pompe hydraulique (3) entraînée par un moteur d'entraînement (2) et au moins un consommateur (4) entraîné par le débit volumétrique (Q) de la pompe hydraulique (3), le débit volumétrique (Q) de la pompe hydraulique (3) étant commandé, lors de la commande du consommateur (4), en fonction du signal de réglage d'un actionneur (11), en particulier d'une manette de commande ou d'un levier de commande manuelle, la pompe hydraulique (3) étant conçue comme une pompe à cylindrée constante ayant un volume débité constant (V) et le débit volumétrique (Q) de la pompe hydraulique (3) étant commandé, lors de la commande du consommateur (4), en fonction du signal de réglage d'un actionneur (11), en particulier d'une manette de commande ou d'un levier de commande manuelle, par une spécification de vitesse de rotation ( $n_{soll}$ ) du moteur d'entraînement (2), **caractérisé en ce que** la température (T) de l'agent sous pression est mesurée avec un capteur de température (12) et le débit volumétrique (Q) de la pompe hydraulique (3) est commandé, lors de la commande du consommateur (4), en fonction de la température (T) de l'agent sous pression de telle sorte qu'une compensation des influences de la température (T) de l'agent sous pression sur le débit volumétrique (Q) produit par la pompe hydraulique (3) soit effectuée lors de la commande du débit volumétrique (Q) de la pompe hydraulique (3) de manière à produire un débit volumétrique constant (Q) pour le consommateur (4) sur toute la plage de fonctionnement de température de l'agent sous pression pour le signal de réglage de l'actionneur (11), une adaptation de la spécification de vitesse de rotation ( $n_{soll}$ ) du moteur d'entraînement (2) en fonction de la température étant effectuée pour compenser les influences de la température (T) de l'agent sous pression sur le débit volumétrique (Q) produit par la pompe hydraulique (3) et l'adaptation de la spécification de vitesse de rotation ( $n_{soll}$ ) en fonction de la température étant effectuée de façon à augmenter la spécification de

## EP 3 378 827 B2

vitesse de rotation ( $n_{\text{soll}}$ ) du moteur d'entraînement (2) lorsque la température (T) de l'agent sous pression augmente, l'adaptation de la spécification de vitesse de rotation ( $n_{\text{soll}}$ ) étant effectuée par une factorisation ( $n_{\text{ideal}} \cdot k$ ) avec un facteur (k) dépendant de la viscosité.

- 5    **2.** Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on détermine le diagramme caractéristique du rendement volumétrique ( $\eta_{\text{vol}}$ ) de la pompe hydraulique (3), l'on détermine une pluralité de courbes caractéristiques pour des débits volumétriques constants (Q) et l'on détermine le facteur (k) dépendant de la viscosité à partir de la pluralité de courbes caractéristiques pour des débits volumétriques constants (Q).
- 10   **3.** Procédé selon l'une des revendications 1 à 2, **caractérisé en ce que** le capteur de température (12) détecte la température (T) de l'agent sous pression dans un récipient (6) de l'installation hydraulique (1).

15

20

25

30

35

40

45

50

55



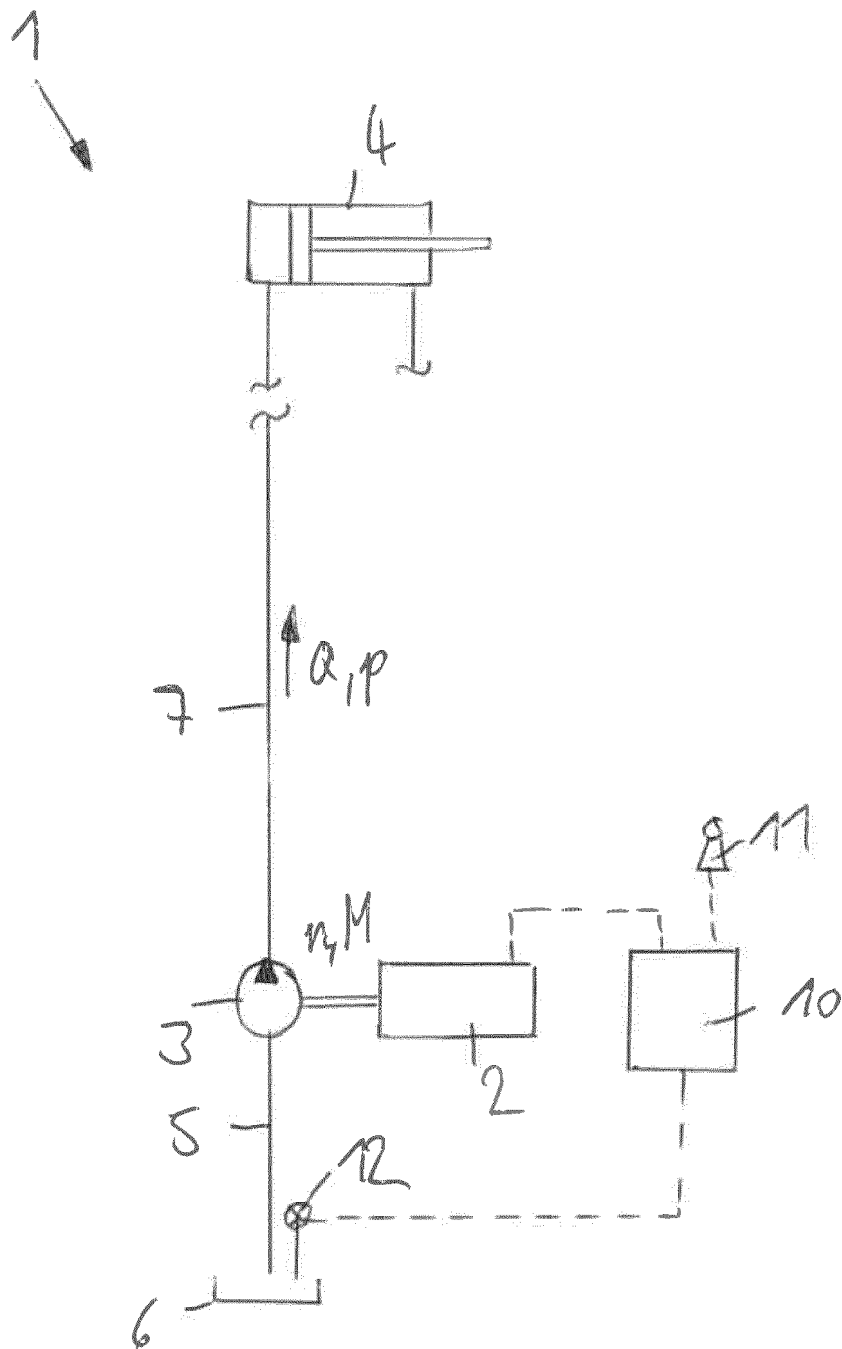
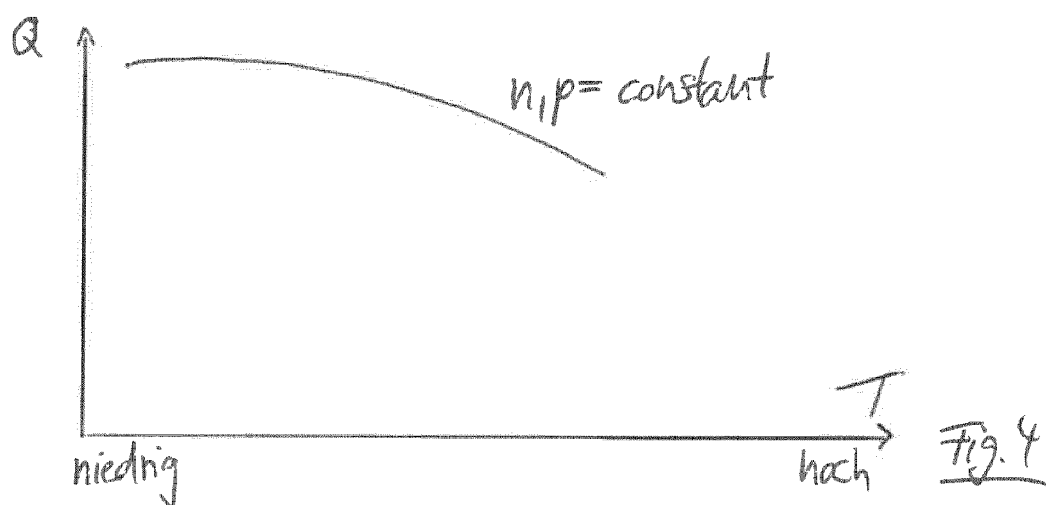
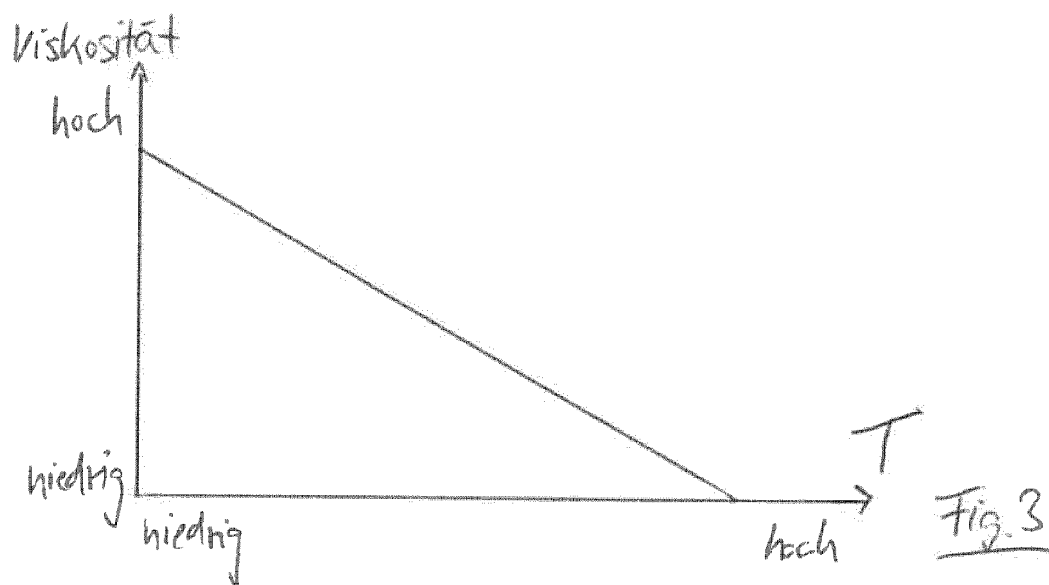
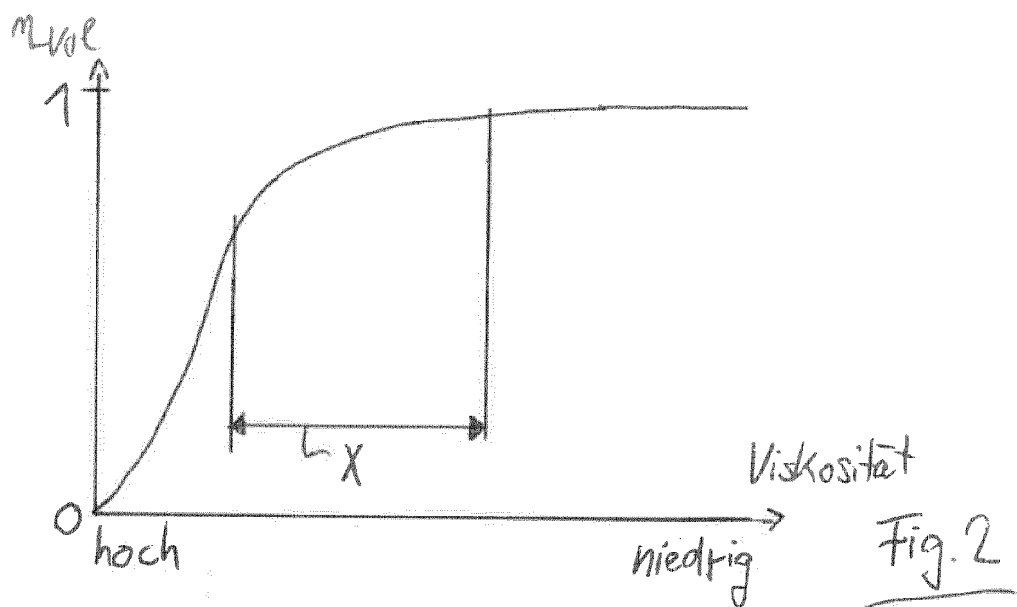


Fig. 1



**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**

- DE 10128583 A1 [0002]
- US 6005360 A1 [0002]
- JP 2010255780 A [0003]