

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung des aktuellen Füllstandes eines Volumens oder der Position der beweglichen Komponente eines fluidtechnischen Aktuators. Weiterhin betrifft die Erfindung eine fluidtechnische Vorrichtung. Die fluidtechnische Vorrichtung kann Volumen umfassen, dessen Füllstand mittels des erfinderischen Verfahrens bestimmt wird. In einer Ausführungsform kann die fluidtechnische Vorrichtung mit einem fluidtechnischen Aktuator ausgestattet sein, bei dem die Position einer beweglichen Komponente des Aktuators mit dem erfinderischen Verfahren bestimmt wird. Ein fluidtechnischer Aktuator kann dabei sowohl ein hydraulischer Zylinder als auch ein Hydromotor mit einem Anschlag sein. Mit der beweglichen Komponente ist die Komponente des fluidtechnischen Aktuators gemeint, die die erzeugte Kraft oder Drehmoment auf das zu bewegendes Objekt überträgt. Dies ist zum Beispiel bei einem hydraulischen Zylinder der Zylinderkolben oder bei einem hydraulischen Zahnradmotor die Welle eines Zahnrads. Die Position der beweglichen Komponente wird bei translatorisch wirkenden fluidtechnischen Aktuatoren durch ein Längenmaß und bei rotatorisch wirkenden fluidtechnischen Aktuatoren, wie z. B. einem Zahnradmotor, durch ein Winkelmaß bestimmt, insbesondere durch den Drehwinkel einer Welle eines Zahnrads. Der Anschlag des Hydromotors begrenzt hierbei den Bewegungsumfang der beweglichen Komponente, d. h. dass die Position der beweglichen Komponente einen Maximalwert nicht überschreiten kann. Ein derartiger Anschlag kann durch eine mechanische Blockierung oder aber durch ein Softwaresignal gebildet werden. Der Anschlag kann unmittelbar auf die bewegliche Komponente des Hydromotors wirken oder mittelbar zum Beispiel über das zu bewegendes Objekt.

[0002] Die deutsche Offenlegungsschrift DE 100 24 009 A1 beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Betätigung eines Hydraulikzylinders. Dabei soll das Verfahren das Problem überwinden, dass ein Hydraulikzylinderkolben mit großer Geschwindigkeit auf ein Hubende des Zylinders trifft. Ein Positionssensor fühlt die Position des Hydraulikzylinderkolbens ab und erzeugt ein Positionssignal. Eine elektronische Steuervorrichtung empfängt ein Bedienerbefehlssignal beispielsweise zur Verfahrensgeschwindigkeit des Hydraulikzylinderkolbens und das Positionssignal bestimmt die Ist-Geschwindigkeit des Hydraulikzylinderkolbens und bestimmt einen Grenzwert ansprechend auf die Ist-Geschwindigkeit des Hydraulikzylinderkolbens. Zusätzlich vergleicht die Steuervorrichtung die Bedienersignalgröße mit dem Grenzwert und erzeugt ein Flusssteuersignal ansprechend auf den Vergleich. Eine elektrohydraulische Steuervorrichtung empfängt das Flusssteuersignal und steuert darauf ansprechend die Bewegung des Hydraulikzylinderkolbens.

[0003] Fluidtechnische Aktuatoren werden in der Antriebstechnik u.a. geschwindigkeits- und druckgeregelt

verwendet. Soll ein fluidtechnischer Aktuator auf beide Arten geregelt werden, muss zwischen den beiden Betriebsarten umgeschaltet werden. Im Umschaltpunkt sind die Sollwerte der beiden Regelkreise aneinander anzupassen, um eine schlagfreie Umschaltung zu gewährleisten. Dies setzt einen Positions- und einen Drucksensor voraus. Anhand der Sensorsignale kann ein Umschaltpunkt definiert werden.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Bestimmung des aktuellen Füllstandes eines Behältnisses oder der aktuellen Position der beweglichen Komponente eines fluidtechnischen Aktuators anzugeben, ohne Signale eines Positionssensors zu benutzen. Weiterhin ist es Aufgabe der Erfindung, ein fluidtechnisches System bereitzustellen, bei dem der Füllstand des Behältnisses oder die Position der beweglichen Komponente eines fluidtechnischen Aktuators mit dem erfinderischen Verfahren bestimmt wird.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens ergeben sich aus den Unteransprüchen 2-8. Die Aufgabe wird ferner durch eine Vorrichtung nach Anspruch 9 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Vorrichtung ergeben sich aus den Unteransprüchen 10-15.

[0006] In einem ersten Ausführungsbeispiels des Verfahrens zur Bestimmung eines Füllstandes eines Fluides in einem nicht von außen zugänglichen oder einsehbaren Behältnisses, wobei das Behältnis über ein Regelventil, enthaltend ein Verschlusselement, angesteuert wird, umfasst das Verfahren die Schritte,

a) Ermittlung des maximalen Wertes (W_{\max}) einer physikalischen Größe ($G_{\text{ph,best}}$);

b) Bestimmung des momentanen Wertes (W_{akt}) der physikalischen Größe ($G_{\text{ph,best}}$);

c) Vergleich des momentanen Wertes (W_{akt}) mit dem maximalen Wert (W_{\max}) der physikalischen Größe ($G_{\text{ph,best}}$), und Ableiten einer Aussage über den aktuellen Füllstand des Fluids im Behältnis aus diesem Vergleich.

[0007] Der Füllstand wird somit nicht unmittelbar gemessen sondern mittelbar über gemessene physikalische Größen wie z.B. den Druck bestimmt, aus denen sich der Füllstand ableiten lässt. Der Begriff Füllstand ist dabei so zu verstehen, dass es zwei gegeneinander abgrenzbare Teilvolumina innerhalb des Behältnisses gibt. Diese Teilvolumina können z.B. durch eine Phasengrenze (flüssiges Fluid/gasförmiges Fluid) voneinander getrennt sein oder aber durch einen mechanische Separator wie z.B. ein Zylinderkolben getrennt sein. Der maximale Wert der physikalischen Größe könnte das maximale Volumen des Behältnisses sein, und der momentane Wert der physikalischen Größe das durch das Fluid

innerhalb des Behältnisses zu einem bestimmten Zeitpunkt ausgefüllte Volumen sein. Der momentane Wert des Volumens des durch das z.B. flüssige Fluid innerhalb des Behältnisses zu diesem Zeitpunkt ausgefüllten Volumens oder die Position des Separators könnte aus dem Volumenstrom des Fluids in das Behältnis oder aus dem Behältnis bestimmt werden. Der Volumenstrom des Fluids ließe sich z.B. aus den Größen Druck des Fluids im System, dem Druck des Fluids vor und/oder hinter dem Verschlusselement, sowie aus der Position des Verschlusselements bestimmt werden.

[0008] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird das Verfahren zur Bestimmung einer aktuellen Position (x_r) einer beweglichen Komponente eines fluidtechnischen Aktuators verwendet. Der fluidtechnische Aktuator wird über ein Regelventil, enthaltend ein Verschlusselement, angesteuert. Das Verfahren umfasst die Schritte,

a) Ermittlung des maximalen Wertes (W_{\max}) einer physikalischen Größe ($G_{ph,best}$), die Position der beweglichen Komponente beinhaltend; anschließend

b) Bestimmung des momentanen Wertes (W_{akt}) der physikalischen Größe ($G_{ph,best}$), die Position der beweglichen Komponente beinhaltend; anschließend

c) Vergleich des momentanen Wertes (W_{akt}) mit dem maximalen Wert (W_{\max}) der physikalischen Größe ($G_{ph,best}$), die Position der beweglichen Komponente beinhaltend, und Ableiten einer Aussage über die aktuelle Position der beweglichen Komponente aus diesem Vergleich.

[0009] Die vorliegende Erfindung ermöglicht eine Bestimmung des Füllstands eines Volumens bzw. der Position der beweglichen Komponente eines über ein Regelventil mit einem Verschlusselement angesteuerten fluidtechnischen Aktuators mit Hilfe einer beobachtbaren physikalischen Größe, die die Position der beweglichen Komponente beinhaltet. Dazu wird zunächst der maximale Wert der physikalischen Größe ermittelt. Der Begriff "ermitteln" umfasst dabei sowohl die direkte oder indirekte Messung des maximalen Werts der physikalischen Größe als auch die Übernahme eines entsprechenden vorgegebenen Wertes, der z.B. in einem Datenspeicher abgespeichert ist. Anschließend wird der momentane Wert der physikalischen Größe ermittelt, um eine Aussage über den aktuellen Füllstand oder die aktuelle Position der beweglichen Komponente aus einem Vergleich des momentanen Wertes mit dem maximalen Wert der physikalischen Größe zu treffen. Somit ermöglicht die vorliegende Erfindung eine Bestimmung des Füllstands bzw. eine schlagfreie Umschaltung zwischen dem geschwindigkeits- und druckgeregelten Betrieb eines fluidtechnischen Aktuators, ohne dass ein Positionssensor zur Bestimmung der aktuellen Position der beweglichen Komponente zur Verfügung stehen muss.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Er-

findung weist der fluidtechnische Aktuator mindestens eine Zylinderkammer auf und die physikalische Größe ist das Volumen der mindestens einen Zylinderkammer. Der momentane Wert des Volumens der mindestens einen Zylinderkammer wird dabei aus dem Volumenstrom des fluidtechnischen Mediums zum fluidtechnischen Aktuators bestimmt, wobei der Volumenstrom des fluidtechnischen Mediums zum fluidtechnischen Aktuator aus den Größen Druck des fluidtechnischen Mediums im System und Druck des fluidtechnischen Mediums in der mindestens einen Zylinderkammer sowie der Position des Verschlusselements bestimmt wird. Dabei kann die Position des Verschlusselements mittels einer direkten Messung bestimmt werden. Es ist aber auch möglich, die Position des Verschlusselements indirekt aus einer Größe zu bestimmen, die mit der Position des Verschlusselements in Beziehung steht. Wird das Verschlusselement elektrisch angesteuert, kann dies beispielsweise die Ansteuerung sein. Die Bestimmung des momentanen Volumens der mindestens einen Zylinderkammer erfolgt dabei durch Integration des Volumenstroms. Ein einmalig ermitteltes oder vorgegebenes maximales Volumen wird als Referenz für den maximalen Zylinderhub verwendet.

[0011] Die verwendeten Signale (Systemdruck, Kammerdruck sowie Verschlusselementposition) stehen in den meisten Systemen standardmäßig zur Verfügung. Somit kann beispielsweise der Umschaltpunkt zwischen der Geschwindigkeits- und Druckregelung bestimmt und eine schlagfreie Umschaltung gewährleistet werden, ohne dass ein Positionssensor, der die Position des Zylinderkolbens detektiert, vorhanden sein muss. Dieses Verfahren ist universell und kann z. B. bei Zylindern unterschiedlicher Größe angewendet werden.

[0012] Das einmalig ermittelte oder vorgegebene maximale Volumen wird als Referenz für den maximalen Zylinderhub verwendet. Das im Betrieb bestimmte Volumen repräsentiert dabei die momentane Zylinderkolbenposition. Der Vergleich der beiden Größen maximales Volumen und bestimmtes Volumen ermöglicht eine Aussage zu der aktuellen Zylinderkolbenposition.

[0013] Alternativ zum Volumen der mindestens einen Zylinderkammer kann auch die hydraulische Kapazität einer in einer Zylinderkammer eingeschlossenen Ölfeder als physikalische Größe, die Position des Zylinderkolbens beinhaltend, benutzt werden.

[0014] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft eine fluidtechnische Vorrichtung. Die fluidtechnische Vorrichtung weist ein nicht von außen zugängliches oder einsehbares Behältnis auf. Der Füllstand des Behältnisses mit einem Fluid wird über ein Regelventil, enthaltend ein Verschlusselement, angesteuert. Des Weiteren weist die fluidtechnische Vorrichtung ein elektronisches Steuerungsmittel, Mittel zur Messung physikalischer Größen (G_{ph}) und ein Steuerungsprogramm auf. Das Steuerungsprogramm umfasst einen Algorithmus zur Bestimmung des aktuellen Füllstands des Fluids im Behältnis aus einer beobachteten physikalischen Größe

($G_{ph,best}$), wobei die beobachtete physikalische Größe ($G_{ph,best}$) in dem Steuerungsprogramm aus den gemessenen physikalischen Größen (G_{ph}) errechnet wird. Das Steuerungsprogramm arbeitet somit das zuvor beschriebene Verfahren ab.

[0015] Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen fluidtechnischen Vorrichtung weist einen fluidtechnischen Aktuator mit einer beweglichen Komponente auf, wobei der fluidtechnische Aktuator ebenfalls über ein Regelventil, enthaltend ein Verschlusselement, angesteuert wird. Weiterhin weist die fluidtechnische Vorrichtung eine elektronische Steuerung, Mittel zur Messung physikalischer Größen und ein Steuerungsprogramm auf. Das Steuerungsprogramm enthält einen Algorithmus zur Bestimmung der aktuellen Position der beweglichen Komponente aus einer beobachteten physikalischen Größe, welche die Position der beweglichen Komponente beinhaltet, wobei die beobachtete physikalische Größe in dem Steuerungsprogramm aus den gemessenen physikalischen Größen errechnet wird.

[0016] In einer vorteilhaften Ausführungsform weist der fluidtechnische Aktuator mindestens eine Zylinderkammer auf und die beobachtete physikalische Größe ist das Volumen der mindestens einen Zylinderkammer. Dabei können die Mittel zur Beobachtung physikalischer Größen einen Sensor zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums im System, einen Sensor zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums in der mindestens einen Zylinderkammer und/oder einen Sensor zur Ermittlung der Position des Verschlusselements umfassen. Wird die Position des Verschlusselements indirekt bestimmt, können die Mittel zur Beobachtung physikalischer Größen auch Mittel zur Bestimmung dieser indirekten Größen umfassen, wie beispielsweise ein Mittel zur Bestimmung der Ansteuerspannung im Falle der elektrischen Ansteuerung des Verschlusselements.

[0017] Der Algorithmus zur Beobachtung der Volumina kann beispielsweise als ein Teil der Software in der Ventilelektronik beziehungsweise in einer übergeordneten Steuerung umgesetzt sein.

[0018] Diese Erfindung erlaubt, einen Füllstands oder Positions- beziehungsweise Geschwindigkeitsregelkreis aufzubauen, ohne dass ein direkt gemessenes Füllstands- oder Positionssignal zur Verfügung steht. Sollte ein Füllstandssensor oder Positionssensor dennoch vorhanden sein, kann das beschriebene Verfahren zu Diagnosezwecken verwendet werden. Auch zur Umsetzung einer Notlaufstrategie kann das Verfahren genutzt werden. Das Verfahren kann nicht nur mit einem Zylinderkammervolumen oder der hydraulischen Kapazität einer eingeschlossenen Ölfeder, sondern mit jeglicher physikalischen Größe umgesetzt werden, die die Position der beweglichen Komponente beinhaltet.

[0019] Weitere Vorteile, Besonderheiten und zweckmäßige Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Darstellung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Ab-

bildungen.

[0020] Von den Abbildungen zeigt:

Fig. 1 Blockschaltbild einer ersten erfindungsgemäßen fluidtechnischen Vorrichtung

Fig. 2 Blockschaltbild einer zweiten erfindungsgemäßen hydraulischen Vorrichtung

Fig. 3 Kennlinien

[0021] Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen fluidtechnischen Vorrichtung 1. Das Behältnis in Form eines Behälters 15 weist ein Volumen auf, das von außen nicht eingesehen werden kann. Das Volumen kann zumindest teilweise mit Hilfe einer Pumpe mit einem Fluid gefüllt werden, so dass das Volumen einen bestimmten Füllstand V_f aufweist. Der Begriff Füllstand ist dabei so zu verstehen, dass es zwei gegeneinander abgrenzbare Teilvolumina innerhalb des Behältnisses gibt. Diese Teilvolumina können z.B. durch eine Phasengrenze (flüssiges Fluid/gasförmiges Fluid) voneinander getrennt sein oder aber durch einen mechanischen Separator wie z.B. ein Zylinderkolben 11, der in Fig. 2 näher beschrieben wird. Im Falle des mechanischen Separators können in den Teilvolumen ein oder zwei kompressible Fluide wie z.B. Gase vorhanden sein (Pneumatik), oder ein oder zwei inkompressible Fluide wie z.B. Hydrauliköl vorhanden sein, die durch den Separator getrennt werden. In dem in Fig. 1 geschilderten Ausführungsbeispiel befindet sich in einem ersten Teilvolumen 16 ein Hydrauliköl und in einem zweiten Teilvolumen 17 ein Gas wie z.B. Luft. Der Behälter 15 weist zudem keine Mittel zur direkten Detektion des Füllstandes V_f oder alternativ zur Bestimmung der Position der Phasengrenze auf, so dass der Füllstand V_f nicht direkt gemessen werden kann.

[0022] Der Behälter 15 wird über ein Regelventil 20, das ein Verschlusselement 21 aufweist, angesteuert. In der Fig. 1 ist ein 4/3-Wegeventil mit Sperr-Mittelstellung gezeigt. Die Erfindung ist aber nicht auf die Verwendung eines solchen Ventils beschränkt, sondern es können auch andere Regelventile zum Einsatz kommen. Das Regelventil 20 weist ein Mittel 44 zur Messung der Position y_{VK} des Verschlusselements 21 auf. Bei diesem Mittel 44 kann es sich beispielsweise um einen induktiven Wegaufnehmer handeln. Aber auch alle anderen geeigneten Mittel 44 zur Messung der Position y_{VK} des Verschlusselements 21, die auch nicht zwingend mit dem Regelventil 20 verbunden sein müssen, sind von der Erfindung umfasst. Die Arbeitsanschlüsse A, B des Ventils sind mit dem ersten Teilvolumen 16 beziehungsweise dem zweiten Teilvolumen 17 verbunden. Die Arbeitsanschlüsse S und T sind mit einer Hydraulikpumpe 25 beziehungsweise mit der Rücklaufleitung verbunden. In den jeweiligen Druckleitungen 2,3 sind Mittel 42,43 zur Messung des Drucks der jeweiligen Fluide p_{12} , p_{13} vorgesehen. Dabei kann es sich beispielsweise um Manometer handeln, die

eine zum jeweiligen gemessenen Druck p_{12} , p_{13} proportionale elektrische Spannung ausgeben. Diese Mittel 42,43 können aber auch andere Ausführungsformen aufweisen und sich auch an anderer Stelle befinden, solange sie geeignet sind, den Druck der Fluide p_{12} , p_{13} in den jeweiligen Teilvolumen 16, 17 zu messen. Die Messung der Drucks p_{13} und des nachfolgend beschriebenen Drucks p_T ist dabei in diesem Ausführungsbeispiel optional. Weiterhin weist die Vorrichtung ein Mittel 41 zur Messung des Drucks des z.B. Hydrauliköls p_S zwischen dem Regelventil 20 und der Hydraulikpumpe 25 auf, bei dem es sich ebenfalls beispielsweise um ein Manometer handeln kann, das eine zum jeweiligen gemessenen Druck p_S proportionale elektrische Spannung ausgibt. Schließlich weist die Vorrichtung ein Mittel 46 zur Messung des Drucks des z.B. Hydrauliköls p_T zwischen dem Regelventil 20 und dem Tank auf, bei dem es sich ebenfalls beispielsweise um ein Manometer handeln kann, das ein zum jeweiligen gemessenen Druck p_T proportionales elektrisches Signal ausgibt.

[0023] Zur Bestimmung des Füllstands V_r werden die gemessenen Werte p_{12} , p_{13} , p_S , p_T , y_{VK} einem elektronischen Steuerungsmittel 30 zugeleitet, wobei der Wert p_{13} und p_T in diesem Fall lediglich optional ist. Hier werden in einem ersten Schritt in einem ersten Rechenwerk 31 der Momentanwert des ersten Teilvolumens 16 $W_{12,akt}$ bestimmt. Dazu wird mittels der Gleichung

$$Q_A = K_1 y_{VK} \left(\frac{2(p_S - p_{12})}{\rho} \right)^{1/2} \quad (1)$$

zunächst der in das erste Teilvolumen 16 geflossene Volumenstrom Q_A bestimmt, wobei K_1 den Durchflussfaktor oder den Durchflusskoeffizient des Regelventils 20 von S nach A bezeichnet, und p die Dichte des Fluids (Hydrauliköl) bezeichnet. Er ist ein Maß für den erzielbaren Durchsatz einer Flüssigkeit oder eines Gases durch das Regelventil für den Weg S nach A. Wird der bestimmte Volumenstrom Q_A über die Zeit integriert, in der das Hydrauliköl in den Behälter 15 einfließt, wird eine Aussage über das in den Behälter 15 geflossene Volumen $W_{12,akt}$ gewonnen. Im Falle eines aus dem Teilvolumen 16 ausfließenden Fluids wird der Term $(p_S - p_{12})$ unter der Wurzel in Gleichung (1) durch den Term $(p_{12} - p_T)$ ersetzt.

[0024] In einem zweiten Schritt werden in einem zweiten Rechenwerk 32 das aktuell bestimmte Volumen $W_{12,akt}$ zu dem maximalen Volumen $W_{12,max}$ ins Verhältnis gesetzt, wodurch man das normierte Volumen erhält. Das entsprechende maximale Volumen $W_{12,max}$ könnte dabei als Konstante vorgegeben sein, wenn die konstruktiven Daten des Behälters 15 bekannt wären. Das entsprechende maximale Volumen $W_{12,max}$ könnte aber auch während einer Referenzfahrt wie oben beschrieben ermittelt werden, wenn die konstruktiven Daten des Be-

hälters 15 beispielsweise a priori nicht bekannt sind. Sieht man von der inneren Leckage des Behälters 15 ab, so entspricht der Verlauf eines normierten Volumens dem Füllstand V_r .

[0025] Zur Verdeutlichung der Verfahrensschritte wurden in der Fig. 1 ein erstes Rechenwerk 31 und ein zweites Rechenwerk 32 eingezeichnet, wobei in dem ersten Rechenwerk 31 die Bestimmung des Momentanwertes des Volumens $W_{12,akt}$ erfolgt, während in dem zweiten Rechenwerk 32 die Bestimmung des Füllstands V_c erfolgt. Es ist aber nicht zwingend erforderlich, dass diese Bestimmungen in unterschiedlichen Rechenwerken 31,32 erfolgen. Das elektronische Steuerungsmittel 30 kann für die Bestimmung auch nur ein Rechenwerk 31,32 aufweisen. Ebenso kann das elektronische Steuerungsmittel 30 auch aus einer integrierten Ventilelektronik bestehen.

[0026] Um die Genauigkeit zu vergrößern, kann man zudem in analoger Art und Weise den Druck p_{13} verwenden. In diesem Fall wird zusätzlich der Atmosphärendruck p_T (oder allgemeiner der am vierten Arbeitsanschluss T des Regelventils 20 anliegende Druck) bestimmt, und der aus dem zweiten Teilvolumen 17 ausströmende Volumenstrom somit mittels der Gleichung

$$Q_B = K_2 y_{VK} \left(\frac{2(p_{13} - p_T)}{\rho} \right)^{1/2} \quad (2)$$

bestimmt, wobei K_2 den Durchflussfaktor oder den Durchflusskoeffizient des Regelventils 20 von B nach T bezeichnet. Die Bestimmung des aus dem zweiten Teilvolumen einströmenden Volumens $W_{13,akt}$ erfolgt dann wieder über Zeitintegration des Volumenstroms Q_B über die Zeitdauer des Ausströmens. Hat der Behälter ein Gesamtvolumen V , so sollte sich V immer zu $V = W_{12,akt} + W_{13,akt}$ ergeben, sofern sich kein mechanischer Separator im Behälter 15 befindet. Im Falle eines in das Teilvolumen 17 einfließenden Fluids wird der Term $(p_{13} - p_T)$ unter der Wurzel in Gleichung (1) durch den Term $(p_S - p_{13})$ ersetzt.

[0027] Wie man den zuvor gemachten Ausführungen entnimmt, könnte die zweite Druckleitung 3 auch weggelassen werden. Der Behälter wäre dann z.B. ein Druckspeicher dessen Füllstand z.B. mit einem Hydrauliköl mittels Gleichung 1 bestimmt werden kann. In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, dass z.B. der Druck p_{12} eine Funktion der Zeit sein kann. Diese Zeitabhängigkeit ist bei der Integration zu berücksichtigen. Alternativ zur Integration über die Zeit kann z.B. p_{12} regelmäßig mit einem Zeitabstand $\Delta t = t_{n+1} - t_n$ gemessen werden, so dass sich $W_{12,akt}$ in guter Näherung aus der Summe der Volumenströme $Q_{A,n}$ multipliziert mit Δt bestimmen lassen würde, so dass sich der Füllstand V_c , wie zuvor gezeigt, bestimmen lässt. Es bietet sich aber in allen Fäl-

len eine regelmäßige Kalibrierung an, um zu große Diskrepanzen zwischen dem bestimmten Füllstand V_C und dem realen Füllstand V_r des Behälters 15 zu vermeiden.

[0028] In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, dass es bei schnellen Füllstandsänderungen zu Temperaturänderungen des oder der Fluide kommen kann. Diese Temperaturänderungen haben bei inkompressiblen Medien nur einen geringen Einfluss und können meistens vernachlässigt werden. Bei kompressiblen Medien kann der Einfluss mittels des temperaturabhängigen Kompressionsmoduls berücksichtigt werden. Letzteres setzt aber eine zeitabhängige Temperaturmessung voraus, wie in Fig. 1 anhand eines Mittels zur Messung der Temperatur 45 des Fluids im zweiten Teilvolumen 17 als Option angedeutet ist. Die so gemessenen Temperaturdaten können vom ersten Rechenwerk 31 berücksichtigt werden, um den Volumenstrom zu bestimmen. In Abhängigkeit von der Konstruktion und der benötigten Genauigkeit können auch weitere Temperaturmessungen an anderen Stellen vorgenommen werden.

[0029] Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen hydraulischen Vorrichtung 100. Das Behältnis ist ein fluidtechnischer Aktuator 10 in Form eines Hydraulikzylinders und weist in seinem Inneren eine bewegliche Komponente 11 in Form eines Zylinderkolbens auf. Weiterhin befindet sich auf der einen Seite des Zylinderkolbens 11 eine erste Zylinderkammer 12, während sich auf der gegenüberliegenden Seite des Zylinderkolbens 11 eine zweite Zylinderkammer 13 befindet. Der Zylinderkolben 11 befindet sich an einer realen Position x_r . Der Hydraulikzylinder 10 weist kein Mittel zur direkten Detektion dieser Position x_r auf, so dass die Position x_r des Zylinderkolbens 11 nicht direkt gemessen werden kann. Der Hydraulikzylinder 10 wird über ein Regelventil 20, das ein Verschlusselement 21 aufweist, angesteuert. In der Fig. 1 ist ein 4/3-Wegeventil mit Sperr-Mittelstellung gezeigt. Die Erfindung ist aber nicht auf die Verwendung eines solchen Ventils beschränkt, sondern es können auch andere Regelventile zum Einsatz kommen. Das Regelventil 20 weist ein Mittel 44 zur Messung der Position y_{VK} des Verschlusselements 21 auf. Bei diesem Mittel 44 kann es sich beispielsweise um einen induktiven Wegaufnehmer handeln. Aber auch alle anderen geeigneten Mittel 44 zur Messung der Position y_{VK} des Verschlusselements 21, die auch nicht zwingend mit dem Regelventil 20 verbunden sein müssen, sind von der Erfindung umfasst. Die Arbeitsanschlüsse A, B des Ventils sind mit der ersten Zylinderkammer 12 beziehungsweise der zweiten Zylinderkammer 13 verbunden. In den jeweiligen Druckleitungen 2, 3 sind Mittel 42, 43 zur Messung des Drucks des hydraulischen Mediums p_{12} , p_{13} vorgesehen. Dabei kann es sich beispielsweise um Manometer handeln, die zum jeweiligen gemessenen Druck p_{12} , p_{13} proportionale elektrische Signale ausgeben. Diese Mittel 42, 43 können aber auch andere Ausführungsformen aufweisen und sich auch an anderer Stelle befinden, solange sie geeignet sind, den Druck des hydraulischen Mediums p_{12} , p_{13} in der jeweiligen Zylinderkammer 12, 13

zu messen. Weiterhin weist die Vorrichtung ein Mittel 41 zur Messung des Drucks des hydraulischen Mediums p_s im System auf, bei dem es sich ebenfalls beispielsweise um ein Manometer handeln kann, das eine zum jeweiligen gemessenen Druck p_s proportionale elektrische Spannung ausgibt. Schließlich weist die Vorrichtung ein Mittel 46 zur Messung des Drucks des z.B. Hydrauliköls p_T in der Rücklaufleitung des Regelventils 20 und dem Tank auf, bei dem es sich ebenfalls beispielsweise um ein Manometer handeln kann, das ein zum jeweiligen gemessenen Druck p_T proportionales elektrisches Signal ausgibt.

[0030] Zur Bestimmung der Position x_c des Zylinderkolbens 11 werden die gemessenen Werte p_{12} , p_{13} , p_s , p_T , y_{VK} einem elektronischen Steuerungsmittel 30 zugeleitet. Hier werden in einem ersten Schritt in einem ersten Rechenwerk 31 die Momentanwerte der Volumina $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ der ersten Zylinderkammer 12 beziehungsweise zweiten Zylinderkammer 13 bestimmt. Dazu werden zunächst die in die Zylinderkammern 12, 13 geflossenen Volumenströme bestimmt, was über den Drosselquerschnitt der Steuerkante des Verschlusselements 21, der als Funktion des Hubes des Verschlusselements 21 bekannt ist, sowie den gemessenen Druckabfall über die Steuerkante als Differenz der gemessenen Drücke des hydraulischen Mediums (p_{12} , p_{13} , p_s und p_T) zwischen zwei Zeitpunkten möglich ist. Werden die bestimmten Volumenströme über die Zeit integriert, wird eine Aussage über die in die Zylinderkammer geflossenen Volumina $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ gewonnen.

[0031] In einem zweiten Schritt werden in einem zweiten Rechenwerk 32 die aktuell bestimmten Volumina $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ zu den maximalen Volumina $W_{12,max}$, $W_{13,max}$ ins Verhältnis gesetzt, wodurch man die normierten Volumina erhält. Die entsprechenden maximalen Volumina $W_{12,max}$, $W_{13,max}$ können dabei als Konstanten vorgegeben werden, wenn die konstruktiven Daten des Hydraulikzylinders 10 bekannt sind. Die entsprechenden maximalen Volumina $W_{12,max}$, $W_{13,max}$ können aber auch während einer Referenzfahrt wie oben beschrieben ermittelt werden, wenn die konstruktiven Daten des Hydraulikzylinders 10 beispielsweise a priori nicht bekannt sind. Sieht man von der inneren Leckage des Hydraulikzylinders ab, so entspricht der Verlauf eines normierten Volumens der normierten Position Pos_{norm} des Zylinderkolbens 11 beim Ausbeziehungsweise Einfahren. Damit die während der Fahrt entstandenen Bestimmungsfehler im Rahmen bleiben, können beim Ausfahren das Volumen $W_{13,max}$ und beim Einfahren das Volumen $W_{12,max}$ zurückgesetzt werden.

[0032] Zur Verdeutlichung der Verfahrensschritte wurden in der Fig. 2 ein erstes Rechenwerk 31 und ein zweites Rechenwerk 32 eingezeichnet, wobei in dem ersten Rechenwerk 31 die Bestimmung der Momentanwerte der Volumina $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ erfolgt, während in dem zweiten Rechenwerk 32 die Bestimmung der Position x_c des Zylinderkolbens 11 erfolgt. Es ist aber nicht zwingend

erforderlich, dass diese Bestimmungen in unterschiedlichen Rechenwerken 31, 32 erfolgen. Das elektronische Steuerungsmittel 30 kann für beide Bestimmungen auch nur ein Rechenwerk 31, 32 aufweisen. Ebenso kann das elektronische Steuerungsmittel 30 auch aus einer integrierten Ventilelektronik bestehen.

[0033] In der Fig. 2 werden die Volumina $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ beider Zylinderkammern 12, 13 bestimmt. Für die Bestimmung der Position x_c des Zylinderkolbens 11 wird aber nur das Volumen $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ der jeweiligen Arbeits-Zylinderkammer 12, 13 benötigt, so dass bei einem einseitig wirkenden Hydraulikzylinder 10 nur der Druck des hydraulischen Mediums p_{12} , p_{13} in der jeweiligen Arbeits-Zylinderkammer 12, 13 gemessen werden muss.

[0034] Fig. 3 zeigt die simulierten Verläufe der realen Position x_r eines Zylinderkolbens 11 (durchgezogene Linie) und der bestimmten Position x_c eines Zylinderkolbens 11 (gestrichelte Linie) beim Ausfahren. Diese sind normiert dargestellt. Der bestimmte Verlauf weist mit der zunehmenden Position x_c eine größer werdende Abweichung von der realen Position x_r auf. Diese Abweichung kann beispielsweise durch eine innere Leckage des Hydraulikzylinders 10 bedingt sein. Wird der Hydraulikzylinder 10 als leakagefrei angenommen, so sind die beiden Kurven deckungsgleich.

[0035] Mit Hilfe der vorliegenden Erfindung kann die Position x_c eines Zylinderkolbens 11 in einem Hydraulikzylinder 10 ohne Positionssensor mithilfe des bestimmten Volumens $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ einer Zylinderkammer 12, 13 beobachtet werden.

[0036] Generell kann das Verfahren der Positionsbestimmung nicht nur mit Volumina $W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$ der Zylinderkammern 12, 13 umgesetzt werden, sondern mit jeglicher physikalischen Größe $G_{ph,best}$, die die Position des Zylinderkolbens beinhaltet, wie beispielsweise der hydraulischen Kapazität einer in einer Zylinderkammern 12, 13 eingeschlossenen Ölfeder oder einer ähnlichen Größe $G_{ph,best}$.

Bezugszeichenliste:

[0037]

1	Fluidtechnische Vorrichtung
2	Erste Druckleitung
3	Zweite Druckleitung
10	Fluidtechnischer Aktuator
11	Bewegliche Komponente
12	Erste Zylinderkammer
13	Zweite Zylinderkammer
15	Behälter
16	Erstes Teilvolumen
17	Zweites Teilvolumen
20	Regelventil
21	Verschlusselement
25	Hydraulikpumpe
30	Elektronisches Steuerungsmittel
31	Erstes Rechenwerk

32	Zweites Rechenwerk
41	Mittel zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums im System
42	Mittel zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums in einer ersten Zylinderkammer
5	
43	Mittel zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums in einer zweiten Zylinderkammer
10	44 Mittel zur Messung der Position des Verschlusselements
45	Mittel zur Messung der Temperatur eines Fluids
46	Mittel zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums in der Rücklaufleitung
15	100 Hydraulische Vorrichtung
A	Erster Arbeitsanschluss
B	Zweiter Arbeitsanschluss
S	Dritter Arbeitsanschluss
20	T Vierter Arbeitsanschluss
$G_{ph,best}$	Physikalische Größe, die die Position der beweglichen Komponente beinhaltet
G_{ph}	Physikalische Größe
p_s	Druck des fluidtechnischen Mediums im System
25	p_{12} Druck des fluidtechnischen Mediums in der ersten Zylinderkammer
p_{13}	Druck des fluidtechnischen Mediums in der zweiten Zylinderkammer
30	Pos_{norm} Normierte Position der beweglichen Komponente
x_r	Reale Position der beweglichen Komponente
x_c	Bestimmte Position der beweglichen Komponente
35	y_{VK} Position des Verschlusselements
$W_{12,max}$	Maximalwert der physikalischen Größe der ersten Zylinderkammer
$W_{13,max}$	Maximalwert der physikalischen Größe der zweiten Zylinderkammer
40	$W_{12,akt}$ Momentanwert der physikalischen Größe der ersten Zylinderkammer
$W_{13,akt}$	Momentanwert der physikalischen Größe der zweiten Zylinderkammer
45	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Füllstands eines Fluides in einem nicht von außen zugänglichen Behälter (10, 15), wobei das Behälter (10, 15) über ein Regelventil (20), enthaltend ein Verschlusselement (21), angesteuert wird, mit den Schritten,
 - a) Ermittlung des maximalen Wertes (W_{max}) einer physikalischen Größe ($G_{ph,best}$);
 - b) Bestimmung des momentanen Wertes (W_{akt}) der physikalischen Größe ($G_{ph,best}$); und

- c) Vergleich des momentanen Wertes (W_{akt}) mit dem maximalen Wert (W_{max}) der physikalischen Größe ($G_{ph,best}$), und Ableiten einer Aussage über den aktuellen Füllstand des Fluids im Behältnis (10, 15) aus diesem Vergleich.
2. Verfahren nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet,
dass der maximale Wert (W_{max}) der physikalischen Größe ($G_{ph,best}$) das maximale Volumen des Behältnisses (10, 15) ist, und der momentane Wert (W_{akt}) der physikalischen Größe ($G_{ph,best}$) das durch das Fluid innerhalb des Behältnisses (10, 15) momentan ausgefüllte Volumen (12, 13) ist.
 3. Verfahren nach Anspruch 2
dadurch gekennzeichnet,
dass der momentane Wert des Volumens ($W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$) des durch das Fluid innerhalb des Behältnisses (10, 15) momentan ausgefüllte Volumen aus dem Volumenstrom des Fluids zum und/oder vom Behältnis (10, 15) bestimmt wird, wobei der Volumenstrom des Fluids zum und/oder vom Behältnis (10, 15) aus den Größen Druck (p_s) des Fluids im System, dem Druck (p_{12} , p_{13}) des Fluids vor und/oder hinter dem Verschlusselement und dem Druck p_T des Fluids in der Rücklaufleitung, sowie der Position (y_{VK}) des Verschlusselements (21) bestimmt wird.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-3
dadurch gekennzeichnet,
dass das Behältnis (10, 15) ein fluidtechnischer Aktuator (10) ist, das Fluid ein fluidtechnisches Medium ist und der Füllstand einer aktuellen Position (x_r) der beweglichen Komponente (11) des fluidtechnischen Aktuators (10) entspricht.
 5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass der fluidtechnische Aktuator (10) mindestens eine Zylinderkammer (12,13) aufweist und die physikalische Größe ($G_{ph,best}$) das Volumen der mindestens einen Zylinderkammer (12,13) ist.
 6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der momentane Wert des Volumens ($W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$) der mindestens einen Zylinderkammer (12,13) aus dem Volumenstrom des fluidtechnischen Mediums zum fluidtechnischen Aktuator (10) bestimmt wird, wobei der Volumenstrom des fluidtechnischen Mediums zum fluidtechnischen Aktuator (10) aus den Größen Druck des fluidtechnischen Mediums im System (p_s), dem Druck p_T des Fluids in der Rücklaufleitung und Druck des fluidtechnischen Mediums (p_{12} , p_{13}) in der mindestens einen Zylinderkammer (12,13) sowie der Position (y_{VK}) des
- Verschlusselements (21) bestimmt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Bestimmung des momentanen Volumens ($W_{12,akt}$, $W_{13,akt}$) der mindestens einen Zylinderkammer (12,13) durch Integration des jeweiligen Volumenstroms erfolgt.
 8. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die physikalische Größe ($G_{ph,best}$) die hydraulische Kapazität einer in der Zylinderkammer (12,13) eingeschlossenen Ölfeder ist.
 9. Fluidtechnische Vorrichtung (1), aufweisend ein nicht von außen zugängliches Behältnis(10, 15), wobei der Füllstand des Behältnisses (10, 15) mit einem Fluid über ein Regelventil (20), enthaltend ein Verschlusselement (21), angesteuert wird, weiterhin aufweisend ein elektronisches Steuerungsmittel (30), Mittel (41, 42, 43, 44) zur Messung physikalischer Größen (G_{ph}) und ein Steuerungsprogramm,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Steuerungsprogramm einen Algorithmus zur Bestimmung des aktuellen Füllstands des Fluids im Behältnis (10, 15) aus einer beobachteten physikalischen Größe ($G_{ph,best}$) enthält, wobei die beobachtete physikalische Größe ($G_{ph,best}$) in dem Steuerungsprogramm aus den gemessenen physikalischen Größen (G_{ph}) errechnet wird.
 10. Fluidtechnische Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die fluidtechnische Vorrichtung eine hydraulische Vorrichtung ist, das Behältnis (10, 15) ein fluidtechnischer Aktuator (10) mit einer beweglichen Komponente ist, das Fluid ein fluidtechnisches Medium ist und der aktuelle Füllstand des fluidtechnischen Mediums einer aktuellen Position der beweglichen Komponente (11) entspricht.
 11. Fluidtechnische Vorrichtung nach den Ansprüchen 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der fluidtechnische Aktuator mindestens eine Zylinderkammer (12, 13) aufweist und die beobachtete physikalische Größe ($G_{ph,best}$) das Volumen der mindestens einen Zylinderkammer (12, 13) ist.
 12. Fluidtechnische Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Mittel zur Messung (G_{ph}) physikalischer Größen ein Mittel (41) zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums im System (p_s) umfassen.
 13. Fluidtechnische Vorrichtung nach Anspruch 11 oder

12,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Mittel zur Messung physikalischer Größen (G_{ph}) ein Mittel (42, 43) zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums p_{12} , p_{13}) in der mindestens einen Zylinderkammer (12, 13) umfassen. 5

14. Fluidtechnische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13,

dadurch gekennzeichnet, 10

dass die Mittel zur Messung physikalischer Größen (G_{ph}) ein Mittel (46) zur Messung des Drucks des fluidtechnischen Mediums (p_T) in der Rücklaufleitung umfassen.

15

15. Fluidtechnische Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 bis 14,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Mittel zur Messung physikalischer Größen (G_{ph}) ein Mittel (44) zur Ermittlung der Position des Verschlusselements (y_{VK}) umfassen. 20

25

30

35

40

45

50

55

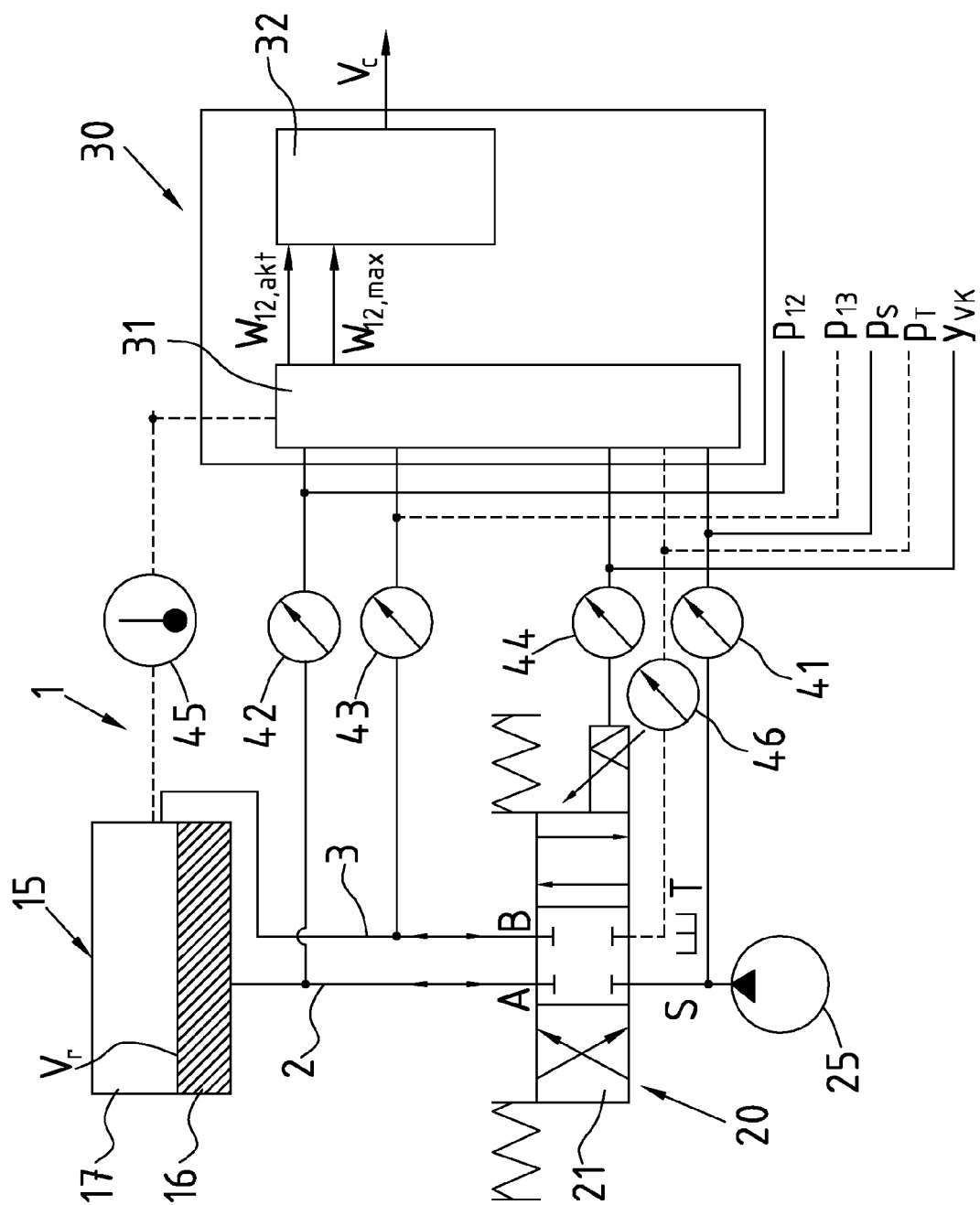


Fig.1

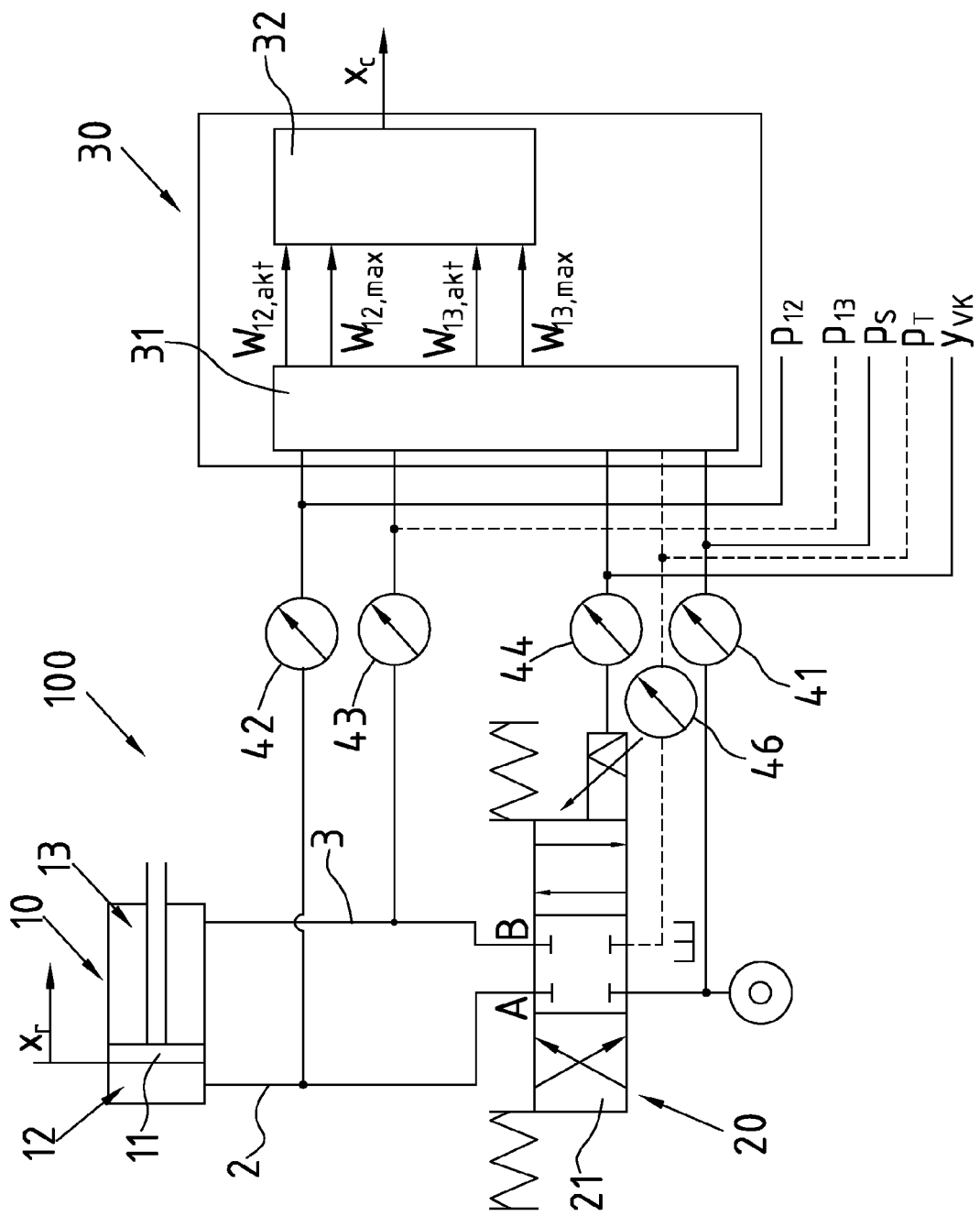


Fig.2

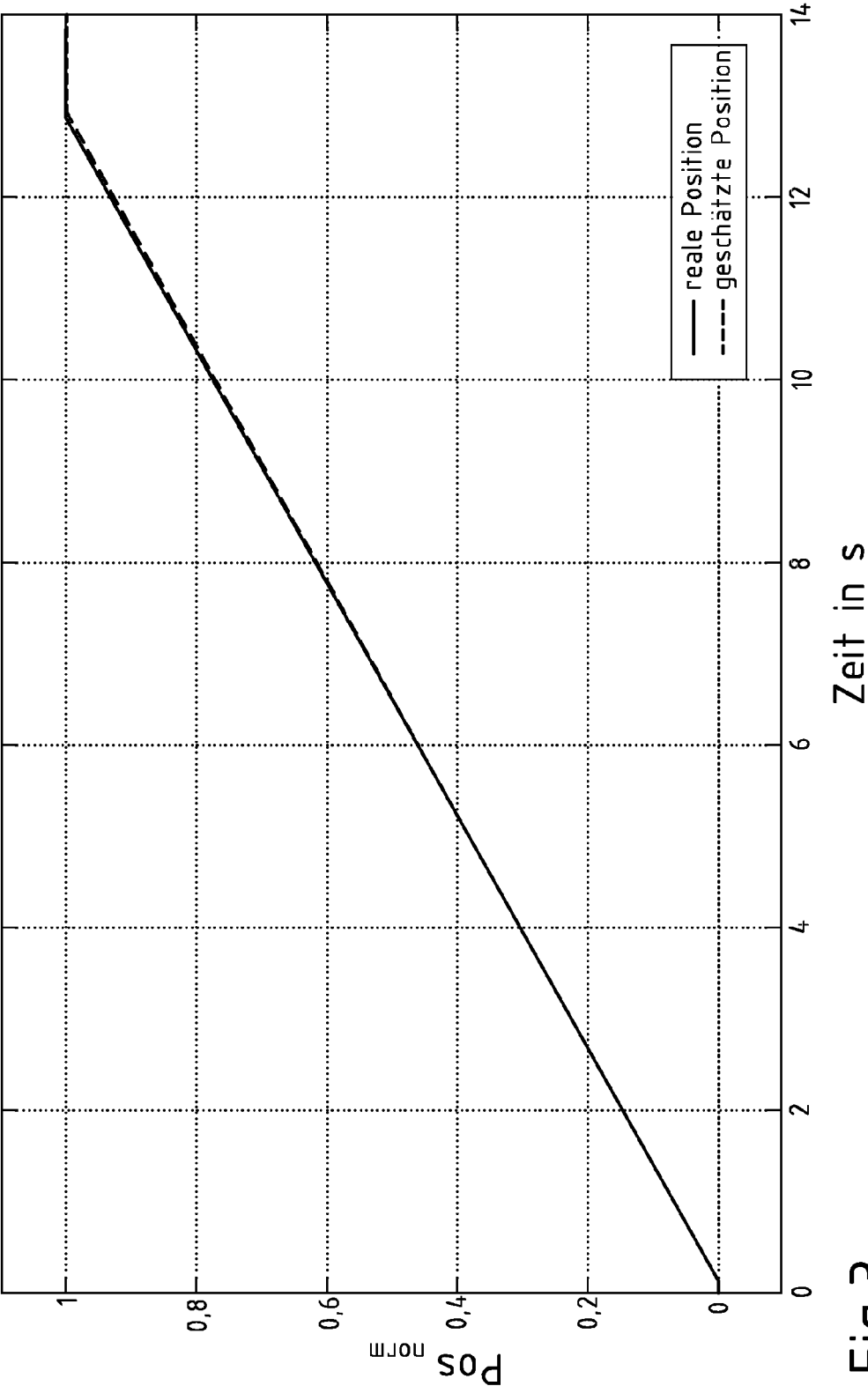


Fig.3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 13 16 6634

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2011 012714 A1 (ENGEL AUSTRIA GMBH [AT]) 6. Oktober 2011 (2011-10-06)	1,2,4,5, 9-11	INV. F15B15/28
Y	* Absätze [0019], [0028] - [0036]; Ansprüche 1,2; Abbildung 2 *	3,6-8	

X	US 2008/163750 A1 (YUAN QINGHUI [US] ET AL) 10. Juli 2008 (2008-07-10)	9-15	
Y	* Absätze [0018] - [0022], [0025] - [0033]; Abbildungen 1,4,6 *	3,6-8	

A,D	DE 100 24 009 A1 (CATERPILLAR INC [US]) 4. Januar 2001 (2001-01-04)	1,9	

			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F15B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 30. Januar 2014	Prüfer Rechenmacher, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 13 16 6634

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.

30-01-2014

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011012714 A1	06-10-2011	AT 508659 A4	15-03-2011
		AT 509617 A2	15-10-2011
		CN 102211390 A	12-10-2011
		DE 102011012714 A1	06-10-2011

US 2008163750 A1	10-07-2008	AT 504746 T	15-04-2011
		BR PI0806186 A2	30-08-2011
		CN 101605996 A	16-12-2009
		EP 2109718 A2	21-10-2009
		JP 5327544 B2	30-10-2013
		JP 2010515005 A	06-05-2010
		US 2008163750 A1	10-07-2008
		WO 2008084367 A2	17-07-2008

DE 10024009 A1	04-01-2001	DE 10024009 A1	04-01-2001
		JP 2000337305 A	05-12-2000
		US 6257118 B1	10-07-2001

EPO FORM P0461

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

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 10024009 A1 [0002]