

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. August 2011 (18.08.2011)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2011/098270 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F04C 14/06 (2006.01) F04B 49/02 (2006.01)
F04C 14/08 (2006.01) F04B 49/06 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/000618
- (22) Internationales Anmeldedatum:
10. Februar 2011 (10.02.2011)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10001449.7 12. Februar 2010 (12.02.2010) EP
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ALLWEILER AG [—/DE]; Allweilerstr. 1, 78315 Radolfzell (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): WERNER, Stefan [DE/DE]; Gallus-Zembroth-Str. 19 B, 78476 Allensbach (DE). JÄCKLE, Michael [DE/DE]; Dietlishof 5a, 78247 Hilzingen (DE). HOPF, Christian [DE/DE]; Albert-Ries-terer-Str. 22, 78259 Mühlhausen-Ehingen (DE).
- (74) Anwälte: BEHRMANN, Niels et al.; Hiebsch Behrmann Wagner, Maggistraße 5 - Hegau-Tower (10. OG), 78224 Singen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: OPERATIONAL CONTROL DEVICE FOR A POSITIVE-DISPLACEMENT PUMP, PUMP SYSTEM AND METHOD FOR OPERATING THE LIKE

(54) Bezeichnung : BETRIEBSSTEUERUNGSVORRICHTUNG FÜR EINE VERDRÄNGERPUMPE, PUMPENSYSTEM UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES SOLCHEN

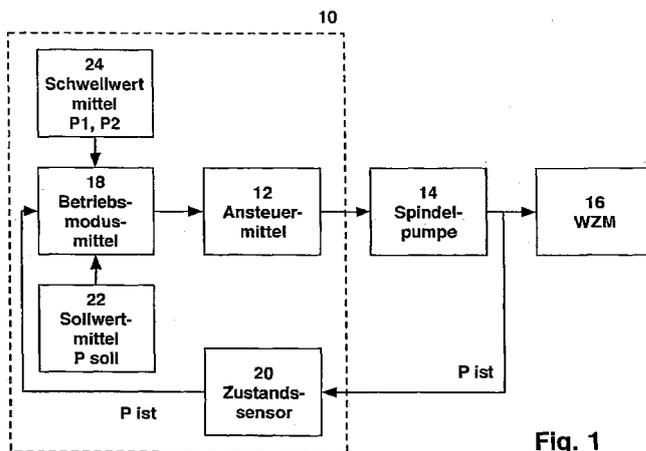


Fig. 1

- 24 Threshold-value means P1, P2
- 18 Operating-mode means
- 22 Setpoint-value means P_soll
- 12 Actuating means
- 20 State sensor
- 14 Helicoidal gear pump
- 16 Machine tool
- P ist = P actual

(57) Abstract: The invention relates to an operational control device for a positive-displacement pump (14) which has a pump motor, having means for actuation (12), in particular setting the rotational speed, for the pump motor, state sensor means (20) for detecting an actual operating parameter, in particular operating pressure, of the positive-displacement pump, and operating mode means (18) which are connected in front of the actuating means for stipulating an operating mode of the positive-displacement pump. It is provided according to the invention that the operating mode means are configured in such a way that a first actuating mode for the pump motor is set by the actuating means below a first operating-parameter threshold value (P1), which first actuating mode brings about a constantly rising pump pressure in the direction of an operating-parameter setpoint value (P soll), in a variable manner, and, in particular, is dependent in terms of its increase behaviour of the pump pressure, on a detected operating-parameter change in a predefined time interval, and a second actuating mode which is different from the first actuating mode is set as normal operation to the operating-parameter setpoint value by the actuating means above the first operating-parameter threshold value, wherein the first operating-parameter threshold value (P1) is fixed or is calculated as a fraction of the operating-parameter setpoint value and/or a pump parameter which is correlated here-

with.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2011/098270 A1

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

Die Erfindung betrifft eine Betriebssteuerungsvorrichtung für eine einen Pumpenmotor aufweisende Verdrängerpumpe (14), mit Mitteln zur Ansteuerung (12), insbesondere Drehzahleinstellung, für den Pumpenmotor, Zustandssensormitteln (20) zum Erfassen eines aktuellen Betriebsparameters, insbesondere Betriebsdrucks, der Verdrängerpumpe, und den Ansteuerungsmitteln vorge-schaltete Betriebsmodusmitteln (18) zum Vorgeben eines Betriebsmodus der Verdrängerpumpe. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Betriebsmodusmittel so ausgebildet sind, dass unterhalb eines ersten Betriebsparameter-Schwellwerts (P1) durch die Ansteuerungsmittel ein erster Ansteuermodus für den Pumpenmotor eingestellt wird, der einen stetig ansteigenden Pumpendruck in Richtung auf einen Betriebsparameter-Sollwert (P soll) bewirkt, variabel, und insbesondere in seinem Anstiegsverhalten des Pum-pendrucks abhängig von einer erfassten Betriebsparameteränderung in einem vorbestimmten Zeitintervall ist, und oberhalb des ersten Betriebsparameter-Schwellwerts durch die Ansteuerungsmittel ein zweiter, vom ersten Ansteuermodus verschiedener An-steuermodus als Regelbetrieb auf den Betriebsparameter-Sollwert eingestellt wird, wobei der erste Betriebsparameter-Schwellwert (P1) als Bruchteil des Betriebsparameter-Sollwerts und/oder eines hiermit korrelierten Pumpenparameters festliegt oder berechnet ist.

Betriebssteuerungsvorrichtung für eine Verdrängerpumpe, Pumpensystem und
Verfahren zum Betreiben eines solchen

5 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Betriebssteuerungsvorrichtung nach dem Oberbegriff des Hauptanspruchs, ferner ein Pumpensystem sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Pumpensystems.

10 Vor dem technischen Hintergrund des Beaufschlagens von Werkzeugmaschinen mit Kühl- und/oder Schmiermitteln bei Betriebsdrücken, welche 25bar und mehr erreichen können, kommt den eingesetzten Pumpen eine besondere Bedeutung zu. Insbesondere im Zusammenhang mit industriellen Bohr-, Fräs- oder Gewindebohrprozessen und einer Fluidbeaufschlagung in der genannten Größenordnung lässt sich so hohe Kühlleistung und entsprechend hohe Pro-
15 zessgeschwindigkeit realisieren.

Für die Hochdruck-Kühlmittelzufuhr haben sich etwa im Werkzeugmaschinenbau Verdrängerpumpen durchgesetzt, da diese einen möglichen Fluiddruck, der
20 80bar erreichen kann, mit einem einzigen, kompakten Aggregat realisieren können und damit im genannten Hochdrucksektor gegenüber ansonsten üblichen Kreiselpumpen Vorteile aufweisen.

Dabei hat sich als Verdrängerpumpe insbesondere eine (dreispindelige) Schraubenspindelpumpe bewährt und durchgesetzt, bedingt durch deren pulsa-
25 tionsarme und gleichmäßige Fördercharakteristik, verbunden mit hoher Verschleißfestigkeit.

Konstruktionsbedingt benötigen jedoch Schraubenspindelpumpen (wie auch andere Verdrängerpumpen) in einem System mit zugehörigem Aggregat (z.B.
30 der Werkzeugmaschine) ein Druckregelventil, um einen (vorgegebenen) Pumpendruck konstant zu halten. Die Pumpen werden dabei mit konstanter Drehzahl betrieben und stellen aufgrund ihrer Verdrängercharakteristik eine annähernd konstante Fördermenge zur Verfügung. Ein jeweils in einer Werkzeug-

maschine eingesetztes Werkzeug erfordert bei dem vorgegebenen Druck eine Fluidfördermenge, welche üblicherweise unterhalb der von der Pumpe bereitgestellten Menge liegt; entsprechend wird die überschüssige Fördermenge (Differenzfördermenge) über das Druckregelventil abgeleitet, wodurch der Wirkungsgrad des Systems gegenüber dem (prinzipiell möglichen) hohen Wirkungsgrad der Verdrängerpumpe herabgesetzt wird, da die für den Druckaufbau in der Differenzfördermenge notwendige Pumpenleistung nicht genutzt wird.

5

10

15

20

Bei Arbeitspausen (etwa zum Werkzeugwechsel oder dgl.) darf kein Kühlschmiermittel zur Werkzeugmaschine gepumpt werden. Für diesen Zweck wird entweder ein Absperrventil in die Zuleitung zur Werkzeugmaschine installiert, oder die Pumpe wird abgeschaltet; aufgrund der hohen mechanischen Belastung kommt das Abschalten jedoch üblicherweise nur bei Systemen in Frage, die bei relativ geringem Druck arbeiten. Bei Systemen mit Absperrventil arbeitet die Pumpe (bei geschlossenem Absperrventil) weiter bei vollem Leistungsbedarf über das Druckregelventil, mit den entsprechend nachteiligen Auswirkungen auf den Wirkungsgrad. Um bei dieser Fahrweise den Leistungsbedarf in Arbeitspausen zu reduzieren, wird oft ein steuerbares Druckregelventil eingesetzt, das in den Arbeitspausen drucklos geschaltet werden kann.

25

30

Bekannt ist ferner der Einsatz von Druckregelventilen mit variablem Druck. Diese besitzen den Vorteil, dass die Fluidzufuhr den Erfordernissen des Prozesses geeignet angepasst werden kann, wobei etwa bei Werkzeugen mit geringem Druckbedarf mit dem Druck dann auch die Leistungsaufnahme der Verdrängerpumpe abnimmt. Gleichwohl ist auch bei dieser Vorgehensweise mit gesteuerten Ventilen die Leistungsaufnahme der Pumpe üblicherweise höher als der tatsächliche Leistungsbedarf für die Fluidversorgung des Werkzeugs, da eine höhere Fördermenge zur Verfügung gestellt wird als erforderlich. Da typischerweise Kühlmittelzufuhr und Kühlung bis zu 35% der Energieaufnahme einer Werkzeugmaschine beanspruchen, ist das Verbesserungs- bzw. Optimierungspotenzial beachtlich.

Ein weiterer Nachteil von zur Drucksteuerung verwendeten Ventilen liegt darin, dass etwa in Systemen zur Kühlschmiermittelversorgung von Werkzeugmaschinen das Schalten der Ventile zu Druckpulsationen führt, welche das System stark belasten, ggf. gar mechanische Schäden hervorrufen.

5

Als weiterer, als bekannt vorzusetzender Lösungsansatz ist die Variation der Drehzahl des Pumpenmotors mittels eines Frequenzumrichters bekannt. Dabei ist vorgesehen, den Druck im System nach der Pumpe über einen Drucksensor als Regelgröße an den Frequenzumrichter zurückzuführen und die Pumpenmotordrehzahl als Steuergröße mittels einer PI-Regelung (über den Umrichter) auf den Pumpenmotor aufzuprägen.

10

Eine derartige Regelung unter Einsatz eines klassischen Regelverfahrens weist jedoch den Nachteil eines ungenügenden Dynamikverhaltens auf; insbesondere ist es nicht möglich, ein schnelles Hochfahren des Pumpenmotors auf seine Soll-Drehzahl bzw. den Soll-Druck ohne nachteiliges Überschwingen zu realisieren. Dagegen führt ein stärker gedämpfter Anstieg zu vergleichsweise langen Hochfahr- und damit Totzeiten, was sich wiederum nachteilig in unproduktiven Betriebsnebenzeiten einer jeweiligen Werkzeugmaschine od. dgl. niederschlägt. Insbesondere hat es sich als wünschenswert erwiesen, einen Soll-Wert, ab einem Einschalten, in nicht mehr als 500ms zu erreichen, was etwa mit bekannten Regel-Algorithmen im vorliegenden Kontext der Betriebssteuerung einer Spindelpumpe in der Praxis unerreichbar ist.

15

20

Schließlich ist es als aus dem Stand der Technik vorzusetzen, dass auch Kombinationen der vorbeschriebenen Lösungsansätze durchgeführt werden, d.h. eine Regelung des Pumpenmotors mit Pumpendruck als Steuergröße stattfindet und zusätzlich die Pumpe mit einem nachgeschalteten Ventil der vorbeschriebenen Art zusammenwirkt. Entsprechend weist auch eine derartige Technologie die festgestellten Nachteile hohen apparativen Aufwandes bzw. schlechter Dynamik auf.

30

Eine Betriebssteuervorrichtung für einen Pumpenmotor aufweisende Verdrängerpumpe ist ferner aus der US 2002/0094910 A1 bekannt. Diese ist mit Ansteuerungsmitteln zur (Drehzahl-) Ansteuerung für einen Pumpenmotor versehen, ferner mit Zustandssensormitteln, welche in Form einer Öltemperatur

5 Teil einen aktuellen Betriebsparameter der Verdrängerpumpe erfassen. Betriebsmodusmittel zum Vorgeben eines Betriebsmodus der Verdrängerpumpe sind den Ansteuerungsmitteln vorgeschaltet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Betriebssteuervorrichtung für einen Pumpenmotor aufweisende Verdrängerpumpe zu schaffen, welche nach einem Aktivieren die Zielgrößen, etwa einen Soll-Druck und/oder eine Soll-Drehzahl, in möglichst kurzer Zeit und ohne Über- oder Unterschwingeffekte im Regelprozess erreicht. Dabei ist hoher apparativer Aufwand, insbesondere zusätzlicher Aufwand durch Absperr- und/oder Druckregelventile, zu vermeiden. Damit ist es auch Aufgabe der Erfindung, eine Betriebssteuervorrichtung zu schaffen, welche flexibel einsetzbar ist, insbesondere für verschiedene Betriebsparameter-Soll-Werte geeignet ist (also etwa verschiedene Soll-Drücke für geeignet einzusetzende Werkzeuge), wobei die Leistungsaufnahme im Interesse einer Optimierung des energetischen Wirkungsgrads verringert werden soll und nachteilige Druckpulsationen im System zu vermeiden sind.

10
15
20

Die Aufgabe wird durch die Betriebssteuervorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs, ferner das Pumpensystem nach dem unabhängigen Patentanspruch 12 sowie das Betriebsverfahren nach dem Patentanspruch 18 gelöst; vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

25

In erfindungsgemäß vorteilhafter Weise sind den erfindungsgemäßen Ansteuerungsmitteln (also etwa dem ansonsten bekannten Frequenzumrichter für den Pumpenmotor) Betriebsmodusmittel so zugeordnet, dass diese eine Mehrzahl von Betriebsmodi (außerhalb eines Ausschaltzustands) vorgeben können.

30

In Abkehr von einem traditionellen Regelbetrieb, etwa mit dem zu lösenden Dilemma zwischen Überschwingen bei schnellem Hochfahren und nachteiliger Zeitverzögerung bei langsamem Hochfahren, ermöglicht es die erfindungsgemäße Vorgehensweise, im ersten Ansteuermodus und als Reaktion auf die de-

5 tektierte Betriebsparameteränderung im vorbestimmten Zeitintervall, adaptiv und abhängig von den jeweiligen Gegebenheiten und Betriebsbedingungen mit minimierter Anstiegszeit den Pumpendruck (Betriebsdruck, als typische Realisierungsform des Betriebsparameters) zu erhöhen, und dann gemäß der Erfindung beim Erreichen oder Überschreiten des ersten Betriebsparameter-

10 Schwellwerts (also etwa eines Druck- oder Drehzahlschwellwerts) in den zweiten Ansteuermodus umzuschalten, welcher, zur Annäherung an den Betriebsparameter-Soll-Wert (also etwa den Soll-Druck oder eine Solldrehzahl) ein weniger steiles und damit Überschwingen vermeidendes Betreiben ermöglicht; nachfolgend würde dann auch im stationären Betrieb in diesem zweiten Be-

15 triebsmodus der Soll-Wert in ansonsten bekannter Weise eingeregelt.

Gemäß der Erfindung ist dabei der erste Betriebsparameter-Schwellwert als vorbestimmter Bruchteil des Betriebsparameter-Soll-Werts festgelegt oder wird erfindungsgemäß berechnet, wobei sich dieser Bruchteil gemäß bevorzugten

20 Weiterbildungen der Erfindung im Bereich zwischen 90% und 98% des Soll-Werts, insbesondere im Bereich zwischen 94% und 96% des Soll-Werts, bewegt. Alternativ kann auch ein vom Betriebsparameter-Sollwert abgeleiteter Schwellwert eines Pumpenparameters berechnet werden.

25 Auf diese Weise lässt sich besonders einfach und elegant ein sehr dynamisches, d.h. eine kurze Hoch- bzw. Anfahrzeit aufweisender, Pumpenbetrieb ermöglichen, welcher den Einsatzbedingungen etwa im Bereich der Fluidversorgung von Werkzeugmaschinen in günstiger Weise gerecht wird (ohne im Rahmen der Erfindung notwendigerweise auf Werkzeugmaschinentechnologie be-

30 schränkt zu sein).

In bevorzugter Weiterbildung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Betriebsmodusmittel zusätzlich einen zweiten Betriebsparameter-Schwellwert (al-

so etwa Druckschwellwert) benutzen, welcher unterhalb des ersten Betriebsparameter-Schwellwerts liegt und die erfindungsgemäße Erfassung der Parameteränderung (relativ zur Zeiteinheit) auslöst; diesem Erfindungsaspekt liegt die erfinderische Erkenntnis zugrunde, dass nicht unmittelbar nach dem Aktivieren bzw. Einschalten bereits günstige Erfassungsbedingungen vorliegen, sondern erst ab Erreichen einer (durch den zweiten Betriebsparameter-Schwellwert bestimmten) Schwelle, etwa Druckschwelle, welche gemäß bevorzugter Weiterbildungen der Erfindung im Bereich zwischen etwa 15% und 25%, günstig beispielsweise 20%, bezogen auf den Betriebsparameter-Soll-Wert, liegt.

10

Dabei ist es einerseits von der Erfindung umfasst, als Reaktion auf ein lediglich einmaliges Erfassen der Betriebsparameteränderung geeignete Vorgaben (Parameter) für das Anstiegsverhalten des Pumpendrucks während des ersten Ansteuermodus abzuleiten (in der praktischen Realisierung also etwa aus der Betriebsparameteränderung einen Verstärkungsfaktor für ein PI-Regelverhalten der Ansteuerungsmittel während des ersten Ansteuermodus zu bestimmen), alternativ und bevorzugt ist es gleichwohl, mehrfach und/oder kontinuierlich während des ersten Ansteuermodus die Betriebsparameteränderung pro Zeitintervall (also dessen Steigung im Zeitdiagramm) zu erfassen und daraufhin das (Regel-) Verhalten während des ersten Ansteuermodus anzupassen.

20

Zusätzlich vorteilhaft im Rahmen einer Weiterbildung der Erfindung ist es, bis zum Erreichen des zweiten Betriebsparameter-Schwellwerts einen Volllast-Startbetrieb durchzuführen, d.h. ein Anfahren des Pumpenmotors mit maximaler Ansteuerleistung vorzusehen. Dies bringt einerseits den Vorteil minimierten Zeitaufwand in dieser frühen Ansteuerphase ohne die Gefahr nachteiligen Überschwingens, andererseits liegen zum Ende dieser frühen Anfahrphase definierte Bedingungen etwa zum Ermitteln der erfindungsgemäßen Parameteränderung vor, um insoweit den weiteren Steuerverlauf während des ersten Ansteuermodus beeinflussen zu können.

25

30

Im Rahmen der Erfindung hat es sich dabei als günstig und pragmatisch erwiesen, das Ansteuerverhalten im ersten sowie im zweiten Betriebsmodus durch

ein Regelverhalten, etwa ein PI-Regelverhalten, abzubilden, gleichzeitig jedoch eine Abgrenzung zwischen den Ansteuermodi, etwa durch Änderung des Regelverstärkungsfaktors, vorzusehen.

- 5 Im Rahmen einer bevorzugten Realisierung der Erfindung liegt es, den Betriebsdruck (Pumpendruck) als Betriebsparameter anzusehen und dann die Betriebssteuerung in Richtung auf einen Soll-Druck der Pumpe (für einen jeweiligen Anwendungsfall, also etwa abhängig von einem konkret verwendeten Werkzeug) durchzuführen. Mit diesem Soll-Druck liegt dann sowohl der erste
10 Schwellwert als Druck-Schwellwert vor, als auch der zweite Schwellwert. Entsprechend sind die Zustandsensormittel mittels eines Drucksensors realisiert, welcher diesen Betriebsdruck (bevorzugt kontinuierlich) erfasst und bereitstellt.

- Alternativ ist es gleichwohl im Rahmen der Erfindung möglich, den Betriebsdruck als Betriebsparameter nicht unmittelbar mittels eines Sensors zu messen,
15 sondern diesen aus anderen System- und Pumpenparametern (in ansonsten bekannter Weise) zu ermitteln, welche im Rahmen des Pumpensystems vorliegen, insbesondere unter Nutzung der (Pumpen-) Motorspannung, des Motorstroms, der Motordrehzahl, einer Motordrehbeschleunigung oder weiterer (etwa
20 konstanter) Pumpenparameter einer jeweils verwendeten Verdrängerpumpe, welche geeignet zur Betriebsdruckbestimmung herangezogen und in ansonsten bekannter Weise zur Druckbestimmung verrechnet werden.

- Im Rahmen bevorzugter Weiterbildungen der Erfindung liegt es ferner, alternativ zum Betriebsdruck als Betriebsparameter andere Größen heranzuziehen,
25 etwa eine (aktuelle) Fördermenge der Verdrängerpumpe oder eine Motordrehzahl des Pumpenmotors. Auch muss für den Betriebsparameter-Sollwert und den mindestens einen Schwellwert nicht notwendigerweise dieselbe Größe (z.B. Druck) erfasst werden.

30

Besonders geeignet und im Rahmen der Erfindung findet die Betriebssteuerungsvorrichtung Verwendung in einem Pumpensystem, welches der Betriebssteuerungsvorrichtung eine Verdrängerpumpe sowie ein von der Verdränger-

pumpe mit Fluid beaufschlagtes Aggregat zuordnet; bevorzugt und vorteilhaft im Rahmen der Erfindung ist dabei die Verdrängerpumpe eine (weiter bevorzugt dreispindelige) Schraubenspindelpumpe, das Aggregat eine Werkzeugmaschine, welche weiter bevorzugt mit einem Betriebsdruck oberhalb von 20bar, noch weiter bevorzugt oberhalb von 40bar, und noch weiter bevorzugt oberhalb von 60bar mit Kühlschmiermittel durch die Verdrängerpumpe beaufschlagt wird.

Besonders günstig und vorteilhaft ist es dabei, die Schraubenspindelpumpe in der Art einer Universalpumpe bei hohen Drehzahlen zu betreiben, da auf diese Weise vergleichsweise kleine und preiswerte Pumpen eingesetzt werden können. Entsprechend ist es im Rahmen bevorzugter Weiterbildungen der Erfindung vorgesehen, Verdrängerpumpen, insbesondere Schraubenspindelpumpen, vorzusehen, welche mit Betriebsdrehzahlen oberhalb von 3000/min., weiter bevorzugt oberhalb von 4000/min., im Rahmen des Pumpensystems betrieben werden.

Entsprechend erfindungsgemäß vorteilhaft ermöglicht es ein so aufgebautes System, den Betriebsparameter-Soll-Wert, etwa den Soll-Druck, in weniger als 500ms zu erreichen und stellt insoweit einen deutlichen Fortschritt gegenüber Vorgehensweisen nach dem Stand der Technik dar. Da zudem, gemäß günstigen Realisierungsformen der Erfindung, auf Ventile zur Druckregelung der Pumpe verzichtet werden kann, ermöglicht die vorliegende Erfindung nicht nur vorteilhaft das Vermeiden zusätzlichen mechanischen und Aggregataufwandes, auch besteht etwa die eingangs beschriebene, nachteilige Pulsation durch die Ventil-Schaltvorgänge gar nicht erst.

Im Ergebnis ermöglicht es daher die vorliegende Erfindung, in überraschend einfacher und eleganter Weise das sich aus dem Stand der Technik ergebene Problem dynamischen Betriebsverhaltens zu lösen, d.h. schnelles Erreichen eines Betriebsparameter-Soll-Wertes ohne Überschwingen, ohne dass zusätzlicher mechanischer Aufwand durch Ventile oder dgl. notwendig wird. Damit ist durch die vorliegende Erfindung die Voraussetzung für ein hohes Maß an Flexibilität und Adaptierbarkeit an verschiedene Betriebsbedingungen, etwa ver-

schiedene in einer Werkzeugmaschine zu betreibende Werkzeuge mit jeweils unterschiedlichen Druckbedingungen, geschaffen, ohne dass aufwändiges Justieren, (Vor-) Konfigurieren oder dgl. Maßnahmen notwendig werden, so dass neben der beschriebenen Optimierung im Betrieb auch signifikante Effizienzsteigerungen in Einrichtungs- und Umrüstprozessen erreicht werden können.

Die vorliegende Erfindung eignet sich in der beschriebenen Weise besonders günstig für das Anwendungsgebiet von Hochdruckpumpen zur Fluidversorgung für Werkzeugmaschinen in industriellen Einsatzumgebungen, ist jedoch auf dieses Einsatzgebiet nicht beschränkt. Vielmehr bietet die vorliegende Erfindung die beschriebenen Vorteile bei allen technischen Einsatzfeldern, welche adaptives, flexibles Steuerungsverhalten von Pumpen, insbesondere im Hochdruckbereich, benötigen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in:

Fig. 1 ein schematisches Schaubild eines Pumpensystems mit Betriebssteuerungsvorrichtung zur Realisierung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 ein Druck-/Zeitdiagramm zum Verdeutlichen des Betriebsverhaltens der Vorrichtung gemäß Fig. 1;

Fig. 3 ein Betriebsablaufdiagramm als Flussdiagramm zum Verdeutlichen eines erfindungsgemäßen Betriebsablaufs;

Fig. 4 ein Druck-/Zeitdiagramm analog Fig. 2 zum Verdeutlichen des Betriebsverhaltens konventioneller Vorrichtungen bei variierten Betriebserfordernissen (z.B. unterschiedlicher Förderstrombedarf bei jeweils unterschiedlichen Werkzeugen im nachgeschalteten Aggregat).

Die Fig. 1 verdeutlicht in der Art eines schematischen Blockschaltbildes die Betriebssteuerungsvorrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung im Kontext eines Pumpensystems. Genauer gesagt verdeutlicht das
5 Blockschaltbild der Fig. 1, gekennzeichnet durch die gestrichelte Einfassungslinie 10, eine Betriebssteuerungsvorrichtung mit Ansteuerungsmitteln 12, typischerweise realisiert als ansonsten bekannter Frequenzumrichter, zur Drehzahleinstellung und Ansteuerung einer nachgeschalteten Schraubenspindel-
10 pumpe 14, welche im Rahmen des in der Fig. 1 gezeigten Systems zur Förderung von Kühlfluid mit einer schematisch gezeigten Werkzeugmaschine 16 (typisches Beispiel Bohr- oder Fräsmaschine mit wechselbaren Werkzeugeinsätzen und entsprechend veränderlichem Förderstrombedarf für ein jeweiliges Werkzeug) zusammenwirkt.

15 Im Rahmen des gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiels sind den Ansteuerungsmitteln 12 Betriebsmodusmittel 18 in Form einer Steuereinheit (typischerweise realisiert aus Hard- oder Softwarekomponenten) vorgeschaltet, welche im Rahmen der Erfindung in ihr Ansteuerverhalten gegenüber den Ansteuerungsmitteln 12 sowohl berechnete oder vorbestimmte Schwellwerte 24 eines
20 Betriebsparameters (im vorliegenden Fall der Pumpendruck P) einfließen lassen, als auch einen jeweils aggregat-spezifischen Sollwert 22 des Betriebsparameters (hier: Solldruck P soll) berücksichtigen. In der in Fig. 1 schematisch gezeigten Weise werden diese Einflussgrößen, nämlich mindestens ein
25 Schwellwert sowie der Sollwert P soll, mittels funktionaler Einheiten 22, 24 geeignet bereitgestellt (bzw. wie nachstehend erläutert, berechnet).

Gezeigt ist zudem, wie eine Zustandssensoreinheit 20, im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Drucksensor, ausgangsseitig der Spindelpumpe 14 einen Ist-Druck „P ist“ erfasst und den Betriebsmodusmitteln 18 zur Berücksichtigung im
30 Rahmen der weiteren Ansteuerung zuleitet.

Unter Bezug auf das Druck-/Zeitdiagramm der Fig. 2 sowie das Flussablaufdiagramm der Fig. 3 soll im Weiteren der Betrieb der Vorrichtung gemäß Fig. 1 verdeutlicht werden.

5 Angenommen wird beispielhaft, dass eine Schraubenspindelpumpe des Typs EMTEC 20 R38 der Anmelderin Allweiler AG, Radolfzell, einer Leistung von 7,5kW mit einer einspindeligen Werkzeugmaschine 16 zusammenwirkt, welche als Bohrmaschine ausgestaltet ist und insgesamt mit drei verschiedenen Bohrwerkzeugen betrieben wird. Jedes dieser drei Bohrwerkzeuge benötigt einen
10 unterschiedlichen Förderstrom eines von der Pumpe 14 zu fördernden Kühl-/Schmiermittelfluids, wobei angenommen wird, dass dieser Förderstrom zwischen 5l/min. und 35l/min. liegt. Ein angenommener Betriebsdruck auf der Pumpen-Ausgangs- bzw. Aggregat-Eingangsseite wird jeweils mit 80bar angenommen.

15

Die Fig. 2 zeigt schematisch vor dem Aktivieren der Anordnung einen Leerlaufzustand in Schritt S10. Durch manuelle oder automatisierte Ansteuerung folgt dann in Schritt S12 die Inbetriebnahme Go.

20 Wie die Gegenüberstellung der Fig. 2 und 3 verdeutlicht, ermöglicht die vorliegende Erfindung durch geeignete Ansteuerung bzw. Einstellung durch die Betriebsmodusmittel 18 ein Betreiben des Pumpenmotors in mehreren, klar voneinander getrennten bzw. abgegrenzten Betriebsphasen. So ist zunächst gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Fig. 1 bis 3 vorgesehen, dass
25 ab dem Schritt der Inbetriebnahme zu einem Zeitpunkt t_0 ein Ansteuern der Spindelpumpe mittels des Frequenzumrichters 12 mit maximaler elektrischer Ansteuerleistung erfolgt. Dies ergibt sich unmittelbar aus dem in Fig. 3 gezeigten Entscheidungsschritt E1, denn der hier geprüfte Differenzdruck P_{diff} (als Differenz zwischen dem Volldruck „P soll“ und dem erfassten Ist-Druck „P ist“,
30 bezogen auf den Solldruck, hier also 80bar) liegt mehr als 80% unterhalb des Betriebsparameter-Sollwerks (P_{soll}). Quantitativ bedeutet dies das Realisieren eines unteren Schwellwerts, im Ausführungsbeispiel an der 80%-Schwelle (bezogen auf 80bar P_{soll} , also $P_2 = 16 \text{ bar}$). Entsprechend führt die Verzweigung

in Fig. 3 zum Betriebszustand des Schritts S14 „Start“, entsprechend einem initialen Hochfahrmodus, hier bei voller elektrischer Leistung.

Wie die Fig. 2 erkennen lässt, erreicht zum Zeitpunkt t_1 der Pumpen-Ist-Druck „P ist“ den unteren Schwellwert P2 bei 16bar; im gezeigten Ausführungsbeispiel ist dies nach ca. 80msec der Fall. Dies beendet die erste Phase, und die Betriebsmodusmittel wenden einen anderen Ansteuermodus auf den Pumpenmotor bzw. den vorgeschalteten Wechselrichter an. Konkret ergibt sich dies aus dem Flussablaufdiagramm der Fig. 3: Mit Überschreiten des unteren Schwellwerts P2 von 16bar (entsprechend einer Druckdifferenz von weniger als 80% bezogen auf den Druck-Sollwert) findet im Entscheidungsschritt E2 eine Verzweigung nach rechts statt. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform erfolgt damit in Schritt S16 eine Parametrisierung eines Steuerbetriebs in der zweiten Betriebsphase zwischen den Zeitpunkten t_1 und t_2 in Fig. 2 (entsprechend einem Druckbereich von 16bar als unterem Schwellwert und 76bar als oberem Schwellwert, entsprechend 95% von P soll). Konkret wird hier ein PI-Regelbetrieb durchgeführt, wobei, nach dem Zeitpunkt t_1 , durch die Betriebsmodusmittel 18 zunächst eine Druckdifferenz pro Zeitintervall als Steigung der Druckkurve (Fig. 2) ermittelt wird und abhängig von dieser Steigung dann das System einen Verstärkungswert sowie eine Integrationszeit für das PI-Regelverhalten im Zeitabschnitt t_1 und t_2 bestimmt und vorgibt, womit dann in Schritt S18 das System mit dieser Parametrisierung und beschrieben durch eine PI-Regelfunktion weiterbetrieben wird. Wie zudem die durch die Rückkopplung der Fig. 3 gezeigte Schleife erkennen lässt, findet im Zeitbereich zwischen t_1 und t_2 eine kontinuierliche Parametrisierung (S16), d.h. wiederholte Messung einer aktuellen Steigung der Druckkurve und daraufhin Einstellung von P- und I-Werten der Regelung statt. Im konkreten Ausführungsbeispiel der Fig. 2 würde etwa der dort gezeigte Kurvenverlauf mit einer Parametrisierung (S16) unmittelbar nach dem Zeitpunkt t_1 zu einer typischen Verstärkung von 8 bei Integrationszeit 5msec führen (etwa gegenüber der Maximalansteuerung in der Phase t_0 bis t_1 , wo eine Ansteuerung mit Verstärkung $V = 1$ und Integrationszeit $I = 2$ msec erfolgte).

In der in Fig. 2 gezeigten Weise erfolgt dann der Druckanstieg über der Zeit bis zum Erreichen eines oberen Schwellwerts P1 bei 76bar, wobei dieser Schwellwert auf 95% von P soll eingestellt ist. Dieser Schwellwert wird zum Zeitpunkt t_2 erreicht, im dargestellten Ausführungsbeispiel bei ca. 300msec bezogen auf t_0 .

- 5 Zu diesem Zeitpunkt ändert sich wiederum das Betriebssteuerungs- bzw. Regelverhalten der Betriebsmodusmittel, wobei, gemäß positiv entschiedenem Entscheidungsschritt E3 (Fig. 3), das System in Schritt S20 den sogenannten Endregelbetrieb ausführt, nämlich einen Regelbetrieb, welcher typischerweise gegenüber einem Regelbetrieb in der vorgelagerten Betriebsphase eine ver-
- 10 minderte Verstärkung und/oder verlängerte Integrationszeit für die PI-Parametrisierung besitzt, mit anderen Worten, ab dem oberen Schwellwert ein deutlich flacheres Anstiegsverhalten in Richtung auf den Sollwert P soll zeigt. Dies führt dann erfindungsgemäß und vorteilhaft dazu, dass im Zeitintervall zwischen t_2 und t_3 eine verlangsamte Annäherung an den Sollwert P soll
- 15 (80bar) erfolgt, ohne dass etwa ein nachteiliges Überschwingen geschieht. Vielmehr stellt dieser in S20 durchgeführte Endregelbetrieb einen Betriebszustand dar, mit welchem sich in optimierter Zeit ab t_2 der Sollwert von unten angenähert erreichen lässt, wobei dann im weiteren stationären Betrieb auch mit diesen Regelparametern (typischerweise Verstärkung = 3, Integrationszeit
- 20 10msec) der stationäre Pumpenbetrieb durchgeführt wird.

- Für den Fall, dass -- etwa durch eine unerwartete Belastung des Systems, wie es beispielsweise das Abschalten oder Ausfallen einer nachgeschalteten Werkzeugmaschine darstellt -- kann es zu Betriebszuständen kommen, bei welchen
- 25 ein aktueller Pumpendruck den Sollwert überschreitet. Prinzipiell wäre es möglich, durch den Endregelbetrieb (Schritt S20) auch diese Abweichung (nach oben) auszuregeln, was jedoch möglicherweise unerwünscht lange Zeit benötigt. Entsprechend ist, wie in Fig. 3 nachfolgend auf den Entscheidungsschritt E3 (Option „nein“) gezeigt, vorgesehen, für einen solchen Fall, typisches Beispiel
- 30 Überschreiten des Druck-Sollwerts um mehr als 5% (d.h. Ist-Druck > 105% von P) soll, auch hier wiederum auf die steile Parametrisierung des Betriebs von Schritt S16 bzw. S18, also entsprechend dem steilen Verhalten zwischen den Zeitabschnitten t_1 und t_2 , umzuschalten. Sobald dann wieder die Toleranz-

schwelle (hier: 5%) für den Endregelbetrieb erreicht wird, läuft der Betrieb entsprechend weiter.

Zusätzlich zeigt das Flussablaufdiagramm der Fig. 3 das Einleiten einer Alarmroutine (Schritte S22 bzw. S24), wenn eine vorbestimmte Alarmbedingung in Schritt E3 erkannt wird; diese kann ein vorbestimmtes Druckverhalten sein, aber auch auf anderen Eingangsgrößen (z.B. das Überschreiten einer kritischen Temperatur) abstellen.

10 Insbesondere in der Gegenüberstellung mit den Kurvenverläufen der Fig. 4 verdeutlicht sich damit der vorteilhafte Effekt der vorliegenden Erfindung mit verschiedenen Ansteuermodi und dadurch erzeugten Betriebsphasen des Pumpenmotors im An- und Hochfahrzustand: So zeigt nämlich die Fig. 4 das Betriebsverhalten einer als bekannt vorausgesetzten Betriebssteuervorrichtung mit derselben Pumpenkonfiguration, welche beispielsweise in Form eines PI-Reglers realisiert ist, für die verschiedenen Werkzeuge und die damit verbundenen verschiedenen Systembelastungen. Während etwa für das erste Bohrwerkzeug gemäß Kurve 40 ein geringer benötigter Förderstrom (5l/min) zu einem deutlichen Überschwingen des Systems führt, bewirkt ein demgegenüber
15 hoher Förderstrombedarf eines großen Werkzeugs gemäß Kurve 42 (Förderstrombetrag 35l/min) einen sehr langen Einstiegszeitraum und überschreitet die benötigte 500msec-Grenze deutlich. Lediglich das mittlere Werkzeug gemäß Kurve 44 (Förderstrombetrag 15l/min) erreicht annähernd den Kurvenverlauf der Fig. 2 mit nur geringem Überschwingen beim Erreichen von P soll, wobei
20 vorteilhaft und im Rahmen der Erfindung der kurze Kurvenverlauf der Fig. 2 für alle benötigten Werkzeuge, unabhängig vom jeweiligen Förderbedarf, erreicht wird und geeignet adaptiv eingestellt wird, nämlich durch jeweils geeignete, adaptive Parametrisierung im Bereich der Betriebsphasen unterhalb des oberen Schwellwertes, insbesondere im mittleren Anstiegsbereich des Verfahrensschritts S18 zwischen t_1 und t_2 (mit jeweils einer aktuellen Betriebssituation angepassten Parametrisierung).
25
30

Damit ist die vorliegende Erfindung nicht auf das Vorsehen von zwei Schwellwerten P2, P1 (nämlich, wie im gezeigten Ausführungsbeispiel, bei 20% und 95% vom Sollwert) beschränkt, vielmehr ist es im Rahmen der Erfindung möglich, einen oder beide dieser Schwellwerte abweichend zu platzieren bzw. auszuwählen, auch ist von der Erfindung umfasst, lediglich einen Schwellwert (bevorzugt den oberen Schwellwert P1) oder beliebig viele Schwellwerte (ggf. durch einen stetigen Funktionszusammenhang beschrieben), vorzusehen und den wie beschrieben adaptiv parametrisierten Betrieb bis zu diesem oberen Schwellwert gemäß einmaliger oder wiederholter Steigungsmessung am Druckverlauf geeignet einzustellen bzw. anzupassen.

Auch liegt es im Rahmen der vorliegenden Erfindung, abweichend vom Druck als hier beispielhaft ausgewähltem Betriebsparameter andere Betriebsparameter vorzusehen, etwa eine Drehzahl des Pumpenmotors (wobei hier dann auch in analoger Weise ein oberer und ggf. unterer Schwellwert als jeweilige Bruchteile geeignet voreingestellt, bestimmt oder auf andere Weise ermittelt werden können).

Im Ergebnis ermöglicht es die vorliegende Erfindung, in überraschend wirksamer Weise ein sehr schnelles und dynamisches Anfahrverhalten einer Spindelpumpe zu realisieren, dabei gleichzeitig den erforderlichen apparativen und Hardware-Aufwand zu minimieren; gemäß bevorzugter Realisierung arbeitet nämlich etwa das in Fig. 1 schematisch gezeigte System ohne ein Druckregelventil, welches aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen der Spindelpumpe nachgeschaltet ist, so dass der Betrieb auch in energie-effizienter Weise erfolgt.

Patentansprüche

1. Betriebssteuerungsvorrichtung für einen Pumpenmotor aufweisende Verdrängerpumpe (14), mit
5 Mitteln zur Ansteuerung (12), insbesondere Drehzahleinstellung, für den Pumpenmotor,
Zustandssensormitteln (20) zum Erfassen eines aktuellen Betriebsparameters, insbesondere Betriebsdrucks, der Verdrängerpumpe,
10 und den Ansteuerungsmitteln vorgeschaltete Betriebsmodusmitteln (18) zum Vorgeben eines Betriebsmodus der Verdrängerpumpe,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Betriebsmodusmittel so ausgebildet sind, dass unterhalb eines ersten Betriebsparameter-Schwellwerts (P1) durch die Ansteuerungsmittel ein erster Ansteuermodus für den Pumpenmotor eingestellt wird, der
15 einen stetig ansteigenden Pumpendruck in Richtung auf einen Betriebsparameter-Sollwert (P soll) bewirkt, variabel, und in seinem Anstiegsverhalten des Pumpendrucks abhängig von einer erfassten Betriebsparameteränderung in einem vorbestimmten Zeitintervall ist,
und oberhalb des ersten Betriebsparameter-Schwellwerts durch die Ansteuerungsmittel ein zweiter, vom ersten Ansteuermodus verschiedener Ansteuermodus als Regelbetrieb auf den Betriebsparameter-Sollwert eingestellt wird,
20 wobei der erste Betriebsparameter-Schwellwert (P1) als Bruchteil des Betriebsparameter-Sollwerts und/oder eines hiermit korrelierten Pumpenparameters festliegt oder berechnet ist.
25
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsmodusmittel so ausgebildet sind, dass die Betriebsparameteränderung nach dem Erreichen eines zweiten Betriebsparameter-Schwellwerts (P2) erfasst und bestimmt wird,
30 wobei der zweite Betriebsparameter-Schwellwert (P2) als Bruchteil des Betriebsparameter-Sollwerts niedriger als der erste Betriebsparameter-Schwellwert (P1) ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsparameteränderung mehrfach erfasst und bestimmt wird und jeweils den ersten Ansteuermodus beeinflusst.
- 5
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsmodusmittel so ausgebildet sind, dass unterhalb des zweiten Betriebsparameter-Schwellwerts (P2) eine Ansteuerung des Pumpenmotors durch die Ansteuerungsmittel mit maximaler Ansteuerleistung und/oder zum Erreichen eines schnellstmöglichen Anstiegsverhaltens erfolgt.
- 10
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsmodusmittel so ausgebildet sind, dass der erste Ansteuermodus ein Regelverhalten, insbesondere PI-Regelverhalten, aufweist, dessen Regelverstärkung größer als eine Regelverstärkung des insbesondere ein PI-Regelverhalten aufweisenden Regelbetriebs im zweiten Ansteuermodus ist.
- 15
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zustandssensormittel einen Drucksensor (20) zum bevorzugt kontinuierlichen Erfassen des Betriebsdrucks als Betriebsparameter aufweisen.
- 20
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zustandssensormittel zum Bestimmen des Betriebsdrucks als Betriebsparameter aus Pumpen- und/oder Pumpenmotorparametern ausgebildet sind, die aus einer Motorspannung, eines Motorstroms, einer Motordrehzahl, einer Drehbeschleunigung und/oder Pumpenkonstanten der Verdrängerpumpe ausgewählt sind.
- 25
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zustandssensormittel zum Erfassen einer aktuellen För-
- 30

dermenge der Verdrängerpumpe als Betriebsparameter ausgebildet sind.

- 5 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Bruchteil für den ersten Betriebsparameter-Schwellwert (P1) im Bereich zwischen 90% und 98%, insbesondere zwischen 94% und 96% des Betriebsparameter-Sollwerts (P soll) liegt.
- 10 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der bevorzugt vorbestimmte Bruchteil für den zweiten Betriebsparameter-Schwellwert (P2) im Bereich zwischen 15% und 25%, insbesondere zwischen 18% und 22%, des Betriebsparameter-Sollwerts liegt.
- 15 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch Mittel zum Erfassen einer vorbestimmten Sollwertüberschreitung, die so ausgebildet sind, dass als Reaktion auf ein Überschreiten des Betriebsparameter-Sollwerts um einen vorbestimmten Toleranzwert die Betriebsmodusmittel einen vom zweiten Betriebsmodus verschiedenen Ansteuermodus für den Pumpenmotor einstellen, insbesondere Ansteuermodus mit Parametern, weiter bevorzugt Regelparametern, des ersten Ansteuermodus.
- 20 12. Pumpensystem mit einer Verdrängerpumpe, einem ausgangsseitig der Verdrängerpumpe vorgesehenen Aggregat (16) und der Betriebssteuerungsvorrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10.
- 25 13. Pumpensystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Pumpensystem kein Druckregelventil für die Verdrängerpumpe aufweist.
- 30

14. Pumpensystem nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Aggregat eine Werkzeugmaschine (16) ist, die mittels der Verdrängerpumpe mit Kühl- und/oder Schmiermittelfluid beaufschlagt wird.
- 5
15. Pumpensystem nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrängerpumpe als Schraubenspindelpumpe ausgebildet ist.
- 10
16. Pumpensystem nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdrängerpumpe für eine Betriebsdrehzahl oberhalb von 3000/min., bevorzugt oberhalb von 4000/min., eingerichtet ist und betrieben wird.
- 15
17. Pumpensystem nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsmodusmittel der Betriebssteuervorrichtung den ersten Ansteuermodus so einstellen, dass der Betriebsparameter-Sollwert in 500ms oder weniger nach einem Einschalten des Pumpenmotors erreicht wird.
- 20
18. Verfahren zum Betreiben des Pumpensystems nach einem der Ansprüche 12 bis 17 durch Ansteuern der Verdrängerpumpe mittels der Betriebssteuervorrichtung, gekennzeichnet durch die Schritte:
- Aktivieren des Pumpenmotors,
 - 25 - Erfassen einer Betriebsparameteränderung der Pumpe pro vorbestimmtem Zeitintervall,
 - Betreiben des Pumpenmotors im ersten Ansteuermodus, wobei der erste Ansteuermodus von der erfassten Betriebsparameteränderung abhängig und/oder beeinflusst ist,
 - 30 - Betreiben des Pumpenmotors im zweiten Ansteuermodus als Reaktion auf ein Erreichen oder Überschreiten des ersten Betriebsparameter-Schwellwerts.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass das Erfassen der Betriebsparameteränderung im vorbestimmten Zeitintervall nach dem Erreichen oder Überschreiten eines zweiten Betriebsparameter-Schwellwerts erfolgt, welcher niedriger als der erste Betriebsparameter-Schwellwert ist.

5

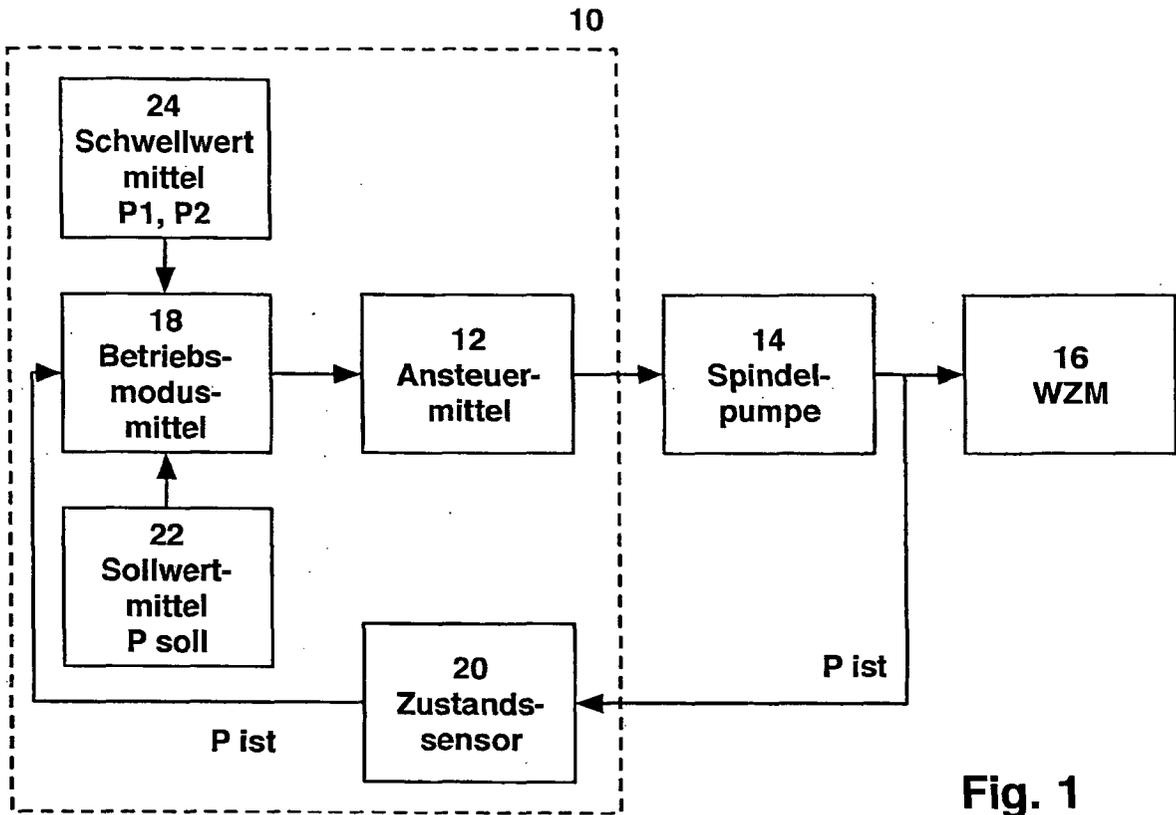


Fig. 1

2/3

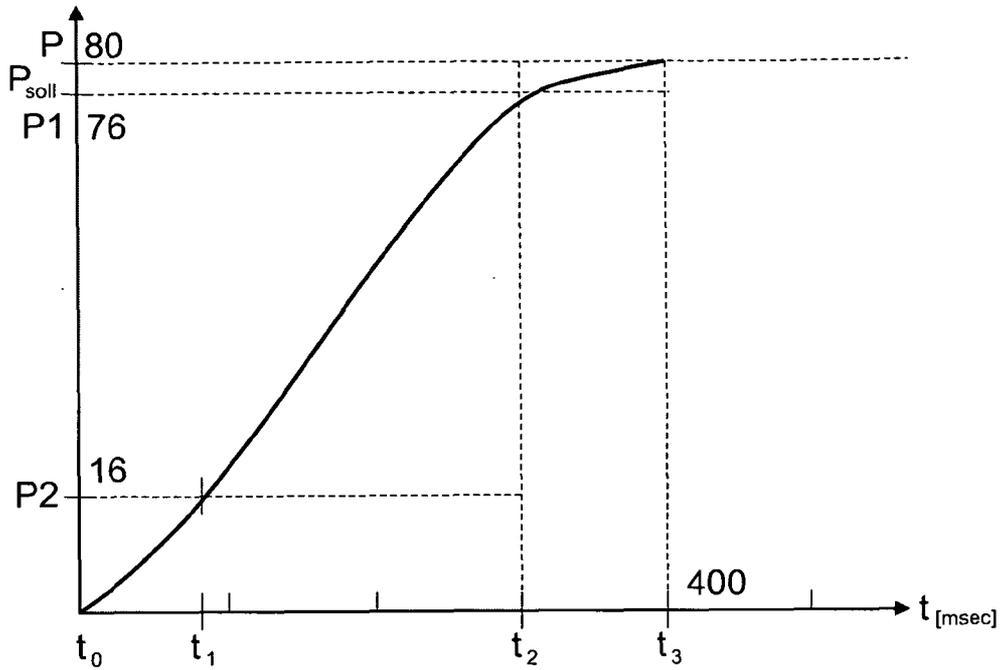


Fig. 2

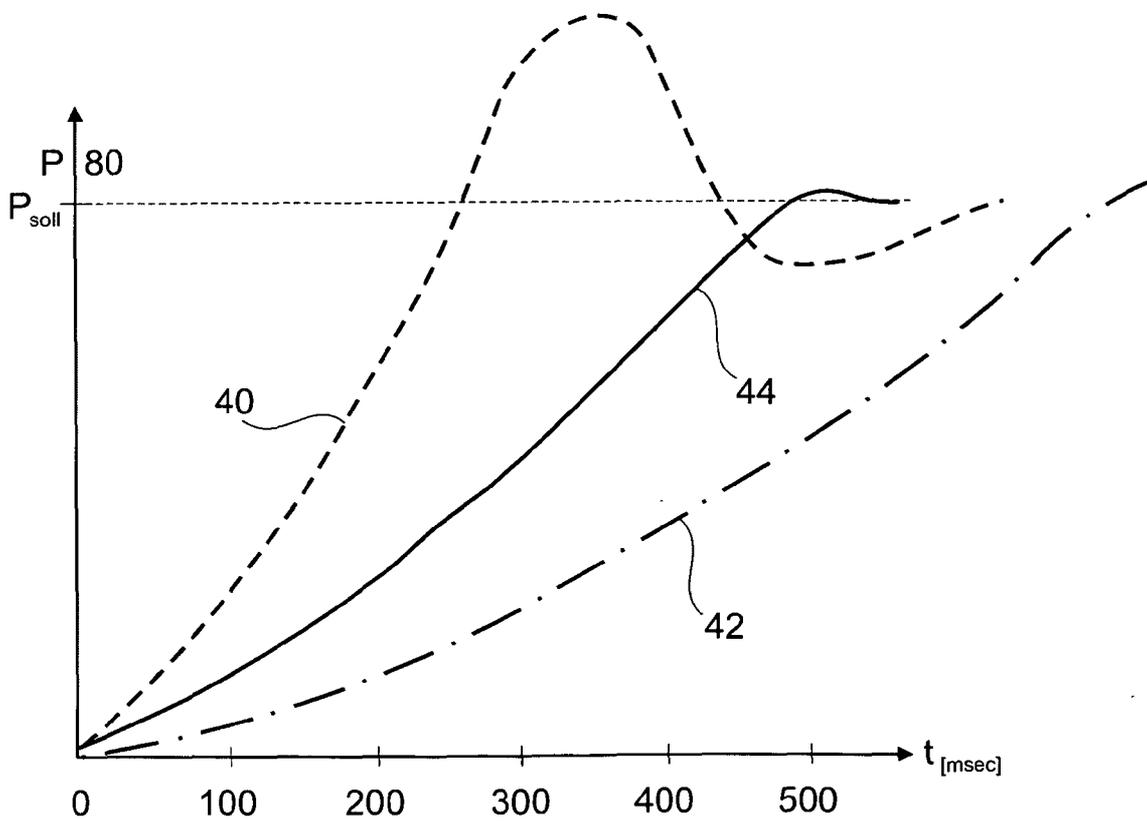
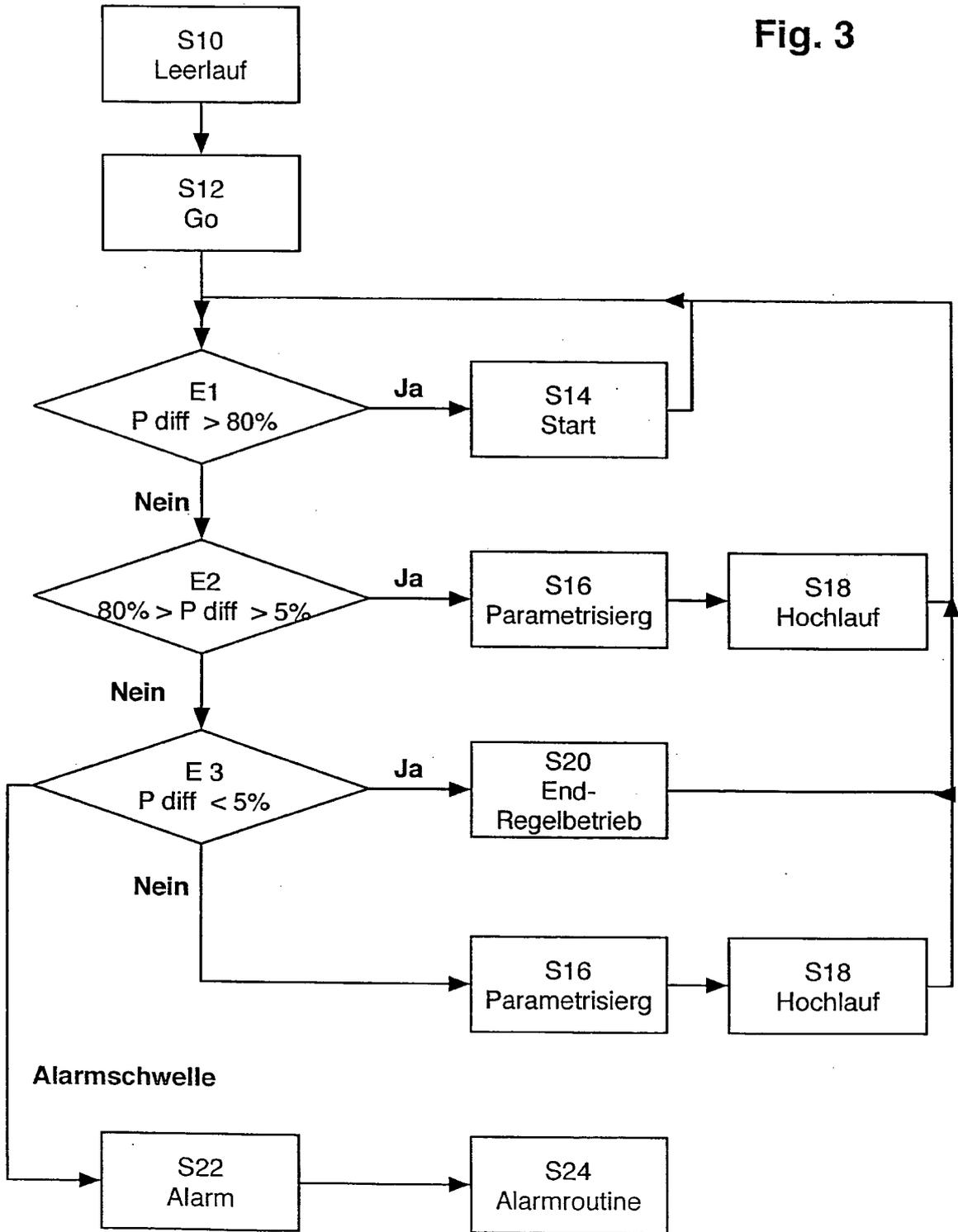


Fig. 4

Fig. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/000618

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F04C14/06 F04C14/08 F04B49/02 F04B49/06
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F04C F04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/094910 A1 (ENDO HIROATSU [JP] ET AL) 18 July 2002 (2002-07-18) paragraph [0039] - paragraph [0046]; figures 2,4,7,8,11 -----	1-19
A	US 6 206 643 B1 (JEONG WON-BAE [KR]) 27 March 2001 (2001-03-27) the whole document -----	1-19
A	US 6 530 240 B1 (KOUNTZ KENNETH J [US] ET AL) 11 March 2003 (2003-03-11) column 6, line 23 - line 55 -----	1-19

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 4 April 2011	Date of mailing of the international search report 19/04/2011
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Descoubes, Pierre

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2011/000618

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date	
US 2002094910	A1	18-07-2002	DE 10201490 A1	01-08-2002
			JP 3521873 B2	26-04-2004
			JP 2002213594 A	31-07-2002

US 6206643	B1	27-03-2001	BR 9915628 A	27-11-2001
			IT MI991351 A1	18-12-2000
			JP 2000104665 A	11-04-2000
			KR 20000002104 A	15-01-2000

US 6530240	B1	11-03-2003	AT 454599 T	15-01-2010
			AU 2002359367 A1	23-06-2003
			EP 1456589 A1	15-09-2004
			WO 03050459 A1	19-06-2003

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/000618

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F04C14/06 F04C14/08 F04B49/02 F04B49/06 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F04C F04B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 2002/094910 A1 (ENDO HIROATSU [JP] ET AL) 18. Juli 2002 (2002-07-18) Absatz [0039] - Absatz [0046]; Abbildungen 2,4,7,8,11 -----	1-19
A	US 6 206 643 B1 (JEONG WON-BAE [KR]) 27. März 2001 (2001-03-27) das ganze Dokument -----	1-19
A	US 6 530 240 B1 (KOUNTZ KENNETH J [US] ET AL) 11. März 2003 (2003-03-11) Spalte 6, Zeile 23 - Zeile 55 -----	1-19
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 4. April 2011		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 19/04/2011
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Descoubes, Pierre

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2011/000618

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2002094910 A1	18-07-2002	DE 10201490 A1	01-08-2002
		JP 3521873 B2	26-04-2004
		JP 2002213594 A	31-07-2002

US 6206643 B1	27-03-2001	BR 9915628 A	27-11-2001
		IT MI991351 A1	18-12-2000
		JP 2000104665 A	11-04-2000
		KR 20000002104 A	15-01-2000

US 6530240 B1	11-03-2003	AT 454599 T	15-01-2010
		AU 2002359367 A1	23-06-2003
		EP 1456589 A1	15-09-2004
		WO 03050459 A1	19-06-2003
