



(11) **EP 2 149 706 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**03.02.2010 Patentblatt 2010/05**

(51) Int Cl.:  
**F04B 51/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **09164562.2**

(22) Anmeldetag: **03.07.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA RS**

(71) Anmelder: **Beckhoff Automation GmbH**  
**33415 Verl (DE)**

(72) Erfinder: **Osterfeld, Wilfried**  
**33689 Bielefeld (DE)**

(74) Vertreter: **Patentanwaltskanzlei WILHELM & BECK**  
**Prinzenstrasse 13**  
**80639 München (DE)**

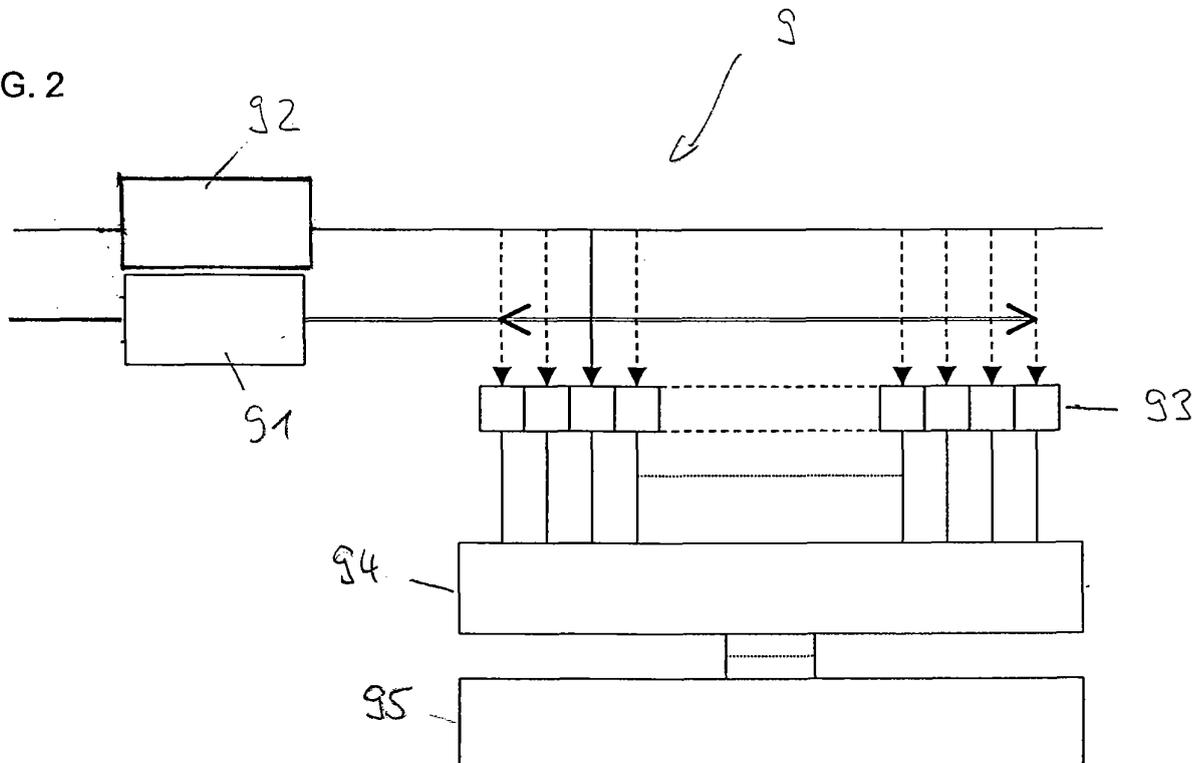
(30) Priorität: **31.07.2008 DE 102008035954**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Überwachen einer Verdrängermaschine**

(57) Zum Überwachen einer Verdrängermaschine mit einem periodisch seine Position in einem Arbeitsraum ändernden Verdränger wird ein Systemdruck als Funktion einer Verdrängerposition erfasst und der sich erge-

bende verdrängerpositionsabhängige Systemdruckverlauf mit einem erwarteten verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf verglichen wird, um Funktionsstörungen festzustellen.

FIG. 2



EP 2 149 706 A2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen einer Verdrängermaschine.

**[0002]** Verdrängermaschinen sind Maschinen, die die potentielle Energie eines Fluids, d. h. eines Gases oder einer Flüssigkeit, durch Zufuhr oder Entnahme mechanischer Energie mit Hilfe eines Verdrängers, in der Regel eines Kolbens, entweder erhöhen oder vermindern. Die Verdrängermaschinen lassen sich dabei unterteilen in Fluidenergiemaschinen, die als Arbeitsmaschinen mechanische Energie verbrauchen, und Kraftmaschinen, die mechanische Energie als Nutzarbeit freisetzen. Fluidenergiemaschinen sind z. B. Verdrängerkompressoren oder Verdrängerpumpen. Für die Arbeitsweise von Verdrängermaschinen ist charakteristisch, dass durch die Bewegung eines Verdrängers ein sich periodisch verändernder Arbeitsraum entsteht.

**[0003]** Zur Überwachung von Verdrängermaschinen, insbesondere zum Feststellen von Fehlern oder Beschädigungen, werden verschiedene Verfahren eingesetzt. Um die Funktion von Verdrängerpumpen oder Verdrängerkompressoren zu überwachen, werden insbesondere die Verunreinigungen im Druckmedium erfasst. Die Überwachung des Druckmediums auf Partikel erfordert jedoch eine sehr kostspielige Sensorik und ermöglicht darüber hinaus eine nur unzureichende Fehlerdiagnose, da die Verunreinigungen in der Regel aus einer Reihe von unterschiedlichen Quellen stammen können, so dass eine eindeutige Zuordnung schwierig ist.

**[0004]** Zur Überwachung und Fehlerdiagnose bei Verdrängermaschinen wird häufig auch der Systemdruck in der Verdrängermaschine erfasst. So ist aus der DE 103 34 817 A1 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Fehlererkennung bei Verdrängerpumpen bekannt, bei der der Systemdruck einer Frequenzanalyse unterworfen wird, um eine charakteristische Frequenz zu bestimmen, die mit einer Referenzfrequenz verglichen wird, um aus diesem Vergleich einen Pumpenfehler zu ermitteln. Das Fehlerdiagnoseverfahren ist jedoch aufwändig, da zur Frequenzanalyse eine komplexe Fouriertransformation ausgeführt werden muss, was auch zu entsprechend hohen Hardwarekosten führt. Zudem ermöglicht auch die Frequenzanalyse des Systemdruckes nur eine begrenzte Ursachenbestimmung bei Auftreten eines Fehlers, da sich nicht alle Pumpenfehler im Frequenzspektrum des Systemdrucks abbilden. Dies gilt insbesondere für Fehler im Antrieb der Pumpe.

**[0005]** Weitere Möglichkeiten zur Überwachung von Verdrängermaschinen, insbesondere Verdrängerpumpen, sind in der DE 10 2005 059 564 A1 beschrieben, bei der in der Verdrängermaschine verschiedenste Sensoren zur Erfassung und Überwachung von Betriebsdaten angeordnet sind, deren Daten mit Hilfe einer Diagnoseeinheit ausgewertet werden. Dabei werden vorzugsweise die Oberflächenvibrationen und der Druckmedienschmutzung in der Verdrängermaschine erfasst und mit Erwartungswerten verglichen, um Funktionsfehler festzustellen. Die Messwerte, insbesondere die auch erfassten Systemdruckwerte, werden dabei jedoch über die periodische Bewegung des Verdrängers im Arbeitsraum gemittelt, so dass nur gravierende Schäden, nicht jedoch bereits ein frühzeitiger Ausfall, erkannt werden kann.

**[0006]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Überwachen einer Verdrängermaschine bereitzustellen, mit dem sich auf einfache und kostengünstige Weise bereits sehr frühzeitig ein Schadensfall an der Verdrängermaschine feststellen lässt.

**[0007]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8 gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

**[0008]** Gemäß der Erfindung wird zum Überwachen einer Verdrängermaschine mit einem periodisch seine Position in einem Arbeitsraum ändernden Verdränger ein Systemdruck als Funktion einer Verdrängerposition mit Hilfe eines Positionsgebers und eines Druckaufnehmers erfasst, wobei die erfassten Verdrängerpositionen mit den erfassten Systemdruckwerten korreliert werden, um einen verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf zu bestimmen. Der sich ergebende verdrängerpositionsabhängige Systemdruckverlauf wird mit einem erwarteten verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf dann in einer Auswerteeinheit verglichen, um Funktionsstörungen festzustellen.

**[0009]** Mit der Korrelation der Verdrängerposition mit dem Systemdruck wird ein vollständiges hochgenaues Abbild des Verdrängerbetriebes erreicht, dessen Analyse alle möglichen Abweichungen in der Funktion der Verdrängermaschine widerspiegelt. Es lässt sich dann schon sehr frühzeitig auf sich abzeichnende Ausfälle und Schäden der Verdrängermaschine reagieren. Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ist darüber hinaus mit geringem Kostenaufwand unter Einsatz herkömmlicher Sensoren ausführbar, wobei die Auswertung im Rahmen der Maschinensteuerung erfolgen kann.

**[0010]** Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform werden die erfassten Systemdruckwerte gefiltert, wobei die Systemdruckwerte in einem Tabellenspeicher erfasst werden, der als Index die aktuelle Verdrängerposition benutzt. Die Tabellenplätze werden dabei mit der Filterfunktion des Filters aktualisiert. Die Verwendung der Verdrängerposition zur Adressierung der Tabellenplätze sorgt dafür, dass alle nicht zur periodischen Verdrängerbewegung synchronen Signale quasi zufällig auf die Filter verteilt und ausgemittelt werden. Hierdurch wird ein zeitliches Verschleifen der Systemdruckdarstellung vermieden. Das korrelierte Filter lässt dann nur Störanteile durch, deren Frequenz ein ganzzahliges Vielfaches der periodischen Verdrängerfrequenz ist.

**[0011]** Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird der Systemdruck über eine volle Periode der Verdrängerposition im Arbeitsraum exakt von zeitlich äquidistant abgetasteten Systemdruckwerten erfasst, wobei pro Er-

fassungspunkt ein Satz zeitlich äquidistant abgetasteter Werte bereitgestellt wird. Durch die Herstellung eines Zeitstempels, der nicht an die Zykluszeit der Verdrängermaschinensteuerung oder des unterlagerten Kommunikationssystems gebunden ist, wird eine zeitlich hochaufgelöste hochgenaue Darstellung des Systemdrucks und damit eine verbesserte Fehlerdarstellung ermöglicht.

5 **[0012]** Die Erfindung wird anhand der beigelegten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 schematisch eine Verdrängermaschine in Form einer Pumpe mit einer erfindungsgemäßen Überwachungs-  
vorrichtung;

10 Figur 2 eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Überwachungs-  
vorrichtung; und

Figur 3 mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ermittelte Systemdruckverläufe für eine Pumpe mit sechs Pumpen-  
kammern, wobei Figur 3A eine korrekt funktionierende Pumpe und Figur 3B eine Pumpe beim Totalausfall einer  
Pumpenkammer zeigt.

15 **[0013]** Die Erfindung wird am Beispiel einer Kolbenpumpe erläutert. Es besteht jedoch die Möglichkeit, die erfindungs-  
gemäße Vorgehensweise zur Überwachung jeder Art von Verdrängermaschine einzusetzen. Verdrängermaschinen  
zeichnen sich dadurch aus, dass durch die Bewegung eines Verdrängers, im Weiteren als Kolben bezeichnet, ein sich  
periodisch verändernder, nach außen hin dichter Arbeitsraum entsteht, um einem Fluid, d. h. einem Gas oder einer  
20 Flüssigkeit, im Arbeitsraum mechanische Energie zuzuführen oder zu entnehmen. Abhängig von der Art der Bewegung  
des Verdrängers unterscheidet man zwischen einer Hub- und einer Rotationsverdrängermaschine. Im ersten Fall bewegt  
sich als Verdränger ein Kolben in einem Zylinder zwischen zwei Endlagern, den Totpunkten. Bei der Rotationsverdrän-  
germaschine bewirkt ein rotierender Verdränger das Verändern des Arbeitsraumvolumens.

25 **[0014]** Bei Verdrängermaschinen unterscheidet man weiter zwischen Arbeitsmaschinen, bei denen Arbeit von außen  
auf das Fluid der Verdrängermaschine übertragen wird, und Kraftmaschinen, bei denen dem Fluid Energie entzogen  
wird, die nach außen als mechanische Arbeit abgegeben wird. Als Kraftmaschinen eingesetzte Verdrängermaschinen  
sind z. B. Verbrennungsmotoren. In die Kategorie der als Arbeitsmaschinen eingesetzten Verdränger fallen Pumpen  
und Verdichter. Verdrängerpumpen bzw. -verdichter kapseln das von einer Saugleitung in einen Arbeitsraum geflossene  
30 Fördermedium ab und verschieben es dann mit Hilfe eines Verdrängers im Arbeitsraum in eine Druckleitung. Die Ver-  
schiebarbeit des Verdrängers erhöht die Energie des Fördermediums und deckt die Vorverluste ab. Zur Verkapselung  
und Ein- und Auslasssteuerung des Fördermediums werden Ventile oder Schieber eingesetzt. Nach der Verdrängerki-  
nematik werden dabei oszillierende oder rotierende Verdrängerpumpen unterschieden. Der Verdränger der Verdrän-  
gerpumpe wird über einen Motor angetrieben, wobei die Verdrängerpumpe oft mehrere Arbeitsvolumen aufweist, die  
gemeinsam angetrieben werden.

35 **[0015]** Figur 1 zeigt schematisch eine Verdrängerpumpe, die einen Pumpenarbeitsraum 1 mit Verdränger 2 aufweist,  
wobei das Volumen des Arbeitsraums periodisch durch die Verdrängerbewegung verändert wird. Während einer An-  
saugphase wird der Arbeitsraum mit einer Saugleitung 3 verbunden und füllt den Arbeitsraum mit dem Fördermedium.  
Durch Bewegung des Verdrängers 2 wird das Fördermedium dann komprimiert zu einer Druckleitung 4 transportiert  
und dort in einer Ausstoßphase abgegeben. Der Verdränger 2 kehrt dann wieder in seine Ansaugphasenposition zurück,  
40 so dass sich der Pumpvorgang periodisch wiederholt. Zwischen Ansaugphase und Ausstoßphase erhöht sich der Druck  
im Arbeitsraum, um dann wieder in der nächsten Ansaugphase auf den Ausgangswert abzufallen.

**[0016]** Der Verdränger wird von einem an den Arbeitsraum angeflanschten Motor 5 angetrieben, vorzugsweise über  
eine mit dem Verdränger verbundene Antriebswelle 6. Bei einer mehrere Arbeitsvolumina aufweisenden Verdränger-  
pumpe sind die Arbeitsvolumina in der Regel regelmäßig um die rotierende Antriebswelle des Motors angeordnet, um  
45 die den jeweiligen Arbeitsvolumina zugeordneten Verdränger versetzt zu betreiben. Pro Umdrehung der Antriebswelle  
treten deshalb zu bestimmten Winkeln Druckspitzen in der Druckleitung auf, die von Phasen sinkenden Drucks getrennt  
sind.

**[0017]** Die Veränderung der Arbeitsvolumina durch die Verdränger ist immer mit einer Relativbewegung von Teilen  
der Pumpenkonstruktion verbunden. Dabei muss der Austritt des komprimierten Fördermediums durch unvermeidbare  
50 Spalten verhindert werden. Die in den Pumpen eingesetzten Dichtungen sind deshalb hohen Belastungen ausgesetzt.  
Kommt es zu einer Beschädigung der Dichtung oder der Gleitflächen sinkt Leistung oder Wirkungsgrad der Pumpe  
durch innere Leckage ab. Die Leistung bzw. der Wirkungsgrad der Pumpe kann jedoch auch durch verschiedene andere  
Gründe, z. B. undichte Ventile oder Schieber am Eingang zur Ansaugleitung bzw. am Ausgang zur Druckleitung her-  
vorgerufen werden. Auch Beschädigungen am Antrieb der Pumpe können zu einer Leistungsminderung oder einem  
55 Ausfall der Pumpe führen. Wichtig bei der Überwachung von Verdrängerpumpen, aber auch anderen Verdrängermas-  
chinen, ist es deshalb, frühzeitig auf einen sich abzeichnenden Ausfall bzw. eine Beschädigung der Verdrängermaschine  
aufmerksam zu werden.

**[0018]** Zur Überwachung und Fehlererkennung der Verdrängermaschine ist erfindungsgemäß vorgesehen, einen

Systemdruck in der Verdrängermaschine als Funktion einer Verdrängerposition zu erfassen, und den sich ergebenden verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf mit einem erwarteten verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf zu vergleichen, um Funktionsstörungen festzustellen. Der verdrängerpositionsabhängige Systemdruckverlauf gibt hochgenau und detailliert Funktionsveränderungen im Verdrängermaschinenbetrieb wieder, so dass sich bei einer Analyse des verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlaufs Funktionsfehler frühzeitig feststellen und gegebenenfalls dann auch beheben lassen. Die Erfassung eines verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlaufes lässt sich darüber hinaus mit einer einfachen und kostengünstigen Hardware durchführen, in der Regel mit den üblicherweise bereits vorhandenen Druckaufnehmern zur Ermittlung des Systemdrucks bzw. von Positionsgebern zur Erfassung der Antriebswellenrotation.

**[0019]** Figur 1 zeigt eine mögliche Auslegung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Überwachung der Verdrängerpumpe, wobei ein Druckaufnehmer 7 an der Druckleitung 6 vorgesehen ist. Alternativ besteht jedoch auch die Möglichkeit, den Druckaufnehmer direkt am Ausgang des Arbeitsvolumens der Pumpe vorzusehen. Ein Positionsgeber 8 ist in der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform der Verdrängerpumpe an der Antriebswelle 6 des Verdrängers 2 angeordnet. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, den Positionsgeber direkt am Verdränger anzuordnen. Die vom Druckaufnehmer bzw. Positionsgeber erfassten Signale werden an eine Überwachungsvorrichtung 9 weitergeleitet. Diese Überwachungsvorrichtung 9 kann gleichzeitig Teil der Pumpensteuerung sein.

**[0020]** Als Positionsgeber zur Erfassung der Verdrängerposition im Arbeitsraum kann ein Inkrementalgeber, insbesondere ein niedrigauflösender, kostengünstiger Inkrementalencoder eingesetzt werden. Der Inkrementalgeber ist an einem rotierenden Konstruktionselement, das in Verbindung mit dem Verdränger im Arbeitsvolumen der Verdrängerpumpe steht, gekoppelt, z. B. der Antriebswelle oder auch einem Getriebe oder einer Kupplung und kann eine Lageänderung erfassen. Der Inkrementalgeber besitzt eine Maßverkörperung mit einer sich wiederholenden periodischen Zählspur, wobei der Zählwert eine Information über eine Wegstrecke, z. B. einen Relativwinkel innerhalb einer Umdrehung, und eine Wegrichtung, z. B. den Drehwinkel, liefert. Bei einem rotierenden Konstruktionselement ergibt der ermittelte Zählwert des Inkrementalgebers somit eine Information über den Relativwinkel innerhalb einer Umdrehung und über die Winkelgeschwindigkeit, und somit über die Drehzahl der Pumpe. Inkrementalgeber können das rotierende Konstruktionselement photoelektrisch, magnetisch oder mit Schleifkontakten abtasten.

**[0021]** Alternativ zu einem Inkrementalgeber kann als Positionsgeber auch ein Digitalsensor eingesetzt werden. Der Digitalsensor kann wiederum photoelektrisch, magnetisch oder mit Schleifkontakten arbeiten, wobei der Digitalsensor ausgelegt ist, ein Element zu erfassen, das mit der periodischen Bewegung des Verdrängers korreliert ist, z. B. ein Punkt auf der Antriebswelle des Verdrängers, das den Verdränger einmal pro Umdrehung passiert. Am Digitaleingang des Digitalsensors wird der Zeitpunkt des Durchgangs mit hoher Zeitauflösung erfasst. Eine Positionseingangsschaltung 91 der Überwachungsvorrichtung 9, von der eine mögliche Ausführungsform in Figur 2 dargestellt ist, ermittelt aus dem Signal des Positionsgebers die jeweilige Ist-Position des Verdrängers. Die Positionsbestimmung ist dabei mit einer besonders einfachen Hardware auszuführen, wenn der Positionsgeber ein Digitalsensor ist. Die Positionseingangsschaltung 91 weist dann eine lokale, hochauflösende, mit der Verdrängermaschinensteuerung synchronisierte Uhr auf, die die Bildung eines Zeitstempels ermöglicht. Dieser Zeitstempel wird dann mit dem Digitalsensor korreliert, um hochgenau den Zeitpunkt der Änderung des Digitalsignals zu bestimmen. Die Positionseingangsschaltung 91 der Überwachungsschaltung kann weiterhin eine Totzeitkompensation aufweisen, um Totzeiten in der Signalerfassung und -verarbeitung zu kompensieren. Der Pumpenantrieb reagiert nämlich in der Regel auf eine Veränderung der Pumpenleistung mit einer Drehzahländerung. Dadurch wird eine Verschiebung des Systemdruckverlaufes relativ zur ermittelten Verdrängerposition vorgetäuscht. Diese Totzeitkompensation kann bei der Verdrängerpumpe unter Zuhilfenahme der ermittelten Drehzahl durch die Totzeitkompensation kompensiert werden.

**[0022]** Der Druckaufnehmer liefert über die periodische Verdrängerbewegung eine hohe Anzahl von Messwerten. Bei einer Pumpenumdrehung werden dabei mindestens 100, vorzugsweise 400 Werte, ermittelt. Die Systemdruckwerte werden dabei in zeitlich äquidistanten Abständen über einen vollen Durchlauf der Verdrängerbewegung abgetastet. Die Systemdruckwerte werden dabei vorzugsweise paketweise von einer Druckeingangsschaltung 92 erfasst, die eine lokal hochauflösende, mit der Verdrängermaschinensteuerung synchronisierte Uhr verwendet. Die Eingangsschaltung wird dadurch in die Lage versetzt, pro Zyklus der Steuerung und des unterlagerten Kommunikationssystems nicht nur einen Messwert zu übertragen, sondern einen Satz von zeitlich äquidistant abgetasteten Systemdruckwerten bereitzustellen, so dass eine hochaufgelöste detaillierte Darstellung möglich ist.

**[0023]** Die Überwachungsvorrichtung 9 weist weiter einen Tabellenspeicher 93 auf, der mit der Positionseingangsschaltung 91 zur Bestimmung der Verdrängerposition und der Druckeingangsschaltung 92 zur Erfassung der Systemdruckwerte verbunden ist. Der Tabellenspeicher 93 besitzt eine Reihe von Speicherplätzen, wobei jeder Speicherplatz einer bestimmten Verdrängerposition zugeordnet ist. Der Tabellenspeicher speichert an jeder Ist-Position dann den zugehörigen Systemdruckwert bzw. den zugehörigen Satz an Systemdruckwerten und korreliert so die Verdrängerpositionen mit den Systemdruckwerten.

**[0024]** Die einzelnen Speicherplätze des Tabellenspeichers weisen vorzugsweise zusätzlich eine Filterfunktion auf, mit der die Speicherplätze aktualisiert werden. Als Filter wird vorzugsweise ein Tiefpass erster Ordnung eingesetzt, der

dann die Werte der einzelnen Speicher des Tabellenspeichers wie folgt aktualisiert:

$$\text{Wert}[\text{Index}] = \text{Wert}[\text{Index}] * (1-K) + \text{Messwert} * K.$$

5

**[0025]** K ist der Kehrwert der Filterkonstante und kann dabei ein Wert von 0 bis 1 sein, wobei vorzugsweise ein kleiner K-Wert gewählt wird. Mit der Filterfunktion wird dafür gesorgt, dass sich Störwerte nur begrenzt auf den in den Speicherplätzen abgespeicherten Tabellenwert auswirken. Die Verwendung der Verdrängerposition zur Adressierung der Speicherplätze sorgt darüber hinaus für eine zusätzliche Filterung, da alle nicht mit der Periode der Verdrängerbewegung synchronen Signalanteile quasi zufällig auf die Speicherplätze des Tabellenspeichers verteilt und ausgemittelt werden. Nur die zur periodischen Verdrängerbewegung synchronen Signalanteile und somit die Nutzanteile werden in den Speicherplätzen zugeordneten Filtern zugeführt. Hierdurch entsteht ein korreliertes Filter, das ein zeitliches Verschleifen des Systemdruckverlaufs vermeidet.

10

**[0026]** Figur 3A zeigt einen mit Hilfe der Überwachungsvorrichtung gemäß Figur 2 ermittelten Systemdruckverlauf für eine Verdrängerpumpe mit sechs Arbeitsvolumina und sechs Verdrängern, wobei ein korrekter Pumpenbetrieb mit sechs Druckmaxima und sechs Druckminima dargestellt ist. Durch das Korrelieren der erfassten Verdrängerposition mit dem erfassten Systemdruck mit der in Figur 2 gezeigten Überwachungsvorrichtung, bei der eine paketweise Systemdruckfassung mit Zeitstempel sowie eine Filterung durchgeführt wird, wird eine hochdetaillierte Abbildung des Systemdruckverlaufes erreicht. Figur 3B zeigt die gleiche Pumpe wie in Figur 3A beim Totalausfall des im Uhrzeigersinn dritten Druckpulses.

15

**[0027]** Der im Tabellenspeicher 93 der Überwachungsvorrichtung 9 abgelegte verdrängerpositionsabhängige Systemdruckverlauf wird in einer Auswerteeinrichtung 94 mit einem erwarteten verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf verglichen, um Funktionsstörungen zu ermitteln. Aus dem von der Auswerteeinrichtung 94 durchgeführten Vergleich lassen sich Funktionsveränderungen sofort erkennen und die zugehörigen Ursachen feststellen, da diese zu einer charakteristischen Abweichung zwischen erfasstem und erwartetem verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf führen. So können innere Leckagen, blockierte Steuerelemente, Phasenausfall vom Motor und Schäden am Lager der Motoren erkannt werden. Auch kann ein Windungsschluss im Motor oder eine Asymmetrie in der Netzversorgung festgestellt werden. Auf der Grundlage der von der Auswerteeinrichtung 94 durchgeführten Beurteilung des Pumpenzustandes kann dann eine der Auswerteeinrichtung nachgeschaltete Ausgabeeinrichtung 95 Meldung bzw. Alarme ausgeben.

20

25

30

### Patentansprüche

35

1. Verfahren zum Überwachen einer Verdrängermaschine mit einem periodisch seine Position in einem Arbeitsraum ändernden Verdränger, wobei ein Systemdruck als Funktion einer Verdrängerposition erfasst und der sich ergebende verdrängerpositionsabhängige Systemdruckverlauf mit einem erwarteten verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf verglichen wird, um Funktionsstörungen festzustellen.

40

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Systemdruck über eine volle Umlauf der Verdrängerbewegung im Arbeitsraum als ein Satz von zeitlich äquidistant abgetasteten Systemdruckwerten erfasst wird.

45

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei eine paketweise Erfassung der Systemdruckwerte durchgeführt wird, wobei pro Erfassungspunkt einen Satz von zeitlich äquidistant abgetasteten Werten bereitgestellt wird.

4. Verfahren nach einem der Anspruch 1 bis 3, wobei die erfassten Systemdruckwerte gefiltert werden.

50

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Messwerte des Systemdruckes in einer Tabelle erfasst werden, wobei die aktuelle Verdrängerposition als Index genutzt wird und die Aktualisierung der Speicherplätze der Tabelle mit einer Filterfunktion erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei die Aktualisierung der Speicherplätze der Tabelle mit folgender Filterfunktion erfolgt:  $\text{Wert}[\text{Index}] = \text{Wert}[\text{Index}] * (1-K) + \text{Messwert} * K$ , wobei ein Kehrwert einer Filterkonstante ist und ein Wert von 0 bis 1 ist.

55

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei eine Totzeitkompensation der ermittelten Verdrängerposition erfolgt.

## EP 2 149 706 A2

- 5
8. Vorrichtung zum Überwachen einer Verdrängermaschine mit einem Positiongeber (8) zum Erfassen einer Position eines periodisch seine Position in einem Arbeitsraum ändernden Verdrängers (2) der Verdrängermaschine, einem Druckaufnehmer (7) zum Erfassen eines Systemdruck der Verdrängermaschine, einer Korreliereinrichtung (91, 92, 93) zum Korrelieren der erfassten Verdrängerpositionen mit den erfassten Systemdruckwerten, um einen verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf zu bestimmen, und einer Auswerteinrichtung (94) zum Vergleichen des verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlaufs mit einem erwarteten verdrängerpositionsabhängigen Systemdruckverlauf, um Funktionsstörungen festzustellen.
- 10
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei die Korreliereinrichtung ein Filter zum Filtern der erfassten Systemdruckwerte aufweist.
- 15
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Korreliereinrichtung (91, 92, 93) eine Tabellenspeicher 93 zum Speichern der erfassten Systemdruckwerte aufweist, wobei die aktuelle Verdrängerposition der Index für die Speicherplätze des Tabellenspeichers ist und die Aktualisierung der Speicherplätze mit einer Filterfunktion des Filters erfolgt.
- 20
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, wobei das Filter folgende Filterfunktion ausführt:  
$$\text{Wert}[\text{Index}] = \text{Wert}[\text{Index}] * (1-K) + \text{Messwert} * K$$
, wobei ein Kehrwert einer Filterkonstante ist und ein Wert von 0 bis 1 ist.
- 25
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, wobei eine Kompensationseinrichtung zum Kompensieren einer Totzeit der Verdrängerposition vorgesehen ist.
- 30
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 12, wobei der Positiongeber (8) ein Inkrementalencoder oder ein Digitalsensor ist.
- 35
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 13, wobei der Druckaufnehmer (9) zur paketweisen Erfassung von Systemdruckwerte ausgelegt ist.
- 40
- 45
- 50
- 55
15. Verdrängermaschine mit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 14.

FIG. 1

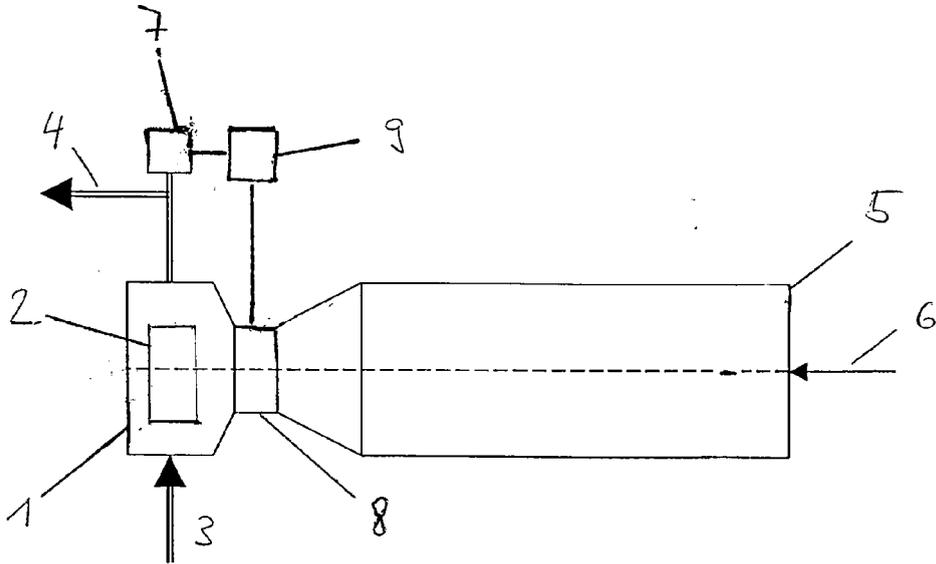


FIG. 2

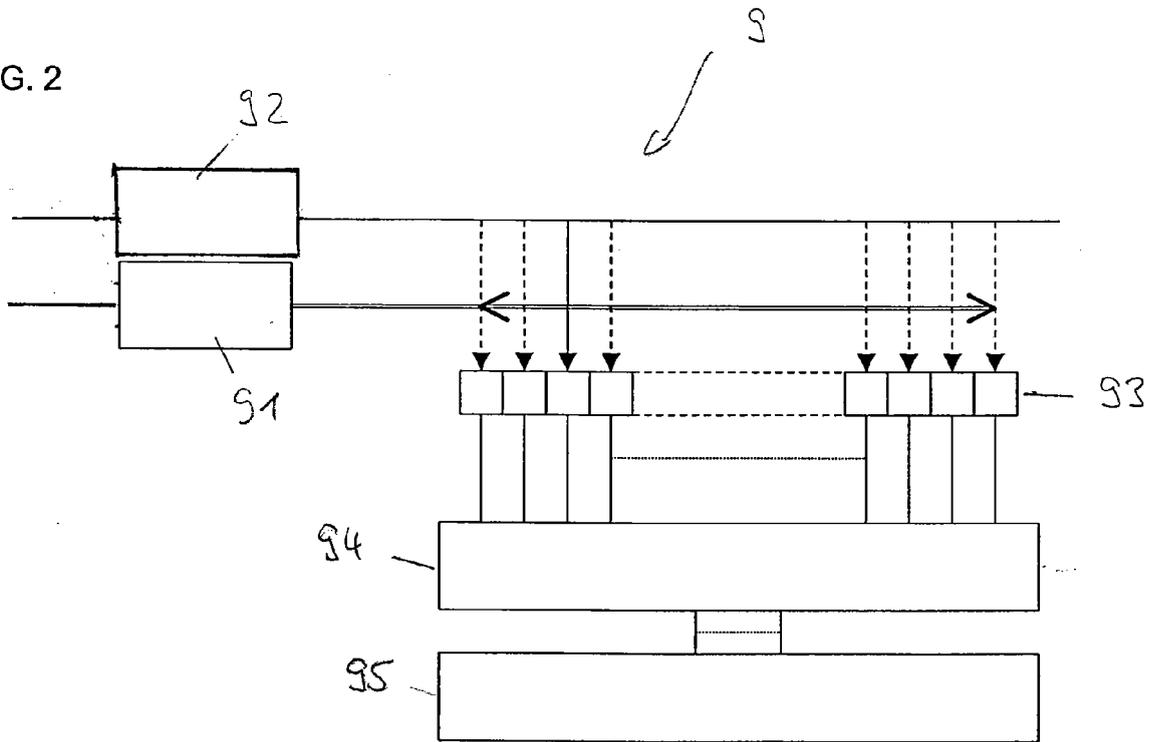


FIG. 3A

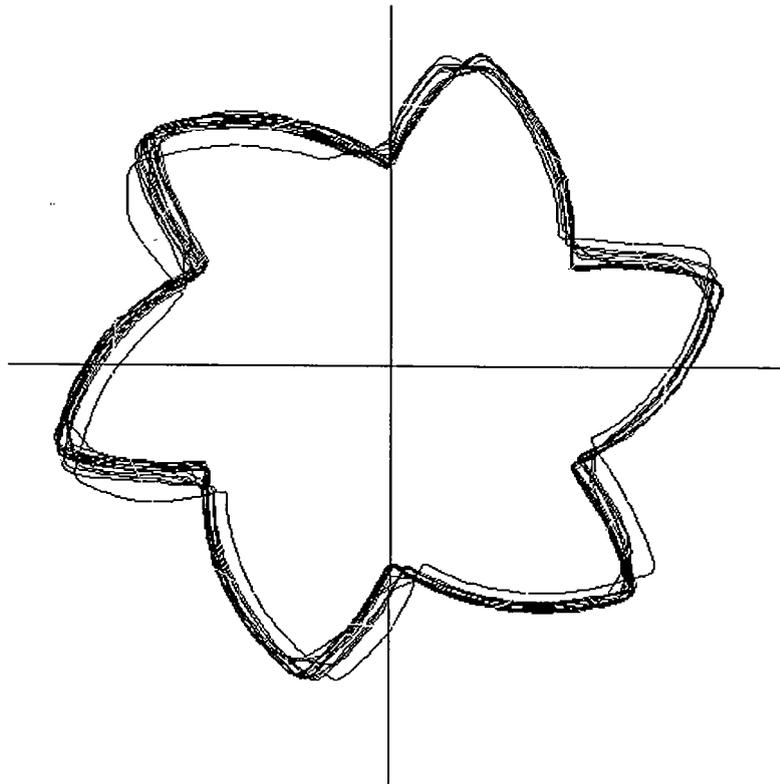
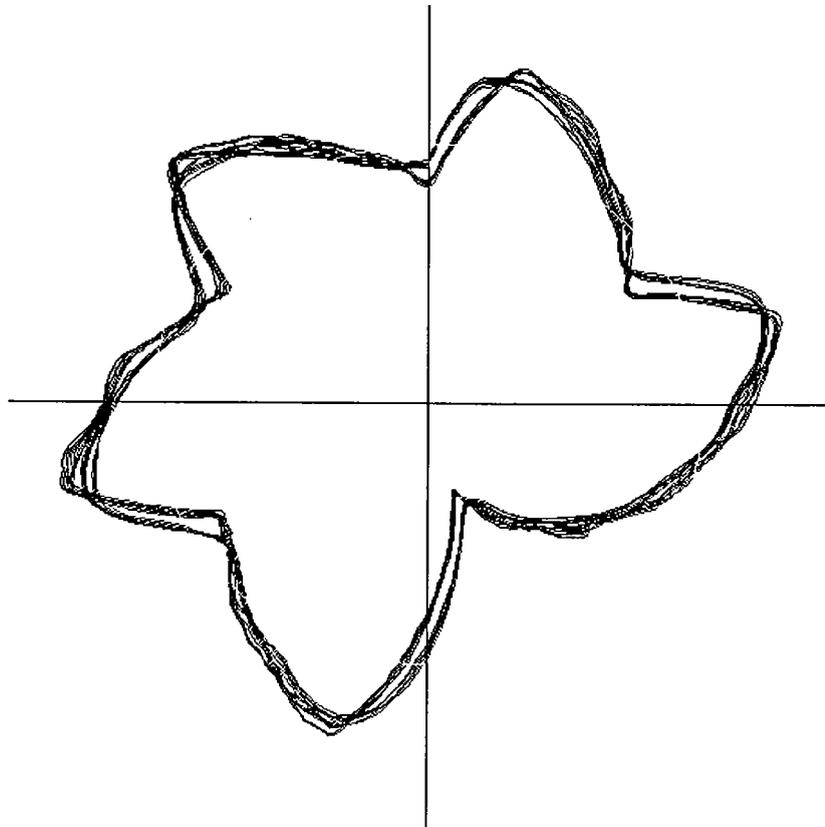


FIG. 3B



**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 10334817 A1 [0004]
- DE 102005059564 A1 [0005]