



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.03.2019 Patentblatt 2019/12

(51) Int Cl.:
F04D 27/00 (2006.01) F04D 19/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17191585.3**

(22) Anmeldetag: **18.09.2017**

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

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder: **Böttcher, Jochen**
35394 Gießen (DE)

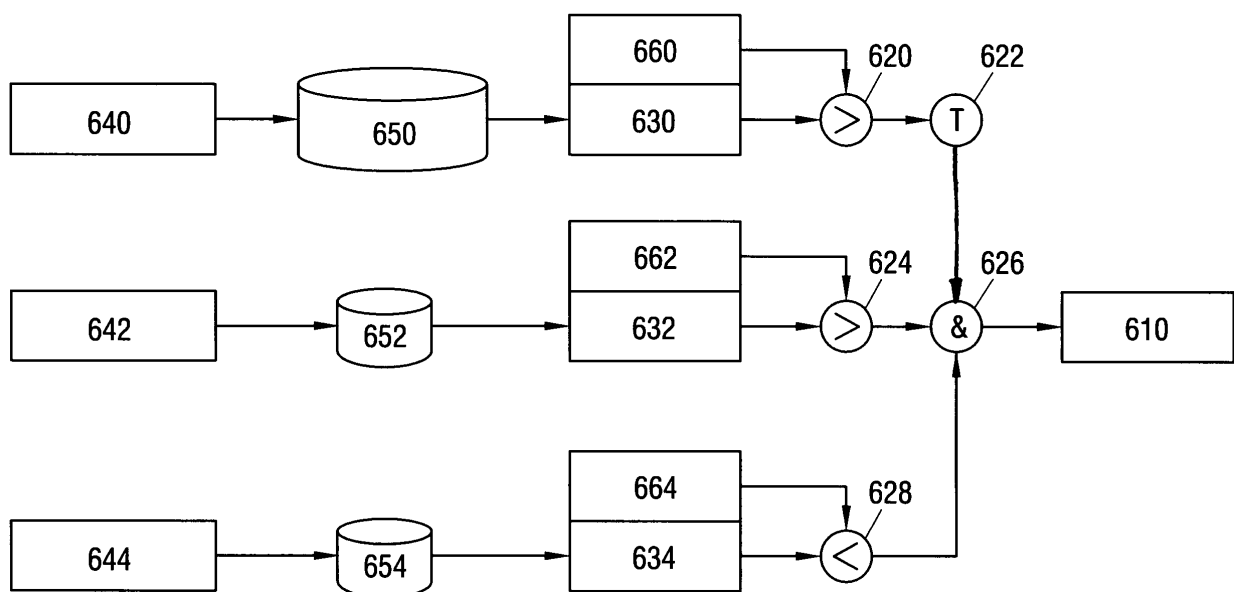
(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald Patentanwälte PartmbB**
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **VAKUUMGERÄT UND VERFAHREN ZUR ERZEUGUNG EINER INFORMATION BETREFFEND DEN BETRIEB EINES VAKUUMGERÄTES**

(57) Die Erfindung betrifft ein Vakuumgerät mit einer Steuereinrichtung, die dazu ausgebildet ist, eine Mehrzahl von Eingangssignalen aufzunehmen, und die eine Mehrzahl von hinterlegten Funktionen aufweist, die auf die Eingangssignale anwendbar sind, und einer Schnittstelle für einen Benutzer, an der wenigstens ein Eingangssignal und wenigstens eine zumindest auf das Eingangssignal anwendbare Funktion auswählbar sind, wo-

bei die Steuereinrichtung ferner dazu ausgebildet ist, zur Erzeugung eines Ergebnisses die ausgewählte Funktion auf das ausgewählte Eingangssignal anzuwenden und das Ergebnis auszugeben, wobei wenigstens eine Funktion wenigstens zwei zeitlich verschiedene Werte eines Eingangssignals berücksichtigt.

Fig.6



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Vakuumgerät mit einer Steuereinrichtung, die dazu ausgebildet ist, eine Mehrzahl von Eingangssignalen aufzunehmen, und die eine Mehrzahl von hinterlegten Funktionen aufweist, die auf die Eingangssignale anwendbar sind, und einer Schnittstelle für einen Benutzer, an der wenigstens ein Eingangssignal und wenigstens eine zumindest auf das Eingangssignal anwendbare Funktion auswählbar sind, wobei die Steuereinrichtung ferner dazu ausgebildet ist, zur Erzeugung eines Ergebnisses die ausgewählte Funktion auf das ausgewählte Eingangssignal anzuwenden und das Ergebnis auszugeben.

[0002] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zur Erzeugung einer Information betreffend den Betrieb eines Vakuumgerätes bei dem eine Mehrzahl von Eingangssignalen und eine Mehrzahl von Funktionen zur Verfügung gestellt werden, die auf die Eingangssignale anwendbar sind, durch einen Benutzer wenigstens ein Eingangssignal und wenigstens eine Funktion ausgewählt werden, als Information oder als Basis für die Information ein Ergebnis erzeugt wird, indem die ausgewählte Funktion auf das ausgewählte Eingangssignal angewendet wird, und das Ergebnis ausgegeben wird.

[0003] Ein beispielhaftes Vakuumgerät der eingangs genannten Art ermöglicht es einem Benutzer, selbstbestimmt Betriebsbedingungen ermitteln zu lassen, bei denen eine bestimmte Maßnahme getroffen werden soll, insbesondere das Vakuumgerät abgeschaltet, in seiner Leistung reduziert oder gewartet werden soll. Dies ist deshalb wünschenswert, da die Betriebsbedingungen und Maßnahmen stark vom konkreten Anwendungsfall des Vakuumgerätes beim Benutzer abhängig sind.

[0004] In der EP 1 655 494 A2 sind ein Vakuumpumpsystem und ein Signalerzeugungsverfahren beschrieben, bei denen mindestens zwei Größen aus einem aktuellen Betriebszustand des Systems berücksichtigt und miteinander verknüpft werden, um daraus ein Zustandssignal zu erzeugen. Dadurch werden logische Signale aus aktuellen Werten generiert, z.B. "Drehzahl erreicht" wenn ein Drehzahlwert größer oder gleich einem Drehzahl Sollwert ist.

[0005] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, die Möglichkeiten des Benutzers zu verbessern, Ergebnisse aus Eingangssignalen zu ermitteln, insbesondere dem Benutzer genauere Vorhersagen über die Erforderlichkeit bestimmter Maßnahmen zu ermöglichen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Vakuumgerät gemäß Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass wenigstens eine Funktion, insbesondere wenigstens eine der hinterlegten Funktionen, wenigstens zwei zeitlich verschiedene Werte eines Eingangssignals berücksichtigt.

[0007] Das Ergebnis kann auf verschiedene Weisen ausgegeben werden, z.B. als Information, insbesondere Zahlenwert, auf einer Anzeige, in Form einer Statusleuchte und/oder über eine Schnittstelle zur weiteren

Verwendung durch den Anwender.

[0008] Der Begriff "Funktion" bezieht sich auf eine Funktion im Sinne der Programmierung, also eine solche die zumindest ein Argument empfangen bzw. berücksichtigen und zumindest ein Ergebnis bzw. einen Rückgabewert zurückgeben kann. Der Begriff "Funktion" umfasst grundsätzlich sowohl einfache Funktionen, wie z. B. logische Funktionen, z.B. $>$, $<$, $=$, $\&$, $\parallel$ und/oder rechnende Funktionen, z.B. $+$, $-$, $*$, $/$, als auch komplexe Funktionen, wie z.B. solche zur Ermittlung von Mittelwert, Standardabweichung, Integral und/oder Ableitung.

[0009] Insofern im Folgenden auf "die Funktion" Bezug genommen wird, handelt es sich um die wenigstens eine Funktion, die zwei zeitlich verschiedene Werte eines Eingangssignals berücksichtigt. Die hierin beschriebenen Ausführungsformen können jedoch auch für mehrere oder alle Funktionen verwirklicht werden.

[0010] Wenigstens eines der Eingangssignale für die Steuereinrichtung bzw. für die hinterlegten Funktionen kann z.B. als Signal von einem oder mehreren Sensoren ausgebildet sein, die insbesondere im und/oder am Vakuumgerät und/oder in und/oder an einer Vakuumkammer vorgesehen sein können. Insbesondere können mehrere oder alle Eingangssignale derart ausgebildet sein. Alternativ oder zusätzlich kann wenigstens ein Eingangssignal auch durch den Benutzer zuführbar sein, beispielsweise über eine Schnittstelle.

[0011] Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe erlaubt es dem Benutzer, vielfältige und informative Ergebnisse zu erzeugen und insbesondere so zutreffende Vorhersagen zu treffen über die Notwendigkeit von bestimmten Maßnahmen, wie z.B. Abschaltung, Leistungsreduzierung, Wartung und/oder Reparatur. Der Benutzer kann eine zeitliche Veränderung eines Eingangssignals erkennen und diese nutzen, um hiervon, insbesondere im Zusammenspiel mit weiteren Eingangssignalen und/oder Informationen, spezifische Erkenntnisse abzuleiten. Der Benutzer wird so außerdem in die Lage versetzt, seinen Prozess besser zu steuern.

[0012] Die Erfindung erlaubt eine flexible Signalverarbeitung bei Vakuumgeräten, insbesondere zur Zustandserzeugung, Prozessbewertung und/oder vorausschauenden Wartung. Bei der Erfindung kann bereits ein einziges Argument für eine Funktion, mit zwei zeitlich unterschiedlichen Werten eines Eingangssignals genügen, um eine Zustandsinformation abzuleiten. Das oder die Argumente der Funktionen können durch diese nicht nur verglichen (z.B. größer, kleiner, gleich, ungleich), sondern auch in komplexer Weise berechnet werden, wie z.B. durch Filter oder Zeitbedingungen. Zudem können nicht nur aktuelle, sondern auch aufgezeichnete Werte, insbesondere Werteverläufe, verarbeitet werden. Auf diese Weise können sowohl die Zwischenergebnisse, insbesondere zur Verwendung als Argumente weiterer Funktionen, erzeugt als auch Aussagen über die Qualität eines Vakuumsystems, notwendige Wartungsmaßnahmen oder sich ankündigende Fehlerzustände getroffen werden.

[0013] Die Eingangssignale, Funktionen und gegebenenfalls Eingabewerte und/oder Bedingungen können beispielsweise durch einen Editor auswählbar und/oder erstellbar und/oder zu einem Funktionsschema programmierbar sein. Z.B. kann die Berechnung auf dem gleichen System wie die Auswahl bzw. Erstellung, z.B. einem PC, stattfinden und/oder auf ein zweites System, z.B. eine Anzeige- und Steuerungseinheit geladen und dort ausgeführt werden.

[0014] Dem Benutzer können Kombination, Verschaltung und Parametrierung von Funktionen, Eingangssignalen und Eingabewerten frei überlassen werden. Alternativ oder zusätzlich können Vorlagen, insbesondere für Funktionen und/oder Funktionsschemata, vorgesehen sein, die für einen konkreten Anwendungsfall nur noch parametrisiert werden müssen.

[0015] Als Argumente für Funktionen können z.B. aktuelle Zustandswerte, wie Drehzahl, Druck, Temperatur, deren statistische Auswertungen über einen bestimmten Zeitraum, z.B. Mittelwert, Standardabweichung und höhere Ableitungen, aber auch vom Anwender oder anderen externen Quellen stammende Angaben, wie z.B. Umgebungstemperatur, Prozessschritt und Zustände anderer Komponenten, vorgesehen sein. Die Funktionen können Filter und/oder komplexere mathematische Funktionen, z.B. Ermittlung von Schwingungen in bestimmten Bändern, FFT und/oder Zeitbedingungen, Vergleiche und/oder logische Operationen umfassen und/oder grundsätzlich auf alle denkbaren Datentypen anwendbar sein.

[0016] Die Ausgabe kann z.B. einen booleschen Wert, also wahr oder falsch, einen zumindest im Wesentlichen kontinuierlichen Wert, z.B. zwischen 0 und 100 % oder andere, insbesondere komplexere, Werte umfassen.

[0017] Ergebnisse von Funktionen können z.B. digitale oder analoge Werte sein, z.B. lediglich zur Anzeige gebracht werden, an, insbesondere lokal zur Verfügung stehende, Ausgänge, wie Digitalausgänge, Analogausgänge oder Relais, übergeben werden und/oder zur Abfrage über eine, insbesondere serielle, Schnittstellen, einen Feldbus oder ein sonstiges Kommunikationsmittel, z.B. per Ethernet, insbesondere an eine übergeordnete Steuerung zur Verfügung gestellt werden und/oder generiert werden.

[0018] Von der Erzeugung aktueller Zustandswerte bis zur vorausschauenden Wartung bzw. Warnung vor ungeplanten Ereignissen können verschiedene Informationen vom Werk, aber auch vom Benutzer selbst mit dessen Erfahrung flexibel erzeugt werden. Die Ausführung kann auf die sinnvollen Anwendungen beschränkt werden, z.B. im Gegensatz zu einer in der Pumpe fest arbeitenden Funktion mit unsicherer Aussagekraft im Allgemeinfall. Im Bedarfsfall kann der Benutzer seine eigene Erfahrung in das System einbringen, ohne Know-How aus dem Haus zu geben, kann aber z.B. auf Szenarien aus den Erfahrungen des Pumpenherstellers zurückgreifen. Das Vakuumgerät kann z.B. eine Vakuumpumpe, ein Messgerät und/oder Anzeige- und/oder Kontrollge-

räte umfassen.

[0019] Bei einer Ausführungsform weist die Steuereinrichtung einen Speicher zum Speichern zumindest eines Wertes wenigstens eines Eingangssignals, insbesondere zum Speichern eines zeitlichen Verlaufs des Eingangssignals auf.

[0020] Bei einer weiteren Ausführungsform berücksichtigt die Funktion einen zeitlichen Verlauf des Eingangssignals. Der Benutzer kann somit zeitlich komplexe Informationen ableiten.

[0021] Beispielsweise kann das Vakuumgerät derart ausgebildet sein, dass die Funktion eine statistische Untersuchung eines zeitlichen Verlaufs des Eingangssignals umfasst. Die statistische Untersuchung kann z.B. die Bildung von Mittelwert und/oder Standardabweichung umfassen.

[0022] Bei einer Weiterbildung ist, insbesondere an der Schnittstelle, zumindest ein Eingabewert eingebbar und als Argument für eine, insbesondere die, Funktion auswählbar. Die Möglichkeiten des Benutzers zur Informationsermittlung werden hierdurch noch flexibler und vielseitiger. Beispielsweise kann der Eingabewert einen Schwellwert bilden und die ausgewählte Funktion zurückgeben, ob ein weiteres Argument der Funktion den Schwellwert erreicht und/oder über- oder unterschreitet.

[0023] Es kann auch vorgesehen sein, dass eine Mehrzahl von Funktionen zur Anwendung auf wenigstens ein Eingangssignal auswählbar ist. So kann die Zahl an nötigen Eingangssignalen klein gehalten werden.

[0024] Insbesondere kann wenigstens eine Funktion zur Anwendung auf eine Mehrzahl von Argumenten auswählbar. Ein Verlauf bzw. zwei zeitlich verschiedene Werte eines Eingangssignals sind im Rahmen der Erfindung als ein Argument zu betrachten.

[0025] Als Argument einer Funktion kann grundsätzlich z.B. ein Eingangssignal, insbesondere dessen Verlauf, ein Eingabewert oder ein Ergebnis einer Funktion, insbesondere einer anderen Funktion, vorgesehen sein.

[0026] Zum Beispiel kann vorgesehen sein, dass wenigstens eine Funktion zur Anwendung auf wenigstens ein Ergebnis zumindest einer anderen Funktion auswählbar ist. Insbesondere können mehrere Funktionen hintereinander- und/oder zusammenschaltbar sein, um eine gewünschte Information abzuleiten.

[0027] Bei einer Weiterbildung ist die Schnittstelle dazu ausgebildet, zumindest einen durch die Steuereinrichtung ausgebbaren Ausgabewert auszuwählen. Hierdurch kann der Benutzer flexibel die gewünschte Information ausgeben.

[0028] Die Steuereinrichtung kann ferner dazu ausgebildet sein, eine Mehrzahl an Ausgabewerten auszugeben. Beispielsweise können die Ausgabewerte auch auswählbar sein, wobei insbesondere auch wenigstens ein Zwischenergebnis als Ausgabewert auswählbar sein kann.

[0029] Als Ausgabewert kann z.B. wenigstens ein Eingangssignal, zumindest ein Ergebnis einer Funktion und/oder ein Eingabewert auswählbar sein.

[0030] Insbesondere kann die Steuereinrichtung derart ausgebildet sein, dass wenigstens ein Ergebnis einer Funktion und/oder wenigstens ein Ausgabewert komplexer als ein Bit ist, d.h. komplexer als 1 oder 0 bzw. wahr oder falsch ist. Der Benutzer kann so besonders informative Ausgabewerte ermitteln.

[0031] Bei einer weiteren Ausführungsform ist die Steuereinrichtung über die Schnittstelle zur Anwendung der Funktionen auf Eingangssignale, Eingabewerte und/oder Ergebnisse von Funktionen und/oder zur Ausgabe von Ausgabewerten frei programmierbar. Die Ausführungsform erlaubt eine hohe Flexibilität und vielseitige Möglichkeiten für den Benutzer, Informationen abzuleiten.

[0032] Bei einer Weiterbildung ist die Schnittstelle als Mensch-Maschine-Schnittstelle ausgebildet. Die Schnittstelle kann dabei insbesondere ein Anzeige und/oder Eingabemittel, insbesondere Tasten und/oder ein Touchpanel, umfassen.

[0033] Wenigstens ein Ausgabewert der Steuereinrichtung kann z.B. eine Zustandsinformation des Vakuumgeräts bilden. Diese kann z.B. einen Verschleiß, insbesondere dessen Grad, einen Defekt, einen Schaden oder eine Wartungs- oder Reperaturempfehlung umfassen, insbesondere hinsichtlich des Vakuumgeräts und/oder einzelner Bauteile, wie z.B. Lager oder Motor. Insbesondere kann die Steuereinrichtung derart ausgebildet sein, dass eine vorausschauende Wartung ermöglicht wird. Da Verschleiß und Schäden häufig stark von den Betriebsbedingungen im konkreten Anwendungsfall abhängen, wird der Benutzer somit in die Lage versetzt, Wartungsintervalle genau an seinen Prozess anzupassen, wodurch Wartungsaufwand und Kosten, insbesondere hinsichtlich eines Stillstandes des eigenen Prozesses während der Wartung, reduziert werden.

[0034] Die Aufgabe der Erfindung wird ferner durch ein Verfahren gemäß Anspruch 15 gelöst und insbesondere dadurch, dass die Funktion wenigstens zwei zeitlich verschiedene Werte des Eingangssignals berücksichtigt.

[0035] Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich im Sinne der hierin beschriebenen Ausführungsformen des Vakuumgeräts weiterbilden und umgekehrt.

[0036] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,

Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,

Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie A-A,

Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie

B-B,

Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittnlinie C-C.

[0037] Die Turbomolekularpumpe der Fig. 1 bis 5 bildet ein erfindungsgemäßes Vakuumgerät. Die Fig. 6 bis 8 zeigen beispielhafte Funktionsschemata, welche von einem Benutzer eines beispielhaften, erfindungsgemäßen Vakuumgeräts, beispielsweise gemäß den Fig. 1 bis 5, programmiert werden können.

[0038] Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

[0039] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z. B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125. Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0040] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, gebracht werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann.

[0041] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann,

wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann.

[0042] An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

[0043] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

[0044] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelan-schlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0045] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozess-gaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpenein-las 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpen-auslass 117.

[0046] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 ange-ordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0047] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst meh-rere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete tur-bomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotor-welle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Da-bei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pump-stufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0048] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radi-aler Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in ra-dialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotations-achse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0049] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet

mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Au-ßenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenü-ber und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die drit-te Holweck-Pumpstufe.

[0050] Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außer-dem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Stator-hülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Da-durch werden die ineinander geschachtelten Holweck-Pumpstufen in Serie miteinander geschaltet. Am unteren Ende der radial innenliegenden Holweck-Rotorhülse 165 kann ferner ein Verbindungskanal 179 zum Auslass 117 vorgesehen sein.

[0051] Die vorstehend genannten pumpaktiven Ober-flächen der Holweck-Statorhülsen 163, 165 weisen je-weils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0052] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslas-ses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0053] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Ro-torwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurch-messer vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit min-destens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Der Betriebsmittelspeicher um-fasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Schei-ben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0054] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Be-triebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebs-mittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifu-galkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des grö-ßer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 92 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vaku-umpumpe eingefasst.

[0055] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lager-

hälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 203 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0056] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, da eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0057] Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 zum drehenden Antreiben des Rotors 149. Der Anker des Elektromotors 125 ist durch den Rotor 149 gebildet, dessen Rotorwelle 153 sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckt. Auf den sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 153 kann radial außenseitig oder eingebettet eine Permanentmagnetanordnung angeordnet sein. Zwischen dem Motorstator 217 und dem sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 149 ist ein Zwischenraum 219 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich

der Motorstator 217 und die Permanentmagnetanordnung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

[0058] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0059] Zwischen der Rotornabe 161 und einer des Motorraums 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0060] Die Turbomolekularpumpe 111 weist eine Schnittstelle 225 für einen Benutzer auf, wie es in den Fig. 2 und 3 sichtbar ist, die zur Auswahl von Eingangssignalen und darauf anzuwendenden Funktionen sowie zur Eingabe von Eingabewerten ausgebildet ist. Die Schnittstelle 225 ist mit einer Steuerungseinrichtung verbunden, die in dem Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist.

[0061] Die Beispiele bzw. Funktionsschemata der Fig. 6 bis 8 sind für ein Vakuumgerät programmiert, welches beispielhaft als Vakuumpumpe, insbesondere als Turbomolekularpumpe gemäß Fig. 1 bis 5, ausgebildet ist.

[0062] Gemäß einem ersten Beispiel, welches in Fig. 6 näher erläutert wird, soll ein möglicher Lagerschaden erkannt werden. Ein möglicher Lagerschaden könnte bedeuten, dass die Vakuumpumpe kurz vor einem Defekt oder Crash steht. Als Indikator wird herangezogen, dass bei relativ gleichmäßigen Prozessen eine Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe zu schwanken beginnt, obwohl sie zuvor im Wesentlichen konstant war. Ein weiterer Indikator liegt vor, wenn die Temperatur eines unteren Lagers steigt, während die Temperatur eines in dessen Nähe angeordneten Unterteils konstant bleibt. Hierzu werden Motorleistung und die genannten Temperaturen über einen, insbesondere kurzen, Zeitraum aufgezeichnet und statistisch ausgewertet. Dabei wird das Vorliegen eines möglichen Lagerschadens ausgegeben, wenn (Standardabweichung der Leistung in jüngster Vergangenheit) > (Schwellwert) für mindestens fünf Minuten UND (Änderung der Lagertemperatur) > (Schwellwert) UND (Änderung der Unterteiltemperatur) < (Schwellwert).

[0063] Das in Fig. 6 gezeigte Funktionsschema weist einen Ausgabewert 610 auf, der von drei Eingangssignalen 640, 642 und 644 abgeleitet ist. Der Ausgabewert 610 bildet eine Zustandsinformation, die angibt, ob ein

Lagerschaden vorliegt bzw. wahrscheinlich vorliegt. Hierzu wird eine aktuelle Motorleistung 640 als Eingangssignal herangezogen, deren zeitlicher Verlauf in einem Speicher 650 gespeichert wird. Von dem Verlauf der aktuellen Motorleistung 640 wird durch eine Funktion 630 eine Standardabweichung gebildet und durch Funktion 620 mit einem Schwellwert 660 verglichen. Die Funktion 620 prüft, ob die ermittelte Standardabweichung größer als der Schwellwert 660 ist und gibt als Ergebnis entsprechend wahr oder falsch zurück. Dieses Ergebnis wird über ein Zeitglied 622 verzögert weitergegeben, damit das Ergebnis nicht dadurch verfälscht würde, dass eine Standardabweichung für einen erst kurzen Zeitraum bzw. Verlauf der Motorleistung gebildet wird, der nicht repräsentativ ist, oder dass die ungewöhnliche Abweichung nur kurz auftritt und ebenfalls nicht repräsentativ ist.

[0064] In einem zweiten Strang des Funktionsschemas der Fig. 6 wird eine aktuelle Lagertemperatur 642 als Eingangssignal herangezogen. Die Lagertemperatur 642 repräsentiert eine gemessene Temperatur eines Lagers der Vakuumpumpe. Es können jedoch auch zum Beispiel Temperaturen mehrerer Lager, insbesondere getrennt, berücksichtigt werden. Die aktuelle Lagertemperatur 642 wird in einem kleinen Speicher 652 aufgenommen, der zumindest einen zeitlich vorhergehenden Wert beibehält bzw. speichert. Die Funktion 632 bildet aus dem zeitlich vorhergehenden Wert der Lagertemperatur sowie aus der aktuellen Lagertemperatur eine erste Ableitung der Lagertemperatur. Die Funktion 624 vergleicht die erste Ableitung mit einem Schwellwert 662 und gibt entsprechend als Ergebnis wahr oder falsch zurück. Eine aktuelle Temperatur 644 eines Unterteils der Vakuumpumpe wird in einem dritten Strang des Funktionsschemas herangezogen und entsprechend dem zweiten Strang in einem kleinen Speicher 654 gespeichert, woraufhin die Funktion 634 eine erste Ableitung bildet. Die Funktion 628 vergleicht die erste Ableitung 634 ebenfalls mit einem Schwellwert 664, gibt jedoch hier als Ergebnis wahr zurück, wenn diese kleiner ist als der Schwellwert. Andernfalls gibt sie als Ergebnis falsch zurück.

[0065] Die Ergebnisse der Vergleichsfunktionen 620, 624 und 628 werden unter Berücksichtigung der Funktion 622 durch die Funktion 626 ausgewertet, indem die Funktion 626 wahr zurückgibt, wenn alle ihrer Argumente wahr sind. Sofern das Ergebnis der Funktion 626 also wahr ist, zeigt der Ausgabewert 610 an, dass vermutlich ein Lagerschaden vorliegt oder vorliegen könnte.

[0066] Als Lagertemperatur 642 wird hierbei die Temperatur eines unteren Lagers herangezogen und entsprechend bezieht sich die Zustandsinformation des Ausgabewerts 610 auf dieses Lager. Mit einem entsprechenden oder ähnlichen Funktionsschema können aber auch andere Lager oder dynamische Bauteile im Allgemeinen diagnostiziert werden.

[0067] Die kleinen Speicher 652 und 654 müssen nicht notwendigerweise klein im Vergleich zum Speicher 650

ausgebildet sein. Die Speichergröße wird hier lediglich herangezogen, um zu verdeutlichen, dass die Funktionen 632 und 634 jeweils lediglich einen zeitlich älteren Wert benötigen, also zwei zeitlich verschiedene Werte berücksichtigen.

[0068] Die Schwellwerte 660, 662 und 664 stellen Eingabewerte des Benutzers dar. Der Benutzer kann also, insbesondere abhängig von den Parametern seines Prozesses, eine individuelle Lagerdiagnose durchführen.

[0069] Gemäß einem zweiten Beispiel, welches in Fig. 7 näher erläutert wird, soll eine Wartungsmeldung für die Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe oder eine Vorpumpe, ausgegeben werden. Hierbei wird es als Indikator herangezogen, wenn die Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe schleichend steigt und im Mittel über einen Schwellwert ansteigt. Alternativ oder zusätzlich wird herangezogen, ob der optimale Vorvakuumdruck nicht mehr erreicht wird. Alternativ oder zusätzlich kann z.B. ein Ansteigen einer Temperatur in der Vakuumpumpe herangezogen werden, wobei dies in Fig. 7 jedoch nicht gezeigt ist. Erhöhte Leistungsaufnahme, schlechter Vorvakuumdruck und/oder erhöhte Temperaturen können z.B. durch Undichtigkeiten oder verschlissene Dichtungen oder Membranen verursacht werden, die somit erkannt werden können.

[0070] In Fig. 7 ist ein Funktionsschema zur Ermittlung eines Ausgabewerts 710 gezeigt, der eine Wartungsempfehlung für die Vakuumpumpe darstellt. Hierfür wird eine aktuelle Motorleistung 740 herangezogen und deren Verlauf in einem Speicher 750 gespeichert. Die Funktion 730 bildet einen Mittelwert des Verlaufs der Motorleistung und eine Vergleichsfunktion 720 vergleicht den Mittelwert mit einem vom Benutzer eingegebenen Schwellwert 760 und gibt entsprechend wahr oder falsch als Ergebnis zurück.

[0071] Außerdem wird ein Vorvakuumdruck 742 herangezogen und dessen Verlauf in einem Speicher 752 gespeichert. Für den Verlauf wird durch die Funktion 732 ebenfalls ein Mittelwert gebildet, welcher durch eine Vergleichsfunktion 722 mit einem Schwellwert 762 verglichen wird. Eine UND-Funktion 724 nimmt die Ergebnisse der Vergleichsfunktionen 720 und 722 als Argumente entgegen und gibt als Ergebnis wahr aus, sofern beide Mittelwerte über dem Schwellwert liegen. Die Funktion 734 ermittelt, ob das Ergebnis länger als eine vorbestimmte, zum Beispiel vom Benutzer eingegebene, Zeitschwelle wahr ist und gibt in diesem Fall als Ergebnis wahr zurück, was den Ausgabewert 710 darstellt.

[0072] Durch das Funktionsschema der Fig. 7 wird also eine Wartungsempfehlung für die Vakuumpumpe dann ausgegeben, wenn die Mittelwerte der Eingangssignale Motorleistung 740 und Vorvakuumdruck 742 für eine bestimmte Zeit größer als vorbestimmte Schwellwerte 760, 762 sind. Mit anderen Worten wird also eine Wartungsempfehlung dann ausgesprochen, wenn eine im Mittel ungewöhnlich hohe Motorleistung und ein im Mittel ungewöhnlich hoher Vorvakuumdruck vorliegen.

[0073] Gemäß einem dritten Beispiel, welches in Fig.

8 näher erläutert wird, soll eine Verschleißreserve angezeigt werden. Die zum zweiten Beispiel genannten Temperaturen, Drücke bzw. Leistungsaufnahmen werden zu einer Differenz bzw. einem Intervall zwischen optimalen bzw. nominalen Werten einerseits und Schwellwerten bzw. Maximalwerten andererseits in Beziehung gesetzt, um eine Verschleißreserve in Prozent bis zu einer empfohlenen Wartung anzuzeigen. Aus Erfahrungen, wie z. B. einem typischerweise ungefähr linearen Verhalten eines Wertes, können z.B. Wartungstermine empfohlen werden.

[0074] Im Funktionsschema der Fig. 8 wird als Ausgabewert 810 eine Verschleißreserve ermittelt. Hierzu wird der Verlauf einer aktuellen Motorleistung 840 in einem Speicher 850 gespeichert. Die Motorleistung wird durch eine Funktion 830 zu einem optimalen Wert der Motorleistung P_{nom} und einem Schwellwert P_{max} , der insbesondere dem Schwellwert 760 entspricht, in Beziehung gesetzt. Konkret lautet die Funktion 830 in diesem Beispiel $1 - (P_{avg} - P_{nom}) / (P_{max} - P_{nom})$, wobei P_{avg} ein Mittelwert des Verlaufs der Motorleistung ist und durch die Funktion 830 oder durch eine weitere, nicht dargestellte Funktion ermittelt wird. Die Funktion 830 gibt also einen Zahlenwert zwischen 1 und 0 bzw. eine Angabe in Prozent zurück.

[0075] In ähnlicher Weise wird der Verlauf des Vorvakuumdrucks 142, der im Speicher 852 gespeichert wird, mit einem optimalen bzw. Sollwert p_{nom} und einem Schwellwert p_{max} , der insbesondere dem Schwellwert 762 entspricht, in Beziehung gesetzt. Hier lautet die Funktion 832 entsprechend $1 - (p_{avg} - p_{nom}) / (p_{max} - p_{nom})$, wobei p_{avg} ein Mittelwert des Verlaufs des Vorvakuumdrucks ist. Auch hier wird also ein Wert zwischen 1 und 0 bzw. eine Prozentangabe zurückgegeben.

[0076] Eine Funktion 820 ermittelt ein Minimum ihrer Argumente, gibt also den kleineren der beiden Argumentenwerte zurück, welcher als Ausgabewert 810 die Verschleißreserve in Prozent repräsentiert. Die Minimalfunktion 820 wählt also die jeweils schlechtere Verschleißreserve hinsichtlich Motorleistung und Vorvakuumdruck aus und gibt diese als maßgebliche Verschleißreserve 810 aus.

Bezugszeichenliste

[0077]

111 Turbomolekularpumpe
113 Einlassflansch
115 Pumpeneinlass
117 Pumpenauslass
119 Gehäuse
121 Unterteil
123 Elektronikgehäuse
125 Elektromotor
127 Zubehöranschluss
129 Datenschnittstelle
131 Stromversorgungsanschluss

133 Fluteinlass
135 Sperrgasanschluss
137 Motorraum
139 Kühlmittelanschluss
5 141 Unterseite
143 Schraube
145 Lagerdeckel
147 Befestigungsbohrung
148 Kühlmittelleitung
10 149 Rotor
151 Rotationsachse
153 Rotorwelle
155 Rotorscheibe
157 Statorscheibe
15 159 Abstandsring
161 Rotornabe
163 Holweck-Rotorhülse
165 Holweck-Rotorhülse
167 Holweck-Statorhülse
20 169 Holweck-Statorhülse
171 Holweck-Spalt
173 Holweck-Spalt
175 Holweck-Spalt
179 Verbindungskanal
25 181 Wälzlager
183 Permanentmagnetlager
185 Spritzmutter
187 Scheibe
189 Einsatz
30 191 rotorseitige Lagerhälfte
193 statorseitige Lagerhälfte
195 Ringmagnet
197 Ringmagnet
199 Lagerspalt
35 201 Trägerabschnitt
203 Trägerabschnitt
205 radiale Strebe
207 Deckelelement
209 Stützring
40 211 Befestigungsring
213 Tellerfeder
215 Not- bzw. Fanglager
217 Motorstator
219 Zwischenraum
45 221 Wandung
223 Labyrinthdichtung
225 Schnittstelle
610 Ausgabewert Lagerschaden
620 Vergleichsfunktion
50 622 Totzeitfunktion
624 Vergleichsfunktion
626 UND-Funktion
628 Vergleichsfunktion
630 Standardabweichungsfunktion
55 632 Ableitungsfunktion
634 Ableitungsfunktion
640 aktuelle Motorleistung
642 aktuelle Lagertemperatur

644 aktuelle Temperatur des Unterteils
 710 Ausgabewert Wartungsempfehlung
 720 Vergleichsfunktion
 722 Vergleichsfunktion
 724 Vergleichsfunktion
 730 Mittelwertfunktion
 732 Mittelwertfunktion
 734 UND-Funktion
 750 Speicher
 752 Speicher
 760 Schwellwert
 762 Schwellwert
 810 Ausgabewert Verschleißreserve
 820 Minimalfunktion
 830 Reservefunktion
 832 Reservefunktion
 840 aktuelle Motorleistung
 842 aktuelle Motorleistung
 850 Speicher
 852 Speicher

Patentansprüche

1. Vakuumgerät (10) mit
 einer Steuereinrichtung, die dazu ausgebildet ist, eine Mehrzahl von Eingangssignalen (640, 642, 644, 740, 742, 840, 842) aufzunehmen, und die eine Mehrzahl von hinterlegten Funktionen (620 - 634, 720 - 734, 820 - 832) aufweist, die auf die Eingangssignale anwendbar sind, und
 einer Schnittstelle (225) für einen Benutzer, an der wenigstens ein Eingangssignal und wenigstens eine Funktion auswählbar sind, und
 wobei die Steuereinrichtung ferner dazu ausgebildet ist, zur Erzeugung eines Ergebnisses die ausgewählte Funktion auf das ausgewählte Eingangssignal anzuwenden und das Ergebnis auszugeben, wobei wenigstens eine Funktion wenigstens zwei zeitlich verschiedene Werte eines Eingangssignals berücksichtigt.
 2. Vakuumgerät (10) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Steuereinrichtung einen Speicher (650, 750, 752, 850, 852) zum Speichern zumindest eines zeitlichen Verlaufs wenigstens eines Eingangssignals aufweist.
 3. Vakuumgerät (10) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Funktion einen zeitlichen Verlauf des Eingangssignals berücksichtigt.
 4. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

die Funktion eine statistische Untersuchung eines zeitlichen Verlaufs des Eingangssignals umfasst.

5. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 an der Schnittstelle zumindest ein Eingabewert (660 - 664, 760, 762) eingebbar und als Argument für eine Funktion auswählbar ist.
 6. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 eine Mehrzahl von Funktionen zur Anwendung auf wenigstens ein Eingangssignal auswählbar ist.
 7. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 wenigstens eine Funktion zur Anwendung auf eine Mehrzahl von Argumenten auswählbar ist.
 8. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 wenigstens eine Funktion zur Anwendung auf wenigstens ein Ergebnis zumindest einer anderen Funktion auswählbar ist.
 9. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Schnittstelle dazu ausgebildet ist, zumindest einen durch die Steuereinrichtung ausgebbaren Ausgabewert (610, 710, 810) auszuwählen.
 10. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 als Ausgabewert wenigstens ein Eingangssignal, zumindest ein Ergebnis einer Funktion und/oder ein Eingabewert auswählbar sind bzw. ist.
 11. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 wenigstens ein Ergebnis einer Funktion und/oder wenigstens ein Ausgabewert komplexer als ein Bit ist.
 12. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Steuereinrichtung über die Schnittstelle zur Anwendung der Funktionen auf Eingangssignale, Eingabewerte und/oder Ergebnisse von Funktionen und/oder zur Ausgabe von Ausgabewerten frei programmierbar ist.

13. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Schnittstelle als Mensch-Maschine-Schnittstelle ausgebildet ist. 5
14. Vakuumgerät (10) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein Ausgabewert der Steuereinrichtung eine Zustandsinformation des Vakuumgeräts bildet. 10
15. Verfahren zur Erzeugung einer Information betreffend den Betrieb eines Vakuumgerätes, insbesondere eines Vakuumgerätes nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem 15
- eine Mehrzahl von Eingangssignalen und eine Mehrzahl von Funktionen zur Verfügung gestellt werden, die auf die Eingangssignale anwendbar sind, 20
 - durch einen Benutzer wenigstens ein Eingangssignal und wenigstens eine Funktion ausgewählt werden,
 - als Information oder als Basis für die Information ein Ergebnis erzeugt wird, indem die ausgewählte Funktion auf das ausgewählte Eingangssignal angewendet wird, wobei die Funktion wenigstens zwei zeitlich verschiedene Werte des Eingangssignals berücksichtigt, und 25 30
- das Ergebnis ausgegeben wird.

35

40

45

50

55

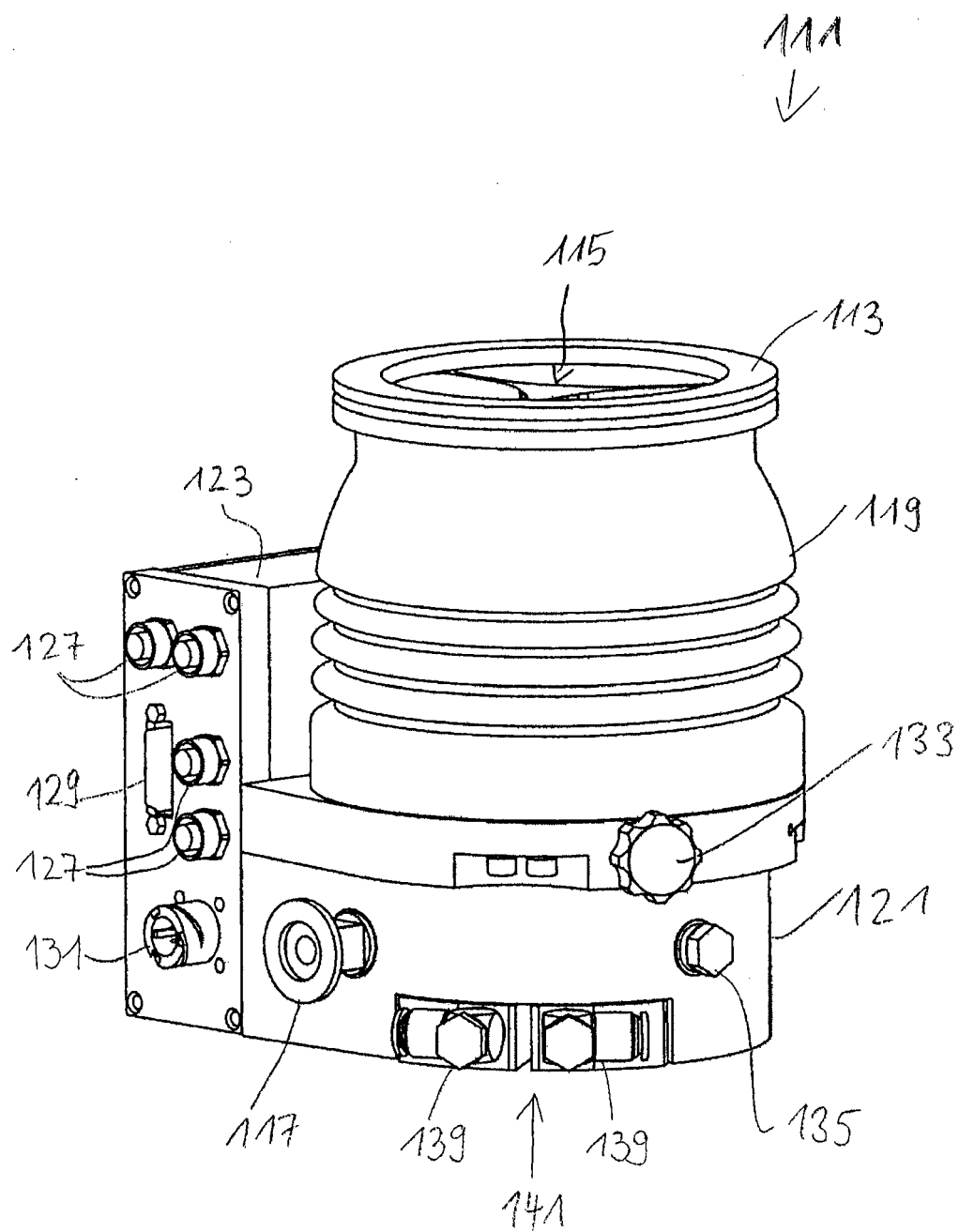


Fig. 1

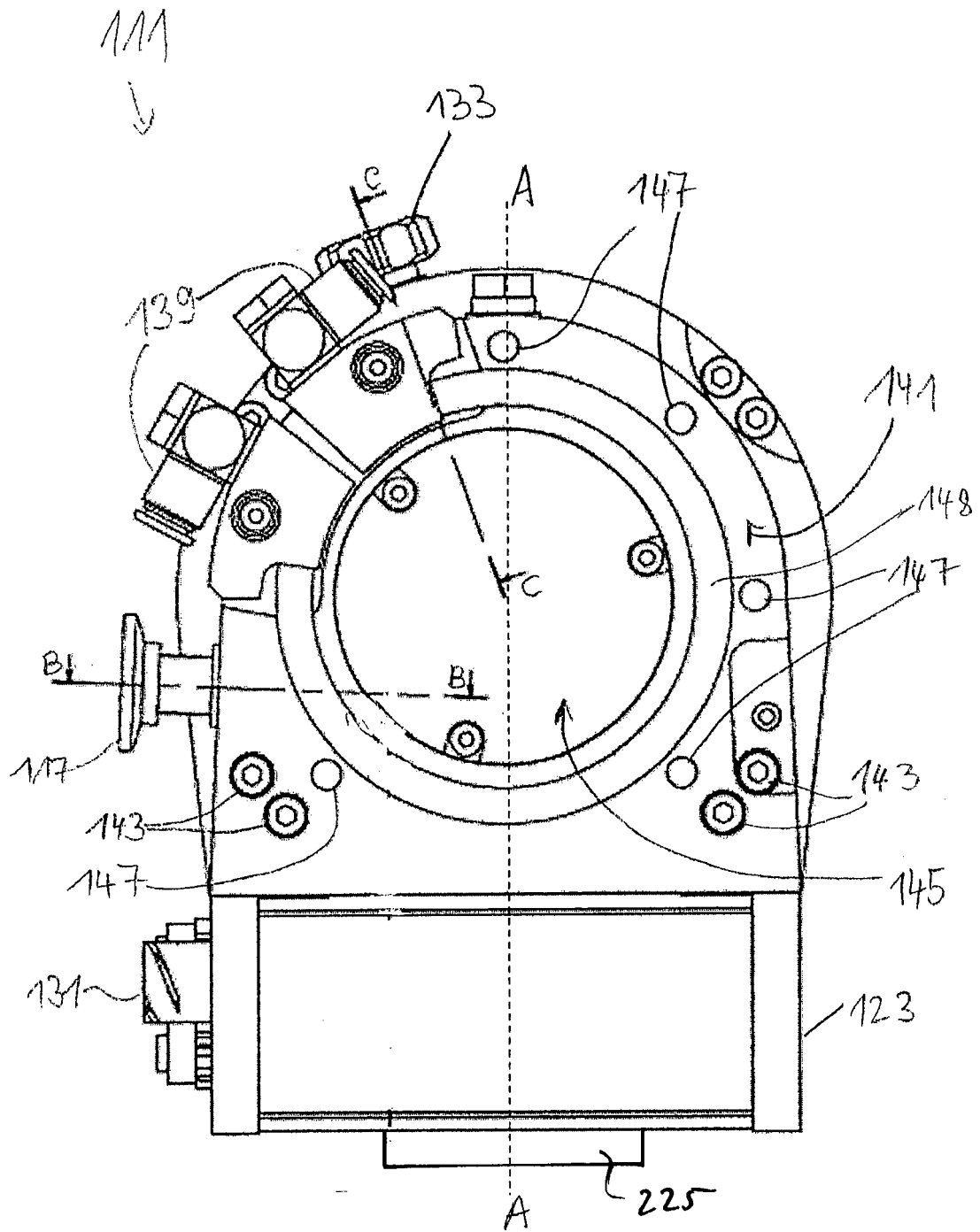


Fig. 2

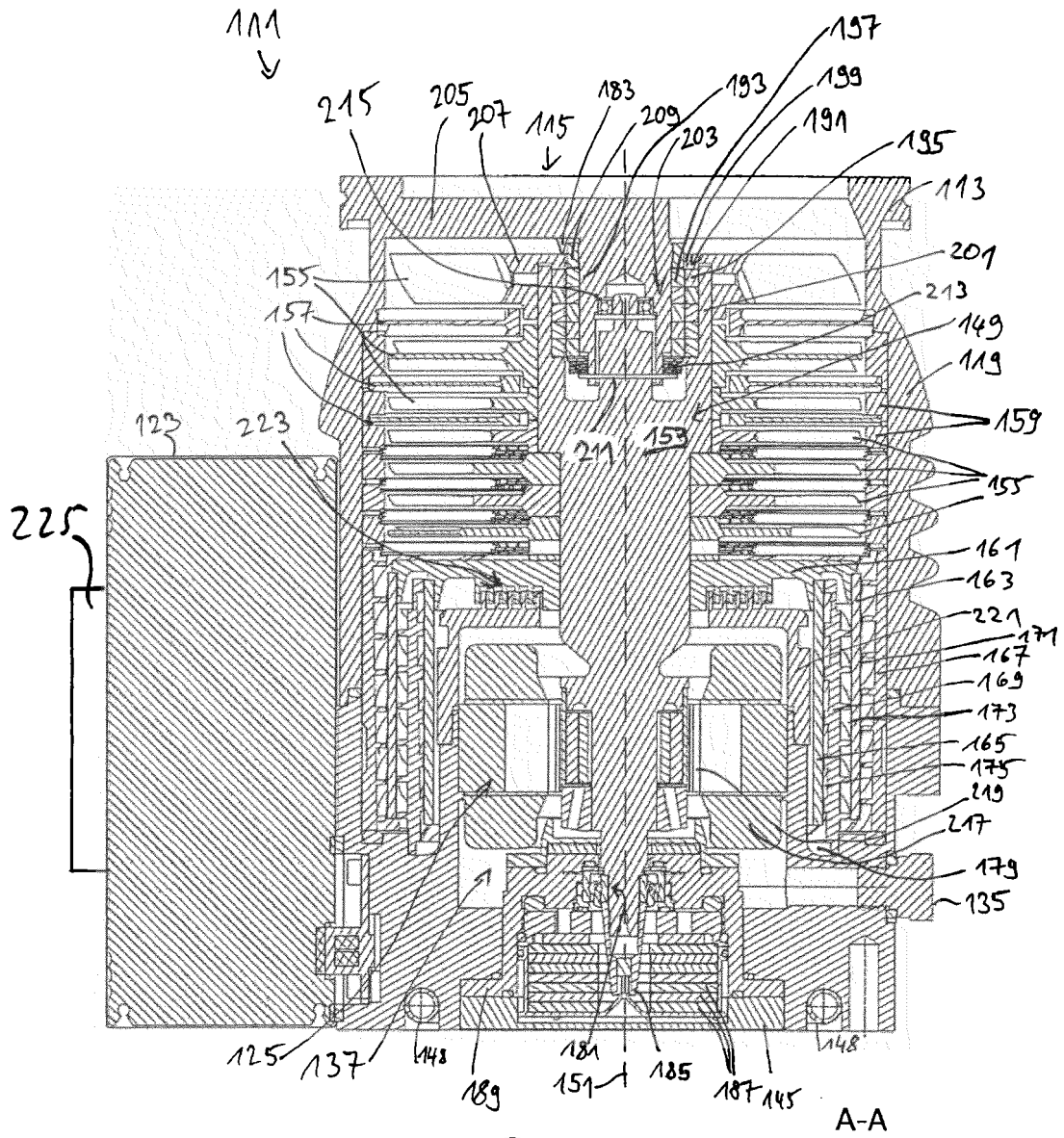


Fig. 3

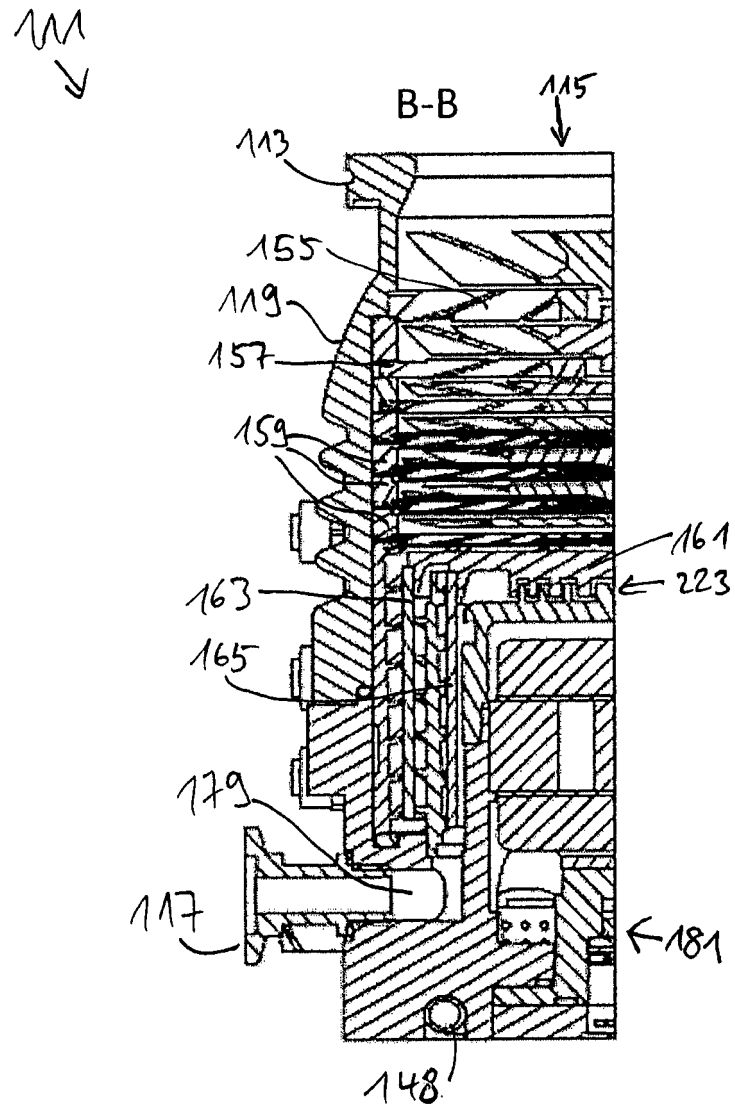


Fig. 4

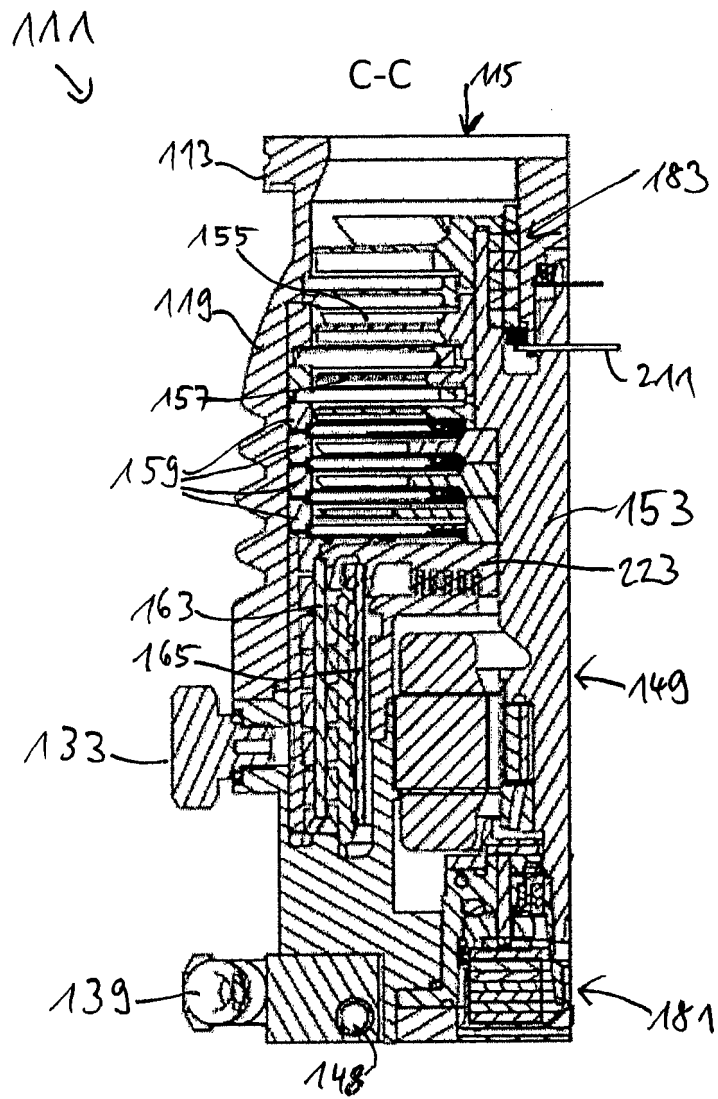


Fig. 5

Fig.6

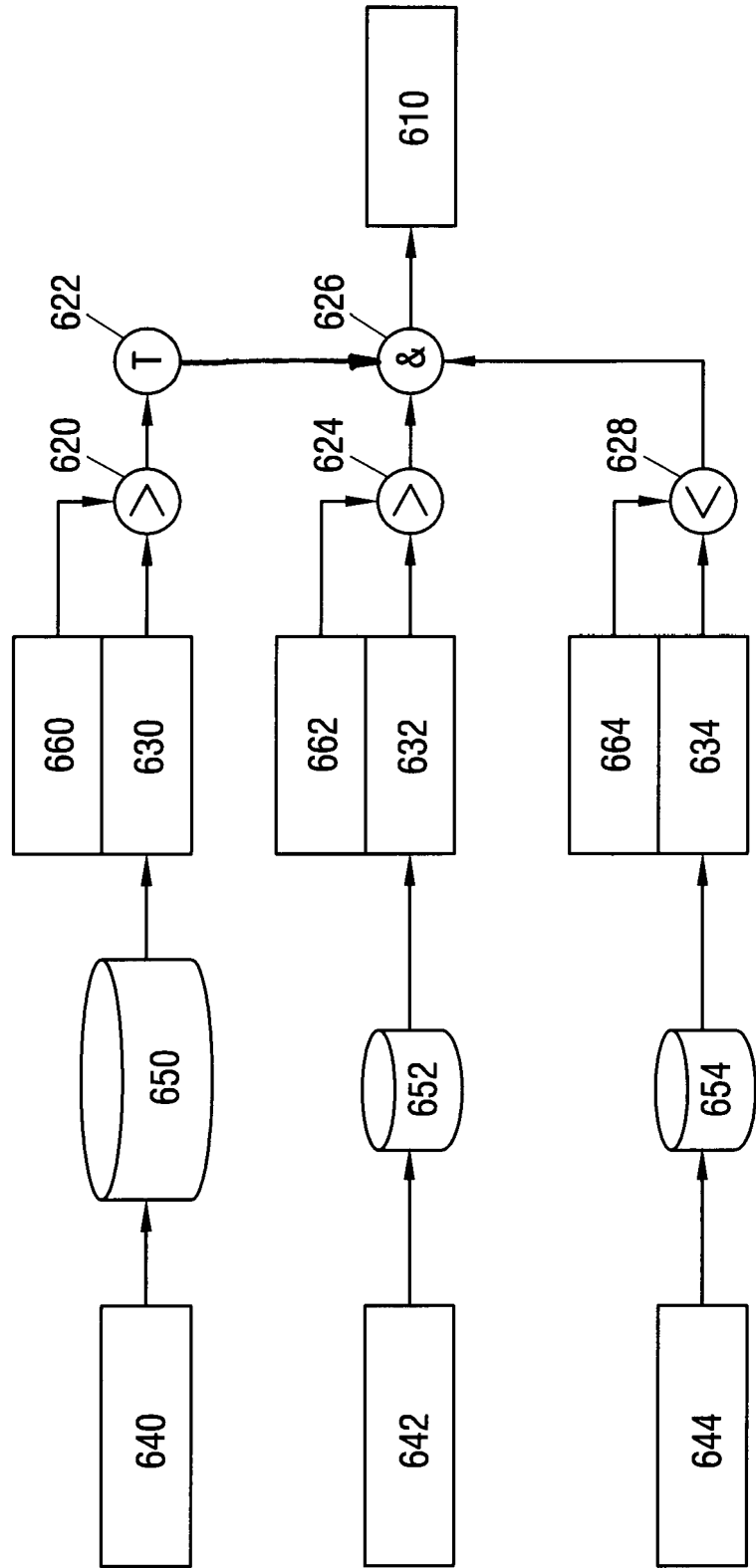


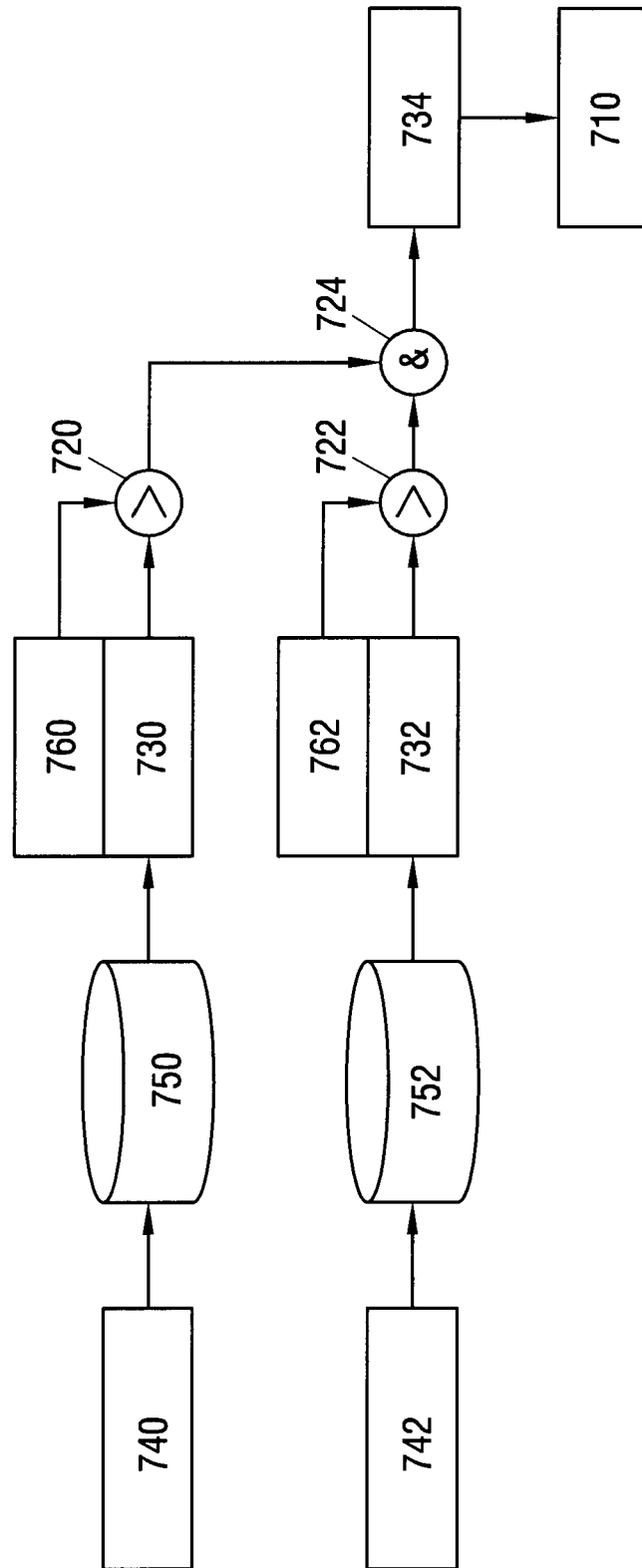
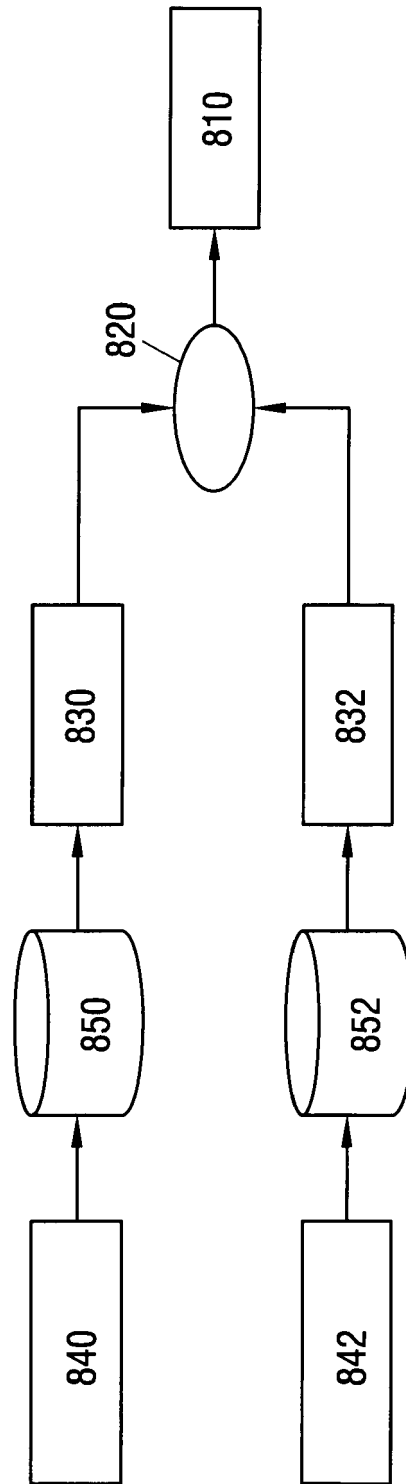
Fig.7

Fig.8



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 17 19 1585

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	EP 1 655 494 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 10. Mai 2006 (2006-05-10) * Absatz [0004] - Absatz [0016] * * Abbildungen 1-4 *	1-15	INV. F04D27/00 F04D19/04
A	DE 101 57 143 A1 (NETZSCH MOHNOPUMPEN GMBH [DE]) 28. Mai 2003 (2003-05-28) * Absatz [0007] - Absatz [0012] * * Absatz [0017] - Absatz [0025] * * Abbildung 1 *	1-15	
A	DE 43 15 165 A1 (LEYBOLD AG [DE]) 10. November 1994 (1994-11-10) * Spalte 1, Zeile 62 - Spalte 2, Zeile 18 * * Spalte 2, Zeile 61 - Spalte 4, Zeile 27 * * Abbildung 1 *	1-15	
A	US 2004/260409 A1 (BREZINA JURGEN [DE] ET AL) 23. Dezember 2004 (2004-12-23) * Absatz [0013] - Absatz [0023] * * Abbildung 1 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D F04B
A	US 6 022 195 A (GAUDET PETER W [US] ET AL) 8. Februar 2000 (2000-02-08) * Spalte 15, Zeile 16 - Spalte 19, Zeile 64 * * Abbildungen 16-21 *	1-15	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 21. Februar 2018	Prüfer Oliveira, Damien
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 : mündliche 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	

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

EP 17 19 1585

5 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.

21-02-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 1655494	A2	10-05-2006	DE 102004054004 A1 EP 1655494 A2	11-05-2006 10-05-2006
15	DE 10157143	A1	28-05-2003	KEINE	
	DE 4315165	A1	10-11-1994	DE 4315165 A1 WO 9427046 A1	10-11-1994 24-11-1994
20	US 2004260409	A1	23-12-2004	CA 2466571 A1 DE 20118185 U1 EP 1442222 A1 JP 2005509108 A TW 591173 B US 2004260409 A1 WO 03040568 A1	15-05-2003 20-03-2003 04-08-2004 07-04-2005 11-06-2004 23-12-2004 15-05-2003
25	US 6022195	A	08-02-2000	US 6022195 A US 6461113 B1	08-02-2000 08-10-2002
30					
35					
40					
45					
50					
55					

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

- EP 1655494 A2 [0004]