



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.12.2021 Patentblatt 2021/48

(51) Int Cl.:
F04B 37/14 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21199985.9**

(22) Anmeldetag: **29.09.2021**

(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:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **HOFMANN, Jan**
35305 Grünberg (DE)
• **BECKER, Jonas**
35649 Bischoffen (DE)
• **STAMMLER, Herbert**
35396 Gießen-Wieseck (DE)

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einem Pumpraum, einem mit dem Pumpraum verbundenen Einlass und einem mit dem Pumpraum verbundenen Auslass, wobei in dem Pumpraum ein zu förderndes Gas von dem Einlass zu dem Auslass förderbar ist, wobei an den Einlass eine zu evakuierende Kammer anschließbar ist, wobei die Vakuumpumpe für das Zuführen eines Gasballasts in den Pumpraum ausgebildet ist, wobei die Va-

kuumpumpe ein Steuergerät umfasst, welches ausgebildet ist, eine Ballastpumpdauer zu berechnen, die angibt, wie lange Gasballast gepumpt werden muss, um im Pumpraum vorhandenes oder vermutetes Wasser auszupumpen, wobei das Steuergerät ferner ausgebildet ist, ein Zuführen des Gasballasts für eine Zufuhrdauer zu bewirken, wobei die Zufuhrdauer von der berechneten Ballastpumpdauer abhängt.

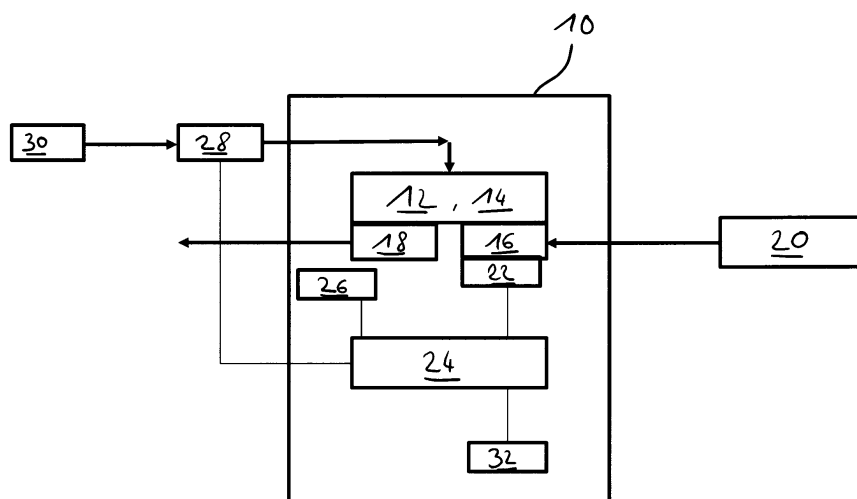


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einem Pumpraum und einem mit dem Pumpraum verbundenen Einlass sowie einem mit dem Pumpraum verbundenen Auslass. Dabei ist in dem Pumpraum, insbesondere mittels eines Pumpkörpers, ein zu förderndes Gas von dem Einlass zu dem Auslass förderbar. An den Einlass ist eine zu evakuierende Kammer anschließbar. Zudem ist die Vakuumpumpe für das Zuführen eines Gasballasts in den Pumpraum ausgebildet.

[0002] Beim Betrieb von Vakuumpumpen wird üblicherweise eine an den Einlass der Vakuumpumpe angeschlossene Kammer evakuiert. Dabei saugt die Vakuumpumpe in der Kammer vorhandenes Gas am Einlass an und pumpt dieses zu fördernde Gas durch den Auslass, wodurch die Kammer evakuiert wird. Das zunächst in der Kammer vorhandene Gas wird innerhalb der Vakuumpumpe beim Annähern an den Auslass immer weiter komprimiert, sodass eventuell in dem zu fördernden Gas enthaltene Feuchtigkeit kondensiert und sich im Bereich des Auslasses niederschlägt. Ein Verbleib von (Kondens-)Wasser im Pumpraum ist unerwünscht.

[0003] Um die Feuchtigkeit bzw. das Wasser aus dem Pumpraum wieder zu entfernen, ist es bekannt, einen Gasballast zu verwenden, das heißt ein Ballastgas durch den Pumpraum der Vakuumpumpe zu pumpen, sodass das Ballastgas bzw. der Gasballast das Wasser aus dem Pumpraum entfernt.

[0004] Bei herkömmlichen Verfahren kann das Problem bestehen, dass nicht sichergestellt ist, dass tatsächlich keine Feuchtigkeit mehr im Pumpraum der Vakuumpumpe vorhanden ist.

[0005] Es ist daher die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe, eine Vakuumpumpe anzugeben, welche ein Verbleiben von Wasser bzw. Feuchtigkeit im Pumpraum verhindert.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0007] Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe umfasst ein Steuergerät, welches ausgebildet ist, eine Ballastpumpdauer zu berechnen, die angibt, wie lange Gasballast gepumpt werden muss, um im Pumpraum vorhandenes oder vermutetes Wasser auszupumpen, wobei das Steuergerät ferner ausgebildet ist, ein Zuführen des Gasballasts für eine Zufuhrdauer zu bewirken, wobei die Zufuhrdauer von der berechneten Ballastpumpdauer abhängt.

[0008] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass die Ballastpumpdauer berechnet (oder durch vernünftige Annahmen zumindest abgeschätzt) werden kann, sodass für die jeweiligen Betriebsparameter bzw. den jeweiligen Betriebszustand eine Ballastpumpdauer angegeben werden kann, die sicherstellt, dass im Pumpraum vorhandenes oder vermutetes Wasser innerhalb der Ballastpumpdauer vollständig ausgepumpt werden kann. Bei der Berechnung kann auch von Annahmen

ausgegangen werden, sodass eine vermutete Wassermenge berechnet werden kann. Die berechnete Wassermenge kann bevorzugt so gewählt sein, dass die berechnete Wassermenge üblicherweise die tatsächlich in dem Pumpraum vorhandene Wassermenge übersteigt. Die aus der berechneten Wassermenge berechnete Ballastpumpdauer kann dann herangezogen werden, um für die Zufuhrdauer Gasballast in den Pumpraum einzubringen.

[0009] Die hierin beschriebenen Berechnungen und/oder Bestimmungen von Größen (z.B. der Wassermenge) können jeweils auch Schätzungen sein, da die Berechnungen zumindest zum Teil auf Annahmen und/oder Messgrößen (mit Ungenauigkeiten) basieren.

[0010] Die Zufuhrdauer kann insbesondere der Ballastpumpdauer entsprechen oder sich auch von ihr unterscheiden, wie später noch ausgeführt wird.

[0011] Es versteht sich, dass die Vakuumpumpe während der Zufuhrdauer in Betrieb ist, den zugeführten Gasballast in Richtung des Auslasses fördert und durch den Auslass abgibt.

[0012] Durch den Gasballast (auch Ballastgas oder zusätzliche Gaslast genannt) wird ein Spüleffekt bewirkt, der es ermöglicht, das im Pumpraum vorhandene Wasser durch den Auslass aus der Pumpe heraus zu befördern.

[0013] Bei dem Gasballast kann es sich um ein anderes Gas als das zu fördernde Gas handeln, beispielsweise kann der Gasballast aus einer anderen Quelle (nicht aus der zu evakuierenden Kammer) stammen, eine andere Temperatur und/oder eine andere Luftfeuchtigkeit besitzen und dergleichen mehr. Als Gasballast kann z.B. ein Inertgas oder beispielsweise auch Luft vorgesehen sein. Der Gasballast kann insbesondere eine geringe relative Feuchte aufweisen (von beispielsweise weniger als 40 % oder weniger als 30 % oder 20 %). Insbesondere kann es sich bei dem Gasballast auch z.B. um trockenen Stickstoff handeln. Gase mit geringer Feuchte können dabei gut im Pumpraum vorhandenes Wasser aufnehmen und zu einem Austragen des Wassers aus dem Pumpraum führen.

[0014] Das Steuergerät kann insbesondere ausgebildet sein, das Zuführen des Gasballasts automatisch zu bewirken, wie später noch genauer ausgeführt wird. Alternativ kann das Steuergerät auch ein Signal ausgeben, wodurch ein Bediener dann zu einem manuellen Öffnen eines Ventils oder dergleichen angeleitet wird.

[0015] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind der Beschreibung, den Zeichnungen sowie den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0016] Gemäß einer ersten Ausführungsform ist das Steuergerät ausgebildet, die im Pumpraum vorhandene Wassermenge zu berechnen. Bei der Berechnung der vorhandenen Wassermenge kann die potentiell vorhandene Wassermenge bestimmt werden, die z.B. zum momentanen Zeitpunkt im Pumpraum vorliegt. Die Wassermenge kann grundsätzlich verdampftes und/oder kondensiertes Wasser umfassen. Dementsprechend könnte statt Wassermenge auch von Feuchtemenge gespro-

chen werden.

[0017] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die im Pumpraum vorhandene Wassermenge basierend auf dem Volumen einer an den Einlass angeschlossenen Kammer ermittelt. Bevorzugt wird das Volumen der Kammer anhand einer bisherigen Abspumpzeit, dem Saugvermögen der Pumpe und/oder einer Druckdifferenz über die Abspumpzeit ermittelt.

[0018] Grundsätzlich kann also die im Pumpraum vorhandene Wassermenge basierend auf dem Volumen der Kammer ermittelt werden, wobei davon ausgegangen wird, dass sämtliches Wasser aus dem Volumen der Kammer im Pumpraum verbleibt. Das Volumen der Kammer kann beispielsweise ein vom Hersteller angegebene Maximalvolumen einer anzuschließenden Kammer sein. Dieses Maximalvolumen kann auch dann verwendet werden, wenn gegebenenfalls eine kleinere Kammer angeschlossen wird. Das Volumen der Kammer kann also beispielsweise fest in dem Steuergerät hinterlegt sein. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Wassermenge im Pumpraum nicht zu gering angenommen wird.

[0019] Alternativ oder zusätzlich kann das Steuergerät das Kammervolumen V_K auch über die Formel

$$V_K = \frac{t_A * S}{\ln \frac{p_1}{p_2}}$$

berechnen, wobei t_A die Abspumpzeit, S das Saugvermögen der Vakuumpumpe, p_1 der Druck in der Kammer (oder am Einlass) beim Beginn der Abspumpzeit und p_2 der Druck am Ende der Abspumpzeit ist. Zur Bestimmung des Kammervolumens kann das Steuergerät die bisherige Abspumpzeit erfassen. Das Saugvermögen der Pumpe (Einheit m^3/h) ist der Pumpe inhärent und kann dementsprechend ebenfalls im Steuergerät hinterlegt sein. Alternativ oder zusätzlich kann das Saugvermögen der Pumpe auch über eine Leistungsmessung der von der Vakuumpumpe aufgenommenen Leistung ermittelt werden. Auf diese Weise können unterschiedlich große Kammern erkannt werden und es kann unterschiedlichen Abspumpzeiten Rechnung getragen werden. Wird ein größeres Kammervolumen berechnet als das fest im Steuergerät hinterlegte Kammervolumen, so kann das größere Kammervolumen verwendet werden.

[0020] Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird für die Ermittlung der im Pumpenraum vorhandenen Wassermenge angenommen, dass das zu fördernde Gas in der angeschlossenen Kammer die für die Vakuumpumpe maximal zugelassene Temperatur und/oder die für die Vakuumpumpe maximal zugelassene Feuchtigkeit aufweist. Bevorzugt wird ebenfalls angenommen, dass sämtliche Feuchtigkeit des zu fördernden Gases oder des (bereits) geförderten Gases als Wasser im Pumpraum zurückbleibt.

[0021] Dass sämtliche Feuchtigkeit des zu fördernden oder schon geförderten Gases als Wasser im Pumpraum

zurückbleibt, kann als Annahme sämtlichen hierin beschriebenen Ausführungsformen zugrundegelegt werden.

[0022] Die maximale Temperatur und die maximale (relative) Feuchtigkeit des Gases in der Kammer sind für eine jeweilige Vakuumpumpe ebenfalls festgelegt und damit bekannt. Um ein vollständiges Abspumpen des Wassers aus dem Pumpraum sicherzustellen, kann somit angenommen werden, dass das Gas in der Kammer tatsächlich die maximal für die Vakuumpumpe zugelassene Feuchtigkeit und Temperatur aufweist.

[0023] Beispielsweise kann die maximale Temperatur bei 40°C und die maximale relative Luftfeuchtigkeit bei 80 % für das zu fördernde Gas liegen. Bei 40°C kann Luft maximal 50 g/m^3 Wasser aufnehmen. Wird nun davon ausgegangen, dass die Kammer ein Volumen von 200 Litern umfasst, so finden sich in diesen 200 l 8 g Wasser. Die Wassermenge im Pumpraum wird nach dem Evakuieren einer solchen Kammer folglich mit 8 g angenommen.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Steuergerät ausgebildet, aus der Wasserdampfkapazität der Vakuumpumpe und der Wassermenge im Pumpraum die Ballastpumpdauer zu berechnen. Die Wasserdampfkapazität ist die größte Wassermenge, die eine Vakuumpumpe je Zeiteinheit unter den Umgebungsbedingungen von 20°C und 1.013 hPa in Form von Wasserdampf dauernd ansaugen und fördern kann. Die Wasserdampfkapazität kann beispielsweise in g/h angegeben werden. Bei der Wasserdampfkapazität handelt es sich also um eine Größe für einen Wasserdampf-Massenstrom. Die Wasserdampfkapazität kann insbesondere nach der Formel

$$q_{m, \text{Wasser}} = p_w \cdot S \cdot M \cdot (RT)^{-1}$$

berechnet werden, wobei $q_{m, \text{Wasser}}$ die Wasserdampfkapazität, p_w die Wasserdampfverträglichkeit der Vakuumpumpe am Einlass, S das Saugvermögen der Vakuumpumpe am Einlass, M die molare Masse von Wasser, R die allgemeine Gaskonstante und T die absolute Temperatur ist.

[0025] Die Wasserdampfkapazität gibt den höchsten Wasserdampfdruck an, bei dem eine Vakuumpumpe unter normalen Umgebungsbedingungen (20°C , 1.013 hPa) reinen Wasserdampf dauernd ansaugen und fördern kann.

[0026] Die Wasserdampfverträglichkeit p_w kann nach der Formel

$$p_w = \frac{q_{pV, \text{Ballast}} * (p_s - p_a)}{S * (\alpha * p_0 - p_a)}$$

berechnet werden. Dabei ist $q_{pV, \text{Ballast}}$ der Gasballaststrom, S das Saugvermögen der Vakuumpumpe, p_s der Sättigungsdampfdruck des Wasserdampfs bei Abgas-

temperatur (d.h. am Auslass), p_A der Partialdruck des Wasserdampfs beim Zuführen des Gasballasts, p_0 der Atmosphärendruck der Umgebung und α ein dimensionsloser Korrekturfaktor, der der Tatsache Rechnung trägt, dass zum Öffnen eines gegebenenfalls vorhandenen Auslassventils ein Druck größer als der Atmosphärendruck erforderlich ist. α kann beispielsweise einen Wert von 1,1 annehmen. Die Wasserdampfverträglichkeit hat die Dimension eines Drucks und wird üblicherweise in hPa angegeben. Falls die vorstehend genannten Drücke p nicht gemessen werden, so können jeweils solche Maximalwerte angenommen werden, die für die Vakuumpumpe gerade noch zulässig sind und die zu einer maximal großen Wassermenge oder Ballastpumpdauer oder zu einer niedrigen Wasserdampfverträglichkeit führen.

[0027] Die Wasserdampfkapazität steigt also mit geringer werdendem Partialdruck des Wasserdampfs im Gasballast und steigt ebenfalls bei einer höheren Temperatur am Auslass, da dann der Sättigungsdampfdruck des Wasserdampfs bei der Abgastemperatur steigt.

[0028] Dementsprechend kann das Steuergerät ausgebildet sein, die Wasserdampfkapazität der Vakuumpumpe basierend auf der Feuchtigkeit des Gasballasts und/oder basierend auf dem Partialdruck des Wasserdampfs im Gasballast und/oder basierend auf der Temperatur am Auslass zu bestimmen. Für eine niedrige Feuchtigkeit bzw. einen niedrigen Partialdruck des Wasserdampfs im Gasballast oder eine hohe Temperatur am Auslass kann dementsprechend eine höhere Wasserdampfkapazität bestimmt werden. Die Feuchtigkeit des Gasballasts, der Partialdruck des Wasserdampfs im Gasballast und/oder die Temperatur am Auslass können jeweils durch Messung oder durch Vorgabe von eingestellten Werten bestimmt werden.

[0029] Bei einer beispielhaften Vakuumpumpe kann sich eine Wasserdampfkapazität von z.B. 44,7 g/h ergeben. Wird nun davon ausgegangen (insbesondere in einer Worst-Case-Betrachtung), dass im Pumpraum eine Wassermenge von 8 g vorhanden ist, so ergibt sich eine Ballastpumpdauer von 11 min ($8 \text{ g} / 44,7 \text{ g/h} = 11 \text{ min}$). Da es sich um eine Worst-Case-Betrachtung handelt, ist sichergestellt, dass nach Ablauf der Ballastpumpdauer tatsächlich die gesamte Wassermenge aus dem Pumpraum entfernt wurde.

[0030] Gemäß einer weiteren Ausführungsform entspricht die Zufuhrdauer zwischen 70 % und 110 %, bevorzugt zwischen 80 % und 100 %, besonders bevorzugt zwischen 90 % und 100 % der Ballastpumpdauer. Die Zufuhrdauer ist insbesondere der Zeitraum, in welchem tatsächlich Gasballast zugeführt und von der Vakuumpumpe durch den Auslass gepumpt wird, um die Wassermenge aus dem Pumpraum auszutragen. Die Zufuhrdauer kann exakt der berechneten Ballastpumpdauer entsprechen. Es ist aber auch möglich, dass die Zufuhrdauer länger oder kürzer als die Ballastpumpdauer gewählt wird. Durch die Worst-Case-Annahmen kann beispielsweise auch bei einer Verkürzung auf 70 % davon

ausgegangen werden, dass sämtliches Wasser in der Zufuhrdauer aus dem Pumpraum entfernt werden kann. Während der Zufuhrdauer kann ein Gasballastventil der Vakuumpumpe geöffnet sein. Während das Gasballastventil geöffnet ist, kann die zu evakuierende Kammer insbesondere abgetrennt werden, um eine nachträgliche Druckerhöhung in der Kammer zu vermeiden.

[0031] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Steuergerät ausgebildet, das Öffnen eines Gasballastventils und damit das Zuführen des Gasballasts zu bewirken, wobei das Gasballastventil bevorzugt dann geöffnet wird, wenn am Einlass ein vorbestimmter Druck unterschritten wird. Das Öffnen des Gasballastventils kann damit automatisch durch das Steuergerät erfolgen. Alternativ kann das Steuergerät auch einen Bediener durch ein Signal anweisen, das Gasballastventil zu öffnen. Das Gasballastventil kann insbesondere dann geöffnet werden bzw. die Zufuhrdauer kann dann beginnen, wenn die Kammer ausreichend evakuiert ist und am Einlass z.B. ein Druck von 10 mbar oder 1 mbar unterschritten wird.

[0032] Für die Zuführung des Gasballasts kann wieder eine Worst-Case-Annahme getroffen werden, nämlich dass es sich bei dem Gasballast um Umgebungsluft handelt, wobei die Umgebungsluft die maximal für die (Umgebung der) Vakuumpumpe zugelassene Temperatur und/oder Feuchte aufweist (z.B. 40°C und 30 % relative Luftfeuchte).

[0033] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist das Steuergerät ausgebildet, während des Zuführens des Gasballasts den Einlass zu schließen oder grundsätzlich die Kammer vom Pumpraum abzutrennen. Wie oben bereits ausgeführt, kann durch das Schließen des Einlasses während des Zuführens des Gasballasts eine lediglich geringe Veränderung des minimalen Drucks in der Kammer erzielt werden. Ein solcher Betrieb kann auch als getakteter Betrieb bezeichnet werden.

[0034] Alternativ kann der Einlass geöffnet sein, während gleichzeitig Gasballast zugeführt wird (Gasballastventil offen). In diesem Fall kann dann kontinuierlich weiterberechnet werden, wie viel neue Feuchtigkeit aus der Kammer in den Pumpraum eingetragen wurde und welche Wassermenge ausgepumpt wurde. Die berechnete Ballastpumpdauer kann sich dann während des Betriebs verlängern, sodass auch die Zufuhrdauer verlängert werden kann.

[0035] Gemäß einer weiteren Ausführungsform mündet in den Pumpraum ein Kanal zum Zuführen des Gasballasts, wobei der Kanal bevorzugt zwischen dem Einlass und dem Auslass in dem Pumpraum mündet und insbesondere näher am Auslass als am Einlass angeordnet ist. Der Kanal ist also zu Einlass und Auslass ein separater Zugang zum Pumpraum. Insbesondere kann sich der Kanal näher am Auslass befinden, da sich dort wegen dem höheren Druck die Feuchtigkeit niederschlägt bzw. kondensiert.

[0036] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist die Vakuumpumpe eine Scroll-Pumpe. Dementsprechend

kann die Vakuumpumpe zwei parallele Kammern aufweisen, die das zu fördernde Gas in Richtung des Inneren bzw. in Richtung des Auslasses der Vakuumpumpe verdichten. Die Vakuumpumpe kann zwei ineinander verkämmte Spiralen aufweisen, die durch gegenläufige Bewegung das zu fördernde Gas und auch den zugeführten Gasballast in Richtung des Auslasses verdichten und fördern. Der Pumpkörper kann dementsprechend eine oder mehrere der Spiralen umfassen. Eine mit dem Gasballastventil verbundene Gasballastbohrung kann so positioniert sein, dass zu einem Zeitpunkt jeweils zumindest eine der zwei parallelen Kammern oder beide Kammern mit dem Gasballast beaufschlagt werden können.

[0037] Alternativ kann es sich bei der Vakuumpumpe auch um eine Drehschiebervakuumpumpe, vorzugsweise eine ölgeschmierte Drehschiebervakuumpumpe, handeln. Insbesondere kann der Pumpkörper durch eine Rotorwelle und wenigstens einen Drehschieber gebildet sein.

[0038] Grundsätzlich kann die Vakuumpumpe einstufig oder mehrstufig, beispielsweise zweistufig, ausgebildet sein.

[0039] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe mit einem Pumpraum, bei welchem eine Ballastpumpdauer berechnet wird, die angibt, wie lange Gasballast gepumpt werden muss, um im Pumpraum vorhandenes oder vermutetes Wasser auszupumpen, und ein Zuführen des Gasballasts für eine Zuführdauer bewirkt wird, wobei die Zuführdauer von der berechneten Ballastpumpdauer abhängt.

[0040] Weiterhin betrifft die Erfindung auch ein Steuergerät für eine Vakuumpumpe mit einem Pumpraum, wobei das Steuergerät ausgebildet ist, eine Ballastpumpdauer zu berechnen, die angibt, wie lange Gasballast gepumpt werden muss, um im Pumpraum vorhandenes oder vermutetes Wasser auszupumpen, wobei das Steuergerät ferner ausgebildet ist, ein Zuführen des Gasballasts für eine Zuführdauer zu bewirken, wobei die Zuführdauer von der berechneten Ballastpumpdauer abhängt. Bei dem Steuergerät handelt es sich insbesondere um das vorstehend im Zusammenhang mit der Vakuumpumpe beschriebene Steuergerät.

[0041] Schließlich betrifft die Erfindung auch ein Vakuumpumpensystem mit einer Vakuumpumpe wie hierin beschrieben, wobei das Vakuumpumpensystem eine zu evakuierende Kammer umfasst, welche an den Einlass der Vakuumpumpe gekoppelt ist.

[0042] Für das erfindungsgemäße Verfahren, das erfindungsgemäße Steuergerät und das erfindungsgemäße Vakuumpumpensystem gelten die Ausführungen zur erfindungsgemäßen Vakuumpumpe entsprechend. Dies gilt insbesondere für Vorteile und Ausführungsformen.

[0043] Es versteht sich, dass sämtliche hierin genannten Weiterbildungen und Ausführungsform miteinander kombinierbar sind, sofern nicht explizit etwas Gegenteiliges angegeben ist.

[0044] Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

5 Fig. 1 eine Vakuumpumpe mit einer angeschlossenen zu evakuierenden Kammer in schematischer Ansicht; und

Fig. 2 ein Ablaufdiagramm für das Auspumpen von Wasser aus einem Pumpraum.

10

[0045] Fig. 1 zeigt eine Vakuumpumpe 10, welche als Scroll-Pumpe ausgebildet ist. In der Vakuumpumpe 10 ist ein Pumpraum 12 angeordnet, in welchem mittels eines spiralförmigen (nicht explizit gezeigten) Pumpkörpers 14 ein zu förderndes Gas von einem Einlass 16 zu einem Auslass 18 gepumpt bzw. gefördert wird. An dem Einlass 16 ist eine zu evakuierende Kammer 20 angeschlossen, in welcher im vorliegenden Beispiel 200 Liter Luft bei 40 °C und 80 % Luftfeuchte vorhanden sind.

20

[0046] Am Einlass 16 der Vakuumpumpe 10 ist ein Drucksensor 22 angeordnet, welcher den Druck der über den Einlass 16 aus der Kammer 20 einströmenden Luft bestimmt. Der Drucksensor 22 ist mit einem Steuergerät 24 der Vakuumpumpe 10 gekoppelt und übermittelt seine

25

Messergebnisse an das Steuergerät 24. Das Steuergerät 24 erhält überdies Messergebnisse eines Temperatursensors 26, welcher am Auslass 18 angeordnet ist.

30

[0047] An der Vakuumpumpe 10 ist zudem ein Gasballastventil 28 angeordnet, welches Umgebungsluft 30 zwischen dem Einlass 16 und dem Auslass 18 in den Pumpraum 12 einbringen kann. Das Steuergerät 24 ist mit dem Gasballastventil 28 gekoppelt, um das Gasballastventil 28 öffnen zu können.

35

[0048] Außerdem ist das Steuergerät 24 mit einer Leistungsmessung 32 verbunden, wobei die Leistungsmessung 32 die jeweils momentan von der Vakuumpumpe 10 benötigte Leistung erfasst, sodass das Steuergerät 24 Rückschlüsse über das jeweilige Saugvermögen und die Pumpdauer/Auspumpzeit der Vakuumpumpe 10 treffen kann.

40

[0049] Der Betrieb der Vakuumpumpe 10 wird nun mit Bezug auf das Ablaufdiagramm von Fig. 2 erläutert. Im Schritt 100 beginnt die Auspumpzeit. Hierbei wird über den Drucksensor 22 zunächst der Anfangsdruck am Einlass 16 bzw. in der Kammer 20 festgestellt und die Vakuumpumpe 10 beginnt mit dem Pumpen des zu fördernden Gases aus der Kammer 20. Während einer Auspumpzeit 110 wird die Kammer 20 weiter evakuiert, wobei das Gasballastventil 28 geschlossen ist. Durch das Evakuieren der Kammer kondensiert Wasser aus der Kammer 20 im Pumpraum 12. Wird nun in der Kammer 20 bzw. am Einlass 16 ein vorbestimmter Mindestdruck unterschritten, so endet die Auspumpzeit mit Schritt 120. Der dann am Einlass anliegende Druck wird über den Drucksensor 22 ermittelt. Zudem kann die Temperatur der Pumpe am Auslass 18 über den Temperatursensor 26 gemessen werden. Anhand der Leistungsmessung 32 kann das Steuergerät 24 zudem feststellen, mit wel-

55

chem Saugvermögen die Vakuumpumpe 10 wie lange betrieben wurde. Auf diese Weise kann das Steuergerät 24 das Volumen der am Einlass 16 angeschlossenen Kammer 20 oder das ausgepumpte Volumen ermitteln. Für diese Ermittlung wird die Druckdifferenz zwischen den Schritten 100 und 120 zusätzlich herangezogen.

[0050] Aus dem ausgepumpten Volumen der Kammer 20 und einer Worst-Case-Annahme für die Temperatur und Luftfeuchtigkeit des Gases in der Kammer 20 berechnet das Steuergerät 24 im Schritt 130 die im Pumpraum 12 potentiell vorhandene (insbesondere vermutete) Wassermenge.

[0051] Aus der Wassermenge wird dann im Schritt 140 mithilfe der Wasserdampfkapazität der Vakuumpumpe die Ballastpumpdauer berechnet. Liegt die Wasserdampfkapazität der Vakuumpumpe 10 beispielsweise bei 44,7 g/h und wurde die Wassermenge mit 8 g berechnet, so ergibt sich die Ballastpumpdauer zu 11 min.

[0052] Im anschließenden Schritt 150 öffnet das Steuergerät 24 dann das Gasballastventil 28 und schließt den Einlass 16. Im Schritt 150 wird also Gasballast (in diesem

[0053] Beispiel Umgebungsluft) gepumpt, um die Wassermenge aus dem Pumpraum 12 zu entfernen. Die Dauer des Pumpens von Gasballast, das heißt die Zufuhrdauer, kann dabei entsprechend der Ballastpumpdauer von 11 min gewählt werden, sodass nach 11 min das Pumpen von Gasballast beendet wird. Zu diesem Zeitpunkt kann davon ausgegangen werden, dass sämtliches Wasser bzw. sämtliche Feuchtigkeit aus dem Pumpraum 12 entfernt wurde. Anschließend kann neu bei Schritt 100 begonnen werden.

[0054] Erfindungsgemäß wird also durch Worst-Case-Annahmen die Sicherheit geschaffen, dass praktisch sämtliches Wasser aus dem Pumpraum während der Zufuhrdauer des Gasballasts entfernt wird.

Bezugszeichenliste

[0055]

10	Vakuumpumpe
12	Pumpraum
14	Pumpkörper
16	Einlass
18	Auslass
20	Kammer
22	Drucksensor
24	Steuergerät
26	Temperatursensor
28	Gasballastventil
30	Umgebungsluft
32	Leistungsmessung
100	Beginn der Auspumpzeit
110	Auspumpzeit
120	Ende der Auspumpzeit
130	Berechnung Wassermenge
140	Berechnung Ballastpumpdauer

150 Pumpen von Gasballast für die Zufuhrdauer

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (10) mit einem Pumpraum (12), einem mit dem Pumpraum (12) verbundenen Einlass (16) und einem mit dem Pumpraum (12) verbundenen Auslass (18), wobei in dem Pumpraum (12) ein zu förderndes Gas von dem Einlass (16) zu dem Auslass (18) förderbar ist, wobei an den Einlass (16) eine zu evakuierende Kammer (20) anschließbar ist,

wobei die Vakuumpumpe (10) für das Zuführen eines Gasballasts in den Pumpraum (12) ausgebildet ist,

wobei die Vakuumpumpe (10) ein Steuergerät (24) umfasst, welches ausgebildet ist, eine Ballastpumpdauer zu berechnen, die angibt, wie lange Gasballast gepumpt werden muss, um im Pumpraum (12) vorhandenes oder vermutetes Wasser auszupumpen, wobei das Steuergerät (24) ferner ausgebildet ist, ein Zuführen des Gasballasts für eine Zufuhrdauer zu bewirken, wobei die Zufuhrdauer von der berechneten Ballastpumpdauer abhängt.

2. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 1, wobei das Steuergerät (24) ausgebildet ist, die im Pumpraum (12) vorhandene Wassermenge zu berechnen.

3. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 2, wobei die im Pumpraum (12) vorhandene Wassermenge basierend auf dem Volumen einer an den Einlass (16) angeschlossenen Kammer (20) ermittelt wird und das Volumen der Kammer (20) bevorzugt anhand einer bisherigen Auspumpzeit, dem Saugvermögen der Pumpe und/oder einer Druckdifferenz über die Auspumpzeit ermittelt wird.

4. Vakuumpumpe (10) nach einem der Ansprüche 3, wobei für die Ermittlung der im Pumpraum (12) vorhandenen Wassermenge angenommen wird, dass das zu fördernde Gas in der angeschlossenen Kammer (20) die für die Vakuumpumpe (10) maximal zugelassene Temperatur und/oder die für die Vakuumpumpe (10) maximal zugelassene Feuchtigkeit aufweist, wobei bevorzugt ebenfalls angenommen wird, dass sämtliche Feuchtigkeit des zu fördernden Gases oder des geförderten Gases als Wasser im Pumpraum (12) zurückbleibt.

5. Vakuumpumpe (10) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei das Steuergerät (24) ausgebildet ist, aus der Wasserdampfkapazität der Vakuumpumpe (10) und der Wassermenge die Ballastpumpdauer zu berech-

- nen.
6. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 5,
wobei das Steuergerät (24) ausgebildet ist, die Was-
serdampfkapazität der Vakuumpumpe (10) basie- 5
rend auf der Feuchtigkeit des Gasballasts und/oder
basierend auf dem Partialdruck des Wasserdampfs
im Gasballast und/oder basierend auf der Tempera-
tur am Auslass (18) zu bestimmen.
 7. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden
Ansprüche, wobei die Zufuhrdauer zwischen 70%
und 110%, bevorzugt zwischen 80% und 100%, be-
sonders bevorzugt zwischen 90% und 100% der Bal- 10
lastpumpdauer entspricht.
 8. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden
Ansprüche, wobei das Steuergerät (24) ausgebildet
ist, das Öffnen eines Gasballastventils (28) und da-
mit das Zuführen des Gasballasts zu bewirken, wo- 20
bei das Gasballastventil (28) bevorzugt dann geöff-
net wird, wenn am Einlass (16) ein vorbestimmter
Druck unterschritten wird.
 9. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden
Ansprüche, 25
wobei das Steuergerät (24) ausgebildet ist, während
des Zuführens des Gasballasts den Einlass (16) zu
schließen und/oder die Kammer (20) vom
Pumpraum (12) abzutrennen. 30
 10. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden
Ansprüche,
wobei in den Pumpraum (12) ein Kanal zum Zufüh-
ren des Gasballasts mündet, wobei der Kanal be- 35
vorzugt zwischen dem Einlass (16) und dem Auslass
(18) in den Pumpraum (12) mündet und insbeson-
dere näher am Auslass (18) als am Einlass (16) an-
geordnet ist. 40
 11. Vakuumpumpe (10) nach einem der vorstehenden
Ansprüche,
wobei die Vakuumpumpe (10) eine Scroll-Pumpe ist.
 12. Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe (10) 45
mit einem Pumpraum (12), bei welchem
eine Ballastpumpdauer berechnet wird, die angibt,
wie lange Gasballast gepumpt werden muss, um im
Pumpraum (12) vorhandenes oder vermutetes Was-
ser auszupumpen, und ein Zuführen des Gasbal- 50
lasts für eine Zufuhrdauer bewirkt wird, wobei die
Zufuhrdauer von der berechneten Ballastpumpdau-
er abhängt.
 13. Steuergerät (24) für eine Vakuumpumpe (10) mit ei- 55
nem Pumpraum (12), wobei
das Steuergerät (24) ausgebildet ist, eine Ballast-
pumpdauer zu berechnen, die angibt, wie lange Gas-
- ballast gepumpt werden muss, um im Pumpraum
(12) vorhandenes oder vermutetes Wasser auszu-
pumpen, wobei das Steuergerät (24) ferner ausge-
bildet ist, ein Zuführen des Gasballasts für eine Zu-
fuhrdauer zu bewirken, wobei die Zufuhrdauer von
der berechneten Ballastpumpdauer abhängt.
14. Vakuumpumpensystem mit einer Vakuumpumpe (10)
nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Va-
kuumpumpensystem eine zu evakuierende Kammer
(20) umfasst, welche an den Einlass (16) der Vaku-
umpumpe (10) gekoppelt ist.

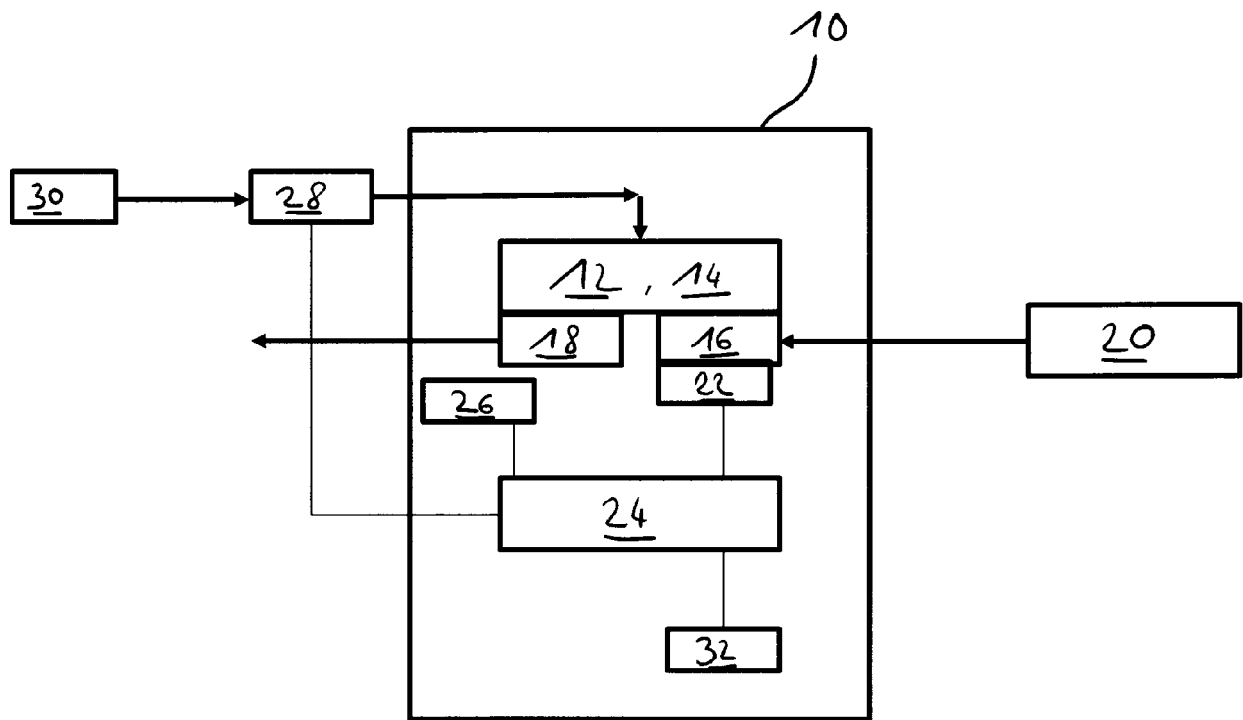


Fig. 1

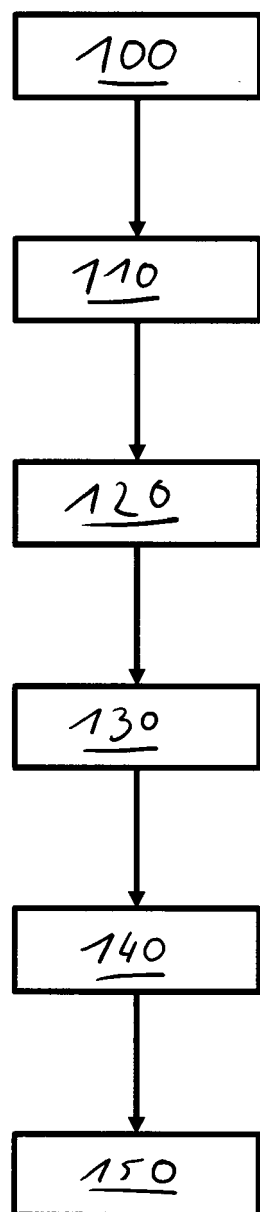


Fig. 2