



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
30.01.2019 Patentblatt 2019/05

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01) **F04C 25/02** (2006.01)
F04C 29/04 (2006.01) **F04D 25/08** (2006.01)
F04D 29/58 (2006.01) **F04C 18/12** (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17183117.5**

(22) Anmeldetag: **25.07.2017**

(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

(72) Erfinder:
• **Huber, Peter**
35390 Gießen (DE)
• **Schneider, Kevin**
35390 Gießen (DE)
• **Kobus, Christopher**
61279 Grävenwiesbach (DE)

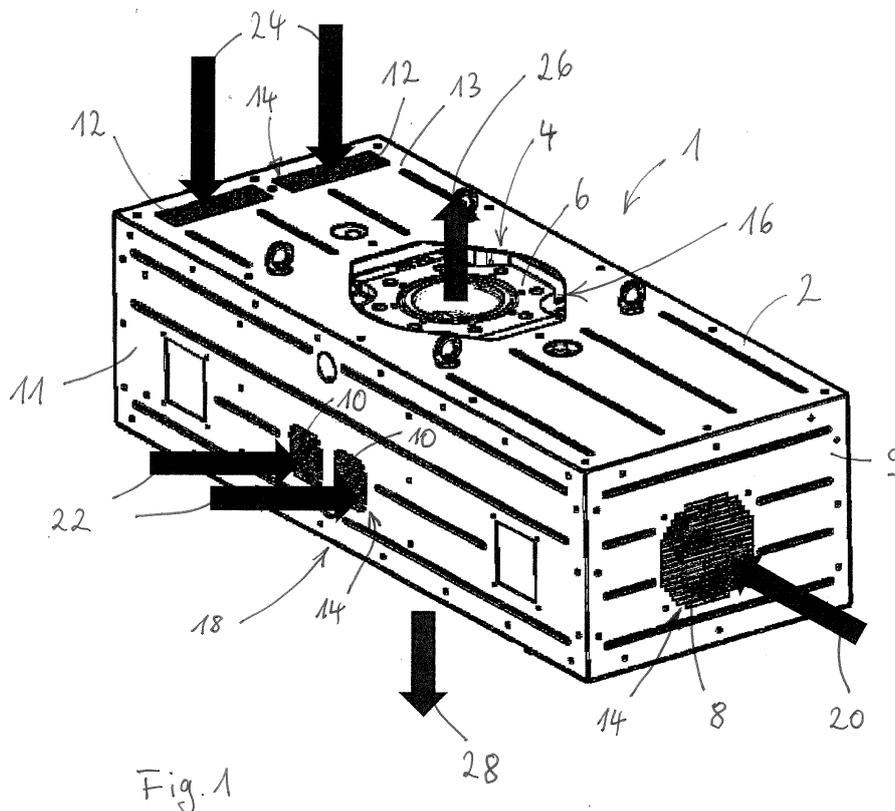
(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

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

(54) **VAKUUMPUMPE SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER VAKUUMPUMPE**

(57) Vakuumpumpe, insbesondere zur Erzeugung von Grob- und/oder Feinvakuum, mit zumindest einer Pumpenkomponente sowie einer Kühlvorrichtung zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente mittels eines Kühlmediums, wobei die Kühlvorrichtung dazu ein-

gerichtet ist, einen konvektiven Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Pumpenbetriebsparameters variabel zu verändern.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere zur Erzeugung von Grob- und/oder Feinvakuum, sowie ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Wälzkolbenvakuumpumpen sowie ein Verfahren zum Betreiben derselben.

[0002] Aus dem Stand der Technik in der Druckschrift EP 1 936 203 A2 ist eine Vakuumpumpe bekannt, die einen Lüfter mit einem eigenen Lüftermotor aufweist, so dass der von dem Lüfter erzeugte Gasstrom unabhängig von der Geschwindigkeit des Motors der Vakuumpumpe eingestellt werden kann. Hierdurch soll die Kühlung nach den jeweiligen Bedürfnissen ausgerichtet werden und stellt somit keinen Kompromiss zwischen Vakuum- und Kühlungsanforderungen dar. Aus diesem Stand der Technik gehen jedoch keine näheren Einzelheiten zu den Kühlungsanforderungen beziehungsweise zu den maßgeblichen Faktoren für die Steuerung der Kühlung hervor.

[0003] Vakuumpumpen, insbesondere Wälzkolbenvakuumpumpen, werden mit zunehmend hohen Drehzahlen betrieben. Gleichzeitig besteht das Erfordernis, den Bauraum derartiger Vakuumpumpen möglichst klein zu halten, wodurch insgesamt eine erhöhte Energiedichte beziehungsweise Wärmebeanspruchung innerhalb oder an der Pumpe entstehen kann. Hierdurch werden besondere Anforderungen an die Kühlung solcher Pumpen sowie deren Komponenten gestellt.

[0004] Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, eine Vakuumpumpe anzugeben, die auch bei verhältnismäßig hohen Pumpendrehzahlen mit einem hohen Maß an Zuverlässigkeit gekühlt werden kann. Ebenso besteht die Aufgabe darin, ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe anzugeben.

[0005] Im Hinblick auf eine Vakuumpumpe ist diese Aufgabe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst worden. Ein erfindungsgemäßes Verfahren ist Gegenstand des Anspruchs 15. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben und werden nachfolgend erörtert.

[0006] Eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe, insbesondere zur Erzeugung von Grob- und/oder Feinvakuum, weist zumindest eine Pumpenkomponente sowie eine Kühlvorrichtung zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente mittels eines Kühlmediums auf. Das Kühlmedium kann ein Gas/Gasgemisch sein, insbesondere Luft. Auch ein flüssiges Medium, z.B. Wasser, kann vorgesehen sein. Dabei ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, einen konvektiven Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Pumpenbetriebsparameters variabel zu verändern.

[0007] Erfindungsgemäß ist also vorgesehen, dass zumindest ein Pumpenbetriebsparameter den Wärmeü-

bergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium beeinflusst. Durch Festlegung eines solchen Pumpenbetriebsparameters kann ein hohes Maß an Zuverlässigkeit im Kühlprozess der Pumpe sichergestellt werden. Gleichzeitig ermöglicht die gezielte Auswahl zumindest eines Pumpenbetriebsparameters ein hohes Maß an Flexibilität des Pumpen- und/oder Kühlbetriebs. Schließlich kann der Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium in besonders effizienter Weise durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten verändert werden. Die variable Veränderung des Wärmeübergangskoeffizienten gestattet dabei eine hohe Genauigkeit der Kühlung, insbesondere zur Einhaltung vorbestimmter Pumpenbetriebsparameter.

[0008] Bei dem Pumpenbetriebsparameter kann es sich in vorteilhafter Weise um einen Grenzwert und/oder einen Wertbereich handeln. So kann beispielsweise das Erreichen eines Grenzwerts und/oder das Überschreiten eines bestimmten Wertbereichs eine Veränderung des konvektiven Wärmeübergangs durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten auslösen. Ebenso kann der konvektive Wärmeübergang variabel verändert werden, um einen Grenzwert einzuhalten und/oder den jeweiligen Pumpenbetriebsparameter innerhalb eines Wertbereichs zu halten.

[0009] Weiterhin kann der Pumpenbetriebsparameter auch ein Wertverlauf sein. Beispielsweise schnelle Temperatur- und/oder Druckveränderungen können das Kühlverhalten günstig beeinflussen, sodass die Gefahr ungünstiger Betriebszustände verringert wird. Der erfindungsgemäß vorgesehene Pumpenbetriebsparameter kann auch ein laufend und/oder wiederkehrend erfasster Messwert sein, wodurch eine kontinuierliche Überwachung eines jeweiligen Pumpenbetriebszustandes beziehungsweise eine Erfassung und/oder Aufzeichnung von Wertverläufen möglich ist.

[0010] Ferner kann der Pumpenbetriebsparameter durch einen Anwender auswählbar und/oder einstellbar sein, sodass die Einsatzflexibilität im Hinblick auf unterschiedliche Betriebsarten der Pumpe erhöht wird. Ebenso kann der Pumpenbetriebsparameter unveränderlich voreingestellt und/oder auf Grundlage empirischer Daten vorbestimmt sein, wodurch die Gefahr von Fehlbedienungen und damit einhergehenden Beschädigung der Pumpe verringert werden kann.

[0011] Bei dem Pumpenbetriebsparameter handelt es sich in vorteilhafter Weise um einen Betriebssicherheits-, Langlebigkeits- und/oder Energiesparparameter. Durch einen Betriebssicherheitsparameter, bei dem es sich beispielsweise um einen verhältnismäßig engen zulässigen Temperaturbereich einer Pumpenkomponente handeln kann, wird ein Pumpenbetrieb mit einer hohen Betriebssicherheit ermöglicht. Ein Langlebigkeitsparameter kann die Kühlung hinsichtlich eines verhältnismäßig verschleißarmen Pumpenbetriebs ausrichten, was beispielsweise auch durch enge Temperaturtoleranzen für

einzelne Pumpenkomponenten möglich ist. Demgegenüber kann ein Energiesparparameter den Pumpen- und Kühlbetrieb hinsichtlich des Energieverbrauchs verbessern. Dies kann beispielsweise durch möglichst große zulässige Temperaturbereiche für Pumpenkomponenten erreicht werden, sodass nur ein geringer Kühlaufwand erforderlich ist.

[0012] In besonders vorteilhafter Weise ist der Pumpenbetriebsparameter eine Temperatur und/oder ein Temperaturverlauf an und/oder in zumindest einer Pumpenkomponente. Die Temperatur und/oder der Temperaturverlauf an und/oder in einer Pumpenkomponente kann maßgeblich sein für den Betrieb einer Vakuumpumpe, so dass die Einstellung des Wärmeübergangs in deren Abhängigkeit und/oder zu deren Einhaltung entscheidend für den Pumpenbetrieb sein kann, beispielsweise zur Einhaltung einer hohen Betriebssicherheit und/oder Langlebigkeit einzelner Pumpenkomponenten.

[0013] Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn der Pumpenbetriebsparameter eine Temperatur, ein Temperaturverlauf, ein Gasdruck, ein Gasdruckverlauf, ein Kondensations- und/oder Reaktionsverhalten eines zu verdichtenden Prozessgases im Pumpeninneren und/oder ein Differenzdruck zwischen einem Pumpen einlass und/oder einem Pumpenauslass ist. Auf diese Weise kann gezielt Einfluss auf die Gasverdichtung durch die Vakuumpumpe genommen werden. Die Verdichtungsleistung beziehungsweise das Verdichtungsresultat der Vakuumpumpe kann somit in weiter präzisierter Weise sichergestellt werden, insbesondere bei verhältnismäßig hohen Pumpendrehzahlen.

[0014] In weiter bevorzugter Weise ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, den Wärmeübergang in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Verformungszustandes einer Pumpenkomponente und/oder eines Spaltmaßes zwischen zumindest zwei Pumpenkomponenten, die bevorzugt relativ zueinander beweglich angeordnet sind, variabel zu verändern. Die Gefahr zu großer Verformungszustände beziehungsweise ungünstiger Spaltmaße kann hierdurch reduziert werden, was sich sowohl auf die Effizienz der Pumpenleistung als auch auf die Betriebssicherheit und Langlebigkeit der Vakuumpumpe auswirkt. Schließlich können durch gezielte Kühlung eingestellte Spaltmaße einen positiven Einfluss auf die Energieeffizienz haben, nämlich durch Aufrechterhalten einer hohen Pumpeneffizienz.

[0015] Schließlich besteht auch die Möglichkeit, den Wärmeübergang in Abhängigkeit der Leistungsaufnahme eines Pumpenantriebs variabel zu verändern. Beispielsweise kann die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet sein, den Wärmeübergang in einem vorgegebenen Verhältnis zur Leistungsaufnahme des Pumpenantriebs variabel zu verändern, insbesondere gemäß einer Proportionalitätsfunktion zu koppeln.

[0016] In weiter bevorzugter Weise kann die Kühlvorrichtung eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung aufweisen, die den Betrieb der Kühlvorrichtung in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung des Pumpenbetriebsparame-

ters steuert und/oder regelt. Die variable Veränderung des Wärmeübergangs zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium kann auf diese Weise mit hoher Präzision und einem großen Maß an Zuverlässigkeit realisiert werden. Dabei kann die Steuer- und/oder Regeleinrichtung zumindest mit einem Sensor ausgestattet sein, bei dem es sich bevorzugt um einen Temperatursensor und/oder einen Drucksensor handelt. Durch den Sensor kann insbesondere ein Pumpenbetriebsparameter laufend und/oder wiederkehrend erfasst werden. Die durch den Sensor erfassten Daten können zu Steuer- und/oder Regelvorgängen genutzt werden.

[0017] Der erfindungsgemäß relevante Pumpenbetriebsparameter kann in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung voreingestellt und/oder durch einen Anwender einstellbar sein. Dementsprechend besteht die Möglichkeit, dass ein Anwender für das Erreichen und/oder Einhalten eines jeweils gewünschten Pumpenbetriebszustandes die dazu erforderlichen Pumpenbetriebsparameter einstellt beziehungsweise in einer dafür vorgesehenen Steuer- und/oder Regeleinrichtung aktiv ändert. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass etwa sicherheitsrelevante Pumpenbetriebsparameter in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung unveränderlich voreingestellt sind, so dass gefährliche Betriebszustände vermieden werden können.

[0018] Es kann weiter von Vorteil sein, wenn die Kühlvorrichtung unabhängig von einem Pumpenbetrieb und/oder einer Pumpendrehzahl betreibbar ist. Die Einsatzflexibilität der Kühlvorrichtung kann somit weiter gesteigert werden. In bevorzugter Weise ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, den Kühlbetrieb in Abhängigkeit eines verstrichenen Zeitraums seit Beginn des Pumpenbetriebs und/oder zeitlich verzögert nach Einsetzen des Pumpenbetriebs und/oder nach An- und/oder Hochfahren einer Pumpendrehzahl aufzunehmen. Auf diese Weise kann der Kühlbetrieb in Abhängigkeit eines tatsächlichen Kühlerfordernisses der jeweiligen Pumpenkomponente eingestellt werden.

[0019] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausgestaltung der vorliegenden Erfindung ist die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet, während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente die Kühlleistung ausgeschaltet zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen. Bei einem Warmlaufzeitraum kann es sich insbesondere um einen Zeitraum handeln, der mit dem Beginn des Pumpenbetriebs beziehungsweise dem An- und/oder Hochfahren der Pumpendrehzahl beginnt. Ferner kann die Warmlaufzeit bis zum Erreichen einer vorbestimmten Pumpendrehzahl und/oder Komponententemperatur anhalten. Sofern während dieses Zeitraums die Kühlleistung ausgeschaltet bleibt beziehungsweise linear und/oder degressiv erhöht wird, kann sichergestellt werden, dass die jeweilige Pumpenkomponente schneller die jeweils gewünschte Betriebstemperatur erreicht. Gleichzeitig kann ein unnötig hoher Kühlbetrieb vermieden werden. Dies erlaubt Energieeinsparungen, wodurch insgesamt die Energieeffizienz des Pumpenbe-

triebs gesteigert werden kann.

[0020] Bevorzugt weist die Kühlvorrichtung einen Kühlvorrichtungsantrieb auf. Dieser Kühlvorrichtungsantrieb ist in vorteilhafter Weise als unabhängiger Motor ausgebildet und kann dementsprechend unabhängig von einem Pumpenmotor betrieben werden. Daher besteht auch die Möglichkeit, den Kühlvorrichtungsantrieb während eines Warmlaufzeitraums auf oder nahe null zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen.

[0021] Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn die Kühlvorrichtung eine Nennleistung für den Dauerbetrieb aufweist. Dabei kann der Kühlvorrichtungsantrieb eine Nenndrehzahl für den Dauerbetrieb aufweisen. Es versteht sich, dass die Kühlvorrichtung zwischen einem ausgeschalteten Zustand und einem Zustand auf Nennleistung betrieben werden kann. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass die Kühlvorrichtung lediglich bei Nennleistung betrieben werden kann. Die Kühlvorrichtung kann in diesem Fall entweder ausgeschaltet sein oder auf Nennleistung betrieben werden, wohingegen ein Betrieb auf einer Zwischenstufe nicht vorgesehen ist. Entsprechend kann ein Vorrichtungsantrieb nur für den Betrieb auf Nenndrehzahl ausgebildet sein. Insgesamt kann dies mit einem geringen apparativen Aufwand bewerkstelligt werden.

[0022] Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann die Kühlvorrichtung für den zeitlich begrenzten Betrieb oberhalb der Nennleistung eingerichtet sein. Entsprechend kann der Kühlvorrichtungsantrieb für den zeitlich begrenzten Betrieb oberhalb der Nenndrehzahl eingerichtet sein. Auf diese Weise kann zeitlich begrenzt ein hohes Maß an Kühlleistung bereitgestellt werden, was bei besonderer Beanspruchung der Pumpe von Vorteil sein kann. Gleichzeitig wird durch die zeitliche Begrenzung erreicht, dass die Betriebssicherheit und/oder die Lebensdauer der Kühlvorrichtung nicht über Gebühr beansprucht wird.

[0023] Schließlich wird in vorteilhafter Weise die Kühlleistung nach Abschluss des Warmlaufzeitraums auf Nennleistung beziehungsweise der Kühlvorrichtungsantrieb auf Nenndrehzahl gehalten. Das Halten auf Nennleistung beziehungsweise auf Nenndrehzahl kann nach Abschluss der Warmlaufzeit für einen begrenzten Zeitraum oder dauerhaft während des Pumpenbetriebs erfolgen.

[0024] Gemäß einer weiter bevorzugten Ausgestaltung der Vakuumpumpe ist die Kühlvorrichtung zur Unterbrechung des Kühlbetriebs und/oder für einen intermittierenden und/oder intervallgesteuerten und/oder -geregelten Kühlbetrieb eingerichtet. Die Kühlung der Pumpenkomponente durch die Kühlvorrichtung kann also zeitweise unterbrochen werden, wobei eine solche Unterbrechung mehrfach auftreten kann, so dass eine intermittierende Kühlleistung erbracht wird. Etwaige Regelungsvorgänge können auf diese Weise mit nur geringem apparativem Aufwand bewerkstelligt werden. Insbesondere kann auf diese Weise vermieden werden dass die genaue Kühlleistung beziehungsweise Dreh-

zahl des Kühlvorrichtungsantriebs permanent ausgeregelt werden muss. Insgesamt lässt sich somit der Steuer- und Regelaufwand auf ein geringes Maß reduzieren.

[0025] Um dennoch Einfluss auf die jeweils gewünschte Kühlleistung der Kühlvorrichtung zu nehmen, können die unterschiedlichen Betriebsintervalle zur Kühlung identische oder unterschiedliche Zeitdauern aufweisen und/oder die Unterbrechungsintervalle zwischen den Betriebsintervallen identisch oder unterschiedlich sein. Ebenso kann die Kühlleistung und/oder die Drehzahl des Kühlvorrichtungsantriebs in unterschiedlichen Betriebsintervallen gleich hoch oder verschieden sein. Hierdurch kann ohne permanente Ausregelung der Kühlleistung beziehungsweise der Drehzahl des Kühlvorrichtungsantriebs Einfluss auf die Kühlleistung in Abhängigkeit etwaiger Pumpenbetriebsparameter genommen werden. Eine kontinuierliche Regelung der Kühlleistung beziehungsweise der Drehzahl des Kühlpumpenbetriebs ist somit nicht erforderlich.

[0026] Weiter bevorzugt kann die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet sein, den Kühlbetrieb bei Erreichen eines maximal und/oder minimal zulässigen Grenzwerts und/oder bei einer Fehlfunktion der Kühlvorrichtung und/oder einer Pumpenkomponente abzuschalten. Dabei können etwaige Fehlfunktionen zum gleichzeitigen Abstellen des Pumpenbetriebs führen. Die Gefahr von Beschädigungen der Kühlvorrichtung und/oder von Pumpenkomponenten kann damit reduziert werden.

[0027] Weiterhin kann die Kühlvorrichtung zum Einschalten des Kühlbetriebs bei Erreichen eines maximal und/oder minimal zulässigen Parametergrenzwerts eingerichtet sein. Beispielsweise kann das Erreichen eines vorbestimmten Temperaturniveaus einer Pumpenkomponente die Einschaltung des Kühlbetriebs initiieren, so dass ein jeweils erreichtes Temperaturniveau der Pumpenkomponente beibehalten oder wieder reduziert werden kann, insbesondere bevor Beschädigungen entstehen.

[0028] In vorteilhafter Weise kann die Pumpenkomponente als Teil einer Pumpenbaugruppe angeordnet sein und/oder wobei die Kühlvorrichtung zur konvektiven Kühlung einer Pumpenbaugruppe aus einer Mehrzahl von Pumpenkomponenten ausgebildet ist. Die Effizienz der Kühlung durch die Kühlvorrichtung kann durch die Anordnung der Pumpenkomponente als Teil einer Pumpenbaugruppe erhöht werden, da insbesondere eine Mehrzahl von Pumpenkomponenten gleichzeitig durch die Kühlvorrichtung gekühlt werden kann. Die Pumpenkomponente kann beispielsweise als Teil des Pumpenbetriebs, insbesondere als Motorbauteil, Getriebe, Getriebegehäuse, rotierendes oder feststehendes Bauteil, und/oder Pumpengehäuse und/oder als Teil einer Elektronikbaugruppe ausgebildet sein. Somit kann die Kühlvorrichtung sämtliche temperaturrelevanten Bauteile innerhalb einer Vakuumpumpe mit einem Kühlmedienstrom versorgen und den jeweiligen Wärmeübergang zwischen dem Kühlmedienstrom und der Pumpenkomponente gezielt verändern.

[0029] In weiter bevorzugter Weise kann die zumindest eine Pumpenkomponente von einer Verkleidung abgedeckt sein. Insbesondere können sämtliche Pumpenkomponenten von einer Gesamtverkleidung abgedeckt und/oder eingefasst sein. Derartige Verkleidungen vermeiden die Gefahr von Fehlbedienungen beziehungsweise Reduzieren die Zahl von Unfällen durch unsachgemäße Handhabung, wie beispielsweise das Hineingreifen in rotierende Bauteile. Ferner kann durch eine Verkleidung ein adäquater Schutz der Pumpenkomponenten beziehungsweise auch der Kühlvorrichtung sichergestellt werden. Dabei kann die Kühlvorrichtung zumindest einen Lüfter aufweisen, der bevorzugt an einer derartigen Verkleidung angeordnet ist. Dies gestattet eine feste und sichere Anordnung der Lüfter relativ zu der zu kühlenden Pumpenkomponente.

[0030] Die Verkleidung kann in vorteilhafter Weise mit einem Gaseinlass und/oder zumindest einem Gasauslass ausgestattet sein. Zumindest ein Lüfter kann dabei in oder an dem Gaseinlass oder auch in oder an dem Gasauslass angeordnet sein. Das Hineinleiten eines Kühlmediums in die Verkleidung und/oder das Herausleiten aus dieser heraus kann somit begünstigt werden.

[0031] Weiterhin kann es von Vorteil sein, wenn der Gaseinlass und der Gasauslass jeweils in Ebenen angeordnet sind, die zueinander einen Winkel einschließen, bevorzugt einen rechten Winkel. Auf diese Weise wird der Kühlmedienstrom ausgehend vom Gaseinlass bis zum Gasauslass zumindest einmal in seiner räumlichen Orientierung umgelenkt, wodurch stellenweise turbulente Strömungen entstehen können. Dies kann sich günstig auf das Kühlverhalten beziehungsweise den Wärmeübergangskoeffizienten α auswirken.

[0032] Die Verkleidung kann insbesondere eine Mehrzahl von Gaseinlässen und/oder Gasauslässen aufweisen, wobei bevorzugt zumindest ein Gasauslass an einem Pumpeneinlass und/oder an einem Pumpenauslass angeordnet ist. Da der Pumpeneinlass beziehungsweise der Pumpenauslass ohnehin eine Öffnung der Verkleidung erfordert, kann dies in vorteilhafter Weise mit einem Gaseinlass und/oder einem Gasauslass für das Kühlmedium kombiniert werden. Der konstruktive Aufwand für die Verkleidung verringert sich dadurch.

[0033] Schließlich ist in vorteilhafter Weise vorgesehen, dass das Kühlmedium durch die Verkleidung gezielt geführt wird (z.B. mittels entsprechender Führungsmittel, wie Rippen, Kanäle, Gehäuseabschnitte o.ä.), insbesondere zwischen dem jeweiligen Gaseinlass und dem jeweiligen Gasauslass. Die variable Veränderung des Wärmeübergangs kann auf diese Weise mit großer Genauigkeit vorgenommen werden.

[0034] Ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe. Bei einer solchen Vakuumpumpe handelt es sich ebenfalls in vorteilhafter Weise um eine Wälzkolbenvakuumpumpe, besonders bevorzugt um eine Vakuumpumpe mit zumindest einem der voranstehend beschriebenen Merkmalen. Dementsprechend wird bei einem er-

findungsgemäßen Verfahren zumindest eine Pumpenkomponente durch eine Kühlvorrichtung gekühlt und die Kühlvorrichtung zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente fördert ein Kühlmedium. Dabei wird von der Kühlvorrichtung ein Wärmeübergang zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung zumindest eines Pumpenbetriebsparameters variabel verändert. Insbesondere bei dem Betrieb von Vakuumpumpen mit einer verhältnismäßig hohen Pumpendrehzahl, wie zum Beispiel im Fall von Wälzkolbenvakuumpumpen, kann hierdurch eine präzise Kühlleistung sichergestellt werden.

[0035] Die obigen Ausführungen zu der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe gelten entsprechend auch für das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe.

[0036] Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher erläutert.

[0037] Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe in einer perspektivischen Ansicht,

Fig. 2a die schematische Darstellung der Drehzahl eines Lüfters der Pumpe über der Zeit gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2b die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Fig. 2c die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

Fig. 3 die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4a die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel,

Fig. 4b die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4c die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel,

Fig. 4d die schematische Darstellung der Drehzahl des Lüfters über der Zeit gemäß einem achten Ausführungsbeispiel und

Fig. 5 die schematische Darstellung der Drehzahl

des Lüfters in Abhängigkeit eines Messwerts gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel.

[0038] Fig. 1 zeigt eine perspektivische Darstellung einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung. Bei der Vakuumpumpe 1 kann es sich insbesondere um eine Wälzkolbenvakuumpumpe handeln, die mit verhältnismäßig hohen Drehzahlen betrieben werden kann.

[0039] Die Vakuumpumpe 1 ist mit einer Verkleidung 2 ausgestattet, die quaderförmig ausgebildet beziehungsweise einen quaderförmigen Innenraum begrenzen kann. Dabei kann die Verkleidung 2 zumindest abschnittsweise eine Pumpenkomponente 4 abdecken. Bei den Pumpenkomponenten 4 kann es sich beispielsweise um ein Pumpengehäuse handeln. Wie der Fig. 1 zu entnehmen ist, kann das Pumpengehäuse mit einem Flansch 6 ausgestattet sein, über den das Pumpengehäuse 4 mit einer weiteren Vorrichtung koppelbar ist.

[0040] Die Verkleidung 2 ist ferner mit einer Mehrzahl von Gaseinlässen ausgestattet, die hier mit den Bezugszeichen 8, 10 und 12 gekennzeichnet sind. Ein erster Gaseinlass 8 kann dabei an einer ersten Seitenwand 9 der Verkleidung 2 angeordnet sein. Zwei weitere Gaseinlässe 10 können an einer zweiten Seitenwand 11 angeordnet sein und noch zwei weitere Gaseinlässe 12 können an einer dritten Seitenwand 13 angeordnet sein. Die Seitenwände 9, 11 und 13 erstrecken sich jeweils entlang unterschiedlicher Ebenen und sind bevorzugt orthogonal zueinander angeordnet. Dementsprechend können auch die Gaseinlässe 8, 10 und 12 entlang unterschiedlicher Ebenen ausgerichtet sein.

[0041] Der Gaseinlass 8 erstreckt sich entlang einer Ebene, die sich von der Ebene, in der die Gaseinlässe 10 angeordnet sind, unterscheidet und bevorzugt mit dieser einen Winkel, insbesondere einen rechten Winkel, einschließt. Ebenso erstreckt sich der Gaseinlass 8 entlang einer Ebene, die sich von der Ebene, in der die Gaseinlässe 12 angeordnet sind, unterscheidet und bevorzugt mit dieser einen Winkel, insbesondere einen rechten Winkel, einschließt. Dementsprechend können die Gaseinlässe 10 entlang einer Ebene angeordnet sein, die sich von den Ebenen der jeweils anderen Gaseinlässe 8 und 12 unterscheiden und mit diesen Ebenen einen Winkel, bevorzugt einen rechten Winkel, einschließen. Voranstehendes gilt entsprechend auch für die Gaseinlässe 12 sowie deren Erstreckung entlang einer Ebene. Auf diese Weise wird ein Kühlmedium ausgehend von unterschiedlichen räumlichen Ebenen und damit in unterschiedlichen Orientierungen in das Innere der Verkleidung 2 geleitet, was sich günstig auf die Kühlwirkung auswirken kann.

[0042] In oder an den Gaseinlässen 8, 10 und 12 können jeweils Kühlvorrichtungen angeordnet sein, die bevorzugt als Lüfter 14 ausgebildet sind beziehungsweise einen Lüfter 14 enthalten (die Verwendung lediglich eines Lüfters 14 ist auch denkbar). Die Lüfter 14 sind bevorzugt im Inneren der Verkleidung beziehungsweise auf

einer Innenseite des jeweiligen Gaseinlasses 8, 10 sowie 12 angeordnet. Ein unbeabsichtigtes Hineingreifen in den Lüfter 14 während des Betriebs kann somit vermieden werden. Nicht jedem Gaseinlass 8, 10, 12 muss ein Lüfter 14 zugeordnet sein.

[0043] Die Verkleidung 2 ist ferner mit zumindest einem Gasauslass 16 ausgestattet. Der Gasauslass 16 ist dabei in vorteilhafter Weise durch eine Öffnung gebildet, die im Bereich des Anschlussflanschs 6 des Pumpengehäuses angeordnet ist. Ebenso kann auch auf einer gegenüberliegend angeordneten Seite der Verkleidung 2 ein Gasauslass vorgesehen sein, der hier nicht gezeigt und mit dem Bezugszeichen 18 angedeutet ist. Der Gasauslass 18 kann ebenfalls durch eine Öffnung gebildet sein, die im Bereich eines weiteren Gehäuseflanschs des Pumpengehäuses 4 angeordnet ist.

[0044] Durch die Bezugsziffern 20, 22 und 24 soll schematisch eine Gaseinströmung durch die jeweiligen Gaseinlässe 8, 10 und 12 dargestellt werden. Ferner wird durch die Bezugsziffer 26 eine Gasausströmung aus dem Gasauslass 16 sowie durch die Bezugsziffer 28 eine Gasausströmung aus dem Gasaustritt 18, gegenüberliegend des Gasaustritts 16, angedeutet.

[0045] In vorteilhafter Weise befinden sich die Gasaustritte 16 und 18 jeweils in einer Ebene, die mit einer Ebene des Gaseintritts 8 und/oder des Gaseintritts 10 einen Winkel einschließen, bevorzugt einen rechten Winkel. Hierdurch erfolgt eine zwangsweise Umlenkung des Kühlmedienstroms ausgehend von einem der Gaseinlässe 8 und/oder 10 bis zu einem der Gasaustritte 16 und/oder 18 innerhalb der Verkleidung 2. Ebenso kann es von Vorteil sein, wenn sich zumindest der Gaseinlass 16 in derselben Ebene befindet, wie einer der Gaseinlässe 12, wodurch ebenfalls eine Umlenkung des Kühlmedienstroms innerhalb der Verkleidung 2 erzwungen werden kann.

[0046] Die Fig. 2a zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Es ist zu erkennen, dass während eines Warmlaufzeitraums 30 die Drehzahl des Lüfters auf null gehalten wird, so dass der Kühlbetrieb ausgeschaltet bleibt. Erst nach Verstreichen des Warmlaufzeitraums 30 wird der Lüfter angeschaltet und unmittelbar auf eine für den stationären Dauerbetrieb geeignete Nenndrehzahl Drehzahl 32 eingestellt. Die Länge des Zeitraums 30 bis zum Einschalten des Lüfters kann voreingestellt und/oder von laufend erfassten Sensordaten beeinflusst sein. In diesem Fall können etwa Grenzwerte den Betriebsbeginn des Lüfters initiieren.

[0047] Fig. 2b zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass während eines Warmlaufzeitraums 30 die Drehzahl des Lüfters linear ansteigt bis zu einer Nenndrehzahl 32, die für den stationären Betrieb des Lüfters geeignet ist. Ein stetiges Herauffahren des Lüfters kann insbesondere schonend für die Komponenten des Lüfters vorgenommen werden. Gleichzeitig wird ein zu starkes Lüften während des

Warmlaufzeitraums 30 vermieden.

[0048] Fig. 2c zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist ein degressiver Anstieg der Drehzahl des Lüfters während eines Warmlaufzeitraums 30 bis zum Erreichen einer Nenndrehzahl 32 für den stationären Dauerbetrieb. Ein degressives Verhalten stellt sicher, dass während des Betriebs des Lüfters keine sprunghaften Drehzahlveränderungen erfolgen. Insgesamt kann durch das verzögerte Zuschalten des Lüfters oder durch eine verringerte Drehzahl des Lüfters während des Warmlaufzeitraums 30 die Betriebstemperatur der jeweiligen Pumpenkomponente zügig erreicht werden. Gleichzeitig kann hierdurch auch das Verhalten von Kondensat und reaktionsfähigen Prozessgasen im Pumpeninneren beeinflusst werden. Dies kann während eines Warmlaufzeitraums 30 von besonderer Relevanz sein.

[0049] Fig. 3 zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel. Mit einer durchgezogenen Linie ist eine Drehzahl des Lüfters gekennzeichnet, die als Nenndrehzahl 32 für einen Dauerbetrieb gewählt ist beziehungsweise für den Dauerbetrieb zulässig ist. Gestrichelt ist eine erhöhte Drehzahl 34 innerhalb eines begrenzten Zeitraums dargestellt. Eine derart erhöhte Drehzahl 34 des Lüfters kann kurzfristig bei erhöhtem Kühlbedarf eingestellt werden. Um die Lebensdauer beziehungsweise Betriebssicherheit des Lüfters nicht über Gebühr zu beeinträchtigen, kann die zeitliche Begrenzung des Zeitraums für die erhöhte Drehzahl 34 geeignet voreingestellt und/oder unveränderlich sein.

[0050] Fig. 4a zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist ein Intervallbetrieb des Lüfters, bei dem die Betriebsintervalle 36 des Lüfters identisch und auch die Unterbrechungsintervalle 38 zwischen den jeweiligen Betriebsintervallen 36 gleich lang sind. Ferner ist die Drehzahl des Lüfters in den unterschiedlichen Betriebsintervallen 36 gleich hoch. Ein derartiger Intervallbetrieb kann ohne Regelung umgesetzt werden, so dass lediglich der Zeitpunkt seit Beginn des Pumpenbetriebs beziehungsweise der zeitliche Verlauf als Pumpenbetriebsparameter zur Variation des Wärmeübergangs herangezogen wird.

[0051] Fig. 4b zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass wiederum die Betriebsintervalle 36 und auch die Unterbrechungsintervalle 38 jeweils die gleiche Zeitdauer aufweisen. Demgegenüber wird die Drehzahl des Lüfters von einem zum nächsten Betriebsintervall 36 variiert, so dass durch jedes Betriebsintervall 36 eine unterschiedliche Kühlleistung erzeugt wird. Eine derartige Variation kann durch Einfluss vorbestimmter Regelgrößen wie etwa erfasster Temperaturdaten entstehen. Durch die unterschiedlichen Drehzahlen kann auf unterschiedliche Kühlanforderungen während unterschiedlicher Be-

triebsintervalle 36 reagiert werden. Die Länge der Unterbrechungsintervalle können ebenfalls variieren.

[0052] Fig. 4c zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass die Betriebsintervalle 36 jeweils gleich lang sind und auch die Drehzahl des Lüfters in den unterschiedlichen Betriebsintervallen 36 gleich hoch ist. Demgegenüber variiert die Länge der Unterbrechungsintervalle 38 zwischen den Betriebsintervallen 36. So unterscheidet sich der Unterbrechungsintervall 38 zwischen den ersten beiden Betriebsintervallen 36 von dem Unterbrechungsintervall 38 zwischen den letzten beiden Betriebsintervallen 36. Auch bei einem derartigen Kühlbetrieb kann die Variation der Länge der Unterbrechungsintervalle 38 Folge einer Regelgröße sein, beispielsweise erfasster Temperaturdaten während des Pumpenbetriebs.

[0053] Fig. 4d zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters über der Zeit "t" gemäß einem achten Ausführungsbeispiel. Zu erkennen ist, dass die Länge der Betriebsintervalle 36 variiert. So ist das erste Betriebsintervall 36 zeitlich länger bemessen als das zweite Betriebsintervall 36, welches wiederum zeitlich länger bemessen ist als das dritte Betriebsintervall 36. Die Unterbrechungsintervalle 38 hingegen weisen die gleiche Länge auf. Auch hierdurch kann auf Regelgrößen wie zum Beispiel erfasste Temperaturdaten während des Pumpenbetriebs reagiert werden, so dass wiederum in geeigneter Weise der Wärmeübergang zwischen dem Kühlmedium und der zu kühlenden Pumpenkomponente variabel verändert werden kann.

[0054] Die Länge der Intervalle 36, 38 und/oder die Drehzahl des Lüfters im Intervall 36 können grundsätzlich beliebig an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst werden.

[0055] Fig. 5 zeigt schematisch den Verlauf der Drehzahl "n" des Lüfters in Abhängigkeit eines Messwerts "x". Bei dem Messwert "x" kann es sich beispielsweise um eine Temperatur an oder in der Pumpe beziehungsweise an oder in dem Pumpengehäuse handeln. Ebenso kann der Messwert "x" eine Temperatur eines zu verdichtenden Gases, einen Gasdruck, einen Differenzdruck zwischen Pumpeneinlass und Pumpenauslass und/oder eine Leistungsaufnahme des Pumpenmotors betreffen. Der Verlauf des jeweiligen Messwerts "x" spiegelt demnach den Verlauf der jeweils relevanten Größe wieder.

[0056] Bei dem in der Fig. 5 schematisch dargestellten Messwert beziehungsweise des Messwertverlaufs handelt es sich daher um einen Pumpenbetriebsparameter im Sinne der vorliegenden Erfindung. Der jeweilige Messwert "x" und damit auch dessen Verlauf werden bevorzugt während des Pumpenbetriebs erfasst, beispielsweise durch geeignete Sensoren. Es versteht sich ferner, dass ein Pumpenbetriebsparameter auch durch Kombination unterschiedlicher Messwerte und/oder Messwertverläufe gebildet sein kann, die somit für die Drehzahlfunktion des Lüfters maßgebend sein können.

[0057] Der in der Fig. 5 schematisch gezeigten Funk-

tionen ist zu entnehmen, dass die Drehzahl des Lüfters bis zu einer Nenndrehzahl 32 des Lüfters ansteigt, welche insbesondere für den Dauerbetrieb des Lüfters geeignet ist. Der Anstieg der Drehzahl bis zur Nenndrehzahl 32 für den Dauerbetrieb kann dabei während eines ersten Anstiegs 40 linearsteil, während eines zweiten Anstiegs 42 linearflach und während eines dritten Anstiegs 44 degressiv verlaufen. Der Anstieg der Drehzahl des Lüfters erfolgt in Abhängigkeit des jeweils erfassten Messwerts "x". Bei Erreichen eines maximal zulässigen Messwerts "x" wird der Lüfter abgeschaltet und/oder die Drehzahl auf null reduziert. Das Abschalten kann ebenso bei einer erfassten Fehlfunktion wie zum Beispiel einem Defekt des Lüfters und/oder einer Pumpenkomponente erfolgen.

[0058] Die anhand der Fig. 2a bis 5 beschriebenen Kühlkonzepte können bedarfsgerecht beliebig kombiniert werden, um eine optimale Kühlung der Pumpe zu gewährleisten.

[0059] Insgesamt kann durch die voranstehend beschriebene Vakuumpumpe auch für den Fall hoher Pumpendrehzahlen ein hohes Maß an Kühlpräzision sowie auch Flexibilität der Kühlung im Einsatz sichergestellt werden.

Bezugszeichenliste

[0060]

1	Vakuumpumpe
2	Verkleidung
4	Pumpenkomponente
6	Flansch
8, 10, 12	Gaseinlass
9, 11, 13	Seitenwand
14	Lüfter
16	Gasauslass
20, 22, 24	Gaseinströmung
26, 28	Gasausströmung
30	Warmlaufzeitraum
32	Nenndrehzahl
34	erhöhte Drehzahl
36	Betriebsintervall
38	Unterbrechungsintervall
40, 42, 44	Drehzahlanstieg
x	Messwert
n	Drehzahl

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1), insbesondere zur Erzeugung von Grob- und/oder Feinvakuum, mit zumindest einer Pumpenkomponente (4) sowie einer Kühlvorrichtung (14) zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente (4) mittels eines Kühlmediums **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, einen konvektiven Wärmeübergang (Q) zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente (4) und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten (α) in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung eines Pumpenbetriebsparameters variabel zu verändern.

2. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenbetriebsparameter ein Grenzwert und/oder Wertbereich und/oder Wertverlauf und/oder ein laufend und/oder wiederkehrend erfasster Messwert und/oder durch einen Anwender auswählbar und/oder einstellbar und/oder unveränderlich voreingestellt und/oder auf Grundlage empirischer Daten vorbestimmt ist.
3. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenbetriebsparameter ein Betriebssicherheits-, Langlebigekeits- und/oder Energiesparparameter ist.
4. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Pumpenbetriebsparameter eine Temperatur und/oder ein Temperaturverlauf an und/oder in zumindest einer Pumpenkomponente (4) und/oder eine Temperatur, ein Temperaturverlauf, ein Gasdruck, ein Gasdruckverlauf, ein Kondensations- und/oder Reaktionsverhalten eines zu verdichtenden Prozessgases im Pumpeninneren und/oder ein Differenzdruck zwischen einem Pumpeneinlass und einem Pumpenauslass und/oder ein Verformungszustand einer Pumpenkomponente (4) und/oder ein Spaltmaß zwischen zumindest zwei Pumpenkomponenten, die bevorzugt relativ zueinander beweglich angeordnet sind, und/oder eine Leistungsaufnahme eines Pumpenantriebs ist.
5. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlvorrichtung eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung aufweist, die den Betrieb der Kühlvorrichtung (14) in Abhängigkeit und/oder zur Einhaltung zumindest des Pumpenbetriebsparameters steuert und/oder regelt, und/oder wobei die Steuer- und/oder Regeleinrichtung zumindest einen Sensor, bevorzugt einen Temperatur- und/oder Drucksensor, zur Erfassung eines Pumpenbetriebsparameters aufweist.
6. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Kühlvorrichtung (14) unabhängig von einem Pumpenbetrieb und/oder einer Pumpendrehzahl betreibbar ist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Kühlbetrieb in Abhängigkeit eines verstrichenen Zeitraums seit Beginn des Pumpenbetriebs und/oder zeitlich verzögert nach Einsetzen eines Pumpenbetriebs und/oder nach An- und/oder Hochfahren einer Pumpendrehzahl aufzunehmen.
7. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente (4), insbesondere nach Beginn des Pumpenbetriebs und/oder nach An- und/oder Hochfahren der Pumpendrehzahl und/oder bis zum Erreichen einer vorbestimmten Pumpendrehzahl und/oder Komponententemperatur, die Kühlleistung ausgeschaltet zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen.
8. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (14) einen Kühlvorrichtungsantrieb für das Kühlmedium aufweist und dazu eingerichtet ist, während eines Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente (4), insbesondere nach Beginn des Pumpenbetriebs und/oder nach An- und/oder Hochfahren der Pumpendrehzahl und/oder bis zum Erreichen einer vorbestimmten Pumpendrehzahl und/oder Komponententemperatur, die Drehzahl des Kühlvorrichtungsantriebs auf oder nahe null zu halten oder linear und/oder degressiv zu erhöhen.
9. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (14) eine Nennleistung für den Dauerbetrieb aufweist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) für den zeitlich begrenzten Betrieb oberhalb der Nennleistung eingerichtet ist, wobei die Kühlvorrichtung bevorzugt dazu eingerichtet ist, die Kühlleistung nach Abschluss des Warmlaufzeitraums der Pumpenkomponente (4) auf der Nennleistung zu halten.
10. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (14) zur Unterbrechung des Kühlbetriebs und/oder für einen intermittierenden und/oder intervallgesteuerten und/oder -geregelten Kühlbetrieb eingerichtet ist und/oder wobei unterschiedliche Betriebsintervalle (36) zur Kühlung identische oder unterschiedliche Zeitdauern aufweisen und/oder wobei Unterbrechungsintervalle (38) zwischen den Betriebsintervallen (36) identisch oder unterschiedlich sind und/oder wobei die Kühlleistung in unterschiedlichen Betriebsintervallen (36) gleich hoch oder verschieden ist.
11. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlvorrichtung (14) zur Abschaltung des Kühlbetriebs bei Erreichen eines maximal und/oder minimal zulässigen Grenzwerts und/oder bei einer Fehlfunktion der Kühlvorrichtung (14) und/oder einer Pumpenkomponente (4) eingerichtet ist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) zum Einschalten des Kühlbetriebs bei Erreichen eines maximal und/oder minimal zulässigen Grenzwerts eingerichtet ist.
12. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Pumpenkomponente (4) als Teil einer Pumpenbaugruppe angeordnet ist und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) zur konvektiven Kühlung einer Pumpenbaugruppe aus einer Mehrzahl von Pumpenkomponenten (4) ausgebildet ist und/oder wobei die Pumpenkomponente als Teil des Pumpenantriebs, insbesondere als Motorbauteil, Getriebe, Getriebegehäuse, rotierendes oder feststehendes Bauteil, und/oder als Pumpengehäuse und/oder als Teil einer Elektronikbaugruppe ausgebildet ist.
13. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Pumpenkomponente (4) von einer Verkleidung (2) abgedeckt ist, insbesondere sämtliche Pumpenkomponenten von einer Gesamtverkleidung (2) abgedeckt und/oder eingefasst sind, und/oder wobei die Kühlvorrichtung (14) zumindest einen Lüfter aufweist, der bevorzugt an der Verkleidung angeordnet ist, und/oder wobei die Verkleidung zumindest einen Gaseinlass (8, 10, 12) und/oder einen Gasauslass (16, 18) aufweist und/oder wobei zumindest ein Lüfter in oder an dem Gaseinlass (8, 10, 12) und/oder dem Gasauslass (16, 18) angeordnet ist und/oder wobei der Gaseinlass (8, 10, 12) und der Gasauslass (16, 18) jeweils in Ebenen angeordnet sind, die zueinander einen Winkel einschließen, bevorzugt einen rechten Winkel, und/oder wobei die Verkleidung (2) eine Mehrzahl von Gaseinlässen (8, 10, 12) und/oder Gasauslässen (16, 18) aufweist und/oder wobei zumindest ein Gasauslass (16, 18) an einem Pumpeneinlass und/oder an einem Pumpenauslass angeordnet ist und/oder wobei das Kühlmedium durch die Verklei-

nung (2) gezielt geführt ist, insbesondere zwischen Gaseinlass (8, 10, 12) und Gasauslass (16, 18).

14. Vakuumpumpe (1) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Kühlvorrichtung (14) dazu eingerichtet ist, den Wärmeübergang (Q) durch Anpassung der Temperatur des Kühlmediums variabel zu verändern und/oder wobei die Kühlvorrichtung dazu eingerichtet ist, den Wärmeübergangskoeffizienten (α) durch Anpassung der Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmediums variabel zu verändern. 10
15. Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe (1), 15
 bevorzugt nach einem
 der voranstehenden Ansprüche, bei dem zumindest eine Pumpenkomponente (4) durch eine Kühlvorrichtung (14) gekühlt wird und die Kühlvorrichtung (14) zur konvektiven Kühlung der Pumpenkomponente (4) ein Kühlmedium fördert 20
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Kühlvorrichtung (14) einen Wärmeübergang (Q) zwischen der zu kühlenden Pumpenkomponente (4) und dem Kühlmedium durch Anpassung eines Wärmeübergangskoeffizienten (α) in Abhängigkeit 25
 und/oder zur Einhaltung eines Pumpenbetriebsparameters variabel verändert.

30

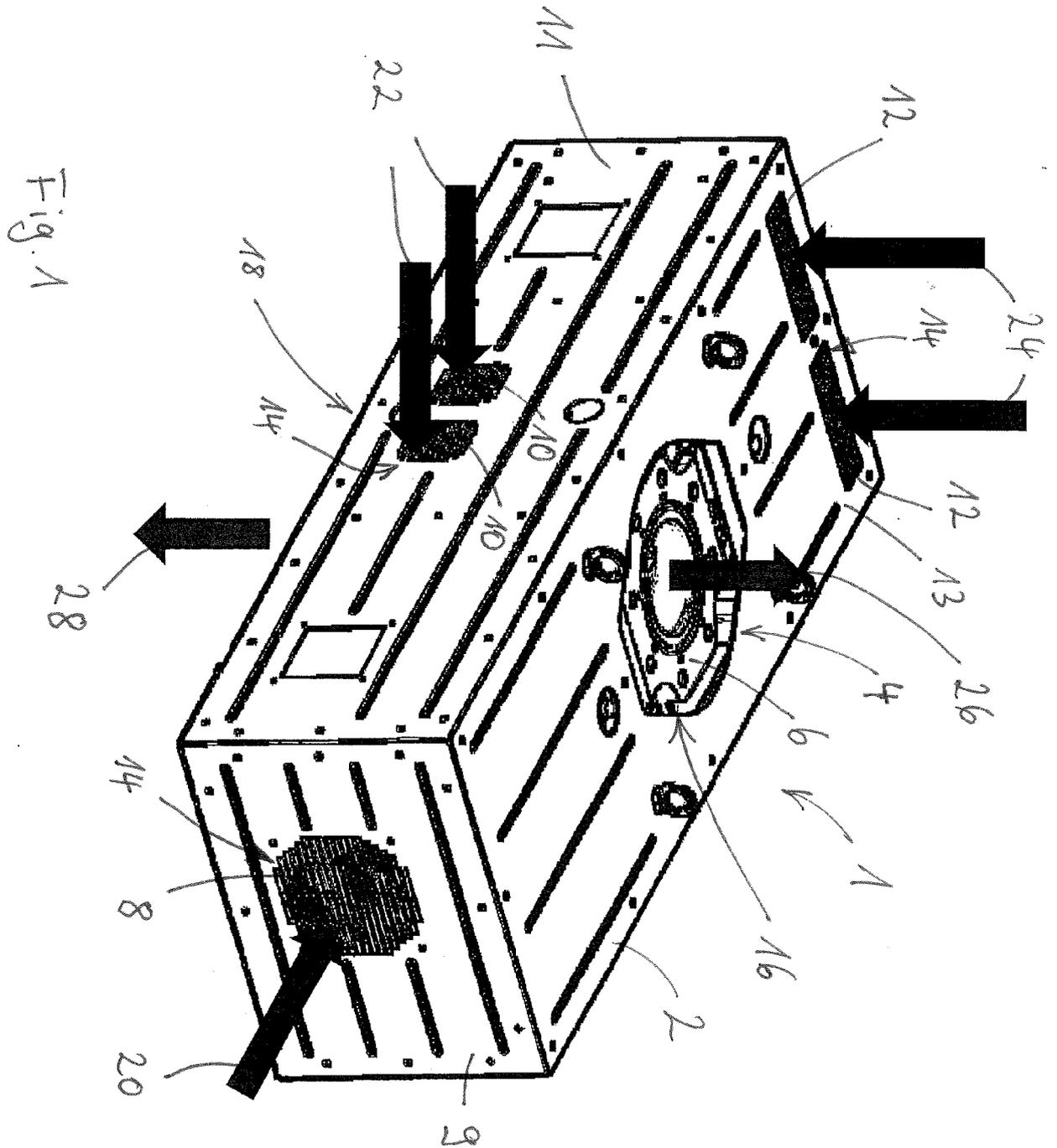
35

40

45

50

55



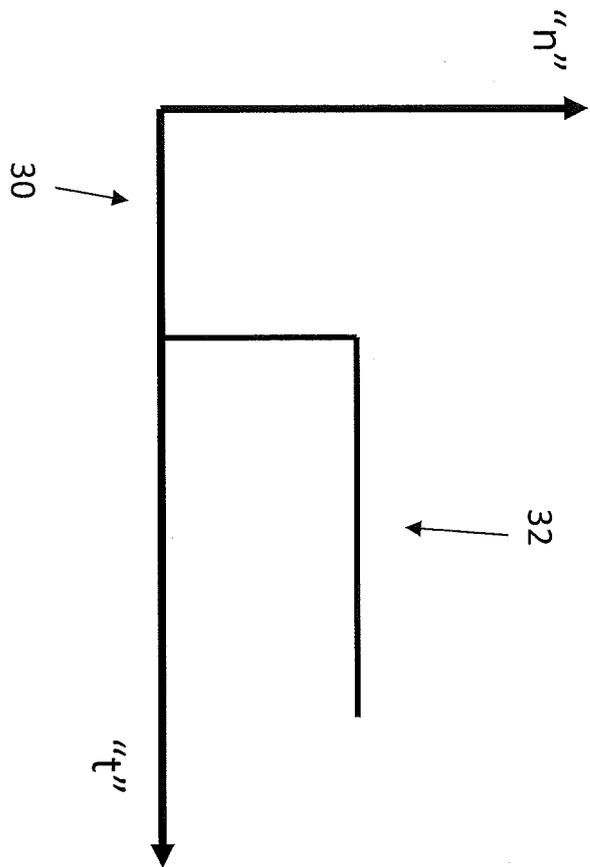


Fig. 2a

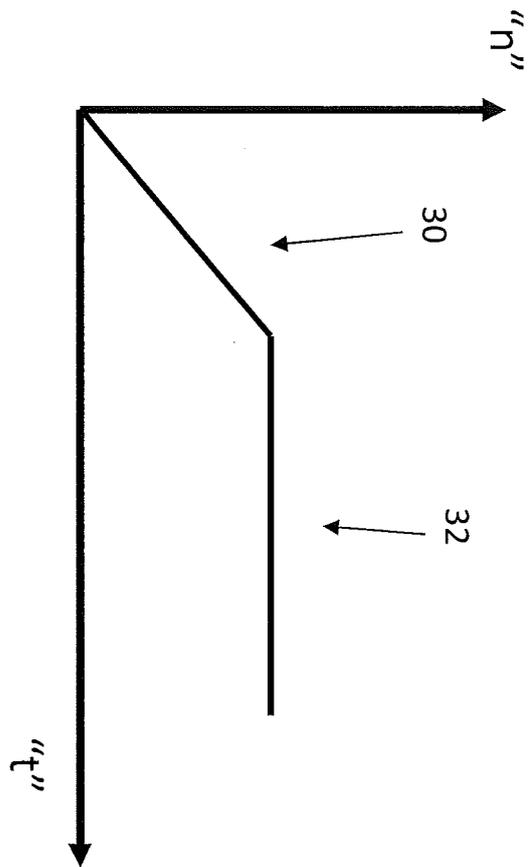


Fig. 2b

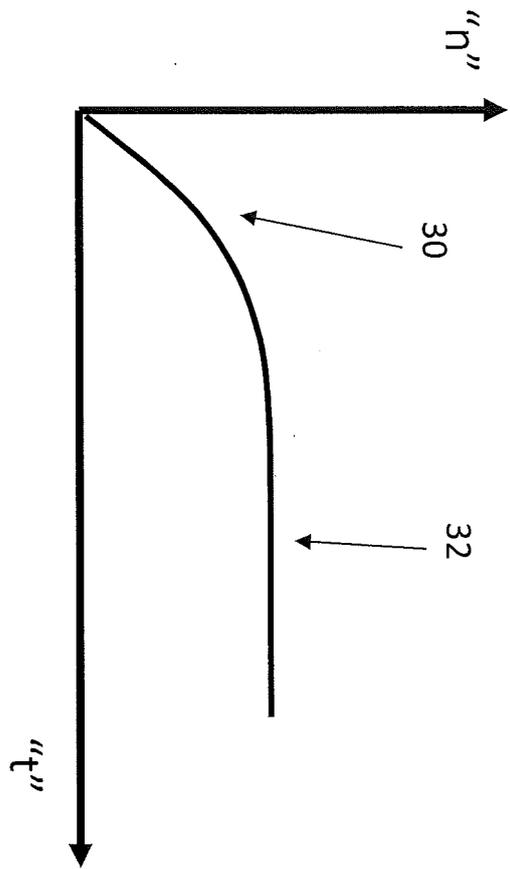


Fig. 2c

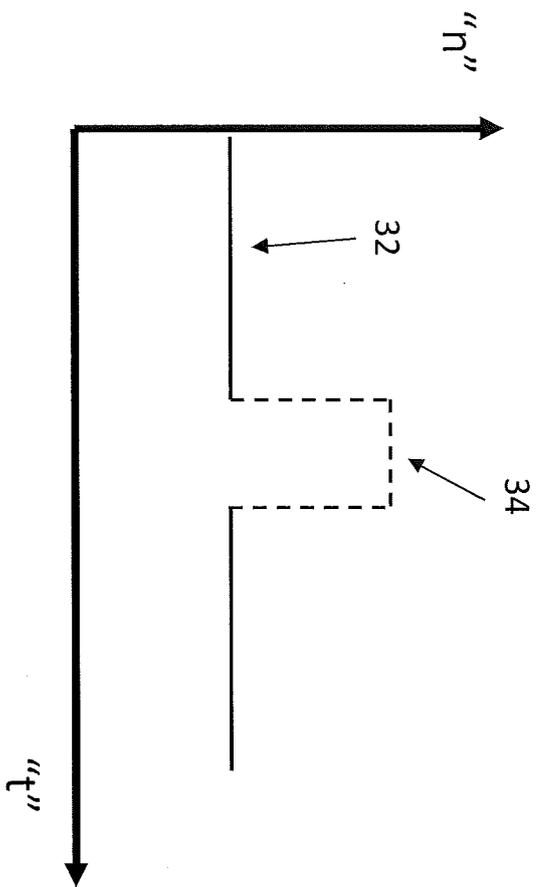


Fig. 3

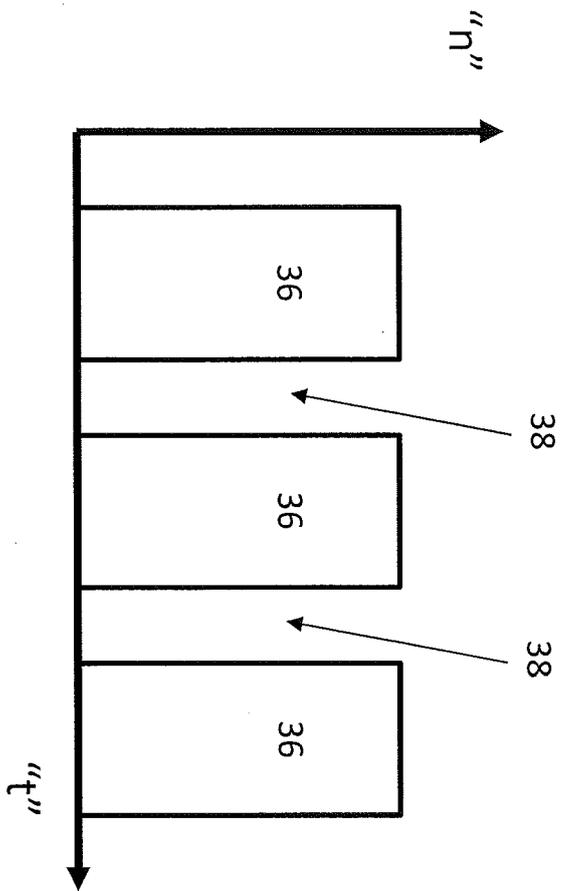


Fig. 4a

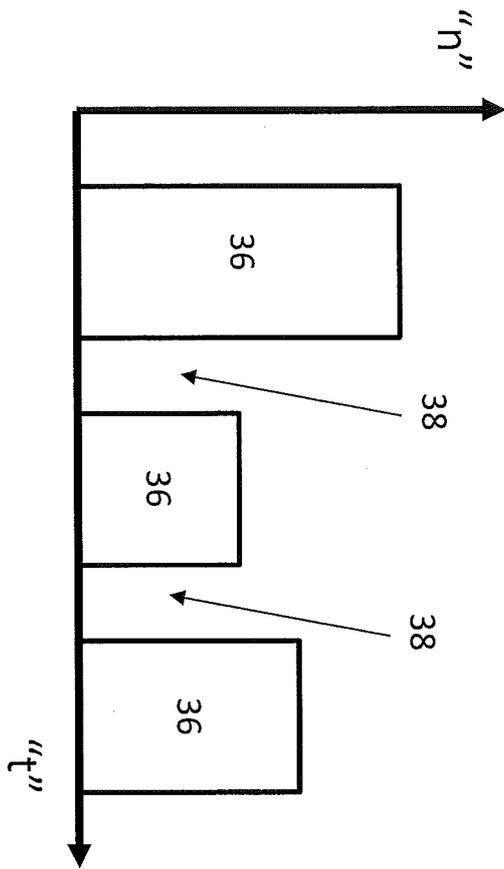


Fig. 4b

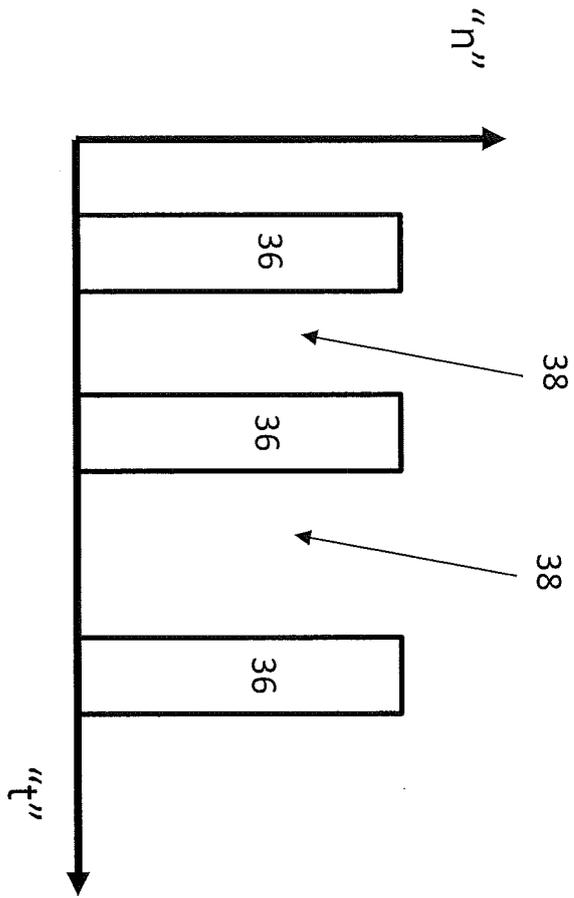


Fig. 4C

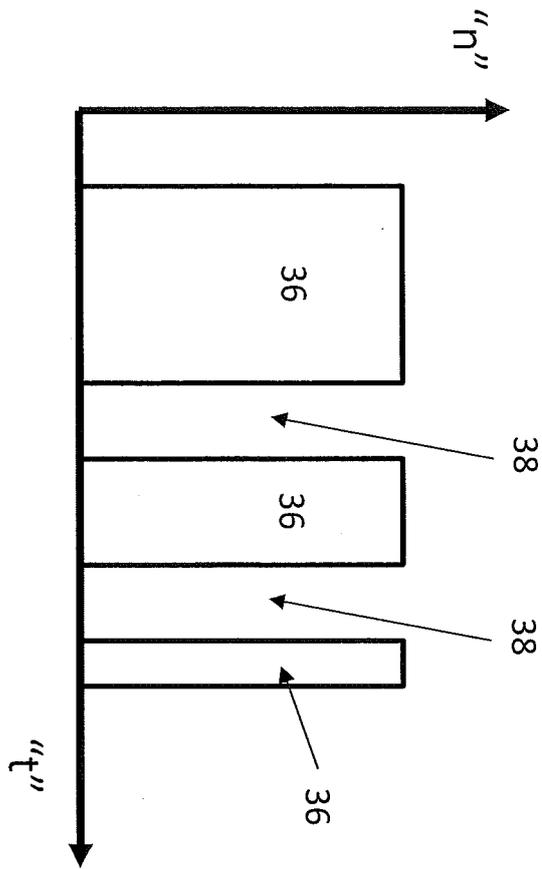


Fig. 4d

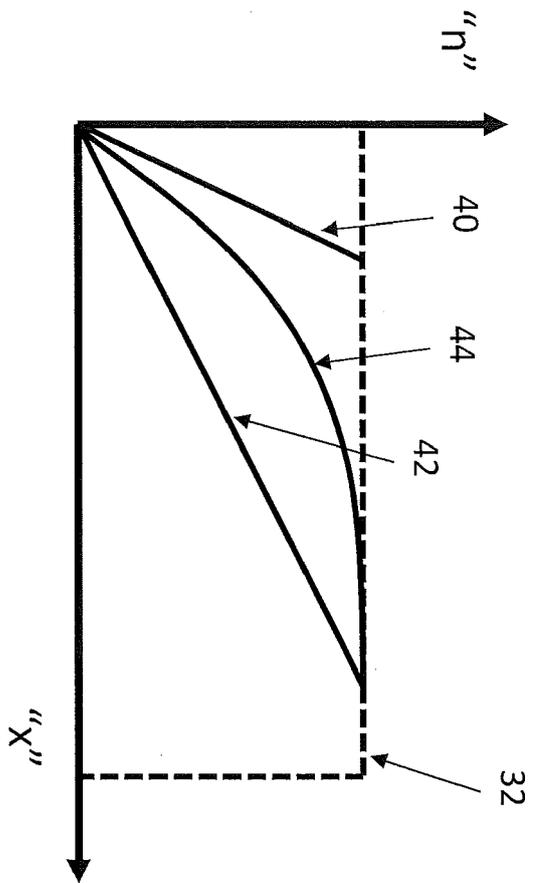


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 18 3117

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 03/042542 A1 (LEYBOLD VAKUUM GMBH [DE]; KRIEHN HARTMUT [DE]; ROFALL KLAUS [DE]; BEHL) 22. Mai 2003 (2003-05-22) * Seite 5, zweiter Absatz - Seite 8, zweiter Absatz * * Ansprüche 1-5,8-10,12,13,17,22,27 * * Abbildungen 1,2 *	1-15	INV. F04D19/04 F04C25/02 F04C29/04 F04D25/08 F04D29/58 F04C18/12
X	FR 2 812 041 A1 (CIT ALCATEL [FR]) 25. Januar 2002 (2002-01-25) * Seite 6, Zeilen 7-17 * * Seite 7, Zeile 34 - Seite 9, Zeile 6 * * Abbildungen 1,2,5 *	1-7,9-15	
X	EP 2 071 186 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 17. Juni 2009 (2009-06-17) * Absätze [0021], [0022], [0026] - [0031] * * Abbildungen 2-4 *	1-15	
X	GB 2 526 292 A (EDWARDS LTD [GB]) 25. November 2015 (2015-11-25) * Seite 3, Zeilen 11-15 * * Seite 4, Zeile 20 - Seite 5, Zeile 9 * * Seite 7, Zeilen 17-21 * * Seite 11, Zeile 14 - Seite 12, Zeile 7 * * Abbildungen 1,4-6 *	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D F04C F04B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 18. Januar 2018	Prüfer Gombert, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 18 3117

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.

18-01-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	WO 03042542	A1	22-05-2003	CA 2463957 A1	22-05-2003
				CN 1585859 A	23-02-2005
				CN 101532492 A	16-09-2009
				DE 10156179 A1	28-05-2003
				EP 1444441 A1	11-08-2004
				HU 0402362 A2	28-02-2005
				JP 4288169 B2	01-07-2009
				JP 2005509786 A	14-04-2005
20				KR 20050042066 A	04-05-2005
				PL 206102 B1	30-07-2010
				TW 1262248 B	21-09-2006
				US 2005019169 A1	27-01-2005
	WO 03042542 A1	22-05-2003			
25	FR 2812041	A1	25-01-2002	KEINE	
	EP 2071186	A2	17-06-2009	DE 102007059938 A1	18-06-2009
				EP 2071186 A2	17-06-2009
				JP 5496498 B2	21-05-2014
30				JP 2009144709 A	02-07-2009
	GB 2526292	A	25-11-2015	EP 3146216 A1	29-03-2017
				GB 2526292 A	25-11-2015
				US 2017218966 A1	03-08-2017
35				WO 2015177514 A1	26-11-2015

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 1936203 A2 [0002]