



(11) **EP 3 686 432 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.07.2020 Patentblatt 2020/31

(21) Anmeldenummer: **20166248.3**

(22) Anmeldetag: **27.03.2020**

(51) Int Cl.:
F04C 18/12 ^(2006.01) **F04C 18/16** ^(2006.01)
F04C 25/02 ^(2006.01) **F04D 19/04** ^(2006.01)
F04D 27/00 ^(2006.01) **F04D 27/02** ^(2006.01)
F04C 28/06 ^(2006.01)

(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:
• **SCHNEIDER, Kevin**
35102 Lohra (DE)
• **SCHUH, Daniel**
35463 Fernwald (DE)
• **WIELSCH, Pascal**
35625 Hüttenberg (DE)

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

(54) **VAKUUMPUMPE**

(57) Eine Vakuumpumpe, bei der es sich beispielsweise um eine Wälzkolbenpumpe oder eine Schraubpumpe handelt, umfasst pumpaktive Elemente, die zu einer Arbeitsbewegung antreibbar sind und ein zu pumpendes Gas von einem Einlass zu einem Auslass der

Vakuumpumpe transportieren, einen Schwingungssensor, der Schwingungsdaten der Vakuumpumpe aufgrund der Arbeitsbewegung der pumpaktiven Elemente erfasst, und eine Auswerteeinheit, die ausgebildet ist, um die Schwingungsdaten auszuwerten.

EP 3 686 432 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, bei der es sich insbesondere um eine Wälzkolbenpumpe oder Schraubenpumpe handelt. Die Vakuumpumpe weist pumpaktive Elemente auf, die zu einer Arbeitsbewegung antreibbar sind und die ein zu pumpendes Gas von einem Einlass zu einem Auslass der Vakuumpumpe transportieren.

[0002] Vakuumanlagen umfassen typischerweise eine oder mehrere Vakuumpumpen, beispielsweise mindestens eine Vakuumpumpe für den Grobvakuumbereich und mindestens eine Vakuumpumpe für den Hochvakuumbereich, und sind üblicherweise für einen Dauerbetrieb ausgelegt. Bei vielen Anwendungen sind die Vakuumpumpen der Vakuumanlage mehrere Monate oder sogar Jahre ununterbrochen in Betrieb. Ferner sollen Stillstandszeiten zwischen Betriebsphasen der Vakuumanlage möglichst minimiert werden, und die Wartung der Vakuumpumpen sollte innerhalb dieser relativ kurzen Stillstandszeiten erfolgen.

[0003] Bei einem solchen Dauerbetrieb einer Vakuumanlage sind folglich plötzliche Ausfälle von Vakuumpumpen unerwünscht, die unbeabsichtigte Stillstandszeiten für die Vakuumanlage und die Anwendung mit sich bringen, die in dieser ausgeführt werden soll.

[0004] Ferner ist bekannt, dass ein Zusammenhang zwischen Schwingungen von Vakuumpumpen und deren Betriebszustand bzw. Verschleißzustand besteht. Beispielsweise kann sich ein plötzlicher Ausfall einer Vakuumpumpe durch übermäßige Schwingungen oder sogar Geräusche ankündigen. Solche Schwingungen können beispielsweise durch eine Unwucht eines Rotors der Vakuumpumpe hervorgerufen werden, und eine Zunahme der Unwucht kann eine Zunahme der Schwingungen der Vakuumpumpe bewirken. Eine Überwachung von Schwingungen einer Vakuumpumpe ist jedoch bei herkömmlichen Vakuumanlagen bisher nicht vorgesehen und wird folglich nur sporadisch ausgeführt. Außerdem erfolgt eine Überwachung von Schwingungen einer Vakuumpumpe in solchen Fällen mit vergleichsweise teuren externen Einrichtungen.

[0005] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vakuumpumpe zu schaffen, bei der ein möglicherweise bevorstehender Ausfall frühzeitig erkannt werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0007] Die Vakuumpumpe, bei der es sich insbesondere um eine Wälzkolbenpumpe oder eine Schraubenpumpe handelt, umfasst pumpaktive Elemente, die zu einer Arbeitsbewegung antreibbar sind und dadurch ein zu pumpendes Gas von einem Einlass zu einem Auslass der Vakuumpumpe transportieren. Ferner umfasst die Vakuumpumpe einen Schwingungssensor, der Schwingungsdaten der Vakuumpumpe aufgrund der Arbeitsbewegung der pumpaktiven Elemente erfasst, und eine Auswerteeinheit, die ausgebildet ist, um die Schwingungsdaten auszuwerten.

[0008] Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe zeichnet sich dadurch aus, dass der Schwingungssensor und die Auswerteeinheit für die Schwingungsdaten, die der Schwingungssensor erfasst, wesentliche Bestandteile der Vakuumpumpe an sich sind. Zum Erfassen und Auswerten der Schwingungsdaten der Vakuumpumpe sind folglich keine teuren externen Einrichtungen erforderlich.

[0009] Während der Schwingungssensor zum Erfassen der Schwingungen der Vakuumpumpe einen engen Kontakt mit einer Pumpeinheit, welche die pumpaktiven Elemente umfasst, aufweisen sollte, kann die Auswerteeinheit entweder eine gemeinsame Einheit mit dem Schwingungssensor bilden, beispielsweise in der Form einer einzigen elektronischen Einrichtung, die sowohl den Schwingungssensor als auch die Auswerteeinheit umfassen kann, oder extern angeordnet sein. In letzterem Fall kann die Auswerteeinheit ebenso wie eine Steuerungseinheit der gesamten Vakuumpumpe außerhalb eines Gehäuses der Vakuumpumpe angeordnet sein und dennoch ebenso wie die Steuerungseinheit einen wesentlichen Bestandteil der Vakuumpumpe an sich bilden. Mit anderen Worten sind der Schwingungssensor und die Auswerteeinheit unabhängig davon, ob die Auswerteeinheit innerhalb oder außerhalb des Gehäuses der Vakuumpumpe angeordnet ist, zusammen mit einer Steuerungseinheit als integrale Bestandteile der Vakuumpumpe anzusehen.

[0010] Die interne oder externe Anordnung einer Steuerungseinheit für die Vakuumpumpe und der Auswerteeinheit für die Schwingungsdaten kann beispielsweise von dem vorhandenen Bauraum für die Vakuumpumpe abhängen. Bei einer externen Anordnung der Auswerteeinheit, beispielsweise außerhalb des Gehäuses der Vakuumpumpe, kann die Auswerteeinheit in die Steuerungseinheit der Vakuumpumpe integriert sein. Unabhängig davon, ob die Auswerteeinheit mit dem Schwingungssensor eine gemeinsame elektronische Einrichtung bildet oder extern angeordnet ist, besteht zwischen der Auswerteeinheit und dem Schwingungssensor eine elektronische Kommunikationsverbindung zum Übertragen der Schwingungsdaten als Signale des Schwingungssensors an die Auswerteeinheit.

[0011] Anhand der Auswertung der Schwingungsdaten, die mittels der Auswerteeinheit erfolgt, kann ein möglicherweise bevorstehender Ausfall der Vakuumpumpe frühzeitig erkannt werden. Wenn beispielsweise die von dem Schwingungssensor gemessene Intensität der Schwingungen aufgrund einer erhöhten Amplitude der Schwingungen der Vakuumpumpe einen bestimmten Schwellenwert überschreitet, kann dies ein Indikator für einen möglicherweise bevorstehenden Ausfall der Vakuumpumpe aufgrund einer Fehlfunktion der pumpaktiven Elemente sein. In einem solchen Fall, d.h. wenn ein möglicherweise bevorstehender Ausfall der Vakuumpumpe anhand der Schwingungsdaten durch die Auswerteeinheit erkennbar ist, kann die Auswerteeinheit ein Hinweis-signal erzeugen, das beispielsweise mittels einer Warnleuchte oder eines hörbaren Signals für einen Benutzer

der Vakuumanlage wahrnehmbar sein kann.

[0012] Anhand der Auswertung der Schwingungsdaten mittels der Auswerteeinheit ist es folglich möglich, einen bevorstehenden Ausfall der Vakuumpumpe zu erkennen und zu verhindern, indem eine geplante Stillstandszeit der Vakuumpumpe für deren Wartung vorgesehen wird. Bezogen auf die gesamte Betriebsdauer der Vakuumpumpe bzw. Vakuumanlage lässt sich die gesamte Stillstandszeit durch die Vermeidung unvorhergesehener Ausfälle von Vakuumpumpen verkürzen. Anstelle eines unvorhergesehenen Ausfalls erfolgt stattdessen durch die Auswertung der Schwingungsdaten und das Erkennen eines bevorstehenden Ausfalls eine "Predictive Maintenance", d.h. eine geplante Stillstandszeit zur Wartung der Pumpe, die in der Regel kürzer ist als die Stillstandszeit nach einem unvorhergesehenen Ausfall.

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen angegeben.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist die Auswerteeinheit der Vakuumpumpe ferner ausgebildet, um anhand der Schwingungsdaten einen Verschleißzustand der Vakuumpumpe zu ermitteln. Die Auswerteeinheit kann beispielsweise angeben, dass ein bestimmter Verschleißzustand der Vakuumpumpe vorliegt, wenn die Intensität der Schwingungen, die durch den Schwingungssensor erfasst werden, aufgrund einer erhöhten Amplitude der Schwingungen der Vakuumpumpe einen vorgegebenen Schwellenwert überschreitet. Ein solcher vorgegebener Schwellenwert kann beispielsweise einem bestimmten Verschleißzustand der Vakuumpumpe direkt zugeordnet sein. Der vorgegebene Schwellenwert kann dabei kalibrierbar sein und auf Erfahrungswerten beruhen, beispielsweise aufgrund von Schwingungsdaten, die bei einem tatsächlichen Ausfall der Vakuumpumpe aufgezeichnet wurden. Liegt der Absolutbetrag der Schwingungsdaten oberhalb des vorbestimmten Schwellenwerts, kann die Auswerteeinheit wiederum ein Hinweissignal ausgeben, das für einen Benutzer der Vakuumanlage wahrnehmbar sein kann.

[0015] Alternativ können die Schwingungsdaten zur Ermittlung des Verschleißzustands der Vakuumkammer periodisch in vorbestimmten Zeitintervallen erfasst und gespeichert werden, und die Auswerteeinheit kann die zuletzt erfassten Schwingungsdaten mit den früher erfassten und gespeicherten Schwingungsdaten vergleichen. Sobald die Auswerteeinheit eine signifikante Abweichung zwischen den zuletzt erfassten Schwingungsdaten und den früher gespeicherten Schwingungsdaten feststellt, beispielsweise eine deutliche Zunahme der Amplitude der Schwingungen bzw. des Absolutbetrags der Schwingungsdaten, kann die Auswerteeinheit wiederum ein Hinweissignal ausgeben, das einen vordefinierten, unerwünschten Verschleißzustand der Vakuumpumpe angibt. Das Hinweissignal kann ausgegeben werden, wenn beispielsweise die mittlere Abweichung zwischen den zuletzt erfassten Schwingungsdaten und den

früher erfassten, gespeicherten Schwingungsdaten einen weiteren, vorbestimmten Schwellenwert überschreitet.

[0016] Ferner kann die Auswerteeinheit alternativ oder zusätzlich auf Schwingungsdaten zugreifen, die für eine große Zahl baugleicher oder ähnlicher Vakuumpumpen erfasst und gespeichert wurden und beispielsweise in der Form einer Datenbank verfügbar sind. Die Auswerteeinheit kann in einem solchen Fall aktuelle Schwingungsdaten der Vakuumpumpe, die momentan mit dem Schwingungssensor erfasst werden, mit den gespeicherten Schwingungsdaten aus der Datenbank in Beziehung setzen. Dabei kann die Auswerteeinheit ein neuronales Netz umfassen, das mittels der früher gespeicherten Daten aus der Datenbank lernfähig ist, um anhand der mittels des Schwingungssensors aktuell erfassten Schwingungsdaten frühzeitig einen unerwünschten Verschleißzustand der Vakuumpumpe zu erkennen.

[0017] Der Schwingungssensor kann einen Beschleunigungssensor umfassen, der insbesondere ein Beschleunigungssensor eines mikro-elektromechanischen Systems (MEMS-Sensor) ist. Die Verwendung eines solchen Beschleunigungssensors ermöglicht eine kostengünstige Integration eines Schwingungssensors in eine Vakuumpumpe, die gegebenenfalls auch nachträglich bei bestehenden Vakuumpumpen erfolgen kann.

[0018] Der Beschleunigungssensor erfasst vorzugsweise die Beschleunigung in zumindest zwei Richtungen. Dabei ist insbesondere eine der Richtungen, in denen der Beschleunigungssensor die Beschleunigung erfasst, mit einer Rotationsachse der pumpaktiven Elemente der Vakuumpumpe ausgerichtet. Wenn der Beschleunigungssensor die Beschleunigung in zwei oder sogar drei Richtungen erfassen kann, verbessert dies die Zuverlässigkeit des Schwingungssensors, da die Erfassung der Schwingungsdaten somit nicht nur auf eine Raumrichtung festgelegt ist. Mit anderen Worten wird durch die Erfassung der Beschleunigung in zwei oder drei Raumrichtungen die Wahrscheinlichkeit verringert, dass Schwingungen der Vakuumpumpe auftreten, die durch den Schwingungssensor nicht erfasst werden können. Durch die Ausrichtung einer der Richtungen, in denen der Beschleunigungssensor die Beschleunigung erfasst, mit der Rotationsachse der pumpaktiven Elemente kann eine Änderung der Schwingungsdaten erfasst werden, welche speziell durch die pumpaktiven Elemente hervorgerufen wird. Beispielsweise kann bei einer solchen Ausrichtung des Beschleunigungssensors eine Unwucht der pumpaktiven Elemente frühzeitig erkannt werden, da die Schwingungsdaten, die der mit der Rotationsachse der pumpaktiven Elemente ausgerichtete Beschleunigungssensor erfasst, für die pumpaktiven Elemente spezifisch sind.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist der Schwingungssensor innerhalb eines Gehäuses der Vakuumpumpe angeordnet. Der Schwingungssensor ist bei dieser Ausführungsform somit vollständig in die Vakuumpumpe integriert und innerhalb des Gehäuses vor äu-

ßeren Einflüssen geschützt. Im Vergleich zu einer Anordnung an einer Außenfläche des Gehäuses der Vakuumpumpe kann darüber hinaus der Abstand zwischen dem Schwingungssensor und den pumpaktiven Elementen innerhalb des Gehäuses möglichst gering gewählt werden, so dass die Erfassung der Schwingungsdaten aufgrund der Arbeitsbewegung der pumpaktiven Elemente verbessert ist.

[0020] Ferner kann der Schwingungssensor mit dem Gehäuse der Vakuumpumpe direkt gekoppelt sein. Wenn die pumpaktiven Elemente unerwünschte Schwingungen ausführen, werden diese meistens auf das Gehäuse der Vakuumpumpe übertragen. Bei einer direkten Kopplung des Schwingungssensors mit dem Gehäuse der Vakuumpumpe können die Schwingungsdaten der Vakuumpumpe aufgrund der Arbeitsbewegung der pumpaktiven Elemente auf besonders einfache und zuverlässige Weise erfasst werden. Bei dieser Ausführungsform kann der Schwingungssensor ferner an einer Innenwand des Gehäuses der Vakuumpumpe angebracht und mit dieser direkt gekoppelt sein, so dass der Schwingungssensor gleichzeitig innerhalb des Gehäuses der Vakuumpumpe angeordnet und mit diesem direkt gekoppelt sein kann.

[0021] Darüber hinaus kann der Schwingungssensor in eine Platine der Vakuumpumpe integriert sein. Dabei ist die Platine insbesondere in einem Innenraum der Vakuumpumpe angeordnet. Bei dieser Ausführungsform kann der Schwingungssensor insbesondere lediglich einen weiteren Baustein einer bereits vorhandenen Platine der Vakuumpumpe darstellen, so dass der Schwingungssensor auf einfache und kostengünstige Weise in die Vakuumpumpe integriert werden kann. Wenn die Platine im Innenraum der Vakuumpumpe angeordnet ist, kann die Platine darüber hinaus gleichzeitig eine Vakuumdurchführung darstellen.

[0022] Die Platine ist bevorzugt in einer Antriebselektronik eines Antriebsmotors der Vakuumpumpe integriert. Dabei kann die Platine insbesondere in einem sogenannten Klemmkasten des Antriebsmotors der Vakuumpumpe angeordnet sein. Zusätzlich kann die Auswerteeinheit in die Platine der Vakuumpumpe integriert sein. Bei diesen Ausführungsformen kann ungenutzter Bauraum innerhalb der Vakuumpumpe, beispielsweise im Klemmkasten des Antriebsmotors, zur Integration des Schwingungssensors und/oder der Auswerteeinheit ausgenutzt werden. Wenn sowohl der Schwingungssensor als auch die Auswerteeinheit auf der Platine der Vakuumpumpe angeordnet bzw. in diese integriert sind, bilden der Schwingungssensor und die Auswerteeinheit eine besonders kompakte Einheit, die bereits ausgewertete Schwingungsdaten ausgibt, beispielsweise mittels eines Signals, das den Verschleißzustand der Vakuumpumpe angibt.

[0023] Die Auswerteeinheit kann ferner einen integrierten Prozessor aufweisen, der ausgebildet ist, um die Schwingungsdaten einem Verschleißzustand der Vakuumpumpe zuzuordnen. Die Auswertung der Schwin-

gungsdaten erfolgt somit bereits vollständig in dem integrierten Prozessor der Auswerteeinheit, die zudem in die Platine der Vakuumpumpe integriert ist. Dadurch kann die Auswerteeinheit wiederum zusammen mit dem Schwingungssensor eine kompakte Einheit bilden, selbst wenn dieser außerhalb der Platine an einem Abschnitt des Gehäuses der Vakuumpumpe angebracht ist.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsform umfasst die Vakuumpumpe eine Schnittstelle zur Ausgabe der Schwingungsdaten. Die Auswerteeinheit ist dabei bevorzugt außerhalb eines Gehäuses der Vakuumpumpe angeordnet, um die Schwingungsdaten mittels der Schnittstelle zu empfangen. Diese Ausführungsform stellt somit eine Alternative zur Integration der Auswerteeinheit in die Platine der Vakuumpumpe dar. Die Anordnung der Auswerteeinheit außerhalb des Gehäuses der Vakuumpumpe gestattet eine flexible Anordnung des Schwingungssensors beispielsweise an oder in dem Gehäuse der Vakuumpumpe, so dass die von diesem erfassten Schwingungsdaten lediglich über die Schnittstelle für die Auswerteeinheit bereitgestellt werden müssen.

[0025] Gemäß einer noch weiteren Ausführungsform können der Schwingungssensor und die Auswerteeinheit mit integriertem Prozessor in eine Platine der Vakuumpumpe integriert sein, die beispielsweise in einem Klemmkasten eines Antriebsmotors innerhalb eines Gehäuses der Vakuumpumpe angeordnet ist, und es kann gleichzeitig eine Schnittstelle der Vakuumpumpe vorgesehen sein. Die Schnittstelle kann zur Ausgabe der Schwingungsdaten und zusätzlich zur Ausgabe von Daten dienen, die mittels der Auswerteeinheit ausgewertet sind und einen Verschleißzustand der Vakuumpumpe angeben. Die zusätzliche Ausgabe der ursprünglichen Schwingungsdaten, die mittels des Schwingungssensors erfasst werden, kann zusätzlich eine externe, redundante Auswertung der Schwingungsdaten ermöglichen. Durch einen Vergleich mit der Ausgabe der internen Auswerteeinheit kann die Zuverlässigkeit der Auswerteeinheit überprüft und somit verbessert werden.

[0026] Die Erfindung wird nachfolgend rein beispielhaft anhand möglicher Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen:

- 45 Fig. 1 eine schematische Perspektivansicht einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe,
- Fig. 2 eine weitere schematische Perspektivansicht von oben auf die Vakuumpumpe von Fig. 1,
- Fig. 3A und 3B jeweils eine schematische Perspektivansicht eines Motorabschnitts der Vakuumpumpe von Fig. 1 und 2, und
- 55 Fig. 4 eine vergrößerte Draufsicht auf den Motorabschnitt der erfindungsgemä-

ßen Vakuumpumpe.

[0027] Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe 11 in einer schematischen Perspektivansicht. Bei der Vakuumpumpe 11 handelt es sich um eine Wälzkolbenpumpe, die beispielsweise für den Grob- und Feinvakuumbereich innerhalb einer Vakuumanlage verwendbar ist. Ferner weist die Vakuumpumpe 11 ein Gehäuse 13 auf, das einen Hauptabschnitt 15 und einen Motorabschnitt 17 umfasst. Der Hauptabschnitt 15 und der Motorabschnitt 17 sind mittels Schrauben 18 miteinander verbunden.

[0028] Der Hauptabschnitt 15 des Gehäuses 13 der Vakuumpumpe 11 weist einen Ansaugflansch 19 auf, der als Einlass für ein zu pumpendes Gas dient, das aus einem nicht dargestellten Rezipienten angesaugt wird. Zwischen dem Rezipienten und der Vakuumpumpe 11 ist innerhalb einer Vakuumanlage üblicherweise mindestens eine weitere Vakuumpumpe, beispielsweise eine Turbomolekularpumpe (nicht dargestellt) angeordnet. Ferner benötigt die als Wälzkolbenpumpe ausgebildete Vakuumpumpe 11 eine Vorpumpe, die mit dem Auslass 23 der Vakuumpumpe 11 verbunden ist und gegen Atmosphärendruck ausstößt. Somit befindet sich die Vakuumpumpe 11 in einer Vakuumanlage üblicherweise zwischen einer Pumpe für den Hochvakuumbereich, beispielsweise einer Turbomolekularpumpe, und der gegen Atmosphärendruck ausstoßenden Vorpumpe.

[0029] Die Vakuumpumpe 11 weist außerdem pumpaktive Elemente (nicht dargestellt) in der Form von Wälzkolben auf, die in einem Innenraum 21 (vgl. Fig. 2) des Gehäuses 13 angeordnet sind. Die pumpaktiven Elemente sind dafür vorgesehen sind, das zu pumpende Gas von dem Einlass 19 zu einem Auslass 23 der Vakuumpumpe 11 zu transportieren. Die pumpaktiven Elemente sind in Fig. 2 innerhalb des Ansaugflanschs 19 zu erkennen. Mittels eines nicht dargestellten Elektromotors, der innerhalb des Motorabschnitts 17 angeordnet ist, werden die pumpaktiven Elemente zu einer Arbeitsbewegung angetrieben. Aufgrund dieser Arbeitsbewegung der pumpaktiven Elemente wird die gesamte Vakuumpumpe 11 in Schwingungen versetzt, welche die pumpaktiven Elemente auf das Gehäuse 13 der Vakuumpumpe 11 übertragen.

[0030] Fig. 3A zeigt eine perspektivische Detailansicht des Motorabschnitts 17 der Vakuumpumpe 11. Der Motorabschnitt 17 weist an seinem Außenumfang Kühlrippen 25 auf, die zur Kühlung des Elektromotors vorgesehen sind, der sich in einem Innenraum des Motorabschnitts 17 befindet. Der Motorabschnitt 17 umfasst in einem Endabschnitt, der in Fig. 3A und 3B jeweils rechts dargestellt ist, einen Klemmkasten 27, der in Fig. 3A mittels eines Deckels 29 verschlossen ist, während der Deckel 29 in Fig. 3B entfernt ist. Im Bereich des Klemmkastens 27 weist der Motorabschnitt 17 keine Kühlrippen 25 auf, da der Klemmkasten 27 für die elektrischen Anschlüsse des Elektromotors der Vakuumpumpe 11 vorgesehen ist und daher keine Kühlung erfordert. Alternativ

kann der Elektromotor der Vakuumpumpe 11 auch wassergekühlt sein. Der Motorabschnitt 17 weist bei einer solchen Ausführungsform eingegossene Wasserleitungen auf und benötigt keine Kühlrippen 25.

[0031] Wie in Fig. 3B und Fig. 4 zu erkennen ist, sind in dem Klemmkasten 27 des Motorabschnitts 17 Anschlusselemente 31 angeordnet, die zur Versorgung des Elektromotors mit elektrischen Strömen und Spannungen vorgesehen sind. Ferner umfasst der Klemmkasten 27 eine Erdung 33, die an einer Gehäusewand 35 innerhalb des Klemmkastens 27 angebracht sind, an der sich auch die Anschlusselemente 31 befinden.

[0032] In dem Klemmkasten 27 ist außerdem eine Platine 37 angeordnet, die ebenfalls an der Gehäusewand bzw. Innenwand 35 des Klemmkastens 27 angebracht ist. Die Platine 37 weist einen Schwingungssensor 39 auf, der als ein Beschleunigungssensor eines mikroelektromechanischen Systems (MEMS-Sensor) ausgebildet ist. Der Schwingungssensor 39 steht mit der Gehäusewand 35 in direkter Verbindung, d.h. es befinden sich keine weiteren Elemente zwischen dem Schwingungssensor 39 und der Gehäusewand 35, um Schwingungen des Gehäuses 13 der Vakuumpumpe 11 möglichst direkt auf den Schwingungssensor 39 zu übertragen.

[0033] Die Platine 37 weist ferner eine Auswerteeinheit 41 für den Schwingungssensor 39 auf. Die Auswerteeinheit 41 umfasst einen integrierten Prozessor, mit dem die Auswertung von Schwingungsdaten erfolgt, die mittels des Schwingungssensors 39 erfasst werden. Der Schwingungssensor 39 und die Auswerteeinheit 41 einschließlich des Prozessors stehen somit in einer elektronischen Kommunikationsverbindung innerhalb der Platine 37.

[0034] Außerdem weist der Motorabschnitt 17 an seiner Außenseite einen elektrischen Anschluss 43 auf, an dem ein nicht dargestellter Stecker angebracht werden kann. Der elektrische Anschluss 43 ist sowohl mit den Anschlusselementen 31 für den Elektromotor der Vakuumpumpe 11 als auch mit der Auswerteeinheit 41 auf der Platine 37 elektrisch verbunden, um einerseits die Stromversorgung des Elektromotors und der Platine 37 sicherzustellen und andererseits eine Verbindung für Signale herzustellen, die von der Auswerteeinheit 41 bereitgestellt werden und einen Indikator für einen Verschleißzustand der Vakuumpumpe 11 darstellen.

[0035] Der Schwingungssensor 39, der als MEMS-Sensor ausgebildet ist, ist in der Lage, eine Beschleunigung in allen drei Raumrichtungen zu messen. Somit erfasst der Schwingungssensor 39 Schwingungen in allen drei Raumrichtungen. Dabei ist eine dieser Raumrichtungen bzw. Achsen mit einer Drehachse der pumpaktiven Elemente der Vakuumpumpe 11 (vgl. Fig. 2) ausgerichtet. Dadurch lassen sich Schwingungen besonders gut nachweisen, die dadurch auftreten, dass die Bewegung der pumpaktiven Elemente von einer erwarteten Bewegung im Normalbetrieb der Vakuumpumpe 11 abweicht. Dies kann beispielsweise durch eine Unwucht

der pumpaktiven Elemente bedingt sein.

[0036] Die Schwingungsdaten, die mittels des Schwingungssensors 39 erfasst werden, werden mittels der Auswerteeinheit 41 bzw. mittels deren Prozessor ausgewertet, indem diese Schwingungsdaten beispielsweise mit Schwingungsdaten verglichen werden, die zu einem früheren Zeitpunkt erfasst wurden und in der Auswerteeinheit 41 gespeichert sind. Dabei wird beispielsweise die Amplitude der aktuellen und früheren Schwingungsdaten, gemittelt über einen vorbestimmten Zeitraum, verglichen. Alternativ kann die Amplitude der erfassten Schwingungsdaten auch mit einem vorbestimmten Schwellenwert verglichen werden, der auf Erfahrungswerten beruht. Wird eine signifikante Abweichung zwischen den aktuellen Schwingungsdaten und den gespeicherten, zu einem früheren Zeitpunkt erfassten Schwingungsdaten ermittelt oder liegt die Amplitude der Schwingungsdaten oberhalb des vorbestimmten Schwellenwerts, gibt die Auswerteeinheit 41 ein Hinweissignal aus, das mittels des elektrischen Anschlusses 43 an eine nicht dargestellte Steuerungseinheit der Vakuumpumpe 11 übertragen wird, um einen wahrnehmbaren Hinweis für einen Nutzer der Vakuumanlage zu erzeugen, beispielsweise mittels einer Warnleuchte.

[0037] Bei einer alternativen Ausführungsform ist auf der Platine 37 lediglich der Schwingungssensor 39 angeordnet, während sich die Auswerteeinheit 41 außerhalb des Klemmkastens 27 befindet und in die Steuerungseinheit (nicht dargestellt) der Vakuumpumpe 11 integriert ist. Dabei stehen der Schwingungssensor 39 und die Auswerteeinheit 41 jedoch ebenfalls in einer elektronischen Kommunikationsverbindung, die über den elektrischen Anschluss 43 erfolgt.

[0038] Bei sämtlichen Ausführungsformen sind zwischen dem elektrischen Anschluss 43 und den Anschlusselementen 31 sowie der Platine 37 geeignete Kabelverbindungen vorgesehen, die der Übersichtlichkeit halber in Fig. 4 nicht dargestellt sind.

[0039] Da anhand der Schwingungsdaten, die mittels des Schwingungssensors 39 erfasst werden, bei sämtlichen Ausführungsformen letztlich ein Signal erzeugt wird, das einem Verschleißzustand der Vakuumpumpe 11 entspricht, kann ein möglicherweise bevorstehender Ausfall der Vakuumpumpe 11 frühzeitig erkannt werden. Ist dies der Fall, kann zu einem geeigneten Zeitpunkt eine geplante Wartung der Vakuumpumpe 11 durchgeführt werden, so dass ein unerwünschter und unvorhergesehener Ausfall der Vakuumpumpe 11 verhindert werden kann.

Bezugszeichenliste

[0040]

- 11 Vakuumpumpe, Wälzkolbenpumpe
- 13 Gehäuse
- 15 Hauptabschnitt
- 17 Motorabschnitt

- 18 Schraube
- 19 Ansaugflansch, Einlass
- 21 Innenraum
- 23 Auslass
- 25 Kühlrippe
- 27 Klemmkasten
- 29 Deckel
- 31 Anschlusselement
- 33 Erdung
- 35 Gehäusewand
- 37 Platine
- 39 Schwingungssensor, MEMS-Sensor
- 41 Auswerteeinheit
- 43 elektrischer Anschluss

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (11), insbesondere Wälzkolbenpumpe oder Schraubenpumpe, mit
 - zu einer Arbeitsbewegung antreibbaren pumpaktiven Elementen, die ein zu pumpendes Gas von einem Einlass (19) zu einem Auslass (23) der Vakuumpumpe (11) transportieren, einem Schwingungssensor (39), der Schwingungsdaten der Vakuumpumpe (11) aufgrund der Arbeitsbewegung der pumpaktiven Elemente erfasst, und einer Auswerteeinheit (41), die ausgebildet ist, um die Schwingungsdaten auszuwerten.
2. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 1, wobei die Auswerteeinheit (41) ferner ausgebildet ist, um anhand der Schwingungsdaten einen Verschleißzustand der Vakuumpumpe (11) zu ermitteln.
3. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Schwingungssensor (39) einen Beschleunigungssensor umfasst.
4. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 3, wobei der Beschleunigungssensor ein Beschleunigungssensor eines mikro-elektromechanischen Systems (MEMS-Sensor) ist.
5. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 3 oder 4, wobei der Beschleunigungssensor die Beschleunigung in zumindest zwei Richtungen erfasst.
6. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 5, wobei eine der Richtungen, in denen der Beschleunigungssensor die Beschleunigung erfasst, mit einer Rotationsachse der pumpaktiven Elemente der Vakuumpumpe (11) ausgerichtet ist.
7. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorstehenden Ansprüche,

wobei der Schwingungssensor (39) innerhalb eines Gehäuses (13) der Vakuumpumpe (11) angeordnet ist.

8. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei der Schwingungssensor (39) mit einem Gehäuse (13) der Vakuumpumpe (11) direkt gekoppelt ist. 5
9. Vakuumpumpe (11) nach einem der vorstehenden Ansprüche,
wobei der Schwingungssensor (39) in eine Platine (37) der Vakuumpumpe (11) integriert ist, wobei die Platine (37) insbesondere in einem Innenraum der Vakuumpumpe (11) angeordnet ist. 10 15
10. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 9,
wobei die Platine (37) in eine Antriebselektronik eines Antriebsmotors der Vakuumpumpe (11) integriert ist. 20
11. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 9 oder 10,
wobei die Platine (37) in einem Klemmkasten (27) des Antriebsmotors der Vakuumpumpe (11) angeordnet ist. 25
12. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 9 bis 11,
wobei die Auswerteeinheit (41) in die Platine (37) der Vakuumpumpe (11) integriert ist. 30
13. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 12,
wobei die Auswerteeinheit (41) einen integrierten Prozessor aufweist, der ausgebildet ist, um die Schwingungsdaten einem Verschleißzustand der Vakuumpumpe (11) zuzuordnen. 35
14. Vakuumpumpe (11) nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
ferner mit einer Schnittstelle zur Ausgabe der Schwingungsdaten. 40
15. Vakuumpumpe (11) nach Anspruch 14,
wobei die Auswerteeinheit (41) außerhalb eines Gehäuses (13) der Vakuumpumpe angeordnet ist und die Schwingungsdaten mittels der Schnittstelle empfängt. 45

50

55

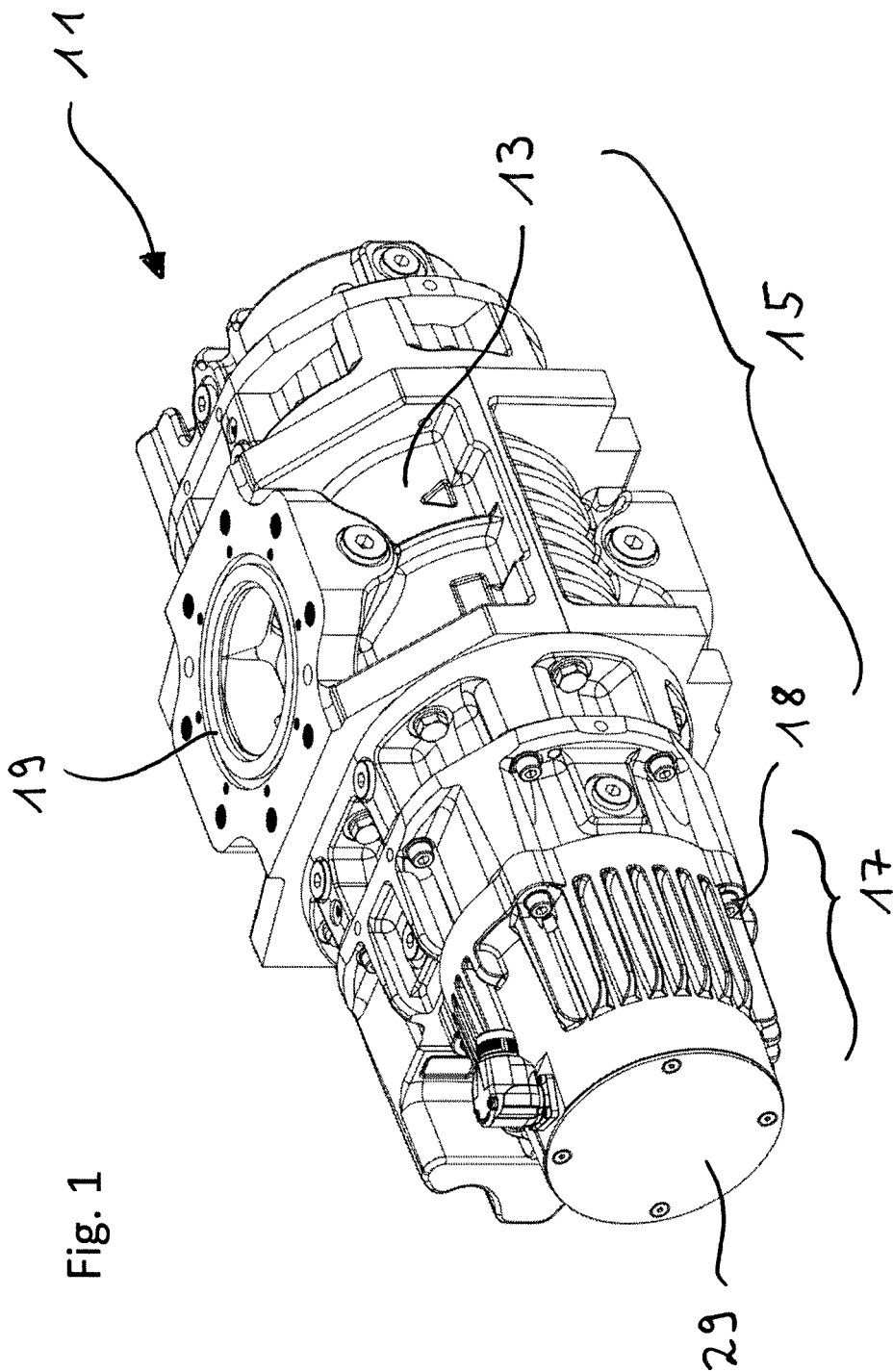


Fig. 1

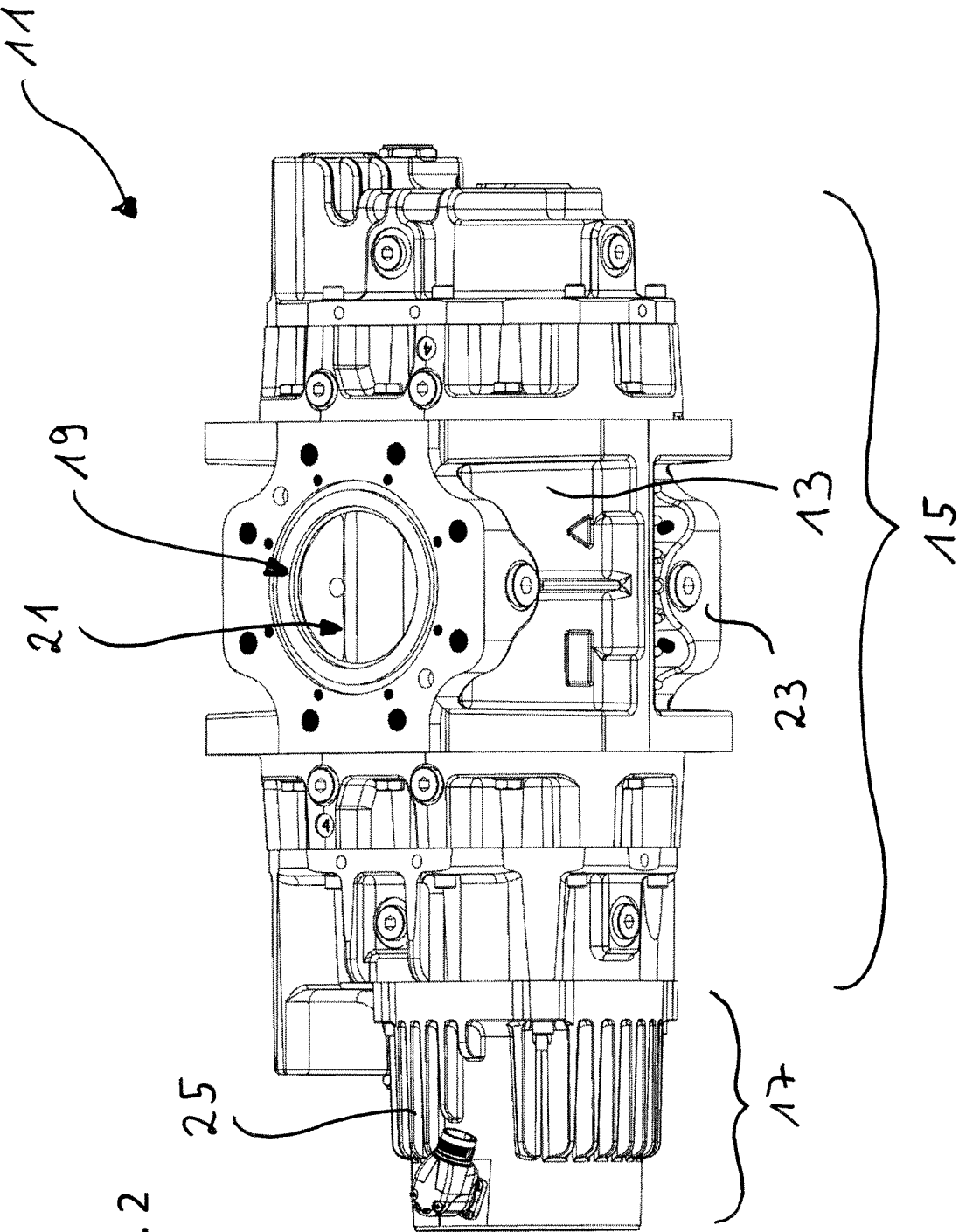


Fig. 2

Fig. 3A

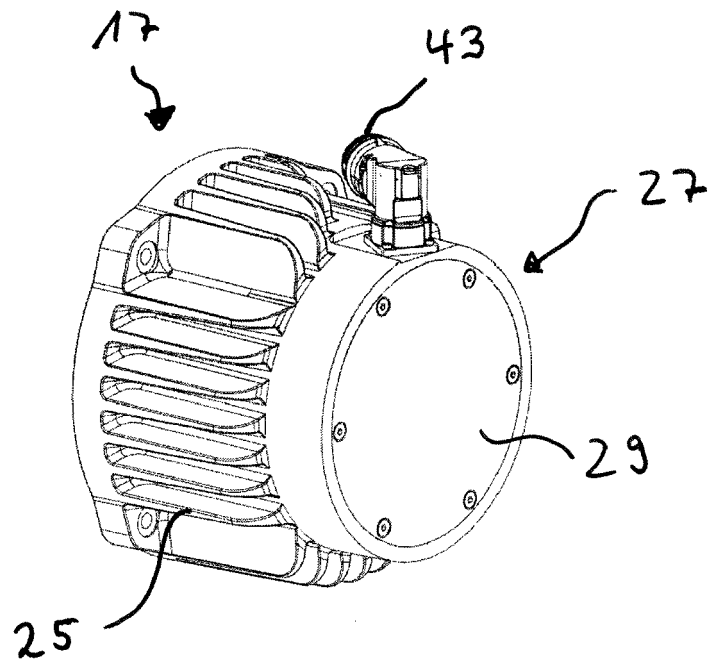


Fig. 3B

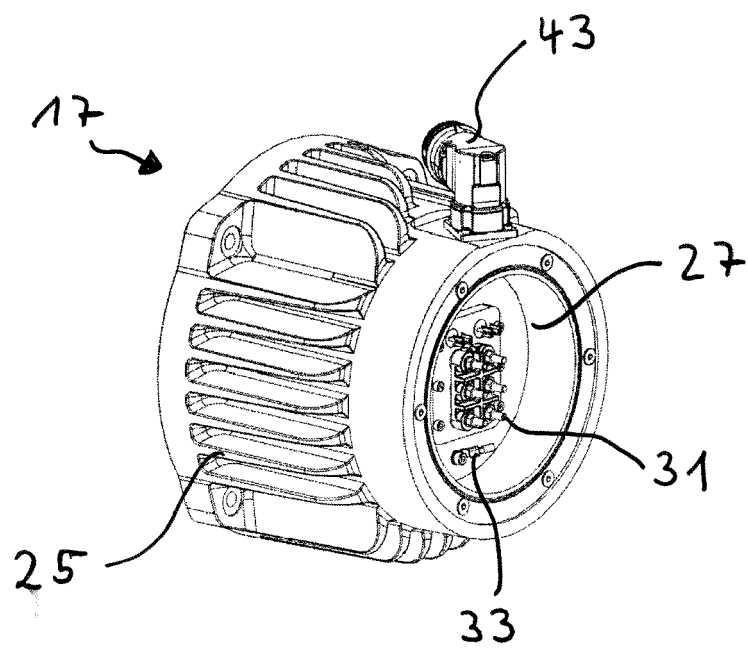
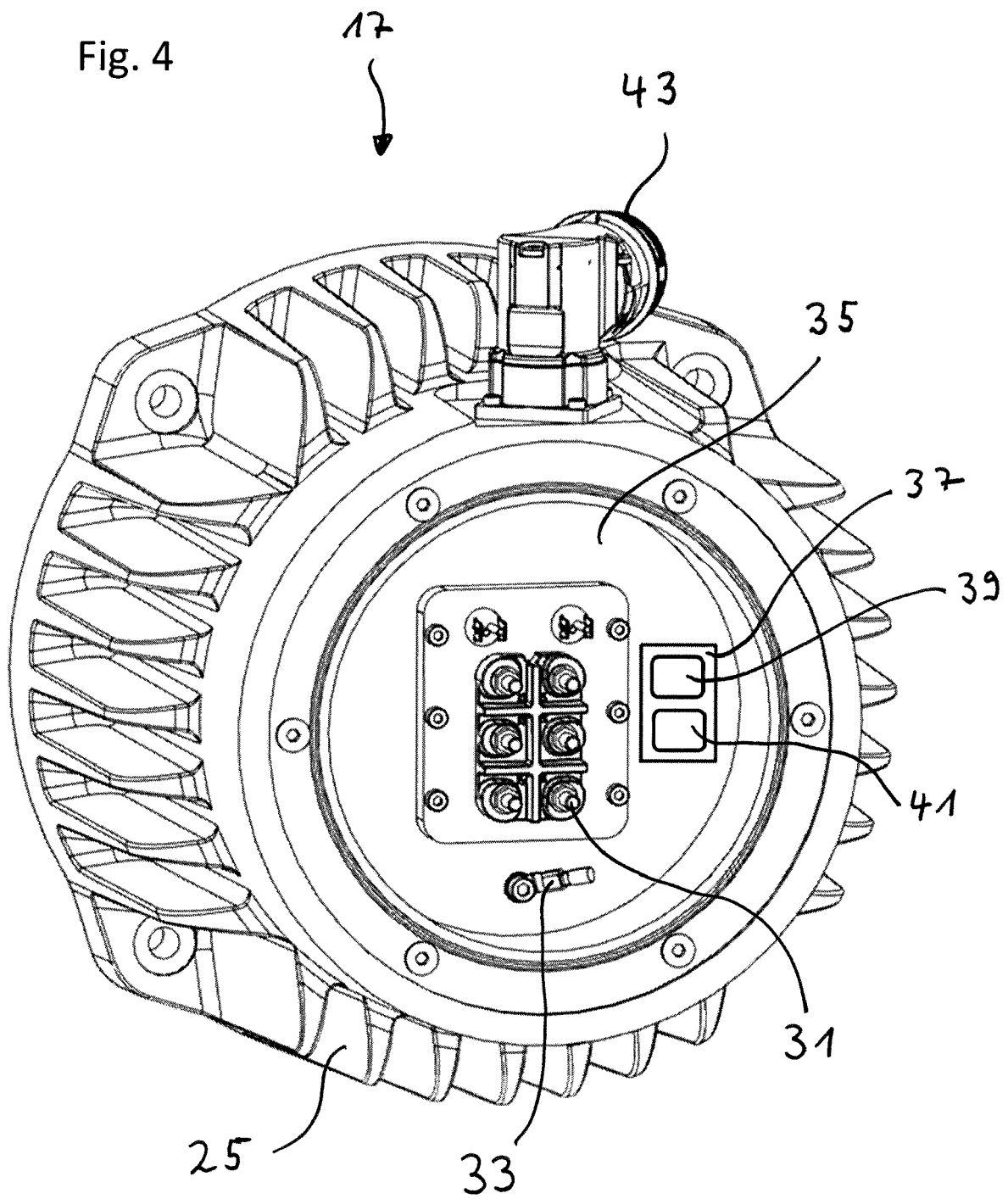


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 16 6248

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	GB 2 551 337 A (EDWARDS LTD [GB]) 20. Dezember 2017 (2017-12-20) * Abbildungen 1,5 * * Seite 11, Zeile 20 - Zeile 29 * * Seite 13, Zeile 30 - Seite 17, Zeile 29 *	1-4,7-15	INV. F04C18/12 F04C18/16 F04C25/02 F04D19/04 F04D27/00 F04D27/02 F04C28/06
X	DE 20 2015 003927 U1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 13. Juli 2015 (2015-07-13) * Abbildung 1 * * Absatz [0009] - Absatz [0019] * * Absatz [0031] *	1-6,8	
X	WO 2017/140471 A1 (MULTIVAC SEPP HAGGENMÜLLER SE & CO KG [DE]) 24. August 2017 (2017-08-24) * Abbildung 1 * * Seite 4 *	1,7,14,15	
X	WO 2020/025754 A1 (LEYBOLD GMBH [DE]) 6. Februar 2020 (2020-02-06) * Abbildung 1 * * Seite 7 *	1,8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04C F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 18. Juni 2020	Prüfer Durante, Andrea
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	

1

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 20 16 6248

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.

18-06-2020

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	GB 2551337 A	20-12-2017	CN 109563840 A EP 3469216 A1 GB 2551337 A JP 2019518168 A TW 201812179 A US 2019162748 A1 WO 2017216514 A1	02-04-2019 17-04-2019 20-12-2017 27-06-2019 01-04-2018 30-05-2019 21-12-2017
20	DE 202015003927 U1	13-07-2015	KEINE	
25	WO 2017140471 A1	24-08-2017	CN 209370101 U DE 102016102954 A1 EP 3417175 A1 WO 2017140471 A1	10-09-2019 24-08-2017 26-12-2018 24-08-2017
30	WO 2020025754 A1	06-02-2020	DE 202018003585 U1 WO 2020025754 A1	06-11-2019 06-02-2020
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82