



(11)

EP 4 227 538 A1

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.08.2023 Patentblatt 2023/33

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04^(2006.01) F04D 29/52^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23176149.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
**F04D 19/042; F04D 29/522; F04D 29/526;
F05D 2250/292; F05D 2250/51**

(22) Anmeldetag: **30.05.2023**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

- **STOLL, Tobias**
35644 Hohenahr (DE)
- **SCHWEIGHÖFER, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)
- **HOFMANN, Jan**
35305 Grünberg (DE)
- **LOHSE, Martin**
35586 Wetzlar (DE)
- **BIRKENFELD, Maximilian**
35649 Bischoffen (DE)

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

(72) Erfinder:
• **BADER, Florian**
35625 Hüttenberg (DE)

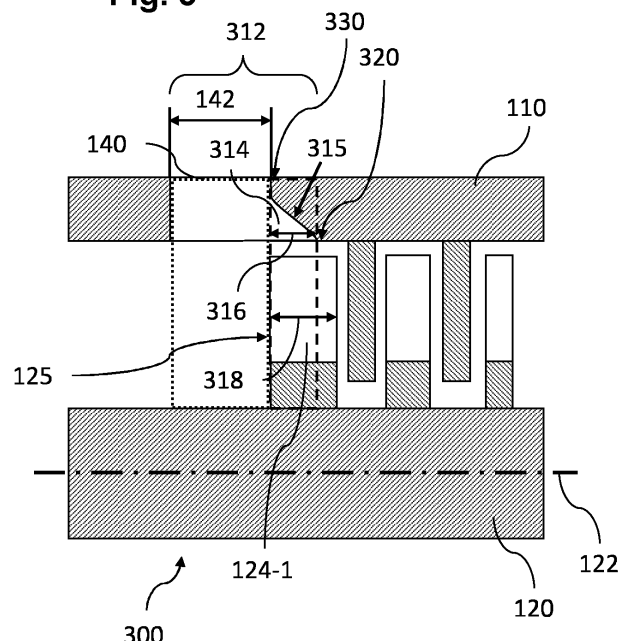
(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(54) **VAKUUMPUMPE MIT EINER SICH AXIAL ÜBER EIN PUMPENELEMENT ERSTRECKENDEN EINLASSÖFFNUNG**

(57) Eine Vakuumpumpe umfasst einen Rotor, der pumpaktive Elemente und eine Drehachse aufweist, um die sich die pumpaktiven Elemente im Betrieb der Vakuumpumpe drehen und die eine axiale Richtung definiert, sowie eine Einlassöffnung, die in einem Gehäuse der Vakuumpumpe angeordnet ist. Die Einlassöffnung um-

fasst einen offenen Bereich, der sich außerhalb der pumpaktiven Elemente des Rotors erstreckt und in axialer Richtung an diese angrenzt, und einen Überlagerungsbereich, in dem sich die Einlassöffnung in axialer Richtung zumindest teilweise über eines der pumpaktiven Elemente des Rotors erstreckt.

Fig. 3



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, die einen Rotor mit pumpaktiven Elementen und eine Einlassöffnung umfasst, die in einem Gehäuse der Vakuumpumpe angeordnet ist.

[0002] Vakuumpumpen erfordern häufig eine spezielle Ausgestaltung ihres Einlassbereichs, um die Vakuumpumpe wie gewünscht in eine Vakuumanlage zu integrieren. Eine spezielle Ausgestaltung des Einlassbereichs der Vakuumpumpe kann jedoch zu Einschränkungen bezüglich des Saugvermögens der Vakuumpumpe führen.

[0003] Ferner können bei einem sogenannten differenziellen Pumpen sowohl ein Haupteinlass der Vakuumpumpe als auch ein seitlicher Einlass oder Port zwischen Pumpstufen verwendet werden. Ein solcher seitlicher Einlass, der beispielsweise in einer Gehäusewand der Vakuumpumpe angeordnet ist, kann aufgrund seiner begrenzten Öffnungsfläche das Saugvermögen der Vakuumpumpe einschränken.

[0004] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vakuumpumpe zu schaffen, die trotz spezieller Anforderungen bezüglich ihres Einlassbereichs ein hohes Saugvermögen aufweist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen angegeben.

[0006] Die Vakuumpumpe, die insbesondere als Turbomolekularpumpe ausgebildet ist, umfasst einen Rotor, der pumpaktive Elemente und eine Drehachse aufweist, um die sich die pumpaktiven Elemente im Betrieb der Vakuumpumpe drehen und die eine axiale Richtung definiert, und eine Einlassöffnung, die in einem Gehäuse der Vakuumpumpe angeordnet ist. Die Einlassöffnung umfasst einen offenen Bereich, der sich außerhalb der pumpaktiven Elemente des Rotors erstreckt und in axialer Richtung an diese angrenzt, und einen Überlagerungsbereich, in dem sich die Einlassöffnung in axialer Richtung zumindest teilweise über eines der pumpaktiven Elemente des Rotors erstreckt.

[0007] Das pumpaktive Element des Rotors kann beispielsweise eine Rotorscheibe sein, wenn die Vakuumpumpe als Turbomolekularpumpe ausgebildet ist. Ferner kann sich die axiale Richtung beispielsweise von einer Grob- oder Feinvakuumseite der Vakuumpumpe zu einer Hochvakuumseite oder Einlassseite der Vakuumpumpe erstrecken.

[0008] Die erfindungsgemäße Vakuumpumpe zeichnet sich dadurch aus, dass die Einlassöffnung sowohl den offenen Bereich als auch den Überlagerungsbereich umfasst, der sich in den Raumbereich der pumpaktiven Elemente hinein erstreckt. Dadurch ist die Einlassöffnung im Vergleich zu herkömmlichen Vakuumpumpen aufgrund des Überlagerungsbereichs vergrößert. Die

Vergrößerung der Einlassöffnung im Vergleich zu herkömmlichen Vakuumpumpen erhöht deren Saugvermögen.

[0009] Gemäß einer Ausführungsform kann sich die Einlassöffnung innerhalb des Überlagerungsbereichs in axialer Richtung mindestens über die Hälfte einer axialen Länge des einen der pumpaktiven Elemente des Rotors erstrecken. Eine solche Erweiterung der Einlassöffnung, d.h. über die halbe axiale Länge des ersten pumpaktiven Elements des Rotors in axialer Richtung, kann somit eine Untergrenze für die Erweiterung der Einlassöffnung darstellen, um eine für die Praxis relevante Erhöhung des Saugvermögens der Vakuumpumpe zu erreichen.

[0010] Ferner kann sich die Einlassöffnung innerhalb des Überlagerungsbereichs in axiale Richtung vollständig über die axiale Länge des einen der pumpaktiven Elemente des Rotors erstrecken. Die Einlassöffnung kann somit über das gesamte erste pumpaktive Element des Rotors in axialer Richtung bzw. bei einer Turbomolekularpumpe über die erste Rotorscheibe hinweg erweitert sein. Dadurch kann eine maximale Erhöhung des Saugvermögens erreicht werden, ohne die Kompression der Rotorscheibe deutlich zu verringern und ohne den Betrieb des Rotors bzw. der Vakuumpumpe zu beeinträchtigen. Die Erweiterung der Einlassöffnung über das gesamte erste pumpaktive Element des Rotors in axiale Richtung stellt somit eine Obergrenze für die Erweiterung der Einlassöffnung in axialer Richtung dar. Ein Rand der Einlassöffnung kann sich bei einer solcher Ausführungsform in axialer Richtung in der Nähe eines ersten Stator-elements der Vakuumpumpe befinden, das an das erste pumpaktive Element des Rotors angrenzt.

[0011] Bei einer alternativen Ausführungsform kann sich die Einlassöffnung jedoch innerhalb des Überlagerungsbereichs in axialer Richtung über weniger als die volle axiale Länge des einen der pumpaktiven Elemente des Rotors erstrecken. Die Sicherheit während des Betriebs der Vakuumpumpe kann mittels einer solchen Ausführungsform insbesondere für einen solchen Störfall verbessert werden, bei welchem das eine der pumpaktiven Elemente des Rotors, über das sich die Einlassöffnung nur teilweise erstreckt, von dem Rotor abreißt. Da sich die Einlassöffnung bei der vorliegenden Ausführungsform nämlich nicht über die volle axiale Länge des pumpaktiven Elements erstreckt, gibt es einen Abschnitt des Gehäuses der Vakuumpumpe, über den sich in axialer Richtung zwar das pumpaktive Element, aber nicht die Einlassöffnung erstreckt. Dieser Abschnitt des Gehäuses kann eine Barriere für das abreisende pumpaktive Element bilden. Dadurch kann zumindest teilweise verhindert werden, dass Bruchstücke des pumpaktiven Elements in einen Bereich außerhalb der Einlassöffnung der Vakuumpumpe gelangen.

[0012] Eine axiale Länge des offenen Bereichs kann größer als eine axiale Länge des Überlagerungsbereichs sein. Ferner kann der offene Bereich der Einlassöffnung in der axialen Richtung eine Länge aufweisen, die kleiner als ein Durchmesser der pumpaktiven Elemente oder

gleich diesem ist. Wenn die pumpaktiven Elemente beispielsweise als Rotorscheiben einer Turbomolekularpumpe ausgebildet sind, können diese den gleichen Durchmesser aufweisen. Somit kann die axiale Länge des offenen Bereichs der Einlassöffnung kleiner als der Durchmesser des pumpaktiven Elements bzw. der ersten Rotorscheibe sein, über das bzw. die sich die Einlassöffnung in dem Überlagerungsbereich erstreckt. Durch die Begrenzung der axialen Länge des Überlagerungsbereichs bezogen auf den offenen Bereich der Einlassöffnung und die Begrenzung der axialen Länge des offenen Bereichs kann die Betriebssicherheit der Vakuumpumpe verbessert werden.

[0013] Die Einlassöffnung kann in dem Überlagerungsbereich einen Innenrand auf einer Innenseite des Gehäuses der Vakuumpumpe und einen Außenrand auf einer Außenseite des Gehäuses aufweisen. Gemäß einer Ausführungsform können der Innenrand und der Außenrand in axialer Richtung auf gleicher Höhe angeordnet sein. Der Innenrand und der Außenrand der Einlassöffnung in dem Überlagerungsbereich können bei dieser Ausführungsform somit in axialer Richtung bei einer nahezu identischen Position angeordnet sein. Dies kann die Fertigung der Einlassöffnung erleichtern.

[0014] Bei einer alternativen Ausführungsform können der Innenrand und der Außenrand der Einlassöffnung in dem Überlagerungsbereich jedoch in axialer Richtung beabstandet sein. Dadurch kann der Überlagerungsbereich auf der Innenseite des Gehäuses eine größere axiale Länge als auf der Außenseite des Gehäuses aufweisen. Mit anderen Worten kann eine Begrenzungsfläche der Einlassöffnung in dem Überlagerungsbereich schräg von dem Außenrand bis zu dem Innenrand des Überlagerungsbereichs verlaufen, wobei der Innenrand weiter von dem offenen Bereich entfernt sein kann als der Außenrand. Eine solche Anordnung kann eine Erweiterung der Einlassöffnung in den Überlagerungsbereich hinein auch dann gestatten, wenn beispielsweise Abmessungen an dem Außenrand der Einlassöffnung bzw. des Gehäuses der Vakuumpumpe für die axiale Richtung vorgegeben sind oder nicht überschritten werden dürfen.

[0015] Der Außenrand der Einlassöffnung kann in dem Überlagerungsbereich auf gleicher axialer Höhe wie ein an den offenen Bereich der Einlassöffnung angrenzendes axiales Ende des pumpaktiven Elements angeordnet sein, über das sich die Einlassöffnung in dem Überlagerungsbereich erstreckt. Mit anderen Worten kann der Außenrand der Einlassöffnung in dem Überlagerungsbereich mit dem axialen Ende des ersten pumpaktiven Elements nahezu bündig abschließen, während der Innenrand der Einlassöffnung in dem Überlagerungsbereich in axialer Richtung in den Bereich des ersten pumpaktiven Elements hinein verschoben ist. Dadurch kann die Einlassöffnung das pumpaktive Element nur auf der Innenseite des Gehäuses überlagern, sodass die Erweiterung der Einlassöffnung in den Überlagerungsbereich hinein von der Außenseite der Pumpe aus nicht sichtbar ist.

[0016] Der Innenrand der Einlassöffnung in dem Über-

lagerungsbereich kann ferner mit dem Außenrand über eine oder mehrere Flächen verbunden sein, die in einem axialen Querschnitt einen geradlinigen Verlauf aufweisen. Solche Flächen mit geradlinigem Verlauf können die Fertigung der Einlassöffnung erleichtern. Alternativ kann der Innenrand mit dem Außenrand über eine oder mehrere Flächen verbunden sein, von denen zumindest eine Fläche gekrümmt ist. Eine solche gekrümmte Fläche kann beispielsweise einen vordefinierten Radius aufweisen. Durch die Krümmung einer oder mehrerer Flächen zwischen dem Innenrand und dem Außenrand des Überlagerungsbereichs kann die Ausdehnung des Überlagerungsbereichs optimiert werden.

[0017] Ferner kann ein Abstand zwischen dem Innenrand und dem Außenrand in axialer Richtung größer als die Hälfte einer axialen Länge sein, über die sich das pumpaktive Element erstreckt. Das pumpaktive Element ist bei dieser Ausführungsform wiederum das eine der pumpaktiven Elemente, über das sich der Überlagerungsbereich der Einlassöffnung zumindest teilweise erstreckt. Die Hälfte der axialen Länge des pumpaktiven Elements kann somit wiederum eine Untergrenze für die Erweiterung der Einlassöffnung vorgeben, wobei diese Erweiterung durch den Innenrand des Überlagerungsbereichs und dessen Abstand zu dem Außenrand des Überlagerungsbereichs und gegebenenfalls durch eine Verschiebung des Außenrands bezüglich des offenen Bereichs in axialer Richtung definiert ist.

[0018] Die Fläche oder Flächen zwischen dem Innenrand und dem Außenrand des Überlagerungsbereichs können somit insgesamt ein oder mehrere ebene Flächen, eine oder mehrere Abfasungen oder Schrägen, ein oder mehrere Radien oder eine Kombination aus diesen umfassen. Dadurch kann die Erweiterung der Einlassöffnung in Form des Überlagerungsbereichs beispielsweise an Vorgaben bezüglich der Abmessungen der Einlassöffnung angepasst werden.

[0019] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Einlassöffnung seitlich an dem Gehäuse der Vakuumpumpe angeordnet sein und sich parallel zu der Drehachse des Rotors in der axialen Richtung erstrecken. Bei dieser Ausführungsform verläuft eine Gasströmung durch die Einlassöffnung rechtwinklig zu der axialen Richtung, die durch die Drehachse des Rotors vorgegeben ist. Die seitlich an dem Gehäuse angeordnete Einlassöffnung kann spezielle Einbaulagen der Vakuumpumpe ermöglichen, bei denen beispielsweise die Einlassöffnung der Vakuumpumpe in einem vordefinierten Raumbereich anzuordnen ist.

[0020] Die Vakuumpumpe kann ferner eine zusätzliche Einlassöffnung an einem axialen Ende des Rotors auf dessen Niederdruckseite aufweisen. Eine solche Vakuumpumpe wird auch als Split-Flow-Vakuumpumpe bezeichnet, die eine Einlassströmung an verschiedenen Positionen des Gehäuses aufnehmen und dadurch ein differenzielles Pumpen ermöglichen kann.

[0021] Die Einlassöffnung der Vakuumpumpe kann ferner an einem axialen Ende des Rotors angeordnet

sein. Dieses axiale Ende des Rotors kann sich beispielsweise auf eine Niederdruckseite bzw. Hochvakuumseite des Rotors und der Vakuumpumpe befinden. Alternativ oder zusätzlich kann die Einlassöffnung bzw. eine weitere Einlassöffnung in einem axialen Bereich des Gehäuses zwischen axialen Enden des Rotors angeordnet sein. Eine solche Anordnung einer Einlassöffnung wird auch als Interstage-Port bezeichnet, bei dem sich die Einlassöffnung zwischen Pumpstufen befindet, d.h. an einer vorbestimmten Position zwischen einem axialen Ende auf der Niederdruck- bzw. Hochvakuumseite des Rotors und einem entgegengesetzten axialen Ende auf einer Hochdruckseite des Rotors.

[0022] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

Fig. 1 eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer Vakuumpumpe gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 3 eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer Vakuumpumpe gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung,

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts einer Vakuumpumpe gemäß dem Stand der Technik und

Fig. 5 eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts einer erfindungsgemäßen Vakuumpumpe.

[0023] Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer Vakuumpumpe 100, die als Turbomolekularpumpe ausgebildet ist. Die Vakuumpumpe 100 umfasst ein Gehäuse 110, das eine Einlassöffnung 112 für die Vakuumpumpe 100 aufweist, und einen Rotor 120, der eine Drehachse 122 und mehrere pumpaktive Elemente 124 aufweist, die als Rotorscheiben der Turbomolekularpumpe ausgebildet sind. Die Vakuumpumpe 100 umfasst ferner einen Stator 130, der pumpaktive Elemente 132 in der Form von Statorscheiben aufweist.

[0024] Die Einlassöffnung 112 erstreckt sich in axiale Richtung, d.h. parallel zu der Drehachse 122 des Rotors 120, welche die axiale Richtung definiert, über einen offenen Bereich 140, der frei von den pumpaktiven Elementen 124, 132 ist. Der offene Bereich 140 der Einlassöffnung 112 erstreckt sich somit außerhalb der pumpaktiven Elemente bzw. Rotorscheiben 124 des Rotors 120 und grenzt in axialer Richtung an diese an, d.h. an eine erste Rotorscheibe 124-1 der Rotorscheiben bzw. pumpaktiven Elemente 124 des Rotors 120. Das erste pumpaktive Element bzw. die erste Rotorscheibe 124-1

des Rotors 120 weist ferner ein axiales Ende bzw. einen axialen Rand 125 auf, der an den offenen Bereich 140 der Einlassöffnung 112 angrenzt. Ein entsprechender Rand der Einlassöffnung 112 ist nahezu bündig mit dem axialen Ende 125 des ersten pumpaktiven Elements 124-1 ausgerichtet.

[0025] Die Einlassöffnung 112 der Vakuumpumpe 100 gemäß dem Stand der Technik schließt somit in axialer Richtung nahezu bündig mit einem Rand der ersten Rotorscheibe 124-1 ab. In axialer Richtung weist die Einlassöffnung 112 daher eine axiale Länge oder Porthöhe 142 auf, die entsprechend den Verhältnissen und Anforderungen beim Einbau der Vakuumpumpe 100 in einer Vakuumanlage vorgegeben ist. Bei einer beispielhaften Vakuumpumpe 100 beträgt Porthöhe 142 bzw. die axiale Länge 17,75 mm.

[0026] Fig. 2 zeigt eine Querschnittsdarstellung eines Abschnitts einer Vakuumpumpe 200 gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Die Vakuumpumpe 200 umfasst ebenfalls ein Gehäuse 110 und einen Rotor 120, wie diese vorstehend im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben sind. Alle Elemente, die in Fig. 2 mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 bezeichnet sind, sind mit den dort beschriebenen Elementen identisch oder diesen ähnlich und werden im Folgenden nicht erneut beschrieben.

[0027] Von der in Fig. 1 dargestellten Vakuumpumpe 100 unterscheidet sich erfindungsgemäße Vakuumpumpe 200 von Fig. 2 dadurch, dass diese eine Einlassöffnung 212 aufweist, die neben dem vorstehend beschriebenen offenen Bereich 140 einen Überlagerungsbereich 214 umfasst, in dem sich die Einlassöffnung 212 in axialer Richtung über eines der pumpaktiven Elemente 124 des Rotors 120, d.h. über die erste Rotorscheibe 124-1, erstreckt. Konkret erstreckt sich der Überlagerungsbereich 214 vollständig über eine axiale Länge des pumpaktiven Elements 124 des Rotors 120 bzw. über eine vollständige Höhe der ersten Rotorscheibe 124-1 in der axialen Richtung, sodass eine axiale Länge 216 des Überlagerungsbereichs 214 mit der Höhe der ersten Rotorscheibe 124-1 bzw. deren axialer Länge übereinstimmt.

[0028] Die Einlassöffnung 212 weist in dem Überlagerungsbereich 214 einen Innenrand 220 an einer Innenseite des Gehäuses 110 und einem Außenrand 230 an einer Außenseite des Gehäuses 110 auf. Der Innenrand 220 und der Außenrand 230 sind im Ausführungsbeispiel von Fig. 2 in der axialen Richtung auf gleicher Höhe angeordnet. Mit anderen Worten sind der Innenrand 220 und der Außenrand 230 in einer Ebene bzw. in der Schnittdarstellung von Fig. 2 auf einer geraden Linie angeordnet, die senkrecht zu der Drehachse 122 des Rotors 120 verläuft. Diese gerade Linie, die über den Innenrand 220 und den Außenrand 230 des Überlagerungsbereichs 214 erstreckt, verläuft darüber hinaus entlang eines hinteren Endes der ersten Rotorscheibe 124-1, das dem vorderen axialen Ende 125 gegenüberliegt, welches wiederum an den offenen Bereich 140 an-

grenzt.

[0029] Wie nachstehend im Zusammenhang mit Fig. 4 und 5 näher erläutert wird, führt die Vergrößerung der Einlassöffnung 212 von Fig. 2 aufgrund des zusätzlichen Überlagerungsbereichs 214 im Vergleich zu der Einlassöffnung 112 der Vakuumpumpe 100 von Fig. 1 zu einem erhöhten Saugvermögen der Vakuumpumpe 200. Die Vergrößerung der Einlassöffnung 212 führt zwar zu einer Rückströmung des Gases, das mittels des Rotors 120 über die Einlassöffnung 212 gefördert und aus einem Rezipienten (nicht dargestellt), der mit dieser verbunden ist, heraus transportiert werden soll. Durch die Rückströmung kann ein Kompressionsverlust des Rotors 120 auftreten, und das Saugvermögen wird möglicherweise nicht erhöht, sondern verringert, wenn der Überlagerungsbereich 214 zu weit ausgedehnt wird, beispielsweise über die erste Rotorscheibe 124-1 hinaus. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die zu erwartende Rückströmung nahezu keinen Einfluss auf das Saugvermögen hat und ein tolerierbarer Kompressionsverlust auftritt, solange die axiale Länge 216 des Überlagerungsbereichs 214 gleich der Höhe bzw. der axialen Länge der ersten Rotorscheibe 124-1 oder kleiner als diese ist.

[0030] Die axiale Länge 142 des offenen Bereichs 140 ist jedoch größer als die axiale Länge 216 des Überlagerungsbereichs 214. Ferner ist die axiale Länge 142 des offenen Bereichs 140 kleiner als ein Durchmesser D des ersten pumpaktiven Elements des Rotors bzw. der ersten Rotorscheibe 124-1. In Fig. 2 ist zur besseren Orientierung ein Radius R der ersten Rotorscheibe 124-1 dargestellt, der bekanntermaßen halb so groß wie der Durchmesser D ist. Durch die vorstehenden Beziehungen zwischen den axialen Längen 142, 216 sowie zwischen der axialen Länge 142 und dem Durchmesser D können die Stabilität und die Betriebssicherheit der Vakuumpumpe 200 sichergestellt werden.

[0031] Fig. 3 zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts einer Vakuumpumpe 300 gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Die Ausführungsform von Fig. 3 unterscheidet sich von der Ausführungsform von Fig. 2 dadurch, dass die Vakuumpumpe 300 eine Einlassöffnung 312 mit dem offenen Bereich 140, wie dieser vorstehend beschrieben ist, und mit einem Überlagerungsbereich 314 umfasst, der im Gegensatz zu dem Überlagerungsbereich 214 von Fig. 2 eine Abfasung bzw. eine schräge Fläche 315 aufweist. Aufgrund der schrägen Fläche 315 weist der Überlagerungsbereich 314 der Einlassöffnung 312 eine axiale Länge 316 auf, die kleiner als eine axiale Länge 318 des pumpaktiven Elements 124-1 des Rotors 120 bzw. kleiner als die Höhe der ersten Rotorscheibe 124-1 ist.

[0032] Die schräge Fläche 315 weist einen inneren Rand 320 auf der Innenseite des Gehäuses 110 auf, der von einem äußeren Rand 330 des Überlagerungsbereichs 314 an der Außenseite des Gehäuses 110 in axialer Richtung beabstandet ist. Der äußere Rand 330 befindet sich auf gleicher axialer Höhe bzw. bei der gleichen axialen Position wie das axiale Ende 125 des ersten pum-

paktiven Elements bzw. der ersten Rotorscheibe 124-1, welches an den offenen Bereich 140 angrenzt. Die Ausführungsform von Fig. 3 gestattet eine Erweiterung der Einlassöffnung 312 um den Überlagerungsbereich 314 auch dann, wenn an der Außenseite des Gehäuses 110 eine vorbestimmte Abmessung, beispielsweise eine Vorgabe für die axiale Länge bzw. Höhe 142 der Einlassöffnung 312, einzuhalten ist.

[0033] Um eine wirksame Erhöhung des Saugvermögens der Vakuumpumpen 200, 300 gemäß der Erfindung zu erreichen, ist die axiale Länge 216, 316 des Überlagerungsbereichs 214, 314 derart zu wählen, dass diese größer als die Hälfte der axialen Länge bzw. Höhe 318 der ersten Rotorscheibe 124-1 ist. Andererseits darf die axiale Länge 216, 316 des Überlagerungsbereichs 214, 314 nicht größer als die axiale Länge bzw. Höhe 318 der ersten Rotorscheibe 124-1 sein, um die Betriebssicherheit der Vakuumpumpe 200, 300 nicht zu beeinträchtigen.

[0034] Für die Ausführungsform von Fig. 3 bedeutet dies, dass die axiale Länge der Abfasung 315, d.h. der axiale Abstand zwischen dem inneren Rand 320 und dem äußeren Rand 330, größer als die Hälfte der axialen Länge bzw. Höhe der ersten Rotorscheibe 124-1 ist. Wie in Fig. 3 zu erkennen ist, sind der innere und der äußere axiale Rand 320, 330 einerseits durch die Abfasung bzw. schräge Fläche 315 und andererseits durch eine weitere ebene Fläche miteinander verbunden, die senkrecht zu der Rotationsachse 122 des Rotors 120 und damit senkrecht zu der axialen Richtung verläuft.

[0035] Anstelle der in Fig. 3 dargestellten geraden Abfasung 315 kann der Überlagerungsbereich 314 jedoch bei einer alternativen Ausführungsform durch eine nicht dargestellte gekrümmte Fläche begrenzt sein, die einen vordefinierten Radius aufweist. Wenn der innere Rand 320 und der äußere Rand 330 des Überlagerungsbereichs 314 wie in Fig. 3 voneinander beabstandet sind, können zwischen den Rändern 320, 330 des Überlagerungsbereichs 314 ferner beliebige Kombinationen von ebenen und gekrümmten Flächen vorgesehen sein, um den Überlagerungsbereich 314 zu definieren.

[0036] Fig. 4 zeigt eine perspektivische Ansicht eines Abschnitts der Vakuumpumpe 100 von Fig. 1 gemäß dem Stand der Technik, während Fig. 5 eine Perspektivansicht eines entsprechenden Abschnitts der Vakuumpumpe 200 von Fig. 2 gemäß der Erfindung zeigt. In jeweiligen Abschnitten des Gehäuses 110 der Vakuumpumpe 100, 200 sind die jeweiligen Einlassöffnungen 112, 212 zu erkennen, die auf unterschiedliche Weise ausgestaltet sind. Ferner ist jeweils ein Abschnitt des Rotors 120 dargestellt, wobei zwischen der ersten Rotorscheibe 124-1 und der nächsten Rotorscheibe 124 eine Statorscheibe 132 abgebildet ist.

[0037] Bei der Vakuumpumpe 100 gemäß dem Stand der Technik weist die Einlassöffnung 112 eine solche Länge 142 in axialer Richtung parallel zur Drehachse 122 des Rotors 120 auf, dass ein hinterer Rand 410 der Einlassöffnung 112 im Bereich des axialen Endes 125

der ersten Rotorscheibe 124-1 angeordnet ist (vgl. auch Fig. 1). Im konkreten Beispiel von Fig. 4 beträgt eine axiale Länge 412 im äußeren Bereich der Einlassöffnung 112, die etwa der in Fig. 2 dargestellten axialen Länge 142 der Einlassöffnung 112 entspricht, 17,75 mm.

[0038] Bei der Vakuumpumpe 200, deren Einlassöffnung 212 in Fig. 5 perspektivisch dargestellt ist, ist die Einlassöffnung 212 im Gegensatz zur Einlassöffnung 112 der Vakuumpumpe 100 von Fig. 4 in axialer Richtung um die Länge 216 des Überlagerungsbereichs 214 vergrößert (vgl. Fig. 2), sodass der Überlagerungsbereich 214 die erste Rotorscheibe 124-1 des Rotors 120 in axialer Richtung überlagert. Umgekehrt ragt die erste Rotorscheibe 124-1 des Rotors 120 bei der Vakuumpumpe 200 von Fig. 5 in axialer Richtung in den Bereich der Einlassöffnung 212 hinein. Im Ausführungsbeispiel von Fig. 5 beträgt die axiale Länge 216 des Überlagerungsbereichs 214 etwa 6,9 mm, sodass sich im Vergleich zu Fig. 4 eine gesamte axiale Länge 516 im äußeren Bereich der vergrößerten Einlassöffnung 212 ergibt, die etwa 24,65 mm beträgt.

[0039] Für die Vakuumpumpen 100, 200, für die jeweilige Abschnitte in Fig. 4 bzw. 5 dargestellt sind, wurden mit den vorstehend genannten Abmessungen Simulationsrechnungen für das Saugvermögen der jeweiligen Vakuumpumpen 100, 200 durchgeführt. Für die Simulationsrechnung wurde als zu förderndes Gas Stickstoff bei einer Umgebungstemperatur von 20°C mit einer Teilchenzahl von 20.000 angenommen. Ferner wurde eine Drehzahl von 1100 Hz für den Rotor 120 der jeweiligen Vakuumpumpe 100, 200 verwendet.

[0040] Ferner wurde angenommen, dass die Vakuumpumpen 100, 200 als Split-Flow-Turbomolekularpumpen ausgebildet sind. Dies bedeutet, dass die Vakuumpumpen 100, 200 jeweils zusätzlich zu der jeweiligen Einlassöffnung 112, 212 weitere, nicht dargestellte Einlassöffnungen aufweisen, die beispielsweise ebenso wie die Einlassöffnung 112, 212 seitlich an dem Gehäuse 110 der jeweiligen Vakuumpumpe 100, 200 angeordnet sind. Zwischen der Einlassöffnung 112, 212 und der ersten Rotorscheibe 124-1 befindet sich ferner ein Schutzgitter (nicht dargestellt), für das eine Durchlässigkeit von 82,6% angenommen wurde. Die Einlassöffnung 112 bzw. 212 ist somit seitlich in dem jeweiligen Gehäuse 110 der Vakuumpumpe 100, 200 im Bereich des axialen Endes 125 der ersten Rotorscheibe 124-1 angeordnet. Die Einlassöffnung 112 bzw. 212 kann daher auch als Hockvakuum-Port bezeichnet werden. Alternativ kann die Einlassöffnung 112 bzw. 212 auch als ein Interstage-Port ausgebildet sein, der zwischen Pumpstufen der Vakuumpumpe 100, 200 angeordnet ist.

[0041] Für die Vakuumpumpe 100 von Fig. 4 mit der Einlassöffnung 112 lieferte die Simulationsrechnung ein effektives Saugvermögen von 106 Litern pro Sekunde, während die Simulationsrechnung für die Vakuumpumpe 200 von Fig. 5 mit der vergrößerten Einlassöffnung 212 ein effektives Saugvermögen von 136 Litern pro Sekunde ergab. Die Erweiterung der Einlassöffnung 212 um

etwa 7 mm im Vergleich zu der Einlassöffnung 112 von Fig. 4 führte somit zu einer deutlichen Vergrößerung des effektiven Saugvermögens der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe 200.

Bezugszeichenliste

[0042]

100	Vakuumpumpe gemäß dem Stand der Technik
110	Gehäuse
112	Einlassöffnung
120	Rotor
122	Drehachse
124	pumpaktives Element des Rotors, Rotorscheibe
124-1	erste Rotorscheibe
125	axiales Ende der ersten Rotorscheibe
130	Stator
132	pumpaktives Element des Stators, Statorscheibe
140	offener Bereich
142	axiale Länge des offenen Bereichs
200	Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung
212	Einlassöffnung
214	Überlagerungsbereich
216	axiale Länge des Überlagerungsbereichs
220	Innenrand des Überlagerungsbereichs
230	Außenrand des Überlagerungsbereichs
300	Vakuumpumpe gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung
312	Einlassöffnung
314	Überlagerungsbereich
315	schräge Fläche
316	axiale Länge des Überlagerungsbereichs
318	axiale Länge bzw. Höhe der ersten Rotorscheibe
320	Innenrand des Überlagerungsbereichs
330	Außenrand des Überlagerungsbereichs
410	hinterer Rand der Einlassöffnung
412	axiale Länge im Außenbereich der Einlassöffnung
516	gesamte axiale Länge der erweiterten Einlassöffnung
D	Durchmesser des Rotors
R	Radius des Rotors

Patentansprüche

- Vakuumpumpe (200, 300), insbesondere Turbomolekularpumpe, mit
 - einem Rotor (120), welcher pumpaktive Elemente (124) und eine Drehachse (122) aufweist, um die sich die pumpaktiven Elemente (124) im Betrieb der Vakuumpumpe (200, 300) drehen

- und die eine axiale Richtung definiert, und einer Einlassöffnung (212, 312), die in einem Gehäuse (110) der Vakuumpumpe (200, 300) angeordnet ist, wobei die Einlassöffnung (212, 312) einen offenen Bereich (140), der sich außerhalb der pumpaktiven Elemente (124) des Rotors (120) erstreckt und in der axialen Richtung an diese angrenzt, und einen Überlagerungsbereich (214, 314) umfasst, in dem sich die Einlassöffnung (212, 312) in axialer Richtung zumindest teilweise über eines der pumpaktiven Elemente (124) des Rotors (120) erstreckt.
2. Vakuumpumpe (200, 300) nach Anspruch 1, wobei sich die Einlassöffnung (212, 312) innerhalb des Überlagerungsbereichs (214, 314) in axialer Richtung mindestens über die Hälfte einer axialen Länge (318) des einen der pumpaktiven Elemente (124) des Rotors (120) erstreckt.
 3. Vakuumpumpe (200, 300) nach Anspruch 1 oder 2, wobei sich die Einlassöffnung (212, 312) innerhalb des Überlagerungsbereichs (214, 314) in axialer Richtung vollständig über eine axiale Länge (318) des einen der pumpaktiven Elemente (124) des Rotors (120) erstreckt.
 4. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei eine axiale Länge (142) des offenen Bereichs (140) größer als eine axiale Länge (216, 316) des Überlagerungsbereichs (214, 314) ist.
 5. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der offene Bereich (140) der Einlassöffnung (212, 312) in der axialen Richtung eine Länge (142) aufweist, die kleiner als ein Durchmesser (D) der pumpaktiven Elemente (124) oder gleich diesem ist.
 6. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Einlassöffnung (212) in dem Überlagerungsbereich (214) einen Innenrand (220) auf einer Innenseite des Gehäuses (110) und einen Außenrand (230) auf einer Außenseite des Gehäuses (110) aufweist und der Innenrand (220) und der Außenrand (230) in der axialen Richtung auf gleicher Höhe angeordnet sind.
 7. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Einlassöffnung (312) in dem Überlagerungs-
 - bereich (314) einen Innenrand (320) auf einer Innenseite des Gehäuses (110) und einen Außenrand (330) auf einer Außenseite des Gehäuses (110) aufweist und der Innenrand (320) und der Außenrand (330) in der axialen Richtung beabstandet sind.
 8. Vakuumpumpe (200, 300) nach Anspruch 7, wobei der Außenrand (330) der Einlassöffnung (312) in dem Überlagerungsbereich (314) auf gleicher axialer Höhe wie ein an den offenen Bereich (140) der Einlassöffnung (312) angrenzendes axiales Ende (125) des pumpaktiven Elements (124-1), über das sich die Einlassöffnung (312) in dem Überlagerungsbereich (314) erstreckt, angeordnet ist.
 9. Vakuumpumpe (200, 300) nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Innenrand (320) mit dem Außenrand (330) über eine oder mehrere Flächen (315) verbunden ist, die in einem axialen Querschnitt einen geradlinigen Verlauf aufweisen.
 10. Vakuumpumpe (200, 300) nach Anspruch 7 oder 8, wobei der Innenrand (320) mit dem Außenrand (330) über eine oder mehrere Flächen verbunden ist, von denen zumindest eine Fläche gekrümmt ist.
 11. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei ein Abstand (316) zwischen dem Innenrand (320) und dem Außenrand (330) in axialer Richtung größer als die Hälfte einer axialen Länge (318) ist, über die sich das pumpaktive Element (124) erstreckt.
 12. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Einlassöffnung (212, 312) seitlich an dem Gehäuse (110) angeordnet ist und sich parallel zu der Drehachse (122) des Rotors (120) in der axialen Richtung erstreckt.
 13. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Vakuumpumpe (200, 300) eine zusätzliche Einlassöffnung an einem axialen Ende des Rotors (120) auf einer Niederdruckseite des Rotors (120) aufweist.
 14. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Einlassöffnung (212, 312) an einem axialen Ende des Rotors (120) angeordnet ist.
 15. Vakuumpumpe (200, 300) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Einlassöffnung (212, 312) in einem axialen Be-

reich des Gehäuses (110) zwischen axialen Enden
des Rotors (120) angeordnet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

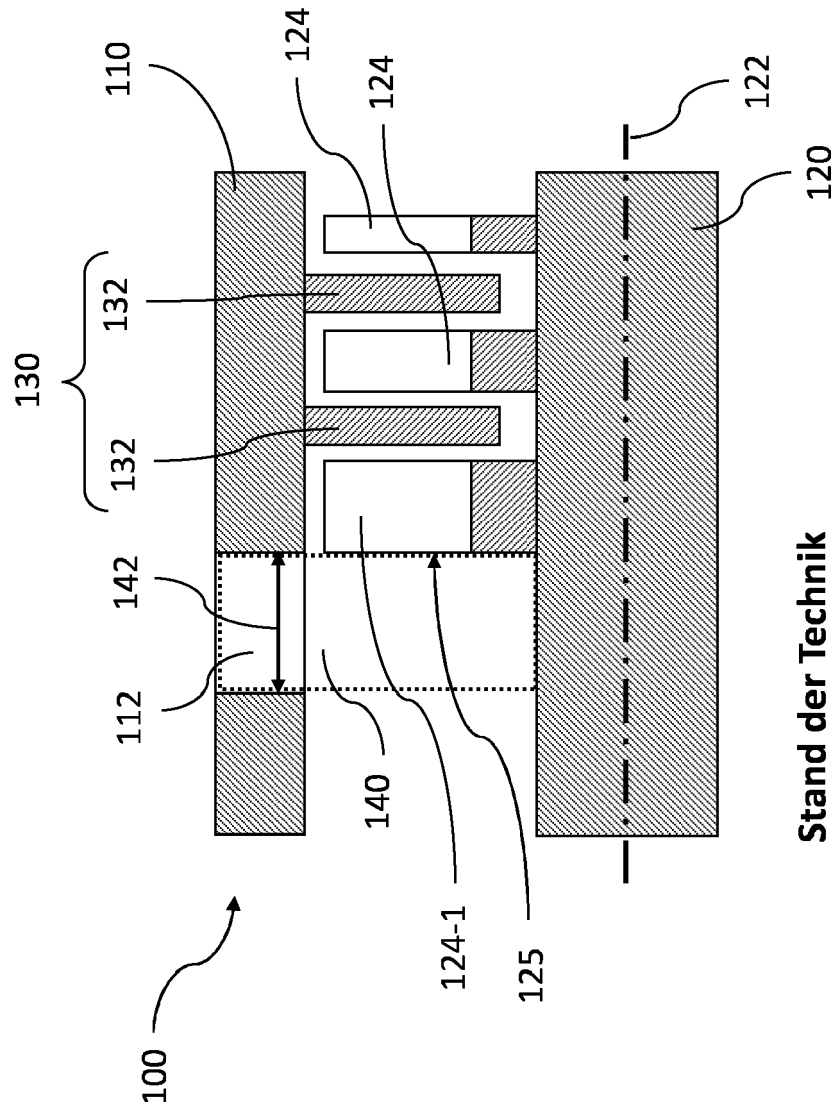


Fig. 4

Stand der Technik

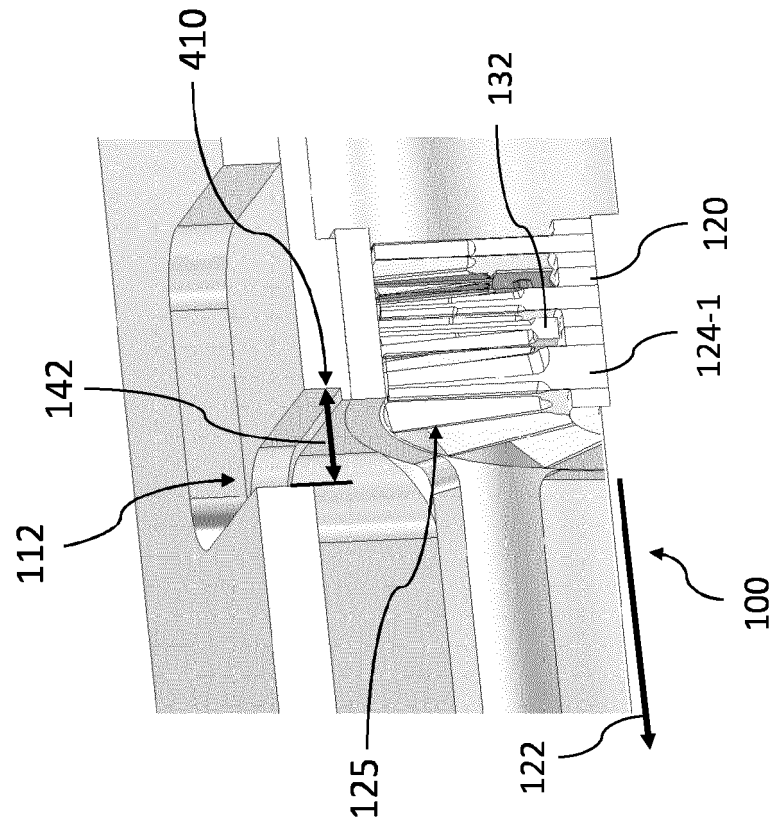
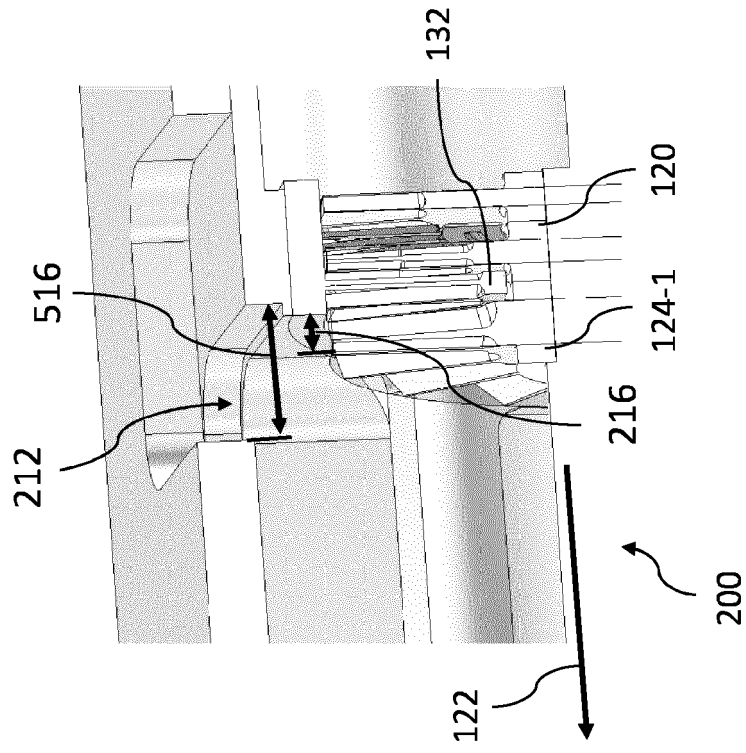


Fig. 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 17 6149

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 601 01 898 T2 (VARIAN SPA [IT]) 18. November 2004 (2004-11-18)	1-7, 9-13, 15	INV. F04D19/04
A	* Absatz [0022] * * Abbildung 1 *	8, 14	F04D29/52
X	US 2007/031263 A1 (STONES IAN D [GB] ET AL) 8. Februar 2007 (2007-02-08)	1-7, 9-15	
A	* Absatz [0035] - Absatz [0036] * * Abbildungen 6(a), 6(b) *	8	
X	DE 10 2008 013142 A1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]) 10. September 2009 (2009-09-10)	1-7, 9-15	
A	* Absatz [0008] - Absatz [0014] * * Absatz [0027] * * Abbildung 1 *	8	
X	US 9 309 892 B2 (TOLLNER MARTIN ERNST [GB]; EDWARDS LTD [GB]) 12. April 2016 (2016-04-12)	1-7, 9-13, 15	
A	* Abbildungen 1, 2 *	8, 14	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D F04B F04C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 7. Juli 2023	Prüfer Oliveira, Damien
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : 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	

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

EP 23 17 6149

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

07-07-2023

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 60101898 T2	18-11-2004	KEINE	
US 2007031263 A1	08-02-2007	CA 2563241 A1	14-04-2005
		CA 2737136 A1	14-04-2005
		CN 1860299 A	08-11-2006
		EP 1668256 A1	14-06-2006
		JP 2007507658 A	29-03-2007
		US 2007031263 A1	08-02-2007
		WO 2005033521 A1	14-04-2005
DE 102008013142 A1	10-09-2009	KEINE	
US 9309892 B2	12-04-2016	CA 2774601 A1	28-04-2011
		CN 102648351 A	22-08-2012
		EP 2491249 A1	29-08-2012
		GB 2474507 A	20-04-2011
		JP 5913109 B2	27-04-2016
		JP 2013508595 A	07-03-2013
		TW 201118256 A	01-06-2011
		US 2012201696 A1	09-08-2012
		WO 2011048396 A1	28-04-2011

EPO FORM P0461

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