



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
31.05.2023 Patentblatt 2023/22

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 13/06 ^(2006.01) **F04D 29/051** ^(2006.01)
F04D 29/22 ^(2006.01) **F04D 29/041** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22203922.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 13/0606; F04D 29/0416; F04D 29/2216;
F04D 29/2266

(22) Anmeldetag: **26.10.2022**

(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

(71) Anmelder: **WILO SE**
44263 Dortmund (DE)

(72) Erfinder: **Ruf, Sebastian**
44263 Dortmund (DE)

(74) Vertreter: **Cohausz Hannig Borkowski Wißgott**
Patentanwaltskanzlei GbR
Schumannstraße 97-99
40237 Düsseldorf (DE)

(30) Priorität: **24.11.2021 LU 500893**

(54) **AXIALLAGERLOSE NASSLÄUFERPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Nassläuferpumpe (1) mit einem permanentmagnetischen Rotor (2) und einer zum Rotor (2) hin durch eine Trennwand (5) begrenzte Pumpenkammer (4), in der ein Laufrad (7) angeordnet ist, das auf einer axial verschieblichen Welle (3) drehfest montiert ist und eine Tragscheibe (8), eine Deckscheibe (10) und zwischen diesen angeordnete Schaufeln (9) aufweist. Die Deckscheibe (10) ist mittels einer Saughalsdichtung (11) radial abgedichtet und von der Tragscheibe (8) springt eine erste ringförmige Wand (12) vor, die gemeinsam mit einem axialen Vorsprung (6) der Trennwand (5) einen axial durchströmbar, radialen Drosselspalt (13) konstanter Spaltweite bildet. Eine Entlastungsbohrung (18) bildet eine Fluidverbindung zwischen der Saugseite (20) des Laufrades (7) und einem zwischen der Tragscheibe (8) und der Trennwand (5)

liegenden Radseitenraum. Das Laufrad (7) weist eine zweite, sich zur Trennwand (5) erstreckende, ringförmige Wand (14) auf, die den Radseitenraum zwischen der ersten Wand (12) und der Welle (3) in einen radial äußeren Ringraum (16) und einen radial inneren Ringraum (17) trennt und die mit der Trennwand (5) einen von der axialen Lage des Laufrads (7) abhängigen, radial durchströmbar axialen Drosselspalt (15) bildet. Die Saughalsdichtung (11) liegt auf einem Durchmesser zwischen dem radialen Drosselspalt (13) und dem axialen Drosselspalt (15). Die Entlastungsbohrung (18) mündet in den radial inneren Ringraum (17). Infolge dieser Konstruktion stellt sich die Spaltweite des axialen Drosselspalts (15) und somit die axiale Position des Laufrads selbsttätig ein. Somit kann bei der Nassläuferpumpe (1) auf ein Axiallager verzichtet werden.

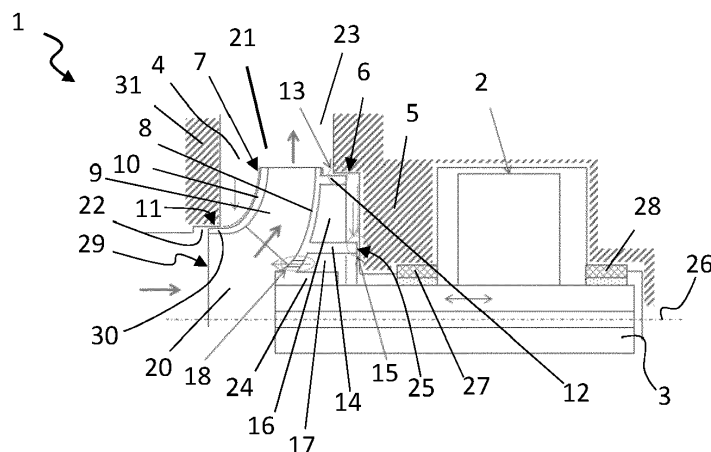


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Nassläuferpumpe mit einem permanentmagnetischen Rotor und einer zum Rotor hin durch eine Trennwand begrenzte Pumpenkammer, in der ein Laufrad angeordnet ist, das auf einer relativ zum Stator axial verschieblichen Welle drehfest montiert ist und eine Tragscheibe, eine Deckscheibe und zwischen diesen angeordnete Schaufeln aufweist, wobei die Deckscheibe mittels einer Saughalsdichtung radial abgedichtet ist und von der Tragscheibe eine ringförmige Wand vorspringt, die gemeinsam mit einem axialen Vorsprung der Trennwand einen axial durchströmbaren radialen Drosselspalt konstanter Spaltweite bildet, und wobei eine Entlastungsbohrung eine Fluidverbindung zwischen der Saugseite des Laufrades und einem zwischen der Tragscheibe und der Trennwand liegenden Radseitenraum bildet.

[0002] Nassläuferpumpen sind Kreispumpen, bei denen der Rotor in dem geförderten Medium dreht. Auf Laufräder von Kreispumpen wirken Axialkräfte, die sich durch Druckkräfte und Impulskräfte auf die Laufradoberflächen ergeben. Typischerweise zeigt die resultierende Axialkraft entgegen der Laufradzuströmung und muss durch ein Axiallager abgefangen werden. Bei Nassläuferpumpen sind diese Axiallager in der Regel als medium-geschmierte Gleitlager bestehend aus einem System aus einer stationären und einer rotierenden Komponente ausgeführt. Durch ein zum Abfangen der Axialkraft verwendetes Lagersystem können jedoch Nachteile entstehen. So benötigt das Axiallager Bauraum, es führt zu höheren Kosten, einer höheren Systemkomplexität, zu Reibungsverlusten und Geräuschen. Ferner ist es hinsichtlich der Bauteilqualität und Toleranzen zu überwachen, es ist verschleißbehaftet und birgt die Gefahr eines Verklebens. Es besteht deshalb ein Bedürfnis, auf das Axiallager zu verzichten.

[0003] Um die Verluste im Lagersystem durch verringerte Lagerbelastung zu reduzieren, wurden Entlastungssysteme entwickelt, die insbesondere bei mehrstufigen Pumpen notwendig sind. Dort können die Axialkräfte so groß werden, dass sie durch ein übliches Lager nicht mehr in einer vertretbaren Baugröße zu vertretbaren Kosten mit akzeptablen Verlusten aufgenommen werden können. Die reduzierte Lagerbelastung wird durch erhöhte volumetrische und/oder Reibungsverluste im Entlastungssystem erkauft. Es muss deshalb in der Praxis genau geprüft werden, ob die Vorteile des Entlastungssystems dessen Nachteile überwiegen. Ein Entlastungssystem kann beispielsweise durch sogenannte Rückenschaufeln auf der Rückseite der Tragscheibe des Laufrads gebildet sein. Ferner bilden in der gattungsgemäßen Nassläuferpumpe die vorspringende ringförmige Wand der Tragscheibe und die Entlastungsbohrung, beispielsweise im Laufrad, ein Entlastungssystem zur Reduzierung der auf das Laufrad wirkenden Axialkräfte.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Nassläuferpumpe mit einem verbesserten Entlastungssystem be-

reitzustellen, das die Axialkräfte im Normalbetrieb der Nassläuferpumpe eliminiert, damit diese ohne Axiallager ausgeführt werden kann, wobei die Entlastung platzsparend im Radseitenraum der Tragscheibe untergebracht sein soll.

[0005] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand von Anspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben und werden nachfolgend erläutert.

[0006] Erfindungsgemäß ist bei der gattungsgemäßen Nassläuferpumpe vorgesehen, dass anstelle eines Axiallagers das Laufrad eine zweite, sich zur Trennwand erstreckende ringförmige Wand aufweist, die den Radseitenraum zwischen der ersten Wand und der Welle in einen radial äußeren Ringraum und einen radial inneren Ringraum trennt und die mit der Trennwand einen von der axialen Lage des Laufrads abhängigen, radial durchströmbaren axialen Drosselspalt bildet, wobei die Saughalsdichtung auf einem Durchmesser zwischen dem radialen Drosselspalt und dem axialen Drosselspalt liegt und die Entlastungsbohrung in den radial inneren Ringraum mündet. Infolge dieser Konstruktion stellt sich die Spaltweite des axialen Drosselspalts und somit die axiale Position des Laufrads selbsttätig ein. Somit kann bei der Nassläuferpumpe auf ein Axiallager verzichtet werden.

[0007] Die Kompensation der Axialkräfte am Laufrad wird erfindungsgemäß durch ein System zusammenwirkender Komponenten erreicht, nämlich

- einem radialen Dichtspalt (Radialspalt) mit konstanter Spaltweite auf einem äußeren Durchmesser des Laufrads. Dieser Dichtspalt bildet eine radiale Vordrossel und wird axial durchströmt.
- einem axialen Dichtspalt (Axialspalt) variabler Spaltweite auf einem inneren Durchmesser des Laufrads. Dieser Dichtspalt wird radial nach innen durchströmt und bildet eine axiale Drossel, deren Wirkung von der Spaltweite des Axialspalts abhängt, die wiederum von der axialen Position des Laufrads bzw. Rotors abhängt. Als innerer Durchmesser ist ein Durchmesser zu verstehen, der näher an der Welle liegt, als der äußere Durchmesser.
- einem durch die Saughalsdichtung gebildeten radialen Dichtspalt mit konstanter Spaltweite auf einem mittleren Durchmesser des Laufrads, d.h. einem Durchmesser zwischen dem äußeren und dem inneren Durchmesser, mit anderen Worten zwischen dem Radialspalt und dem Axialspalt.
- und einer Entlastungsbohrung, die zwischen dem inneren Durchmesser und der Welle in den Radseitenraum mündet und dadurch eine Durchströmung des Radseitenraum möglich macht, wodurch der radiale und der axiale Dichtspalt wirksam werden.

[0008] Durch die radiale Vordrossel wird sichergestellt, dass die Vorzugsrichtung der auf das Laufrad wirkenden hydraulischen Druckkräfte immer in Richtung der Strömungsrichtung am Laufradeintritt zeigt. Dadurch wird er-

reicht, dass der Rotor durch Druck und Impulskräfte am Laufrad derart verschoben wird, dass sich der axiale Dichtspalt schließt, d.h. dessen Spaltweite geringer wird. Dies hat einen Anstieg des Druckniveaus im Radseitenraum auf der Laufradrückseite zur Folge, der über die Entlastungsbohrung abgebaut wird, bis sich ein Kräftegleichgewicht einstellt. In dieser Gleichgewichtsposition verharrt der Rotor bezüglich seiner axialen Lage, ohne eine Komponente axial zu berühren.

[0009] Verändert sich der Betriebspunkt der Pumpe, verändern sich auch die am Rotor angreifenden Kräfte und der Rotor sucht sich eine neue Gleichgewichtsposition, indem sich die axiale Position des Laufrads und des Rotors ändert. Die Spaltweite am axialen Dichtspalt verändert sich entsprechend. Der axiale Dichtspalt hat also eine selbst-regelnde Funktion und kann somit als Regelspalt bezeichnet werden. Die Spaltweite an dem axialen Drosselspalt stellt sich automatisch so ein, dass sich der Rotor in einer axial stabilen Gleichgewichtslage befindet.

[0010] Die erfindungsgemäße Anordnung der Spalte hat nicht nur den Vorteil, eine Axialkraftentlastung zu bewirken. Sie gewährleistet auch, dass es über den gesamten Betriebsbereich keinen instabilen Zustand gibt, bei dem sich der Läufer in eine Position bewegt, in der der Regelspalt seine Regelfunktion verliert.

[0011] In einer Ausführungsvariante kann der Vorsprung der Trennwand die erste ringförmige Wand außenumfänglich umgreifen. Außenumfänglich umgreifend kann der radiale Dichtspalt auf dem äußeren Durchmesser des Laufrads maximal weit radial außen positioniert werden, ohne den Laufraddurchmesser vergrößern zu müssen.

[0012] Geeigneterweise kann der Vorsprung der Trennwand dadurch gebildet sein, dass ein kreisringförmiger äußerer Abschnitt gegenüber einem kreisringförmigen inneren Abstand der Trennwand unter Bildung einer Stufe vorspringt. Die Stufe erhöht die Steifigkeit der Trennwand. Im Falle einer metallischen Trennwand kann diese Stufe beispielsweise mittels Tiefziehen oder Prägen erzeugt sein.

[0013] Um die Durchströmung des Radseitenraums auf ein Minimum zu reduzieren, kann der radiale Drosselspalt durch einen Dichtring abgedichtet ist. Beispielsweise kann ein solcher Dichtring an der Trennwand, insbesondere an ihrem Vorsprung gehalten sein und in radialer Richtung an der ersten ringförmigen Wand, insbesondere an deren radialer Außenseite anliegen. Der Dichtring kann z.B. eine Flachdichtung sein.

[0014] Vorzugsweise ist oder sind die erste und/ oder zweite ringförmige Wand einstückig mit der Tragscheibe ausgebildet, beispielsweise gemeinsam mit dieser spritzgegossen. Dies vereinfacht die Herstellung des erfindungsgemäßen Entlastungssystems.

[0015] In einer Ausführungsvariante kann die Entlastungsbohrung im Laufrad ausgebildet sein. Die Entlastungsbohrung ist somit einfach herstellbar. Es ist alternativ oder zusätzlich möglich, dass die oder eine weitere Entlastungsbohrung in der Welle ausgebildet ist, wobei

die Welle in diesem Fall eine zur Saugseite des Laufrads offene Hohlwelle ist. Die Entlastungsbohrung erstreckt sich dann radial durch die Wand der Hohlwelle hindurch. Es sei angemerkt, dass auch zwei oder mehr Entlastungsbohrungen vorhanden sein können, insbesondere äquidistant umfänglich im Laufrad und/ oder in der Hohlwelle verteilt.

[0016] Vorteilhaft ist es, wenn die zur Trennwand gerichtete Stirnfläche der zweiten Wand konisch ist, so dass sich die Spaltweite des axialen Dichtspaltes in radialer Richtung ändert, d.h. schmaler bzw. breiter wird. Eine solche konische Geometrie des Dichtspaltes verringert die Gefahr des Anlaufens, wenn die Dichtspaltweite sehr klein wird. Insbesondere kann der axiale Dichtspalt derart konisch sein, dass er mit zunehmendem Abstand zur Welle größer wird.

[0017] Die zweite Wand kann gegenüber der ersten Wand axial vorspringen, mit anderen Worten axial länger sein. Dies gewährleistet, dass im Falle einer im Bereich radial zwischen der ersten und zweiten Wand ebenen Trennwand die zur Trennwand gerichtete Stirnfläche der ersten Wand erheblich weiter weg von der Trennwand liegt als die zur Trennwand gerichtete Stirnfläche der zweiten Wand, und somit die zur Trennwand gerichtete Stirnfläche der ersten Wand keinen axialen Dichtspalt bildet.

[0018] Typischerweise liegen die Spaltmaße des ersten und zweiten Dichtspaltes sowie der Sauhalsdichtung unter 1mm. Dabei kann der der axiale Drosselspalt eine variable Spaltweite zwischen 0,1mm und 1,0mm aufweisen. Ferner kann der radiale Drosselspalt eine konstante Spaltweite zwischen 0,05mm und 1,0mm, vorzugsweise zwischen 0,2mm und 0,5mm aufweisen.

[0019] Um zu vermeiden, dass es durch eine Betriebspunktveränderung der Nassläuferpumpe zu Kontakt zwischen rotierenden und stehenden Teilen kommt, kann eine magnetische Hilfslagerung vorgesehen werden. Diese kann bei geringen hydraulischen Kräften die axiale Positionierung übernehmen. Bei modernen, energieeffizienten Nassläuferantrieben werden Permanentmagnete im Rotor verbaut, wodurch der Rotor eine magnetische Ruhelage innerhalb des Stators hat. Die magnetische Ruhelage ist dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor bezüglich seiner axialen Position relativ zum Stator symmetrisch bzw. mittig liegt. Eine magnetische Hilfslagerung kann dadurch realisiert werden, dass diese Ruhelage dann vorliegt, wenn die Spaltweite des veränderlichen axialen Dichtspaltes vergleichsweise groß ist, insbesondere maximal ist. Dadurch ist eine definierte, kontaktfreie axiale Rotorposition bis zum Stillstand gewährleistet. Es sind keine zusätzlichen magnetischen Komponenten notwendig.

[0020] Weitere Merkmale, Vorteile und Eigenschaften der Erfindung werden nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigten:

Fig. 1: eine Schnittansicht durch das Laufrad und den Rotor einer Nassläuferpumpe gemäß einer ers-

ten Ausführungsvariante

Fig. 2: eine Schnittansicht durch das Laufrad und den Rotor einer Nassläuferpumpe gemäß einer ersten Ausführungsvariante

Fig. 3: eine Schnittansicht durch das Laufrad und den Rotor einer Nassläuferpumpe gemäß einer ersten Ausführungsvariante

Fig. 4: ein Diagramm mit drei Schnittansichten einer Nassläuferpumpe mit unterschiedlichen Axialpositionen des Laufrades

[0021] Figur 1 zeigt einen Ausschnitt einer Kreiselpumpe gemäß einer ersten Ausführungsvariante der Erfindung in der Art einer Nassläuferpumpe 1 in einer Schnittansicht entlang einer Axialebene durch die Pumpen-Motorachse 26. Die Nassläuferpumpe 1 weist einen permanentmagnetischen Rotor 2 auf, der drehfest auf einer Welle 3 montiert ist. Die Welle 3 ist in einem vorderen und einem hinteren radialen Gleitlager 27, 28 gelagert. In einer von einem Pumpengehäuse 31 umgebenen Pumpenkammer 4, die zum Rotor 2 bzw. zur Rotorraum hin durch eine Trennwand 5 begrenzt ist, ist ein Laufrad 7 angeordnet, das mit seiner Nabe 24 drehfest mit einem Ende der Welle 3 verbunden ist. Die aus Rotor 2, Welle 3 und Laufrad 7 gebildete Baugruppe ist infolge einer fehlenden Axiallagers axial verschieblich, wie der innerhalb der Welle 3 abgebildete Doppelpfeil zum Ausdruck bringt.

[0022] Das Laufrad 7 ist ein sogenanntes gedecktes Laufrad. Es umfasst dementsprechend eine Tragscheibe 8, eine Deckscheibe 10 und zwischen diesen angeordnete Schaufeln 9. Die Deckscheibe 10 weist eine zentrale Öffnung 29 auf, den sogenannten Saugmund 29, der in radialer Richtung nach außen durch einen rohrförmigen Abschnitt 30 der Deckscheibe 10 begrenzt ist, welcher allgemein als Saughals 30 bezeichnet wird. Der Raumbereich innerhalb, vor und unmittelbar hinter dem Saugmund 29 bildet die Saugseite 20 des Laufrads 7. Demgegenüber bildet die Peripherie und der Raumbereich radial vor dem Laufrad 7 dessen Druckseite 21. Das Pumpengehäuse 31 weist eine in die Pumpenkammer 4 mündende Saugöffnung 22 sowie eine aus der Pumpenkammer herausführende Drucköffnung 23 auf. Das Laufrad 7 erstreckt sich mit seinem Saughals 30 derart in die Saugöffnung 22 hinein, dass ein radialer Dichtspalt zwischen der Außenseite des Saughalses 30 und der Innenseite der Saugöffnung 22 besteht. Dieser Dichtspalt bildet eine Saughalsdichtung 11, um einen hydraulischen Kurzschluss zwischen der Saugseite 20 und der Druckseite 21 des Laufrads 7 zu verhindern. Mit anderen Worten ist der Saughals 30 mittels der Saughalsdichtung 11 radial abgedichtet.

[0023] Von der Tragscheibe 8 springt eine erste ringförmige Wand 12 vor, die gemeinsam mit einem ringförmigen, sich in axialer Richtung erstreckenden Vorsprung 6 der Trennwand 5 einen radialen Drosselspalt 13 bildet. Der Vorsprung 6 liegt auf einem größeren Durchmesser als die erste Wand 12 und umgreift diese an ihrem Au-

ßenumfang. Dieser Radialspalt 13 ist somit axial durchströmbar bzw. wird im Betrieb der Nassläuferpumpe 1 axial durchströmt. Er besitzt ferner eine konstante, genauer gesagt eine von der axialen Position des Laufrades 7 unabhängige Spaltweite.

[0024] Zusätzlich zur ersten Wand 12 weist das Laufrad 7 eine zweite, von der Tragscheibe 8 zur Trennwand 5 vorspringende, ringförmige Wand 14 auf, die den Radseitenraum zwischen der ersten Wand 12 und der Welle 3 in einen radial äußeren Ringraum 16 und einen radial inneren Ringraum 17 trennt. Mit anderen Worten, liegt die zweite Wand 14 bezogen auf die Pumpen-Motorachse 26 auf einem geringeren Durchmesser des Laufrades 7 als die erste Wand 12. Die zweite Wand 14 ragt gegenüber der ersten Wand 12 axial vor, so dass zwischen der Stirnseite 25 der zweiten Wand 14 und der Trennwand 5 ein axialer Drosselspalt 15 gebildet ist. Dieser Axialspalt 15 ist somit radial durchströmbar bzw. wird im Betrieb der Nassläuferpumpe 1 radial durchströmt. Er besitzt ferner eine von der axialen Lage des Laufrads 2 abhängige Spaltweite. Die erste und zweite Wand 12, 14 sind einstückig mit der Tragscheibe 8 ausgebildet.

[0025] Die Saughalsdichtung 11, genauer gesagt der Dichtspalt zwischen Saughals 30 und Pumpengehäuse 31 liegt bezogen auf die Pumpen-Motorachse 26 auf einem Durchmesser zwischen dem radialen Drosselspalt 13 und dem axialen Drosselspalt 15. Dies gewährleistet die Funktion des axialen Drosselspalts als Regelspalt. Läge der Dichtspalt zwischen Saughals 30 und Pumpengehäuse 31 radial weiter außen als der radiale Drosselspalt 13, kann keine Schubumkehr erreicht werden und der Regelspalt würde sich nicht schließen. Das Regelprinzip funktioniert dann nicht. Und läge der Dichtspalt zwischen Saughals 30 und Pumpengehäuse 31 radial weiter innen als der axiale Drosselspalt 13, kann der Axialschub nicht vollständig kompensiert werden. Aufgrund der vorgeschalteten Axialschubumkehr stößt das Laufrad 7 dann rückseitig gegen die Trennwand 5, so dass die erste Wand 12 mit dieser Trennwand 5 ein klassisches Axiallager bildet und es keinen Regelspalt mehr gibt.

[0026] Des Weiteren weist das Laufrad 7 eine Entlastungsbohrung 18 auf, die eine Fluidverbindung zwischen der Saugseite 20 des Laufrades 7 und dem zwischen der Tragscheibe 8 und der Trennwand 5 liegenden Radseitenraum bildet, und zwar an einer Stelle im Laufrad 7, die näher an der Welle 3 liegt, als der axiale Dichtspalt 15, so dass die Entlastungsbohrung 18 in den radial inneren Ringraum 17 mündet. Infolge dieser Entlastungsbohrung 18 wird im Betrieb der Nassläuferpumpe 1 ein Unterdruck im radial inneren Ringraum 17 erzeugt. Dieser Unterdruck führt zu einer Strömung durch den Radseitenraum, genauer gesagt zu einer Strömung von der Druckseite 21 des Laufrads 7 durch den radialen Drosselspalt 13 in den radial äußeren Ringraum 16, von dort durch den axialen Drosselspalt 15 in den radial inneren Ringraum 17 und von dort durch die Entlastungsbohrung 18 zur Laufradsaugseite.

[0027] Die Spaltweite an dem axialen Drosselspalt 15 stellt sich automatisch so ein, dass sich der Rotor 2 und das Laufrad 7 in einer axial stabilen Gleichgewichtslage befinden. Verändert sich der Betriebspunkt der Pumpe 1, verändern sich auch die am Rotor 2 angreifenden Kräfte und der Rotor 2 sucht sich eine neue Gleichgewichtsposition, indem sich die axiale Position der Welle 3 bzw. des Laufrads 7 und des Rotors 2 ändert. Die Spaltweite am axialen Dichtspalt 15 verändert sich entsprechend. Der axiale Dichtspalt 15 stellt sich somit selbst ein. Somit ist es möglich, bei der Nassläuferpumpe 1 auf ein Axiallager zu verzichten. Die Nassläuferpumpe 1 gemäß Figur 1 ist dementsprechend axiallagerlos.

[0028] Die Ausführungsvariante in Figur 2 unterscheidet sich von der ersten Ausführungsvariante lediglich darin, dass der radiale Drosselspalt 13 durch einen Dichtring 19 abgedichtet ist. Somit wird die Spaltweite des radialen Drosselspalts 13 verringert. Dieser engere Spalt 13 hat zwei Haupteffekte. Einerseits wird die Leckage geringer, wodurch der Wirkungsgrad steigt. Andererseits nimmt die Drosselwirkung am Spalt 13 zu und die Druckverhältnisse verändern sich. Das gibt dem Pumpendesigner einen zusätzlichen Freiheitsgrad bei der Spaltpositionierung, die beispielsweise durch Bauraumrestriktionen eingeschränkt sein kann. Der Dichtring 19 ist radial beweglich in einem Käfig mit im Axialschnitt U-förmigem Profil gehalten, wodurch engere Spaltmaße erzielt werden können. Der Käfig ist an der Trennwand 5 befestigt, genauer gesagt am Übergang des Vorsprungs 6 in einen kreisringförmigen Abschnitt der Trennwand 5.

[0029] Ein ebensolcher Dichtring ist hier Teil der Saughalsdichtung 11. Dieser Dichtring ist ebenfalls radial beweglich in einem Käfig mit im Axialschnitt U-förmigem Profil gehalten, der am Pumpengehäuse 31 befestigt ist, genauer gesagt am Übergang der Saugöffnung 22 zur Pumpenkammer 4. Dies dient ebenfalls der Beschränkung der axialen Durchströmung des radialen Dichtspalts am Saughals 30 auf ein Minimum, um die hydraulischen Verluste zu minimieren.

[0030] Obgleich die Ausführungsvarianten in Figur 2 und Figur 3 je zwei Dichtringe umfassen, kann die Nassläuferpumpe 1 in einer nicht dargestellten Ausführungsvariante einen Dichtring nur in der Saughalsdichtung 11 oder nur am axialen Dichtspalt 13 aufweisen.

[0031] Des Weiteren kann in einer nicht dargestellten Ausführungsvariante die Entlastungsbohrung oder eine zusätzliche Entlastungsbohrung in der Welle 3 vorhanden sein, genauer gesagt eine Querbohrung in der Wand der Hohlwelle 3 bilden, so dass der Strömungspfad vom radial inneren Ringraum 17 durch die Entlastungsbohrung und die Hohlwelle 3 zur Saugseite 20 des Laufrads erstreckt.

[0032] Die Ausführungsvariante in Figur 3 unterscheidet sich von der zweiten Ausführungsvariante lediglich darin, dass die zur Trennwand 5 gerichtete Stirnfläche 25 der zweiten Wand 14 konisch ist, insbesondere derart, dass der axiale Drosselspalt 15 mit zunehmendem Abstand zur Welle 3 größer wird.

[0033] Bei den dargestellten Ausführungsvarianten hat der axiale Drosselspalt 15 eine variable Spaltweite zwischen 0,1mm und 1,5 mm, wobei im Betriebszustand stets eine Dichtspaltweite von weniger als 1mm vorliegt und lediglich im Stillstand größere Spaltweiten möglich sind. Der radiale Drosselspalt 13 und der Dichtspalt bei der Saughalsdichtung weisen demgegenüber jeweils eine konstante Spaltweite zwischen 0,05mm (Dichtring) und 0,5mm (Dichtspalt) auf.

[0034] Figur 4 zeigt im oberen Bereich ein Diagramm, das die aus allen Einzelkräften resultierende Axialkraft $F_{ax,res}$ in Abhängigkeit von der axialen Rotorposition bzw. der Spaltweite $s_{gap, hub, 2}$ des axialen Drosselspalts 15 bei konstantem Pumpenbetriebspunkt (Fördermenge, Förderhöhe, Pumpendrehzahl) veranschaulicht, wobei die in dem Diagramm gekennzeichneten Rotorpositionen 1, 2 und 3 in den drei Schnittbildern im unteren Bereich von Figur 4 dargestellt sind. Dabei zeigt das Schnittbild unten links Rotorpositionen 1 mit großem Axialspalt 15, das Schnittbild unten Mitte die Rotorposition 2 mit einem mittleren Axialspalt 15 und das Schnittbild unten rechts die Rotorposition 3 mit minimalem Axialspalt 15. Bezugszeichen sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in Figur 4 weitgehend weggelassen.

[0035] Eine durch den permanentmagnetischen Rotor 2 ermöglichte, magnetische Hilfslagerung wird erreicht, wenn die Nassläuferpumpe 1 so designed wird, dass bei Rotorposition 1 die magnetische Ruhelage des Rotors 2 vorliegt, d.h. die magnetische Ruhelage dann besteht, wenn die Spaltweite des axialen Drosselspalts 15 vergleichsweise groß ist, hier etwa 0,7 mm beträgt. Als magnetische Ruhelage ist eine im Nichtbetriebsfall vorliegende, axial etwa mittige Position des Rotors 2 relativ zum Stator zu verstehen.

[0036] Per Definition zeigt die positive Krafrichtung zum Pumpengehäuse 31, siehe Rotorposition 3 in Figur 4 unten rechts, d.h. entgegen der Einstromrichtung in die Pumpenkammer 4.

[0037] Befindet sich das Laufrad 7 weit weg von der Trennwand 5 (Rotorposition 1, Figur 4 unten links), bewirkt das niedrige Druckniveau im Radseitenraum zwischen Laufrad 7 und Trennwand 5 (grau gestrichelte Linie) eine resultierende Kraft $F_{ax,res}$, die den Rotor 2 zur Trennwand 5 verschiebt und den axialen Drosselspalt 15 schließt. Bei ca. 0.3mm Spaltweite am axialen Drosselspalt 15 erreicht das Laufrad 7 eine Gleichgewichtsposition (Rotorposition 2, Figur 4 unten Mitte). Befindet sich das Laufrad 7 sehr nah an der Trennwand 5 (Rotorposition 3, Figur 4 unten rechts), bewirkt das hohe Druckniveau im Radseitenraum (schwarz gestrichelte Linie) eine resultierende Kraft $F_{ax,res}$, die den Rotor 2 zum Pumpengehäuse 31 verschiebt und den axialen Drosselspalt 15 wieder öffnet. In dem gezeigten Fall findet der Rotor bei ca. 0.3mm Spaltweite seine Gleichgewichtsposition (Position 2), in der sich die resultierenden Axialkräfte aufheben.

[0038] Durch diese automatische Einregelung der Laufrad- bzw. Rotorposition, und damit auch der Spalt-

weite s_{gap}, hub, 2 kann auf ein Axiallager verzichtet werden. Die in den Figuren gezeigte Nassläuferpumpe 1 ist folgemäßig ohne Axiallager aufgebaut. Hierdurch ergeben sich zahlreiche Vorteile:

- Axiallagerverluste werden eliminiert und der Wirkungsgrad erhöht.
- Es gibt keinen Axiallagerverschleiß, keine Notwendigkeit für die Wartung/ den Austausch eines Axiallagers;
- Für EEI (Energy Efficiency Index) Messungen von Nassläuferpumpen 1 müssen keine Einlaufeffekte am Axiallager mehr berücksichtigt werden.
- Ferner muss keine Axialschubumkehr berücksichtigt werden.
- Je nach Pumpentyp können sogar zwei Axiallagerstellen entfallen.
- Durch den Wegfall des oder der Axiallager(s) wird eine Kostenreduktion und eine Bauraumverringering erreicht.
- Da der Rotor 2 als Nassläufer mit Permanentmagneten axial eine magnetische Nulllage hat, kann er durch die Magnetkräfte axial so positioniert werden, dass es im Stillstand zu keinem Kontakt mit dem Gehäuse kommt. Es wird also vermieden, dass das Laufrad 7 entweder links an das Pumpengehäuse 31 oder rechts gegen die Trennwand 5 stößt. Idealerweise befindet sich der Rotor immer innerhalb dieser Grenzen und nie auf einer Grenze. Daraus resultiert ein optimiertes Anlaufverhalten ohne Verkleben. Ein axiales Notlauflager ist nicht notwendig. Somit ist der einzige gewünschte Kontakt zwischen rotierenden und statischen Teilen in den radialen Gleitlagern zu finden.
- Im Vergleich zu Laufrädern, die lediglich eine Entlastungsbohrung haben, sind die volumetrischen Verluste bei der erfindungsgemäßen Lösung aufgrund des zusätzlichen, axialen Drosselspaltes 15 mit sehr geringer Spaltweite verringert.
- Im Vergleich zu nicht entlasteten Laufrädern wird durch die Entlastungsbohrung(en) 18 eine Abfuhr von Partikeln aus dem Radseitenraum und damit ein Rotorkammerschutz erreicht.
- Der radiale Drosselspalt 13 in Fig. 1 hat eine Stützwirkung, denn er wirkt radial als zusätzliches hydrodynamisches Lager, trägt und dämpft den Rotor zusätzlich und entlastet somit die Radiallager. Bei der Variante mit engem Spalt (Fig. 2 und 3) trifft das allerdings nicht zu, da der Dichtring 19 dort radial beweglich ist.
- Durch die Integration des Entlastungssystems in die Laufradkontur (erste und zweite Wand 12, 14 sind Teil, insbesondere einstückig mit Laufrad 7) wird eine kompakte Bauform erreicht.

[0039] Es sei darauf hingewiesen, dass die vorstehende Beschreibung lediglich beispielhaft zum Zwecke der Veranschaulichung gegeben ist und den Schutzbereich

der Erfindung keineswegs einschränkt. Merkmale der Erfindung, die als "kann", "beispielhaft", "bevorzugt", "optional", "ideal", "vorteilhaft", "gegebenenfalls", "geeignet" oder dergleichen angegeben sind, sind als rein fakultativ zu betrachten und schränken ebenfalls den Schutzbereich nicht ein, welcher ausschließlich durch die Ansprüche festgelegt ist. Soweit in der vorstehenden Beschreibung Elemente, Komponenten, Verfahrensschritte, Werte oder Informationen genannt sind, die bekannte, nahe liegende oder vorhersehbare Äquivalente besitzen, werden diese Äquivalente von der Erfindung mit umfasst. Ebenso schließt die Erfindung jegliche Änderungen, Abwandlungen oder Modifikationen von Ausführungsbeispielen ein, die den Austausch, die Hinzunahme, die Änderung oder das Weglassen von Elementen, Komponenten, Verfahrensschritten, Werten oder Informationen zum Gegenstand haben, solange der erfindungsgemäße Grundgedanke erhalten bleibt, ungeachtet dessen, ob die Änderung, Abwandlung oder Modifikationen zu einer Verbesserung oder Verschlechterung einer Ausführungsform führt.

[0040] Obgleich die vorstehende Erfindungsbeschreibung eine Vielzahl körperlicher, unkörperlicher oder verfahrensgegenständlicher Merkmale in Bezug zu einem oder mehreren konkreten Ausführungsbeispiel(en) nennt, so können diese Merkmale auch isoliert von dem konkreten Ausführungsbeispiel verwendet werden, jedenfalls soweit sie nicht das zwingende Vorhandensein weiterer Merkmale erfordern. Umgekehrt können diese in Bezug zu einem oder mehreren konkreten Ausführungsbeispiel(en) genannten Merkmale beliebig miteinander sowie mit weiteren offenbarten oder nicht offenbarten Merkmalen von gezeigten oder nicht gezeigten Ausführungsbeispielen kombiniert werden, jedenfalls soweit sich die Merkmale nicht gegenseitig ausschließen oder zu technischen Unvereinbarkeiten führen.

Bezugszeichenliste

[0041]

- 1 Nassläuferpumpe
- 2 Rotor
- 3 Welle
- 4 Pumpenkammer
- 5 Trennwand
- 6 Vorsprung
- 7 Laufrad
- 8 Tragscheibe
- 9 Schaufeln
- 10 Deckscheibe
- 11 Saughalsdichtung
- 12 erste Wand
- 13 radialer Drosselspalt/ Radialspalt
- 14 zweite Wand
- 15 axialer Drosselspalt/ Axialspalt
- 16 äußerer Ringraum
- 17 innerer Ringraum

18 Entlastungsbohrung
 19 Dichtring
 20 Saugseite des Laufrads
 21 Druckseite des Laufrads
 22 Saugöffnung
 23 Drucköffnung
 24 Nabe
 25 Stirnfläche
 26 Pumpen-Motorachse
 27 Vorderes Gleitlager
 28 hinteres Gleitlager
 29 Saugmund
 30 Saughals
 31 Pumpengehäuse

Patentansprüche

1. Nassläuferpumpe (1) mit einem permanentmagnetischen Rotor (2) und einer zum Rotor (2) hin durch eine Trennwand (5) begrenzte Pumpenkammer (4), in der ein Laufrad (7) angeordnet ist, das auf einer axial verschieblichen Welle (3) drehfest montiert ist und eine Tragscheibe (8), eine Deckscheibe (10) und zwischen diesen angeordnete Schaufeln (9) aufweist, wobei die Deckscheibe (10) mittels einer Saughalsdichtung (11) radial abgedichtet ist und von der Tragscheibe (8) eine erste ringförmige Wand (12) vorspringt, die gemeinsam mit einem axialen Vorsprung (6) der Trennwand (5) einen, axial durchströmbaren, radialen Drosselspalt (13) konstanter Spaltweite bildet, und wobei eine Entlastungsbohrung (18) eine Fluidverbindung zwischen der Saugseite (20) des Laufrades (2) und einem zwischen der Tragscheibe (8) und der Trennwand (5) liegenden Radseitenraum bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** anstelle eines Axiallagers das Laufrad (7) eine zweite, sich zur Trennwand (5) erstreckende ringförmige Wand (14) aufweist, die den Radseitenraum zwischen der ersten Wand (12) und der Welle (3) in einen radial äußeren Ringraum (16) und einen radial inneren Ringraum (17) trennt und die mit der Trennwand (5) einen von der axialen Lage des Laufrads (7) abhängigen, radial durchströmbaren axialen Drosselspalt (15) bildet, wobei die Saughalsdichtung (11) auf einem Durchmesser zwischen dem radialen Drosselspalt (13) und dem axialen Drosselspalt (15) liegt und die Entlastungsbohrung (18) in den radial inneren Ringraum (17) mündet.
2. Nassläuferpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorsprung (6) der Trennwand (5) die erste ringförmige Wand (12) außenumfänglich umgreift.
3. Nassläuferpumpe (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der radiale Drosselspalt (13) durch einen Dichtring (19) abgedichtet ist.

4. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und/ oder zweite ringförmige Wand (12, 14) einstückig mit der Tragscheibe (8) ausgebildet ist/ sind.
5. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entlastungsbohrung (18) im Laufrad (7) ausgebildet ist.
6. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Welle (3) eine zur Saugseite (20) offene Hohlwelle ist und die Entlastungsbohrung (18) in Welle (3) ausgebildet ist.
7. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zur Trennwand (5) gerichtete Stirnfläche (25) der zweiten Wand (14) konisch ist, insbesondere derart, dass der axiale Drosselspalt (15) mit zunehmendem Abstand zur Welle (3) größer wird.
8. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Wand (14) gegenüber der ersten Wand (12) axial vorspringt.
9. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der axiale Drosselspalt (15) eine variable Spaltweite zwischen 0,1mm und 1,0mm aufweist.
10. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der radiale Drosselspalt (15) eine konstante Spaltweite zwischen 0,05mm und 1,0mm, vorzugsweise zwischen 0,2mm und 0,5mm aufweist.
11. Nassläuferpumpe (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine magnetische Hilfslagerung aufweist.

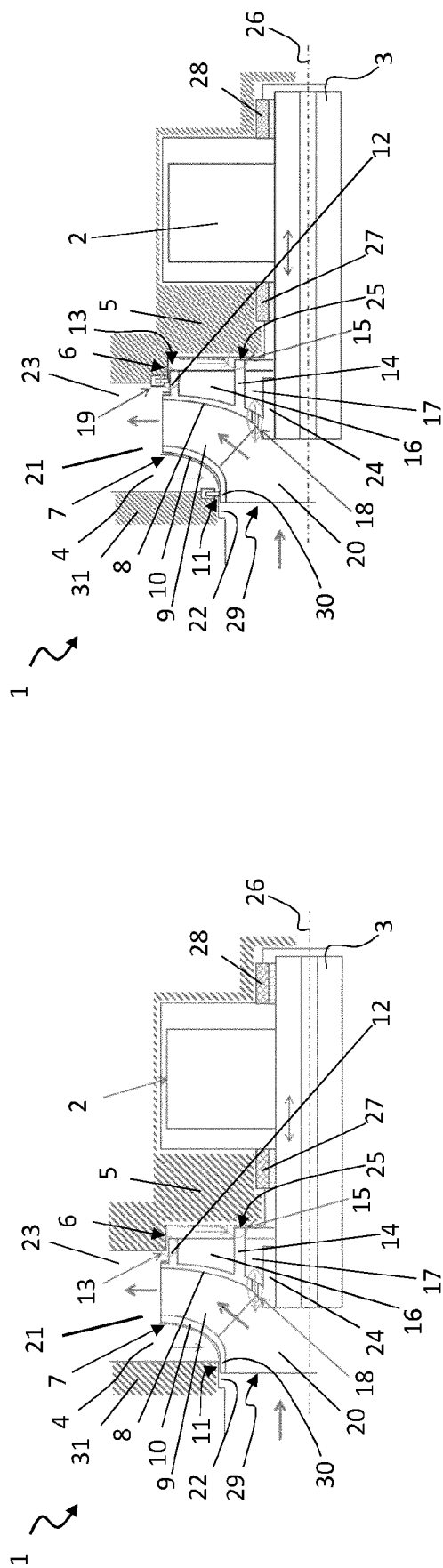


Fig. 1

Fig. 2

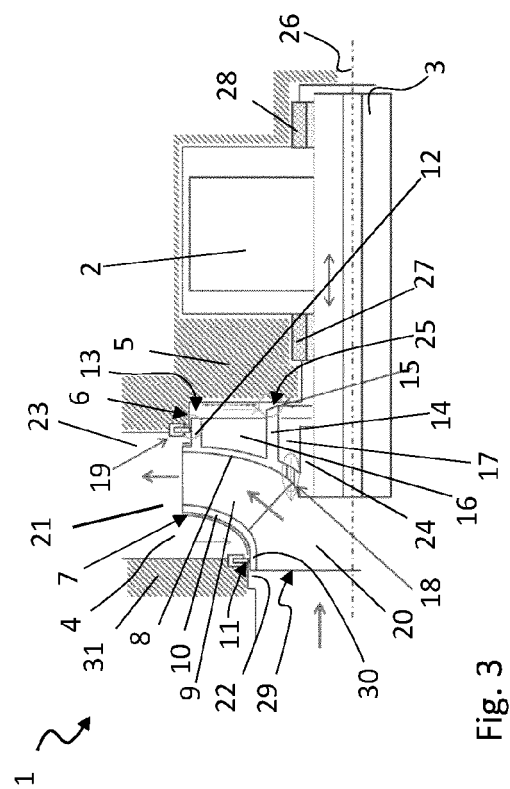


Fig. 3

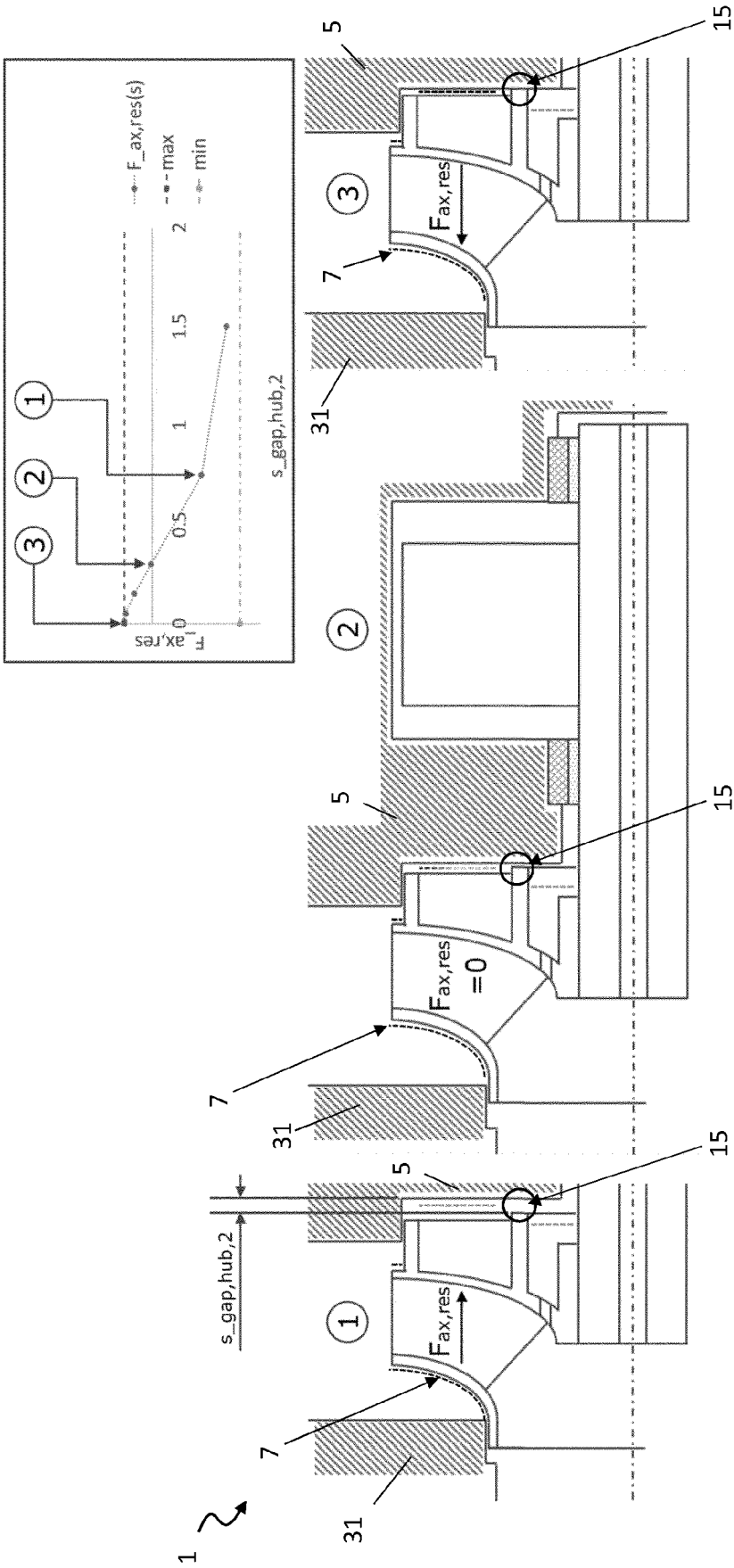


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 20 3922

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2

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 27 33 631 A1 (HERMETIC PUMPEN GMBH) 8. Februar 1979 (1979-02-08) * Seite 8, Zeile 1 - Seite 11, Zeile 2 * * Seite 12, Zeile 14 - Zeile 15 * * Abbildungen 1-2 *	1-11	INV. F04D13/06 F04D29/051 F04D29/22 F04D29/041
X	DE 21 05 485 A1 (NIKKISO C LTD) 6. April 1972 (1972-04-06) * Seite 7, Zeile 3 - Seite 10, Zeile 25 * * Abbildung 8 *	1-7, 9-11	
X	SU 1 555 539 A1 (POPOV IGOR K [SU]) 7. April 1990 (1990-04-07) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 *	1-7, 9-11	
X	EP 0 688 955 B1 (KSB AG [DE]) 29. Dezember 1999 (1999-12-29) * Absatz [0012] - Absatz [0022] * * Abbildungen 1, 2, 5 *	1-7, 9-11	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 13. März 2023	Prüfer Lovergine, A
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 22 20 3922

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.

13-03-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 2733631	A1	08-02-1979	KEINE
15	DE 2105485	A1	06-04-1972	CA 971823 A 29-07-1975
			CH 529929 A 31-10-1972	
			DE 2105485 A1 06-04-1972	
			FR 2101348 A5 31-03-1972	
			GB 1300660 A 20-12-1972	
20			JP S4938641 B1 19-10-1974	
			NL 7100841 A 08-02-1972	
			US 3664758 A 23-05-1972	
	SU 1555539	A1	07-04-1990	KEINE
25	EP 0688955	B1	29-12-1999	DE 4421888 A1 04-01-1996
			EP 0688955 A1 27-12-1995	

EPO FORM P0461

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