



(11) **EP 3 163 086 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.05.2017 Patentblatt 2017/18

(51) Int Cl.:
F04D 13/06 (2006.01) **F04D 29/10** (2006.01)
F04D 29/12 (2006.01) **F04D 29/58** (2006.01)
F04D 7/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16192508.6**

(22) Anmeldetag: **06.10.2016**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Sulzer Management AG**
8401 Winterthur (CH)

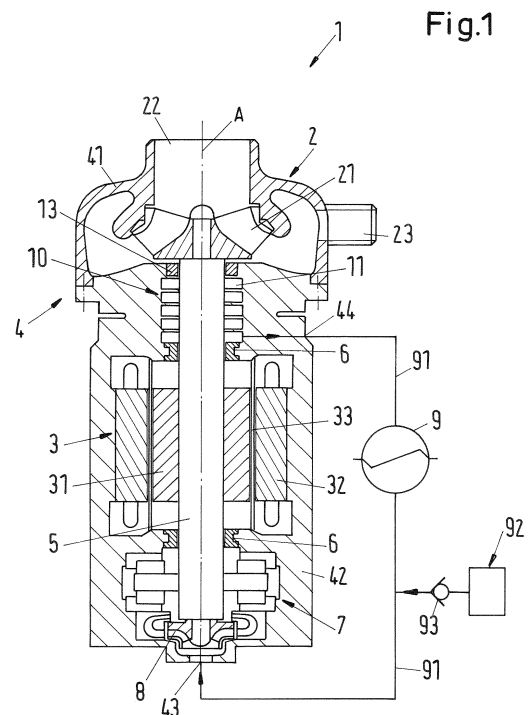
(72) Erfinder: **Meuter, Paul**
8472 Seuzach (CH)

(74) Vertreter: **Intellectual Property Services GmbH**
Langfeldstrasse 88
8500 Frauenfeld (CH)

(30) Priorität: **02.11.2015 EP 15192545**

(54) **PUMPEN-ANTRIEB-EINHEIT ZUM FÖRDERN EINES PROZESSFLUIDS**

(57) Es wird eine Pumpen-Antrieb-Einheit zum Fördern eines Prozessfluids vorgeschlagen, mit einem gemeinsamen Gehäuse (4), welches eine Pumpe (2) mit einem Laufrad (21) zur Rotation um eine axiale Richtung (A) und einen Antrieb (3) für die Pumpe (2) umschliesst, mit einer Welle (5) zum Antreiben des Laufrads (21), welche den Antrieb (3) mit der Pumpe (2) verbindet, und mit einer Drossel (13), welche sich um die Welle (5) herum erstreckt, und welche zwischen dem Laufrad (21) und dem Antrieb (3) vorgesehen ist, wobei das Gehäuse (4) einen Pumpeneinlass (22) und einen Pumpenauslass (23) für das Prozessfluid aufweist, wobei ein Einlass (43) für ein Sperrfluid vorgesehen ist, durch welchen das Sperrfluid in den Antrieb (3) einbringbar ist, und ein Auslass (44) für das Sperrfluid, durch welchen das Sperrfluid aus dem Gehäuse (4) abführbar ist, und wobei an der Welle (5) im Bereich zwischen der Drossel (13) und dem Antrieb (3) eine Mehrzahl von Speicherkammern (11) für das Sperrfluid vorgesehen ist, welche Speicherkammern (11) bezüglich der axialen Richtung (A) hintereinander angeordnet sind, wobei jeweils zwei benachbarte Speicherkammern (11) strömungsverbunden miteinander sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pumpen-Antrieb-Einheit zum Fördern eines Prozessfluids gemäss dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs.

[0002] Pumpen-Antrieb-Einheiten, bei denen eine Pumpe mit einem Laufrad und ein Antrieb für die Pumpe von einem gemeinsamen Gehäuse umschlossen sind, werden häufig für solche Anwendungen eingesetzt, bei welchen die Pumpe ganz oder vollständig in einer Flüssigkeit, z. B. Wasser, eingetaucht ist, oder wenn die Pumpe an schwer zugänglichen Orten oder unter schwierigen Bedingungen oder Umgebungsbedingungen betrieben wird.

[0003] Ein Anwendungsbeispiel hierfür sind Pumpen, die für Wirbelschicht- oder Siedebettverfahren (ebullated bed process) in der kohlenwasserstoffverarbeitenden Industrie eingesetzt werden. Diese Verfahren dienen beispielsweise dazu, schwere Kohlenwasserstoffe, z. B. Schweröl, oder Raffinerierückstände zu reinigen oder in besser nutzbarere leichterflüchtige Kohlenwasserstoffe aufzubrechen. Dies geschieht häufig durch Beaufschlagung der schweren Kohlenwasserstoffe mit Wasserstoff, wobei die durchmischten Komponenten in einem Reaktor verwirbelt werden und dort mit Hilfe von Katalysatoren die schweren Kohlenwasserstoffe aufgebrochen werden. Um das Prozessfluid, das üblicherweise grösstenteils aus schweren Kohlenwasserstoffen besteht, im Siedebett- oder Wirbelschicht-Reaktor zu zirkulieren, werden spezielle Pumpen-Antrieb-Einheiten eingesetzt, für die sich die Bezeichnung Ebullatorpumpe (ebullating pump) eingebürgert hat. Diese Ebullatorpumpen sind als Zirkulationspumpen für das Prozessfluid in der Regel direkt am Reaktor vorgesehen und sind prozessbedingt derart ausgestaltet, dass die Pumpe bezüglich der Vertikalen oberhalb des Antriebs angeordnet ist. Ebullatorpumpen müssen unter extrem herausfordernden Bedingungen möglichst zuverlässig und über einen grossen Zeitraum im Dauerbetrieb arbeiten.

[0004] Denn typischerweise steht das Prozessfluid prozessbedingt unter einem sehr hohen Druck von beispielsweise 200 bar oder mehr, und hat eine sehr hohe Temperatur von mehr als 400°C, z. B. 460°C. Daher ist das Gehäuse solcher Pumpen-Antrieb-Einheiten als Druckgehäuse ausgestaltet, welches diesen hohen Betriebsdrücken standhalten kann. Der Antrieb ist üblicherweise als Elektromotor ausgestaltet, der innerhalb des Gehäuses ebenfalls dem hohen Betriebsdruck ausgesetzt ist. Der Motor muss ausreichend gegen das Eindringen von Prozessfluid geschützt sein, weshalb der Motor üblicherweise mit einem Sperrfluid gefüllt ist oder von einem solchen durchströmt wird, das zusätzlich der Schmierung und der Wärmeabfuhr aus dem Motor dient. Dabei sind Ausführungsformen als komplett ölgefüllte Motoren oder als Spaltrohrmotoren (canned motor) oder als sogenannte "cable wound"-Motoren möglich.

[0005] Bei komplett ölgefüllten Motoren sind sowohl der Rotor als auch der Stator komplett von der Sperrflüs-

sigkeit umgeben, bzw. in diese eingetaucht. Daher muss für diese Ausführungsform das Sperrfluid ein dielektrisches Fluid, z.B. ein dielektrisches Öl, sein, um einen Kurzschluss im Motor zu vermeiden.

5 **[0006]** Beim Spaltrohrmotor ist zwischen dem Stator und dem Rotor ein Spaltrohr vorgesehen, welches den Stator hermetisch gegenüber dem Rotor abschliesst, wobei der Rotor üblicherweise auch durch eine Ummantelung geschützt ist. Bei der Ausgestaltung als Spaltrohrmotor wird das Sperrfluid üblicherweise durch den Spalt zwischen Rotor und Spaltrohr geleitet.

10 **[0007]** Beim cable-wound Motor sind die elektrischen Leitungen, mit denen die Statorwicklung gewickelt wird, mit einem elektrisch isolierenden Mantel umgeben.

15 **[0008]** Da beim Spaltrohrmotor und beim cable-wound Motor ein durch das Sperrfluid verursachter Kurzschluss nicht möglich ist, kann bei diesen Ausgestaltungen auch ein anderes Sperrfluid als ein dielektrisches Fluid verwendet werden. Dies ist für viele Anwendungen vorteilhaft u. a. auch aus dem Grund, dass man ein Sperrfluid mit möglichst optimalen Kühl- und Schmiereigenschaften wählen kann, ohne auf seine elektrischen Leiteigen-

20 schaften Rücksicht zu nehmen.
[0009] Es sind auch Ausführungsformen bekannt, bei welchen das Prozessfluid selbst als Sperrfluid zur Kühlung und Schmierung des Motors verwendet wird, aber für viele Anwendungen ist es wesentlich, dass der Motor ausreichend gegen ein Eindringen des Prozessfluids geschützt ist. So enthalten beispielsweise schwere Kohlenwasserstoffe als Prozessfluid, die als Rückstände bei der Destillation von Erdöl übrig bleiben, sehr häufig chemisch aggressive und/oder abrasive Substanzen, sodass das Prozessfluid insbesondere im Antrieb oder auch in den Lagern zu erheblichen Schäden führen kann.

25 **[0010]** Eine wichtige Funktion des Sperrfluids ist es somit, neben der Schmierung und der Kühlung den Antrieb der Pumpe ausreichend gegen das Eindringen von Prozessfluid zu schützen. Sehr häufig wird dabei das Sperrfluid in einem Kühlkreislauf geführt. Das Sperrfluid wird durch einen Einlass in den Antrieb eingebracht, durchströmt den Antrieb, beispielsweise durch den Spalt zwischen Rotor und Spaltrohr, sowie das pumpenseitige Radiallager der Welle und wird dann im Bereich zwischen dem Antrieb und der Pumpe durch einen Auslass abgeführt. Von diesem Auslass strömt das Sperrfluid über einen Wärmetauscher zurück zum Einlass. Um die Zirkulation des Sperrfluids in dem Kühlkreislauf zu gewährleisten, ist es bekannt, an der der Pumpe abgewandten Seite des Antriebs ein Hilfslaufrad vorzusehen, welches von der vom Motor angetriebenen Welle in Rotation versetzt wird und dadurch die Zirkulation des Sperrfluids im Kühlkreislauf bewirkt.

30 **[0011]** Häufig ist zusätzlich noch eine Injektionsvorrichtung zum Nachfüllen von Sperrfluid vorgesehen, mit welcher zusätzliches Sperrfluid entweder ausserhalb des Gehäuses in den Kühlkreislauf oder durch eine separate Eintrittsöffnung direkt in den Antrieb einbringbar ist. Dieses zusätzliche Einbringen von Sperrfluid dient in

erster Linie dazu, Verluste auszugleichen, die dadurch entstehen, dass eine meist geringfügige Flussrate des Sperrfluids in das Prozessfluid vorgesehen ist. Wenn das aus dem Antrieb ausströmende Sperrfluid entlang der Welle strömt, wird das Sperrfluid nicht vollständig durch den Auslass abgeführt, sondern ein Teil fliesst oder kriecht an der Welle entlang in die Pumpe hinein und vermischt sich dort mit dem Prozessfluid. Dieser Vorgang ist beabsichtigt und wünschenswert, denn durch dieses Fließen des Sperrfluids in die Pumpe hinein lässt es sich zuverlässig vermeiden, dass umgekehrt von der Pumpe Prozessfluid entlang der Welle in Richtung Antrieb fliesst bzw. in den Antrieb eindringt. Das Sperrfluid sperrt also durch das Fließen in die Pumpe den umgekehrten Weg für das Prozessfluid von der Pumpe in den Antrieb.

[0012] Um den Fluss des Sperrfluids in die Pumpe zu begrenzen bzw. auf einen geeigneten Wert zu beschränken, ist an der Welle in der Nähe ihres Eintritts in die Pumpe eine Einrichtung zum Erzeugen eines kontrollierten Leckageflusses vorgesehen. Diese Einrichtung kann beispielsweise in Form einer Gleitringdichtung ausgestaltet sein, bei welcher bekanntermassen ein direkter körperlicher Kontakt zwischen einem drehfest mit der Welle verbundenen Teil und einem bezüglich des Gehäuses stationärem Teil herrscht, oder in Form einer Drossel, bei welcher kein direkter körperlicher Kontakt zwischen rotierenden und stationären Teilen existiert. Diese kontaktlose Drosseleinrichtung ist beispielsweise eine Drosselbuchse.

[0013] Da, wie bereits erwähnt, solche Pumpen-Antrieb-Einheiten bei vielen Anwendungen extrem zuverlässig und in der Regel wartungsfrei über einen längeren Zeitraum im Dauerbetrieb arbeiten müssen, kommt der Betriebssicherheit der Pumpe eine enorm hohe Bedeutung zu. Insbesondere muss bei aggressiven oder für den Antrieb schädlichen Prozessfluiden sichergestellt sein, dass der Antrieb in ausreichender Weise gegen das Prozessfluid geschützt ist. Dies soll auch dann der Fall sein, wenn es zu Störungen im System kommt. Ein möglicher und kritischer Störfall ist beispielsweise eine Störung oder ein Ausfall der Injektionsvorrichtung für das Sperrfluid, weil dabei die Gefahr besteht, dass eine zu grosse Menge Prozessfluid in den Antrieb eindringt und diesen beschädigt. Falls der Kühlkreislauf für das Sperrfluid noch ordnungsgemäss funktioniert, kann die Pumpen-Antrieb-Einheit zwar prinzipiell auch ohne die Injektionsvorrichtung noch arbeiten, aber nur wenn keine Änderungen im Betriebszustand der Pumpen-Antrieb-Einheit oder im Kühlsystem auftreten. Ein Ausfall oder eine Störung der Sperrfluid-Injektion muss also nicht zwangsläufig ein Abschalten der Pumpen-Antrieb-Einheit bedingen. Es besteht durchaus die Möglichkeit, die Einheit zumindest über einen gewissen Zeitraum weiter zu betreiben, und während dieses Zeitraums die Störung an der Injektionsvorrichtung zu beheben.

[0014] Kommt es aber beim Ausfall des Injektionssystems beispielsweise zu einer Reduzierung des Volumens des Sperrfluids im Antrieb bzw. im Kühlkreislauf,

so wird das Prozessfluid quasi in den Antrieb hineingesaugt und führt dort zu erheblichen Schäden. In Ebullatorpumpen, bei denen üblicherweise der Antrieb unterhalb der Pumpe angeordnet ist, kann dieser Effekt noch durch die Gravitation unterstützt werden. Eine Volumenreduzierung des Sperrfluids kann neben ungewollten Leckagen, z.B. in den Leitungen, mehrere Ursachen haben: Beispielsweise kann die Temperatur des Kühlwassers, das üblicherweise in dem Wärmetauscher zum Kühlen des Sperrfluids verwendet wird, sinken, wodurch sich das Sperrfluid abkühlt und thermisch bedingt kontrahiert. Oder wenn die Rotationsgeschwindigkeit der Pumpe reduziert wird, führt dies auch zu einer Volumenreduzierung des Sperrfluids. Auch wenn die Pumpen-Antrieb-Einheit abgeschaltet werden muss, führt dies schliesslich zu einer Volumenreduzierung des Sperrfluids. Somit besteht dann die erhebliche Gefahr, dass der Antrieb durch das Prozessfluid beschädigt oder sogar irreparabel zerstört wird.

[0015] Dieser Problematik widmet sich die Erfindung. Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Pumpen-Antrieb-Einheit zum Fördern eines Prozessfluids bereitzustellen, bei welcher auch bei einer Störung in der Versorgung mit Sperrfluid gewährleistet ist, dass es zu keiner Schädigung des Antriebs durch das Prozessfluid kommt. Insbesondere soll diese Pumpen-Antrieb-Einheit auch als Ebullatorpumpe einsetzbar sein.

[0016] Der diese Aufgabe lösenden Gegenstand der Erfindung ist durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs gekennzeichnet.

[0017] Erfindungsgemäss wird also eine Pumpen-Antrieb-Einheit zum Fördern eines Prozessfluids vorgeschlagen, mit einem gemeinsamen Gehäuse, welches eine Pumpe mit einem Laufrad zur Rotation um eine axiale Richtung und einen Antrieb für die Pumpe umschliesst, mit einer Welle zum Antreiben des Laufrads, welche den Antrieb mit der Pumpe verbindet, und mit einer Drossel, welche sich um die Welle herum erstreckt, und welche zwischen dem Laufrad und dem Antrieb vorgesehen ist, wobei das Gehäuse einen Pumpeneinlass und einen Pumpenauslass für das Prozessfluid aufweist, wobei ein Einlass für ein Sperrfluid vorgesehen ist, durch welchen das Sperrfluid in den Antrieb einbringbar ist, und ein Auslass für das Sperrfluid, durch welchen das Sperrfluid aus dem Gehäuse abführbar ist, und wobei an der Welle im Bereich zwischen der Drossel und dem Antrieb eine Mehrzahl von Speicherkammern für das Sperrfluid vorgesehen ist, welche Speicherkammern bezüglich der axialen Richtung hintereinander angeordnet sind, wobei jeweils zwei benachbarte Speicherkammern strömungsverbunden miteinander sind.

[0018] Kommt es nun zu einem Betriebszustand, beispielsweise durch eine Störung in der Zufuhr für das Sperrfluid, bei welchem nicht mehr genügend Volumen an Sperrfluid in dem Antrieb bzw. in dem Gehäuse zur Verfügung steht, um ein Fließen von dem Sperrfluid durch die Drossel in die Pumpe zu ermöglichen, so beginnt das Prozessfluid entlang der Welle aus der Pumpe

auszutreten, gelangt durch die Drossel und in die erste der Speicherkammern. Da diese noch mit dem reinen Sperrfluid gefüllt ist, kommt es hier zu einer Vermischung des Prozessfluids mit dem Sperrfluid, wodurch das Prozessfluid stark verdünnt wird. Diese Mischung aus Prozessfluid und Sperrfluid gelangt dann als verunreinigtes Sperrfluid in die nächste Speicherkammer, die noch mit reinem Sperrfluid gefüllt ist. In dieser Speicherkammer wird das Prozessfluid dann durch das reine Sperrfluid noch weiter verdünnt. In der letzten Speicherkammer, welche dem Antrieb am nächsten ist, ist das Prozessfluid dann am stärksten verdünnt. Selbst wenn dann das mit Prozessfluid verunreinigte Sperrfluid in der Folge in den Antrieb eindringen sollte, so ist das Prozessfluid derart stark verdünnt, dass es nicht zu einer Schädigung des Antriebs kommt.

[0019] Beim Auftreten einer solchen Störung, bei der nicht mehr genügend Volumen an Sperrfluid zur Verfügung steht, gibt es dann zwei Möglichkeiten. Die erste Möglichkeit ist, dass die Störung so schwerwiegend ist, dass sie nicht in kurzer Zeit behoben werden kann. Dann muss die Pumpen-Antrieb-Einheit abgeschaltet werden, wobei durch die erfindungsgemässe Ausgestaltung gewährleistet ist, dass beim Abschalten der Pumpe -wenn überhaupt - nur eine geringe Menge von stark verdünntem Prozessfluid in Form des verunreinigten Sperrfluids in den Antrieb eindringen kann, was jedoch nicht zu einer Schädigung des Antriebs führt. Somit ist ein sicheres Abschalten der Pumpen-Antrieb-Einheit gewährleistet, ohne dass dabei der Antrieb durch eindringendes Prozessfluid geschädigt wird.

[0020] Die zweite Möglichkeit ist, dass die Störung relativ kurzfristig behoben werden kann. In diesem Falle muss die Pumpen-Antrieb-Einheit nicht abgeschaltet werden. Wie oben beschrieben, wird beim Auftreten der Störung das Prozessfluid in den in axialer Richtung hintereinander angeordneten Speicherkammern sukzessive verdünnt. Wird die Störung nun behoben, so steht wieder eine ausreichende Menge von reinem Sperrfluid zur Verfügung. Dieses drückt dann das verunreinigte Sperrfluid aus den Speicherkammern in Richtung Pumpe heraus, sodass das verunreinigte Sperrfluid aus den Speicherkammern in die Pumpe gespült wird. Dies gilt in sinngemäss gleicher Weise auch für den Fall, dass bereits eine gewisse Menge an mit Prozessfluid verunreinigtem Sperrfluid in den Antrieb eingedrungen ist. Auch dieses wird dann durch die Zufuhr des reinen Sperrfluids aus dem Antrieb abgeführt, sodass eine Schädigung des Antriebs durch das Prozessfluid wirkungsvoll verhindert wird.

[0021] Somit ist auf jeden Fall gesichert, dass beim Auftreten einer solchen Störung eine Schädigung des Antriebs durch das Prozessfluid verhindert wird, entweder durch eine Wiederaufnahme der Zufuhr von reinem Sperrfluid oder durch ein kontrolliertes und sicheres Abschalten der Pumpen-Antrieb-Einheit.

[0022] Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemässen Ausgestaltung mit den Speicherkammern ist darin

zu sehen, dass es zwischen dem Antrieb bzw. dem am Antrieb pumpenseitig vorgesehenen Radiallager und der Pumpe keiner Dichtungsanordnung an der Welle bedarf, bei der es zu einem direkten körperlichen Kontakt zwischen einem rotierenden Teil - also drehfest mit der Welle verbundenen Teil - und einem bezüglich des Gehäuses stationären Teil kommt, also beispielsweise einer Gleitringdichtung. Die Drossel und die Speicherkammern funktionieren kontaktfrei in dem Sinne, dass sie die rotierende Welle nicht berührt. Dies ist insbesondere bei solchen Ausgestaltungen vorteilhaft, bei denen das Prozessfluid unter einem sehr hohen Druck steht, z. B. mindestens 200 bar, und/oder eine sehr hohe Temperatur hat, z. B. mindestens 400°C. Insbesondere bei solchen Anwendungen sind nämlich Gleitringdichtungen problematisch und weniger betriebssicher, beispielsweise weil es bei einer Abnahme des Volumens des Sperrfluids im Antrieb zur Ausbildung eines Gegendrucks kommt, der über der Gleitringdichtung anliegt. Die kontaktlose Ausgestaltung gemäss der Erfindung zeichnet sich dem gegenüber durch eine höhere Betriebssicherheit und eine geringere Störanfälligkeit aus.

[0023] Aus fertigungstechnischen Gründen ist es bevorzugt, wenn jede Speicherkammer als Ringraum um die axiale Richtung ausgestaltet ist.

[0024] Gemäss einer bevorzugten Ausgestaltung sind jeweils zwei benachbarte Speicherkammern durch einen Drosselspalt strömungsverbunden, wobei die Welle jeweils eine Begrenzungsfläche des Drosselspalts bildet.

[0025] Die geeignete Anzahl von Speicherkammern hängt natürlich vom jeweiligen Anwendungsfall bzw. von der konkreten Ausgestaltung der Pumpen-Antrieb-Einheit ab, beispielsweise von dem Volumen, das im Antrieb für das Sperrfluid zur Verfügung steht, von der Grösse und der Leistung der Pumpe oder vom zu fördernden Prozessfluid. In der Praxis hat es sich bewährt, wenn mindestens drei und höchstens zehn Speicherkammern vorgesehen sind.

[0026] In einer bevorzugten Ausgestaltung ist mindestens eine der Speicherkammern im Gehäuse vorgesehen, beispielsweise als ringförmige Nut, welche sich um die Welle herum erstreckt.

[0027] Es sind auch solche Ausgestaltungen möglich, bei welchen mindestens eine der Speicherkammern in der Welle vorgesehen ist, beispielsweise als ringförmige Nut, die sich über den Umfang der Welle erstreckt.

[0028] Aus fertigungstechnischen Gründen ist es besonders bevorzugt, wenn alle Speicherkammern im Gehäuse vorgesehen sind.

[0029] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind der Auslass und der Einlass für das Sperrfluid durch eine Leitung miteinander verbunden, sodass ein Kühlkreislauf für das Sperrfluid ausgebildet ist, wobei der Kühlkreislauf einen Wärmetauscher umfasst.

[0030] Um eine möglichst kompakte und einfache Ausgestaltung zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn der Wärmetauscher für den Kühlkreislauf am Gehäuse montiert ist. Der Wärmetauscher kann beispielsweise mittels

einer Flanschverbindung oder mittels Verschraubung am Gehäuse befestigt sein.

[0031] Gemäss einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist eine Injektionsvorrichtung zum Nachfüllen von Sperrfluid vorgesehen.

[0032] Eine geeignete Abmessung der Speicherkammern hängt natürlich von der jeweiligen Ausgestaltung der Pumpen-Antrieb-Einheit und insbesondere von dem für das Sperrfluid zur Verfügung stehenden Volumen ab und ist daher für den konkreten Anwendungsfall zu ermitteln. Bevorzugt weisen die Speicherkammern ein Gesamtvolumen auf, welches mindestens so gross, und vorzugsweise doppelt so gross, ist, wie die thermisch bedingte Volumenänderung des Sperrfluids im Kühlkreislauf bei einer Temperaturabnahme des Sperrfluids um einen vorgebbaren Wert. Im jeweiligen Anwendungsfall kann man also beispielsweise zunächst das Volumen bestimmen, welches für das Sperrfluid im gesamten Kühlkreislauf inklusive dem im Antrieb zur Verfügung stehenden Volumen vorgesehen ist. Ferner schätzt man die Temperaturänderung ab, die typischerweise im Betriebszustand in dem im Kühlkreislauf befindlichen Sperrfluid auftreten kann. Für das im Anwendungsfall verwendete Sperrfluid kann man nun mit Hilfe des thermischen Expansionskoeffizienten die Volumenänderung des Sperrfluids berechnen, die durch eine solche Temperaturänderung verursacht wird. Als Gesamtvolumen aller Speicherkammern wählt man dann einen Wert der mindestens so gross und vorzugsweise doppelt so gross ist wie die ermittelte Volumenänderung des Sperrfluids.

[0033] Für viele Anwendungen ist es vorteilhaft, wenn das Gesamtvolumen aller Speicherkammern mindestens 0.5% und höchstens 4%, vorzugsweise höchstens 3%, des im Kühlkreislauf für das Sperrfluid zur Verfügung stehenden Volumens ist.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Gehäuse als Druckgehäuse ausgestaltet, vorzugsweise für einen Betriebsdruck von mindestens 200 bar.

[0035] Für viele praktische Anwendungen ist es vorteilhaft, wenn die Pumpen-Antrieb-Einheit für ein Prozessfluid ausgestaltet ist, das eine Temperatur von mehr als 400°C aufweist.

[0036] Die erfindungsgemässe Ausgestaltung ist insbesondere für eine solche Pumpen-Antrieb-Einheit geeignet, bei welcher der Antrieb bezüglich der Vertikalen unterhalb der Pumpe angeordnet ist oder bezüglich der Horizontalen neben der Pumpe angeordnet ist. Auf die normale Gebrauchslage der Pumpen-Antrieb-Einheit bezogen bedeutet dies, dass die Pumpe im gemeinsamen Gehäuse oberhalb oder neben dem Antrieb angeordnet ist.

[0037] Eine für die Praxis besonders wichtige Ausführungsform ist es, wenn die Pumpen-Antrieb-Einheit als Ebullatorpumpe für die Zirkulation eines Prozessfluids ausgestaltet ist.

[0038] Weitere vorteilhafte Massnahmen und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0039] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnung näher erläutert. In der schematischen Zeichnung zeigen, teilweise im Schnitt:

5

Fig. 1: ein teilweise schematische Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Pumpen-Antrieb-Einheit,

10

Fig. 2: eine vergrösserte Schnittdarstellung der Drossel und der Speicherkammern des Ausführungsbeispiels aus Fig. 1 an der Welle zwischen Antrieb und Pumpe,

15

Fig. 3: wie Fig. 2, aber für eine erste Variante der Drosseleinrichtung,

Fig. 4: wie Fig. 2, aber für eine zweite Variante der Drosseleinrichtung, und

20

Fig. 5: ein Diagramm zur Veranschaulichung der Konzentration des Prozessfluids in den Speicherkammern beim Auftreten einer Störung.

25

[0040] Fig. 1 zeigt in einer teilweise schematischen Schnittdarstellung ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Pumpen-Antrieb-Einheit zum Fördern eines Prozessfluids, die gesamthaft mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist. Die Pumpen-Antrieb-Einheit 1 umfasst eine Pumpe 2, die als Zentrifugalpumpe ausgestaltet ist, sowie einen Antrieb 3, der als elektrischer Motor ausgestaltet ist. Die Pumpe 2 und der Antrieb 3 sind in einem gemeinsamen Gehäuse 4 angeordnet, welches den Antrieb 3 und die Pumpe 2 umschliesst. Das Gehäuse 4 umfasst ein oberes Gehäuseteil 41 sowie ein unteres Gehäuseteil 42, welche durch nicht dargestellte Verschraubungen oder eine Flanschverbindung dichtend miteinander verbunden sind.

30

35

[0041] Im Speziellen ist die Pumpen-Antrieb-Einheit 1 in diesem Ausführungsbeispiel als Ebullatorpumpe (ebullating pump) ausgestaltet. Wie eingangs erwähnt handelt es sich bei Ebullatorpumpen um Pumpen-Antrieb-Einheiten, die für Wirbelschicht- oder Siedebettverfahren (ebullated bed process) in der kohlenwasserstoffverarbeitenden Industrie eingesetzt werden. Diese Verfahren werden dazu eingesetzt, schwere Kohlenwasserstoffe, die beispielsweise bei der Erdölraffinerie im Boden der Trennkolonnen zurückbleiben, zu reinigen, beispielsweise zu entschwefeln und/oder in leichtere Kohlenwasserstoffe aufzubrechen, die dann als Destillate wirtschaftlicher nutzbar sind. Als ein Beispiel für schwere Kohlenwasserstoffe sei hier Schweröl genannt, das bei der Raffinerie von Erdöl zurückbleibt. In einem bekannten Verfahren wird die Ausgangssubstanz, also die schweren Kohlenwasserstoffe wie z. B. Schweröl, erhitzt, mit Wasserstoff vermischt und dann als Prozessfluid in den Wirbelschicht- oder Siedebettreaktor (ebullated bed reaktor). In dem Reaktor erfolgt dann die Rei-

40

45

50

55

nigung bzw. das Aufbrechen des Prozessfluids mit Hilfe von Katalysatoren, die in dem Reaktor in Schwebe gehalten werden, um einen möglichst innigen Kontakt mit dem Prozessfluid zu gewährleisten. Für die Versorgung des Reaktors mit dem Prozessfluid bzw. für die Zirkulation des Prozessfluids verwendet man eine Ebullatorpumpe, die typischerweise direkt an den Reaktor montiert wird.

[0042] Da das Prozessfluid prozessbedingt unter einem sehr hohen Druck von beispielsweise mindestens 200 bar und unter einer sehr hohen Temperatur von beispielsweise über 400°C steht, muss auch die Ebullatorpumpe für solche Drücke und Temperaturen ausgelegt sein. Insbesondere ist dabei das Gehäuse 4 der als Pumpen-Antrieb-Einheit ausgestalteten Ebullatorpumpe 1, welches die Pumpe 2 und den Antrieb 3 umschliesst, als Druckgehäuse ausgestaltet, dass diesen hohen Betriebsdrücken von beispielsweise 200 bar oder mehr sicher standhalten kann. Zudem ist die Ebullatorpumpe auch so ausgestaltet, dass sie ein heisses Prozessfluid, welches eine Temperatur von mehr als 400°C aufweist, gefahrlos fördern kann.

[0043] Im Folgenden wird also mit beispielhaftem Charakter auf den für die Praxis wichtigen Anwendungsfall Bezug genommen, dass die Pumpen-Antrieb-Einheit 1 als eine solche Ebullatorpumpe ausgestaltet ist. Es versteht sich jedoch, dass die Erfindung nicht auf solche Ausgestaltungen bzw. Anwendungen beschränkt ist. Die erfindungsgemässe Pumpen-Antrieb-Einheit 1 kann auch für andere Anwendungen ausgestaltet sein, beispielsweise als Tauchpumpe, die während des Betriebs ganz oder teilweise in eine Flüssigkeit, z. B. Wasser, eingetaucht ist. insbesondere ist die Erfindung für solche Pumpen-Antrieb-Einheiten geeignet, bei welchen der Antrieb 3 bezüglich der Vertikalen unterhalb der Pumpe 2 angeordnet ist (Vertikalpumpe), oder bei welchen der Antrieb 3 bezüglich der Horizontalen neben der Pumpe 2 angeordnet ist (Horizontalpumpe). Eine Darstellung eines Ausführungsbeispiels als Horizontalpumpe entspricht dabei z. B. einer Darstellung, die sich durch Rotation der Fig. 1 um 90° ergibt.

[0044] Bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Pumpen-Antrieb-Einheit 1 als Ebullatorpumpe ist die Pumpe 2 bezüglich der normalen Gebrauchslage, die in Fig. 1 dargestellt ist, oberhalb des Antriebs 3 angeordnet. Die Pumpe 2 ist als Zentrifugalpumpe ausgestaltet mit einem Laufrad 21, das mehrere Flügel aufweist und im Betriebszustand um eine axiale Richtung A rotiert. Das Gehäuse 4 weist einen Pumpeneinlass 22 auf, der hier oberhalb des Laufrads 21 angeordnet ist, sowie einen Pumpenauslass 23, der hier seitlich am Gehäuse 4 angeordnet ist. Das Laufrad 21 fördert das Prozessfluid, hier also das Fluid mit den schweren Kohlenwasserstoffen, z. B. Schweröl, vom Pumpeneinlass 22 zum Pumpenauslass 23, welcher direkt mit dem Reaktor verbunden ist.

[0045] Zum Antreiben des Laufrads 21 ist der Antrieb 3 vorgesehen, der hier in an sich bekannter Weise als

elektrischer Spaltrohrmotor (canned motor) ausgestaltet ist. Der Antrieb 3 umfasst einen innenliegenden Rotor 31 sowie einen aussenliegenden, den Rotor 31 umgebenden Stator 32. Zwischen dem Rotor 31 und dem Stator 32 ist ein Spaltrohr 33 vorgesehen, welches in bekannter Weise den Stator hermetisch gegenüber dem Rotor 31 abdichtet. Der Rotor 31 ist drehfest mit einer Welle 5 verbunden, welche sich in axialer Richtung A erstreckt und andererseits drehfest mit dem Laufrad 21 der Pumpe 2 verbunden ist, sodass die Pumpe 2 durch den Antrieb 3 antreibbar ist.

[0046] Bezüglich der axialen Richtung A unmittelbar oberhalb und unmittelbar unterhalb des Antriebs 3 ist jeweils ein Radiallager 6 für die radiale Lagerung der Welle 5 vorgesehen. Unterhalb des darstellungsgemäss unteren Radiallagers 6 ist ein Axiallager 7 für die Welle 5 vorgesehen. Ferner ist am darstellungsgemäss unteren Ende der Welle 5 noch ein Zirkulationslaufrad 8 für ein Sperrfluid vorgesehen, das ebenfalls drehfest mit der Welle 5 verbunden ist und das als Radiallaufrad ausgestaltet ist. Dessen Funktion wird weiter hinten erläutert. Das Zirkulationslaufrad 8 kann auch zwischen der Pumpe 2 und dem Antrieb 3 auf der Welle 5 vorgesehen sein.

[0047] Während des Betriebs der Pumpe 2 fördert diese das Prozessfluid vom Pumpeneinlass 22 zum Pumpenauslass 23. Im Falle von schweren Kohlenwasserstoffen wie z. B. Schweröl als Prozessfluid aber auch bei anderen Prozessfluiden, beispielsweise chemisch aggressiven Substanzen oder verunreinigten Fluiden, ist es notwendig, Massnahmen zu treffen, dass das Prozessfluid nicht oder zumindest nicht in schädlicher Menge in den Antrieb 3 eindringen kann. Ein solches Eindringen wäre beispielsweise möglich, wenn das Prozessfluid entlang der Welle 5 aus der Pumpe 2 austritt und in der Folge entlang der Welle 5 in den Antrieb 3 eindringt. Aus diesem Grunde ist ein Sperrfluid vorgesehen, beispielsweise ein Öl, insbesondere ein Schmier- oder Kühllöl, dessen eine Funktion es ist, das Eindringen von Prozessfluid in den Antrieb 3 zu verhindern. Daneben erfüllt das Sperrfluid auch die Funktion als Kühlfliuid Wärme abzuführen und als Schmiermittel den Antrieb 3 sowie die Radiallager 6 und das Axiallager 7 zu schmieren. Die von dem Sperrfluid abzuführende Wärme umfasst sowohl die Wärme, die während des Betriebs des Antriebs 3 durch diesen generiert wird, als auch solche Wärme, welche von dem heissen Prozessfluid auf die Welle 5 oder auf das Gehäuse 4 übertragen wird. Während der Prozessdruck im Antrieb 3 und in der Pumpe 2 im Wesentlichen der gleiche ist, so ist die Betriebstemperatur in der Pumpe 2 deutlich höher als im Antrieb 3. Während beispielsweise das Laufrad 21 im Wesentlichen die gleiche Temperatur annimmt wie das Prozessfluid, also hier beispielsweise über 400°C, liegt die Temperatur im Antrieb 3 deutlich niedriger, beispielsweise im Bereich von 60°C. Somit hat das Sperrfluid auch die Funktion, die von dem heissen Laufrad 21 auf die Welle 5 übertragene Wärme abzuführen.

[0048] Für die Versorgung mit dem Sperrfluid ist am

Gehäuse 4 sowohl ein Einlass 43 für das Sperrfluid vorgesehen, durch welchen das Sperrfluid in den Antrieb 3 einbringbar ist sowie ein Auslass 44 für das Sperrfluid, durch welchen das Sperrfluid aus dem Gehäuse 4 abführbar ist. Vorzugsweise ist - wie in Fig. 1 dargestellt, der Auslass 44 über eine Leitung 91 mit dem Einlass 43 strömungsverbunden, sodass das Sperrfluid in einem Kühlkreislauf geführt wird. Dieser Kühlkreislauf umfasst ferner einen Wärmetauscher 9, der ausserhalb des Gehäuses 4 vorgesehen ist, und in welchem das Sperrfluid seine Wärme an einen Wärmeträger, beispielsweise Wasser, abgibt.

[0049] Der Einlass 43 für das Sperrfluid ist Darstellungsgemäss am unteren Ende des Gehäuses 4 vorgesehen, sodass das Sperrfluid nicht nur den Antrieb 3 durchströmt, sondern auch die beiden Radiallager 6 sowie das Axiallager 7, wodurch diese geschmiert und gekühlt werden. Darstellungsgemäss oberhalb des oberen Radiallagers 6 wird das Sperrfluid dann zum Auslass 44 geführt und gelangt über die Leitung 91 zum Wärmetauscher 9, wo das Sperrfluid Wärme abgibt. Vom Wärmetauscher 9 wird das Sperrfluid dann durch die Leitung 91 zurück zum Einlass 43 geführt, wodurch sich der Kühlkreislauf schliesst.

[0050] Das bereits erwähnte Zirkulationslaufrad 8, welches von der Welle 5 angetrieben wird, dient dazu, das Sperrfluid durch den Kühlkreislauf zu zirkulieren. Der Einlass 43 ist dem Zirkulationslaufrad 8 gegenüberliegend angeordnet, sodass das Zirkulationslaufrad 8 das Sperrfluid in axialer Richtung A durch den Einlass 43 ansaugt. Das von dem Zirkulationslaufrad 8 geförderte Sperrfluid durchströmt das Axiallager 7 sowie das untere Radiallager 6, wird dann in den Antrieb 3 eingebracht, durchströmt dort den Spalt zwischen dem Rotor 31 und dem Spaltrohr 33, tritt aus dem Antrieb 3 aus, fliesst durch das obere Radiallager 6 und wird dann zum Auslass 44 geführt, von wo das Sperrfluid durch die Leitung 91 und den Wärmetauscher 9 zurück zum Einlass 44 zirkuliert wird.

[0051] Durch das im Kühlkreislauf zirkulierende Sperrfluid wird das Eindringen von Prozessfluid in die Lager 6, 7 und insbesondere in den Antrieb 3 verhindert, denn das strömende Sperrfluid sperrt den Durchgang für das Prozessfluid entlang der Welle 5 in den Antrieb 3.

[0052] Um die Betriebssicherheit der Pumpen-Antriebseinheit 1 noch zu erhöhen und beispielsweise Volumenschwankungen des Sperrfluids im Kühlkreislauf zu kompensieren, ist ferner eine Injektionsvorrichtung 92 zum Nachfüllen bzw. zum Einspeisen von Sperrfluid in den Kühlkreislauf vorgesehen. Die nicht im Detail dargestellte Injektionsvorrichtung 92 umfasst eine Quelle bzw. einen Vorratsbehälter für das Sperrfluid und ist über ein Rückschlagventil 93 mit dem Kühlkreislauf verbunden. Dabei ist es möglich - wie in Fig. 1 dargestellt - dass die Injektionsvorrichtung 92 mit dem ausserhalb des Gehäuses 4 angeordneten Teil des Kühlkreislaufs, also beispielsweise mit der Leitung 91, verbunden ist, oder am Gehäuse 4 ist eine separate Einlassöffnung vorgesehen,

durch welche das Sperrfluid von der Injektionsvorrichtung 92 in den Kühlkreislauf einbringbar ist.

[0053] Während des normalen, d.h. störungsfreien Betriebs der Pumpen-Antriebseinheit 1 wird die Injektionsvorrichtung 92 dazu genutzt, einen gewollten und kontrollierten Leakagestrom des Sperrfluids entlang der Welle 5 in die Pumpe 2 auszugleichen. Das aus dem Antrieb 3 austretende und durch das obere Radiallager 6 fliesende Sperrfluid wird nicht vollkommen durch den Auslass 44 abgeführt. Ein Teil des Sperrfluids generiert einen Leakagestrom entlang der Welle 5 in die Pumpe 2 und vermischt sich dort mit dem Prozessfluid, was jedoch keine negativen Auswirkungen hat. Durch diesen Leakagestrom in die Pumpe 2 hinein wird es effizient verhindert, dass in umgekehrter Richtung Prozessfluid entlang der Welle 5 aus der Pumpe 2 herausströmen kann. Die für diese Leakageströmung notwendige Menge an Sperrfluid wird dem Kühlkreislauf kontinuierlich durch die Injektionsvorrichtung 92 zugeführt, d.h. im normalen Betrieb ersetzt die Injektionsvorrichtung 92 die Menge an Sperrfluid, die durch die Leakageströmung in das Prozessfluid eingebracht wird. Ferner kompensiert die Injektionsvorrichtung 92 Volumenänderungen des im Kühlkreislauf befindlichen Sperrfluids. Solche Volumenänderungen können beispielsweise bei Änderungen der Drehzahl der Pumpe 2 auftreten, oder bei Temperaturänderungen oder während des Anfahrens oder des Abschaltens der Pumpen-Antriebseinheit 1.

[0054] Der Leakagestrom ist üblicherweise nicht besonders stark und beträgt beispielsweise im normalen Betrieb etwa 20 bis 30 Liter/Stunde

[0055] Kommt es nun zu einer Störung in der Injektionsvorrichtung 92 bzw. im Injektionssystem für das Sperrfluid, beispielsweise zu einem Ausfall der Injektionsvorrichtung 92, sodass die Injektionsvorrichtung 92 kein oder nicht ausreichend Sperrfluid in den Kühlkreislauf nachliefern kann, so führt dies nicht unweigerlich zu der Gefahr, dass der Antrieb 3 durch eindringendes Prozessfluid geschädigt wird, weil in dem Kühlkreislauf noch ausreichend Sperrfluid zirkuliert wird, um das Prozessfluid von dem Antrieb 3 fernzuhalten.

[0056] Kommt es nun bei einer solchen Störung der Injektionsvorrichtung 92 zusätzlich zu einer Volumenabnahme des noch im Kühlkreislauf befindlichen Sperrfluids, kann ein Zustand auftreten, bei dem nicht mehr genügend Volumen an Sperrfluid in dem Antrieb 3 bzw. in dem Gehäuse 4 zur Verfügung steht, um ein Fließen von dem Prozessfluid entlang der Welle 5 aus der Pumpe 2 heraus in Richtung des Antriebs 3 zu verhindern. Eine solche Volumenabnahme kann mehrere Ursachen haben. Beispielsweise kann die Temperatur des Wärmeträgers, z.B. Kühlwasser, abnehmen, an welchen das Sperrfluid im Wärmetauscher 9 Wärme abgibt, oder die Drehzahl, d.h. die Rotationsgeschwindigkeit der Pumpe 2 nimmt ab, oder die Pumpen-Antriebs-Einheit 1 wird abgeschaltet.

[0057] Um auch bei solchen Zuständen, bei denen es zu einer Volumenreduktion des im Kühlkreislauf befind-

lichen Sperrfluids kommt, den Antrieb 3 in ausreichender Weise gegen ein Eindringen von Prozessfluid zu schützen, ist erfindungsgemäss an der Welle 5 im Bereich zwischen der Pumpe 2 und dem Antrieb 3 eine Kombination vorgesehen, die gesamthaft mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet ist und eine Drossel 13 sowie eine Mehrzahl von Speicherkammern 11 umfasst. Fig. 2 zeigt eine vergrösserte Schnittdarstellung dieser Kombination 10 des Ausführungsbeispiels aus Fig. 1. Die Kombination 10 umfasst eine Mehrzahl, hier fünf, von Speicherkammern 11 für das Sperrfluid, die bezüglich der axialen Richtung A hintereinander angeordnet sind, wobei jeweils zwei benachbarte Speicherkammern 11 strömungsverbunden sind. Diese Strömungsverbindung ist vorzugsweise wie in Fig. 2 dargestellt, als Drosselspalt 12 ausgestaltet, wobei die Welle 5 jeweils eine Begrenzungsfläche des Drosselspalts 12 bildet. In Fig. 2 ist nur für die beiden darstellungsgemäss oberen Speicherkammern 11 der Drosselspalt mit dem Bezugszeichen 12 bezeichnet. Natürlich sind auch die anderen Speicherkammern 11 durch einen solchen Drosselspalt 12 strömungsverbunden.

[0058] Zwischen derjenigen Speicherkammer 11, welche der Pumpe 2 bzw. dem Laufrad 21 am nächsten ist, darstellungsgemäss also der oberste Speicherkammer 11, und dem Laufrad 21 der Pumpe 2 ist die Drossel 13 angeordnet, die hier als Drosselbuchse 13 ausgestaltet ist, welche sich in an sich bekannter Weise um die Welle 5 herum erstreckt, ohne dabei die Welle 5 zu berühren. Die Drosselbuchse 13 ist stationär bezüglich des Gehäuses 4 angeordnet bzw. montiert. Die Drosselbuchse 13 ist derart ausgestaltet, dass sie im normalen, d.h. störungsfreien Betrieb der Pumpen-Antrieb-Einheit 1 den Volumenstrom des Sperrfluids in die Pumpe 2 auf einen kontrollierten Leakagestrom begrenzt. Es versteht sich, dass die Ausgestaltung der Drossel als Drosselbuchse 13 nur beispielhaft zu verstehen ist. Als Drossel 13 eignet sich jede an sich bekannte Vorrichtung, mit der in kontaktfreier Weise ein kontrollierter Leakagestrom des Sperrfluids generierbar ist. So kann beispielsweise die der Welle 5 zugewandte Oberfläche der Drossel 13 glatt bzw. unstrukturiert ausgestaltet sein. Es ist aber auch möglich, dass die Drossel 13 als eine Labyrinthdrossel 13 ausgestaltet ist, welche in an sich bekannter Weise auf ihrer der Welle zugewandten Oberfläche mehrere Nuten und Stege aufweist, die ein kammartiges Profil bilden, das üblicherweise als Labyrinth bezeichnet wird.

[0059] Die fünf Speicherkammern 11 (siehe Fig. 2) sind hier jeweils als Ringraum ausgestaltet, der sich um die Welle 5 herum erstreckt. Dabei sind alle Speicherkammern 11 im Gehäuse 4 vorgesehen oder in einer Komponente die bezüglich des Gehäuses stationär ist und die Welle 5 umgibt. Die Speicherkammern 11 können beispielsweise durch spanabhebende Bearbeitungsverfahren im Gehäuse 4 hergestellt werden.

[0060] In der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform haben alle fünf Speicherkammern 11 das gleiche Volumen, somit ist das Gesamtvolumen aller Speicherkam-

mern 11 das Fünffache des Volumens einer Speicherkammer 11. Es versteht sich, dass es nicht notwendig ist, dass alle Speicherkammern 11 das gleiche Volumen haben, es ist durchaus möglich, die Speicherkammern 11 mit unterschiedlichen Volumina auszugestalten.

[0061] Im normalen, störungsfreien Betrieb der Pumpen-Antrieb-Einheit 1 wird, wie bereits beschrieben, das Sperrfluid mittels des Zirkulationslaufrads 8 in dem Kühlkreislauf zirkuliert, wobei die Rückführung des Sperrfluids zum Auslass 44 beispielsweise - wie in Fig. 1 schematisch dargestellt - aus derjenigen Speicherkammer 11 heraus erfolgt, die am nächsten am Antrieb 3 liegt. Es ist aber auch möglich die Rückführung an einer anderen Stelle, beispielsweise zwischen dem Antrieb 3 und der ihm am nächsten liegenden Speicherkammer 11 vorzusehen.

[0062] Das Sperrfluid wird aber nicht vollständig durch den Auslass 44 zurückgeführt, sondern es existiert ein kontrollierter Leakagestrom des Sperrfluids von dem Antrieb 3 durch die fünf Speicherkammern 11 und die Drosselbuchse 13 in die Pumpe 2 hinein. Dieser Leakagestrom verhindert in zuverlässiger Weise, dass in umgekehrter Richtung Prozessfluid von der Pumpe 2 entlang der Welle 5 in Richtung des Antriebs strömen kann. Das Volumen an Sperrflüssigkeit, das durch den kontrollierten Leakagestrom in die Pumpe 2 und damit in das Prozessfluid eingebracht wird, geht dem Kühlkreislauf verloren, wird aber mittels der Injektionsvorrichtung 92 durch neues Sperrfluid ersetzt, das in den Kühlkreislauf eingebracht wird.

[0063] Kommt es nun, wie bereits beschrieben, zu einer Störung in der Nachlieferung des Sperrfluids, beispielsweise zu einem Ausfall der Injektionsvorrichtung 92, sodass dem Kühlkreislauf kein oder nicht ausreichend viel Sperrfluid nachgeliefert werden kann, und dann zu einem Zustand, der zu einer Volumenabnahme des Sperrfluids im Kühlkreislauf führt, so schützt die erfindungsgemässe Ausgestaltung mit den Speicherkammern 11 für das Sperrfluid den Antrieb 3 in ausreichender Weise gegen ein Eindringen des Sperrfluids, wie im Folgenden anhand von Fig. 2 erläutert wird.

[0064] Ein Ausfall der Nachlieferung von Sperrfluid verbunden mit einer Volumenabnahme des Sperrfluids im Kühlkreislauf führt dazu, dass das Prozessfluid nun aus der Pumpe 2 entlang der Welle 5 austreten kann, bzw. je nach Umständen in Richtung des Antriebs 3 gesaugt wird. Dies ist in Fig. 2 durch die mit den Bezugszeichen P versehenen Pfeile angedeutet. Das Prozessfluid gelangt dann zunächst in die erste Speicherkammer 11, welche der Pumpe 2 am nächsten ist. Diese Speicherkammer 11 ist noch, wie alle anderen Speicherkammern 11 auch, mit reinem Sperrfluid gefüllt, das dort gespeichert ist. In der Folge kommt es in dieser ersten Speicherkammer 11 zu einer Durchmischung des Prozessfluids mit dem Sperrfluid, wodurch das Prozessfluid stark verdünnt wird. Das Prozessfluid ist in Fig. 2 symbolisch durch die kleinen Striche (ohne Bezugszeichen) in den Speicherkammern 11 dargestellt. Das nun schon

deutlich verdünnte Prozessfluid gelangt über den Drosselspalt 12 in die nächste Speicherkammer 11, die zunächst noch vollständig mit reinem Sperrfluid gefüllt ist. In dieser Speicherkammer 11 wird das bereits verdünnte Prozessfluid noch weiter durch das Sperrfluid verdünnt, bevor diese weiter verdünnte Mischung über den nächsten Drosselspalt 12 in die benachbarte Speicherkammer 11 vordringen kann. Dieser Vorgang setzt sich fort bis in diejenige Speicherkammer 11 welche dem Antrieb 3 am nächsten ist. In dieser letzten Speicherkammer 11 vor dem Antrieb 3 ist das Prozessfluid am stärksten verdünnt. Erst aus dieser letzten Speicherkammer 11 kann das stark verdünnte Prozessfluid wie diese der Pfeil mit dem Bezugszeichen P1 in Fig. 2 andeutet durch das Radiallager 6 in den Antrieb 3 gelangen.

[0065] Durch diese Vermischung mit dem reinen Sperrfluid ist das Prozessfluid in der letzten Speicherkammer 11 vor dem Antrieb 3, welches gegebenenfalls in den Antrieb 3 vordringen kann, bereits so stark verdünnt, dass es vorerst keine Schädigung des Antriebs 3 verursachen kann.

[0066] Um eine möglichst gute Durchmischung des Prozessfluids mit dem Sperrfluid in den Speicherkammern 11 zu bewirken, kann es vorteilhaft sein, den Strömungsweg für das Prozessfluid durch die Kombination 10 mit weiteren Massnahmen so zu gestalten, dass es zu Verwirbelungen kommt, um die Vermischung des Prozessfluids mit dem in den Speicherkammern 11 befindlichen Sperrfluid zu fördern. In der Ausgestaltung gemäss Fig. 2 sind aus diesem Grunde in der Welle 5 mehrere ringförmige Nuten 111 vorgesehen, von denen jede einer der Speicherkammern 11 gegenüberliegend angeordnet ist.

[0067] Wenn nun die Störung beim Nachfüllen des Sperrfluids in den Kühlkreislauf behoben ist, also beispielsweise die Injektionsvorrichtung 92 wieder ordnungsgemäss arbeitet, so wird durch das neu zugeführte Sperrfluid das mit dem Prozessfluid verunreinigte Sperrfluid sowohl aus dem Antrieb 3 (falls es bis dorthin vorgedrungen ist) als auch sukzessive aus den Speicherkammern 11 heraus gedrückt und in die Pumpe 2 gefördert. Nach diesem Spülen des Antriebs 3 und der Speicherkammern 11 sind dann der Antrieb 3 und die Speicherkammern 11 wieder mit reinem Sperrfluid gefüllt, so dass der normale Betrieb fortgesetzt werden kann.

[0068] Natürlich ist ein wirksamer Schutz des Antriebs von der Dauer der Störung in der Nachlieferung von Sperrfluid in den Kühlkreislauf abhängig. Sollte es zu lange dauern, bis diese Störung behoben ist, oder beispielsweise eine ungewollte Leckage im Kühlkreislauf durch beschädigte Leitungen oder undichte Verbindungsstellen auftreten, so ermöglicht es die erfindungsgemässe Ausgestaltung immer noch, dass die Pumpen-Antriebseinheit abgeschaltet werden kann, ohne dass die Gefahr besteht, dass beim Abschaltvorgang Prozessfluid in einer für den Antrieb 3 schädlichen Menge in den Antrieb eindringen kann.

[0069] Fig. 5 veranschaulicht die Wirkungsweise der er-

findungsgemässen Ausgestaltung der Kombination 10 mit den Speicherkammern 11 beim Auftreten einer Störung. Im konkreten Beispiel, das in Fig. 5 dargestellt ist, besteht die Störung darin, dass die Injektionsvorrichtung ausfällt, sodass kein neues Sperrfluid mehr in den Kühlkreislauf eingebracht werden kann. Zudem kommt es im Kühlkreislauf zu einer Abkühlung des Sperrfluids um 10K, beispielsweise durch eine Reduzierung der Drehzahl des Antriebs 3 und/oder durch eine Temperaturänderung im Wärmeträger, z. B. Kühlwasser, des Wärmetauschers 9. Die fünf Speicherkammern 11 (siehe Fig. 2) weisen ein Gesamtvolumen auf, das etwa 1,3 % des Volumens des Kühlkreislaufs beträgt, wobei sich das Volumen des Kühlkreislaufs zusammensetzt aus dem Volumen, das dem Sperrfluid im Antrieb 3 zur Verfügung steht, sowie den Volumina im Wärmetauscher 9, der Leitung 91 sowie aller Verbindungen zwischen dem Einlass 43 und dem Auslass 44. Als Sperrfluid wird ein Öl verwendet, das einen auf das Volumen bezogenen thermischen Ausdehnungskoeffizient von $0.7 \cdot 10^{-3}/K$ hat.

[0070] Das Diagramm in Fig. 5 zeigt die zeitliche Entwicklung des relativen Volumens VP des Prozessfluids für die fünf Speicherkammern 11 (siehe Fig. 2). Auf der horizontalen Achse ist die Zeit T aufgetragen und auf der vertikalen Achse das relative Volumen VP des Prozessfluids in einer der Speicherkammern 11. Die Kurve K1 zeigt das relative Volumen VP für die erste Speicherkammer 11, welches die Speicherkammer 11 ist, die der Pumpe 2 bzw. dem Flügelrad 21 am nächsten ist. In Fig. 2 ist dies die darstellungsgemäss oberste Speicherkammer 11. Die Kurven K2, K3, K4, K5 zeigen in analoger Weise das relative Volumen des Prozessfluids in den benachbarten Speicherkammern 11, wobei die Nummerierung der Speicherkammern 11 ihrer in Fig. 2 dargestellten Reihenfolge entspricht. D. h. die Kurve K2 gibt das relative Volumen VP des Prozessfluids in der zweiten Speicherkammer 11 an, welche unmittelbar benachbart zu der ersten Speicherkammer 11 angeordnet ist, usw. Dementsprechend gibt die Kurve K5 das relative Volumen VP des Prozessfluids in derjenigen Speicherkammer 11 an, welche am nächsten am Antrieb 3 liegt.

[0071] Auf der Zeitachse gibt t1 den Zeitpunkt an, zu welchem beim Auftreten der oben beschriebenen Störung das Prozessfluid beginnt, in die erste Speicherkammer 11 einzutreten, d.h. kurz vor dem Zeitpunkt t1 sind gerade noch alle fünf Speicherkammern 11 mit reinem Sperrfluid gefüllt. Ab dem Zeitpunkt t1 dringt das Prozessfluid mit einer konstanten Flussrate in die erste Speicherkammer 11 ein. Diese Flussrate ist in etwa so, dass pro Zeitintervall t2-t1 eine Menge von Prozessfluid in die erste Speicherkammer 11 eintritt, die etwa einem Viertel des Volumens der ersten Speicherkammer 11 entspricht.

[0072] Das Diagramm in Fig. 5 verdeutlicht klar den von Speicherkammer zu Speicherkammer zunehmenden Verdünnungseffekt, der durch die Vermischung des Prozessfluids mit dem Sperrfluid resultiert. Zu einem Zeitpunkt t10 ist gemäss der Kurve K1 der relative Volumenanteil des Prozessfluids in der ersten Speicherkam-

mer 11 bereits auf mehr als 90% gestiegen, während gemäss der Kurve K5 der relative Volumenanteil des Prozessfluids in der letzten Speicherkammer 11 erst bei etwa einem Viertel, also etwa 25% liegt.

[0073] Somit ist gewährleistet, dass über einen längeren Zeitraum, wenn überhaupt, nur stark verdünntes Prozessfluid in den Antrieb 3 eindringen kann, was üblicherweise nicht zu einer Schädigung des Antriebs 3 führt.

[0074] Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemässen Ausgestaltung ist dabei, dass zwischen dem Antrieb 3 bzw. dem oberen Radiallager 6 und der Pumpe 2 keine Dichtungsanordnung notwendig ist, welche auf einem direkten körperlichen Kontakt zwischen rotierenden und stationären Teilen beruht. Insbesondere kann hier also auf Gleitringdichtungen verzichtet werden, welche sich speziell bei hohen Temperaturen und/oder hohen Prozessdrücken als problematisch und störanfällig erwiesen haben.

[0075] Im Folgenden werden anhand der Fig. 3 und Fig. 4 noch zwei Varianten für die Ausgestaltung der Speicherkammern 11 beschrieben. Dabei wird nur auf die Unterschiede zu der in Fig. 2 dargestellten Ausführungsform eingegangen. Alle bisherigen Erläuterungen gelten in sinngemäss gleicher Weise auch für diese beiden Varianten.

[0076] Bei der ersten in Fig. 3 dargestellten Variante sind insgesamt vier Speicherkammern 11 bezüglich der axialen Richtung hintereinander angeordnet, von denen jede als Ringraum um die axiale Richtung A ausgestaltet ist. Alle Speicherkammern 11 sind bei dieser Ausführungsform in der Welle 5 vorgesehen.

[0077] Bei der zweiten in Fig. 4 dargestellten Variante sind insgesamt sechs Speicherkammern 11 bezüglich der axialen Richtung hintereinander angeordnet, von denen jede als Ringraum um die axiale Richtung A ausgestaltet ist. Die Speicherkammern 11 sind bei dieser Ausführungsform abwechselnd im Gehäuse 4 bzw. in einem bezüglich des Gehäuses stationären Teil und in der Welle 5 vorgesehen. Dabei haben die im Gehäuse 4 vorgesehen Speicherkammern 11 ein unterschiedliches Volumen, hier ein grösseres Volumen, als die in der Welle 5 vorgesehenen.

[0078] Die in den Fig. 2 - 4 dargestellten Ausführungsformen der Kombination 10 mit der Drossel 13 und den Speicherkammern 11 sind natürlich nur beispielhaft zu verstehen. Hier sind zahlreiche Modifikationen möglich, von denen im Folgenden nur ein paar erwähnt werden.

[0079] Die als Ringraum ausgestalteten Speicherkammern 11 in der Welle 5 oder im Gehäuse 4 sind in den Fig. 2-4 jeweils mit einem rechteckigen Querschnitt in einem Schnitt entlang der axialen Richtung A dargestellt. Dieser Querschnitt kann natürlich auch andere Formen haben, beispielsweise kann der Querschnitt U-förmig oder V-förmig sein.

[0080] Auch können die Speicherkammern 11 als sektorförmige Ausnehmungen im Gehäuse 4 und/oder in der Welle ausgestaltet sein, d.h. die Speicherkammern 11 müssen sich nicht über den gesamten Umfang um die

Welle 5 herum erstrecken.

[0081] Auch können die Volumen der individuellen Speicherkammern 11 unterschiedlich sein (siehe z.B. Fig. 3), auch die Volumen derjenigen Speicherkammern 11, die im Gehäuse 4 angeordnet sind, oder derjenigen Speicherkammern 11, die in der Welle angeordnet sind.

[0082] Eine geeignete Wahl der Anzahl der Speicherkammern 11 hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Für sehr viele Ausgestaltungen ist es vorteilhaft, wenn mindestens drei Speicherkammern 11 und höchstens zehn Speicherkammern 11 vorgesehen sind.

[0083] Auch das Gesamtvolumen aller Speicherkammern 11 lässt sich an den jeweiligen Anwendungsfall anpassen. Wie bereits erwähnt, kann man ein vorteilhaftes Gesamtvolumen der Speicherkammern 11 anhand der im Betrieb bzw. im Störfall zu erwartenden Volumenreduktion des Sperrfluids im Kühlkreislauf bestimmen. Für sehr viele Anwendungen hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn das Gesamtvolumen aller Speicherkammern 11 mindestens 0.5% und höchstens 4% vorzugsweise höchstens 3% und speziell höchstens 2% des im Kühlkreislauf für das Sperrfluid zur Verfügung stehenden Volumens beträgt.

Patentansprüche

1. Pumpen-Antrieb-Einheit zum Fördern eines Prozessfluids mit einem gemeinsamen Gehäuse (4), welches eine Pumpe (2) mit einem Laufrad (21) zur Rotation um eine axiale Richtung (A) und einen Antrieb (3) für die Pumpe (2) umschliesst, mit einer Welle (5) zum Antreiben des Laufrads (21), welche den Antrieb (3) mit der Pumpe (2) verbindet, und mit einer Drossel (13), welche sich um die Welle (5) herum erstreckt, und welche zwischen dem Laufrad (21) und dem Antrieb (3) vorgesehen ist, wobei das Gehäuse (4) einen Pumpeneinlass (22) und einen Pumpenauslass (23) für das Prozessfluid aufweist, wobei ein Einlass (43) für ein Sperrfluid vorgesehen ist, durch welchen das Sperrfluid in den Antrieb (3) einbringbar ist, und ein Auslass (44) für das Sperrfluid, durch welchen das Sperrfluid aus dem Gehäuse (4) abführbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Welle (5) im Bereich zwischen der Drossel (13) und dem Antrieb (3) eine Mehrzahl von Speicherkammern (11) für das Sperrfluid vorgesehen ist, welche Speicherkammern (11) bezüglich der axialen Richtung (A) hintereinander angeordnet sind, wobei jeweils zwei benachbarte Speicherkammern (11) strömungsverbunden miteinander sind.
2. Pumpen-Antrieb-Einheit nach Anspruch 1, wobei jede Speicherkammer (11) als Ringraum um die axiale Richtung (A) ausgestaltet ist.
3. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welcher jeweils zwei be-

nachbarte Speicherkammern (11) durch einen Drosselspalt (12) strömungsverbunden sind, wobei die Welle (5) jeweils eine Bregrenzungsfläche des Drosselspalts (12) bildet.

4. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche mit mindestens drei und höchstens zehn Speicherkammern (11). 5
5. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei mindestens eine der Speicherkammern (11) im Gehäuse (4) vorgesehen ist. 10
6. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei mindestens eine der Speicherkammern (11) in der Welle (5) vorgesehen ist. 15
7. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei alle Speicherkammern (11) im Gehäuse (4) vorgesehen sind. 20
8. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Auslass (44) und der Einlass (43) für das Sperrfluid durch eine Leitung (91) miteinander verbunden sind, sodass ein Kühlkreislauf für das Sperrfluid ausgebildet ist, wobei der Kühlkreislauf einen Wärmetauscher (9) umfasst. 25
30
9. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welcher eine Injektionsvorrichtung (92) zum Nachfüllen von Sperrfluid vorgesehen ist. 35
10. Pumpen-Antrieb-Einheit nach Anspruch 8 oder 9, wobei die Speicherkammern (11) ein Gesamtvolumen aufweisen, welches mindestens so gross, und vorzugsweise doppelt so gross, ist, wie die thermisch bedingte Volumenänderung des Sperrfluids im Kühlkreislauf bei einer Temperaturabnahme des Sperrfluids um einen vorgebbaren Wert. 40
11. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der Ansprüche 8-10, wobei das Gesamtvolumen aller Speicherkammern (11) mindestens 0.5% und höchstens 4%, vorzugsweise höchstens 3%, des im Kühlkreislauf für das Sperrfluid zur Verfügung stehenden Volumens ist. 45
50
12. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Gehäuse (4) als Druckgehäuse ausgestaltet ist, vorzugsweise für einen Betriebsdruck von mindestens 200 bar. 55
13. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, ausgestaltet für ein Prozessflu-

id, das eine Temperatur von mehr als 400°C aufweist.

14. Pumpen-Antrieb-Einheit nach einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Antrieb (3) bezüglich der Vertikalen unterhalb der Pumpe (2) angeordnet ist oder bezüglich der Horizontalen neben der Pumpe (2) angeordnet ist.
15. Pumpen-Antrieb-Einheit ausgestaltet als Ebullatorpumpe für die Zirkulation eines Prozessfluids.

Fig.1

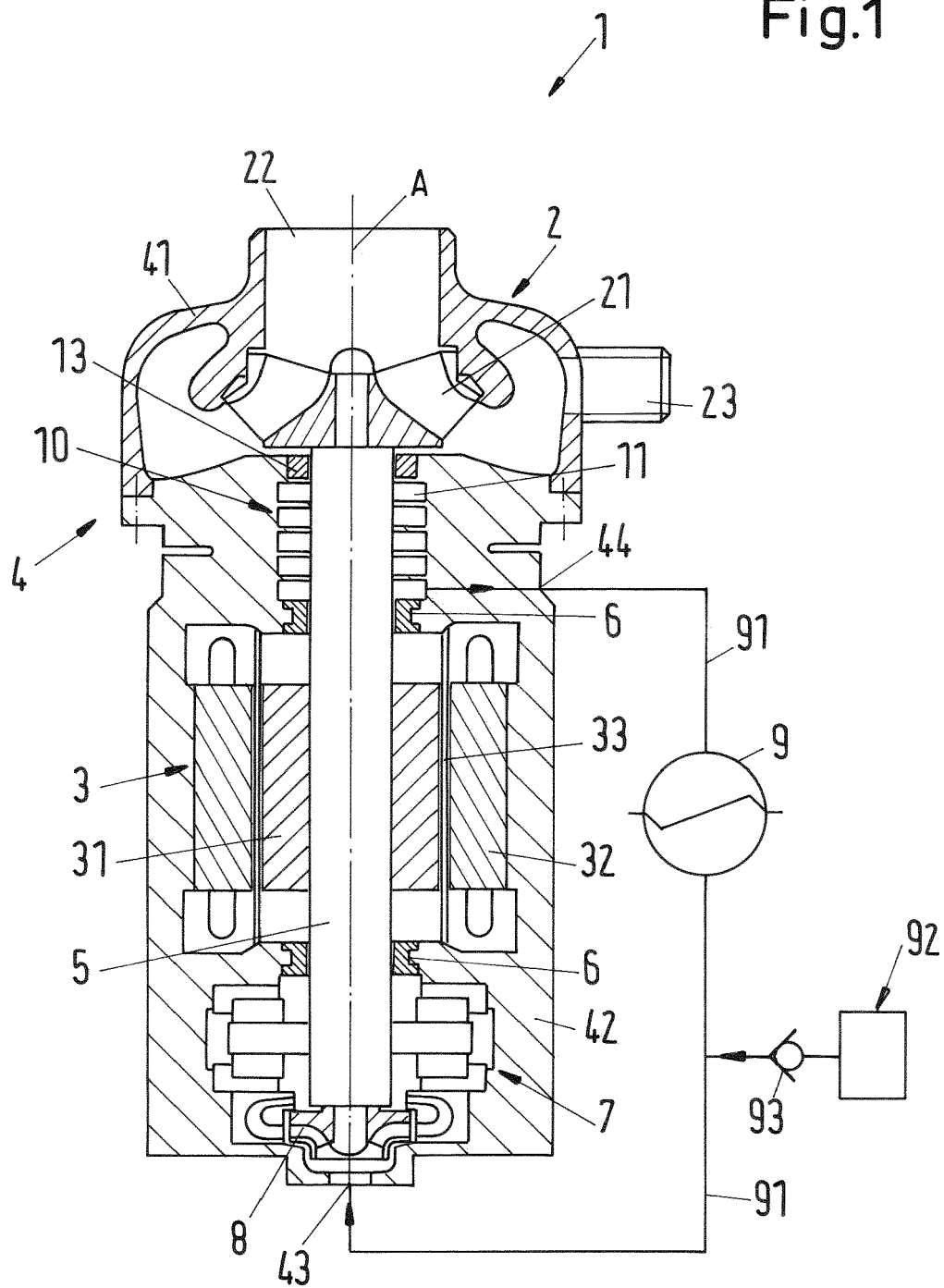


Fig.2

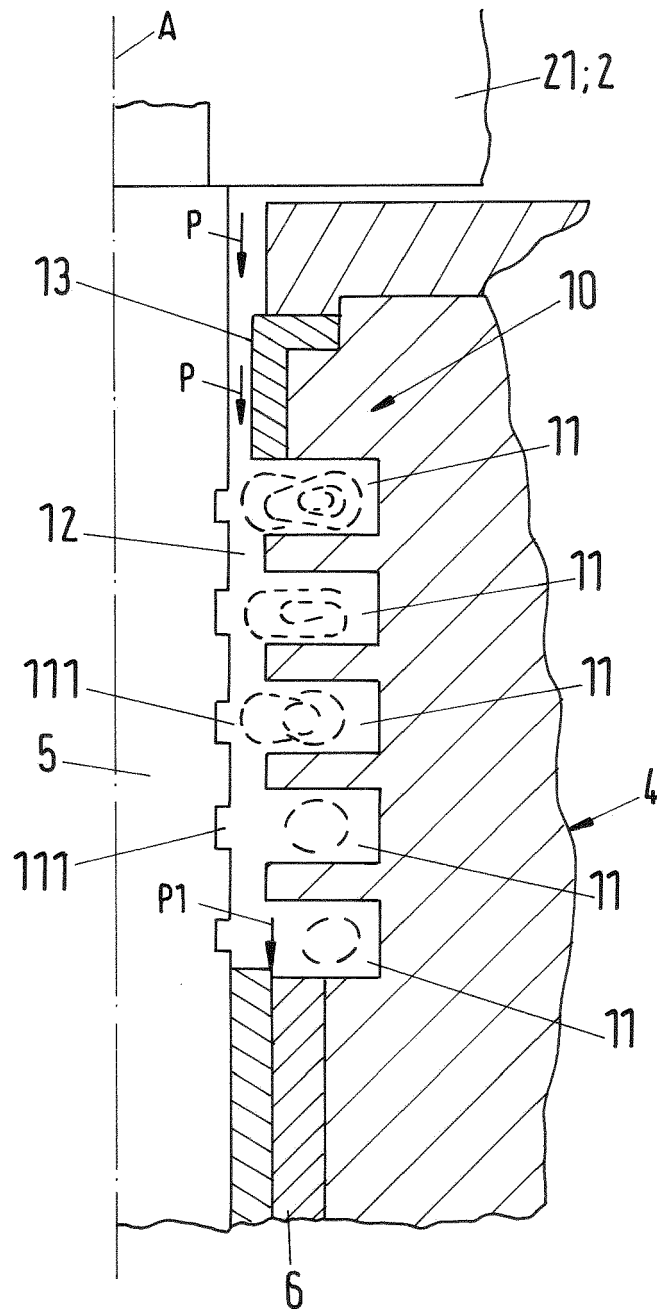


Fig.3

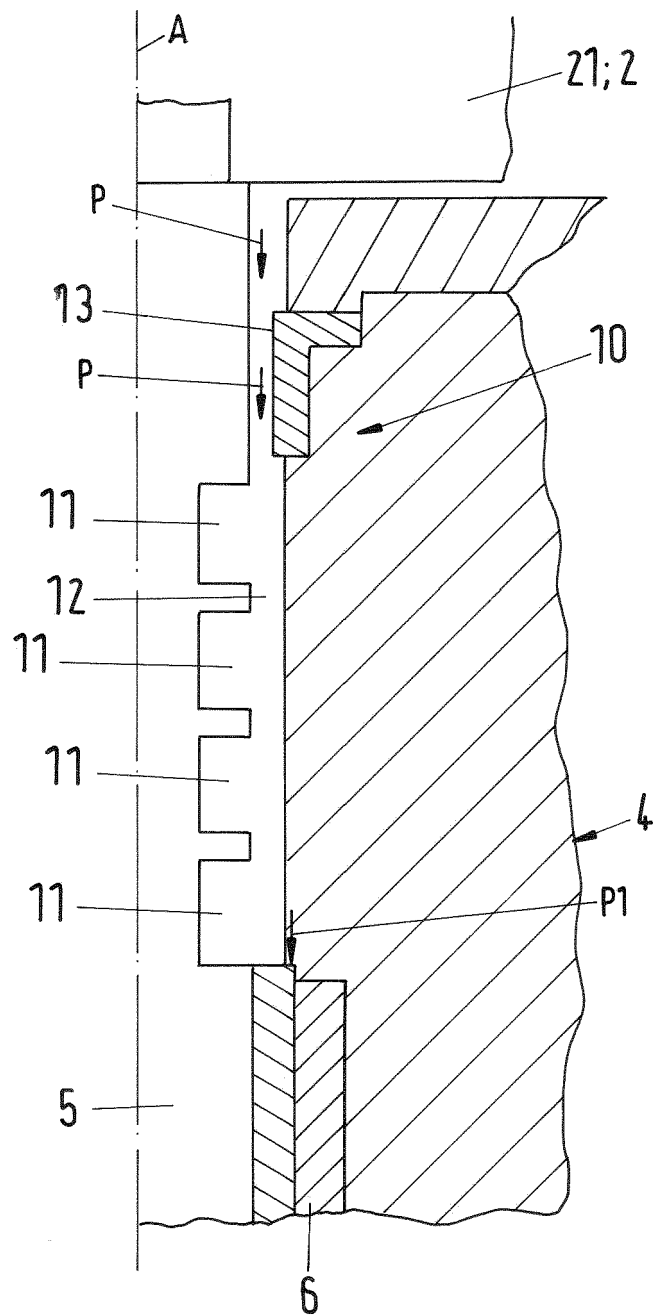


Fig.4

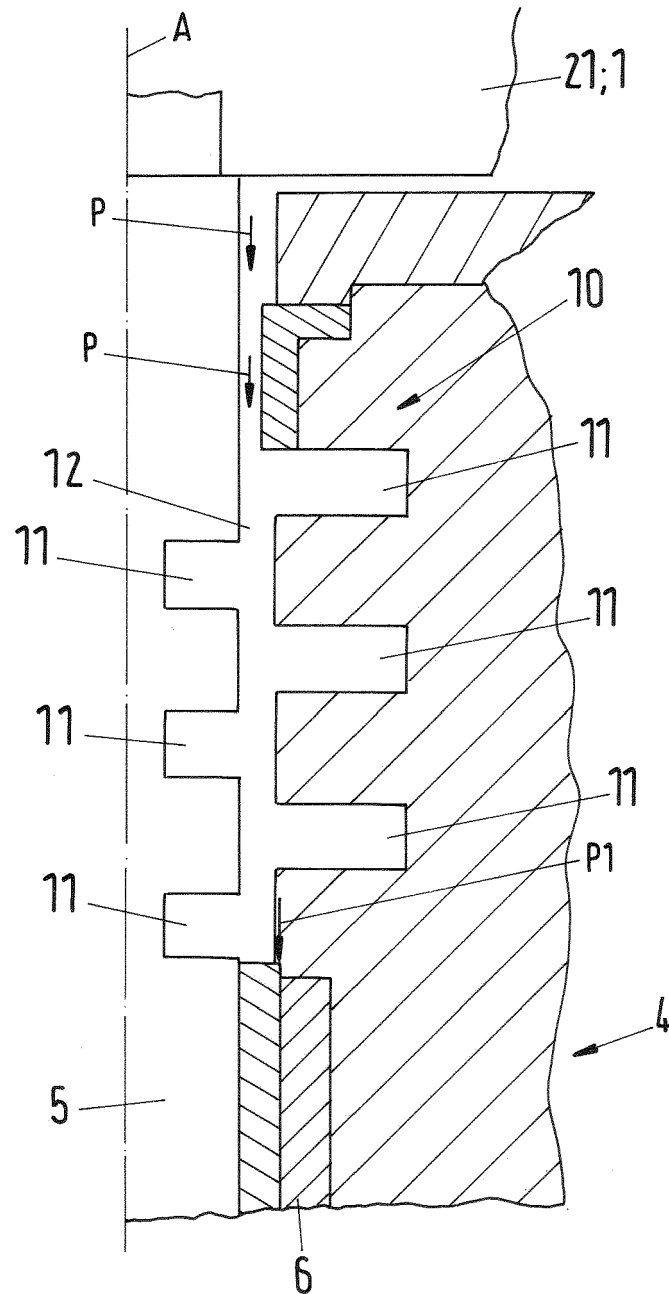
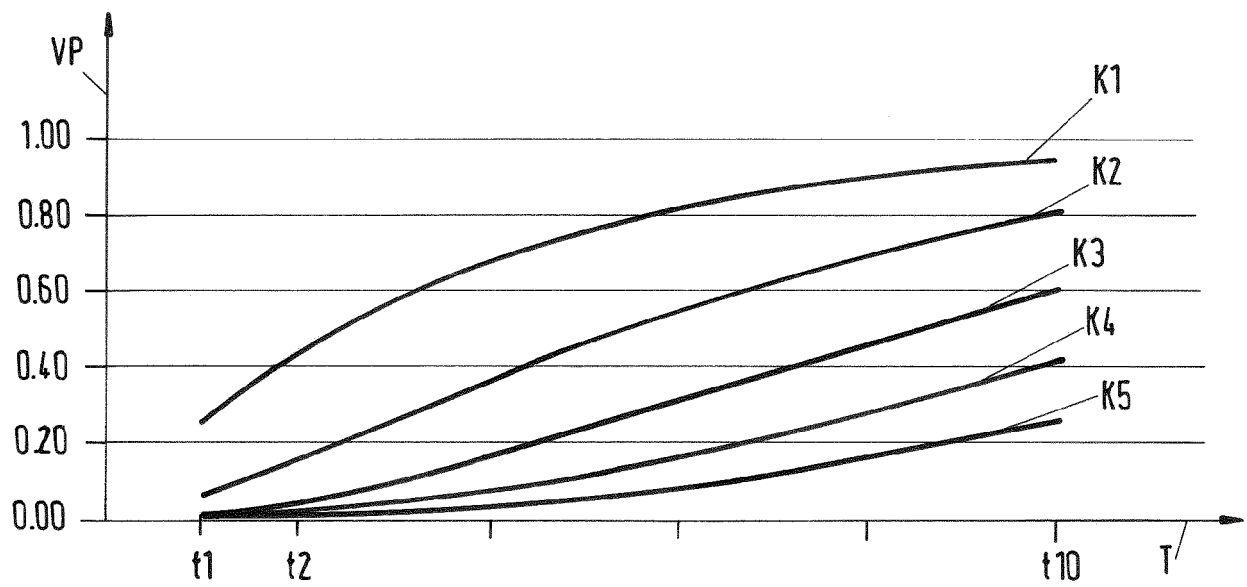


Fig.5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 16 19 2508

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	EP 2 492 511 A2 (TORISHIMA PUMP MFG CO LTD [JP]) 29. August 2012 (2012-08-29) * Absätze [0017], [0018], [0027] - [0033], [0038], [0039], [0061], [0066], [0067] * * Abbildungen 1, 2, 6 *	1-15	INV. F04D13/06 F04D29/10 F04D29/12 F04D29/58 F04D7/06
X	JP 2001 173591 A (SHIMADZU CORP) 26. Juni 2001 (2001-06-26) * Absätze [0006], [0008], [0010] * * Abbildungen 1, 4 *	1-5,7-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 1. März 2017	Prüfer De Tobel, David
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	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 16 19 2508

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.

01-03-2017

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 2492511	A2	29-08-2012	KEINE	

15	JP 2001173591	A	26-06-2001	KEINE	

20					
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

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