



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 18 097 T2 2004.07.08**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 038 130 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F16J 15/34**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 18 097.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/26855**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 964 036.2**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/031412**

(86) PCT-Anmeldetag: **17.12.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **24.06.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.09.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **10.09.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.07.2004**

(30) Unionspriorität:

992611	17.12.1997	US
992613	17.12.1997	US
992751	17.12.1997	US
992753	17.12.1997	US
5957	09.01.1998	US
13089	26.01.1998	US
13698	26.01.1998	US
13635	26.01.1998	US
33538	02.03.1998	US

(73) Patentinhaber:

A.W. Chesterton Co., Stoneham, Mass., US

(74) Vertreter:

**Patentanwälte Wallach, Koch & Partner, 80339
München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

AZIBERT, V., Henri, Windham, US

(54) Bezeichnung: **RÜCKKOPPLUNGDRUCK- REGELSYSTEM FÜR GLEITRINGDICHTUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf mechanische Dichtungen, um eine Fluidabdichtung zwischen einem Gehäuse und einer drehenden Welle herzustellen. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein Druckregelsystem, das benutzt wird, um ein Fluid oder mehrere Fluide der mechanischen Dichtung zu regeln.

[0002] Herkömmliche mechanische Dichtungen werden in einer großen Vielfalt mechanischer Apparaturen benutzt, um eine druckdichte und fluiddichte Abdichtung zwischen einer rotierenden Welle und einem stationären Gehäuse herzustellen. Die Dichtung wird gewöhnlich um die rotierende Welle angeordnet, die in einem stationären Gehäuse gelagert ist und aus diesem vorsteht. Die Dichtung wird im typischen Fall am Gehäuse am Austritt der Welle mit Bolzen befestigt, um so einen Verlust des unter Druck stehenden Prozessfluids aus dem Gehäuse zu verhindern. Herkömmliche mechanische Dichtungen umfassen mechanische Gleitringdichtungen, die zwei Dichtungsringe umfassen, die konzentrisch um die Welle angeordnet sind und einen axialen Abstand zueinander aufweisen. Die Dichtungsringe besitzen jeweils Stirnflächen, die in physikalischer Berührung miteinander vorgespannt sind. Im typischen Fall bleibt der eine Dichtungsring stationär, während der andere Ring die Welle berührt und sich mit dieser dreht. Die mechanische Dichtung verhindert einen Leckstrom des unter Druck stehenden Prozessfluids nach der äußeren Umgebung, indem die Stirnflächen des Dichtungsringes in physikalische Berührung miteinander gebracht werden. Als Ergebnis der physikalischen Berührung zwischen den Stirnflächen tritt eine Schleifwirkung der Dichtungsstirnseiten ein, und die Dichtungen werden im typischen Fall einer unerwünschten Abnutzungscharakteristik unterworfen und können einen Leckstrom durchlassen. Dies ist insbesondere der Fall bei Flüssigkeitsdichtungen, wenn diese in einer trockenen Umgebung arbeiten oder zur Wartung geöffnet sind.

[0003] Die schlechten Abnutzungscharakteristiken dieser herkömmlichen mechanischen Gleitringdichtungen erfordern eine häufige Überwachung und einen häufigen Ersatz der Dichtungsbestandteile, insbesondere der Dichtungsringe. Ein Ersatz und eine Reparatur beschädigter Dichtungen wurde durch Dichtungskonstruktionen durchgeführt, wobei ein Teil der Komponentenabschnitte der mechanischen Dichtungen segmentiert oder aufgespaltet wurden. Die Installation aufgespalteter oder teilweise aufgespalteter Dichtungskomponenten kann durchgeführt werden, ohne notwendigerweise die mechanische Vorrichtung vollständig zurückfahren zu müssen und ohne dass die Ringdichtung über ein freies Ende der Welle eingeführt wird. Selbst wenn jedoch eine Spaltdichtungskonstruktion vorgenommen wird, ist eine

beträchtliche Zeit erforderlich, um die Dichtungskomponenten zu ersetzen, und dies führt häufig zu langen Perioden von Stillstandszeiten für die mechanischen Vorrichtungen, denen die Dichtung zugeordnet ist.

[0004] Frühere Versuche zur Überwindung dieser Schwierigkeiten benutzten berührungslose mechanische Dichtungen, bei denen zwischen den Dichtungsringstirnflächen ein Fluid eingefügt wurde, um die Reibungsabnutzung der Stirnseiten zu vermindern. Herkömmliche mechanische berührungslose Stirndichtungen benutzen im typischen Fall spiralförmige Nuten, die in der Oberfläche des rotierenden Dichtungsringes angebracht sind, um eine hydrodynamische Hubkraft zu entwickeln, die die Dichtungsflächen voneinander trennt. Der resultierende Spalt ermöglicht das Einfügen eines Fluids innerhalb des Spaltes, um einen Abrieb der Dichtungsstirnflächen zu verhindern. Ein Beispiel einer derartigen bekannten Dichtung ist in der US-A-4 749 199 beschrieben.

[0005] Die US-A-4 749 199 ist auf eine mechanische Wellendichtung gerichtet, um eine Fluidabdichtung zwischen einem Gehäuse und einer rotierenden Welle zu bewirken, wobei diese Dichtung einen ersten Dichtungsring mit einer ersten Dichtungsstirnfläche und einen zweiten Dichtungsring mit einer zweiten Dichtungsstirnfläche aufweist. Die Dichtungsstirnflächen liegen einander gegenüber, wenn sie zusammengebaut sind. Einer der Dichtungsringe ist an der Welle festgelegt, um sich mit dieser zu drehen und der andere ist gegen Drehung gesichert. Eine Hülse umschließt die Welle, und diese ist axial gegen den drehbaren Dichtungsring vorgespannt. Der festgehaltene Dichtungsring liegt zwischen dem drehbaren Dichtungsring und der Hülse, um zu verhindern, dass eine unter Druck stehende Arbeitssubstanz im Leckstrom über die Welle fließt. Der festgehaltene Dichtungsring umfasst innere Strömungskanäle, die in der Weise wirken, dass der Druck der Schmiermittelströmung dadurch reduziert wird, um sowohl den festgehaltenen Dichtungsring zu kühlen und den Druck des Schmiermittels zu verringern, womit vermieden werden soll, dass ein getrenntes Lager vorgesehen wird.

[0006] Diese Dichtungsarten sind in ihrer Anwendung beschränkt, weil die Dichtungen so ausgebildet sind, dass sie nur in einer Richtung wirken. Wenn die Dichtungen in Gegenrichtung beaufschlagt werden, dann trennen sich die Dichtungsringe im typischen Fall nicht voneinander, sondern sie werden aufeinander zu gedrückt oder gesaugt, wodurch die Abnutzung erhöht und schließlich die Dichtungen zerstört werden. Andere konventionelle Konstruktionen benutzen speziell gestaltete Nuten, die in beiden Richtungen wirken können und die als bi-direktionale Nuten bezeichnet werden. Diese Nuten sind im typischen Fall jedoch kostspielig in der Herstellung, da sie eine präzise und schwierige maschinelle Bearbeitung erfordern und unwirksam sind in der Erzeugung eines hydrodynamischen Auftriebs, durch den die

Dichtungsstirnflächen wirksam voneinander abgehoben werden.

[0007] Selbst bei mechanischen berührungslosen Dichtungskonstruktionen tritt ein gewisser Verschleiß der Dichtungsstirnflächen auf, insbesondere während des Anlaufs oder während Perioden, in denen die Welle mit relativ geringen Drehzahlen läuft. Dies ist teilweise eine Folge des Fehlens einer Druckregelung der verschiedenen Fluide, die in der Dichtung benutzt werden. Beispielsweise müssen Barrierefluiddruck und Prozessfluiddruck in einem bestimmten Verhältnis zueinander derart aufrecht erhalten werden, dass die Dichtungsstirnringflächen nicht voneinander so weit getrennt werden, dass Prozessflüssigkeit entweichen kann oder dass die Dichtungsflächen in tatsächliche physikalische Berührung miteinander gebracht werden, wobei nur wenig oder kein Barrierefluid ihre Oberflächen schützt. Ein derartiger Abrieb bewirkt einen Verschleiß der Dichtungskomponenten, was schließlich dazu führt, dass die Dichtungskomponenten ersetzt werden müssen.

[0008] Da sich die oben beschriebenen Dichtungsanordnungen und andere bekannte Dichtungen nicht als optimal erwiesen haben, bezweckt die Erfindung die Schaffung eines Druckregelsystems zur Regelung der Drücke verschiedener Fluide innerhalb der Dichtung, um die Abnutzung zu vermindern, wobei gleichzeitig ein Leckstrom an den anderen Stirnflächen verhindert oder vermindert wird, ohne die Dichtwirkung oder Integrität zu beeinträchtigen, insbesondere wenn sich die verschiedenen Fluiddrücke während des Anlaufs oder während eines Betriebs mit geringer Drehzahl ändern.

[0009] Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, ein Druckregelsystem zu schaffen, welches kompakt und einfach an der mechanischen Dichtung zu montieren ist.

[0010] Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, eine mechanische Spaltdichtung zu schaffen, die ein Druckregelsystem mit einem ausreichend großen Dynamikbereich aufweist, so dass dieses System unter einem weiten Bereich von Betriebsbedingungen und einem weiten Bereich von Wartungsbedingungen arbeiten kann.

[0011] Ein weiteres Ziel der Erfindung besteht darin, eine mechanische Dichtung zu schaffen, die einen ausreichend hohen hydrodynamischen Hub gewährleistet, der ausreicht, um eine Trennung zwischen den Dichtungsstirnflächen im Betrieb aufrecht zu erhalten.

[0012] Andere und detaillierte Ziele der Erfindung sind einerseits naheliegend und andererseits ergeben sie sich aus der Zeichnung und der folgenden Beschreibung.

Zusammenfassung der Erfindung

[0013] Gelöst wird die gestellte Aufgabe durch eine mechanische Gleitringdichtung gemäß dem Patentsanspruch 1, wonach ein gewählter Fluiddruck der

Dichtung, beispielsweise der Barrierefluiddruck oder der Prozessfluiddruck, auf einem gewählten Druckwert relativ zu dem anderen Fluiddruckwert gehalten wird, indem ein Differentialdruckventil und eine Fluidquelle oder ein Auslass vorgesehen werden. Das Rückführungssystem (einschließlich dem Fluiddruck-Rückführungsnetzwerk) stellt einen der Systemfluiddrücke so ein, dass jedes Ungleichgewicht im System korrigiert wird. Das System überwacht daher fluidmäßig, dynamisch die Dichtung während des Betriebs, um die Spaltweite zu regulieren und demgemäß den Leckstrom über die Dichtung.

[0014] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem, welches den Fluidic-Rückkopplungs-Druckplan gemäß Anspruch 1 der Erfindung aufweist, umfasst eine Reihe von Kanälen und Bohrungen, die innerhalb der Stopfbuchse und erforderlichenfalls in der Dichtung angeordnet sind, um selektiv Fluidverbindungen zwischen Teilen des Systems herzustellen. Das Regelsystem kann mehrfach Untersysteme aufweisen, von denen jedes so ausgebildet ist, dass eine gewählte Funktion zustandekommt. Beispielsweise kann ein Untersystem einen gewählten Fluiddruck einstellen, beispielsweise einen Ausgangsfluiddruck mit einem Druck über (oder unter) einem Prozessfluiddruck, und zwar mit einem Betrag, der manuell einstellbar ist. Dieser Druck definiert den geregelten Eingangsdruck für das System. Ein anderes System kann den regulierten Einlassdruck benutzen, um Druck aus dem System abzuziehen, wenn die Spaltweite an den Dichtungsstirnflächen zu gering wird, oder es kann ein Druck nach dem System erhöht werden, um den Spalt zu verringern und so den Leckstrom an den Dichtungsstirnflächen zu vermindern, wenn der Spalt zu groß wird.

[0015] Gemäß einer Praxis der Erfindung umfasst das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem nach der Erfindung ein bewegliches Ventil, das zwischen mehreren Positionen und mehreren Fluidbohrungen angeordnet sein kann. Das System kann außerdem eine zylindrische Fluidleitung aufweisen, die sich innerhalb einer Kammer in der Stopfbuchse befindet. Das bewegliche Ventil sitzt gleitbar innerhalb der Leitung. Die Leitung kann auch mehrere Bohrungen aufweisen, um ein gewähltes Fluid nach einem Teil der Kammer zu übertragen, um gewählte Funktionen durchzuführen, beispielsweise einen Fluiddruck vom System zuzuführen oder abzuführen, um den Spalt einzustellen oder zu regeln. Gemäß einer wahlweisen Praxis kann das System ein Fluid ausströmen lassen, beispielsweise ein Schließfluid aus dem System, nachdem eine Erhöhung im Barrierefluiddruck erfolgt ist, und es kann ein Schließfluid in das System nach einem festgestellten Abfallen des Barrierefluiddrucks eingeführt werden.

[0016] Gemäß einem weiteren Merkmal der Erfindung ist das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem so bemessen, dass es allein und allgemein komplett innerhalb der Stopfbuchse der mechanischen Dichtung untergebracht werden kann. Dieses kom-

pakt dimensionierte System vermeidet demgemäß die Benutzung von äußeren schwierigen Fluidleitungsanordnungen, die die verschiedenen Fluide des Systems mit der Dichtung verbinden.

[0017] Ein wesentlicher Vorteil dieses kompakten in der Stopfbuchse zu montierenden Aufbaus besteht darin, dass keine Notwendigkeit für teure Fluidkoppelungskomponenten besteht, wodurch die Gesamtstückzahlen vermindert werden und demgemäß die Gesamtkosten des Systems. Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass das System den Spalt regeln kann, während ein Leckfluid vorhanden ist, und dass eine dynamische Regelung durch ein Druckregelsystem erfolgen kann, das so bemessen und dimensioniert ist, dass es innerhalb der Stopfbuchse angebracht werden kann. Das System ermöglicht diese Vorteile durch Fluidüberwachung der Systemdrücke mit einem gleitend beweglichen Ventil, das auf gewisse Fluiddrücke anspricht.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0018] Diese und weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich unter Bezugnahme auf die detaillierte Beschreibung in Verbindung mit der beiliegenden Zeichnung, in der gleiche Bezugszeichen einander gleiche Elemente in den verschiedenen Ansichten charakterisieren. Die Zeichnung veranschaulicht Prinzipien der Erfindung, und obgleich nicht notwendigerweise maßstabsgeerecht, werden relative Dimensionen angegeben. In der Zeichnung zeigen:

[0019] **Fig. 1A** ist ein Teilschnitt einer mechanischen Dichtung gemäß der Erfindung, wobei die Struktur veranschaulicht wird, mit der ein Fluid nach den Dichtungsstirnflächen überführt wird;

[0020] **Fig. 1B** ist eine perspektivische Ansicht einer Hälfte des rotierenden Dichtungsringes der mechanischen Dichtung nach **Fig. 1A**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung;

[0021] **Fig. 1C** ist eine perspektivische Ansicht einer Hälfte des stationären Dichtungsringes der mechanischen Dichtung nach **Fig. 1A**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung;

[0022] **Fig. 1D** ist eine perspektivische Ansicht einer Hälfte des Stopfbuchsenaufbaus der mechanischen Dichtung gemäß **Fig. 1A**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der Erfindung;

[0023] **Fig. 1E** ist eine perspektivische Ansicht einer Hälfte einer zusammengebauten mechanischen Dichtung gemäß **Fig. 1A**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung;

[0024] **Fig. 1F** ist eine auseinandergezogene perspektivische Ansicht der Dichtungskomponenten gemäß **Fig. 1D**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung;

[0025] **Fig. 1G** ist eine perspektivische Ansicht einer Hälfte des rotierenden Dichtungsringhalteraufbaus gemäß **Fig. 1A**, geeignet zur Benutzung in Ver-

bindung mit der vorliegenden Erfindung;

[0026] **Fig. 1H** ist eine Seitenansicht der Fläche des rotierenden Dichtungsringhaltersegmentes nach **Fig. 1A**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung;

[0027] **Fig. 1I** ist eine Seitenansicht der Stirnfläche des rotierenden Dichtungsringsegmentes gemäß **Fig. 1A**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung;

[0028] **Fig. 1J** ist eine Teilseitenansicht der Dichtungsringstirnflächen gemäß **Fig. 1D**, wobei außerdem die Kräfte innerhalb der Nut dargestellt sind;

[0029] **Fig. 2** ist eine Seitenansicht der stationären und rotierenden Dichtungsringsegmente der mechanischen Dichtung gemäß **Fig. 1A**, wobei die Trennkraft veranschaulicht ist, die sich innerhalb der Dichtungsringnut gemäß den Lehren der vorliegenden Erfindung aufbaut;

[0030] **Fig. 3** ist eine Teilschnittansicht der mechanischen Dichtung gemäß **Fig. 1A** nach der vorliegenden Erfindung;

[0031] **Fig. 4** ist eine schematische Ansicht eines der Untersysteme des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems nach der Erfindung zur Aufrechterhaltung des gewählten Druckes des Barrierefluids relativ zu dem Prozessdruck, benutzt in Verbindung mit einer Spaltdichtung, obgleich andere Dichtungskonstruktionen einschließlich nicht gespalteter Dichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung angeordnet werden können;

[0032] **Fig. 5** ist eine schematische Ansicht eines weiteren Untersystems des Druckfluid-Rückkopplungssystems nach der Erfindung, wobei ein Differentialdruckventil dargestellt ist, das selektiv eine Schließkraft-Fluidverteilungsschaltung nach der Fluidquelle verbindet;

[0033] **Fig. 6A** ist eine schematische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des Druckfluid-Rückkopplungssystems nach der Erfindung zur Aufrechterhaltung der Fluidschließkraft bei einem gewählten Druck relativ zu dem Barrierefluidruck durch Absenken des Schließkraftfluidrucks durch eine Auslassöffnung;

[0034] **Fig. 6B** ist eine schematische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des Druckfluid-Rückkopplungssystems nach der Erfindung, wobei das Differentialdruckventil die Schließkraft-Fluidverteilungsverbindung mit der Auslassöffnung zeigt;

[0035] **Fig. 7** ist ein Teilquerschnitt des Differentialdruckventils nach **Fig. 4** in Schließstellung dargestellt;

[0036] **Fig. 8** ist eine Teilschnittansicht des Stopfbuchsengehäuses, das das Differentialdruckventil gemäß **Fig. 4** aufnimmt, das in Öffnungsstellung gezeigt ist, in der das Fluidverteilernetzwerk mit der Fluidquelle verbunden ist;

[0037] **Fig. 9A** ist eine schematische Ansicht eines Untersystems eines anderen Ausführungsbeispiels des Druckfluid-Rückkopplungssystems zur Aufrechterhaltung eines gewählten Druckes des Barriereflu-

ids relativ zum Prozessdruck;

[0038] **Fig. 9B** ist eine schematische Ansicht eines Untersystems bei einem anderen Ausführungsbeispiel des Druckfluid-Rückkopplungssystems nach der Erfindung zur Aufrechterhaltung des Schließkraftfluids auf einem gewählten Druck relativ zum Barrierefluidruck bei einer Hochdruckfluidzuführung;

[0039] **Fig. 9C** ist eine schematische Ansicht eines Untersystems eines anderen Ausführungsbeispiels des Druckfluid-Rückkopplungssystems nach der Erfindung zur Aufrechterhaltung des Schließkraftfluids auf einem vorgewählten Druck relativ zum Barrierefluidruck, indem selektiv das Fluid durch einen Auslass ausgelassen wird;

[0040] **Fig. 10A** ist eine schematische Ansicht eines weiteren Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Fluidic-Rückkopplungssystems, welches eine Membran als Differentialdruckventil benutzt;

[0041] **Fig. 10B** ist eine schematische Teilansicht, welche die Membran gemäß **Fig. 10A** in einer Stellung zeigt, in der die Eintrittskammer mit der Austrittskammer in Verbindung steht;

[0042] **Fig. 11** ist ein schematisches Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Aufrechterhaltung des Barrierefluids auf einem vorbestimmten Druck relativ zum Druck des Prozessfluids;

[0043] **Fig. 12** ist ein schematisches Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Aufrechterhaltung des Schließkraftfluiddruckes auf einem gewählten Druckwert relativ zum Druck des Barrierefluids durch Erhöhung des Schließkraftfluiddruckes;

[0044] **Fig. 13** ist ein schematisches Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Aufrechterhaltung des Schließkraftfluiddruckes auf einem gewählten Wert relativ zum Barrierefluidruck durch Erhöhung des Schließkraftfluiddruckes;

[0045] **Fig. 14A** ist ein schematisches Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Aufrechterhaltung des Barrierefluiddruckes auf einem Wert relativ zu dem Prozessdruck;

[0046] **Fig. 14B** ist ein schematisches Ablaufdiagramm des Verfahrens zur Aufrechterhaltung des Schließkraftfluiddruckes auf einem Wert, bei dem der Barrierefluiddruck größer ist als der Prozessdruck und geringer als ein eingestellter oberer Wert unter Benutzung sowohl einer Hochdruckfluidzuführung als auch einer Auslassöffnung;

[0047] **Fig. 15A** und **15B** sind schematische Ablaufdiagramme des Verfahrens zur Aufrechterhaltung des Schließkraftfluiddruckes auf einem Wert, der größer ist als der Barrierefluidwert unter Benutzung sowohl einer Hochdruckfluidzuführung als auch einer Auslassöffnung;

[0048] **Fig. 16** ist eine schematische Ansicht eines anderen Ausführungsbeispiels eines Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems nach der Erfindung, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit einer konzentrischen Doppeldichtung;

[0049] **Fig. 17** ist eine schematische Ansicht eines

abgewandelten Ausführungsbeispiels des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems nach **Fig. 16**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit einer konzentrischen Doppeldichtung.

Beschreibung des dargestellten Ausführungsbeispiels

[0050] In **Fig. 1A** ist eine mechanische Dichtung **10** dargestellt, die geeignet ist zur Benutzung in Verbindung mit dem erfindungsgemäßen Druckfluid-Rückkopplungssystem. Die mechanische Dichtung **10** ist vorzugsweise konzentrisch um eine Welle **12** herum angeordnet und ist an einer Außenwand eines Gehäuses, beispielsweise einer Pumpe oder dergleichen, festgelegt. Die Welle **12** erstreckt sich längs einer Achse **13**, und sie ist wenigstens teilweise innerhalb des Gehäuses **12** gelagert. Die Dichtung **10** ist so konstruiert, dass eine Fluidabdichtung zwischen dem Gehäuse **11** und der Welle **12** bewirkt wird, wodurch verhindert wird, dass ein Prozessmedium aus dem Gehäuse **11** entweicht. Die Fluidabdichtung wird durch einen stationären Dichtungsring **14** und einen rotierenden Dichtungsring **16** bewirkt, von denen jeder eine radial verlaufende kreisbogenförmige Dichtungsoberfläche **20** bzw. **18** und zwei Segmentdichtungsflächen **22** und **24** aufweist, wie dies in den **Fig. 1B** und **1C** dargestellt ist. Die Dichtungsstirnfläche **18** des Dichtungsringes **14** ist in Dichtungsverbindung mit der Dichtungsstirnfläche **20** des Dichtungsringes **16** vorgespannt, wie dies im Einzelnen später beschrieben wird. Zusätzlich sind die Segmentdichtungsflächen **22**, **24** eines jeden Dichtungsringes in Dichtungseingriff miteinander vorgespannt. Demgemäß bewirken diese individuellen Dichtungsflächen eine Fluidabdichtung, die unter einem weiten Bereich von Arbeitsbedingungen und einem weiten Bereich von Betriebsbedingungen wirksam ist.

[0051] Der hierbei benutzte Ausdruck „axial“ bezieht sich auf die Richtung allgemein parallel zur Richtung der Wellenachse **13**. Der Ausdruck „radial“, der hierbei benutzt wird, bezieht sich auf eine Richtung allgemein senkrecht zur Wellenachse **13**.

[0052] Die mechanische Dichtung **10** gemäß **Fig. 1A** kann irgendeine geeignete mechanische Dichtung sein, einschließlich einer Doppeldichtung, einer Patronendichtung, einer Tandemdichtung, einer Dichtung mit stirnseitiger Berührung, und sie kann entweder massiv oder als Spaltdichtung ausgebildet sein, und vorzugsweise ist es eine mechanische berührungslose Spaltdichtung, bei der ein Barrierefluid zwischen die Dichtungsstirnflächen **18**, **20** eines ersten und eines zweiten Dichtungsringes **14**, **16** eingeführt wird. Bei einer berührungslosen Dichtung bewirkt das Barrierefluid die Verhinderung einer Berührung zwischen den im Wesentlichen radial verlaufenden Abschnitten der Dichtungsstirnflächen **18** und der radialen Abschnitte der Dichtungsstirnfläche **20**, wodurch der Reibungseingriff und der Verschleiß der

Dichtungsstirnflächen **18**, **20** verringert wird. Demgemäß umfasst eine berührungslose Stirndichtung eine Dichtungsstruktur, bei der eine vollständige Trennung der Dichtungsstirnflächen immer und auch unter gewissen Betriebsbedingungen erhalten bleibt, d. h. während der Perioden der Wellendrehung, und es wird eine Trennung der Dichtungsflächen bewirkt. Im Gegensatz dazu umfasst eine Dichtung mit sich berührenden Dichtungsflächen eine Dichtungsabnutzung, bei der ständig eine teilweise oder vollständige Berührung der Dichtungsflächen aufrecht erhalten bleibt. Bei beiden Dichtungstypen wirkt das Barrierefluid als Wärmeübertragungsmedium, um Wärme von den Dichtungsflächen abzuführen und die Wirkungen thermischer Spannungen auf die Dichtungsflächen zu vermindern.

[0053] Das in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Dichtung benutzte Barrierefluid kann ein Gas oder eine Flüssigkeit oder eine Kombination von beiden sein. Im typischen Fall ist der Bereich der Dichtungsoberfläche, der in Reibungsberührung bleibt, größer bei Barriereflüssigkeitsanwendungen als bei Barrieregasanwendungen. Demgemäß kann die Benutzung eines Barrieregases zu einer geringeren Reibungsabnutzung der Dichtungsoberflächen **18**, **20** gegenüber einer Benutzung einer Barriereflüssigkeit führen, weil eine Verminderung der Reibungsberührungsfläche erfolgt. Ein Gasbarrierefluid ist jedoch nicht für alle Anwendungen geeignet, weil die Möglichkeit besteht, dass eine minimale Leckstrommenge des Prozessfluids durch das Barrieregas strömt. Die Benutzung einer Barriereflüssigkeit in der Dichtung kann eine erhöhte Verminderung der Wirkung thermischer Beanspruchungen bewirken, weil eine bessere Wärmeübertragung durch die Flüssigkeit erfolgt als durch ein Gas. Für den Fachmann ist es klar, dass die Wahl des Fluidums (Gas oder Flüssigkeit) abhängig ist von der Art des Betriebes, in Verbindung mit der die Dichtung benutzt wird. Beispielsweise kann bei Anwendungen, bei denen ein minimaler Prozessfluidleckstrom zulässig ist, ein Barrieregas bevorzugt werden, um die Abnutzung an den Dichtungsstirnflächen zu vermeiden und um die Lebensdauer der Dichtung zu erhöhen. Bei Anwendungen, in denen das Prozessfluid entflammbar oder die Umgebung gefährlich ist, kann eine Flüssigkeitsdichtung zu bevorzugen sein.

[0054] Gemäß **Fig. 1A** bis **1F** umfasst die dargestellte mechanische Spaltdichtung **10** zusätzlich zu dem stationären Dichtungsring **14** und dem rotierenden Dichtungsring **16** einen Stopfbuchsendichtungsaufbau **30** und einen rotierenden Dichtungsringhalteraufbau **100**. Der Stopfbuchsendichtungsaufbau **30** umfasst zwei identische Stopfbuchsensegmente oder -hälften **34a** und **34b**, von denen eine in **Fig. 1D** dargestellt ist. Das Stopfbuchsensegment **34a** besitzt, beginnend vom axial äußeren Ende (an der Unterseite von **Fig. 1D**) eine innere Oberfläche, die eine axial verlaufende erste Oberfläche **36** und eine integral ausgebildete und axial verlaufende zweite Ober-

fläche **38** aufweist, die radial von der ersten Oberfläche **36** gestuft ist. Die erste Oberfläche **36** und die zweite Oberfläche **38** bilden in Kombination eine erste ringförmige Verbindungswand **40**. Eine axial verlaufende dritte Oberfläche **42** ist radial von der zweiten Oberfläche **38** gestuft und bildet in Kombination hiermit eine zweite ringförmige Verbindungswand **44**. Die dritte Oberfläche **42** ist axial in drei Abschnitte **42a**, **42b** und **42c** durch elastomere Aufnahmekanäle **46** und **48** segmentiert, von denen jede radial von der dritten Oberfläche **42** gestuft ist. Eine radial verlaufende vierte Oberfläche **50** ist radial von der dritten Oberfläche **42** durch eine dritte ringförmige Verbindungswand **52** gestuft. Eine gestufte fünfte Oberfläche **54** erstreckt sich radial nach innen und axial nach außen von der vierten Oberfläche **50** des Stopfbuchsensegmentes.

[0055] Der Stopfbuchsenaufbau **30** besitzt eine Gehäusedichtungsnut **56**, die am Boden **58** des Stopfbuchsenaufbaus **30** entlangläuft. In der Nut **56** sitzt ein flacher, ringförmiger, elastischer Dichtungsring **60**, der vorzugsweise eine axiale Abmessung hat, die größer ist als die Tiefe der Nut, wodurch eine druckdichte und fluiddichte Abdichtung zwischen der mechanischen Dichtung **10** und dem Gehäuse **11** zustandekommt. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Gehäusedichtungsring **60** in zwei Bogensegmente aufgeschnitten, um in jedem Stopfbuchsensegment **34a**, **34b** eingesetzt zu werden. Die Gehäusedichtungsringsegmente sind vorzugsweise in der Nut **56** montiert und durch einen Kleber darin festgelegt. Diese Anordnung unterstützt die Verhinderung eines Leckstromes des Prozessmediums über die Passabschnitte der mechanischen Dichtung **10** und dem Gehäuse **11**, wenn diese zusammengebaut sind.

[0056] Wie in den **Fig. 1A**, **1E**, **1G** und **1H** dargestellt, ist ein Halteraufbau **100** in einer Kammer **102** (**Fig. 1D**) untergebracht, die durch den Stopfbuchsenaufbau **30** gebildet ist und radial nach innen hiervon distanziert ist. Es ist jedoch klar, dass der Halteraufbau **100** nicht innerhalb des Stopfbuchsenaufbaus **30** angebracht werden muss. Der Halteraufbau **100** besitzt zwei identische bogenförmige Haltersegmente **104a** und **104b**, von denen eines in **Fig. 1G** dargestellt ist. Wie in den **Fig. 1G** und **1H** dargestellt, weist jedes Haltersegment eine äußere Oberfläche **106** und eine innere Oberfläche **108** auf. Die innere Oberfläche **108** des Haltersegmentes besitzt eine nach innen geneigte erste Oberfläche **110**, die in einer axial verlaufenden zweiten Oberfläche **112** endet. Zwei aufeinanderfolgende radial nach innen gestufte Oberflächen bilden eine dritte Fläche **114** und eine vierte Fläche **115**. Die zweite Fläche **112** und die dritte Fläche **114** besitzen eine sich radial nach innen erstreckende erste Wand **118**, die integral hiermit gestaltet ist, und die dritte Fläche **114** und die vierte Fläche **115** besitzen eine radial nach innen verlaufende zweite Wand **120**, die integral dazwischen ausgebildet ist. Ein weiteres Paar aufeinanderfolgender radial

nach innen gestufter Oberflächen bildet eine fünfte Fläche **116** und eine sechste Fläche **119**. Die vierte Fläche **115** und die fünfte Fläche **116** besitzen eine radial nach innen verlaufende dritte Wand **121**, die integral damit hergestellt ist, und die fünfte Fläche **116** und die sechste Fläche **119** besitzen eine radial nach innen verlaufende vierte Wand **117**, die integral dazwischen ausgebildet ist. Der Durchmesser der sechsten Fläche **119** ist vorzugsweise gleich oder etwas größer als der Durchmesser der Welle **12**, auf der der Halteraufbau **100** festzulegen ist.

[0057] Die äußere Oberfläche **106** des Haltersegmentes hat eine erste axial verlaufende äußere Oberfläche **122** und eine radial nach innen geneigte zweite äußere Oberfläche **124**. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist der Außendurchmesser der ersten äußeren Oberfläche **124** des Haltersegmentes kleiner als der Durchmesser der vierten Oberfläche **50** des Stopfbuchsensegmentes. Dieser Zwischenraum ermöglicht es, dass der Halteraufbau **100** innerhalb des Stopfbuchsenaufbaus **30** unbehindert drehbar sitzt. Der äußere Durchmesser der zweiten äußeren Oberfläche **124** ist vorzugsweise kleiner als der Innendurchmesser der fünften Oberfläche **54** des Stopfbuchsensegmentes.

[0058] Die sechste Fläche **119** des Haltersegmentes **104a** weist einen Ringkanal **126** auf, um einen gespalteten Wellendichtungsring **128** aufzunehmen (Fig. 1A). Wenn der Dichtungsring **128** in den Kanal **126** eingesetzt ist, dann passt der Dichtungsring dichtungsmäßig mit der Welle **12** zusammen und ergibt eine Fluidabdichtung längs der Zwischenfläche zwischen Halter und Welle. Die dargestellte zweite radial verlaufende Wand **120** besitzt vorzugsweise eine zylindrische ausgerichtete Bohrung **130**, um ein Ende eines Passstiftes **132** aufzunehmen (Fig. 1A). Das andere Ende des Passstiftes **132** wird von einer entsprechenden Bohrung **134** aufgenommen, die in dem rotierenden Dichtungsring **16** angeordnet ist (Fig. 1I). Der Vorsprung **132** arbeitet als mechanisches Drehmittel, indem der rotierende Dichtungsring **16** in Drehbewegung vorgespannt ist, wie dies weiter unten im Einzelnen beschrieben wird.

[0059] Die dargestellten Haltersegmente **104a** und **104b** besitzen eine Halterdichtungsringnut **140** mit der in Fig. 1F und 1G dargestellten Form, die in der Dichtungsfläche **136**, **138** eines jeden aufgespalteten Halters angeordnet sind. Ein Halterdichtungsring **142**, der komplementär zur Form der Nut **140** ausgebildet ist, sitzt in der Nut **140**. Der Halterdichtungsring **142** erstreckt sich, wenn er in die Nut **140** eingesetzt ist, über die Dichtungsflächen **136** und **138** des Halters, wie dies am besten aus Fig. 1E hervorgeht. Der freiliegende Teil des Dichtungsringes **142** sitzt in einer komplementär geformten Nut in der gegenüberliegenden Haltersegment-Dichtungsoberfläche. Diese Anordnung bewirkt eine fluiddichte Abdichtung. Der Dichtungsring kann aus irgendeinem geeigneten deformierbaren Material, z. B. aus einem elastomeren Gummi, bestehen.

[0060] Gemäß Fig. 1B und 1I weist der drehbare Dichtungsringaufbau **16** zwei kreisbogenförmige Drehdichtungsringsegmente **150a** und **150b** auf, von denen eines in Fig. 1B dargestellt ist. Die rotierenden Dichtungsringsegmente haben im Wesentlichen glatte bogenförmige innere Oberflächen **152**. Der Innendurchmesser der inneren Oberfläche **152** der drehbaren Dichtungssegmente ist größer als der Durchmesser der Welle **12**, um eine Montage darauf zu ermöglichen.

[0061] Die äußere Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungssegmente weist eine Reihe axial verlaufender äußerer Oberflächen auf, von denen jede radial nach innen gegeneinander gestuft ist. Eine axial verlaufende zweite äußere Oberfläche **158** ist radial nach innen von einer ersten axial verlaufenden äußeren Oberfläche **156** her gestuft. Die erste äußere Oberfläche **156** und die zweite äußere Oberfläche **158** bilden in Kombination zusammen eine erste Ringverbindungswand **160**, die sich radial zwischen der ersten und zweiten äußeren Oberfläche erstreckt. Eine dritte axial verlaufende äußere Oberfläche **162** ist radial nach innen von der zweiten äußeren Oberfläche **158** durch eine zweite ringförmige Verbindungswand **164** gestuft, die sich radial zwischen der zweiten und dritten äußeren Oberfläche erstreckt. Eine vierte axial verlaufende äußere Oberfläche **166** ist radial nach innen von der dritten äußeren Oberfläche **162** gestuft. Die dritte äußere Oberfläche **162** und die vierte äußere Oberfläche **166** bilden in Kombination damit eine dritte Ringverbindungswand **168**, die sich radial zwischen der dritten und vierten äußeren Oberfläche erstreckt. Eine vierte ringförmige Verbindungswand **169** erstreckt sich radial von der vierten äußeren Oberfläche **166** nach der inneren Oberfläche **152**.

[0062] Die gestufte äußere Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungssegmente ist komplementär zu der gestuften inneren Oberfläche **108** der Haltersegmente **104a** und **104b** ausgebildet, damit eine Lagerung der rotierenden Dichtungssegmente in den Haltersegmenten möglich ist. Der Durchmesser der vierten äußeren Oberfläche **166** des drehbaren Dichtungssegmentes ist kleiner als der Durchmesser der fünften Fläche **116** des Haltersegmentes. In gleicher Weise sind die Durchmesser der zweiten äußeren Oberfläche **158** und der dritten äußeren Oberfläche **162** der drehbaren Dichtungssegmente kleiner als die Durchmesser der dritten Oberfläche **114** bzw. der fünften Oberfläche **115** des Haltersegmentes.

[0063] Elastomere Glieder, beispielsweise aufgespaltene O-Ringe **170** und **172**, können konzentrisch um den rotierenden Dichtungsring **16** angeordnet werden. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sitzt der O-Ring **170** längs der zweiten Oberfläche **112** des Haltersegmentes und stößt gegen die zweite äußere Oberfläche **158** des rotierenden Dichtungssegmentes und die erste Verbindungswand **160** an, wie dies aus Fig. 1A, 1H und 1I hervorgeht. Der Dichtungsring **172** sitzt längs der vierten Fläche **115**

des Haltersegmentes und der dritten Wand **121** und stößt gegen die vierte äußere Oberfläche **166** des Dichtungssegmentes und die dritte Verbindungswand **168** an. Die O-Ringe **170** und **172** sind genügend elastisch, um die Dichtungsoberflächen **24** des rotierenden Dichtungssegmentes in Dichtungseingriff mit dem entsprechenden Dichtungsringsegment zu bringen, wodurch eine fluiddichte und druckdichte Abdichtung erfolgt. Die O-Ringe **170** und **172** wirken zusammen, um in Kombination mit dem Prozessfluid eine radial nach innen gerichtete Kraft zu erzeugen, die elastisch die axialen Dichtungsflächen **24** der Rotorsegmente gegeneinander vorspannt und dadurch einen Leckstrom durch die Dichtungsflächen verhindert oder vermindert.

[0064] Um eine Fehlausrichtung der Dichtungsoberfläche zu verhindern, sitzt der O-Ring **172** längs der äußeren Oberfläche **154** der drehbaren Dichtungsringsegmente **150a** und **150b**, um als elastischer Schwenkkörper zu wirken, um den sich der rotierende Dichtungsring **16** relativ zu dem rotierenden Halteraufbau **100** verschwenken kann. Diese durch den O-Ring **172** ermöglichte Schwenkbewegung bewirkt eine Aufrechterhaltung der Ausrichtung und Abdichtung zwischen der Dichtungsoberfläche **18** des drehbaren Dichtungsringes und der Dichtungsoberfläche **20** des stationären Dichtungsringes. Weiterhin bewirkt der O-Ring **172** eine Beabstandung der Oberfläche **154** des drehbaren Dichtungsringes **16** von der inneren Oberfläche **108** des Halteraufbaus **100**.

[0065] Gemäß **Fig. 1A** bewirkt die Schwenkanordnung des O-Ringes **172** eine elastische Verschwenkung der Dichtungsringe **18**, **20** während der vollen Arbeitsweise der mechanischen Spaltdichtung **10** sowohl im berührungslosen Zustand als auch im Berührungszustand, wobei gleichzeitig dauerhaft eine Berührung zwischen den gegenüberliegenden Dichtungsflächen gewährleistet wird oder die Aufrechterhaltung einer vorbestimmten Spaltgröße zwischen diesen Flächen.

[0066] Die dargestellten Dichtungsoberflächen **18** und **20** der rotierenden Dichtungsringsegmente besitzen jeweils eine durchlaufende kreisbogenförmige Radialnut **180**, wie am besten aus **Fig. 1B** ersichtlich. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist die Radialnut **180** radial zwischen der inneren Oberfläche **152** und der ersten äußeren Oberfläche **156** des rotierenden Dichtungsringes **16** ausgebildet. Die Nut **180** spaltet demgemäß die rotierende Dichtungsringfläche **20** in zwei konzentrische Dichtungsflächen oder Stegabschnitte **20a** und **20b**. Auf diese Weise wird eine Doppeldichtung zwischen dem stationären Dichtungsring **14** und dem rotierenden Dichtungsring **16** erreicht.

[0067] Gemäß **Fig. 1A**, **1E**, **1J** und **2** kommuniziert die Radialnut **180** mit der Dichtungsfläche **18** des stationären Dichtungsringes **14**. Ein Barrierefluid mit einem spezifisch geregelten Druck, der allgemein größer ist als der Prozessdruck, wird in die Radialnut **180** über ein Barrierefluidvorspannsystem eingeführt,

das aus einer Barrierefluidleitung **228** besteht, die in dem Statordichtungsring **14** ausgebildet ist, wie dies weiter unten im Einzelnen beschrieben wird. Das Barrierefluid erzeugt eine Trennkraft auf die Dichtungsflächen **18** und **20**, wie durch die Pfeile F_A in **Fig. 1J** und **Fig. 2** angedeutet. Die Trennkraft oder Spreizkraft ist primär oder allgemein eine hydrostatische Kraft, die bewirkt, dass eine Berührung zwischen den radialen Abschnitten der Dichtungsoberfläche **18** und den radialen Abschnitten der Dichtungsoberflächen **20a** und **20b** minimiert oder verhindert wird, wodurch der Reibungseingriff und der hieraus resultierende Verschleiß der Dichtungsflächen **18**, **20a** und **20b** vermindert wird. Die Größe der Spreizkraft hängt von einer Anzahl von Faktoren ab, beispielsweise von den Dimensionen der Radialnut, z. B. der radialen Abmessung, von der Konfiguration der Dichtungsflächen sowie von dem Druck des Barrierefluids. Die Wahl des Barrierefluids ist ebenfalls ein Faktor, wenn die Größe oder die Spreizkraft oder das Ausmaß der Dichtungsflächenentrennung gewählt wird. Die Beziehung zwischen dem Barrierefluiddruck und dem Schließfluiddruck wird so eingestellt, dass das Ausmaß der Öffnungskraft und demgemäß die Dichtungsflächen spreizung gewählt wird. Bei Anwendungen, bei denen das Barrierefluid ein Gas ist, ist eine geringere Dichtungsoberflächenberührung erwünscht, und demgemäß ist ein größerer Abstand der Dichtungsflächen spreizung zu bevorzugen. Bei Flüssigbarriereanwendungen ist ein kleineres Ausmaß der Dichtungsflächen spreizung erforderlich und demgemäß eine erhöhte Wärmeübertragung der Flüssigkeit im Vergleich mit einem Gas. Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Dichtung besteht darin, dass die Dichtung entweder mit einem gasförmigen Barrierefluid oder einem flüssigen Barrierefluid betrieben werden kann, indem das Ausmaß der Berührung der Dichtungsoberflächen eingestellt wird und indem die Größe des Spaltes eingestellt wird, der zwischen den Dichtungsstirnflächen **18** und **20** gebildet ist.

[0068] Das Barrierefluid innerhalb der Radialnut **180** übt eine radial nach außen gerichtete Kraft F_{Ro} und eine radial nach innen gerichtete Kraft F_{Ri} auf den sich drehenden Dichtungsring **16** aus, wie das in **Fig. 1J** und **Fig. 2** dargestellt ist. Weil der Oberflächenbereich an der Außenwand **184** größer ist als der Oberflächenbereich an der Innenwand **186** der Nut **180**, ergibt sich eine Gesamtkraft nach außen gerichtet von F_{Ro} auf den sich drehenden Dichtungsring **16**. Die Nut **180** ist so dimensioniert, dass die radial nach außen gerichtete Kraft F_{Ro} , die durch das Barrierefluid innerhalb der Nut erzeugt wird, allgemein nicht die radial nach innen gerichtete Kraft F_{Ri} auf den drehenden Dichtungsring **16** von den O-Ringen **170**, **172** und von dem Prozessmedium übersteigt, das auf wenigstens die äußere Oberfläche **156** des Dichtungsringes wirkt. Demgemäß trennt die radial nach außen gerichtete Kraft F_{Ro} infolge des Barrierefluids nicht die rotierenden Dichtungsringsegmente **150a**, **150b** des

sich drehenden Dichtungsringes oder „bläst“ diese auseinander.

[0069] Ein wesentlicher Vorteil der dargestellten mechanischen Dichtung **10** besteht darin, dass die Einführung eines Kühlfluids oder eines Barrierefluids nach den Dichtungsflächen **18**, **20** der Dichtungsringe **14**, **16** möglich wird. Die Kombination von Radialnut **180** und Axialbohrungen **228** ermöglicht eine zweckmäßige Arbeitsweise der mechanischen Dichtung sowohl bei einem Betrieb mit Berührung der Dichtungsflächen als auch bei einem berührungslosen Betrieb, ohne dass der Leckstrom durch die axialen Dichtungsflächen der Dichtungsringsegmente erhöht würde. Der Fachmann wird feststellen, dass sich dies auch auf mechanische Flüssigkeitsdichtungen bezieht.

[0070] Gemäß den **Fig. 1A, 1B, 1H, 2 und 3** erstreckt sich eine Vielzahl von Axialbohrungen **183** durch die rotierenden Dichtungsringsegmente von der radialen Nut **180** nach der zweiten Ringverbindungswand **164**. Die Bohrungen sind vorzugsweise im gleichen Abstand über den Umfang des Dichtungsringes **14** angeordnet. Der Fachmann wird erkennen, dass irgendeine Zahl und irgendein Abstand benutzt werden können. Das Barrierefluid kann auf die äußere Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungsringsegmente über die Axialbohrungen **183** zugeführt werden. Wie am besten aus **Fig. 3** ersichtlich, bilden die O-Ringe **170** und **172** und die äußere Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungsringsegmente sowie die innere Oberfläche **108** der Haltersegmente zusammen eine fluiddichte, druckdichte Ringkammer **185**. Das Barrierefluid, das in die Kammer **185** über die Bohrung **228**, die Nut **180** und die Axialbohrung **183** eingeführt wurde, übt eine radial nach innen gerichtete Fluidkraft F_{nr} auf die äußere Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungsringsegmente aus. Die radial nach innen gerichtete Fluidkraft F_{nr} wirkt in Kombination mit der radial nach innen gerichteten Kraft, die von den O-Ringen **170** und **172** ausgeübt wird, und in Verbindung mit dem Prozessmedium, um jede der Dichtungsflächen **24** der rotierenden Segmente in Dichtungsberührung mit einem anderen Segment zu bringen, wodurch eine fluiddichte und druckdichte Abdichtung geschaffen wird.

[0071] Die radial nach innen gerichtete Fluidkraft F_{nr} kann durch Steuerung und/oder Regelung des Druckes des Barrierefluids in der Kammer **185** verändert oder eingestellt werden. Auf diese Weise kann die radial nach innen gerichtete Kraft auf die rotierenden Dichtungsringsegmente eingestellt werden, um Änderungen in den Betriebsbedingungen innerhalb der Dichtung zu kompensieren. Beispielsweise kann eine negative Druckbedingung, bei der der Druck des Fluids an der äußeren Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungsringsegmente unter den Druck des Fluids an der inneren Oberfläche **152** der rotierenden Dichtungsringsegmente fällt, zu einer Trennung der rotierenden Dichtungsringsegmente führen, wie dies im

Einzelnen weiter unten beschrieben wird. Der Ausdrück „negative Druckbedingung“, der hierbei benutzt wird, soll jede Bedingung umfassen, bei der der Druck des Fluids an den äußeren Oberflächen (z. B. den Oberflächen, die dem Prozessfluid ausgesetzt sind) der Dichtungsringe und des Halteraufbaus niedriger ist als der Druck des Fluids an den inneren Oberflächen der Dichtungsringe und des Halteraufbaus. Unter einer solchen Bedingung kann die radial nach innen gerichtete Kraft F_{nr} erhöht werden, um eine Trennung der Dichtungsringsegmente zu verhindern und dadurch die Dichtung zwischen den Dichtungsringsegmenteoberflächen **24** aufrecht zu erhalten.

[0072] Zusätzlich zu der radial nach innen gerichteten Fluidkraft übt das Barrierefluid innerhalb der Kammer **185** eine axiale Fluidkraft F_{ra} auf die rotierenden Dichtungssegmente aus. Komponenten der axialen Fluidkraft F_{ra} , F_{ra1} und F_{ra2} tragen dazu bei, die O-Ringe **172** in ihren Dichtungspositionen zu halten und die Dichtungsflächen der Ringe aufeinander zu drücken. Die axiale Fluidkraftkomponente F_{ra1} spannt den O-Ring **170** in Dichtungseingriff mit der äußeren Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungsringsegmente und der äußeren Oberfläche **108** der Haltersegmente vor. In gleicher Weise spannt die axiale Fluidkraftkomponente F_{ra2} den O-Ring **172** in Dichtungseingriff mit der äußeren Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungsringsegmente und der inneren Oberfläche **108** der Haltersegmente vor.

[0073] Ein wesentlicher Vorteil der negativen Drucksteuerung der dargestellten Dichtung besteht darin, dass eine einzige mechanische Dichtung in verschiedenen Umgebungsbedingungen arbeitsfähig ist. So ist es für den Endverbraucher nicht notwendig, zahlreiche unterschiedliche Dichtungstypen zur Benutzung bei verschiedenen speziellen Arbeitsbedingungen auf Lager zu halten. Dies vermindert die Gesamtkosten für den Endverbraucher, weil dieser nur einen einzigen Dichtungstyp mit den aufgeteilten mechanischen Dichtungen kaufen und auf Lager halten muss, weil diese Dichtungen so eingestellt werden können, dass sie eine Fluidabdichtung unter zahlreichen Betriebsbedingungen ermöglichen.

[0074] Wie in den **Fig. 1C und 1I** dargestellt, besteht der stationäre Dichtungsring **14** aus zwei kreisbogenförmigen Ringsegmenten **200a**, **200b**, die identisch aufgebaut sind und von denen einer dargestellt ist. Die stationären kreisbogenförmigen Dichtungsringsegmente **200a** und **200b** haben eine im Wesentlichen glatte kreisbogenförmige innere Oberfläche **202**, die sich parallel zu der ersten Achse **13** und einer äußeren Oberfläche **204** erstreckt. Die äußere Oberfläche **204** des stationären Ringsegmentes weist eine Dichtungsstirnfläche **18** und eine erste äußere Oberfläche **206** auf, die sich axial hiervon erstreckt, und es ist weiter eine axial verlaufende zweite äußere Oberfläche **208** vorgesehen, die radial nach innen von der ersten äußeren Oberfläche **206** gestuft ist. Die erste äußere Oberfläche **206** und die

zweite äußere Oberfläche **208** bilden in Kombination eine erste Ringverbindungswand **210**, die sich radial zwischen der ersten und der zweiten äußeren Oberfläche erstreckt. Eine axial verlaufende dritte Oberfläche **212** ist radial nach innen von der zweiten äußeren Oberfläche **208** durch eine zweite Ringverbindungswand **214** gestuft, die sich radial zwischen der zweiten und der dritten äußeren Oberfläche erstreckt. Der stationäre Dichtungsring **14** besitzt eine im Wesentlichen glatte, kreisbogenförmige Bodenfläche **216**, die der Dichtungsfläche **18** gegenüberliegt. Die stationären Dichtungsringsegmente **200a**, **200b** haben eine Ausnehmung **220**, die längs der Bodenfläche **216** verläuft. Der mechanische Federclip **174**, der mechanisch mit einer Bodenfläche **55** des Stopfbuchsenaufbaus **30** gekoppelt ist, sitzt in der Ausnehmung **220** (Fig. 1E und 1F). Diese Anordnung unterstützt eine Ausrichtung und den Sitz des stationären Dichtungsringes **14** in der Kammer **102** und bewirkt eine mechanische Impedanz, die verhindert, dass sich das stationäre Dichtungsringsegment **14** mit der Welle **12** und dem rotierenden Dichtungsring **16** dreht.

[0075] Der Innendurchmesser der inneren Oberfläche **202** des stationären Segmentes ist größer als der Durchmesser der Welle **12**, und er ist größer als der Durchmesser der inneren Oberfläche **152** des rotierenden Dichtungsringes **16**, so dass eine Bewegung sowohl der Welle **12** als auch der rotierenden Dichtung **16** relativ zu dem stationären Dichtungsring **14** möglich ist. Mehrere elastomere Glieder, d. h. geteilte O-Ringe **222**, **224** und **226**, bewirken eine radial nach innen gerichtete Vorspannkraft, die ausreicht, um die Segmentdichtungsflächen **22** des stationären Dichtungsringsegmentes **14** in Dichtungsberührung mit dem anderen stationären Dichtungsringsegment zu bringen. Außerdem bilden die O-Ringe **222**, **224** und **226** eine fluiddichte und druckdichte Abdichtung zwischen dem Stopfbuchsenaufbau **30** und dem stationären Dichtungsring **14**. Die O-Ringe **222**, **224** sitzen in Kanälen **48**, **46**, die in der dritten Oberfläche **42** des Stopfbuchsenaufbaus **30** ausgebildet sind. Der O-Ring **226** ruht gegen die zweite Oberfläche **38** und die erste Ringverbindungswand **40** des Stopfbuchsenaufbaus **30**. Der stationäre Dichtungsring besteht vorzugsweise aus einem Keramikmaterial, beispielsweise Aluminiumoxid oder Siliziumkarbid und dergleichen.

[0076] Die Fig. 1A, 1C und 1E zeigen mehrere Barrierefluidbohrungen **228**, die in den stationären Dichtungsringsegmenten **200a** und **200b** ausgebildet sind. Die Bohrungen **228** weisen einen radial verlaufenden Abschnitt **230**, der sich radial von der zweiten äußeren Oberfläche **208** der stationären Dichtungsringsegmente nach innen erstreckt und einen axialen Abschnitt **232** auf, der mit dem radialen Abschnitt **230** in Verbindung steht und sich von dort nach der Dichtungsoberfläche **18** der Dichtungsringsegmente erstreckt. Es wird ein Barrierefluid aus einem Barrierefluidreservoir nach den Dichtungsflächen **18**, **20** der

Dichtungsringe und der radialen Nut **180**, die in der Dichtungsfläche **20** ausgebildet ist, durch die Bohrungen **228** eingeleitet, wie dies weiter unten im Einzelnen beschrieben wird.

[0077] Der Fachmann erkennt, dass die Zahl der Barrierefluidbohrungen nicht auf die Zahl oder Gestalt beschränkt ist, wie dies in der Zeichnung dargestellt ist. Beispielsweise kann eine einzige Barrierefluidbohrung vorgesehen werden. Stattdessen ist es möglich, Barrierefluid nach den Dichtungsflächen **18**, **20** über andere Mittel als eine Bohrung in den Dichtungsringen **14** und **16** zuzuführen. Beispielsweise kann das Barrierefluid nach den Dichtungsflächen von dem äußeren und/oder inneren Durchmesser der Dichtungsringsegmente über spiralförmige Pumpnuten oder dergleichen zugeführt werden. Auf diese Weise benötigt das Barrierefluid nicht notwendigerweise eine getrennte Fluidzuführung, sondern es kann das Prozessmedium selbst benutzt werden.

[0078] Ebenso ist die Lage und Anordnung der Barrierefluidbohrungen nicht auf die Anordnung beschränkt, wie sie in der Zeichnung dargestellt ist, da alternative Positionen und Anordnungen möglich sind, um das gleiche Ergebnis zu erzielen. Beispielsweise können die Barrierefluidbohrungen in dem drehbaren Dichtungsring **16** und in dem stationären Dichtungsring **14** vorgesehen werden, und sie können sich von den Dichtungsflächen nach irgendeiner äußeren Oberfläche der Dichtungsringe erstrecken. Außerdem kann sich die Barrierefluidbohrung linear von den Dichtungsflächen **18**, **20** nach einer äußeren Oberfläche des Dichtungsringes erstrecken.

[0079] Wie am besten aus den Fig. 1A, 1C und 1E ersichtlich, öffnet sich jeder radiale Abschnitt **230** der Barrierefluidbohrungen **228** an der zweiten äußeren Oberfläche **208** des stationären Dichtungsringes, um eine Fluidverbindung zwischen den Bohrungen **228** und einer ähnlichen axialen Barrierefluidbohrung **233** herzustellen, die in dem Stopfbuchsenaufbau **30** ausgebildet ist.

[0080] Die in dem Stopfbuchsenaufbau **30** ausgebildete Bohrung **233** öffnet sich an einem Ende an der äußeren Oberfläche **236** des Stopfbuchsenaufbaus und an einem Abschnitt **42b** der dritten Oberfläche **42** des Stopfbuchsenaufbaus **30**. Die O-Ringe **222** und **224** sind in den Nuten **48** und **46** auf beiden Seiten des Abschnitts **42b** eingelegt und bewirken eine fluiddichte und druckdichte Abdichtung zwischen den stationären Dichtungsringsegmenten **220a**, **220b** und dem Stopfbuchsenaufbau **30**. Auf diese Weise wird eine fluiddichte und druckdichte Ringkammer zwischen den O-Ringen **222**, **224**, dem Abschnitt **42b** des Stopfbuchsenaufbaus **30** und der zweiten äußeren Oberfläche **208** des stationären Dichtungsringes **14** gebildet, um das Barrierefluid innerhalb dieses Kanals zu halten und das Fluid in die axiale Bohrung **228** zu leiten. Das Barrierefluid von einem nicht dargestellten Barrierefluidreservoir wird durch die Bohrung **233** des Stopfbuchsenaufbaus und die Ring-

kammer nach jeder stationären Dichtungsringsegmentbohrung **228** geleitet.

[0081] Gemäß **Fig. 1A** bewirkt der mechanische Federclip **174** in Kombination mit dem O-Ring **172** eine Axialkraft, um elastisch die stationären und drehbaren Dichtungsringe **14** und **16** abzustützen und um die Dichtungsringe derart vorzuspannen, dass die stationären und rotierenden Dichtungsflächen **18** und **20** aufeinander zu vorgespannt werden. Wie in den **Fig. 1A** und **3** dargestellt, sind die Dichtungsringe **14** und **16** schwimmend und nicht starr im Abstand relativ zu den starren Wänden und Flächen des Stopfbuchsenaufbaus **30** und des Halteraufbaus **100** angeordnet. Diese schwimmende und nicht starre Abstützung mit den Abständen ermöglicht geringe radiale und axiale Schwimmbewegungen der rotierenden Dichtungssegmente **150a**, **150b** und der stationären Dichtungsringsegmente **200a**, **200b** relativ zueinander, wobei die rotierende Dichtungsfläche **20** noch in Dichtungsbeziehung mit der stationären Dichtungsfläche **18** verbleibt. Auf diese Weise sind die rotierenden und stationären Dichtungssegmente **150a**, **150b** und **200a**, **200b** infolge dieser Schwimmbewegung selbstausrichtend.

[0082] Zusätzlich zu der mechanischen Vorspannung, die von den Clipfedern **174** geliefert wird, kann ein zusätzliches Schließfluidvorspannsystem in der Dichtung **10** gemäß der vorliegenden Erfindung vorgesehen werden. Gemäß **Fig. 1A** und **Fig. 3** weist die Erfindung gemäß einem Ausführungsbeispiel ein Schließfluidvorspannsystem auf, das eine radial verlaufende Schließfluidbohrung **240** besitzt, die axial durch den Stopfbuchsenaufbau **30** geführt ist, um ein Schließfluid einzuführen, das auf die äußere Oberfläche **204** der stationären Dichtungsringsegmente **200a** und **200b** geleitet wird, um eine Schließkraft auf die stationären und drehbaren Dichtungsringe **14**, **16** auszuüben. Die radial verlaufende Schließfluidbohrung **240** ist benachbart und parallel zu der Barrierefluidbohrung **233** angeordnet. Die Schließfluidbohrung **240** öffnet sich an einem Ende an der äußeren Oberfläche **236** des Stopfbuchsenaufbaus nach dem anderen Abschnitt **42a** der dritten inneren Oberfläche **42** des Stopfbuchsenaufbaus und der zweiten Ringverbindungswand **44** des Stopfbuchsenaufbaus **30** (**Fig. 1D**). Eine fluiddichte und druckdichte ringförmige Schließfluidkammer **242** wird zwischen den O-Ringen **224** und **226** der äußeren Oberfläche **204** der stationären Dichtungsringsegmente **200a** und **200b** und der inneren Oberfläche des Stopfbuchsenaufbaus ausgebildet.

[0083] Wie am besten aus **Fig. 3** ersichtlich, wird Schließfluid mit einem geregelten Druck aus einem Schließfluidreservoir (nicht dargestellt) der Schließfluidkammer **242** über die Schließfluidbohrung **240** zugeführt. Das Schließfluid übt eine Fluidschließkraft F_{fc} auf die stationären und rotierenden Dichtungsringsegmente aus. Die Fluidschließkraft F_{fc} bewirkt in Kombination mit der mechanischen Federschließkraft F_{sc} eine Vorspannung der Dichtungsflächen **18**

und **20** aufeinander zu in gegenseitige Dichtungsverbindung. Vorzugsweise ist die Summe der Fluidschließkraft F_{fc} und der mechanischen Federschließkraft F_{sc} größer als die Barrierefluidspreizkraft F_A , um eine übermäßige Spreizung der Dichtungsflächen **18** und **20** zu verhindern, damit potentielle Verluste der Dichtung, beispielsweise überschüssige Leckströme, zwischen den Dichtungsflächen **18** und **20** verhindert werden.

[0084] Die Größe der Fluidschließkraft F_{fc} kann durch Steuerung des Druckes des Schließfluids innerhalb der Schließfluidkammer **242** gemäß einer Praxis der Erfindung eingestellt oder geregelt werden, wie dies weiter unten im Einzelnen erläutert ist. Die Möglichkeit der Einstellung der Schließkraft auf die stationären und rotierenden Dichtungsringsegmente ergibt beträchtliche Vorteile. Beispielsweise kann die Größe der Schließkraft geändert werden, um eine Dichtungsbeziehung zwischen den Dichtungsflächen **18** und **20** aufrecht zu erhalten, wenn sich die Betriebsbedingungen ändern. Auch die Größe der Fluidschließkraft kann eingestellt werden, um einen Ausgleich zu schaffen, wenn die mechanische Federkraft infolge der Materialermüdung abnimmt. Infolgedessen kann die mechanische Spaltdichtung **10** in Verbindung mit einem Fluid-Rückkopplungssystem dynamisch die Fluidabdichtung und/oder den Spalt zwischen den Dichtungsflächen **18**, **20** einstellen, um das Ausmaß des Leckstromes im Betrieb einzustellen.

[0085] Ein beträchtlicher Vorteil des Fluidvorspannsystems besteht darin, dass eine einfache und integrierte Struktur für die Fluidleitungen hergestellt wird, um von außen her die Spreizung der Dichtungsflächen einzustellen und die Fluidabdichtung zwischen den Dichtungsflächen festzulegen. Demgemäß kann das System in Kombination mit der Spreizkraft arbeiten, die durch Einführen des Barrierefluids zwischen die Dichtungsflächen **18** und **20** bewirkt wird, oder unabhängig von dem Druckfluid innerhalb der Dichtung **10** kann das Ausmaß der Dichtungsflächenberührung eingestellt werden. Demgemäß kann die mechanische Dichtung **10** die Dichtungsflächen-spreizung regeln oder einstellen, und es kann auch die Fluidabdichtung dazwischen über einen weiten Bereich von Betriebsbedingungen eingestellt werden. Dies vergrößert die Flexibilität der Dichtung und ermöglicht eine Verwendung der Dichtung bei zahlreichen Anwendungen.

[0086] Der Fachmann wird feststellen, dass die Dichtung nicht auf spezielle Fluidvorspannsysteme, wie sie hier beschrieben wurden, beschränkt ist, und dass alternative Fluidvorspannsystemanordnungen möglich sind. Beispielsweise könnte ein einziges Fluidreservoir benutzt werden, um Barrierefluid der radialen Nut über das Barrierefluidvorspannsystem zuzuführen und um entweder den Schließdruck und/oder den Druck des Barrierefluids nach der Dichtung einzustellen, um die gewünschten Bedingungen an den Dichtungsflächen **18**, **20** der Dichtungsringe **14**, **16**

einzustellen. Ein Beispiel eines integrierten dynamischen Druck-Rückkopplungssystems, das zur Benutzung in Verbindung mit der mechanischen Dichtung **10** benutzbar ist, wird in den **Fig. 4** bis **15B** veranschaulicht. Das Druck-Rückkopplungssystem benutzt eines der Systemfluide, beispielsweise das Barrierefluid, das Prozessfluid oder das Schließfluid, als Regelfluideingang, und es wird entweder der Barrierefluiddruck oder der Schließdruck, basierend auf diesem geregelten Eingang, eingestellt. Dabei stellt das Druck-Rückkopplungssystem eine Änderung im Druck zwischen gewählten Fluidrücken fest und korrigiert jedes Ungleichgewicht. Das Druck-Rückkopplungssystem bewirkt diese Korrektur, indem das System an eine Hochdruckfluidzuführung angeschlossen ist, um dem System zusätzlich Fluid zuzuführen und um den Druck darin entweder zu erhöhen oder um Druck aus dem System abzulassen, wenn der Innendruck über oder unter einem gewählten Wert ist.

[0087] Nachdem die Dichtung **10** zusammengebaut und am Pumpengehäuse **11** montiert ist, wird das Prozessmedium innerhalb einer Prozessfluidkammer **300** abgedichtet, wie dies in den **Fig. 1A** und **3** dargestellt ist. Die Prozessfluidkammer wird durch die inneren vier Oberflächen **50** und die fünfte Oberfläche **54** der dritten Wand **52** des Stopfbuchsenaufbaus, die O-Ringe **170** und **222**, die äußere Oberfläche **106** und die erste und zweite innere Oberfläche **110**, **112** des Halteraufbaus, die erste äußere Oberfläche **156** des rotierenden Dichtungsringes **16** und die erste und zweite äußere Oberfläche **206**, **208** und die erste Verbindungswand **210** des stationären Dichtungsringes **14** definiert. Das Umgebungsmedium, im typischen Fall Luft, füllt eine Umgebungsfluidkammer **310**, die im typischen Fall gegenüber der Prozesskammer **300** abgedichtet ist, welche definiert ist durch die stationären und rotierenden Dichtungsringinnenflächen **152**, **202**, die vierte Wand **169** des rotierenden Dichtungsringes **16**, den O-Ring **128** und die Welle **12**. Die Ausdrücke „Umgebung“ und „Umgebungsmedium“ sollen alle äußeren Umgebungen oder Medien umfassen, die nicht Prozessumgebung oder Prozessmedium sind.

[0088] Im Betrieb wird ein Barrierefluid der Radialnut **180** und den Dichtungsflächen **18**, **20a**, **20b** durch das Barrierefluidvorspannsystem zugeführt, beispielsweise durch die Barrierefluidbohrungen **228** im stationären Dichtungsring **14**. Das Barrierefluid übt eine primäre hydrostatische Hubkraft auf die Dichtungsoberfläche **18**, **20a** und **20b** aus, die wenigstens einen Teil der stationären Dichtungsringfläche **18** von wenigstens einem Teil der rotierenden Dichtungsringfläche **20a** und **20b** spreizt, um dazwischen einen Spalt zu bilden. Das Barrierefluid füllt den Spalt zwischen den Dichtungsoberflächen aus, wodurch die Dichtungsflächen **18** und **20** gespreizt werden, und es wird eine Fluidabdichtung zwischen dem Prozessmedium in der Prozesskammer **300** und dem Umgebungsfluid in der Umgebungsfluidkammer **310** geschaffen. Der Spalt wird mit einer vorbestimm-

ten Breite aufrecht erhalten oder eingestellt, um den Leckstrom über die Dichtungsflächen so klein als möglich zu halten, wobei jedoch die Dichtungsflächen voneinander abgehoben bleiben, um den Verschleiß zu vermindern.

[0089] Die Wirkungen des Barrierefluids auf die Dichtung **10** sind zweifacher Natur. Zunächst vermindert das Barrierefluid eine Abnutzung der Dichtungsflächen und reduziert den direkten Reibungseingriff zwischen der Dichtungsfläche **18** und den Dichtungsflächen **20a** und **20b**, was zu einer längeren Lebensdauer der Dichtungskomponenten führt. Zweitens bewirkt das Barrierefluid eine Übertragung der Wärme, die durch die direkte Reibungsberührung zwischen den Dichtungsflächen zustandekommt, und dies führt zu einer gleichmäßigeren Temperaturverteilung über die Dichtung **10**, so dass dadurch die nützliche Lebensdauer der Dichtungskomponenten verlängert wird, indem die thermische Beanspruchung der Komponenten verringert wird.

[0090] Außerdem gewährleistet die geteilte mechanische Dichtung **10** gemäß der Erfindung die erforderliche Flexibilität, und sie ist betriebsfähig in Verbindung mit unterschiedlichen Typen von Barrierefluiden, einschließlich Gasen, Flüssigkeiten oder Kombinationen hiervon. Diese Flexibilität wird möglich, weil der Bereich der direkten Reibungsberührung zwischen den Dichtungsflächen durch Einstellung des Barrierefluiddrucks gesteuert werden kann, und so kann die Größe der hydrostatischen Hubkraft eingestellt werden, um den gewünschten Spreizspalt zu erhalten. Allgemein ist es erwünscht, dass der Spreizspalt größer ist, wenn ein Barrieregas benutzt wird, als bei Anwendungen mit einer Barriereflüssigkeit, weil die Flüssigkeit bessere Wärmeübertragungseigenschaften im Vergleich mit Gasen besitzt. Demgemäß kann bei Anwendungen, bei denen ein Barrieregas zu bevorzugen ist, der Spreizspalt auf eine geeignete Breite im Hinblick auf das gewählte Barrieregas eingestellt werden, wodurch der Verschleiß auf den Dichtungsflächen verhindert wird. In gleicher Weise kann bei Anwendungen, bei denen eine Barriereflüssigkeit zu bevorzugen ist, der Spreizspalt auf die geeignete Breite für die gewählte Barriereflüssigkeit eingestellt werden, wodurch die Abnutzung auf den Dichtungsflächen verringert wird.

[0091] Im Normalbetrieb ist der Druck des Prozessmediums in der Prozessfluidkammer **300** größer als der Druck des Umgebungsfluids in der Umgebungsfluidkammer **310** (die positive Druckbedingung), und das Prozessfluid übt eine radial nach innen gerichtete Kraft auf die äußeren Oberflächen **204**, **154** der stationären und rotierenden Dichtungsringe und die äußere Oberfläche **106** des Halteraufbaus **100** aus. Die radial nach innen gerichteten Kräfte des Prozessmediums unterstützen den Zusammenhalt der Segmente in den Dichtungsringen und dem Halteraufbau in fluiddichter Beziehung.

[0092] Wenn der Druck des Prozessmediums in der Prozessfluidkammer **300** unter den Druck des Umgebungsfluids in der Umgebungsfluidkammer **310** fällt (die negative Druckbedingung), dann übt das Umgebungsfluid eine radial nach außen gerichtete Kraft auf die inneren Oberflächen **202** und **152** der stationären und rotierenden Dichtungsringe und die innere Oberfläche **108** des Halteraufbaus **100** aus. Wenn das während dieser Bedingung erzeugte Druckdifferential derart ist, dass die radial nach außen gerichtete Kraft größer ist als die radial nach innen gerichtete Kraft, die durch die O-Ringe ausgeübt wird, können sich die Dichtungsringsegmente spreizen, was zu einem Leckstrom über die Dichtungsflächen führt.

[0093] Um einen Leckstrom über die Dichtungsflächen **18** und **20** zu vermeiden, wird der radial nach außen gerichteten Kraft der Dichtungsringe, die von dem Umgebungsfluidruck herrührt, durch die radial nach innen gerichtete Kraft entgegengewirkt, die durch die O-Ringe **222**, **224** und **226** auf den stationären Dichtungsringsegmenten **200a**, **200b** durch die O-Ringe **170** und **172** auf den rotierenden Dichtungsringsegmenten **150a** und **150b** ausgeübt wird, in Kombination mit der radial nach innen gerichteten Kraft, die durch das Barrierefluid ausgeübt wird, das innerhalb der Kammer **185** befindlich ist und auf die äußere Oberfläche **154** der rotierenden Dichtungsringsegmente wirkt. Die radial nach innen gerichtete Fluidkraft F_{nr} wirkt in Kombination mit der radial nach innen gerichteten Kraft, die durch die O-Ringe **170** und **172** ausgeübt wird, um jedes der rotierenden Dichtungsringsegmentoberflächen **24** in Dichtungsberührung mit anderen Segmenten während dieser Bedingung zu halten, wodurch eine fluiddichte und druckdichte Abdichtung aufrecht erhalten bleibt.

[0094] Im Betrieb wirkt der O-Ring **172** als elastisches Schwenkglied, um das der rotierende Dichtungsring **16** relativ zu dem rotierenden Halteraufbau verschwenkbar ist. Die Schwenkwirkung, die durch den O-Ring **172** zustandekommt, bewirkt eine Aufrechterhaltung der Ausrichtung und der Abdichtung zwischen der rotierenden Dichtungsringoberfläche **18** und der stationären Dichtungsringoberfläche **20**. Dies vermeidet eine übermäßige Konusbildung der Dichtungsflächen, die sonst die Dichtungsflächen in Berührung miteinander bringen könnte. Diese Bedingungen, beispielsweise eine Exzentrizität oder ein Auslaufen der Welle, können Fehlausrichtungen der Dichtungsoberflächen **18** und **20** relativ zueinander bewirken, und diese können kompensiert werden, und es kann ein Fluidichtungsverlust zwischen den Dichtungsoberflächen verhindert werden. Demgemäß bewirkt die Schwenkwirkung des O-Ringes **172** ein elastisches Verschwenken der Dichtungsringe **18** und **20** während des vollen Betriebes der mechanischen Dichtung **10** sowohl im Zustand mit Berührung als auch im berührungslosen Zustand, wobei entweder eine konsistente Berührung zwischen den gegenüberliegenden Dichtungsflächen aufrecht erhalten wird oder eine vorbestimmte Spaltgröße zwischen

diesen Oberflächen verbleibt.

[0095] Das Schließfluidvorspannsystem führt ein Schließfluid auf die äußere Oberfläche **204** der stationären Dichtungsringsegmente **200a**, **200b**, um eine Schließkraft auf die stationären und rotierenden Dichtungsringe **14**, **16** auszuüben. Es wird ein Schließfluid mit einem geregelten Druck der Schließfluidkammer **242** über eine Schließfluidbohrung **240** zugeführt. Das Schließfluid übt eine Fluidschließkraft F_{fc} auf die stationären und rotierenden Dichtungsringsegmente aus. Die Fluidschließkraft F_{fc} bewirkt in Kombination mit einer mechanischen Federschließkraft F_{sc} eine Vorspannung der Dichtungsflächen **18** und **20** in Dichtungsbeziehung aufeinander zu. Im Betrieb verhindert die Fluidschließkraft F_{fc} in Verbindung mit der mechanischen Federschließkraft F_{sc} und der Barrierefluidspreizkraft F_A eine Überspreizung der Dichtungsflächen **18** und **20** und einen potentiellen Verlust der Dichtungswirkung, beispielsweise durch einen übermäßigen Leckstrom zwischen den Dichtungsflächen **18** und **20**.

[0096] Das Fluidvorspannsystem, das bei der mechanischen Dichtung benutzt wird, vergrößert die Flexibilität der Dichtung und ermöglicht die Anwendung in den verschiedensten Umgebungen, indem eine einfache integrierte Struktur geschaffen wird, d. h. Fluidleitungen, um von außen das Ausmaß der Spreizung der Dichtungsflächen einzustellen und die Fluidabdichtung dazwischen zu regeln. Das System kann in Kombination mit der Spreizkraft arbeiten, die durch das Barrierefluid auf die Dichtungsflächen **18**, **20** ausgeübt wird oder unabhängig von zugeführten Druckfluidmitteln, die innerhalb der Dichtung **10** vorhanden sind, um das Ausmaß der Dichtungsflächenberührung einzustellen. Auf diese Weise kann die mechanische Dichtung **10** die Spreizung der Dichtungsflächen regeln oder einstellen, und es kann auch die Fluidabdichtung dazwischen über einen weiten Bereich von Betriebsbedingungen eingestellt werden.

[0097] Die Möglichkeit, den Druck in einem Fluid in der Dichtung gegenüber einem anderen Druck einzustellen, wird durch das Fluid-Rückkopplungs-Regelsystem bewirkt, das voll in die Dichtung **10** integriert ist, wie dies weiter unten im Einzelnen beschrieben wird. Das Druckregelsystem kann gemäß einem Ausführungsbeispiel eine Anzahl von Untersystemen aufweisen, die vollständig integriert sein können und/oder die allein in der Stopfbuchse **30** der mechanischen Dichtung angeordnet sind. Die Stopfbuchse **30** weist Bohrungen auf, die so bemessen sind, dass die verschiedenen Untersysteme gehalten werden und die mit einer genügenden Zahl von Bohrungen versehen sind, um eine Fluidverbindung nicht nur zwischen den verschiedenen Fluidsystemen des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems zu schaffen, sondern auch zwischen den verschiedenen Untersystemen und den verschiedenen Fluidvorspannsystemen und der mechanischen Abdichtung. Auf diese Weise wird das gesamte Rückkopplungs-Druckregel-

system innerhalb der Dichtung in sich abgeschlossen.

[0098] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem ist seiner Natur nach dynamisch, da es auf Änderungen im Fluiddruck in Echtzeit anspricht. Bei Eingangsfliuddruckänderungen sprechen die verschiedenen Untersysteme des Regelsystems auf diese Änderungen ohne Eingriff einer Bedienungsperson an. Außerdem arbeitet das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem kontinuierlich, solange ein Fluiddruck in dem Fluidvorspann- und Rückkopplungs-Druckregelsystem vorhanden ist.

[0099] Die oben beschriebenen mechanischen Dichtungen sind nur illustrativ hinsichtlich der Type mechanischer Dichtungen, mit denen das Druckregel-Rückkopplungssystem benutzt werden kann. Die **Fig. 4** bis 15B veranschaulichen noch eine andere Dichtungsart, bei der das System benutzt werden kann. Der Fachmann wird leicht die Arbeitsweise dieser Dichtung ohne eine detaillierte Beschreibung erkennen.

[0100] Die **Fig. 4** bis 8 veranschaulichen ein Ausführungsbeispiel eines Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **500**, geeignet zur Benutzung in Verbindung mit der mechanischen Dichtung **10**. Das Rückkopplungssystem **500** wird vorzugsweise benutzt, um ein Systemfluid, basierend auf dem Druck eines weiteren Systemfluids, einzustellen. Gemäß einer Praxis wird anfänglich der Barrierefluiddruck auf einem gewählten Pegel relativ zum Prozessfliuddruck auf einen gewählten Wert eingestellt. Der Barrieredruck wird dann als Systemausgangsregelfluid benutzt, der als Systemfluidsensor wirkt, um entweder ein Schließfluid zuzuführen oder um das Schließfluid aus der Dichtung abzulassen, basierend auf dem Barrieredruck. Das geregelte Schließfluid entspricht wenigstens dem Schließfluid, das in dem Schließfluidvorspannsystem enthalten ist, welches oben beschrieben wurde. Das System kann ein Untersystem oder mehrere Untersysteme aufweisen, von denen jedes eine gewählte Funktion durchführt. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem drei Untersysteme **501**, **510** und **520**.

[0101] Das dargestellte Rückkopplungssystem **500** ist vorzugsweise so bemessen und dimensioniert, dass es vollständig in der Stopfbuchse **30** der mechanischen Dichtung untergebracht werden kann. Das System **500** ist mit irgendeiner mechanischen Dichtung, beispielsweise der Dichtung **10** oder anderen Dichtungstypen, gekoppelt. Ein Beispiel einer Dichtung, an der das System angekoppelt werden kann, ist in **Fig. 4** dargestellt, wobei gleiche Bezugszeichen in den verschiedenen Ansichten gleiche Teile bezeichnen. Der stationäre Dichtungsring **14** weist eine Axialbohrung **228** auf, die an einem Ende mit der stationären Dichtungsfläche **18** und mit dem anderen Ende mit einer Barrierefluidquelle in Verbindung steht. Der rotierende Dichtungsring **16** weist eine darin angeordnete Pumpnut **180** auf und diese steht in

direkter Fluidverbindung mit der Axialbohrung **228**. Die Nut und die Axialbohrung führen ein Barrierefluid direkt den Dichtungsflächen zu, zwischen denen eine hydrodynamische Spreizkraft erzeugt wird, die die Stirnflächen voneinander trennt, um dazwischen einen Spalt zu bilden. Der Fachmann erkennt, dass die hydrostatische Dichtungskonstruktion auch mit dem Druck-Rückkopplungssystem **500** der Erfindung benutzbar ist.

[0102] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** weist ein erstes Untersystem **501** auf (**Fig. 4**), welches dazu dient, den Barrierefluiddruck auf einem geeigneten Wert relativ zum Druck des Prozessfluids zu halten. Das dargestellte Untersystem **501** weist ein bewegliches Differentialdruckventil **408** auf, das innerhalb einer geeignet bemessenen Kammer **407** angeordnet ist, die innerhalb der Stopfbuchse **30** ausgebildet ist. Das bewegliche Ventil **408** kann unterschiedlich ausgebildet sein, beispielsweise, ohne hierauf beschränkt zu sein, als: Wechselventil oder Durchgangsventil oder als Tellerventil, als Nadelventil, als Membranventil, als Balgventil oder in Gestalt irgendeines anderen beweglichen Ventils, das in der Lage ist, ein Druckfluid zu übertragen oder von diesem betätigt zu werden. Die Kammer **407** lagert eine ringförmige Fluidleitung **441**, die in bestimmter Weise eingebohrt ist, um eine Verbindung zwischen den verschiedenen Druckkanälen und Bohrungen des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems herzustellen. Die dargestellte Fluidleitung **441** besitzt eine zentrale Bohrung, die das bewegliche Ventil **408** aufnimmt. Die Bohrung ist etwas größer bemessen als der Außendurchmesser des beweglichen Ventils, damit dieses relativ frei axial innerhalb der Bohrung zwischen der Öffnungsstellung und der Schließstellung beweglich ist, wie dies weiter unten im Einzelnen beschrieben wird. Gemäß **Fig. 7** weist die Fluidleitung **441** außerdem eine Zahl von radial verlaufenden Fluidbohrungen **414** und **416** auf, damit die Leitung selektiv ein bestimmtes Druckfluid an Abschnitte des Untersystems leiten kann, wie dies weiter unten im Einzelnen beschrieben wird. Dichtungsstrukturen, wie O-Ringe **426** und **428**, sind in den entsprechenden Nuten montiert, die durch Flansche **443** bis **451** gebildet und in einem zylindrischen Hauptgehäuse **455** angeordnet sind. Die O-Ringe sitzen vorzugsweise in Nuten, die zwischen den Flanschen **443** bis **447** und **449** bis **451** angeordnet sind, wie dies dargestellt ist, um eine Druckdichtung und eine Fluiddichtung zwischen den Innenwänden der Kammer **407** und bestimmten Abschnitten der Fluidleitung **441** herzustellen.

[0103] Das bewegliche Ventil **408** teilt die Kammer **407** in eine Fluideingangskammer **420** und eine Fluidausgangskammer **410**, wobei eine Zwischenkammer zwischen Flanschendabschnitten **408A**, **408B** des Ventils angeordnet sind. Das Ventil **408** ist mit einer Einstellfeder **406** gekuppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **404** sitzt. Die dargestellte Schraube **404** weist einen Kopfteil **404A**

auf, der längs des freiliegenden äußeren Abschnitts der Stopfbuchse derart angeordnet ist, dass die Schraube leicht durch eine Bedienungsperson zugänglich wird. Ein O-Ring **405** ist um den Kopf **404A** in einer Nut angeordnet, um eine Fluidabdichtung zwischen der äußeren Umgebung und der Kammer **407** herzustellen. Die Bedienungsperson kann die Spannung der Feder durch Drehen der Schraube einstellen. Die Schraube **404** und die Feder **406** wirken demgemäß zusammen, um den Anfangsdruck oder den gewählten Druck für das dargestellte Druckregel-untersystem **501** einzustellen. Der Fachmann erkennt, dass die Feder eine Kraft auf das Ventil über einen gewählten Bereich ausübt, entsprechend der Größe des Ventiles. Die führt zu einem äquivalenten Druck. Zur Klarstellung: der Federdruck wird primär benutzt, um die Kraft zu beschreiben, die durch die Feder auf das Ventil ausgeübt wird. Der Fachmann erkennt sogleich, dass die dargestellte einstellbare Schraube **406** an einer beschränkt zugänglichen Stelle längs der inneren axialen Oberfläche der Stopfbuchse angeordnet werden kann, um zu verhindern, dass das Personal unerlaubte Eingriffe vornimmt oder die Federspannung gegenüber der Voreinstellung verändert. Wenn notwendig, kann die Bedienungsperson die Federspannung dadurch einstellen, dass die Schraube erst zugänglich gemacht werden muss und dass erst dann die Schraube in bestimmter Weise gedreht werden kann.

[0104] Die Schraube **404** und die Feder **406** erstrecken sich in die Eingangsfluidkammer **420** von der äußeren Oberfläche der Stopfbuchse **30** her. Die Eingangsfluidkammer **420** kommuniziert mit einem Prozessfluid-Verteilernetzwerk, damit das Prozessfluid der Dichtung mit der Eingangsregeikammer **420** wie beschrieben in Verbindung stehen kann. Das Prozessfluid-Verteilernetzwerk des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **500** kann unter anderen Strukturen geeignete Prozessfluidkammern aufweisen, die in oder um die mechanische Dichtung herum angeordnet sind, beispielsweise eine Prozessfluidkammer **300** und eine geeignete Prozessfluidbohrung, die das Prozessfluid aus der Kammer **300** nach der Eingangsfluidkammer **420** überführen kann. Ein Beispiel einer derartigen geeigneten Prozessfluidbohrung ist die Bohrung **421**, die in **Fig. 9A** dargestellt ist. Der Fachmann erkennt, dass das Prozessfluid-Verteilernetzwerk irgendeine geeignete Ansammlung von inneren Bohrungen und Kanälen aufweisen kann, die innerhalb der Stopfbuchse angeordnet sind, damit das Prozessfluid im Gehäuse, falls erforderlich, mit der Kammer **407** in Verbindung stehen kann und demgemäß mit dem beweglichen Ventil **408** in vorbestimmter Weise. Das Regelsystem kann auch Kupplungen außerhalb der Stopfbuchse aufweisen, um das Systemfluid mit bestimmten Abschnitten zu verbinden oder mit Komponenten des Systems **500**. Beispielsweise können äußere Fluidleitungen mit der Stopfbuchse **30** verbunden sein, um die Prozessflüssigkeit aus dem Fluidgehäuse nach

der Eingangsprozessfluidbohrung **421** zu überführen. Gemäß einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Stopfbuchse innen ausgebohrt sein, damit das Prozessfluid mit der Prozessfluidbohrung vollständig innerhalb der Stopfbuchse in Verbindung gebracht werden kann, ohne äußere Fluidkupplungen zu benutzen.

[0105] Unter weiterer Bezugnahme auf **Fig. 4** kann das Untersystem **501** des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems der Erfindung auch ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk umfassen, damit das Barrierefluid von einer nicht dargestellten Hochdruckbarrierefluidzufuhr nach der Fluidleitung **441** gelangen kann. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk kann geeignete Barrierefluidkanäle aufweisen, die das Barrierefluid aus der Stopfbuchsenkammer **407** mit einer anderen Stelle der Dichtung verbinden, einschließlich dem Barrierefluidvorspannsystem, d. h. mit der Axialbohrung **228** und der Nut **180** kann eine Verbindung mit anderen Rückkopplungssystemen hergestellt werden, die innerhalb der Stopfbuchse angeordnet werden können und mit anderen Fluidkanälen oder Bohrungen, wie der Flüssigkeitszufuhr **415** und dem Barrierekanal **234**. Insbesondere weist das Barrierefluid-Verteilernetzwerk geeignete und zweckmäßige Bohrungen und/oder Kammern auf, die innerhalb der Stopfbuchse ausgebildet sind, beispielsweise eine Eingangsbarrierebohrung **415**, einen Eingangsbarrierekanal **416**, der in der Leitung **441** ausgebildet ist und eine Barrieredruckkammer **422**, die Barrierefluid von der Fluidquelle nach der Kammer **407** überführt. Gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel kann das Fluidverteilemetzwerk auch andere Komponenten umfassen, beispielsweise eine Ausgangsbarrieredruckleitung **234**, eine Barrieredruckkammer **424**, eine Auslassbarrierebohrung **414** sowie die Komponenten des oben beschriebenen Barrierefluidvorspannsystems der mechanischen Dichtung. Beispielsweise kann das Barrierefluidvorspannsystem wenigstens die axiale Fluidbohrung **228** aufweisen, die in dem stationären Dichtungsring angeordnet ist und außerdem die Nut **180**.

[0106] Es wird weiter auf **Fig. 4** Bezug genommen. Das bewegliche Ventil **408** definiert außerdem eine Zwischenkammer oder einen Kanal **412**, der mit der Barrierefluidzuführung über die Eingangsfluidzuführungsleitung **416** und die Fluidzuführungskammer **422** in Verbindung steht. Die Zwischenkammer ist außerdem selektiv in Fluidverbindung mit dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk angeordnet, beispielsweise mit der Auslassbarrierebohrung **414**, der Barriere-kammer **424** und Bohrungen **234** und **402**, indem das Ventil **408** gleitend verschoben wird.

[0107] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** gemäß der Erfindung ist vorzugsweise vollständig innerhalb der Stopfbuchse untergebracht, und es ist ein rein dynamisches Fluidsystem, das die gewählten Systemdrücke in der weiter unten beschriebenen Weise einstellt. Das Fluidic-Rückkopplungssystem ist demgemäß ein kompaktes Regel-

system, das einen Systemdruck oder mehrere Systemdrücke regelt und gleichzeitig innerhalb der Stopfbuchse der mechanischen Dichtung angeordnet ist. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem ist ein kompaktes Regelsystem, in dem eines oder mehrere und vorzugsweise alle Untersysteme des Regelsystems so bemessen und dimensioniert sind, dass sie im Wesentlichen allein innerhalb der Stopfbuchse montierbar sind, indem geeignet bemessene Stopfbuchsenbohrungen vorgesehen werden, um die Fluidleitungen und das bewegliche Ventil abzudichten. Andere Fluidleitungen sind vorgesehen, damit die Systemfluide, beispielsweise das Prozessfluid und das Barrierefluid, mit dem beweglichen Ventil **408** in Verbindung kommen können. Der Ausdruck „kompakt“ wird im üblichen Sinne benutzt, insofern als das Rückkopplungssystem sehr klein relativ zu bekannten früheren Ausführungen ist und in eine relativ kleine Stopfbuchse herkömmlicher mechanischer Dichtungen einpasst. Gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind die verschiedenen Untersysteme **501**, **510**, **520** so dimensioniert, dass sie etwa 1 Zoll mal 1,5 Zoll für das gesamte Untersystem einnehmen, und das bewegliche Ventil **408** hat eine Größe von ungefähr 0,188 Zoll mal ungefähr 0,4 Zoll, und dieses Ventil sitzt in einer Kammer, die ungefähr 0,49 Zoll mal ungefähr 0,345 Zoll groß ist.

[0108] Im Betrieb steht das Prozessfluid aus dem Fluidgehäuse **11** in Verbindung mit der Eingangskammer **420** über das Prozessfluid-Verteilernetzwerk. Gemäß einer Praxis wird das Prozessfluid von der Prozesskammer **300** nach der Eingangskammer **420** über die Eingangsprozessdruckbohrung **421** und irgendeinen weiteren geeignet gestalteten Kanal innerhalb der Dichtung und/oder der Stopfbuchse zugeführt, wodurch das Prozessfluid in die Eingangskammer **420** eintreten kann. Das Prozessfluid steht unter einem gegebenen Betriebsdruck.

[0109] Das Prozessfluid in der Eingangsfluidkammer **420** übt einen Druck auf die Eingangs- oder Ausgangsseite aus, beispielsweise gemäß **Fig. 4** auf die rechte Seite des beweglichen Ventils **408**. Außerdem übt die einstellbare Feder **406** einen Druck auf das bewegliche Ventil **408** aus. Die Kombination dieser beiden Kräfte oder Drücke bilden den Eingangsdruck, der eine anfängliche axiale Eingangskraft erzeugt, der das bewegliche Ventil **408** auf die Eingangsseite der Dichtung vorspannt, z. B. nach links, und so zwischen der Schließstellung und der Öffnungsstellung wirkt.

[0110] Außerdem wird gemäß **Fig. 4**, **7** und **8** das Barrierefluid aus der Barrierefluidkammer (nicht dargestellt) in das Regeluntersystem **501** und in die mechanische Dichtung über das Barrierefluid-Verteilernetzwerk eingeführt. Gemäß einer Praxis wird das Barrierefluid von der Barrierefluidquelle selektiv durch die Eingangszuführungsbohrung **415** und die Eingangsspeisekammer **422** der Eingangsbarrierebohrung **416** und der Zwischenkammer **412** zugeführt. Dies wird in **Fig. 7** und **8** durch die ausgezo-

nen Pfeile veranschaulicht. Dann wird das Barrierefluid selektiv nach der Ausgangskammer **410** über das Barrierefluid-Verteilernetzwerk eingeführt, indem selektiv das bewegliche Ventil **408** zwischen der Schließstellung und der Öffnungsstellung bewegt wird, wie dies in den **Fig. 7** und **8** dargestellt ist. Das Ventil ist in **Fig. 4** in der Schließstellung dargestellt. Dabei ist das Ventil **408** so angeordnet, dass es die Ausgangsbarrierefluidleitung **414** schließt und so die Ausgangsbarrierebohrung **234** von der Barrierefluidzuführung absperrt.

[0111] Wenn das Ventil in der Öffnungsstellung befindlich ist und das Barrierefluid in die Ausgangskammer **410** eintritt, dann übt das Barrierefluid eine entgegengesetzte oder axial nach außen gerichtete Druckkraft gegen die linke Seite des Differentialdruckventils **408** aus, um einen Auslassdruck zu erzeugen. Wenn der Ausgangsdruck, der durch das Barrierefluid in der Ausgangskammer **410** erzeugt wird, kleiner ist als die Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck in der Eingangskammer **420**, dann bewegt sich, wie in **Fig. 5** und **8** dargestellt, das Differentialdruckventil **408** nach links in die Öffnungsstellung (**Fig. 8**). Dadurch kommt die Zwischenkammer **412** in Verbindung mit der Ausgangsbarrierebohrung **414**, um einen Strömungspfad von der Barrierefluidquelle durch die Fluidzuführungsleitung **416** nach der Ausgangsfluidleitung **414** zu verbinden. Das Barrierefluid tritt dann über den Ausgangsbarrierekanal **234** in das übrige Barrierefluidverteilersystem über.

[0112] Die **Fig. 7** und **8** zeigen das Differentialdruckventil **408** in einer perspektivischen Teilschnittdarstellung. **Fig. 7** zeigt das Differentialdruckventil in einer neutralen Stellung, d. h. in der Schließstellung, in der verhindert wird, dass das Barrierefluid direkt von der Barrierefluidquelle nach dem Auslassbarrierekanal **234** gelangt. **Fig. 8** zeigt das Differentialdruckventil **408** in einer Öffnungsstellung, wobei die Pfeile die Strömung des Barrierefluids vom Fluidzuführungskanal **415** über die Eingangsbarrierebohrung **412** und durch die Ausgangsbarrierefluidbohrung **414** angeben.

[0113] Wenn das Barrierefluid-Verteilernetzwerk sich aus der Zuführungsquelle mit Barrierefluid füllt, dann steigt der Barrierefluidruck in der Ausgangsfluidkammer **410** an, bis der Druck der Summe der Drücke entspricht oder diese übersteigt, die durch das Prozessfluid und die einstellbare Feder **406** ausgeübt werden. Wenn dies eintritt, dann wird das Ventil **408** in die dargestellte Schließstellung überführt, um die Barrierefluidzuführung von der Auslassbarrierefluidkammer **424** und der Barrierefluidbohrung **234** abzusperren. Das Barrierefluid innerhalb des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems ist daher auf einen Druckwert angehoben, der etwa der Summe der Drücke entspricht, die durch den Prozessdruck und den variablen Druck der Feder **406** ausgeübt werden. Der Fachmann wird leicht feststellen, dass andere Druckanordnungen benutzt werden können,

einschließlich einer Druckbeaufschlagung des Barrierefluid-Verteilernetzwerkes mit einem Druck, der niedriger ist als der Prozessfluiddruck und/oder der Federdruck.

[0114] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** kann außerdem Untersysteme aufweisen, um ein Schließfluid einem Schließfluidverteilernetz zuzuführen oder ein Schließfluid aus einem Schließfluidverteilernetz abzuziehen. Diese Untersysteme enthalten zumeist die gleichen Komponenten wie in dem Untersystem **501** veranschaulicht mit Ausnahme der Prozessfluidbohrung **421** und der Barrierefluidbohrung **415**. Die drei Untersysteme können dann zusammen oder in Kombination einen bestimmten Fluiddruck einstellen, der entweder direkt oder indirekt auf die Dichtungsflächen **18** und **20** einwirkt.

[0115] **Fig. 5** zeigt ein zweites Druckuntersystem **510** des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **500** gemäß der Erfindung. Gleiche Bezugszeichen repräsentieren gleiche Elemente, wobei den Zahlen ein Strich angehängt ist. Das veranschaulichte Untersystem **510** verbindet selektiv eine Schließfluidquelle (nicht dargestellt) mit dem Schließkraftvorspannsystem der Dichtung. Das Vorspannsystem übt eine Schließkraft auf die Rückseite der stationären Dichtung als Funktion des Druckes innerhalb des Barrierefluid-Verteilernetzwerkes und/oder des Barrierefluidvorspannsystems aus, z. B. innerhalb der Axialbohrung **228** und der Nut **180**. Das dargestellte Untersystem **510** weist ein bewegliches Differentialdruckventil **408'** auf, das in einer geeignet bemessenen Kammer **407'** angeordnet ist, die innerhalb der Stopfbuchse **30** liegt. Die Kammer **407'** lagert eine ringförmige Fluidleitung **441'**, die in bestimmter Weise eingebohrt ist, um eine Verbindung zwischen den Druckkanälen und den Bohrungen des Druckregeluntersystems **510** zu bewirken.

[0116] Die dargestellte Fluidleitung **441'** ist identisch jener ausgebildet, die in den **Fig. 4, 7 und 8** dargestellt ist. Innerhalb der entsprechenden Nuten in der äußeren Oberfläche der Leitungen sind O-Ringe **426'** und **428'** montiert, um eine Druckabdichtung und eine Fluidabdichtung zwischen den Innenwänden der Kammer **407'** und bestimmten Abschnitten der Fluidleitung **441'** zu bewirken.

[0117] Das bewegliche Ventil **408'** unterteilt die Kammer **407'** in eine Eingangsfluidkammer **420'** und eine Ausgangsfluidkammer **410'**, wobei eine Zwischenkammer **412'** zwischen den Endflanschabschnitten des Ventils vorgesehen ist. Das Ventil **408'** ist mit einer Einstellfeder **406'** gekoppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **404'** angreift. Die dargestellte Schraube **404'** und die Feder **406'** sind identisch jenen, wie sie beim Ausführungsbeispiel nach **Fig. 4** beschrieben wurden. Die Schraube **404'** und die Feder **406'** erstrecken sich von der äußeren Oberfläche der Stopfbuchse **30** in die Eingangsfluidkammer **420'**. Die Eingangsfluidkammer **420'** steht mit gewählten Komponenten des Barrierefluid-Verteilernetzwerkes in Verbindung, da-

mit das Barrierefluid der Dichtung mit der Eingangsregelkammer **420'** kommunizieren kann.

[0118] Bei diesem Untersystem weist das Barrierefluid-Verteilernetzwerk geeignete Bohrungen und/oder Kammern auf, die innerhalb der Stopfbuchse angeordnet sind, und vorzugsweise sind wenigstens die Eingangskammer **420'**, der Barriereverbindungskanal **446** und das Barrierefluidvorspannsystem vorgesehen. Das dargestellte Untersystem **510** weist außerdem ein Schließfluid-Verteilernetzwerk auf, das eine Quelle eines Schließfluids, dies kann ein Barrierefluid oder ein Schließfluid oder ein anderes Fluid sein, mit dem stationären Dichtungsring **40** verbindet. Das Schließfluid-Verteilernetzwerk übt eine axiale Schließvorspannungskraft auf den stationären Dichtungsring aus, um die Spreizung zwischen dem stationären und dem rotierenden Dichtungsring **14** bzw. **16** einzustellen oder zu regeln. Das Schließkraft-Verteilernetzwerk kann irgendeine geeignete Anordnung sein und mehrere Fluidverbindungen und Bohrungen aufweisen, die das Schließfluid mit wenigstens einem der Dichtungsringe verbinden, um die Spreizung dazwischen einzustellen. Insbesondere kann das dargestellte Netzwerk einen oder mehrere Eingangsschließkraftkanäle **460**, die Eingangsschließfluidbohrung **416'**, die Zwischenkammer **412'**, die Ausgangsschließfluidbohrung **414'**, die quer verlaufende Schließkraftbohrung **444**, den Schließkraftkanalverbinder **442**, den Schließkraftkanal **440** und die Schließkraftkammer **242** aufweisen.

[0119] Nunmehr wird wiederum auf **Fig. 5** Bezug genommen. Das bewegliche Ventil **408'** ist alternativ zwischen der Öffnungs- und Schließstellung durch die Fluide innerhalb der Eingangskammer **420'** und der Ausgangskammer **410'** versetzbar. Beispielsweise wird im Betrieb der Dichtung das Barrierefluid von dem vorherigen Untersystem **501** unter Druck gesetzt und füllt die Eingangskammer **420'** über geeignet gestaltete Bohrungen innerhalb der Stopfbuchse. Das Barrierefluid übt in Kombination mit der Feder **406'** einen Druck auf eine Seite des beweglichen Ventils **408'** aus, um das Ventil in eine der Stellungen zu überführen, z. B. entweder nach der Innenbordseite oder der Außenbordseite der Dichtung. Die Kraft wird durch den Druck versetzt, der durch das Schließfluid ausgeübt wird, welches der Ausgangskammer **410'** zugeführt wird, wenn das Ventil in der dargestellten Öffnungsstellung befindlich ist.

[0120] Wenn der Druck innerhalb der Eingangskammer **420'** den Druck innerhalb der Ausgangskammer **410'** übersteigt, dann spannt das Druckdifferential das Ventil **408'** nach links in die dargestellte Öffnungsstellung vor. Das Schließfluid aus der Quelle durchläuft den Schließfluideingangskanal **460** und die Fluidbohrung **416'** und gelangt in die Zwischenkammer **412'** und schließlich in die Ausgangskammer **410'**. Von dort strömt das Schließfluid durch die Austrittsschließfluidbohrung **414'** in den Querkanal **444**, die Kanalverbindung **442** und in den Schließfluídausgangskanal **440** und schließlich nach der

Schließfluidkammer **242**. Die Schließfluidkammer ist an der Rückseite des stationären Dichtungsringes **14** angebracht, um auf den stationären Dichtungsring in einer bestimmten Weise einzuwirken.

[0121] Im Betrieb füllt sich das Barrierefluid-Verteilernetzwerk mit unter Druck stehendem Barrierefluid, z. B. vom Untersystem **501**. Das Barrierefluid in der Eingangsfluidkammer **420'** und die einstellbare Feder **406'** üben einen Druck auf die rechte Seite des Differentialdruckventils **408'** aus. Die Summe dieser beiden Drücke wirkt auf eine Seite, z. B. auf die rechte Seite des Differentialdruckventils **408'**, um den Eingangsdruck auf das Differentialdruckventil **408'** zu leiten und um demgemäß das Ventil von der Schließstellung in die Öffnungsstellung zu überführen. Wenn das Ventil in dieser Stellung befindlich ist, dann verbindet das bewegliche Ventil **408'** strömungsmäßig die Schließfluidquelle mit der Zwischenkammer **412'** und der Schließkraftausgangsbohrung **414'**. Dieses Schließfluid wird über das Schließfluid-Verteilernetzwerk der Schließfluidkammer **242** zugeführt.

[0122] Gleichzeitig füllt das Schließfluid in der Zwischenkammer **412'** die Ausgangsschließfluidkammer **410'** und übt einen Druck gegen die andere Seite, z. B. die linke Seite des beweglichen Ventils **408** aus. Die durch die Schließkraft angelegte Kraft wirkt den Kräften entgegen, die durch das Barrierefluid und die Feder **406'** ausgeübt werden, und wenn eine enge Anpassung vorhanden ist, wird das bewegliche Ventil **408** in die Schließstellung vorgespannt, wodurch die Schließfluidquelle von der Zwischenkammer **412'** abgesperrt wird. Die Flanschenden des Ventils **408'** werden von dem Untersystem **510** derart positioniert, dass die Ausgangsschließfluidbohrung **414'** geschlossen wird, wodurch verhindert wird, dass Schließfluid aus der Zwischenkammer **412'** nach dem Querkanal **444** gelangt. Infolgedessen erzeugt das dargestellte Untersystem **510** einen Schließfluiddruck oder eine Kraft auf die Rückseite des stationären Dichtungsringes und innerhalb der Ausgangskammer **410**, der eine Funktion von kombiniertem Federdruck und Barrierefluidruck ist.

[0123] Das erwähnte Schließfluiduntersystem **510** ist vorzugsweise so ausgebildet, dass der Schließfluidruck als Funktion des Barrierefluiddruckes eingestellt, d. h. erhöht wird. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** regelt dabei die Spaltweite und daher den Leckstrom über die Dichtungsflächen, basierend auf dem geregelten Schließfluiddruck. Das Untersystem kann in Verbindung mit dem ersten Untersystem **501** benutzt werden, um ein dynamisches Fluidic-Druckregelsystem zu schaffen, das die Schließkraftdrücke als Funktion des Barrierefluiddruckes regelt. Das anfängliche Untersystem stellt den Barrierefluidruck auf einen gewählten Pegel an, und zwar in Abhängigkeit von dem Prozessdruck und dem Federdruck, der manuell einstellbar ist, und dieses Untersystem stellt den Schließfluiddruck ein, um den Leckstrom an den Dichtungsflächen zu regeln.

[0124] Die Anordnung des beweglichen Ventils **408'** zwischen Öffnungsstellung und Schließstellung, wie vorstehend beschrieben, ist identisch der Bewegung des Ventils zwischen den Stellungen, wie dies in den **Fig. 7** und **8** dargestellt ist. **Fig. 8** zeigt das bewegliche Ventil **408** in der Öffnungsstellung und die ausgezogenen Pfeile identifizieren die Fluidströmung in die Fluidzuführungsleitung **416** durch den Ventilkanal **412** und über die Ausgangsfluidleitung **414** nach außen. Da das Schließfluid-Verteilernetzwerk mehr Fluid enthält, vergrößert sich die Schließfluidmenge in der Ausgangsfluidkammer **410'**, und dadurch wird der Druck in jener Kammer erhöht. Wenn der Schließfluidruck etwa die Summe von Barrierefluiddruck und Druck der einstellbaren Feder **406'** erreicht, dann bewegt sich das Differentialdruckventil nach rechts in die Schließstellung, um die Fluidverbindung zwischen der Schließfluidquelle und dem Schließfluidverteilersystem zu sperren. **Fig. 7** zeigt das bewegliche Ventil **408** in einer Schließstellung, in der die Fluidströmung zwischen der Fluidzuführungsleitung **416** und der Ausgangsfluidleitung **414** abgesperrt ist.

[0125] Gemäß den **Fig. 6A** und **6B** kann das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** weiter ein Entlüftungsuntersystem **520** aufweisen, das den Schließfluidruck vom Regelsystem als Funktion des Barrierefluiddruckes entlüftet. Gleiche Bezugszeichen entsprechen gleichen Teilen in diesen Figuren, wobei an die Zahlen ein Doppelstrich angehängt ist. Ähnlich wie oben, umfasst das Untersystem **520** ein bewegliches Ventil **448**, das innerhalb der Stopfbuchsenkammer **407''** liegt. Die Kammer lagert eine ringförmige Fluidleitung **441''**, die in bestimmter Weise eingebohrt ist, um eine Verbindung zwischen den Druckkanälen und Bohrungen des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems und der mechanischen Dichtung herzustellen. Das bewegliche Ventil **448** ist im Wesentlichen ein T-förmig gestaltetes Ventil mit einem Abschnitt **448A** größeren Durchmessers, benachbart zur Eingangsfluidkammer **420''** und einem Abschnitt kleineren Durchmessers **448B**, der sich nach der Ausgangskammer **410''** erstreckt. Das Ventil **448** ist mit einer einstellbaren Feder **406''** gekoppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **404''** befestigt ist. Die dargestellte Schraube **404''** und die Feder **406''** sind identisch jenen, wie sie oben in Verbindung mit **Fig. 4** und **5** beschrieben wurden. Die Schraube **404''** und die Feder **406''** erstrecken sich in die Eingangsbarrierefluidkammer **420''** von der äußeren Oberfläche der Stopfbuchse **30** her.

[0126] Das dargestellte Untersystem **520** weist außerdem ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk auf, das mit der Eingangskammer **420''** in Verbindung steht und ein Schließfluid-Verteilernetzwerk, das in Fluidverbindung mit der Ausgangsfluidkammer **410''** steht. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk und das Schließfluid-Verteilernetzwerk wirken in einer Weise ähnlich jener, wie sie in Verbindung mit **Fig. 5** beschrieben

wurde. Das Schließfluid-Verteilernetzwerk weist außerdem einen Entlüftungskanal **450** auf, der in Fluidverbindung mit der Fluidkammer **422** und der Ausgangsleitung **416** steht. Die Entlüftungsöffnung bzw. die Auslassöffnung ermöglicht es dem dargestellten Rückkopplungsuntersystem **520**, Schließfluiddruck als Funktion des Barrierefluiddruckes abzulassen.

[0127] Das dargestellte bewegliche Ventil **448** ist abwechselnd zwischen einer Öffnungsstellung und einer Schließstellung durch das Barrierefluid innerhalb der Eingangskammer **420** und dem Schließfluid innerhalb der Ausgangskammer **410** verstellbar. Beispielsweise wird im Betrieb der Dichtung das Barrierefluid durch das erste Untersystem **501** unter Druck gesetzt und füllt die Eingangskammer **420**. Das Barrierefluid und die Feder **406** üben einen Druck auf eine Seite des beweglichen Ventils **448** aus, um das Ventil in einer Richtung zu bewegen, z. B. entweder nach der Innenbord- oder der Außenbordseite der Dichtung und demgemäß zwischen einer Öffnungsstellung und einer Schließstellung. Die Summe dieser beiden Drücke bildet den Einlassdruck für das Ventil **408**. Gleichzeitig beherbergt das Schließfluid-Verteilernetzwerk Schließfluid unter einem gegebenen Druck. Das Schließfluid aus der Schließfluidquelle tritt in die Ausgangsschließfluidkammer **410** ein und übt einen Druck auf die andere Seite, z. B. auf die linke Seite, des Ventils **408** aus, um den Ausgangsdruck auf das Ventil **448** auszuüben. Wenn der Druck des Schließfluids niedriger ist als der Druck des Barrierefluids in der Eingangsfluidkammer **410**, dann spannt der Eingangsdruck das bewegliche Ventil in die Schließstellung vor, wie dies dargestellt ist. Die Druckanordnung hält die axiale Vorspannungskraft auf den stationären Dichtungsring aufrecht. Infolgedessen vermindert das Regelsystem nicht die Höhe des Schließkraftdruckes, indem eine Entlüftung über den Entlüftungskanal **450** stattfindet.

[0128] Wenn der von dem Schließfluid in der Ausgangskammer **410** ausgeübte Druck größer ist als der Eingangsdruck, dann spannt das Druckdifferential das Ventil **448** in die Öffnungsstellung gemäß **Fig. 6B** vor. Dadurch wird das Schließkraftfluidverteilersystem mit dem Entlüftungskanal **450** verbunden, um Schließfluid aus dem System abzuführen. Das Untersystem **520** überträgt das Schließfluid in der Schließfluidkammer **242**, in dem Schließfluidkanal **440**, in dem Querkanal **444** und in der Eingangsbohrung **414** nach der Ausgangskammer **410**. Von hier wird das Schließfluid nach der Ausgangsschließfluidbohrung **416** und dem Entlüftungskanal **450** geleitet. Wenn sich das bewegliche Ventil **408** in der Öffnungsstellung befindet, kann das Schließfluid innerhalb der Ausgangskammer **410** durch den Entlüftungskanal **450** austreten.

[0129] Wenn das System **520** Schließfluid von der Dichtung abzieht, dann fällt der Schließfluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** ab, bis schließlich ein Ausgleich mit der Summe von Barrierefluiddruck und einstellbarem Federdruck erreicht ist.

Wenn dieser Ausgleich erfolgt ist, spannt das System das bewegliche Ventil **448** in die Schließstellung vor, um eine Fluidverbindung zwischen dem Entlüftungskanal **450** und dem übrigen Schließfluid-Verteilernetzwerk aufrecht zu erhalten.

[0130] Die Entlüftung des Schließfluids aus dem Rückkopplungssystem **520** bewirkt, dass das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** den Spalt zwischen den Dichtungsflächen **18** und **20** einstellt, um den Leckstrom zu steuern. Insbesondere spricht das System auf ein Absinken des Prozessdruckes durch Verminderung oder Entlüftung des Schließfluids aus dem System an. Dieser verminderte Schließfluiddruck bewirkt, dass die Dichtungsstirnflächen sich spreizen, wodurch eine unerwünschte Berührung der Dichtungsflächen verhindert wird.

[0131] Die vorerwähnten Untersysteme **501**, **510** und **520** werden vorzugsweise zusammen benutzt und innerhalb der Stopfbuchse **30** der mechanischen Dichtung angeordnet. In Kombination bilden die Untersysteme ein vollständiges Fluidic-Druck-Rückkopplungssystem, das einen Druck oder mehrere Drücke der mechanischen Dichtung als Funktion eines oder mehrerer anderer Dichtungsdrücke regelt. Gemäß einer bevorzugten Praxis bilden die Untersysteme **501**, **510** und **520** nahezu das gesamte Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** der vorliegenden Erfindung.

[0132] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** wirkt als Differentialdruckregler. Die allgemeine Logik des Systems besteht darin, dass dann, wenn sich Druckbedingungen innerhalb der mechanischen Dichtung ändern, das System entweder einen oder beide Drücke, nämlich Schließdruck und Druck des Barrierefluids, regelt, die der Dichtung zugeführt werden, um gewisse Bedingungen an den Dichtungsstirnflächen der Dichtungsringe aufrecht zu erhalten. Das Fluidic-Regelsystem benutzt eines der Systemfluide, beispielsweise Barrierefluid, Prozessfluid oder Schließfluid als dynamischen Rückkopplungsfluideinlass, und es wird entweder der Barrierefluiddruck oder die Schließkraft, basierend auf diesem geregelten Eingang, eingestellt. Demgemäß detektiert das Rückkopplungssystem eine Änderung im Druck zwischen gewählten Fluidrücken und korrigiert jedes Ungleichgewicht. Das Fluidic-Rückkopplungssystem führt diese Korrektur durch, indem das System an eine Hochdruckfluidquelle angeschlossen wird, um Schließfluid dem System zuzuführen und den Druck darin anzuheben oder Schließfluiddruck aus dem System abzuleiten, wenn die Innendrücke über oder unter einem gewählten Pegel liegen. Das Rückkopplungssystem hat ferner die Möglichkeit, das Barrierefluid oder das Schließfluid auf einen willkürlich festgelegten Punkt einzustellen, der höher oder niedriger sein kann als der regulierte Druckeingang.

[0133] Wie aus den **Fig. 4 bis 8** ersichtlich, benutzt das Rückkopplungssystem **500** den Prozessfluiddruck als dynamischen Rückkopplungseingang, wo-

bei der Barriervedruck auf einem Druck gehalten wird, der größer ist als der Prozessfluidruck. Das Prozessfluid befindet sich außer an anderen Stellen in der Prozessfluidkammer **300**, die längs der äußeren Durchmesser der Dichtungsringe der mechanischen Dichtung angeordnet ist. Das Prozessfluid steht mit der Eingangs-Rückkopplungskammer **420** des Rückkopplungssystems durch geeignete Prozessfluidbohrungen in Verbindung, die in der Stopfbuchse ausgebildet sind. Das Prozessfluid bildet zusammen mit der Feder **406** innerhalb der Kammer **420** einen Druck, der auf eine Seite des beweglichen Ventils **408** wirkt. Die Barrierefluidzufuhr wird über den Barrierefluideingangskanal **415** nach der Zwischenkammer **412** überführt, wie dies vorstehend beschrieben wurde. Die durch das Prozessfluid und die Feder **406** innerhalb der Eingangskammer **420** ausgeübte Kraft wird durch den Barrierefluidruck innerhalb der Ausgangskammer **410** auf der gegenüberliegenden Seite des Ventils **408** ausgeglichen. Infolgedessen erhöht das Rückkopplungssystem den Barrierefluidruck (z. B. den geregelten Ausgang) in der Barrierefluidkammer **424** des Barrierefluid-Verteilernetzwerks auf einen Druck über dem Prozessdruck in einer Höhe entsprechend der einstellbaren Kraft der Feder **406**.

[0134] Wenn Änderungen in dem Druck auftreten, der durch das Prozessfluid und die Feder erzeugt wird, z. B. wenn der Druck, der durch den Prozessfluidruck und die Feder ausgeübt wird, größer ist als der Barrierefluidruck, dann wird das Ventil in eine gewählte Stellung vorgespannt, um eine Eingangsbarrierefluidquelle mit dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk zu verbinden. Das Barrierefluid strömt dann in das Barrierefluid-Verteilernetzwerk, um die Ausgangskammer **410** unter Druck zu setzen. Wenn das Barrierefluid-Verteilernetzwerk genügend unter Druck gesetzt ist, füllt das Barrierefluid die Kammer **410** und versetzt die kombinierten Kräfte, die durch den Prozessdruck und die Feder **406** ausgeübt werden und in der Eingangskammer **420** wirken oder es wird diesen entgegengewirkt.

[0135] Wenn das Barrierefluid die Ausgangskammer **410** füllt, dann steigt der Druck an der Barrierefluidseite des beweglichen Ventils (beispielsweise auf der linken Seite) an, bis der Barrierefluidruck ausreicht, um das Ventil nach rechts in eine Zwischenschließstellung zu überführen, wie dies dargestellt ist, um die Zufuhr von Barrierefluid nach dem System abzusperren.

[0136] Das Barrierefluid, das der mechanischen Dichtung aus der Barrierefluidquelle zugeführt wird, strömt in die axiale Bohrung **228** und die radiale Nut **180**. Der Barriererückkopplungskanal **446** (Fig. 5) verbindet die axiale Bohrung **228** und die Nut **180** mit der Eingangs-rückkopplungskammer **420'**. Das Barrierefluid wird demgemäß als Druck-Rückkopplungseingang benutzt und das Schließfluid des Schließfluidnetzwerkes wird dann der regulierte Rückkopplungsausgang und auf einen Druck eingeregelt, der

größer ist als der Barrierefluidruck, und zwar größer um einen gewählten Wert, welcher der Kraft entspricht, die durch die Feder **406'** ausgeübt wird. Die Feder **406'** fügt daher einen gewählten Druckwert der Eingangs-rückkopplungsseite (z. B. der Kammer **420'**) des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems zu. Der Schließfluidruck wird dann entweder durch Zusatz von weiterem Schließfluid erhöht oder durch Entlüftung und Entweichen von Schließfluid aus dem Fluidverteilternetzwerk verringert.

[0137] Die Menge des Dichtungsleckstromes ist abhängig von der Regelung der jeweiligen Dichtungsfluide auf folgende Weise. Eine Erhöhung des Druckes des Prozessfluids erhöht die Menge des Barrierefluids, das in die Dichtung eingeführt wird. Das erhöhte Barrierefluid setzt das Barrierefluid-Verteilernetzwerk unter Druck, so dass die Dichtungsflächen weiter voneinander distanziert werden, wodurch der Leckstrom über die Dichtungsflächen vergrößert wird. Gemäß diesem Vorgang erhöht das Rückkopplungs-Druckregelsystem die Menge des Schließfluids, das eingeführt wird, um das Schließfluidnetzwerk unter Druck zu setzen. Dies entspricht einer Erhöhung des Schließfluiddruckes in der Schließfluidkammer **242**, und so werden Dichtungsstirnflächen aufeinander zu vorgespannt, um die Menge der Dichtungsleckströmung zu verringern.

[0138] Wenn umgekehrt der Prozessfluidruck absinkt, wird die Zufuhr von Barrierefluid nach der Dichtung beendet. Die verminderte Menge des Barrierefluids wird durch die Dichtungsflächen der Dichtungsringe erfasst, und diese werden dichter aufeinander vorgespannt, was zu einer Berührung der Dichtungsflächen führen kann. Das System kompensiert automatisch und fluidmäßig diesen Umstand, indem das Schließfluid-Verteilernetzwerk entlüftet wird, um einen vorbestimmten Schließfluidruck vom System zu entlüften. Die Verminderung des Schließfluiddruckes in der Schließfluidkammer **242** bewirkt eine Spreizung der Dichtungsflächen um einen vorbestimmten Betrag, wodurch eine Berührung der Dichtungsstirnflächen verhindert wird.

[0139] Außerdem ist es für den Fachmann ersichtlich, dass das Untersystem **501** gemäß Fig. 4 eine Gruppe von Bezugsdruckpegeln für das Barrierefluid erzeugt, was eine Kombination des Prozessfluiddruckes und der Kraft ist, die durch die Feder **406** ausgeübt wird. Die Einstellschraube **404** stellt die Spannung der Feder **406** ein, wodurch der Bezugsdruckpunkt des Barrierefluids eingestellt wird. Dieses System ermöglicht es, dass geeignetes Wartungspersonal gewählte Systemparameter in Echtzeit und im Betrieb ändert.

[0140] Die Fig. 11 bis 13 zeigen schematisch Ablaufdiagramme, die die Betriebsmethodologie des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **500** der Erfindung veranschaulichen, wie dies in den Untersystemen **501**, **510** und **520** beschrieben wurde. Fig. 11 beschreibt das Verfahren der Einstellung des Barrierefluiddruckes auf einen Wert relativ zum Pro-

zessdruck, wie dies in dem Untersystem **501** gemäß **Fig. 4** dargestellt ist. **Fig. 12** beschreibt das Verfahren zum Einführen des Schließfluids in das System als Funktion eines Barrierefluiddruckes, und **Fig. 13** beschreibt das Verfahren zur Entlüftung von Schließflüssigkeit aus dem System als Funktion des Barrierefluiddruckes. Die drei in diesen Figuren beschriebenen Verfahren sind sämtlich kontinuierliche Verfahren und können parallel und gleichzeitig durchgeführt werden.

[0141] Im Schritt **505** wird das Prozessfluid vom Fluidgehäuse nach der Eingangskammer **420** über den Prozessfluideintrittskanal zugeführt. Das Prozessfluid erzeugt einen Prozessfluiddruck innerhalb der Eintrittskammer **420**. Dieser Druck in Kombination mit der Druckkraft, die durch die einstellbare Feder **406** erzeugt wird, definiert den Eingangsdruck des Untersystems. Die Barrierefluidquelle führt Barrierefluid in das Regelsystem über den Barrierefluidkanal **415** ein, um danach in das Barrierefluid-Verteilernetzwerk über die Bohrung **228** und die Nut **180** überführt zu werden. Die Austrittskammer **410** füllt sich schließlich mit Barrierefluid, um wenigstens teilweise die kombinierten Drücke von Feder und Prozessfluid auszugleichen.

[0142] Im Schritt **515** wird der Druck in der Eingangskammer **420** mit dem Barrierefluiddruck in der Austrittskammer **410** verglichen. Wenn der Barrierefluiddruck unter der Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck **406** steht, dann wird das bewegliche Ventil **408** in die Öffnungsstellung überführt, um das Barrierefluid-Verteilernetzwerk mit der Barrierefluidzuführung zu verbinden, wie dies in den Schritten **530** und **540** angedeutet ist. Die Barrierequelle führt Fluid in das Barrierefluid-Verteilernetzwerk ein, wie dies im Schritt **550** beschrieben ist. Wenn der Barrierefluiddruck nicht genügend kleiner ist als der Prozessdruck und der Federdruck, um das Ventil merklich zu verschieben, wird das Ventil in der Schließstellung gehalten. Dies ist durch die Rückführungsschleife **535** dargestellt.

[0143] Im Schritt **560** wird wiederum der Barrierefluiddruck in der Ausgangskammer **410** mit der Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck verglichen. Wenn im Schritt **570** der Barrierefluiddruck unter der Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck **406** liegt, dann wird das bewegliche Ventil **408** in der offenen Stellung gehalten und verbindet das Barrierefluid-Verteilernetzwerk mit der Barrierefluidquelle, wie dies durch die Rückführungsschleife **575** dargestellt ist. Wenn, wie im Schritt **580** dargestellt, der Barrierefluiddruck größer ist als die Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck, dann wird das bewegliche Ventil **408** in die Schließstellung überführt, um das Barrierefluid-Verteilernetzwerk von der Barrierefluidquelle abzuschalten.

[0144] Ein Ansteigen im Prozessfluiddruck führt zu einem Ansteigen des Barrierefluiddruckes, was anzeigt, dass die Dichtungsstirnflächen der Dichtungs-

ringe gespreizt werden, und dies kann zu einem übermäßigen Dichtungsleckstrom führen. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem kompensiert diese Betriebsbedingung, indem der Schließfluiddruck im System erhöht wird. Wenn umgekehrt der Barrierefluiddruck absinkt, was eine relativ dichte Annäherung der Dichtungsflächen aufeinander zu anzeigt, dann vermindert das Druckregelsystem den Schließfluiddruck, so dass die Dichtungsflächen sich auf einen vorbestimmten Betrag spreizen können.

[0145] Im Folgenden wird insbesondere auf die **Fig. 5** bis **6B** Bezug genommen. Ein Ansteigen des Barrierefluiddruckes setzt die Eingangskammer **420'** unter Druck (**Fig. 5**) und verbindet das Schließfluid-Verteilernetzwerk mit der Schließfluidzuführung. Die Schließfluidquelle setzt das Schließfluidnetzwerk unter Druck und überträgt Schließfluid nach der Rückseite des stationären Dichtungsringes über die Schließfluidbohrungen **414'** und **416'** und die Zwischenkammer **416'**, den Querkanal **444**, die Kanalverbindung **442**, den radialen Schließfluidkanal **440** und die Schließfluidkammer **242**. Der erhöhte Schließfluiddruck wirkt dem erhöhten Barrierefluiddruck entgegen und bewirkt demgemäß eine Verminderung des Leckstromes über die Dichtungsflächen. [0146] Die **Fig. 12** beschreibt das Verfahren der Einstellung des Schließfluiddruckes auf einen Pegel relativ zu dem Barrierefluiddruck. In den Schritten **600** und **610** wird das Barrierefluid in das Barrierefluid-Verteilernetzwerk eingeführt, und zwar über die Bohrung **228** und die Nut **180** sowie über die Eingangskammer **420**, um in der Eingangskammer **420** einen Barrierefluiddruck zu erzeugen. Dieser Druck plus dem Druck der einstellbaren Feder **406** definiert den Eingangsdruck des Untersystems. Das Schließkraftfluid wird in das Schließkraftfluid-Verteilernetzwerk eingeführt einschließlich Schließfluidkammer **242** und Schließfluidkanal **440**, um den Ausgangsdruck in der Ausgangskammer **410** zu erzeugen.

[0147] Im Schritt **620** wird der Eingangsdruck in der Eingangskammer **420** mit dem Ausgangsdruck in der Ausgangskammer **410** verglichen. Wenn im Schritt **630** festgestellt wird, dass der Ausgang des Barrierefluiddruckes (der einer Änderung im Prozessfluiddruck entspricht) unter den Eingangsdruck fällt, was einen übermäßigen oder unerwünschten Dichtungsleckstrom anzeigt, dann wird im Schritt **640** das bewegliche Ventil **408'** in die Öffnungsstellung überführt, um das Schließkraftfluid-Verteilernetzwerk mit der Schließfluidquelle zu verbinden, die mit dem Eingangskanal **460** in Verbindung steht. Das Schließfluid von der Schließfluidquelle tritt durch den Eingangsschließfluidkanal **460** in die Eingangsschließfluidbohrung **416'** ein und dann in die Zwischenkammer **412'**. Dann tritt das Schließfluid von dieser Kammer durch die Ausgangsschließfluidbohrung **414'**, den Querkanal **444**, die Verbindung **442** und den Schließfluidausgangskanal **440** in die Schließfluidkammer **242** ein und umgibt die dargestellte Sekun-

därdichtungsstruktur. Das zusätzlich eingeführte Schließfluid nach der Schließkraftseite der Dichtung erhöht den Druck innerhalb der Schließfluidkammer **242**, was axial den Stator nach dem Rotor vorspannt. Dies ist in den Schritten **640** und **650** dargestellt. Wenn umgekehrt, wie durch die Rückführungsschleife **635** dargestellt, der Ausgangsdruck (d. h. der Schließfluiddruck) nicht kleiner als der Eingangsdruck ist (d. h. der Barrierefluiddruck), dann wird das Ventil in die Schließstellung überführt oder in dieser gehalten.

[0148] Wie aus den Schritten **660**, **670** und **675** erkennbar, wird der Ausgangsdruck in der Ausgangskammer **410'** wiederum mit dem Eingangsdruck verglichen, und wenn der Schließkraftfluiddruck unter der Summe von Barrierefluiddruck und einstellbarem Federdruck **406** liegt, wird Schließfluid dem Schließfluid-Verteilernetzwerk über die Schließfluidquelle zugeführt. Wenn der Ausgangsschließfluiddruck größer ist als der Eingangsdruck, dann wird das bewegliche Ventil **408'** so angeordnet, dass das Schließfluid-Verteilernetzwerk von der Schließfluidquelle abgeschaltet wird. Wenn demgemäß bei diesem beschriebenen Ausführungsbeispiel der Barrierefluiddruck ansteigt, dann steigt der Schließfluiddruck ebenfalls an.

[0149] **Fig. 13** beschreibt außerdem das Verfahren zur Einstellung des Schließfluiddruckes auf einen Pegel relativ zum Barrierefluiddruck, und es wird Schließfluid aus dem Regelsystem **500** als Funktion des Barrierefluiddruckes entlüftet. Diese Strömungskartenmethodologie entspricht wenigstens teilweise dem Untersystem **520**, wie dies in den **Fig. 6A** und **6B** dargestellt ist. In den Schritten **700** und **710** wird das Barrierefluid in das Barrierefluid-Verteilernetzwerk eingeleitet, um einen Barrierefluiddruck innerhalb der Eingangsfluidkammer **420''** zu erzeugen. Dieser Druck wirkt in Kombination mit dem Druck der einstellbaren Feder **406''**, um den Eingangsdruck des Untersystems **520** zu definieren. Das Schließfluid wird in das Schließfluid-Verteilernetzwerk eingeführt, wie dies oben beschrieben wurde, um den Ausgangsdruck in der Ausgangskammer **410''** zu erzeugen.

[0150] In den Schritten **720** und **730** wird der Druck in der Eingangskammer **420''** mit dem Druck in der Ausgangsfluidkammer **410''** verglichen. Wenn der Ausgangsdruck kleiner ist als der Eingangsdruck (dies ist der Barrierefluiddruck plus einstellbarem Federdruck **406''**), dann wird in dem Rückkopplungsschritt **735** das einstellbare Ventil **448** in die Schließstellung überführt oder in dieser gehalten (**Fig. 6A**), um zu verhindern, dass das Schließfluid-Verteilernetzwerk Schließfluid aus dem Regelsystem **500** entleert. Wenn der Ausgangsdruck größer ist als der Eingangsdruck, dann wird im Schritt **740** das bewegliche Ventil in der Öffnungsstellung gehalten, um das Schließfluidverteilternetz mit der Fluidauslassentlüftung **450** zu verbinden. Dieser Auslass entfernt Schließfluid aus dem Schließfluid-Verteilernetzwerk, wie dies im Schritt **750** dargestellt ist. Im Schritt **760**

wird der Ausgangsdruck in der Ausgangskammer **410''** wiederum mit dem Eingangsdruck verglichen, der die Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck ist. Wenn im Schritt **770** der Barrierefluiddruck größer ist als die Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck **406''**, dann wird im Rückkopplungsschritt **755** das bewegliche Ventil so geschaltet, dass die Verbindung zwischen Schließfluid-Verteilernetzwerk mit der Fluidauslassentlüftung aufrecht erhalten wird. Wenn der Ausgangsdruck niedriger ist als der Eingangsdruck, dann wird das bewegliche Ventil **448** in eine Schließstellung vorgespannt, um das Schließfluid-Verteilernetzwerk von der Fluidauslassentlüftung abzuschalten. Wenn demgemäß der Barrierefluiddruck absinkt oder ein festgestelltes Ansteigen des Schließfluiddruckes auftritt, was anzeigen kann, dass ein Leckstrom fließt, der größer als erwartet ist oder eine Änderung im Prozessfluiddruck oder im Barrierefluiddruck auftritt, dann entlüftet das Rückkopplungsregelsystem **520** oder vermindert den Schließfluiddruck an der Dichtung.

[0151] Das dargestellte Fluid-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** erhöht demgemäß den Schließdruck, wenn ein Ansteigen des Barrierezuführungsdruckes festgestellt wird, und es wird der Schließdruck verringert, wenn ein Absinken des Barrierefluiddruckes festgestellt wird.

[0152] Die **Fig. 9A**, **9B** und **9C** repräsentieren abgewandelte Ausführungsbeispiele der drei Druck-Rückkopplungsuntersysteme **501**, **510** und **520** gemäß obiger Beschreibung, wobei weiter die Schraube an einem Innenbord oder einer nur beschränkt zugänglichen Stelle angebracht ist. Insbesondere veranschaulicht **Fig. 9A** ein Untersystem **1530**, d. h. ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel des Untersystems **500** gemäß **Fig. 4**; **Fig. 9B** zeigt ein Untersystem **1540**, d. h. ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel des Untersystems **510** gemäß **Fig. 5** und **Fig. 9C** zeigt ein Untersystem **1550**, d. h. ein abgewandeltes Ausführungsbeispiel des Untersystems **520** gemäß **Fig. 6A** und **6B**. Die dargestellten Untersysteme **1530**, **1540** und **1550** benutzen eine Einstellschraube **406**, die an einer beschränkt zugänglichen Stelle zwischen dem Gehäuse **11** und der Stopfbuchse **30** angeordnet ist. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in diesen Figuren gleiche Teile. Das dargestellte Rückkopplungssystem kann auch mit irgendeiner geeigneten mechanischen Dichtung benutzt werden, zusätzlich zu dem Dichtungstyp und der Anordnung gemäß den **Fig. 9A** bis **9C**.

[0153] **Fig. 9A** veranschaulicht ein erstes Untersystem **1530** zur Aufrechterhaltung des Barrierefluiddruckes auf einem gewählten Pegel relativ zu dem Prozessfluiddruck. Das dargestellte Untersystem benutzt ein bewegliches Differentialdruckventil **408**, das in einer geeignet bemessenen Kammer innerhalb der Stopfbuchse **30** angeordnet ist. Die Kammer **407** lagert die ringförmige Fluidleitung **441**, die in bestimmter Weise ausgebohrt ist, um eine Verbindung zwi-

schen den verschiedenen Druckkanälen und den Bohrungen des Fluid-Rückkopplungs-Druckregelsystems zu schaffen.

[0154] Die dargestellte Fluidleitung **441** ist identisch jener, wie sie in den **Fig. 4, 7 und 8** beschrieben wurde, und sie besitzt eine zentrale Bohrung, in der das bewegliche Ventil **408** sitzt. Die Bohrung ist gleich oder etwas größer als der Außendurchmesser des beweglichen Ventils, um eine relativ freie axiale Gleitbewegung des Ventils innerhalb der Bohrung zwischen Öffnungsstellung und Schließstellung zu bewirken, wobei der Leckstrom über das Ventil minimal wird, wenn dieses in der Leitung befindlich ist. Die Fluidleitung **441** besitzt eine Anzahl von radial verlaufenden Fluidbohrungen **414** und **416**, die die Möglichkeit schaffen, selektiv ein jeweiliges unter Druck stehendes Fluid mit der Stopfbuchsenkammer zu verbinden. Dichtungsstrukturen, wie O-Ringe **426** und **428**, sind in entsprechenden Nuten angeordnet, die in der äußeren Oberfläche der Leitung ausgebildet sind, um eine Druckdichtung und eine Fluiddichtung zwischen den Innenwänden der Kammer **407** und gewählten Abschnitten der Fluidleitung **441** herzustellen.

[0155] Das bewegliche Ventil **408** teilt die Kammer in eine Eingangsfluidkammer **420** und eine Ausgangsfluidkammer **410**, wobei eine Zwischenkammer **412** zwischen den Flanschendabschnitten des Ventils liegt. Das Ventil **408** ist mit einer einstellbaren Feder **406** gekoppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **404** festgelegt ist. Die dargestellte Einstellschraube **404** ist begrenzt zugänglich angeordnet, um zu verhindern, dass das Personal unerlaubte Änderungen gegenüber der fabrikatorischen Voreinstellung vornimmt. Der Systemoperator kann die Spannung, die durch die Feder ausgeübt wird, durch Drehen der Schraube in vorbestimmter Weise einstellen. Die Schraube **404**, und die Feder **406** wirken gemeinsam, um den Anfangseinstelldruckpunkt in dem dargestellten Druck-Regelungssystem **1530** zu definieren.

[0156] Die Schraube **404** und die Feder **406** erstrecken sich von der inneren Oberfläche der Stopfbuchse **30** in die Eingangsfluidkammer **420**. Die Eingangsfluidkammer **420** steht mit einem Prozessfluid-Verteilernetzwerk in Verbindung, damit das Prozessfluid der Dichtung mit der Eingangsregelkammer **420** in Verbindung gebracht wird, wie dies dargestellt ist. Das Prozessfluid-Verteilernetzwerk des Fluid-Rückkopplungs-Druckregelsystems gemäß der Erfindung umfasst unter anderen Strukturen geeignete Prozessfluidkammern innerhalb oder um die mechanische Dichtung herum, wie beispielsweise eine Prozessfluidkammer **300** und eine Prozessfluidbohrung **421**, die das Prozessfluid mit der Kammer **300** nach der Eingangskammer **420** verbindet. Der Fachmann erkennt, dass das Prozessfluid-Verteilernetzwerk diese Ansammlung von Innenbohrungen und Kanälen enthalten kann, die in der Stopfbuchse **30** angeordnet sind, um Prozessfluid, falls erforder-

lich, mit dem beweglichen Ventil **408** in vorbestimmter Weise zu verbinden. Das Regelsystem kann außerdem Kupplungen außerhalb der Stopfbuchse aufweisen, um die Systemfluide mit bestimmten Abschnitten oder Komponenten des Systems **1500** zu verbinden. Beispielsweise können äußere Fluidleitungen mit der Stopfbuchse verbunden werden, um das Prozessfluid vom Fluidgehäuse nach der Eingangsprozessfluidbohrung **421** zu überführen.

[0157] Es wird weiter auf **Fig. 9A** Bezug genommen. Das erfindungsgemäße Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **1500** kann auch ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk aufweisen, das Barrierefluid aus einer Barrierefluidquelle (nicht dargestellt) mit der Fluidleitung **441** verbindet. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk ist vorzugsweise gleich oder ähnlich jenem Netzwerk ausgebildet, das in Verbindung mit **Fig. 4 bis 6B** beschrieben wurde. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk kann geeignete Barrierefluidkanäle aufweisen, die das Barrierefluid aus der Stopfbuchsenkammer **407** mit einem getrennten Teil der Dichtung verbinden, einschließlich dem Barrierefluidvorspannsystem, d. h. die Bohrung **228** und die Nut **180** können mit weiteren Rückkopplungssystemen verbunden sein, die innerhalb der Stopfbuchse angeordnet sind und mit anderen Fluidkanälen/Bohrungen, wie Eingangsbarrierezuführungskanal **415**. Insbesondere weist das Barrierefluid-Verteilernetzwerk geeignete Bohrungen und/oder Kammern innerhalb der Stopfbuchse auf, wie beispielsweise den Eingangsbarrierekanal **418** in der Leitung **441**, die Ausgangsbarrieredruckbohrung **414** und die Barriereleitung **434** und den Barrierefluidkanal **402**, der die Ausgangskammer **410** mit dem Barrierefluidvorspannsystem der mechanischen Dichtung verbindet. Natürlich kann das Verteilernetzwerk auch jene Komponenten des Barrierefluidvorspannsystems enthalten, wie die axiale Fluidbohrung **228**, die im stationären Dichtungsring ausgebildet ist und die Nut **180**.

[0158] Im Folgenden wird weiter auf **Fig. 9A** Bezug genommen. Das bewegliche Ventil **408** definiert eine Zwischenkammer oder einen Kanal **412**, der mit der Barrierefluidquelle über den Barrierefluidzuführungskanal **415**, die Fluidzuführungskammer **424** und die Fluidzuführungsleitung **416** in Verbindung steht. Die Zwischenkammer **412** ist außerdem selektiv in der Zwischenkammer **412** angeordnet und steht selektiv in Fluidverbindung mit dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk sowie mit der äußeren Barrierebohrung **414**, der Barrierekammer **422** und der Ausgangsbarrierefluidbohrung **234**, die das Barrierefluid dem Untersystem **1540** zuführt.

[0159] Ähnlich dem Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **500** ist auch das Druckregelsystem **1500** gemäß der Erfindung vollständig innerhalb der Stopfbuchse angeordnet, und es ist ein rein dynamisches Fluidsystem, das gewählte Systemeindrücke, wie weiter unten beschrieben, einstellt. Das Fluidic-Rückkopplungssystem ist demgemäß ein kompaktes Regelsystem, das einen oder mehrere Sys-

temdrücke einstellt und außerdem vollständig innerhalb der Stopfbuchse der mechanischen Dichtung untergebracht ist.

[0160] Im Betrieb steht das Prozessfluid vom Fluidgehäuse **11** in Verbindung mit der Eingangskammer **420** über das Prozessfluid-Verteilernetzwerk. Gemäß einer bevorzugten Praxis wird das Prozessfluid aus der Prozessfluidkammer **300** nach der Eingangskammer **420** über die Eingangsprozessdruckbohrung **421** oder über irgendeinen anderen geeigneten Kanal in der Dichtung und/oder der Stopfbuchse überführt, wodurch das Prozessfluid in die Eingangskammer **420** eintreten kann. Das Prozessfluid steht unter einem gegebenen Betriebsdruck. Das Prozessfluid in der Eingangsfluidkammer **420** übt einen Druck auf die Eingangsseite aus, d. h. auf die linke Seite des beweglichen Ventils **408**. Außerdem übt die einstellbare Feder **406** einen Druck auf das bewegliche Ventil **408** aus. Die Kombination dieser beiden Drücke bildet den Eingangsdruck, der eine anfängliche Eingangssaxialkraft ausübt, die das bewegliche Ventil nach der Außenseite der Dichtung, d. h. nach rechts, vorspannt.

[0161] Die Barrierefluidquelle führt Barrierefluid dem Druckregeluntersystem **1530** und der mechanischen Dichtung über das Barrierefluid-Verteilernetzwerk zu. Gemäß einer Praxis wird das Barrierefluid aus der Barrierefluidquelle selektiv in einen Eingangszuführungskanal **234** und nach der Eingangszuführungskammer **422** und die Eingangsbohrung **416** und demgemäß in die Zwischenkammer **412** eingeführt. Das Barrierefluid wird dann selektiv der Ausgangskammer **410** und dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk zugeführt, indem selektiv das bewegliche Ventil **408** zwischen der Schließstellung und der Öffnungsstellung vorgespannt wird. Das Ventil **408** ist in der Schließstellung dargestellt. Insbesondere ist das Ventil **408** so angeordnet, dass es die Austrittsbarrierefluidbohrung **414** schließt und so die Zwischenkammer **412** von der Ausgangskammer **410** absperrt.

[0162] Das Prozessfluid in der Eingangsfluidkammer **420** übt einen Druck auf die Innenseite des beweglichen Ventils **408** aus. Außerdem übt die einstellbare Feder **406** einen Druck auf das bewegliche Ventil **408** aus. Die Kombination von diesen beiden Drücken bildet den Eingangsdruck, der eine anfängliche Eingangssaxialkraft ausübt, die das bewegliche Ventil **408** nach rechts vorspannt und demgemäß von der Schließstellung nach der Öffnungsstellung gelangt.

[0163] Wenn das Ventil in der Öffnungsstellung befindlich ist, strömt Barrierefluid von der Zwischenkammer **412** durch die Austrittsschließfluidbohrung **414** in die Ausgangskammern **424** und **410**. Das Barrierefluid übt einen entgegengesetzten oder axial nach außen gerichteten Druck auf die rechte Seite des Differentialdruckventils **408** aus, um einen Ausgangsdruck in der Ausgangskammer **410** zu erzeugen. Wenn der Ausgangsdruck, der durch das Barrierefluid in der Ausgangskammer **410** ausgeübt wird,

größer ist als die Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck in der Eingangskammer **420**, dann bewegt sich das Differentialdruckventil **408** in die dargestellte Schließstellung zurück. Wenn das Barrierefluid-Verteilernetzwerk mit Barrierefluid aus der Fluidquelle gespeist wird, dann übt der Barrierefluiddruck in der Ausgangsfluidkammer **410** einen sich erhöhenden Druck in dieser Kammer aus. Wenn der Barrierefluiddruck in der Ausgangskammer **410** gleich ist der Summe der Drücke, die durch das Prozessfluid und die einstellbare Feder **406** ausgeübt wird oder größer ist als dieser Druck, dann wird das Differentialdruckventil in die dargestellte Schließstellung überführt, um die Barrierefluidzuführung von dem Ausgangsbarrierekanal **234** abzusperren. Das Barrierefluid innerhalb des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems wird demgemäß auf einen Pegel vorgespannt, der gleich ist der Summe der Drücke, die durch den Prozessdruck und den variablen Druck der Feder **406** ausgeübt wird oder höher ist als dieser. Der Fachmann erkennt, dass andere Druckanordnungen benutzt werden können, wobei das Barrierefluid-Verteilernetzwerk beispielsweise mit einem Druck beaufschlagt wird, der kleiner ist als der Prozessfluiddruck und/oder der Federdruck. Die Bewegung zwischen der Schließstellung und der Öffnungsstellung ermöglicht es, dass die Zwischenkammer **412** und die Ausgangskammer **410** mit der Barrierefluidzuführung in Verbindung gebracht werden, so dass ein Fluidkanal zwischen der Barrierefluidzuführung und der äußeren Barrierefluidbohrung **414** geschaffen wird. Das Barrierefluid tritt dann durch den Ausgangsbarrierekanal nach dem übrigen Barrierefluid-Verteilernetzwerk und das Drucksystem **1500** aus.

[0164] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **1500** kann außerdem Untersysteme aufweisen, um ein Schließfluid nach einem Schließfluid-Verteilernetzwerk zu überführen oder um ein Schließfluid von einem Schließfluid-Verteilernetzwerk zu entlüften. Diese Untersysteme umfassen meist die gleichen Komponenten wie das dargestellte Untersystem **1530** mit dem Unterschied der Prozessfluidbohrung **421** und der Barrierefluidbohrung **415**. Die drei Untersysteme können demgemäß zusammen oder in jeder Kombination benutzt werden, um einen speziellen Fluiddruck einzustellen, der entweder direkt oder indirekt auf die Dichtungsflächen **18** und **20** einwirkt.

[0165] Die **Fig. 9B** und **9C** veranschaulichen Untersysteme **1540** und **1550**, die entweder einen Schließfluiddruck der mechanischen Dichtung zuführen oder einen Schließfluiddruck von dieser mechanischen Dichtung entlüften. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in den Figuren gleiche Teile. Das Untersystem **1540** verbindet selektiv eine Schließfluidquelle (nicht dargestellt) mit dem Schließfluidvorspannsystem der Dichtung. Das Vorspannsystem übt eine Schließkraft auf die Rückseite der stationären Dichtung als Funktion des Druckes innerhalb des Barrierefluid-Verteilernetzwerkes und/oder des Barrierefluidvorspann-

systems aus, z. B. des Druckes innerhalb der Axialbohrung **228** und der Nut **180**.

[0166] Das dargestellte Untersystem **1540** weist auch ein bewegliches Differentialdruckventil **408** auf, das innerhalb einer Fluidleitung **441** in einer geeignet bemessenen Kammer innerhalb der Stopfbuchse **30** montiert ist. Das bewegliche Ventil **408** teilt die Kammer in eine Eingangssfluidkammer **420** und eine Ausgangsfluidkammer **410**, wobei dazwischen eine Zwischenkammer **412** ausgebildet ist. Das Ventil **408** ist mit einer einstellbaren Feder **406** gekuppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **404** befestigt ist. Die dargestellte Schraube **404** und die Feder **406** sind den vorbeschriebenen identisch.

[0167] Das dargestellte Untersystem **1540** weist außerdem ein Schließfluid-Verteilernetzwerk auf, das eine Quelle mit Schließfluid (d. h. ein Barrierefluid oder ein Schließfluid oder ein sonstiges Fluid) mit dem stationären Dichtungsring **14** verbindet. Das Schließfluidverteilersystem übt eine axiale Schließvorspannkraft auf den stationären Dichtungsring aus, um die Spreizung zwischen den stationären und den rotierenden Dichtungsringen **14** und **16** einzustellen. Das Schließkraftverteileretzwerk kann irgendeine geeignete Anordnung und Zahl von Fluidleitungen und Bohrungen aufweisen, die ein Schließfluid nach wenigstens einem der Dichtungsringe überführen, um die Spreizung dazwischen einzustellen. Insbesondere kann das dargestellte Netzwerk einen oder mehrere Eingangsschließfluidkanäle **460**, die Eingangsschließfluidbohrung **416**, die Zwischenkammer **412**, die Ausgangsschließfluidbohrung **414**, die Querschließfluidbohrung **444**, die Schließfluidverbindungen **442** und **440** und die Schließfluidvorspannkammer **242** aufweisen.

[0168] Das Untersystem **1540** weist außerdem ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk auf, um das Barrierefluid vom Untersystem **1530** mit der Eingangskammer **420** und der Nut **180** zu verbinden. Das Verteilernetzwerk kann ähnlich dem oben in Verbindung mit dem Untersystem **530** beschriebenen Netzwerk sein. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk kann deshalb geeignete Barrierefluidkanäle aufweisen, mit denen das Barrierefluid vom Untersystem **1530** mit der Eingangskammer **420** und dem Barrierefluidvorspannsystem, d. h. der Axialbohrung **228** und der Nut **180**, verbunden ist. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk umfasst geeignete Bohrungen und/oder Kammern, die in der Stopfbuchse ausgebildet sind, einschließlich dem Barrierefluidkanal **446**, mit dem das Barrierefluid mit der Axialfluidbohrung **228** verbunden ist, die in dem stationären Dichtungsring und der Nut **180** ausgebildet ist.

[0169] Im Folgenden wird wiederum auf **Fig. 9B** Bezug genommen. Das bewegliche Ventil **408** ist alternativ zwischen der Öffnungsstellung und der Schließstellung durch die Fluide innerhalb der Eingangskammer **420** und der Ausgangskammer **410** beweglich. Wenn beispielsweise die Dichtung im Betrieb ist, dann wird das Barrierefluid von dem Untersystem

1530 unter Druck gesetzt und füllt die Eingangskammer **420**. Das Barrierefluid übt in Kombination mit der Feder **406** einen Druck auf eine Seite des beweglichen Ventils **408** aus, um das Ventil in eine seiner Stellungen zu überführen. Dieser Kraft wirkt die Schließkraft entgegen, die in die Ausgangskammer **410** eingeführt wird, wenn das Ventil in der Öffnungsstellung befindlich ist.

[0170] Wenn der Druck innerhalb der Eingangskammer **420** den Druck innerhalb der Ausgangskammer **410** übersteigt, dann spannt das Druckdifferential das Ventil **408** nach rechts aus der dargestellten Schließstellung in die Öffnungsstellung vor. Das Schließfluid aus der Fluidquelle tritt durch den Schließfluideingangskanal **460**, die Kammer **422** und die Eingangsschließfluidbohrung **416** in die Zwischenkammer **412** ein. Von dort strömt das Schließfluid durch die Ausgangsschließfluidbohrung **414** in die Querschließfluidbohrung **444**, die Kanalverbindung **442** und in den Schließfluidausgangskanal **440** und die Schließfluidkammer **242**. Die Schließfluidkammer ist auf der Rückseite des stationären Dichtungsringes **14** derart angeordnet, dass sie auf den stationären Dichtungsring in vorbestimmter Weise einwirkt. Beispielsweise kann der Schließfluidruck in der Axialkammer **242** so eingestellt werden, dass die Spreizung zwischen den Dichtungsflächen **18**, **20** der Dichtungsringe eingestellt wird. Das System **1500** regelt demgemäß den Dichtungsleckstrom, basierend auf einem oder mehreren Dichtungsfluiddrücken.

[0171] Im Betrieb füllt sich die Eingangskammer **420** mit Barrierefluid, das durch das Untersystem **1530** unter Druck gesetzt wurde. Das Barrierefluid und die einstellbare Feder üben einen Druck auf die linke Seite des Ventils **408** von dem Eingangsdruck aus. Wenn der Druck in der Eingangskammer **420** den Druck in der Ausgangskammer **410** überschreitet, dann wird das Ventil **408** in die Öffnungsstellung vorgespannt. Wenn sich dieses Ventil in der Öffnungsstellung befindet, dann verbindet es strömungsmäßig die Schließfluidquelle mit der Ausgangsfluidbohrung **414** und der Zwischenkammer **412**. Die Schließkraft wird dann mit der Schließfluidkammer **242** verbunden und wirkt auf den stationären Dichtungsring in einer vorbestimmten Weise ein. Gleichzeitig füllt das Schließfluid in der Zwischenkammer **412** die Ausgangsschließfluidkammer **410** und übt einen Druck gegen die andere Seite, d. h. die rechte Seite des beweglichen Ventils **408** aus. Die durch das Schließfluid ausgeübte Kraft wirkt den Kräften entgegen die durch das Barrierefluid und die Feder **406** ausgeübt werden und spannt das bewegliche Ventil in seine Schließstellung zurück vor. Dabei wird die Schließfluidquelle von der Ausgangsschließfluidbohrung **414** abgesperrt. Insbesondere schließt das Flanschende des Ventils **408** die Bohrung **414** ab, um den Durchtritt von Schließfluid von der Zwischenkammer **412** nach dem übrigen Schließfluid-Verteilernetzwerk zu verhindern. Infolgedessen erzeugt das beschriebene Untersystem **1540** eine Schließfluidkraft, und diese

ist eine Funktion von kombiniertem Federdruck und Barrierefluiddruck.

[0172] Das dargestellte Untersystem **1540** wird vorzugsweise benutzt, um den Schließfluiddruck als Funktion von Barrierefluiddruck und Prozessfluiddruck einzustellen, d. h. zu erhöhen. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem regelt dadurch die Spaltdicke und den Leckstrom an den Dichtungsflächen. Das Untersystem **1540** kann in Verbindung mit dem ersten Untersystem **1530** benutzt werden, um ein vollständiges Fluidic-Dynamik-Druckregelsystem zu schaffen, das den Schließkraftdruck als Funktion des Barrierefluiddruckes regelt. Das Untersystem **1530** stellt den Barrierefluiddruck auf einen vorbestimmten Wert relativ zum Prozessfluiddruck und dem Federdruck ein und ist damit manuell einstellbar.

[0173] In **Fig. 9C** ist ein Entlüftungsuntersystem **1550** des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems gemäß der Erfindung dargestellt. Das Untersystem **1550** dient dazu, den Schließfluiddruck vom Regelsystem als Funktion des Barrierefluiddruckes zu entlüften. Gleiche Bezugszeichen entsprechen gleichen Teilen in der Figur. Das dargestellte Untersystem weist ein bewegliches Ventil **448** auf, das innerhalb der Stopfbuchsenkammer angeordnet ist. Die Kammer lagert die ringförmige Fluidleitung **441**, die in vorbestimmter Weise eingebohrt ist, um eine Verbindung zwischen den Druckkanälen und Bohrungen des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems und der mechanischen Dichtung herzustellen. Das Ventil **448** ist mit der Einstellfeder **406** gekoppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **404** angreift.

[0174] Das dargestellte Untersystem **1550** weist außerdem ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk auf, das Barrierefluid in die Eingangskammer **420** überführt, und es ist außerdem ein Schließfluid-Verteilernetzwerk vorgesehen, das in Fluidverbindung mit der Ausgangskammer **410** steht. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk ist ähnlich jenem, das oben beschrieben wurde. Das Schließfluid-Verteilernetzwerk enthält außerdem einen Entlüftungskanal **450**, der in selektiver Strömungsverbindung mit der Ausgangskammer **410** steht. Die Entlüftungsöffnung schafft die Möglichkeit, dass das dargestellte Rückkopplungsuntersystem **1550** Schließfluiddruck aus dem Untersystem als Funktion des Barrierefluiddruckes entlüftet.

[0175] Das bewegliche Ventil **448** kann abwechselnd zwischen einer Öffnungsstellung und einer Schließstellung durch den Barrierefluiddruck innerhalb der Eingangskammer **420** und dem Schließfluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** eingestellt werden. Im Betrieb der Dichtung wird das Barrierefluid-Verteilernetzwerk durch das Untersystem **1530** (**Fig. 9A**) unter Druck gesetzt, und die Eingangsbarrierefluidkammer **420** wird gefüllt. Das Barrierefluid und die Feder **406** üben einen Druck auf der einen Seite des beweglichen Ventils **448** aus und drü-

cken das Ventil in eine der Ventilstellungen. Die Summe dieser beiden Drücke bildet den Eingangsdruck innerhalb der Kammer **420**. Gleichzeitig steht das Schließfluid in dem Schließfluid-Verteilernetzwerk auf einem gegebenen Druck. Das Schließfluid von der Schließfluidquelle tritt in die Ausgangsschließfluidkammer **410** ein und übt einen Druck auf die andere Seite, d. h. die rechte Seite des Ventils **448** aus, um den Auslassdruck in der Kammer **410** zu erzeugen. Wenn der Schließfluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** kleiner ist als der kombinierte Druck in der Einlasskammer **420**, dann wird das bewegliche Ventil in die dargestellte Schließstellung überführt. Diese Druckanordnung verhindert ein Ablassen des Schließfluiddruckes aus dem Schließfluid-Verteilernetzwerk. Infolgedessen wird durch das Regelsystem der Anteil des Schließkraftdruckes nicht durch Entlüftung über den Auslass **450** vermindert.

[0176] Wenn der durch das Schließfluid in der Kammer **410** ausgeübte Druck größer ist als die Summe der Drücke von Barrierefluid und einstellbarer Feder **406**, dann spannt die Druckdifferenz das Ventil **448** aus der Schließstellung nach rechts in die Öffnungsstellung vor. Dadurch kann das Schließfluid-Verteilernetzwerk Schließfluid nach dem Auslasskanal **450** in der Stopfbuchse **30** überführen. Das Schließfluidnetzwerk entlüftet Schließfluid in der Schließfluidkammer **242** und der Ausgangskammer **410** von der Dichtung. Das Untersystem **1550** überträgt Schließfluid in den Schließfluidkanälen **440**, **442** und **444** mit der Ausgangskammer **410**. Die Versetzung des beweglichen Ventils **448** in die Öffnungsstellung ermöglicht es dem Schließfluid, innerhalb der Kammer **410** durch den Entlüftungskanal **450** zu strömen. Diese Entlüftung des Schließfluids durch das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem ermöglicht eine Einstellung der Schließkraft, die der stationären Dichtung zugeführt wird. Wenn der Barrierefluiddruck abfällt, der dem abfallenden Prozessdruck entsprechen kann, dann braucht gemäß einer Praxis der Schließfluiddruck nicht eingestellt zu werden, um zu verhindern, dass das Schließfluidvorspannnetzwerk die Dichtungsflächen in Berührung miteinander bringt.

[0177] Wenn das System **1550** Schließfluid zurückführt, dann fällt der Schließfluiddruck innerhalb der Kammer **410** ab, bis er allgemein gleich wird der Summe von Barrierefluiddruck und einstellbarem Federdruck. Wenn dies geschieht, dann spannen die Systemdrücke das bewegliche Ventil **448** in die Schließstellung vor, um eine Fluidverbindung zwischen dem Entlüftungskanal **450** und dem übrigen Schließfluid-Verteilernetzwerk aufrecht zu erhalten.

[0178] Die obigen Untersysteme **1530**, **1540** und **1550** werden vorzugsweise zusammen benutzt und in der Stopfbuchse **30** der mechanischen Dichtung eingebaut. In Kombination bilden die Untersysteme ein vollständiges Fluidic-Druck-Rückkopplungssystem **1500**, das einen oder mehrere Drücke der mechanischen Dichtung als Funktion eines Dichtungsdruckes oder mehrerer Dichtungsdrücke regelt.

[0179] Die **Fig. 14A** und **14B** sind schematische Ablaufdiagramme der Betriebsmethodologie der Untersysteme **1530**, **1540** und **1550** gemäß **Fig. 9A** bis **9C**. Diese drei Prozesse, die in diesen Figuren beschrieben sind, sind sämtlich kontinuierliche Prozesse und sie können parallel zueinander gleichzeitig oder aufeinanderfolgend benutzt werden.

[0180] **Fig. 14A** veranschaulicht das Verfahren der Einstellung eines ersten Zwischendruckfluiddruckes auf einem Wert relativ zum Prozessdruck. Im Schritt **810** wird das Prozessfluid in das Prozessfluid-Verteilernetzwerk eingeführt. Insbesondere wird Prozessfluid in die Eingangskammer **420** von der Prozessfluidkammer über den Prozessfluidkanal **421** eingeführt. Der Prozessfluiddruck innerhalb der Eingangskammer **420** bildet zusammen mit der Kraft, die durch die einstellbare Feder **406** erzeugt wird, den Eingangsdruck des Untersystems **1530**. Die Barrierefluidquelle führt Barrierefluid in die Dichtung ein und erzeugt den gewählten Zwischenfluiddruck in der Ausgangsfluidkammer **410**. In den Schritten **820** und **830** wird der Eingangsdruck mit dem Zwischenfluiddruck in der Ausgangsfluidkammer **410** verglichen. Wenn der Zwischenfluiddruck größer oder gleich dem Druck in der Eingangskammer **420** ist, dann stellt das Druckregelundersystem das Ventil in die Schließstellung oder hält es in dieser, und das Fluidic-System überwacht weiterhin Änderungen dieses Druckausgleiches. Dies wird durch den Rückkopplungsschritt **835** demonstriert. Wenn der Zwischenfluiddruck niedriger ist als die Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck in der Kammer **420**, dann wird im Schritt **840** das bewegliche Ventil **408** in die Öffnungsstellung vorgespannt, um die Barrierefluidquelle mit dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk zu verbinden. Die Quelle leitet Barrierefluid nach dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk, wie im Schritt **850** dargestellt. Insbesondere wird von der Quelle Barrierefluid der Ausgangskammer über die Eingangsbarrierefluidbohrung **416** und die Axialbohrung **228** und die Nut **180** über den Ausgangsbarrierekanal **402** zugeführt.

[0181] In den Schritten **860** und **870** wird der Zwischenbarrierefluiddruck in der Ausgangskammer **410** wiederum mit dem Fluidruck innerhalb der Eingangskammer **420** verglichen. Wenn der Fluidruck in der Ausgangskammer **410** kleiner ist als der Druck innerhalb der Eingangskammer **420**, dann wird das Ventil in der Öffnungsstellung gehalten oder in dieser vorgespannt und das Barrierefluid wird kontinuierlich dem Barrierefluidnetzwerk zugeführt. Dies ist im Rückkopplungsschritt **875** dargestellt. Wenn der Zwischenbarrierefluiddruck größer ist als der Druck in der Eingangskammer **420**, dann wird das bewegliche Ventil **408** in die Schließstellung vorgespannt, um das Barrierefluid-Verteilernetzwerk von der Fluidquelle zu trennen.

[0182] **Fig. 14B** veranschaulicht das Verfahren der Einstellung des Schließfluids auf einen gewählten Wert relativ zum Druckdifferential zwischen dem Bar-

rierefluidruck und dem Prozessfluidruck, wie dies oben unter Bezugnahme auf das Untersystem **1530** beschrieben wurde. Dies wird erreicht, indem entweder Schließfluid zugeführt oder Schließfluid aus dem Schließfluid-Verteilernetzwerk abgelassen wird. Gemäß dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Schließfluidquelle die gleiche wie die Barrierefluidquelle. Das dargestellte Ablaufdiagramm zeigt die Arbeitsweise der Untersysteme **1540** und **1550** und des Fluidic-Rückkopplungs-Druckgegelsystems **1500**.

[0183] In den Schritten **970** und **980** werden Fluidruck und Federdruck innerhalb der Eingangskammer **420** mit dem Schließfluidruck innerhalb der Ausgangskammer **410** verglichen. Wenn der Schließfluidruck innerhalb der Ausgangskammer **410** kleiner ist als die Summe von Barrierefluidruck und Federdruck, dann wird das Ventil nach rechts in die Öffnungsstellung vorgespannt, um die Schließfluidquelle mit dem Schließfluid-Verteilernetzwerk zu verbinden, wie dies im Schritt **990** dargestellt ist. Das Schließfluid, das dem System zugeführt wird, strömt von der Zwischenkammer **412** nach der Ausgangschließfluidbohrung **414**, dem Querkanal **444**, der Kanalverbindung **442** und dem Schließfluidkanal **440** und nach der Schließfluidkammer **242**. Im Schritt **1000** wird Fluid dem Schließfluid-Verteilernetzwerk zugeführt, und im Schritt **1010** wird der Schließfluidruck mit dem Druck innerhalb der Eingangskammer **420** verglichen. Wenn der Schließfluidruck kleiner ist als der Eingangsdruck, wird Schließfluid kontinuierlich dem Schließkraftfluid-Verteilernetzwerk zugeführt, wie dies durch den Rückkopplungsschritt **1025** dargestellt ist. Wenn der Schließfluidruck größer oder gleich dem Barrierefluidruck plus zweitem Federdruck ist, dann wird, wie im Schritt **1030** dargestellt, das bewegliche Ventil **408** nach links in die dargestellte Schließstellung vorgespannt, um das Schließfluid-Verteilernetzwerk von der Schließfluidquelle abzusperren. Das System kehrt dann in den Betriebszustand zurück, in dem die Systemdrücke vom Schritt **970** überwacht werden, wie dies im Rückkopplungsschritt **1035** dargestellt ist.

[0184] Nun wird wiederum auf Schritt **980** Bezug genommen. Wenn der Schließfluidruck innerhalb der Eingangskammer **420** größer ist als die Summe von Prozessfluidruck und Federdruck, dann benutzt das Fluidic-Rückkopplungssystem das Untersystem **1550**, um selektiv Schließfluid aus dem System zu entlüften. Wie im Schritt **1040** beschrieben, wird das bewegliche Ventil **448** in die Öffnungsstellung vorgespannt, um das Schließfluid-Verteilernetzwerk mit der Schließfluidentlüftungsöffnung **450** zu verbinden. Dies geschieht, da der Druck innerhalb der Eingangskammer **420** niedriger ist als der Druck in der Ausgangskammer. Das resultierende Druckdifferential spannt das Ventil **448** von der Schließstellung in die Öffnungsstellung vor. Das System entlüftet Schließfluid aus dem System **1500**, um zu vermeiden, dass die Dichtungsstirnflächen innerhalb eines gewählten Abstandes voneinander gedrückt werden und insbe-

sondere, um zu vermeiden, dass die Dichtungsstirnflächen in Berührung miteinander kommen.

[0185] Im Schritt **1050** wird das Schließfluid aus dem Schließfluid-Verteilernetzwerk entfernt, und im Schritt **1060** wird der Barrierefluiddruck innerhalb der Eingangskammer **420** mit dem Druck in der Ausgangskammer **410** verglichen. Wenn der Schließfluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** größer ist als die Summe von Barrierefluiddruck und dem zweiten Federdruck, dann wird das Fluid weiter aus dem Schließfluid-Verteilernetzwerk entfernt, wie dies durch den Rückkopplungsschritt **1075** dargestellt ist. Wenn der Schließfluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** kleiner ist als der Gesamteinlassdruck oder gleich ist dem Gesamteinlassdruck, dann wird, wie im Schritt **1080** angegeben, das bewegliche Ventil **448** in die Schließstellung vorgespannt, um die Schließfluidentlüftungsöffnung von dem Schließfluid-Verteilernetzwerk abzusperren. Das System kehrt dann in den Zustand zurück, in dem die Systemdrücke überwacht werden (Schritt **970**), wie dies im Rückkopplungsschritt **1085** angedeutet ist.

[0186] Der Fachmann erkennt, dass die Federspannung im Betrieb in gewisser Weise eingestellt werden kann. Insbesondere können die Einstellpunkte für das Untersystem **1540** und **1550** in einem gewählten gegenseitigen Abstand angeordnet werden, um eine Zone oder einen Bereich zu schaffen, wo keine Aktion (z. B. Ventilbewegung) stattfindet. Beispielsweise ist der Einstellpunkt zum Hinzufügen von Schließfluid nach dem System niedriger als der Einstellpunkt, um entweder das Einführen des Schließfluids zu verhindern oder Schließfluid vom System zu entlüften. Solange der Prozessfluiddruck stabil ist, wird demgemäß der eingestellte Bereich so gewählt, dass nichts geschieht.

[0187] Die **Fig. 10A** und **10B** veranschaulichen ein weiteres Ausführungsbeispiel des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems nach der Erfindung. Das dargestellte Regelsystem **715** benutzt eine Membran **702** als bewegliches Ventil. Das System benutzt außerdem vorzugsweise zwei Untersysteme, nämlich ein Untersystem **717**, das Kanäle **703** und **706** benutzt und ein Untersystem **719**, das Kanäle **704** und **708** benutzt. Das Untersystem **717** baut vorzugsweise den Eingangsbarrierefluiddruck mit einem gewählten Wert relativ zum Prozessfluiddruck auf einen gewählten Wert auf, entsprechend der Feder **406**. Das Untersystem **719** arbeitet vorzugsweise so, dass entweder Schließfluid zugesetzt wird oder Schließfluid vom System entlüftet wird. Die Arbeitsweise und Funktion des dargestellten Druckregelsystems **715** ist ähnlich dem Rückkopplungsregelsystem der Ausführungsbeispiele gemäß **Fig. 4** bis **Fig. 6B** und **9A** bis **9C**. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen in diesen Figuren gleiche Teile.

[0188] Die Stopfbuchse **30** ist so angebohrt, dass zwei Kammern **407A** und **407B** geschaffen werden, die axial im Abstand längs der Achse **727** voneinander distanziert sind. Die Kammern stehen selektiv in

Fluidverbindung miteinander. Die Membran **702** ist so bemessen und dimensioniert, dass sie innerhalb der Kammer **407A** angeordnet werden kann und sie teilt die Kammer in eine Eingangsfluidkammer **420** und eine Ausgangsfluidkammer **410**. Die Membran **700** weist einen Balgabschnitt **702A** und einen axial verlaufenden Spindelabschnitt **702B** auf, der eine zentrale Bohrung **702C** aufweist, die nach beiden Enden offen ist.

[0189] Die dargestellte Membran **702** ist mit einer Feder **406** gekoppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **404** festgelegt ist. Die Schraube **404** weist einen Kopfabschnitt **404A** auf, der längs der inneren Oberfläche der Stopfbuchse begrenzt zugänglich angeordnet ist. Ein O-Ring **405** ist über dem Kopf **404A** in einer Nut angeordnet, um eine Fluidichtung zwischen der äußeren Umgebung und der Kammer **407A** herzustellen. Durch die Schraube kann die Spannung der Feder variabel eingestellt werden, um entweder die Spannung zu erhöhen oder zu vermindern, und deshalb kann der resultierende Druck der Feder eingestellt werden, wodurch gleichzeitig der Druck innerhalb der Eingangskammer **420** eingestellt wird. Die Schraube **404** und die Feder **406** wirken demgemäß in Kombination miteinander, um den anfänglichen oder den eingestellten Druckpunkt in dem dargestellten Druckregelsystem **715** festzulegen. Die begrenzt zugängliche Stelle der Schraube verhindert, dass eine Bedienungsperson die Federspannung verstellt, die auf eine gewählte Spannung fabrikatorisch eingestellt ist. Der Fachmann erkennt auch, dass die manuell einstellbare Schraube **404** längs der äußeren Oberfläche der Stopfbuchse angeordnet sein kann.

[0190] Die Schraube **404** und die Feder **406** erstrecken sich in die Eingangsfluidkammer **420** von der inneren Oberfläche der Stopfbuchse **30** aus. Die Eingangsfluidkammer **420** steht mit einem Prozessfluid-Verteilernetzwerk in Verbindung, damit das Prozessfluid der Dichtung hiermit in Verbindung stehen kann. Das Prozessfluid-Verteilernetzwerk des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems kann geeignete Prozessfluidkammern in der mechanischen Dichtung oder um diese herum aufweisen, wie beispielsweise eine Prozessfluidkammer **300** und einen Eingangsprozessfluidkanal **703**, der das Prozessfluid von der Kammer **300** mit der Eingangsfluidkammer **420** verbindet. Für den Fachmann ist es klar, dass das Prozessfluid-Verteilernetzwerk jene Ansammlung innerer Bohrungen und Kanäle aufweisen kann, die innerhalb der Stopfbuchse liegen, damit das Prozessfluid mit dem beweglichen Ventil wählbar in Verbindung steht. Das Regelsystem kann auch Kupplungen außerhalb der Stopfbuchse aufweisen, um Systemfluide mit jeweiligen Abschnitten oder Komponenten des Systems zu verbinden. Beispielsweise können äußere Fluidleitungen mit der Stopfbuchse verbunden werden, um Prozessfluid vom Fluidgehäuse nach der Eingangsprozessfluidbohrung **703** zu überführen. Gemäß einem abgewandelten Ausführungs-

beispiel kann die Stopfbuchse innen ausgebohrt sein, damit Prozessfluid mit der Prozessfluidbohrung vollständig innerhalb der Stopfbuchse in Verbindung stehen kann ohne Benutzung äußerer Fluidkupplungen.

[0191] Nunmehr wird wieder auf **Fig. 10A** Bezug genommen. Die Stopfbuchsenkammer **407B** ist axial vor der Kammer **407A** längs der Achse **727** angeordnet und öffnet sich vorzugsweise nach der äußeren Oberfläche **30B** der Stopfbuchse. Die Kammer steht weiterhin auf einer Seite mit dem Eingangsfluidzuführungskanal **234** in Verbindung. Die Kammer **407B** lagert einen aus Schraube und Feder bestehenden Aufbau **728**. Der dargestellte Aufbau **728** weist eine Schraube **731** auf, die die Kammeröffnung bedeckt und gegen die äußere Oberfläche der Stopfbuchse sitzt. Die Schraube hat einen Kopfteil **731A** und einen axial nach innen stehenden Körperteil **731B**. Die Unterseite des Kopfes **731A** lagert einen O-Ring **733** in einer entsprechenden Nut, um eine Fluiddichtung zwischen der Schraube und der Kammer **407B** herzustellen. Der Körperteil **731B** der Schraube besitzt eine Bohrung, die ein Ende einer Feder **714** aufnimmt, deren anderes Ende mit einer axial innen montierten Zwischenplatte **712** in Verbindung steht. Das Federende, das dem Schraubenkopf gegenüberliegt, ist in einer Öffnung montiert, die in der Platte ausgeformt ist. Die gegenüberliegende Seite oder die Rückseite der Platte **712** ruht auf einem elastomeren Körper **721**, der selektiv in einem Sitz **716** ruht, der zwischen den Kammern **407A** und **407B** ausgebildet ist. Die Platte **712** kann alternativ zwischen der Öffnungsstellung und der Schließstellung durch gewählte Fluidkräfte und mechanische Kräfte verstellt werden. Wenn der Aufbau **728** in der dargestellten Schließstellung befindlich ist, dann greift der elastomere Körper **721** am Lagersitz **716** an, um die Kammer **407B** von der äußeren Kammer **410** abzusperren. Wenn der Aufbau **728** in der Öffnungsstellung befindlich ist, dann kommt der elastomere Körper **721** von dem Sitz **716** frei, so dass das Fluid von der Quelle durch die Kammer **407B** in die Ausgangskammer **410** strömen kann.

[0192] Nunmehr wird weiter auf **Fig. 10B** Bezug genommen. Die axiale Spindel **702B** hat ein äußeres Ende, das in einer geschlossenen Position gegen den elastomeren Körper **721** ruht. Wenn in Öffnungsstellung befindlich, dann kommt die Spindel von dem elastomeren Körper **721** frei, so dass die Ausgangskammer **410** mit der Eingangskammer **420** über die zentrale Bohrung **702C** der Spindel in Verbindung steht.

[0193] Bei dem zuerst veranschaulichten Untersystem **717** ist die Eingangsfluidkammer **420** strömungsmäßig mit dem Prozessfluid-Verteilernetzwerk verbunden, und insbesondere ist es mit der Prozessfluidkammer **300** über die Prozessfluidbohrung **703** verbunden. Die Ausgangsfluidkammer **410** ist strömungsmäßig mit dem Fluidverteilternetzwerk über die Barrierefluidbohrung **706** und die Bohrung **228** und

die Nut **180** verbunden. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem gemäß der Erfindung umfasst ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk, das das Barrierefluid von einer Barrierefluidquelle nach der Membran und/oder dem Barrierefluidvorspannnetzwerk strömungsmäßig verbindet. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk umfasst vorzugsweise geeignete Bohrungen und/oder Kammern innerhalb der Stopfbuchse, die Barrierefluid von der Fluidquelle nach der mechanischen Dichtung und in gleicher Weise nach dem vorbeschriebenen Verteilernetzwerk leiten. Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel umfasst der Barrierefluideingang einen Kanal **234**, eine Kammer **407B**, den Kanal, der um die Spindel **702B** ausgebildet ist, die Ausgangskammer **410** und den Ausgangsbarrierefluidkanal und wahlweise jene Komponenten des Barrierefluidvorspannsystems der mechanischen Dichtung. Beispielsweise umfasst das Barrierefluidvorspannsystem die axiale Fluidbohrung **228**, die im stationären Dichtungsring ausgebildet ist und die Nut **180**.

[0194] Im Betrieb steht das Prozessfluid von dem Fluidgehäuse mit der Eingangskammer **407** über den Eingangsprozessdruckkanal **703** und irgendwelche weiteren Kanäle innerhalb der Dichtung und/oder innerhalb der Stopfbuchse in Verbindung, die es dem Prozessfluid ermöglichen, nach der Eingangskammer **420** zu gelangen. Das Prozessfluid steht auf einem gegebenen Betriebsdruck. Das Prozessfluid in der Eingangsfluidkammer **420** übt einen Druck auf die Eingangsseite, d. h. die linke Seite der Membran **702** aus. Zusätzlich übt die einstellbare Feder **406** einen Druck auf die Membran **702** aus. Die Kombination dieser beiden Kräfte oder Drücke bildet den Eingangsdruck, der eine anfängliche axiale Eingangskraft erzeugt, die die Membran nach rechts vorspannt.

[0195] Das Barrierefluid von der Barrierefluidquelle (nicht dargestellt) wird dem Regelsystem **715** und der mechanischen Dichtung über das Barrierefluid-Verteilernetzwerk zugeführt. Gemäß einer Praxis wird das Barrierefluid von der Barrierefluidquelle selektiv dem Eingangszuführungskanal **234** und der Kammer **407B** zugeführt. Die Position der Platte **712** und des elastomeren Körpers **721** bestimmt, ob das Barrierefluid in die Ausgangskammer **410** eingeführt wird. Das Barrierefluid, das nunmehr in der Ausgangsfluidkammer **410** befindlich ist, übt eine entgegengesetzte und axial nach innen gerichtete Kraft gegen die rechte Seite der Membran **702** aus, um den Ausgangsdruck zu erzeugen.

[0196] Wenn der Eingangsdruck, der durch das Prozessfluid und die Feder **406** ausgeübt wird, größer ist als der Barrierefluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410**, bewegt sich die Membran **702** nach rechts und die Spindel **702B** erfasst den elastomeren Körper **721**. Wenn das Druckdifferential zwischen der Eingangskammer und der Ausgangskammer groß genug ist, dann verschiebt die Spindel den elastomeren Körper **721** von dem Sitz **716** weg. Dadurch wird

die Platte **712** in eine Öffnungsstellung überführt, um die Fluidquelle und die Kammer **407B** mit der Eingangskammer **410** zu verbinden. Das Barrierefluid strömt dann von dort nach dem Ausgangsbarrierefluidkanal **706** und in die Axialbohrung **228** und die Nut **180** ein.

[0197] Wenn sich das Barrierefluid-Verteilernetzwerk mit Barrierefluid aus der Quelle füllt, dann übt der Barrierefluidruck in der Ausgangsfluidkammer **410** zunehmend einen Druck auf die Membran **702** aus, um diese in Gegenrichtung zu drücken. Wenn der Barrierefluidruck innerhalb der Ausgangskammer **410** die Summe der Drücke überschreitet, die durch das Prozessfluid und die einstellbare Feder **406** ausgeübt werden, dann wird die Membran **702** nach links bewegt. Die Feder **714** und die Platte **712** drücken in Kombination mit dem Barrierefluidruck innerhalb der Ausgangskammer **410** den elastomeren Körper **721** zurück auf den Sitz **716**. Diese bewegen den Kranz zurück in eine Schließstellung, um die Fluidzufuhr von der Ausgangskammer **410** abzusperren. Das Barrierefluid innerhalb des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **715** wird daher unter einen Druck gesetzt, der gleich ungefähr der Summe von Prozessdruck und wählbarem Druck der Feder **406** ist. Daher wird das Barrierefluid innerhalb der Ausgangskammer **410** auf einen Druckwert angehoben, der über dem Druck des Prozessfluids steht, und zwar um einen Betrag, der der Spannung oder dem Druck der Feder **406** entspricht. Zusätzlich zeigt die Notwendigkeit eines Ansteigens des Barrierefluiddruckes innerhalb der Ausgangskammer **410** allgemein einen niedrigen Barrieredruck an den Dichtungsoberflächen an, und so droht eine Berührung der Dichtungsstirnflächen. Ein Zusatz von Barrierefluid nach den Dichtungsflächen über die Axialbohrung **228** und die Nut **180** setzt den Spalt an den Dichtungsflächen unter Druck und trennt diese Dichtungsstirnflächen voneinander.

[0198] Wenn der Druck innerhalb der Eingangskammer **420** derart absinkt, dass der Druck innerhalb der Eingangskammer **420** niedriger ist als der Druck in der Ausgangskammer, dann bewirkt das System eine Kompensation durch Ausgleich der Drücke innerhalb der beiden Kammern (wie dies in **Fig. 1B** dargestellt ist). Der höhere Druck innerhalb der Ausgangskammer erzeugt ein Druckdifferential, das die Membran **702** nach links vorspannt. Diese Bewegung kann die Spindel **702B** aus ihrem Passeingriff mit dem elastomeren Körper **721** trennen, so dass die Ausgangskammer **410** strömungsmäßig mit der Eingangskammer **420** über die Spindelbohrung **702C** verbunden wird. Der höhere Barrierefluidruck innerhalb der Ausgangskammer **410** drückt das Fluid aus der Ausgangskammer durch die Bohrung und in die Eingangskammer **420**, wie dies durch die ausgezogenen Pfeile **729** dargestellt ist. Dies geschieht, bis die Drücke innerhalb der beiden Kammern derart sind, dass die Spindel **702B** wieder an dem elastomeren Körper **721** angreift, um die Fluidverbindung zwi-

schen Eingangskammer und Ausgangskammer zu unterbrechen.

[0199] Im Folgenden wird wiederum auf **Fig. 10A** Bezug genommen. In dem zweiten Untersystem **719** ist die Eingangskammer **420** strömungsmäßig mit dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk verbunden, und sie ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel mit der Bohrung **228** und der Nut **180** über die Ausgangsfluidbohrung **708** verbunden. Die Ausgangsfluidkammer **410** ist strömungsmäßig an das Schließfluid-Verteilernetzwerk durch den Ausgangsschließfluidkanal **704** verbunden. Das Untersystem **719** kann ein getrenntes System sein, das innerhalb der Stopfbuchse angeordnet ist. Gemäß der zeichnerischen Darstellung ist es jedoch über das Untersystem **717** gefügt, damit dies besser verständlich wird. Die übrigen Komponenten und die Arbeitsweise des Untersystems **719** sind im Wesentlichen gleich, wie dies in Verbindung mit dem Untersystem **717** beschrieben wurde.

[0200] Im Betrieb füllt Barrierefluid vom Barrierefluid-Verteilernetzwerk die Eingangskammer **420** und übt einen Druck gegen die Membran **702** von der linken Seite der Membran auf diese aus. Die einstellbare Feder **406** übt ebenfalls einen Druck gegen die linke Seite der Membran **702** aus, und die Summe dieser beiden Drücke definiert den Eingangskammerdruck des Untersystems **719**. Das Schließfluid-Verteilernetzwerk setzt die Ausgangskammer **410** mit Schließfluid von einer Schließfluidquelle (nicht dargestellt) unter Druck und steht in Fluidverbindung mit dem stationären Dichtungsring **14** über den Ausgangsfluidkanal **704** und die Schließfluidkammer **242**. Das Schließfluid-Verteilernetzwerk übt einen Druck gegen die rechte Seite der Membran **702** aus und definiert so in Verbindung mit dem aus Schraube und Feder bestehenden Aufbau **728** den Ausgangsdruck des Untersystems **719**. Das Schließfluid-Verteilernetzwerk spannt den stationären Dichtungsring relativ zu dem rotierenden Dichtungsring vor, um den Trennspalt zwischen den beiden Dichtungsstirnflächen einzustellen.

[0201] Wenn der Barrierefluidruck in der Eingangskammer **420** größer ist als der Druck innerhalb der Ausgangskammer **410**, dann hebt die Spindel **702B** den elastomeren Körper **721** von der Sitzfläche **716** ab und verbindet strömungsmäßig die Kammer **407B** mit der Ausgangskammer **410**. Die Schließfluidquelle führt Fluid in die Kammern **407B** und **410** ein, die dann in den Ausgangsschließfluidkanal **704** und die Schließfluidkammer **242** strömt. Die Bewegung des Schließfluids von der Ausgangskammer in die Schließfluidkammer **242** erhöht die axiale Schließkraft, die auf die Rückseite des stationären Dichtungsringes ausgeübt wird. Die erhöhte Schließkraft spannt den Stator nach dem Rotor vor, wodurch die Spaltweite zwischen den Dichtungsflächen verringert wird und dadurch der Dichtungsleckstrom abnimmt.

[0202] Wenn der Schließfluidruck innerhalb der Ausgangskammer **410** ansteigt, dann wird die Mem-

bran **702** nach links versetzt und der elastomere Körper **721** der Platte **712** greift an der Sitzfläche **716** an und verhindert eine weitere Strömungsverbindung zwischen der Kammer **407B** und der Ausgangskammer **410**. Wenn der Druck innerhalb der Ausgangskammer **410** den Druck innerhalb der Eingangskammer **420** übersteigt, dann bewegt der Schließfluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** die Membran **702** nach links. Diese Bewegung trennt die Spindel **702B** von dem elastomeren Körper **721**, wodurch die Ausgangskammer **410** strömungsmäßig mit der Eingangskammer **420** über die Spindelbohrung **702C** verbunden wird. Der höhere Schließfluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** drückt Fluid von der Ausgangskammer durch die Bohrung in die Eingangskammer **420**. Dies geschieht, bis der Druck in den beiden Kammern ausgeglichen ist und die Spindel **702B** wiederum an dem elastomeren Körper **721** angreift.

[0203] Die Fig. 15A und 15B beschreiben das Verfahren, mit dem das System unter Druck gesetzt und der Fluidruck in einer gewählten Kammer auf einem gewählten Wert relativ zu dem Druck innerhalb der Eingangskammer gehalten wird. Im Schritt **1100** führt das Prozessfluid-Verteilernetzwerk Prozessfluid in die Eingangskammer **420** und in Kombination mit dem Druck, der durch die Feder **406** ausgeübt wird, bildet sich der Eingangsdruck des Untersystems **717**. Dann wird die Ausgangskammer **410** mit Barrierefluid unter Druck gesetzt, das mit dem Barrierefluidvorspannsystem strömungsmäßig in Verbindung steht, wie dies oben beschrieben wurde. Der durch das Prozessfluid und die Feder in der Eingangskammer **420** erzeugte Druck wird dann mit dem Druck des Barrierefluids innerhalb der Ausgangskammer **410** verglichen. Wenn der Barrierefluidruck kleiner ist als der Druck innerhalb der Eingangskammer (dies geschieht z. B. wenn die Dichtungsflächen relativ dicht aneinander liegen), dann bewegt sich die Membran **702** nach rechts. Die Spindel **702B** drückt die Platte **712** nach rechts, wodurch die Barrierequelle **234** und die Kammer **407B** in Fluidverbindung mit der Ausgangskammer **410** gelangen. Das Barrierefluid strömt dann von der Ausgangskammer **410** durch den Ausgangsbarrierefluidkanal **706** in die Axialbohrung **228** und die Nut **180**. Das Barrierefluid setzt die Bohrung und die Nut unter Druck und bewirkt eine selektive Trennung der Dichtungsstirringflächen voneinander. Dies ist in den Schritten **1100** bis **1120** dargestellt.

[0204] Wie in den Schritten **1130** bis **1140** dargestellt, vergleicht das System **715** dann den Eingangsdruck mit dem Ausgangsdruck, und wenn der Barrierefluidruck immer noch kleiner ist als der Druck innerhalb der Eingangskammer **420**, dann führt das System weiter Barrierefluid ein. Wenn der Barrierefluidruck etwa gleich ist dem Eingangsdruck oder höher ist als dieser, dann bewegt sich die Membran nach links. Der aus Feder und Platte bestehende Aufbau, der in der Kammer **407B** angeordnet ist, spannt

dann den elastomeren Körper **721** auf die Dichtungsfläche **716** vor, um die Barrierefluidzufuhr aus der Ausgangskammer **410** abzusperren.

[0205] Nunmehr wird wiederum auf den Schritt **1100** Bezug genommen. Wenn der Barrierefluidruck größer ist als der Eingangsdruck, dann bewegt sich die Membran **702** nach links. In den Schritten **1145** und **1150** löst sich die Spindel **702B** von der Platte und der Sitzfläche und setzt die Zentralbohrung **702C** dem Eingangsdruck an einem Ende und dem Ausgangsdruck am anderen Ende aus. Das unter höherem Druck stehende Barrierefluid innerhalb der Ausgangskammer **410** strömt dann durch die Zentralbohrung **702C** in die Eingangskammer **420**. Dieses Verfahren setzt sich fort, bis der Druck in den beiden Kammern allgemein ausgeglichen ist. Dann bewegt sich die Membran **702** nach rechts, und die Spindel trifft den elastomeren Körper **721**, um die Fluidverbindung zwischen den beiden Kammern **410** und **420** abzusperren.

[0206] Fig. 15B beschreibt das Arbeitsverfahren des Untersystems **719** des Systems **715**. Nachdem das Barrierefluid in das Barrierefluid-Verteilernetzwerk eingeführt ist, bewirkt das Untersystem **719** eine Einführung des Barrierefluids in das Netzwerk. Das Barrierefluidvorspannsystem führt dann Barrierefluid in die Eingangskammer **420** durch den Eingangskammerkanal **708** ein. Das Barrierefluid füllt die Kammer und definiert in Kombination mit der Feder **406** einen Eingangsdruck auf der Eingangsseite der Membran **702**, wie dies im Schritt **1155** dargestellt ist. Es wird Schließfluid in das Schließkraftfluid-Verteilernetzwerk von einer Schließfluidquelle eingeführt. Bei dem dargestellten Untersystem **719** wirkt die Fluidquelle auch als Schließfluidquelle. Das Schließfluid, das in der Ausgangskammer **410** enthalten ist, definiert den Ausgangskammerdruck.

[0207] Im Schritt **1160** wird der Schließfluidruck oder der Auslassdruck innerhalb der Ausgangskammer **410** mit dem Eingangsdruck verglichen, und wenn der Schließkraftfluidruck kleiner ist als die Summe von Barrierefluidruck und einstellbarem Federdruck (wie im Schritt **1165** beschrieben), dann bewegt sich die Membran **702** nach rechts. Die Spindel **702B** hebt die Platte vom Sitz **716** ab. Dadurch wird die Schließfluidquelle in Strömungsverbindung mit der Ausgangskammer **410** gesetzt. Wie in den Schritten **1170** und **1175** beschrieben, wird das Schließfluid dem Schließkraftfluid-Verteilernetzwerk zugeführt und insbesondere der Ausgangskammer **410** und der Kammer **242**. Das Schließfluid innerhalb der zwei Kammern spannt den Stator nach dem Rotor vor, um die Spaltweite zwischen den Dichtungsstirningflächen einzustellen.

[0208] Im Schritt **1185** und **1187** wird die Membran in einer Stellung gehalten, in der das Schließfluid-Verteilernetzwerk mit der Schließfluidquelle in Verbindung steht, wenn der Schließfluidruck niedriger ist als die Summe von Barrierefluidruck und einstellbarem Federdruck. Wenn der Ausgangsdruck größer

ist als der Eingangsdruck, dann wird, wie aus Schritt **1190** ersichtlich, die Membran **702** nach links bewegt, um das Schließkraftfluid-Verteilernetzwerk von der Schließkraftfluidquelle abzusperren.

[0209] Es wird wiederum auf den Schritt **1165** Bezug genommen. Wenn der Ausgang oder der Schließfluiddruck größer ist als der Eingangsdruck, dann wird im Schritt **2000** die Membran nach links bewegt. Die Spindel **702B** wird von der Platte **712** getrennt, um strömungsmäßig die Ausgangskammer **410** mit der Eingangskammer über eine Entlüftungsöffnung, beispielsweise die Membranzentralöffnung **702C**, zu verbinden. Das Schließfluid wird aus dem Schließfluid-Verteilernetzwerk entfernt, wie dies in den Schritten **2005** und **2010** dargestellt ist, und der Ausgangsdruck in der Ausgangskammer wird wiederum mit dem Eingangsdruck verglichen. Die Abführung von Schließfluid aus dem Schließfluidnetzwerk vermindert die axiale Vorspannschließkraft auf den Stator. Der Stator kann, auf diese Weise an einer gewählten Stelle gehalten werden oder die Spaltweite kann aufgeweitet werden, um speziellen Dichtungsbetriebserfordernissen Rechnung zu tragen. Wenn der Dichtungsleckstrom niedrig ist, dann stellt das System den Schließfluiddruck innerhalb des Systems ein oder erhält diesen aufrecht, um zu verhindern, dass die Dichtungsstirnflächen in gegenseitige Berührung kommen.

[0210] Es wird auf die Schritte **2015** und **2025** Bezug genommen. Wenn der Schließfluiddruck größer ist als die Summe von Barrierefluiddruck und einstellbarem Federdruck, dann verbindet die Membran weiter das Schließfluid-Verteilernetzwerk mit der Fluidentlüftungsöffnung. Wenn der Ausgangsdruck niedriger ist als der Einlassdruck, dann wird, wie in Schritt **2020** dargestellt, die Membran **702** nach rechts gedrückt und die Spindel wird wieder auf die Platte **712** gesetzt. Durch diese Anordnung wird das Schließfluid-Verteilernetzwerk von der Fluidentlüftungsöffnung abgesperrt.

[0211] Das dargestellte Ausführungsbeispiel **715** arbeitet derart, dass dann, wenn ein Ansteigen des Prozessfluiddruckes oder des Barrierefluiddruckes erfolgt, der Schließdruck ansteigt. Dabei bewegt der erhöhte Prozessdruck die Membran nach rechts; um zusätzlich Barrierefluid dem System zuzuführen. Der erhöhte Barrierefluiddruck erzeugt ein Ansteigen des Eingangsdruckes im Untersystem **719**, wodurch die Membran in jenem Untersystem nach rechts vorgespannt wird. Dadurch wird die Schließfluidquelle mit dem Schließfluid-Verteilernetzwerk verbunden, und dies erhöht die Schließkraft, die dem Stator angelegt wird.

[0212] Wenn umgekehrt der Prozessfluiddruck oder der Barrierefluiddruck absinkt, dann wird das Barrierefluid in der Ausgangskammer des Untersystems **717** in die Eingangskammer entlüftet. Der Barrierefluiddruck innerhalb der Ausgangskammer **410** des Untersystems **719** fällt entsprechend. Der Eingangsdruck fällt unter den Ausgangsdruck und drückt die

Membran nach links. Das Schließfluid innerhalb des Schließfluidsystems wird durch die Mittelbohrung **702C** und in die Eingangskammer **420** entlüftet. Dies führt zu einem Abfallen des Schließfluiddruckes innerhalb der Schließfluidkammer **242** und zu einem entsprechenden Abfall der axialen Schließkraft, die auf den Stator ausgeübt wird. Dann wird der Spalt entweder vergrößert oder in einer gewählten Stellung gehalten.

[0213] Ein beträchtlicher Vorteil des dargestellten Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems besteht darin, dass ein im Wesentlichen vollständiges dynamisches Fluidrückkopplungssystem benutzt werden kann, um eine Steuerung oder Regelung des Druckes von einem Dichtungsfluid oder mehreren in gewählter Weise durchzuführen, um die Spaltweite zwischen den Dichtungsringen einzustellen und demgemäß den Leckstrom zu steuern. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem gemäß der Erfindung benutzt demgemäß einen Systemdruck, um den Leckstrom über die Dichtungsflächen zu steuern. Das dynamische System ermöglicht es, dass die Dichtung unter einem weiten Bereich von Betriebsbedingungen arbeitet, wobei gleichzeitig ein Rückkopplungssystem Anwendung findet, das kompakt ist und vorzugsweise vollständig innerhalb der Stopfbuchse der mechanischen Dichtung angeordnet ist.

[0214] Die **Fig. 16** veranschaulicht ein weiteres Ausführungsbeispiel eines Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **1300**, welches geeignet ist zur Benutzung in Verbindung mit der dargestellten konzentrischen Dichtung. Zahlreiche Dichtungskomponenten sind ähnlich jenen, die oben beschrieben wurden, und deshalb wurden gleiche Bezugszeichen angewandt. Demgemäß sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen in den **Fig. 16** und **17** dargestellt.

[0215] Das dargestellte Rückkopplungssystem **1300** wird vorzugsweise benutzt, um ein Systemfluid, basierend auf dem Druck eines anderen Systemfluids, zu regeln. Demgemäß wird anfänglich der Barrierefluiddruck auf einen gewählten Wert relativ zum Prozessdruck durch einen gewählten Wert entsprechend einem Federwert eingestellt. Der Barrierefluiddruck wird dann als Systemausgangsregelfluid benutzt, das als Systemfluidsensor wirkt, um selektiv ein Schließfluid dem System **400** hinzuzufügen. Das regulierte Schließfluid entspricht dem Schließfluid, welches in dem Schließfluidvorspannsystem enthalten ist, das oben beschrieben wurde.

[0216] Das dargestellte Rückkopplungssystem **1300** ist vorzugsweise so bemessen und dimensioniert, dass es innerhalb der inneren und äußeren Stopfbuchsenplatten **34** und **36** angeordnet werden kann. Das System ist mit der dargestellten Abdichtung gekuppelt. Der stationäre Dichtungsring **14** weist eine Axialbohrung **228** auf, die an einem Ende mit der stationären Dichtungsstirnfläche **18** und mit dem anderen Ende mit einer Barrierefluidquelle in Verbindung steht. Der rotierende Dichtungsring **16**

besitzt eine Pumpnut **180**, die darin ausgebildet ist und die direkt in Strömungsverbindung mit der Axialbohrung **228** steht. Die Nut und die Axialbohrung leiten ein Barrierefluid direkt auf die Dichtungsflächen, zwischen denen eine hydrodynamische Hubkraft erzeugt wird, die die Stirnflächen voneinander abhebt, um dazwischen einen Spalt zu bilden.

[0217] Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **1300** benutzt ein bewegliches Differentialdruckventil **408**, das innerhalb einer geeignet bemessenen Kammer innerhalb der Stopfbuchsen **34** und **36** angeordnet ist. Das bewegliche Ventil **408** kann in verschiedener Weise ausgebildet sein, und zwar beispielsweise, ohne hierauf beschränkt zu sein, als Spulenventil, als Wechselventil, als Tellerventil, als Nadelventil, als Membranventil, als Balgventil oder ähnliche bewegliche Ventile, die in der Lage sind, ein Druckfluid zu leiten oder abzusperren. Die Kammer lagert eine ringförmige Fluidleitung **414**, die in vorbestimmter Weise eingebohrt ist, um eine Verbindung zwischen den verschiedenen Druckkanälen und Bohrungen des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems herzustellen. Die dargestellte Fluidleitung **414** besitzt eine Mittelbohrung, die als Sitz für das bewegliche Ventil **408** dient. Die Bohrung ist etwas größer bemessen als der äußere Durchmesser des beweglichen Ventils, damit eine freie Axialbewegung des Ventils innerhalb der Bohrung zwischen der Öffnungsstellung und der Schließstellung stattfinden kann. Die Fluidleitung **414** weist mehrere radial verlaufende Fluidbohrungen **410** und **412** auf, um die Leitung selektiv mit einem speziellen Druckfluid der Stopfbuchsenkammer zu verbinden. Dichtungsstrukturen, beispielsweise O-Ringe **422** und **424**, sind innerhalb der Nuten angeordnet, die in der äußeren Oberfläche der Leitung ausgebildet sind, um eine Druckverbindung und eine Fluidverbindung zwischen den Innenwänden der Kammer und bestimmten Abschnitten der Fluidleitung **414** herzustellen.

[0218] Das bewegliche Ventil **408** teilt die Kammer in eine Eingangsfluidkammer **402** und eine Ausgangsfluidkammer **404**, wobei eine Zwischenkammer **413** zwischen den Flanschabschnitten des Ventils vorgesehen ist. Das Ventil **408** ist mit einer einstellbaren Feder **404** gekuppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **406** festgelegt ist. Die dargestellte einstellbare Schraube **406** ist an einer beschränkt zugänglichen Stelle angeordnet, um das Personal daran zu hindern, unerlaubte Eingriffe in die Federspannung gegenüber der fabrikatorisch voreingestellten Stellung vorzunehmen. Falls erforderlich, kann der Systemoperator die Federspannung einstellen, indem er die Schraube zugänglich macht und dann in vorbestimmter Weise dreht. Die Schraube **406** und die Feder **404** wirken so in Kombination, um einen Anfangsdruck oder einen eingestellten Druck für das dargestellte Druckregelungssystem **400** zu schaffen.

[0219] Die Schraube **406** und die Feder **404** erstrecken sich von der inneren Oberfläche der Stopfbuch-

se in die Eingangsfluidkammer **402**. Die Eingangsfluidkammer **402** kann mit einem Prozessfluid-Verteilernetzwerk in Verbindung stehen, damit Prozessfluid der Dichtung mit der Einlassregelkammer **402** in Verbindung steht. Das Prozessfluid-Verteilernetzwerk des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **400** kann unter anderen Strukturen geeignete Prozessfluidkammern aufweisen, die innerhalb oder außerhalb der mechanischen Dichtung angeordnet sind, wie z. B. eine Prozessfluidkammer **290** und eine Prozessfluidbohrung **421** (strichliert dargestellt), die das Prozessfluid von der Kammer **290** mit der Eingangsfluidkammer **402** verbinden. Der Fachmann erkennt, dass das Prozessfluid-Verteilernetzwerk jene Ansammlung innerer Bohrungen und Kanäle aufweisen kann, die innerhalb der Stopfbuchse angeordnet sind, damit das Prozessfluid, falls erforderlich, in vorbestimmter Weise mit dem beweglichen Ventil **408** zusammenwirken kann. Das Regelsystem kann auch Kupplungen außerhalb der Stopfbuchse aufweisen, um eine Verbindung der Systemfluide mit speziellen Teilen oder Komponenten des Systems herzustellen. Beispielsweise können die äußeren Fluidleitungen mit der Stopfbuchse verbunden werden, um das Prozessfluid von dem Fluidgehäuse nach der Eingangsprozessfluidbohrung **421** zu überführen.

[0220] Weiter wird auf **Fig. 16** Bezug genommen. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem **1300** kann auch ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk aufweisen, das das Barrierefluid von einer Hochdruckbarrierefluidquelle (nicht dargestellt) mit einer Fluidleitung **414** verbindet. Das Barrierefluid-Verteilernetzwerk kann geeignete Barrierefluidkanäle aufweisen, die das Barrierefluid von der Stopfbuchsenkammer nach einem anderen Teil der Dichtung gelangen lässt, einschließlich nach dem Barrierefluidvorspannsystem, d. h. der Axialbohrung **228** und der Nut **180** und mit anderen Rückkopplungssystemen, die innerhalb der Stopfbuchse angeordnet werden können und mit anderen Fluidkanälen und Bohrungen, beispielsweise einer Fluidzuführung **420** und Barrierekanälen **430**. Das bewegliche Ventil **408** definiert eine Zwischenkammer oder einen Kanal **413**, der mit einer Barrierefluidquelle über eine Eingangszuführungsbohrung **420** und eine Eingangskammerbohrung **410** in Verbindung stehen kann. Die Zwischenkammer **413** ist ebenso selektiv in Fluidverbindung mit dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk über die Ausgangsbarrierebohrungen **412** und **240**.

[0221] Im Betrieb steht das Prozessfluid vom Gehäuse **11** mit der Eingangskammer **402** über das Prozessfluid-Verteilernetzwerk in Verbindung. Gemäß einer Praxis wird das Prozessfluid von der Prozesskammer **290** nach der Eingangskammer **402** über die Eingangsprozessdruckbohrung **421** überführt. Das Prozessfluid steht unter einem gegebenen Betriebsdruck. Das Prozessfluid in der Eingangsfluidkammer **402** übt einen Druck auf die Eingangsseite, d. h. die linke Seite des beweglichen Ventils **408** aus. Außerdem übt die einstellbare Feder **404** einen Druck auf

das bewegliche Ventil **408** aus. Die Kombination dieser beiden Kräfte oder Drücke bildet einen Eingangsdruck, der eine anfängliche Eingangsaxialkraft ausübt, die das bewegliche Ventil **408** nach rechts vorspannt.

[0222] Die Barrierefluidquelle führt das Barrierefluid dem Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem und der mechanischen Dichtung über das Barrierefluid-Verteilernetzwerk zu. Das Barrierefluid von der Barrierefluidquelle wird selektiv über den Eingangszuführungskanal **420** der Eingangsbarrierebohrung **410** und der Zwischenkammer **413** zugeführt. Dann wird das Barrierefluid selektiv in die Ausgangskammer **404** eingeführt, indem selektiv das bewegliche Ventil **408** zwischen der Öffnungsstellung und der Schließstellung bewegt wird. Das Ventil **408** ist in Schließstellung dargestellt.

[0223] Das in der Ausgangsfluidkammer **404** befindliche Barrierefluid übt einen entgegengesetzten oder einen axial nach innen gerichteten Druck gegen die rechte Seite des beweglichen Ventils **408** aus, um einen Auslassdruck zu erzeugen. Wenn der Auslassdruck, der durch das Barrierefluid ausgeübt wird, kleiner ist als die Summe von Prozessfluiddruck und einstellbarem Federdruck, dann bewegt sich das Differentialdruckventil **408** nach rechts in die Öffnungsstellung. Dadurch wird die Zwischenkammer **413** mit der Ausgangsbarrierebohrung **412** in Verbindung gebracht, um einen Strömungspfad von der Barrierefluidquelle durch die Fluidzuführungsleitung nach der Ausgangsfluidleitung **412** zu schaffen. Das Barrierefluid strömt dann durch den Kanal **420** in die Axialbohrung **228** und demgemäß nach dem übrigen Barriereströmungsverteilungsnetz. Der Kanal **240** setzt die Schließkammer **280** unter Druck.

[0224] Wenn das Barrierefluid-Verteilernetzwerk sich aus der Zuführungsquelle mit Barrierefluid füllt, dann steigt der Barrierefluidruck in der Ausgangsfluidkammer **404** an, bis sich die Drücke ausgleichen oder die Summe der Drücke übersteigen, die durch das Prozessfluid und die einstellbare Feder **404** ausgeübt werden. Wenn dies geschieht, wird das Ventil **408** in die dargestellte Schließstellung überführt, um die Barrierefluidquelle von dem Ausgangsbarrierekanal **240** abzusperren. Das Barrierefluid innerhalb des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems wird daher auf einen Wert angehoben, der etwa gleich ist der Summe der Drücke, die von dem Prozessdruck und dem variablen Druck der Feder **406** ausgeübt werden.

[0225] Das dargestellte System **1300** kann weiter ein Untersystem aufweisen, um das Schließfluid von dem Schließfluidnetzwerk zu entlüften. Das Untersystem kann zum größten Teil die gleichen Komponenten wie das beschriebene Untersystem **400** aufweisen, mit Ausnahme der Prozessfluidbohrung **421** und der Barrierefluidbohrung **240**. Das Untersystem kann so zusammen oder in Kombination einen bestimmten Fluidruck steuern, der entweder direkt oder indirekt auf die Dichtungsstirnflächen **18** und **20**

wirkt. Das dargestellte Untersystem **400** kann auch benutzt werden, um selektiv eine Schließfluidquelle (nicht dargestellt) mit dem Schließkräftvorspannsystem der Dichtung unabhängig von dem Barrierefluidsystem zu verbinden. Das Schließfluidsystem übt eine Schließkraft auf die Rückseite der stationären Dichtung als Funktion des Druckes innerhalb des Barrierefluid-Verteilernetzwerks und/oder des Barrierefluidvorspannsystems aus, z. B. auf die Axialbohrung **228** und die Nut **180**.

[0226] Das Schließfluid-Verteilernetzwerk des Untersystems verbindet die Quelle von Schließfluid mit dem stationären Dichtungsring **14**. Das Schließfluidnetzwerk übt eine axiale Schließvorspannungskraft auf den Dichtungsring **14** aus, um die Trennung zwischen dem stationären und dem rotierenden Dichtungsring **14**, **16** einzustellen oder zu regeln. Das Schließfluid-Verteilernetzwerk kann irgendeine geeignete Anordnung und Zahl von Fluidleitungen und Bohrungen aufweisen, die das Fluid wenigstens einem der Dichtungsringe zuführen, um die Spreizung zwischen diesen Ringen einzustellen. Insbesondere kann das dargestellte Netzwerk einen oder mehrere der folgenden Kanäle aufweisen: Eingangsschließkraft-Zuführungskanal **420**, Eingangsschließfluidbohrung **410**, Zwischenkammer **413**, Ausgangsschließfluidbohrung **412**, Schließfluidkanal **240** und Schließfluidkammer **280**. In dem dargestellten System **1300** benutzen das Barrierefluidsystem und das Schließfluidverteilersystem zahlreiche der Kanäle oder Bohrungen gemeinsam. Infolgedessen kann eine bestimmte und systemkonforme Reihe von Strömungsverbindungskanälen benutzt werden, um gleichzeitig das Barrierefluidsystem und das Schließfluidnetzwerk mit Druck zu beaufschlagen. Gemäß einer bevorzugten Praxis kann das Schließfluid irgendein geeignetes Barrierefluid sein.

[0227] Fig. 17 veranschaulicht ein anderes Ausführungsbeispiel des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **1300** gemäß Fig. 16. Das dargestellte System **1400** benutzt eine Membran D als bewegliches Ventil. Gemäß einer Praxis bringt das System **401** vorzugsweise den Eingangsbarrierefluiddruck auf einen gewählten Wert relativ zum Prozessfluiddruck und dem Druck, der durch die Feder **554** ausgeübt wird, während gleichzeitig ein Schließfluid dem System zugeführt wird. Die Arbeitsweise und Funktion des veranschaulichten Systems ist ähnlich der Arbeitsweise des Rückkopplungsregelsystems **1300** gemäß Fig. 16. Gleiche Bezugszeichen sind daher für gleiche Teile in den Figuren benutzt.

[0228] Die Stopfbuchsenplatten **34** und **36** sind angebohrt, um zwei Kammern **470** und **471** zu bilden, die axial im Abstand zueinander liegen. Die Kammern sind selektiv in Fluidverbindung miteinander angeordnet. Die Membran D ist so bemessen und dimensioniert, dass sie innerhalb der Kammer **470** angeordnet werden kann und die Kammer in eine Eingangsfluidkammer **402** und eine Ausgangsfluidkammer **404** unterteilt. Die Membran D weist einen Bal-

gabschnitt **480** und eine axial verlaufende Spindel **481** auf, die eine Zentralbohrung besitzt, die an beiden Enden offen ist. Die dargestellte Membran **D** ist mit einer Feder **454** gekoppelt, von der ein Ende an einer manuell einstellbaren Schraube **456** befestigt ist. Die Schraube **456** weist einen Kopfabschnitt **456A** auf, der entlang der inneren Oberfläche der Stopfbuchse an einer beschränkt zugänglichen Stelle angeordnet ist. Ein O-Ring **457** lagert über dem Kopf **456A** in einer Nut, um eine Fluiddichtung zwischen der äußeren Umgebung und der Kammer **470** herzustellen. Die Schraube stellt variabel die Spannung der Feder ein, um entweder die Spannung zu erhöhen oder zu vermindern und um dadurch entweder den Druck der Feder zu vergrößern oder zu verkleinern, während gleichzeitig der Druck innerhalb der Eingangskammer **402** angehoben wird. Die Schraube **456** und die Feder **454** wirken so in Kombination, um die anfänglichen oder eingestellten Drücke in dem dargestellten Druckregeluntersystem **401** zu definieren. Die begrenzt zugängliche Stelle der Schraube verhindert, dass ein Systemoperator die Federspannung falsch einstellt, die fabrikatorisch vorher auf einen bestimmten Wert eingestellt ist. Der Fachmann erkennt, dass die manuell einstellbare Schraube **456** längs der äußeren Oberfläche der Stopfbuchse montiert sein kann.

[0229] Die Schraube **456** und die Feder **454** erstrecken sich in die Eingangsfluidkammer **402** von der axial inneren Oberfläche der innen Stopfbuchsenplatte **34** her. Die Eingangsfluidkammer **402** steht mit einem Prozessfluid-Verteilernetzwerk in Verbindung, damit Prozessfluid der Dichtung mit der Eingangskammer **402** in Verbindung stehen kann. Das Prozessfluid-Verteilernetzwerk des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems kann geeignete Prozessfluidkammern aufweisen, die innerhalb oder außerhalb der mechanischen Dichtung angeordnet sind. Beispielsweise kann eine Prozessfluidkammer **290** und ein strichliert dargestellter Prozessfluidkanal vorgesehen sein, die mit dem Prozessfluid aus der Kammer **290** und der Eingangsfluidkammer **402** in Verbindung stehen. Der Fachmann erkennt, dass das Prozessfluid-Verteilernetzwerk eine geeignete Ansammlung von inneren Bohrungen und Kanälen aufweisen kann, die innerhalb der Stopfbuchse angeordnet sind und die Möglichkeit schaffen, dass das Prozessfluid mit der Membran auf bestimmte Weise in Verbindung steht. Das Regelsystem kann außerdem Kupplungen außerhalb der Stopfbuchse aufweisen, die Systemfluide mit bestimmten Abschnitten oder Komponenten des Systems verbinden. Beispielsweise können äußere Fluidleitungen an die Stopfbuchse angeschlossen werden, um das Prozessfluid von dem Fluidgehäuse nach der Eingangsprozessfluidbohrung **462** zu übertragen. Gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel kann die Stopfbuchse innen ausgebohrt sein, damit das Prozessfluid in Verbindung mit der Prozessfluidbohrung vollständig innerhalb der Stopfbuchse liegen kann, ohne dass äußere

Fluidkupplungen erforderlich sind.

[0230] Die Kammer **471** ist axial außerhalb der Kammer **470** angeordnet. Die Kammer **471** steht außerdem mit einer Seite des Eingangsfluidzuführungskanals **420** in Verbindung. Die Kammer **471** lagert einen Federvorspannaufbau **469** mit einer Feder **472**, einer Zwischenplatte **473** mit U-förmigem Querschnitt und einem festen ringförmigen Dichtungsstopfen **474**. Ein Ende der Feder **472** sitzt im axial äußersten Abschnitt der Kammer **471** und das andere Ende sitzt in einer Ausnehmung, die in der Platte **473** ausgebildet ist. Die Zwischenplatte **473** besitzt eine Dichtungsfläche **473A**, die an einer Dichtungsfläche **475** anstößt, die an einem Ende des Dichtungsstopfens **474** angeordnet ist. Der Dichtungsstopfen **474** besitzt eine Ringnut, die einen O-Ring **476** lagert, der eine Fluiddichtung zwischen den Kammern **470** und **471** herstellt. Der Stopfen hat vorzugsweise einen Schulterabschnitt **477**, der in einer Passnut sitzt, welche in der Kammerwand ausgebildet ist, um starr und fest den Stopfen **474** zu halten. Der Stopfen besitzt eine Zentralbohrung **477**, die so bemessen ist, dass gleitbar ein Spindelabschnitt **481** der Membran **D** gelagert wird. Der Stopfen verhindert, dass Fluid, welches der Kammer **471** vom Fluidkanal **420** zugeführt wird, mit der Ausgangskammer **404** in Verbindung steht, wenn die Platte in inniger Berührung mit dem Sitz **475** steht.

[0231] Die dargestellte Zwischenplatte **473** ist abwechselnd durch gewählte Fluidkräfte und mechanische Kräfte zwischen einer Öffnungsstellung und einer Schließstellung beweglich. Wenn der Vorspannfederaufbau **469** in der dargestellten Schließstellung befindlich ist, dann berührt die Dichtungsoberfläche **473A** dichtend die Dichtungsoberfläche **475** des Stopfens **474**. In dieser Lage wird verhindert, dass Fluid in der Kammer **471** mit der Ausgangskammer **404** in Verbindung kommt. Wenn der Aufbau **469** in der Öffnungsstellung befindlich ist, dann liegt die Platte **473** axial im Abstand vom Stopfen **474** und ermöglicht eine Fluidströmung innerhalb der Kammer **471** durch die Zentralbohrung **477** in die Ausgangskammer **404**.

[0232] Es wird weiter auf **Fig. 17** Bezug genommen. Die axiale Spindel **481** besitzt ein äußeres Ende, das in Schließstellung gegen die Dichtungsoberfläche **473A** der Zwischenplatte **473** anliegt. In der Öffnungsstellung kommt die Spindel von der Dichtungsoberfläche **473A** frei, so dass Fluid in die Ausgangskammer **404** strömen kann, die mit der Kammer **402** über die Zentralbohrung der Spindel in Verbindung steht.

[0233] Bei dem dargestellten System **1400** ist die Eingangsfluidkammer **402** strömungsmäßig mit der Prozessfluidkammer **290** über eine Prozessfluidbohrung **462** verbunden. Die Ausgangsfluidkammer **404** ist strömungsmäßig mit dem Barrierefluid-Verteilernetzwerk verbunden und mit dem Schließfluidnetzwerk über die Fluidbohrung **240**. Das Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystem nach der Erfindung

umfasst ein Barrierefluid-Verteilernetzwerk, das das Barrierefluid von einer Hochdruckbarrierefluidquelle mit der Membran und/oder dem Barrierefluidvorspannnetzwerk verbindet. Außerdem umfasst das System ein Schließfluidnetzwerk, welches ein Schließfluid, beispielsweise ein Barrierefluid, mit der Schließfluidkammer **280** verbindet.

[0234] Im Betrieb gelangt das Prozessfluid vom Fluidgehäuse mit der Eingangskammer **402** über den Eingangsprozessdruckkanal **462** und irgendeinen geeignet ausgebildeten Kanal innerhalb der Dichtung und/oder der Stopfbuchse in Verbindung, wodurch die Möglichkeit geschaffen wird, dass das Prozessfluid in die Eingangskammer **402** eintritt. Das Prozessfluid steht unter einem gegebenen Betriebsdruck. Das Prozessfluid in der Eingangsfluidkammer **402** übt einen Druck auf die Innenseite, z. B. die linke Seite der Membran **D** aus. Außerdem übt die einstellbare Feder **454** einen Druck auf die Membran **D** aus. Die Kombination dieser beiden Druckkräfte bildet den Eingangsdruck, wodurch eine anfängliche Eingangsaxialkraft ausgeübt wird, die die Membran nach rechts vorspannt.

[0235] Das Barrierefluid von der Barriere/Schließfluidquelle (nicht dargestellt) wird dem Regelsystem **401** und der mechanischen Dichtung **16** über das Barrierefluid-Verteilernetzwerk zugeführt. Gemäß einer Praxis wird das Barrierefluid von der Barrierefluidquelle selektiv dem Rückkopplungssystem zugeführt und insbesondere der Ausgangskammer **404** über die Speisebohrung **420**. Infolgedessen bestimmt die Lage der Zwischenplatte **473**, ob Barrierefluid in die Ausgangskammer **404** eingeführt wird. Das Barrierefluid, das in der Ausgangsfluidkammer **404** angeordnet ist, übt einen entgegengesetzten axial nach innen gerichteten Druck gegen die rechte Seite der Membran **D** aus, um einen Ausgangsdruck zu erzeugen.

[0236] Wenn der Eingangsdruck, der durch das Prozessfluid und die Feder **406** ausgeübt wird, größer ist als der Ausgangsdruck innerhalb der Ausgangskammer **404**, dann bewegt sich die Membran **D** nach rechts und die Spindel **481** hebt die Plattenoberfläche **473A** von der Dichtungsfläche **475** ab. Die Fluidquelle führt Barrierefluid in die Kammer **471** ein, die dann durch die Zentralbohrung **477** des Stopfens **474** nach der Ausgangskammer **404** strömt. Das Barrierefluid tritt dann von dort in den Ausgangskanal **240** und in die Axialbohrung **228** und in die Kammer **280** ein.

[0237] Nunmehr wird wieder auf **Fig. 17** Bezug genommen. Wenn das Barrierefluid-Verteilernetzwerk sich mit Barrierefluid aus der Quelle füllt, dann übt der Barrierefluidruck in der Ausgangsfluidkammer **404** zunehmend einen Druck auf die Membran **D** aus, um diese in Gegenrichtung zu drücken, z. B. nach links. Wenn der Barrierefluidruck innerhalb der Ausgangskammer **404** etwa gleich der Summe der Drücke ist, die durch das Prozessfluid und die einstellbare Feder **454** ausgeübt werden, dann wird die Membran **D** nach links bewegt. Die Feder **472** und die Zwischen-

platte **473** drücken in Kombination mit dem Barrierefluiddruck innerhalb der Kammer **471** die Plattendichtungsfläche **473A** zurück in Berührung mit dem Sitz **475**, wodurch die Fluidzufuhr von der Ausgangskammer **404** abgesperrt wird. Das Barrierefluid innerhalb des Fluidic-Rückkopplungs-Druckregelsystems **1400** wird so auf einen Druckwert angehoben, der etwa gleich ist der Summe der Drücke, die durch den Prozessdruck und den wählbaren Druck der Feder **454** ausgeübt werden. Demgemäß wird das Barrierefluid innerhalb der Ausgangskammer **404** auf einen Druckwert angehoben, der über dem Druck des Prozessfluids liegt, und zwar mit einem Überdruck, der der Spannung oder dem Druck der Feder **454** entspricht. Dem Fachmann wird klar, dass ein Ansteigen des Barrierefluiddruckes innerhalb der Ausgangskammer **404** einen niedrigen Barrieredruck an den Dichtungsflächen anzeigt und so eine Berührung der Dichtungsstirnflächen verhindert. Der Zusatz von Barrierefluid nach den Dichtungsstirnflächen über die Axialbohrung **228** und die Nut **180** setzt den Spalt an den Dichtungsstirnflächen unter Druck, wodurch die Dichtungsstirnflächen gespreizt werden.

[0238] Es ist ersichtlich, dass die Erfindung in wirksamer Weise die in der vorstehenden Beschreibung genannten Aufgaben löst. Es können gewisse Änderungen der oben beschriebenen Konstruktionen vorgenommen werden, ohne vom Schutzzumfang der Erfindung abzuweichen, d. h. es sollen alle Maßnahmen, die in der obigen Beschreibung niedergelegt und in der Zeichnung dargestellt sind, nur als beispielhaft und nicht beschränkend interpretiert werden.

[0239] Es ist auch klar, dass die folgenden Ansprüche die allgemeinen und speziellen Merkmale der Erfindung, wie sie hier beschrieben wurden, umfassen sollen und ebenfalls alle Feststellungen hinsichtlich der Erläuterung der Erfindung, wie sie sprachlich erläutert wurden, sollen in den Rahmen der Erfindung fallen.

[0240] Nachdem nunmehr die Erfindung beschrieben wurde, soll in den Ansprüchen der Schutzzumfang des Patentes festgelegt werden.

Patentansprüche

1. Mechanische Gleitringdichtung (**10**) zur Fluiddichtung zwischen einem Gehäuse (**11**) und einer drehbaren Welle (**12**) mit den folgenden Merkmalen: ein erster Dichtungsring (**16**) mit einer ersten Dichtungsstirnfläche (**20**) und ein zweiter Dichtungsring (**14**) mit einer zweiten Dichtungsstirnfläche (**18**), wobei die erste und die zweite Dichtungsstirnfläche (**20**, **18**) im zusammengebauten Zustand gegenüberliegen und der eine Dichtungsring (**16**), nämlich der erste Dichtungsring (**16**) oder der zweite Dichtungsring (**14**) mit der Welle umläuft, während der andere Dichtungsring (**14**), nämlich der erste Dichtungsring (**16**) oder der zweite Dichtungsring (**14**) gegen Drehung gesichert ist,

ein Stopfbüchsengehäuse (30), welches so bemessen ist, dass es um wenigstens einen der Dichtungsringe (14, 16) herumgreift und mechanisch mit dem Gehäuse (11) verbunden ist, wobei die Stopfbüchse eine darin befindliche Bohrung (102) aufweist, und ein allgemeines Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem (500), das so bemessen und dimensioniert ist, dass es allgemein primär innerhalb der Bohrung (102) der Stopfbüchse (30) montiert ist, wobei das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem (500) derart eingerichtet ist, dass ein gewählter Druck innerhalb der Dichtung im Betrieb geregelt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem ein bewegliches Ventil (408) aufweist, das so bemessen und dimensioniert ist, dass es innerhalb der Bohrung (102) in der Stopfbüchse (30) sitzt und den vorgewählten Druck regelt.

2. Mechanische Dichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem (500) die folgenden Teile umfasst:

ein Sperrfluid-Verteiler-Netzwerk (228, 180, 420), das innerhalb wenigstens der Stopfbüchse ausgebildet ist, um ein Sperrfluid an die Dichtungsstirnflächen heranzuführen, und

ein Schließfluid-Verteiler-Netzwerk (242, 440, 410), das innerhalb wenigstens der Stopfbüchse (30) ausgebildet ist, um ein Schließfluid nach der Rückseite eines der Dichtungsringe (14, 16) zu überführen, um den Ring in einer gewählten Richtung vorzuspannen.

3. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 1 oder 2, gekennzeichnet durch ein Sperrfluid-Vorspann-Netzwerk (228) mit einem ersten Fluidkanal (230), der innerhalb des zweiten Dichtungsringes (14) ausgebildet ist und sich nach der zweiten Dichtungsstirnfläche (18) an einem Ende öffnet und selektiv in Strömungsverbindung mit einer Fluidquelle am anderen Ende steht, und mit einer Nut (180), die in der ersten Dichtungsstirnfläche (20) des ersten Dichtungsringes (16) ausgebildet ist und während des Betriebes in Strömungsverbindung mit dem Fluidkanal (228) steht.

4. Mechanische Dichtung nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch einen zweiten Fluidkanal (232), der innerhalb des zweiten Dichtungsringes (14) ausgebildet ist und sich an einem Ende nach der zweiten Dichtungsstirnfläche (18) hin öffnet.

5. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 3 oder 4, gekennzeichnet durch einen dritten Fluidkanal, der innerhalb der Stopfbüchse (30) ausgebildet ist und mit der Kammer und dem zweiten Fluidkanal in Verbindung steht, um das erste Fluid dort hin auszutragen.

6. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 3, 4 oder 5, gekennzeichnet durch einen Aus-

gangs-Fluidkanal innerhalb der Stopfbüchse (30), der so angeordnet ist, dass er mit der Kammer in Verbindung steht, um selektiv das erste Fluid nach einem anderen Teil des Systems auszutragen.

7. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, gekennzeichnet durch einen ersten Fluidkanal, der innerhalb der Stopfbüchse (30) ausgebildet ist, um ein erstes Fluid in die Kammer (185) zu überführen, wobei ein zweiter Fluidkanal (233) innerhalb der Stopfbüchse ausgebildet ist und mit der Kammer (185) und mit dem ersten Dichtungsring (16) oder dem zweiten Dichtungsring (14) in Verbindung steht, um das erste Fluid dort hin auszutragen, wobei das Ventil (408) zwischen einer Öffnungsstellung, in der das erste Fluid in die Kammer (185) durch den ersten Fluidkanal eingeführt wird und einer Schließstellung beweglich ist, in der das Fluid am Eintritt in die Kammer (185) durch den ersten Fluidkanal gehindert ist.

8. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, gekennzeichnet durch eine zylindrische Fluidleitung (441), die innerhalb der Kammer und um das bewegliche Ventil (408) angeordnet ist, um das erste Fluid nach der Dichtung zu überführen und bei der fakultativ die Fluidleitung (441) eine erste und eine zweite Fluidbohrung darinnen aufweist, von denen die eine in Strömungsverbindung mit dem ersten Fluidkanal steht und wobei fakultativ die andere Fluidbohrung mit einem dritten Kanal in Verbindung steht, der das erste Fluid nach einem anderen Teil der Dichtung überführt.

9. Mechanische Dichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das bewegliche Ventil (408) innerhalb einer Kammer (407) sitzt, die durch die Bohrung innerhalb der Stopfbüchse definiert ist, wobei das bewegliche Ventil die Stopfbüchse in eine Eingangskammer (420) und eine Ausgangskammer (410) unterteilt und das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem (500) folgende Teile aufweist:

einen Prozessfluidkanal (421), der innerhalb der Stopfbüchse ausgebildet ist und ein Prozessfluid aus dem Fluidgehäuse nach der Eingangskammer (420) überführt,

einen ersten Sperrfluidkanal (418), der innerhalb der Stopfbüchse ausgebildet ist und in Strömungsverbindung mit der Ausgangskammer (410) liegt, um eine Sperrflüssigkeit dort hin zu überführen, und

einen zweiten Sperrfluidkanal (440), der innerhalb der Stopfbüchse ausgebildet ist und in Strömungsverbindung mit der Stopfbüchsenkammer steht, um selektiv das Sperrfluid von dort im Betrieb nach einem weiteren Teil der mechanischen Dichtung zu überführen,

wobei das Ventil (408) alternativ zwischen einer Schließstellung, in der das Sperrfluid an einem Eintritt in den zweiten Sperrfluidkanal gehindert ist und

einer Öffnungsstellung beweglich ist, um eine Sperrflüssigkeit durch die Zwischenkammer (412) in den zweiten Sperrfluidkanal einzuleiten.

10. Mechanische Dichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das bewegliche Ventil (408) außerdem eine Zwischenkammer (412) zwischen der Eingangskammer (420) und der Ausgangskammer (410) definiert und dass der zweite Sperrfluidkanal (424, 234, 402) selektiv mit der Zwischenkammer (412) in Verbindung steht.

11. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Prozessdruck in der Eingangskammer (420) einen Eingangsdruck definiert und das Sperrfluid in der Ausgangskammer (410) einen Ausgangsdruck definiert, wobei die Differenz zwischen dem Eingangsdruck und dem Ausgangsdruck das bewegliche Ventil (408) in die Öffnungsstellung oder in die Schließstellung überführt, und wobei fakultativ dann, wenn der Eingangsdruck größer ist als der Ausgangsdruck, die Differenz der Drücke das Ventil (408) in die Schließstellung überführt, während dann, wenn der Eingangsdruck kleiner ist als der Ausgangsdruck, die Differenz im Druck das Ventil (408) in die Öffnungsstellung schaltet.

12. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 9, 10 oder 11, gekennzeichnet durch einen dritten Sperrfluidkanal (228), der innerhalb des zweiten Dichtungsringes (14) ausgebildet ist, wobei der dritte Fluidkanal sich nach der zweiten Dichtungsstirnfläche (18) an einem Ende öffnet und in der Fluidverbindung mit der Ausgangskammer (410) am anderen Ende in Verbindung steht, wobei der Sperrfluidkanal in Kombination mit dem Sperrfluid betriebsmäßig benutzt wird, um die Dichtungsstirnflächen (18, 20) in einem gewählten Abstand voneinander zu halten, um dazwischen einen Spalt zu bilden.

13. Mechanische Dichtung nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch Mittel zur selektiven Regelung der Spaltbreite als Funktion der Differenz des Druckes zwischen Eingangskammer (420) und Ausgangskammer (410).

14. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Schließfluid-Verteilernetzwerk folgende Teile umfasst: eine Schließfluidkammer (242), die innerhalb der Stopfbüchse (30) ausgebildet ist, und eine Mehrzahl von Bohrungen, die in der Stopfbüchse (30) ausgebildet sind und dazu dienen, selektiv ein Schließfluid nach der zweiten Kammer oder von dieser weg gemäß einer Differenz im Druck der gewählten Dichtungsfluide zu überführen, und wobei fakultativ eine Schließfluidkammer (242) innerhalb der Stopfbüchse (30) ausgebildet ist, die in Strömungs-

ungsverbindung mit dem zweiten Sperrfluidkanal (440) steht.

15. Mechanische Dichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Schließfluid-Verteilernetzwerk außerdem die folgenden Teile umfasst:

ein zweites bewegliches Ventil (408'), das innerhalb der Schließfluidkammer (242) sitzt, wobei das bewegliche Ventil (408') die zweite Kammer (407') in eine Eingangskammer (420') und eine Ausgangskammer (410') unterteilt, wobei dazwischen eine Zwischenkammer (412') ausgebildet ist; ein erster Schließfluidkanal (416'), der innerhalb der Stopfbüchse (30) ausgebildet ist und in Strömungsverbindung mit der Zwischenkammer (412') der zweiten Kammer steht, um ein Schließfluid in eine Fluidzuführung einzuführen, und ein zweiter Schließfluidkanal (440), der innerhalb der Stopfbüchse (30) ausgebildet ist und in Strömungsverbindung mit der zweiten Kammer steht, um selektiv das Schließfluid daraus während der Arbeitsweise der Dichtung zu übertragen.

16. Mechanische Dichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Schließfluid-Verteilernetzwerk außerdem eine zweite Schließfluidkammer (242) aufweist, die auf der Rückseite des ersten oder zweiten Dichtungsringes (14, 16) angeordnet ist, wobei der zweite Schließfluidkanal (440) innerhalb der Stopfbüchse (30) angeordnet ist und mit der Zwischenkammer (412') und der zweiten Schließfluidkammer (242) in Verbindung steht, um das Schließfluid dazwischen zu übertragen.

17. Mechanische Dichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite bewegliche Ventil (408') alternativ zwischen einer Schließstellung und einer Öffnungsstellung einstellbar ist, wobei in der Schließstellung verhindert wird, dass das Schließfluid in den zweiten Schließfluidkanal (440) eintritt, während in der Öffnungsstellung das Schließfluid durch die Zwischenkammer in den zweiten Schließfluidkanal (440) eingeführt wird.

18. Mechanische Dichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass das Sperrfluid von dem zweiten Sperrfluidkanal (440) die Eingangskammer (420') der Schließfluidkammer unter Druck setzt, um einen Eingangsdruck zu definieren, wobei das Schließfluid in der Ausgangskammer (410') einen Ausgangsdruck definiert und wobei die Differenz zwischen dem Eingangsdruck und dem Ausgangsdruck das zweite bewegliche Ventil in die Öffnungsstellung oder die Schließstellung überführt.

19. Mechanische Dichtung nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn der Eingangsdruck in der Eingangskammer (420') größer ist als der Ausgangsdruck in der Ausgangs-

kammer (410'), die Differenz im Druck zwischen den Kammern das Ventil (408') in die Schließstellung überführt, wodurch der erste Schließfluidkanal von der Zwischenkammer (412') getrennt wird und demgemäß auch von der zweiten Schließfluidkammer (242).

20. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 17, 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn der Eingangsdruck in der Eingangskammer (420') kleiner ist als der Ausgangsdruck, die Druckdifferenz das Ventil (408') in die Öffnungsstellung schaltet, wodurch die Fluidzufuhr in den Zwischenkanal (412') geöffnet wird und der zweite Schließfluidkanal (440) das Schließfluid in die zweite Schließfluidkammer (242) überführt.

21. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, gekennzeichnet durch Regelmittel (520) zur Regelung eines Spaltes, der zwischen den Dichtungsstirnflächen (18, 20) gebildet ist, um beispielsweise den Leckstrom an diesen Dichtungsstirnflächen zu steuern, wobei die Regelmittel außerdem Mittel aufweisen, um das zweite bewegliche Ventil (448) zwischen seiner Öffnungsstellung und seiner Schließstellung zu bewegen, wobei das Ventil (448) in seiner Schließstellung den ersten Schließfluidkanal (416') von der Zwischenkammer (412') absperrt und demgemäß auch von der zweiten Schließfluidkammer (242), um zu verhindern, dass Schließfluid in die zweite Schließfluidkammer eintritt und wobei das Ventil (408') in der Öffnungsstellung die Fluidzufuhr zu der Zwischenkammer (412') und nach dem zweiten Schließfluidkanal (440) öffnet, um das Schließfluid in die zweite Schließfluidkammer (242) einzuleiten, wobei das Schließfluid in der zweiten Schließfluidkammer so geregelt wird, dass variierende Kräfte auf die Rückseite des zweiten Dichtungsringes ausgeübt werden, um den Spalt zwischen den Stirnringflächen (18, 20) einzustellen.

22. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Schließfluid-Verteilernetzwerk eine zweite Kammer (407') aufweist, die innerhalb der Stopfbüchse angeordnet ist, um selektiv Schließfluid nach dem Schließfluid-Verteilernetzwerk zu überführen, und wobei fakultativ das Schließfluid-Verteilernetzwerk die folgenden Merkmale aufweist:

ein zweites bewegliches Ventil (408'), das innerhalb der zweiten Kammer (407') sitzt, wobei das bewegliche Ventil (408') die Stopfbüchsenkammer in eine Eingangskammer (420') und eine Ausgangskammer (410') unterteilt, zwischen denen eine Zwischenkammer (412') ausgebildet ist;

ein erster Schließfluidkanal (416'), der innerhalb der Stopfbüchse angeordnet ist und in Strömungsverbindung mit der Zwischenkammer (412') der zweiten Kammer steht, um ein Schließfluid einzuführen, und ein zweiter Schließfluidkanal (440), der innerhalb der

Stopfbüchse ausgebildet ist und in Strömungsverbindung mit der zweiten Stopfbüchsenkammer steht, um selektiv das Schließfluid während der Arbeitsweise der Dichtung daraus zu entfernen.

23. Mechanische Dichtung nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Schließfluid-Verteilernetzwerk außerdem eine zweite Schließfluidkammer (242) aufweist, die auf der Rückseite der zweiten Dichtung (14) angeordnet ist, wobei der zweite Schließfluidkanal (440) innerhalb der Stopfbüchse liegt und selektiv mit der Zwischenkammer (412') und der zweiten Schließfluidkammer (242) in Verbindung steht.

24. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 22 oder 23, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite bewegliche Ventil (408') alternativ zwischen einer Schließstellung und einer Öffnungsstellung beweglich ist, wobei es in der Schließstellung verhindert, dass das Schließfluid nach dem zweiten Schließfluidkanal (440) gelangt, während in der Öffnungsstellung das Schließfluid von der zweiten Kammer durch die Zwischenkammer (412') nach dem zweiten Schließfluidkanal (440) gelangen kann, um Schließfluid daraus zu entfernen.

25. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingangskammer (440) der Schließfluidkammer unter Druck gesetzt ist, um einen Eingangsdruck zu definieren und das Schließfluid in der Ausgangskammer (410') einen Ausgangsdruck definiert, wobei die Differenz zwischen Eingangs- und Ausgangsdruck das zweite bewegliche Ventil in die Öffnungsstellung oder die Schließstellung überführt.

26. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 22 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn der Eingangsdruck in der Eingangskammer (420') größer ist als der Ausgangsdruck in der Ausgangskammer (410'), die Differenz der Drücke zwischen den Kammern das zweite bewegliche Ventil (408') in die Schließstellung überführt, wodurch der erste Schließfluidkanal von der Zwischenkammer und demgemäß von der zweiten Schließfluidkammer (242) abgesperrt wird.

27. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass dann, wenn der Eingangsdruck in der Eingangskammer (420') kleiner ist als der Ausgangsdruck, die Differenz in den Drücken das Ventil (408') in die Öffnungsstellung überführt, wodurch die zweite Schließfluidkammer (242) mit der Zwischenkammer (412') und dem zweiten Schließfluidkanal (242) verbunden wird, um Schließfluid aus dem Schließfluid-Verteilernetzwerk zu entfernen.

28. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen

22 bis 27, gekennzeichnet durch Regelmittel (520) zur Einstellung eines Spaltes zwischen den Dichtungsstirnflächen (18, 20) von ersten und zweiten Dichtungsringen (14, 16), wobei die Regelmittel außerdem Mittel aufweisen, um das bewegliche Ventil (408') zwischen einer Öffnungsstellung und einer Schließstellung zu bewegen, wobei in der Öffnungsstellung Schließfluid aus der zweiten Schließfluidkammer (242) entfernt wird, während in der Schließstellung die Entnahme des Schließfluid aus der zweiten Schließfluidkammer (242) verhindert wird.

29. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 8, gekennzeichnet durch ein Fluidsteuersystem zur Einstellung der Trennung der Dichtungsstirnflächen (18, 20) durch Einstellung des Druckes des Fluid, das in die Nut (180) eingeleitet wird.

30. Mechanische Dichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem folgendes Merkmal aufweist:

Regelmittel zur Regelung eines ersten Fluid mit einem ersten Druck innerhalb eines ersten Fluid-Verteilernetzwerks (421, 416, 440), das in der Stopfbüchse (30) angeordnet ist, wobei das erste Fluid-Verteilernetzwerk mehrere Bohrungen innerhalb der Stopfbüchse (30) aufweist.

31. Mechanische Dichtung nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelmittel auf ein zweites Fluid mit einem zweiten Druck innerhalb eines zweiten Fluid-Verteilernetzwerks ansprechen, das innerhalb der Stopfbüchse (30) angeordnet ist, wobei das zweite Fluid-Verteilernetzwerk (440, 416, 242) mehrere Bohrungen (410, 412) innerhalb der Stopfbüchse aufweist.

32. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelmittel eine Einrichtung aufweisen, um selektiv einen Druck des zweiten Fluid innerhalb des zweiten Fluid-Verteilernetzwerks als Funktion des Druckes innerhalb des ersten Verteilernetzwerks einzustellen.

33. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 32, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Fluid unter einem Druck steht, der um einen gewählten Betrag höher ist als der Druck des ersten Fluid, um einen geregelten Ausgangsdruck zu liefern, wobei der geregelte Ausgangsdruck benutzt wird, um einen Spalt einzustellen, der zwischen den Dichtungsstirnflächen der Dichtungsringe gebildet ist.

34. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 30 bis 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelmittel eine Kammer (407') umfassen, die innerhalb der Stopfbüchse angeordnet ist, wobei ein bewegliches Ventil (448) innerhalb der

Kammer liegt und das bewegliche Ventil die Kammer in eine Eingangskammer (420") und eine Ausgangskammer (410") unterteilt, wobei eine Eingangsfluidleitung innerhalb der Stopfbüchse ausgeformt ist, die mit der Kammer in Verbindung steht, um einen Fluidpfad zwischen der Eingangskammer (420") und dem zweiten Fluid-Verteilernetzwerk (440, 416', 242) zu schaffen, wobei eine Ausgangsfluidleitung innerhalb der Stopfbüchse ausgebildet ist und mit der Kammer in Verbindung steht, um einen Fluidpfad zwischen der Ausgangskammer (410") und dem ersten Fluid-Verteilernetzwerk (421, 416, 440) zu schaffen, und wobei eine Fluid-Zuführungsleitung innerhalb der Stopfbüchse ausgeformt ist, um einen Fluidpfad zwischen dem beweglichen Ventil (448) und einer Fluidzuführung zu schaffen.

35. Mechanische Dichtung nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass das bewegliche Ventil (448) auf eine Druckdifferenz zwischen dem ersten und zweiten Druck anspricht und die Druckdifferenz selektiv das Ventil in eine Stellung überführt, um einen Fluidpfad zwischen der Eingangsfluidleitung und der Ausgangsfluidleitung zu schaffen und um das Fluid aus der Fluidzuführung in das erste Fluid-Verteilernetzwerk (421, 416, 440) zu überführen, wodurch der Fluidruck des ersten Fluid in dem ersten Fluid-Verteilernetzwerk ansteigt.

36. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 30 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Fluid ein Sperrfluid und das zweite Fluid ein Prozessfluid ist, wobei fakultativ das erste Fluid ein Schließkraftfluid ist und das zweite Fluid ein Sperrfluid.

37. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 30 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtung ein Sperrfluid aufweist, das einen ersten Druck hat und das Fluidgehäuse ein Prozessfluid enthält, das einen vorgewählten Druck besitzt, wobei das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem Mittel aufweist, um einen Sperrfluidruck zu erzeugen, der einen zweiten Druckpegel aufweist, der um einen vorbestimmten Betrag über dem Prozessfluidruck liegt.

38. Mechanische Dichtung nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem außerdem Mittel aufweist, um ein Sperrfluid unter dem zweiten Druck in einen weiteren Teil des Netzwerkes einzuführen, wobei der Sperrfluidruck einen geregelten Eingangsdruck definiert.

39. Mechanische Dichtung nach den Ansprüchen 37 oder 38, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem weiter ein Schließfluid-Verteilernetzwerk aufweist, das innerhalb der Stopfbüchse ausgebildet ist, um ein Schließ-

fluid nach der Rückseite eines der Dichtungsringe einzuführen und um einen gewählten Druck auf der Rückseite zu erzeugen, um eine axiale Vorspannkraft darauf auszuüben, um die Dichtungsstirnflächen der Dichtringe aufeinander zu drücken.

40. Mechanische Dichtung nach einem der Ansprüche 37 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluidic-Rückkopplungsdruck-Regelsystem außerdem Regelmittel aufweist, um den Druck des Schließfluids als Funktion des geregelten Eingangsdruckes einzustellen, um selektiv den Schließfluiddruck zu bestimmen.

41. Mechanische Dichtung nach Anspruch 40, dadurch gekennzeichnet, dass die Regelmittel wenigstens folgende Mittel aufweisen: Mittel zur Abschaltung des Schließfluiddruckes vom Netzwerk, wenn der geregelte Eingangsdruck ansteigt, und Mittel zur Erhöhung des Schließfluiddruckes in dem Netzwerk, wenn der geregelte Eingangsdruck abfällt.

Es folgen 28 Blatt Zeichnungen

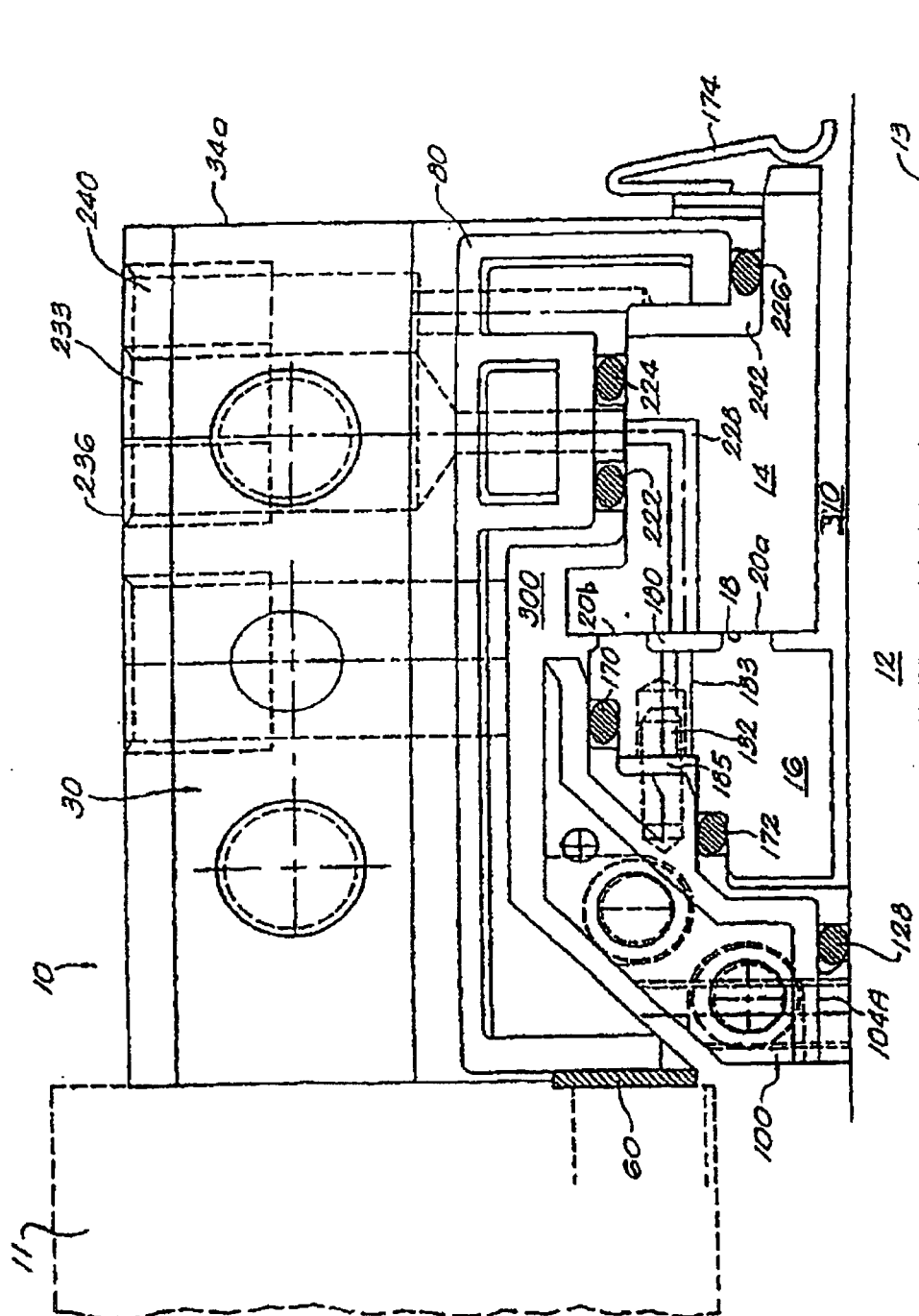


FIG. 1A

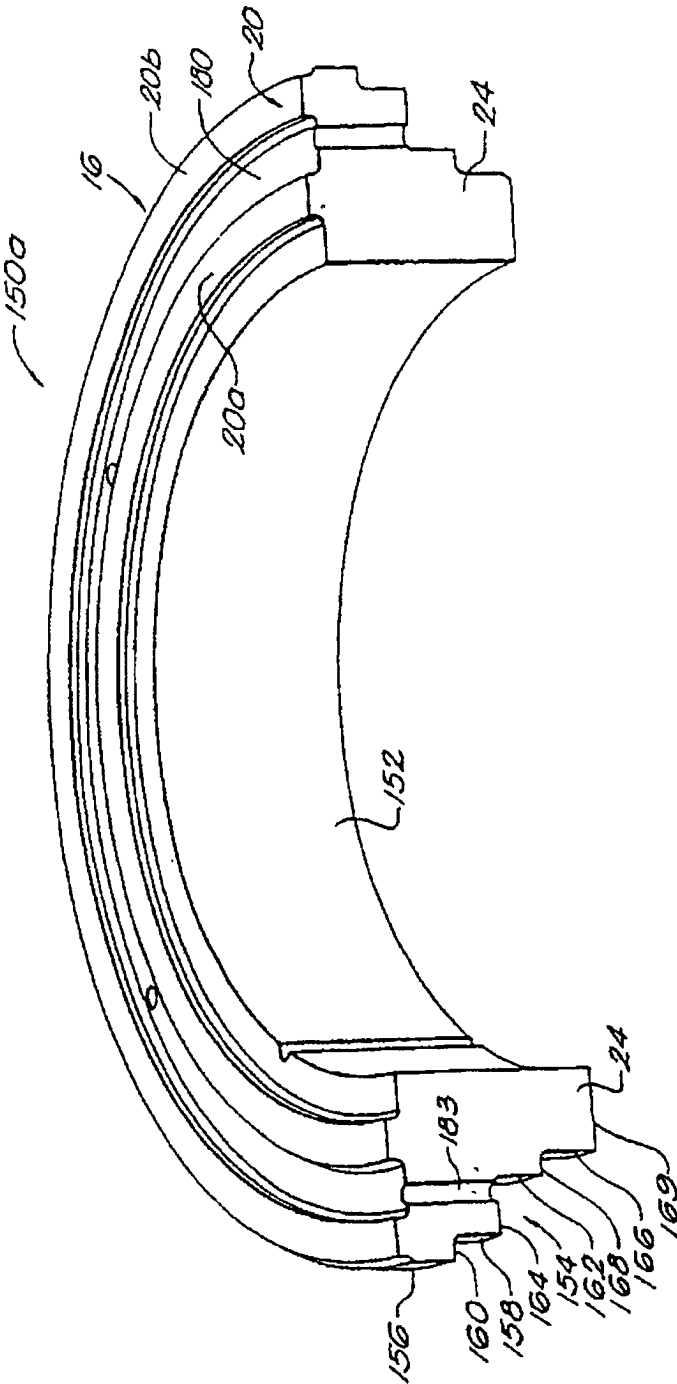


FIG. 1B

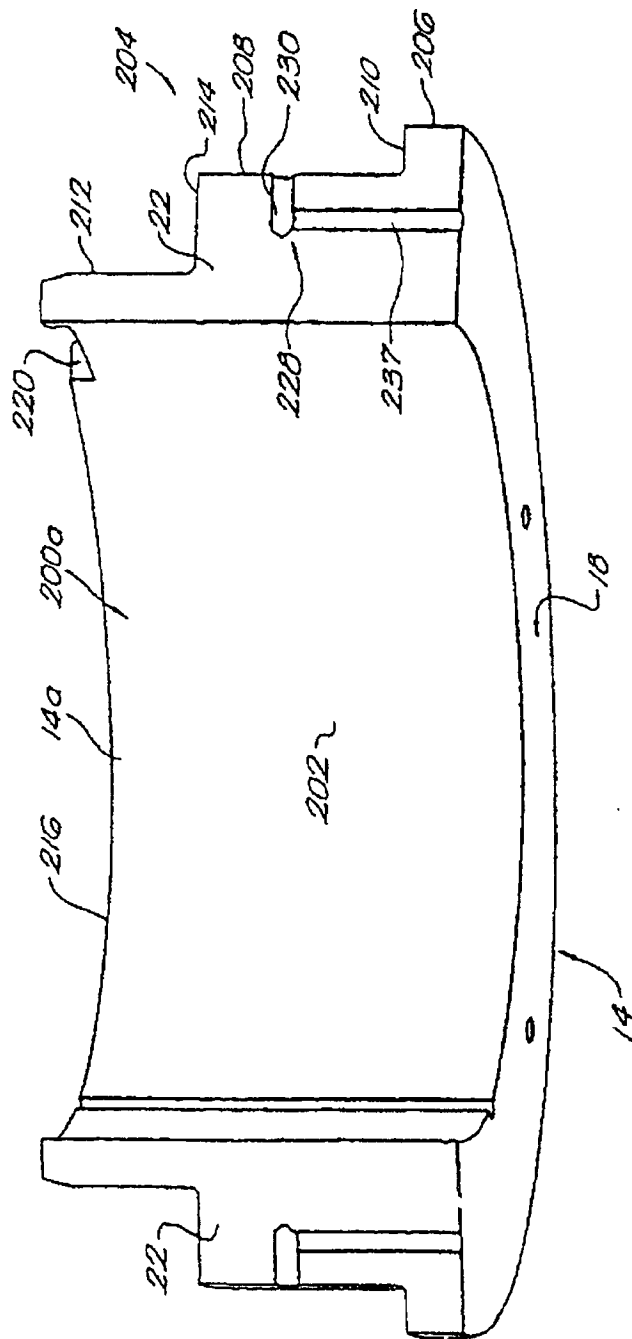


FIG. 1C

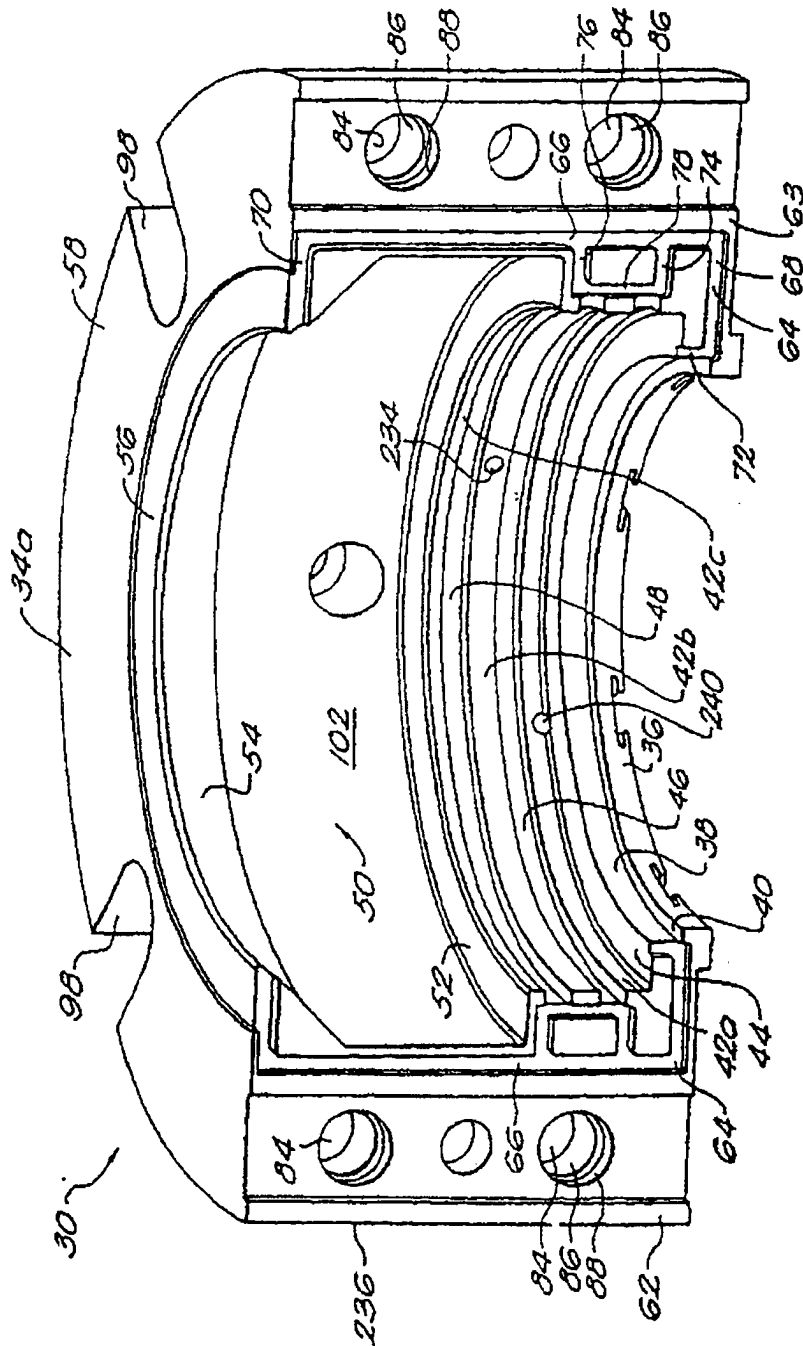


FIG. 1D

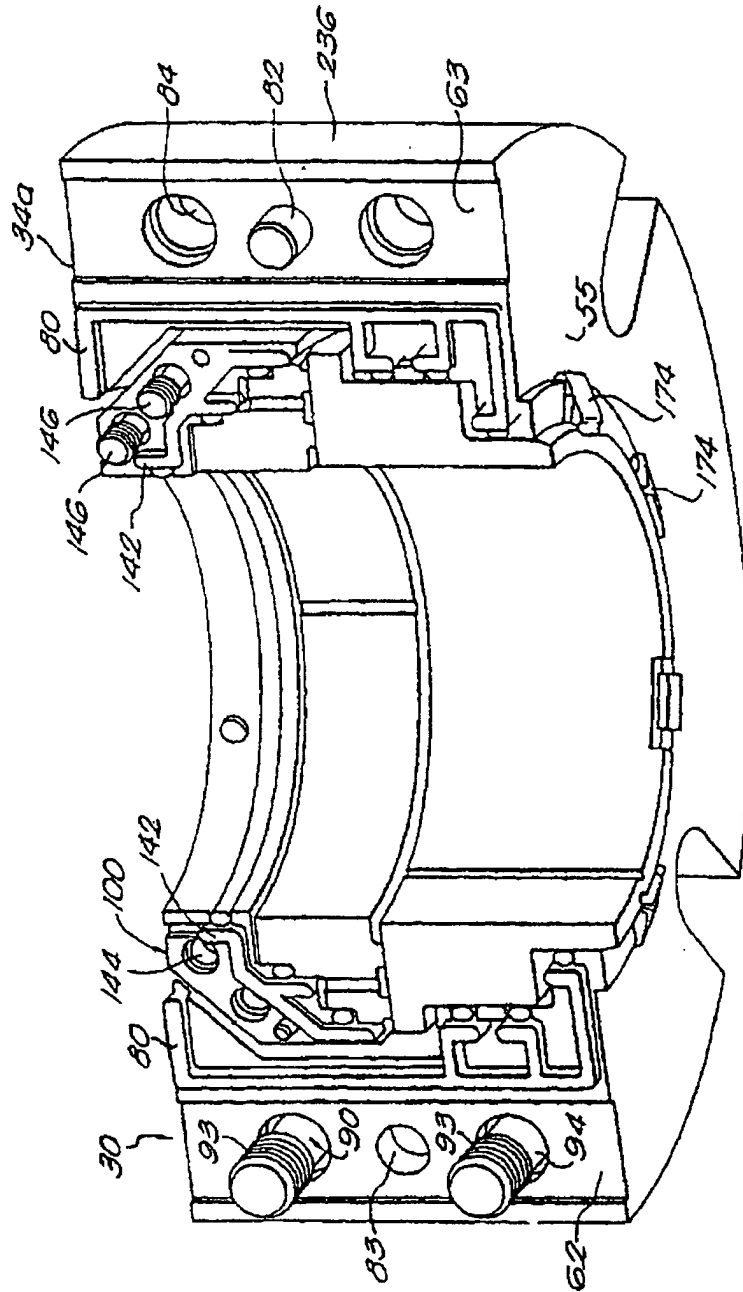


FIG. 1E

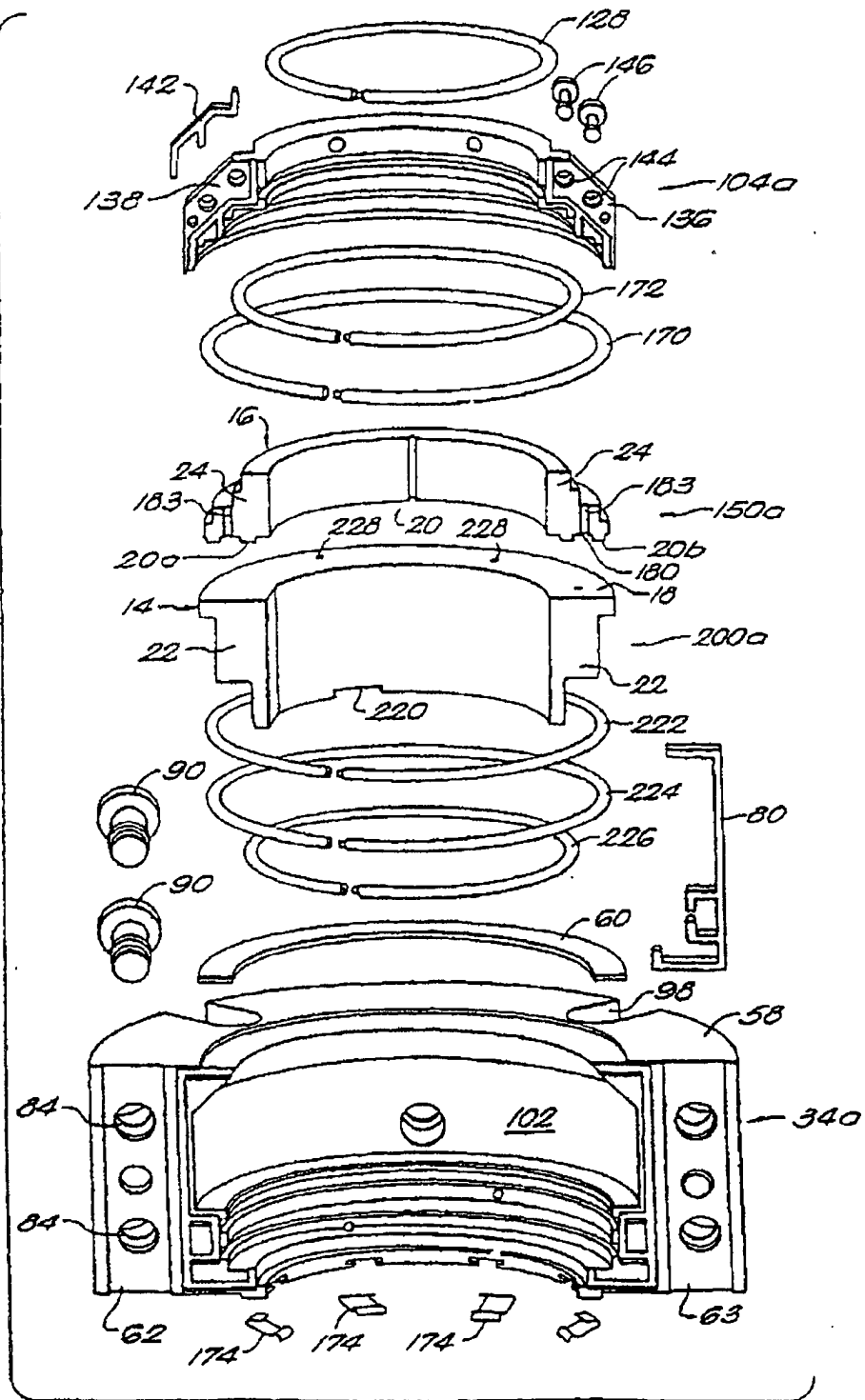


FIG. 1F

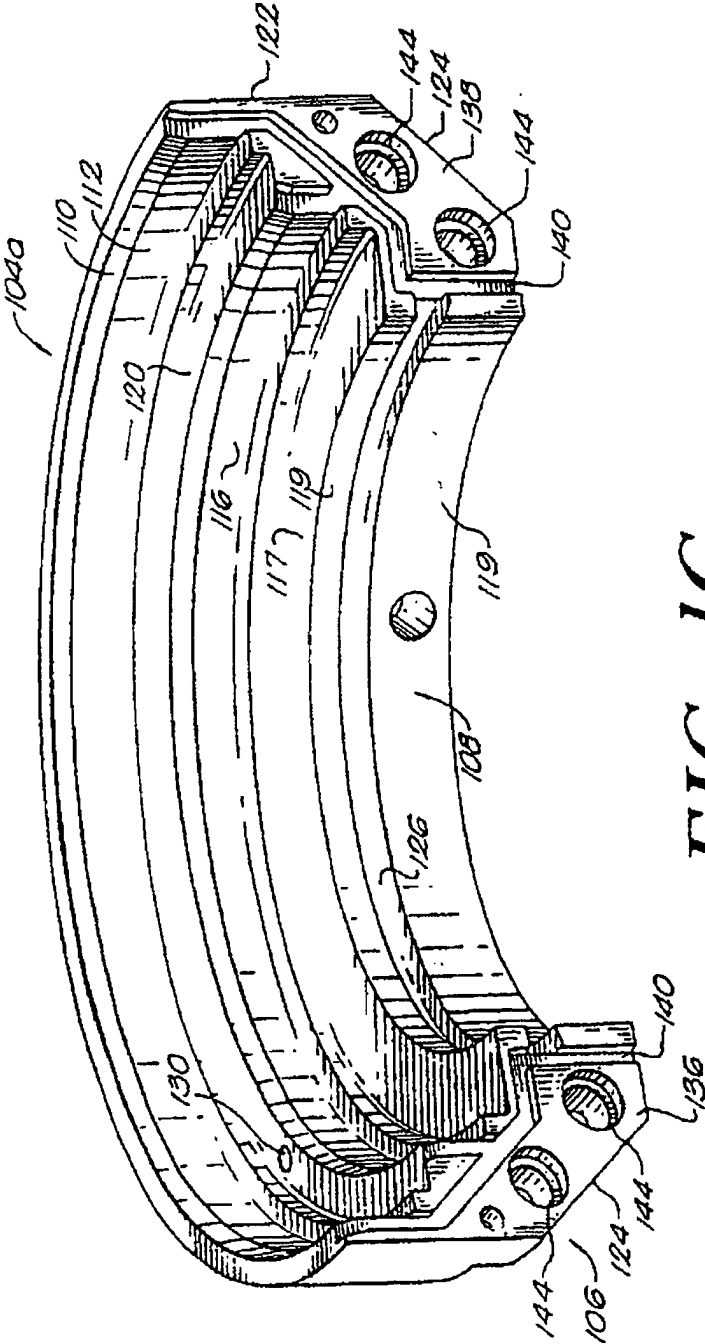


FIG. 1G

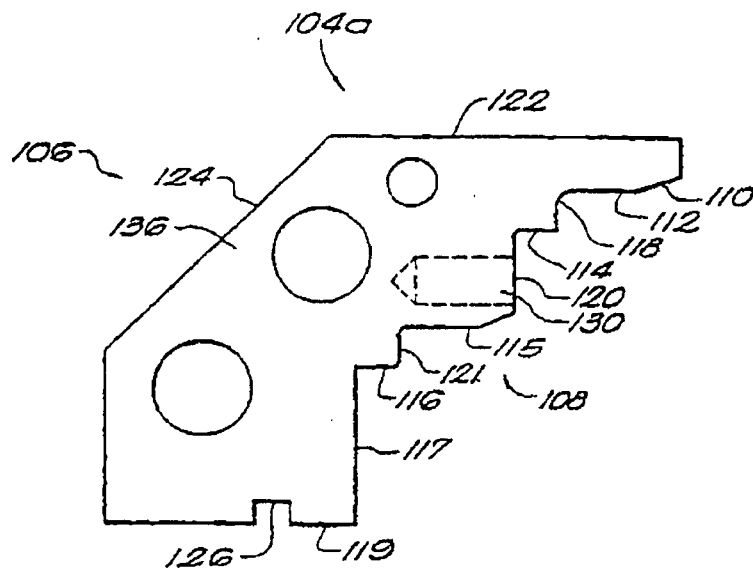


FIG. 1H

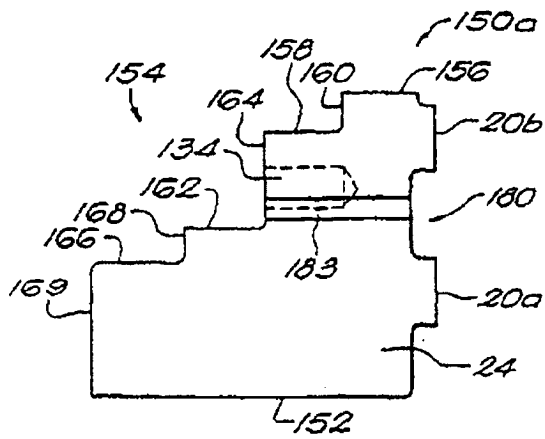


FIG. 11

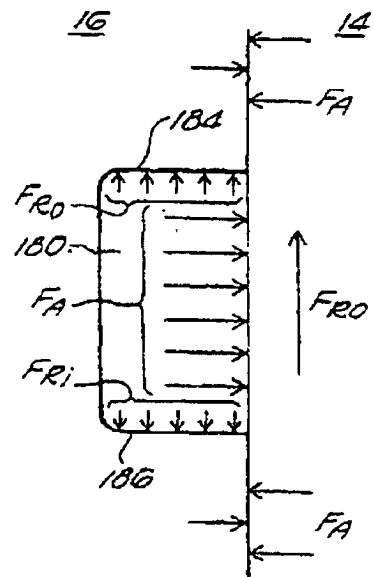


FIG. 1J

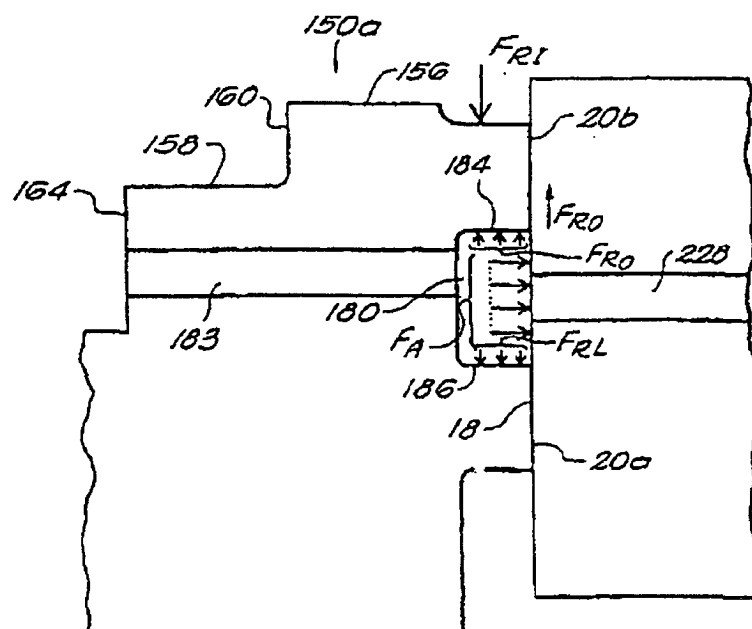


FIG. 2

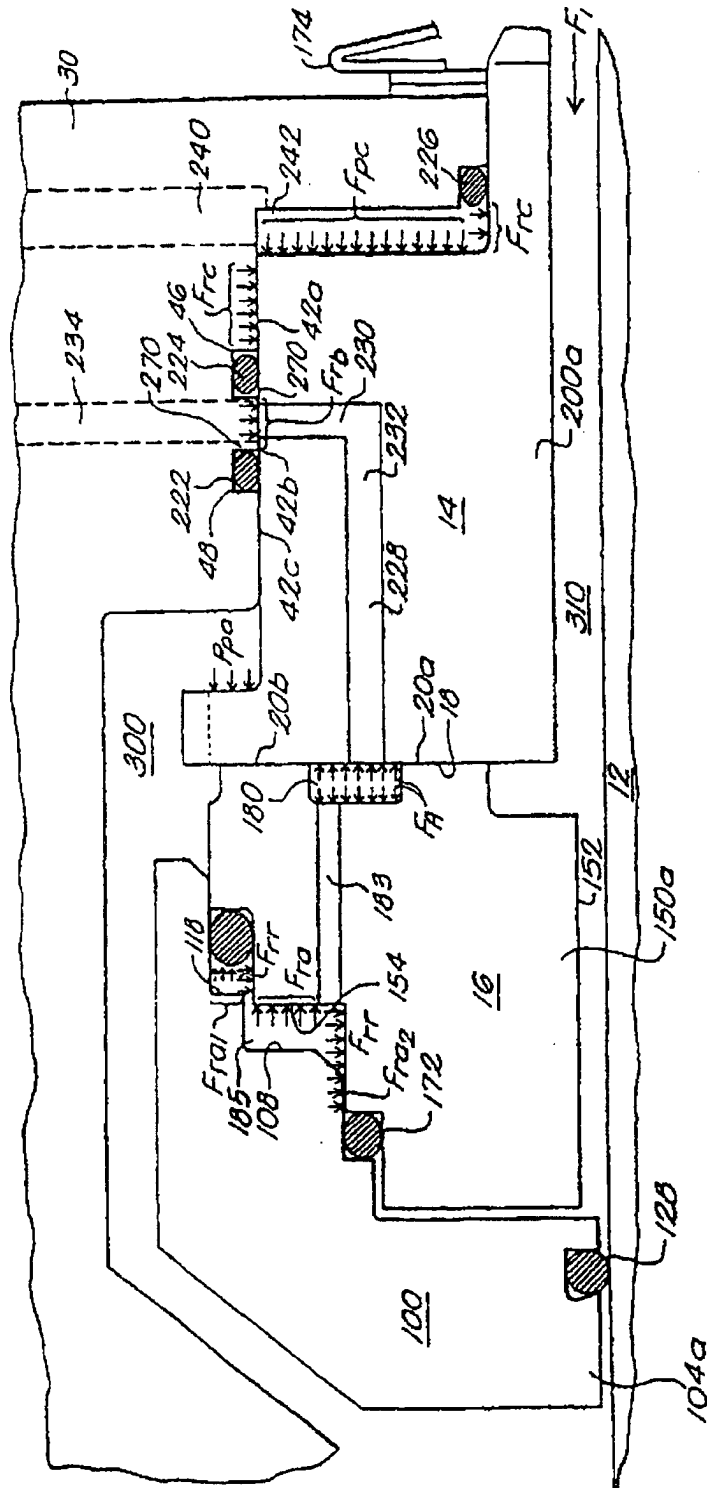


FIG. 3

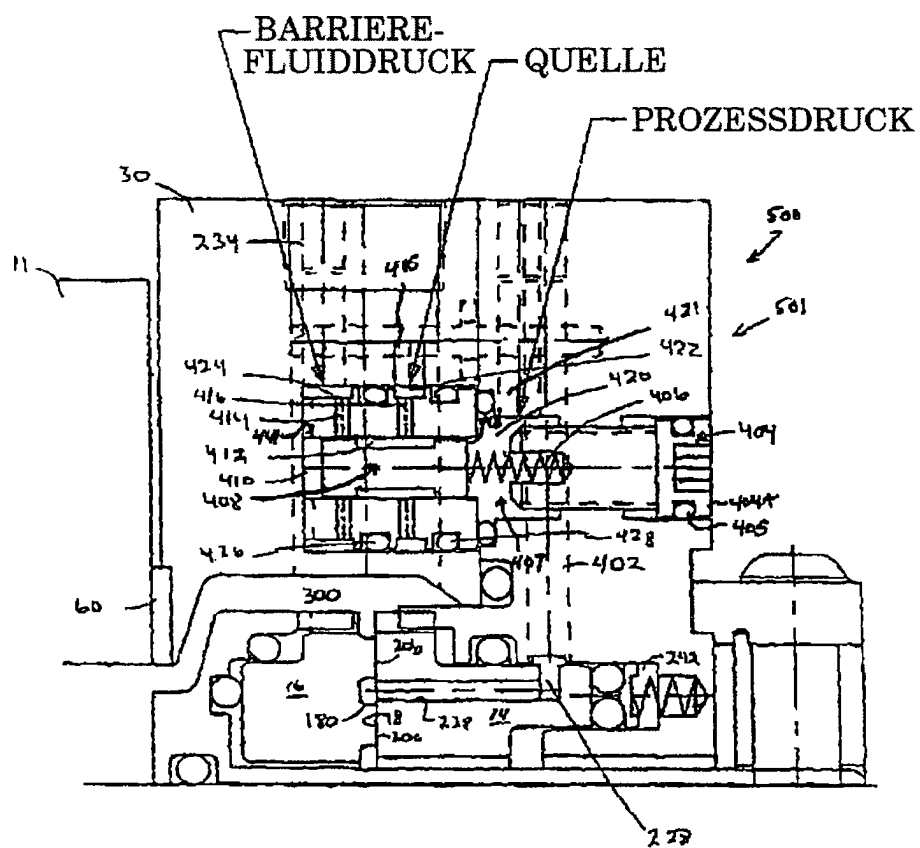


FIG. 4

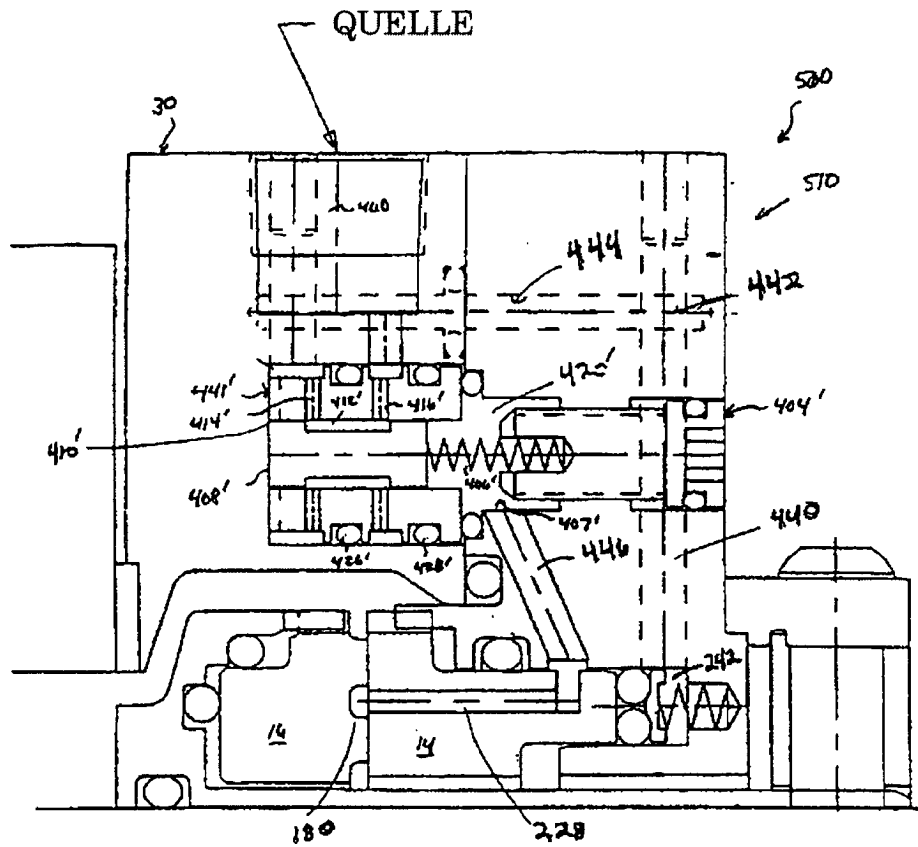


FIG. 5

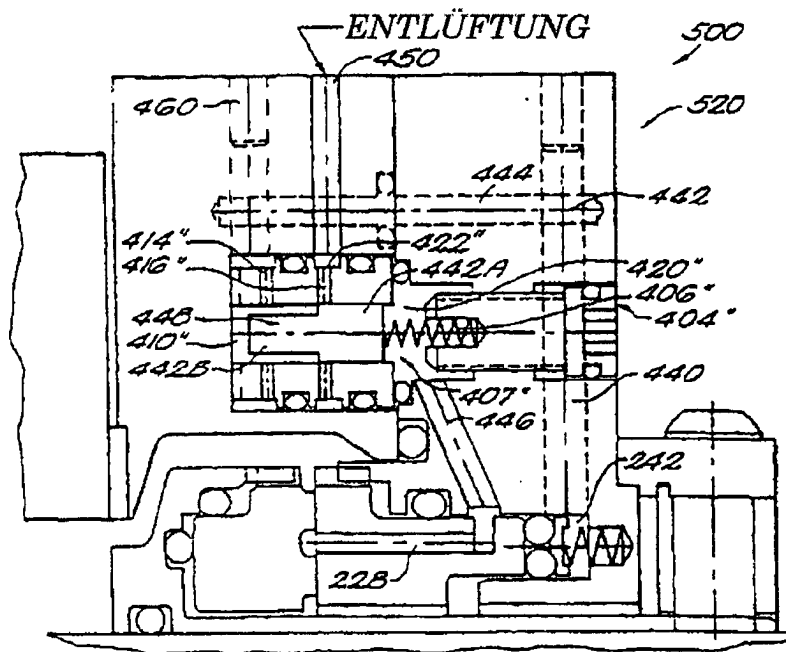


FIG. 6A

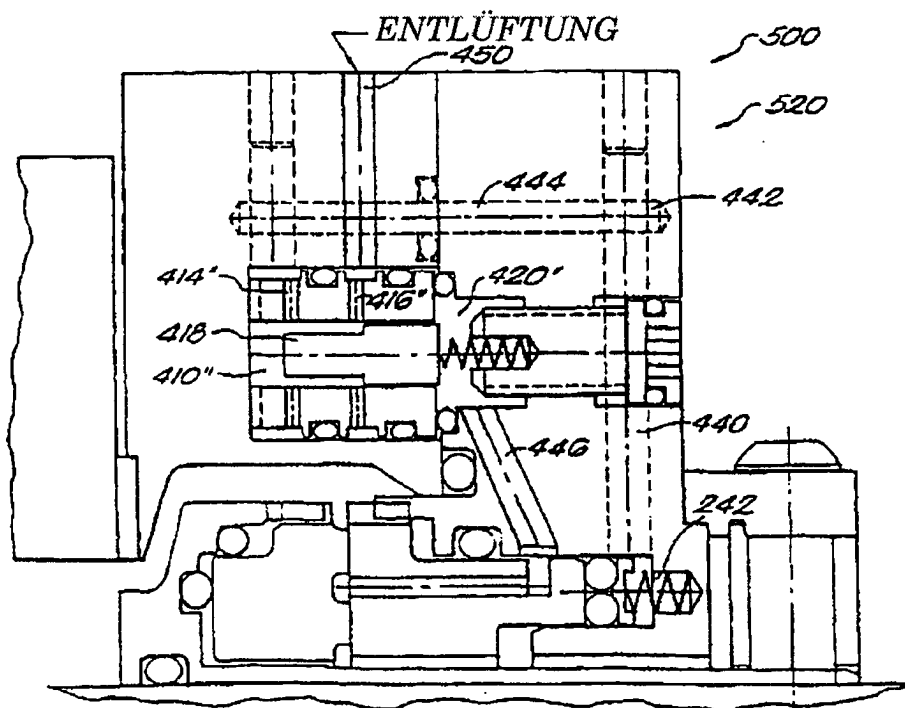


FIG. 6B

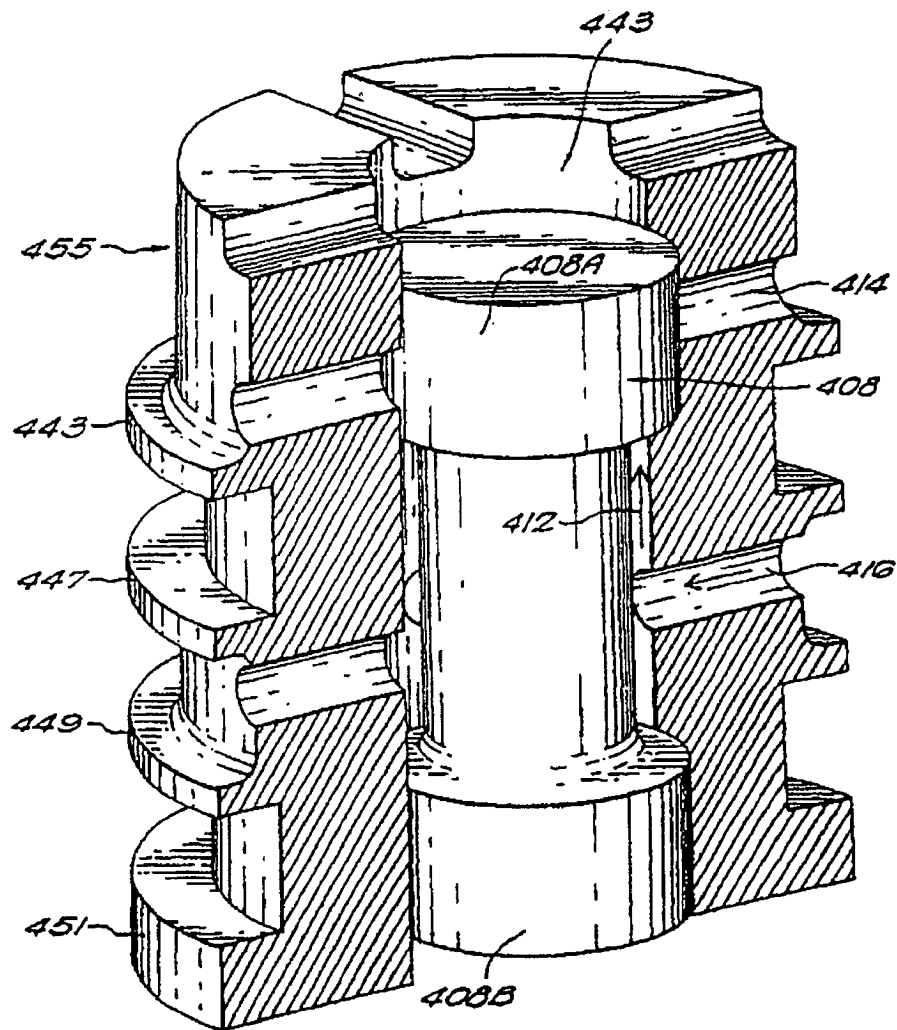


FIG. 7

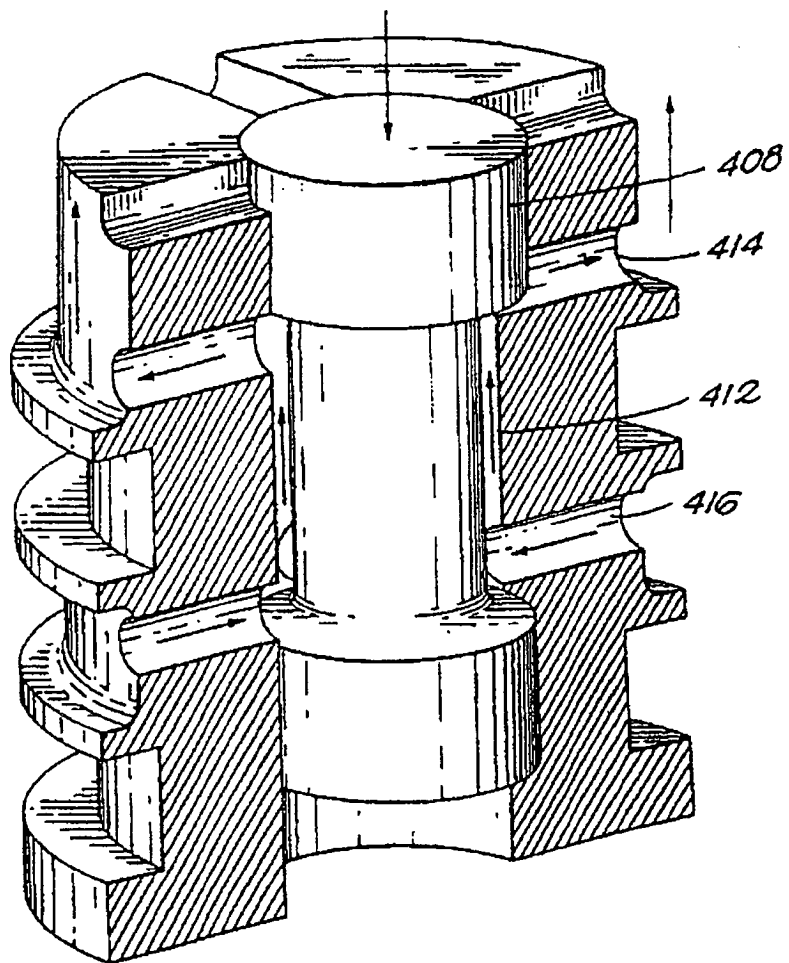


FIG. 8

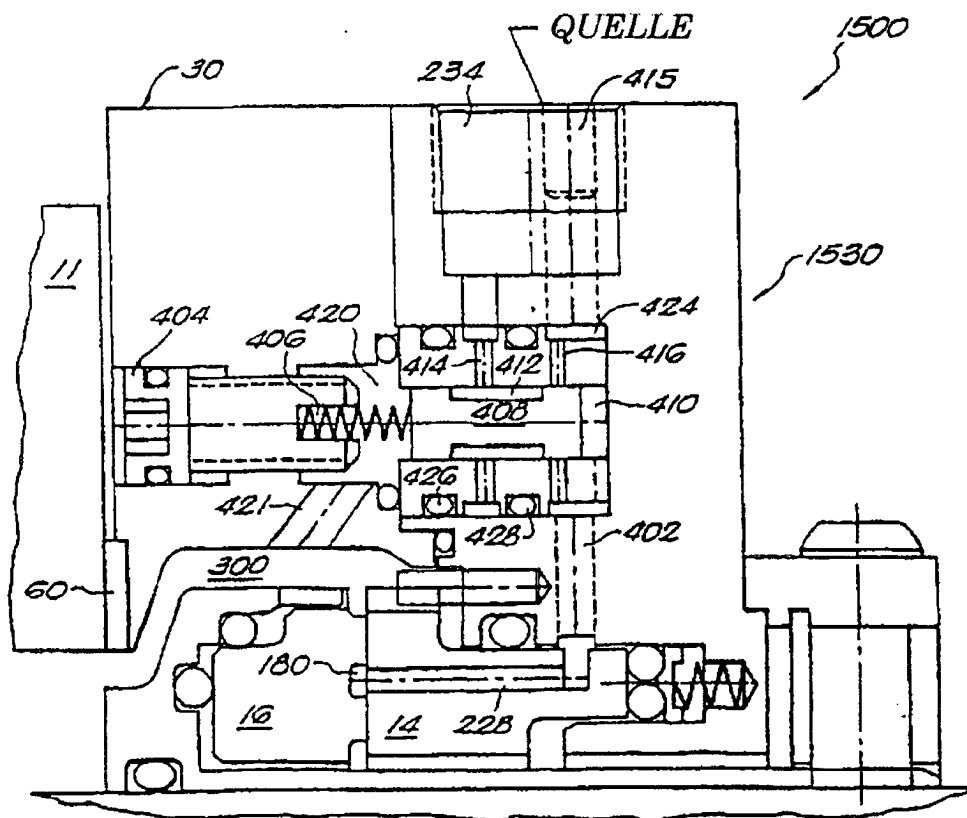


FIG. 9A

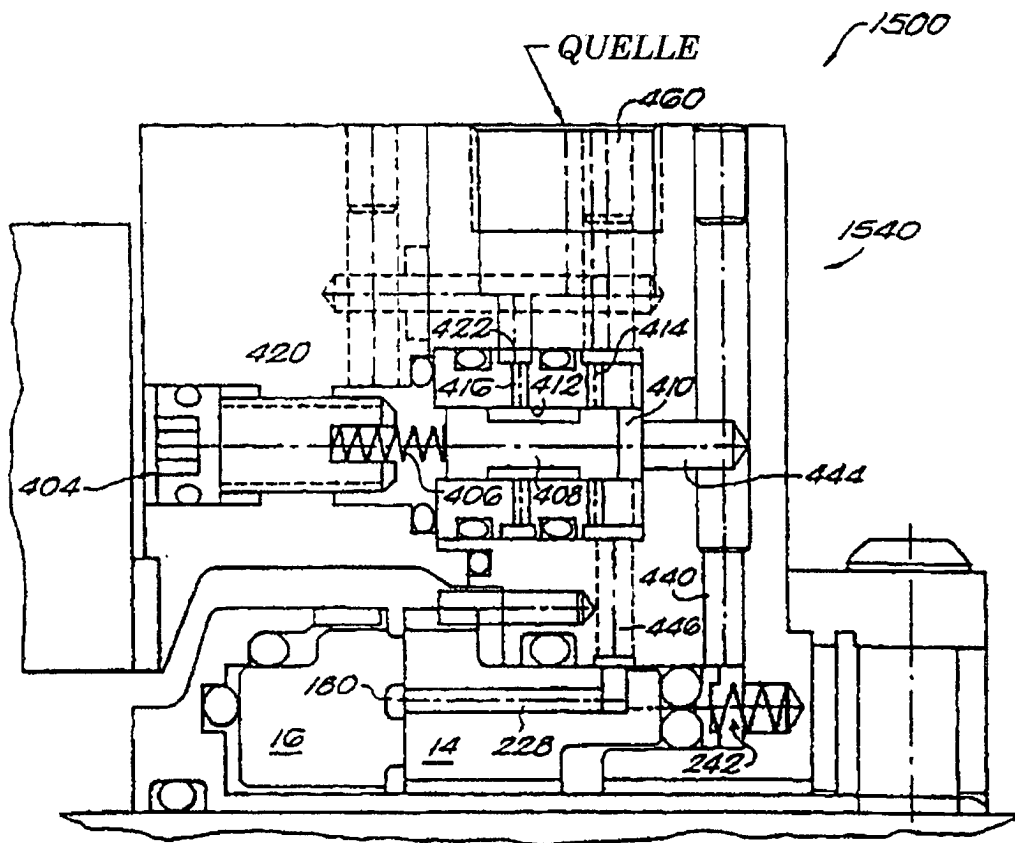


FIG. 9B

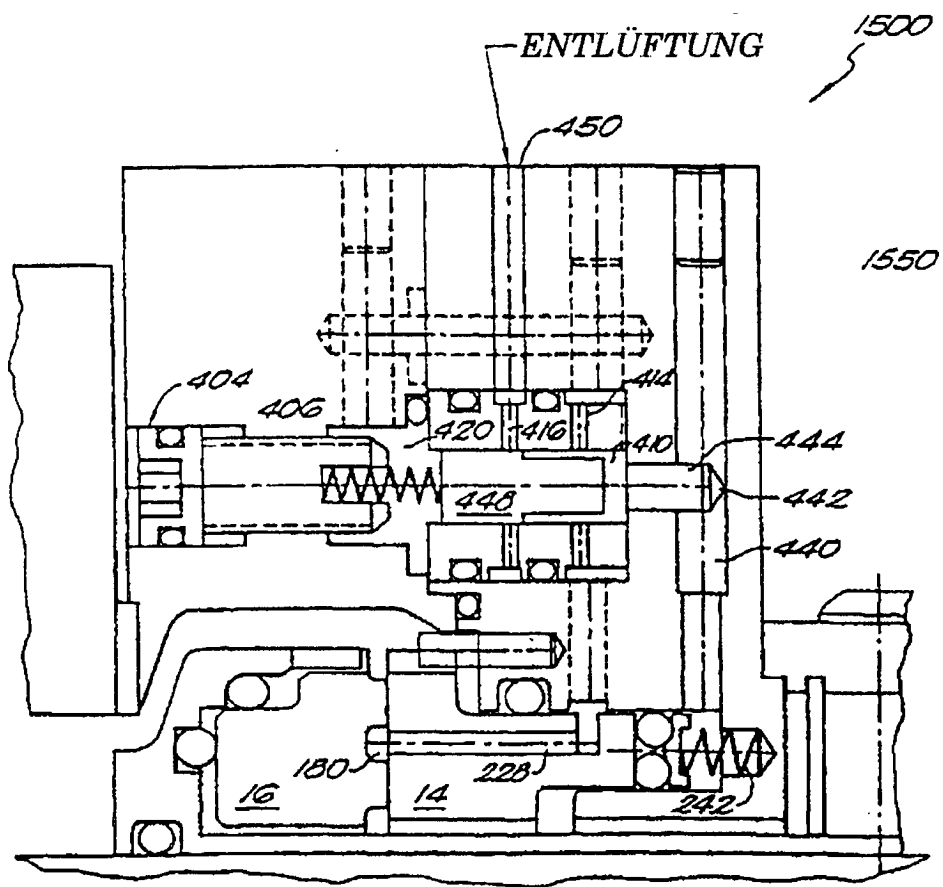


FIG. 9C

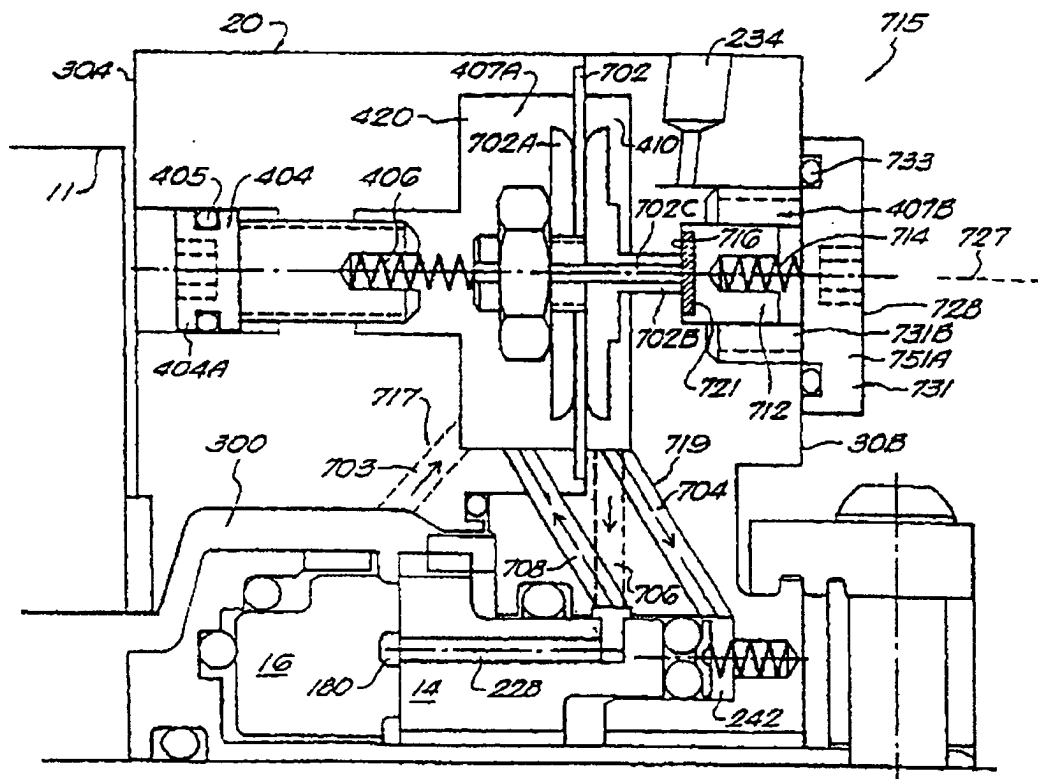


FIG. 10A

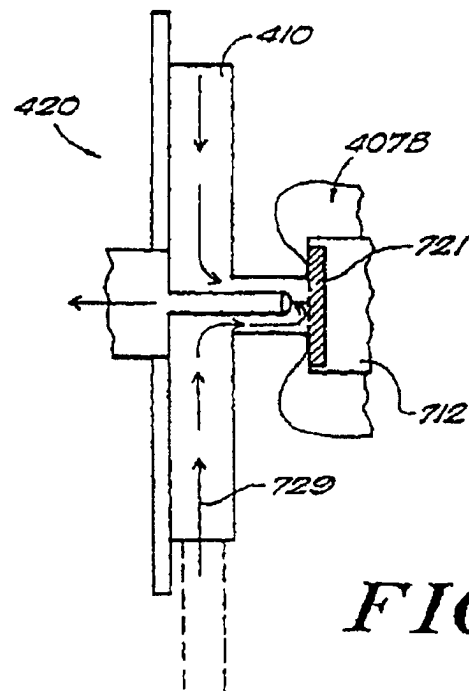


FIG. 10B

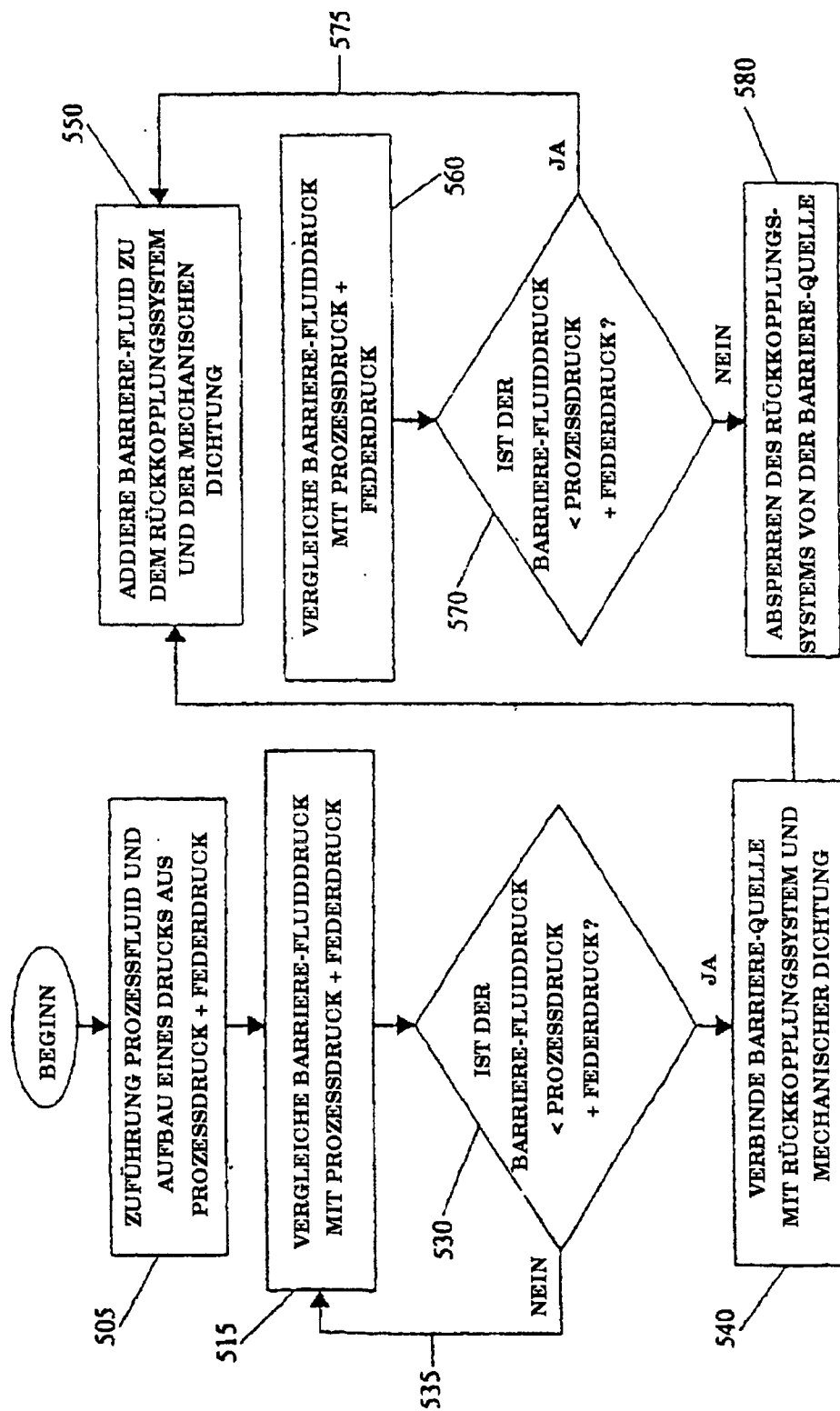


FIG. 11

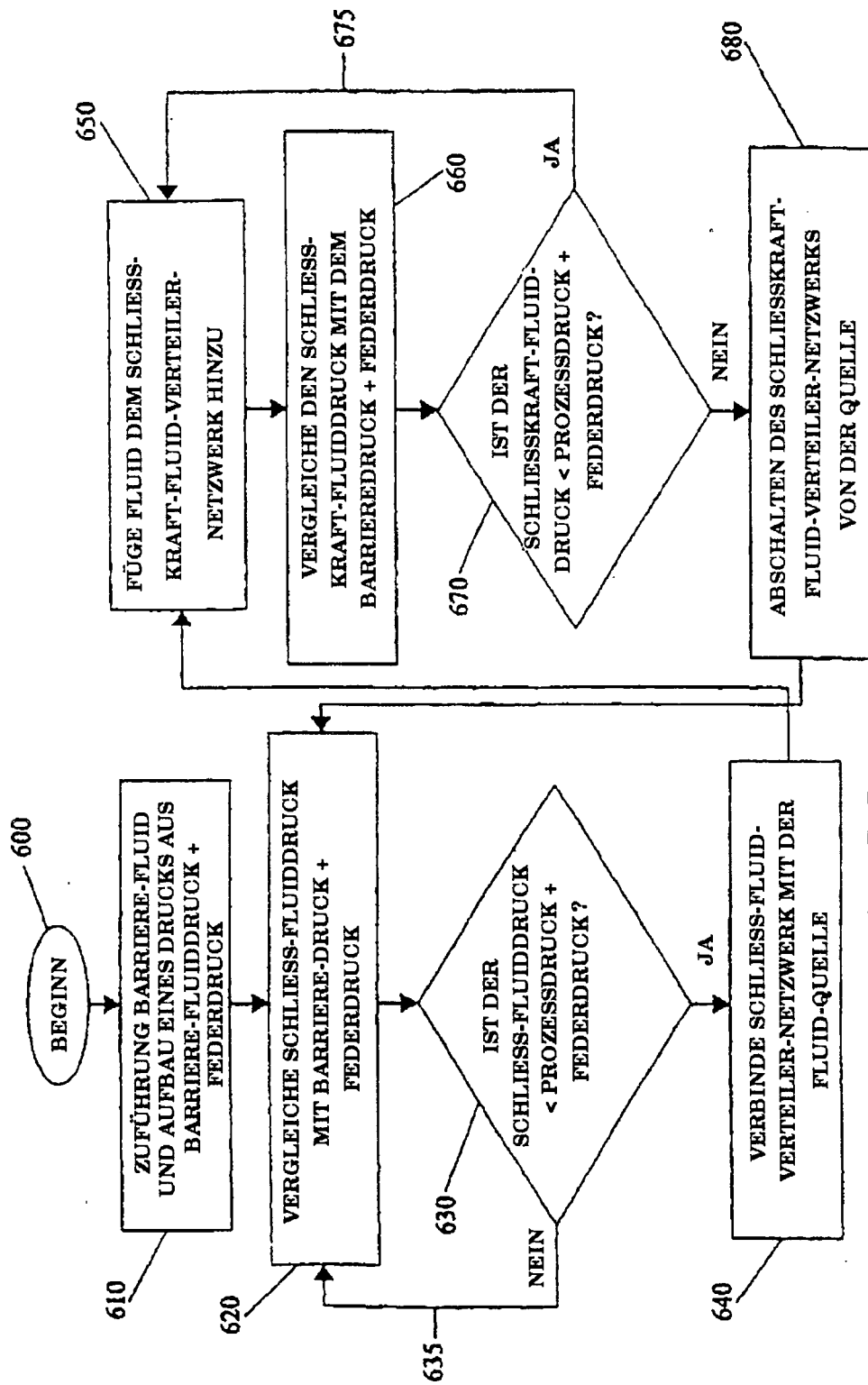


FIG. 12

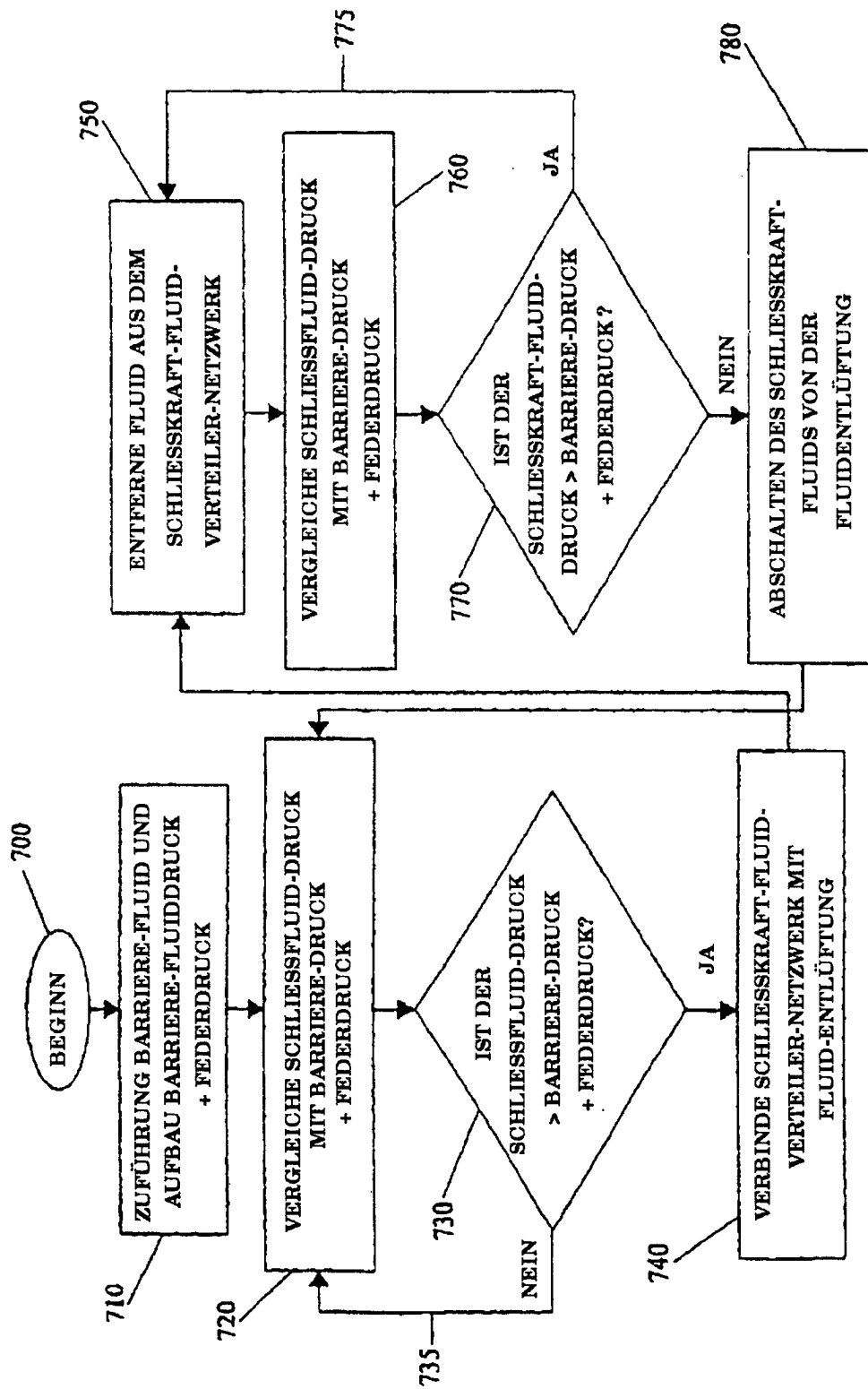


FIG. 13

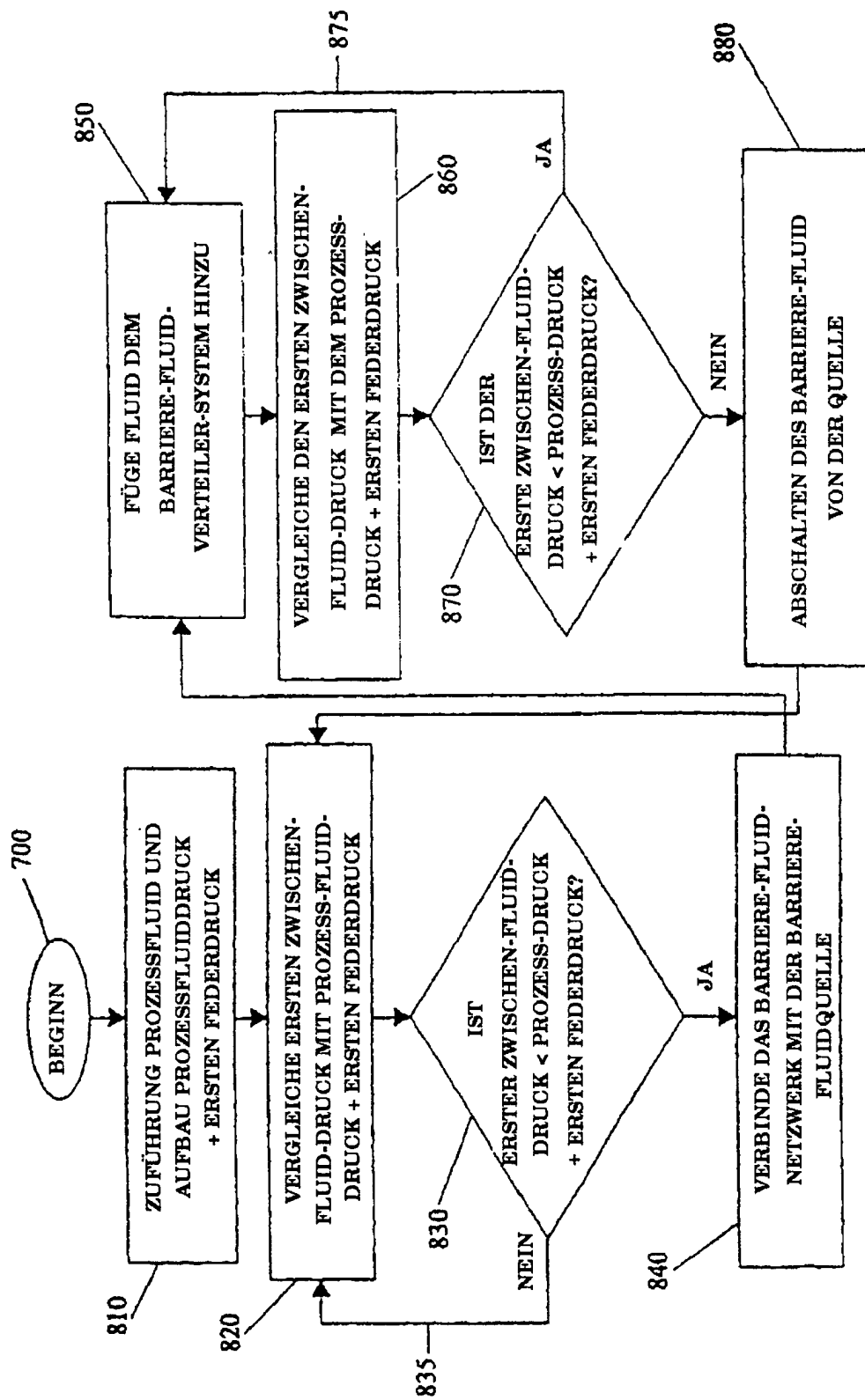
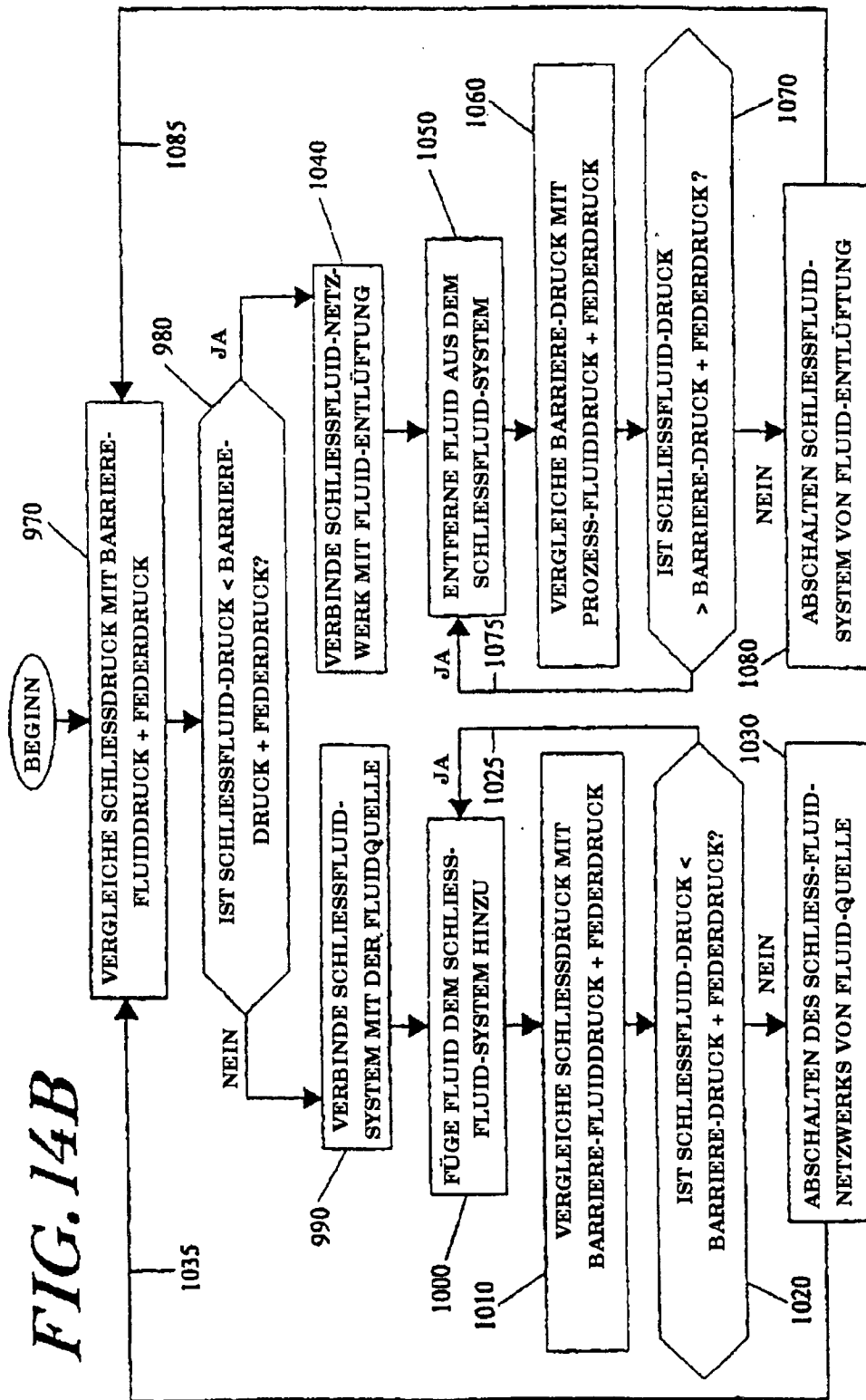


FIG. 14A

FIG. 14B



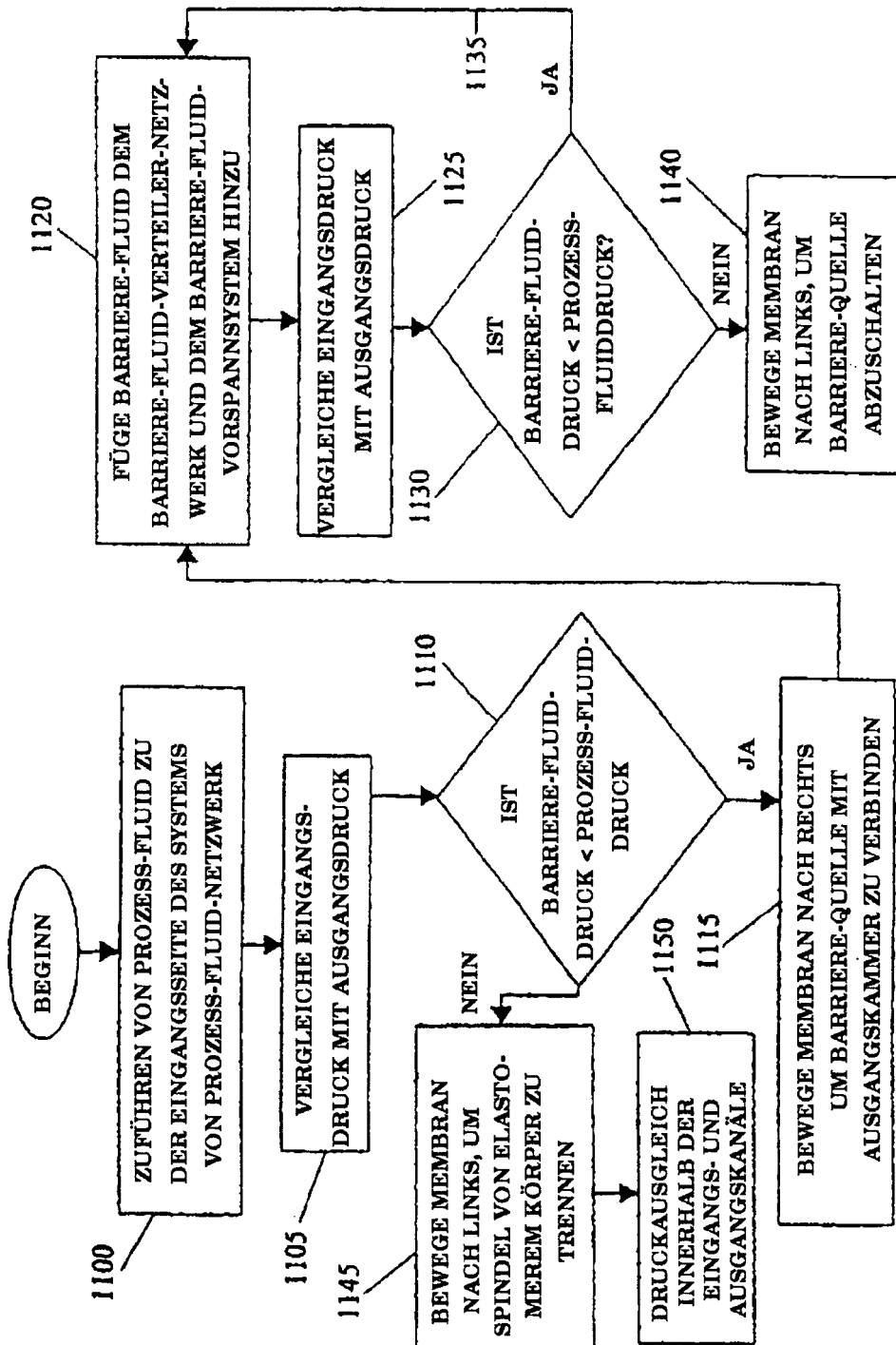
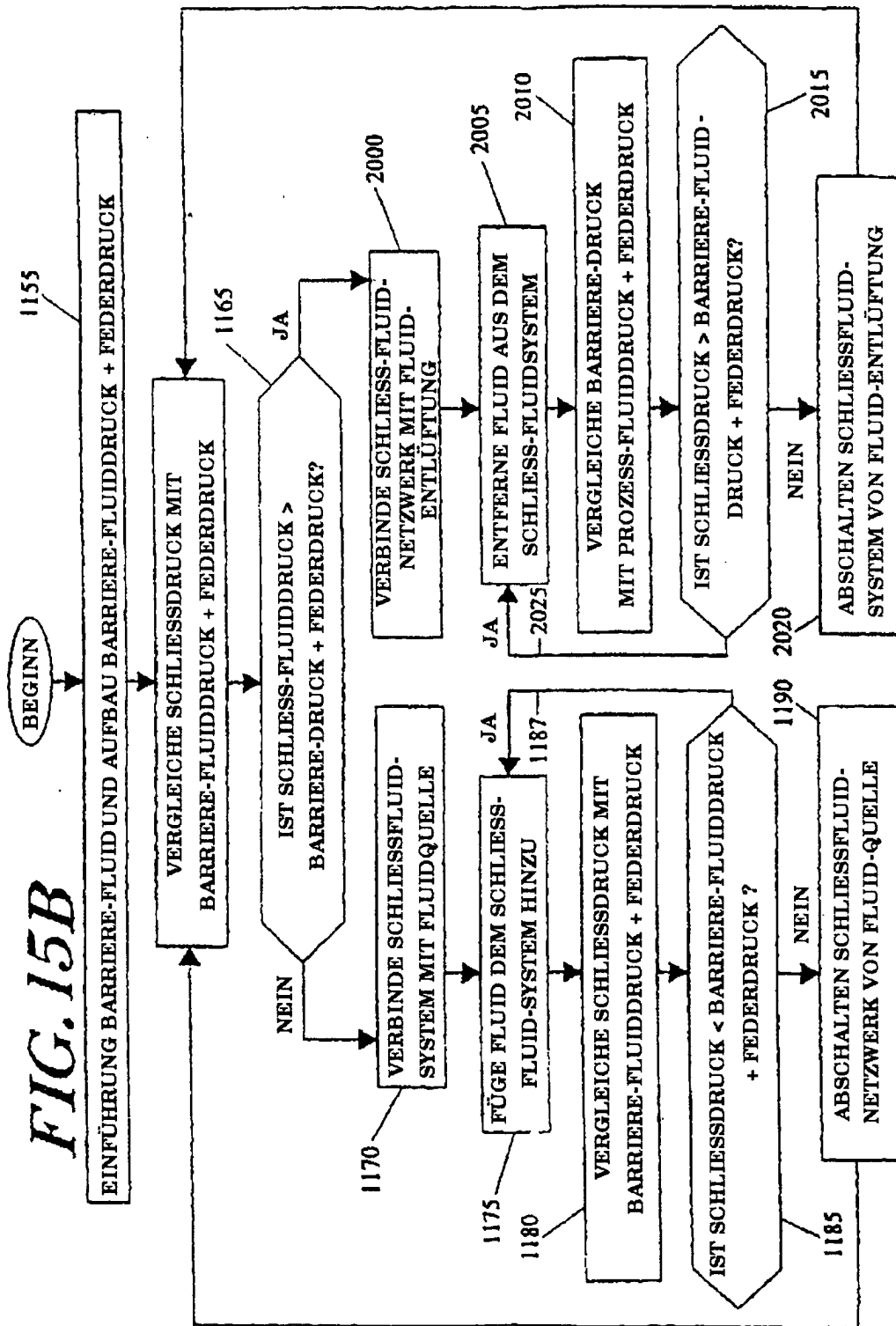


FIG. 15A

FIG. 15B



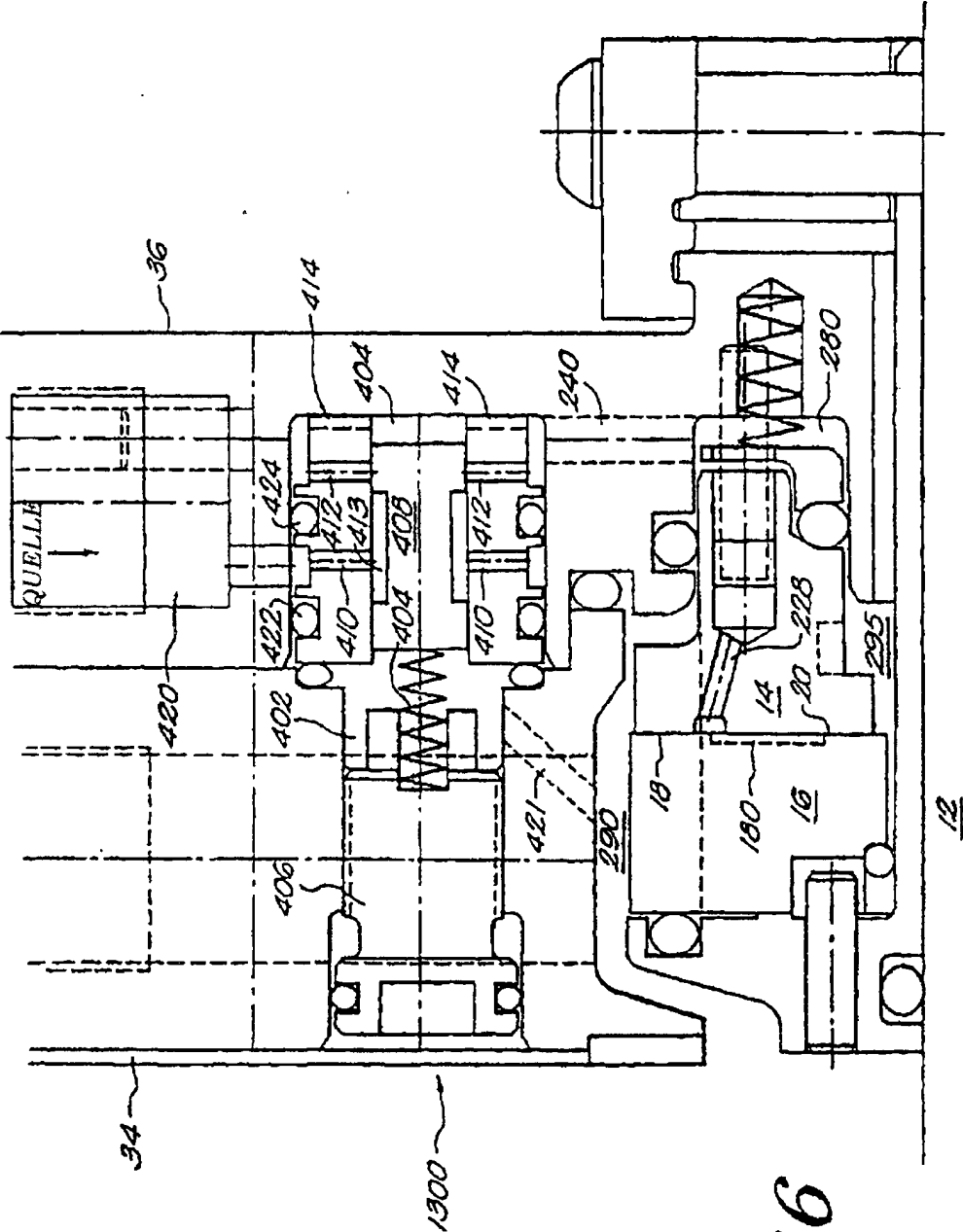


FIG. 16

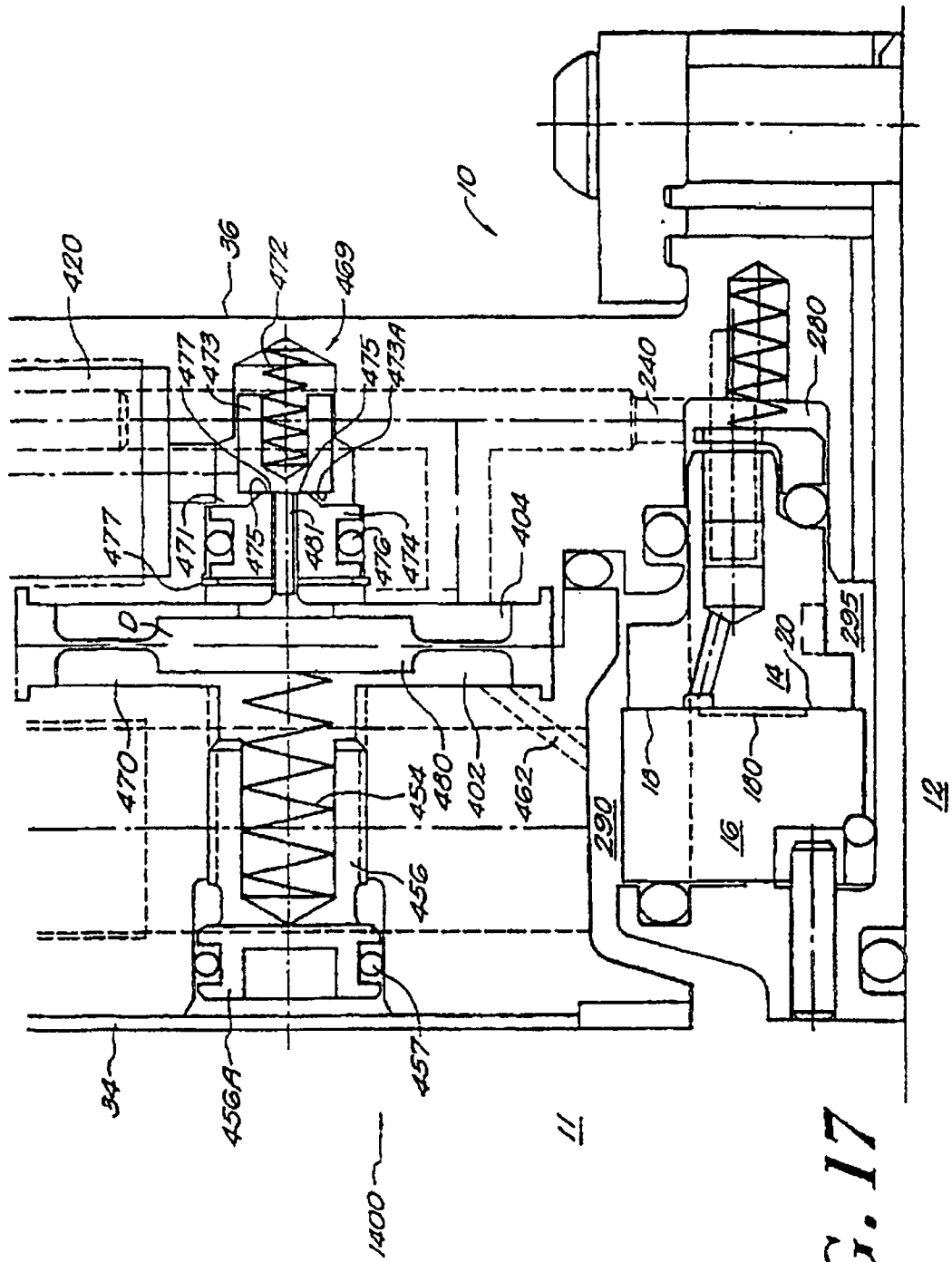


FIG. 17