

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **90114874.2**

51 Int. Cl.<sup>5</sup>: **F04B 43/06**

22 Anmeldetag: **07.04.87**

Ein Antrag gemäss Regel 88 EPÜ auf Berichtigung der Ansprüche 1 und 3 (Änderung des Wortes "Differenzialkolben" in "Kolben") liegt vor. Über diesen Antrag wird im Laufe des Verfahrens vor der Prüfungsabteilung eine Entscheidung getroffen werden (Richtlinien für die Prüfung im EPA, A-V, 2.2).

Diese Anmeldung ist am 02 - 08 - 1990 als Teilanmeldung zu der unter INID-Kode 60 erwähnten Anmeldung eingereicht worden.

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung: **05.12.90 Patentblatt 90/49**

60 Veröffentlichungsnummer der früheren Anmeldung nach Art. 76 EPÜ: **0 285 685**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT CH DE FR GB IT LI NL SE**

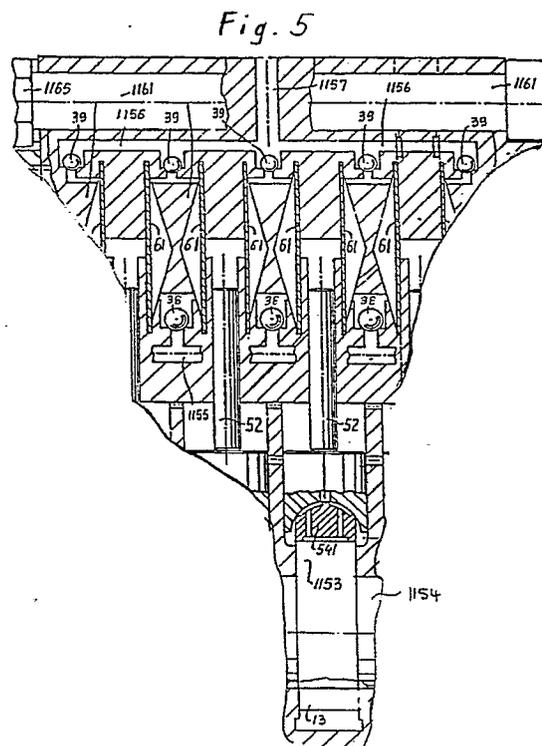
71 Anmelder: **Eickmann, Karl**  
**Eilwangerstrasse 39**  
**D-7180 Crailsheim(DE)**

72 Erfinder: **Eickmann, Karl**  
**Eilwangerstrasse 39**  
**D-7180 Crailsheim(DE)**

74 Vertreter: **Bühling, Gerhard, Dipl.-Chem. et al**  
**Patentanwaltsbüro Tiedtke-Bühling-Kinne**  
**Grube-Pellmann-Grams-Struif Bavariaring 4**  
**D-8000 München 2(DE)**

54 **Höchstdruckpumpe.**

57 Offenbart ist eine Höchstdruckpumpe für Drücke bis zu 4000 bar, bei der von einer Antriebseinrichtung und zumindest einem Kolben in einem Hydraulikfluid erzeugte Druck über Trenn-Membranen auf ein Druckfluid übertragbar ist, wobei jedem Kolben zwei Trenn-Membranen zugeordnet sind.



**EP 0 400 693 A2**

## Höchstdruckpumpe

Die Erfindung betrifft eine Höchstdruckpumpe, insbesondere für Drucke bis zu 4000 Bar gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine derartige Höchstdruckpumpe ist bereits aus der DE-OS 35 45 631 bekannt. Bei dieser Pumpe wird eine Membran benutzt, um einen über einen Kolben auf ein Hydraulikfluid aufgebrachten Druck auf ein Druckfluid zu übertragen, das über Einlaß- und Auslaßmittel in die bzw. aus der Pumpe gefordert wird. Abhängig von der Druckaufbauichtung wird die Membran entweder zum Kolben hin oder in Richtung zu den Einlaß-/Auslaßmitteln verformt. Im Gegensatz zu üblichen Membranpumpen wirkt die Membran bei einer gattungsgemäßen Höchstdruckpumpe nicht als Pumporgan, sondern sie dient lediglich zur flüssigkeitsdichten Trennung des Hydraulikfluids vom Druckfluid, und ist somit beidseitig mit annähernd gleichem Druck belastet.

Beim Betrieb einer derartigen Höchstdruckpumpe hat es sich gezeigt, daß die maximal erreichbaren Fördermengen für viele Anwendungsfälle - z.B. Betonschneiden - nicht ausreichend sind. Man hat versucht, die Fördermenge durch Vergrößerung des Membranhubs zu erhöhen. Die sich dabei ergebenden Durchbiegungen der Membranen führten allerdings im Membranquerschnitt zu hohen inneren Spannungen, die deren Standzeit wesentlich reduzierten. Die maximalen Spannungen treten dabei bevorzugt im Mittelabschnitt der Membranfläche auf.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die gattungsgemäße Höchstdruckpumpe derart weiterzubilden, daß auch bei hohen Fördermengen eine hinreichende Standzeit der Höchstdruckpumpe gewährleistet ist.

Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die Merkmale im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 gelöst.

Durch die Maßnahme, jedem Kolben zwei Membranen zuzuordnen, können diese mit einem verhältnismäßig geringen Hub betrieben werden, so daß die entstehenden Spannungen und damit die Dauerbruchgefahr der Membranen auf ein Minimum reduzierbar ist.

Durch die vorteilhafte Weiterbildung gemäß Patentanspruch 2 ist eine besonders kompakt aufgebaute Höchstdruckpumpe herstellbar. Bei einer derartigen Ausführungsform wird die Wandung zwischen der Außenkammer und dem Zylinder beidseitig durch den Außenkammerdruck und den Zylinderdruck abgestützt, so daß sich die Wandstärke minimieren läßt.

Die Dauerfestigkeit der Membran kann wesentlich erhöht werden, wenn gemäß einer Merkmalskombination der Patentansprüche 3 bis 7 die maxi-

malen Auslenkungen der Membranen durch Anlageflächen begrenzt sind. Die Erhöhung der Dauerfestigkeit hat ihre Ursache darin, daß bei der Verwendung von Anlageflächen die maximale Durchbiegung der Membran bei gleichem Hub gegenüber dem gattungsbildenden Stand der Technik verringert ist. Darüberhinaus ist durch die Ausbildung der Anlageflächen eine Schadraumminimierung möglich, die insbesondere bei hohen Fluid-  
5 drucken zum Tragen kommt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die durch die Membran abgetrennte Innenkammer und Außenkammer jeweils über Ausnehmungen mit den Einlaß-/Auslaßmittel bzw. dem Zylinder verbunden sind, so daß die Volumina der Strömungswege gering sind.

Eine weitere Verbesserung des Pumpenwirkungsgrades ist erzielbar, wenn gemäß den Patentansprüchen 10 bis 15 die Ausnehmungen in Form eines Ringspalts ausgebildet sind, dessen Mittenabschnitt vorteilhafterweise durch einen bewegbaren Kontrollkörper gebildet ist.

Durch die vorteilhafte Weiterbildung gemäß Patentanspruch 16 wird sowohl aus der Außenkammer als auch aus der Innenkammer austretende Leckageflüssigkeit aufgefangen und einer Vermischung des Hydraulikfluids mit dem Druckfluid vorgebeugt.

Eine besonders kompakte Pumpenanordnung mit hoher Förderleistung erhält man, wenn gemäß den Patentansprüchen 17 bis 19 mehrere erfindungsgemäße Höchstdruckpumpen, die einer Antriebseinrichtung zugeordnet sind, durch gemeinsame Befestigungselemente zusammengefaßt sind.

Durch die Verwendung eines Differentialkolbens lassen sich auf einfache Weise höchste Drücke realisieren.

Nachstehend werden einige bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand schematischer Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 bis 3 Schnittdarstellungen zur Erläuterung des Wirkprinzips der erfindungsgemäßen Höchstdruckpumpe;

Fig. 4 eine Membrananordnung gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 5 einen Querschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines Höchstdruckpumpensatzes;

Fig. 6 eine weitere Ausführungsform einer Innenkammer der Höchstdruckpumpe aus Fig. 5;

Fig. 7 eine Schnittdarstellung eines Ausführungsbeispiels einer Membrankammer;

Fig. 8 und 9 Schnittdarstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Membrankammer; und

Fig. 10 eine Prinzipskizze zur Auslegung von

Anlageflächen der Innen/Außenkammer.

Zunächst sei anhand der Fig. 1 bis 4 das der erfindungsgemäßen Höchstdruckpumpe zugrundeliegende Wirkprinzip erläutert.

Eine Arbeitskammer 17 befindet sich in einem Gehäuse 1 und hat ein Einlaß- und ein Auslaßventil 38 und 39, wobei entsprechende Verbindungskanäle 1509 angeordnet sein können. Wichtig ist bei der einfachsten Ausführungsform gemäß Fig. 1, daß die Achse der Arbeitskammer senkrecht steht. Denn unten in der Kammer 17 soll das zu pumpende nicht schmierende oder rostverursachende Medium, z.B. Wasser, gepumpt werden. Oberhalb des Kammernteiles 17 befindet sich der Kammernteil 16, der erfindungsgemäß mit einem schmierfähigen Fluid gefüllt ist, das im Vergleich zum Fluid im Kammernteil 17 eine geringere Dichte bzw. ein geringeres spezifisches Gewicht hat. Diese Flüssigkeit des geringeren spezifischen Gewichts wird die erste Flüssigkeit oder das Hydraulikfluid genannt und die Flüssigkeit in dem Kammernteil 17 mit dem höheren spezifischen Gewicht wird die zweite Flüssigkeit oder das Druckfluid genannt. Die erste ist die schmierende, die zweite die nicht schmierende Flüssigkeit. Infolge des Unterschieds der spezifischen Gewichte der Flüssigkeiten schwimmt die erste immer oben im Kammernteil 16 auf der zweiten darunter im Kammernteil 17. Die beiden unterschiedlichen Flüssigkeiten trennen sich also immer automatisch voneinander durch ihr unterschiedliches spezifisches Gewicht.

Daher kann der Betrieb des Motors oder der Pumpe in den Bereich der schmierenden, oberen, ersten Flüssigkeit im Kammernteil 16 verlagert werden. Teile 16 und 17 sind Teile einer einzigen, gemeinsamen Kammer in dieser Figur. Oberhalb des Kammernteils 16 kann daher der Pumpkolben 52 angeordnet und rezipriert werden. Seine Reziprokatons-Bewegung mag man von Hand oder motorisch betreiben. Motorisch z.B. durch die Anordnung der Umlaufwelle 12 mit einem Exzenterhubteil 13, dessen Außenfläche dann über einen im Kolben schwenkbar gelagerten Kolbenschuh 14 den Kolben treiben kann. Man drückt nun das Wasser oder ein anderes Fluid unter leichtem Vordruck durch das Einlaßventil 38 in die Kammer 17, wodurch der Kolben 15 in seine Ausgangslage zurückgedrückt wird. Stattdessen könnte man den Kolben 15 auch durch eine Gleitführung oder durch ein Federmittel in seine Ursprungslage zurückziehen.

In der Fig. 2 ist das gleiche System gezeigt, doch wird durch die mehreren Hubexzenter 13,23 und 24 angedeutet, daß mehrere Arbeitsaggregate hintereinander liegen und durch eine Welle 12 mit ihren Hubteilen 13,23 und 24 zeitlich nacheinander betrieben werden, d.h. eine gemeinsame Antriebs-einrichtung haben. Durch den Anschluß 27 kann

auch der Hubexzenteraum 25 mit Vordruckfluid gefüllt werden, das dann zeitweilig, wenn die Steuerung 26 beim Umlauf der Welle 12 die Bohrung oder den Kanal 28 im Kolbenschuh trifft, durch Nut 26, Kanal 28 und den den Kolben 15 durchdringenden Kanal 30 in die Mittelleistung 31 geleitet werden kann, um diese mit der richtigen Fluidmenge zu füllen.

Der Mittelkanal 30 führt von dem Zylinder, in dem der Kolben 15 läuft, und zwar von dessen Zylinderboden aus, zu der ebenfalls im Gehäuse 1 angeordneten Arbeitskammer 32. In ihrem Oberteil ist der Folgekolben 33 dichtend rezipriert gelagert. Der Kolben 15 ist der Erstkolben, während der Kolben 33 der Zweitkolben ist. Zwischen den beiden Kolben befindet sich die den Mittelkanal 31 füllende Fluidsäule 31, die die Bewegung des einen der Kolben auf den anderen Kolben überträgt. Im Beispiel der Fig. 3 ist, wenn das Aggregat als Pumpe verwendet wird, der Erstkolben 15 der Geberkolben und der Zweitkolben 33 der Folgekolben. Die Kolben können unterschiedliche Durchmesser zwecks Erzielung einer Kraftübersetzung haben. Der Erstkolben kleineren Durchmessers, aber längeren Hubs bewirkt so eine größere Kraft kürzeren Hubs des Folgekolbens oder Zweitkolbens 33. Unterhalb des Folgekolbens 33 ist die Fluid- oder Außenkammer 35 ausgebildet, in die der Folgekolben 33 ggf. eintauchen kann und die den ersten Kammernteil bildet, der mit dem ersten Fluid gefüllt ist, also mit dem schmierenden Fluid gefüllt ist, damit der Kolben 33 und dessen Einpassung in der Laufbuchse 45 nicht durch nichtschmierendes oder rostverursachendes Fluid beschädigt werden kann. Unterhalb der Außenkammer 35 befindet sich der Kammernteil oder die Innenkammer 37, die das nicht schmierende zu pumpende zweite Fluid enthält. Die Innenkammer 37 ist entsprechend wieder mit Einlaßventil 38 und Auslaßventil 39 - ggf. federbelastet - versehen. Diese Ventile sind in dieser Figur zu Sammelleitungen 41 und 42 für den Einlaß und Auslaß aller Arbeitsaggregate verbunden. Als Besonderheit ist ein Trennmittel 36 zwischen den Kammern 35 und 37 angeordnet, um Vermischen durch Planschen der ersten und der zweiten Flüssigkeit zu vermeiden. Das Trennmittel 36, das eine Scheibe sein mag, kann mit Dichtringnutmitteln 43 zur Aufnahme nicht eingezeichneter plastischer Dichtringmittel versehen sein.

In der Fig. 3 ist die Ausführung für höchste Drucke als Pumpe und für praktisch unbegrenzte Lebensdauer gezeigt. Die Kolbenantriebsteile 12,13 usw. für den Geberteil können mit den Mitteln der hydrostatischen Aggregate des Anmelders für unbegrenzte Lebensdauer gebaut werden, weil sie kein nicht schmierendes oder Rosten verursachendes Fluid berühren. der bereits aus der Fig. 2 bekannte Trennkörper 36 hat deshalb unbegrenzte

Lebensdauer, weil er keinen Belastungen ausgesetzt ist. Er schwimmt ja nur zwischen zwei Fluiden gleichen Drucks. Die Ventile und Kanäle, wie die Kammern 35 und 37, sind angeordnet und wirken sinngemäß wie in Fig. 2. Ebenso die Anschlüsse.

Der Geberkolben 15 hat einen relativ kleinen Durchmesser im Vergleich zu dem von ihm über die Fluidsäule in dem Mittelkanal 31 angetriebenem Folgekolben 49. Dadurch wird erreicht, daß der Folgekolben 49 wegen seiner größeren Querschnittsfläche mit einer vielfachen Kraft relativ zur Kraft des Geberkolbens 15 bewegt wird, und zwar in der Figur nach unten bewegt wird. Das vordere oder untere Ende des Folgekolbens 49 mündet in die bevorzugterweise drucklose Zwischenkammer 50. Sie mag drucklos gehalten sein durch den Anschluß 51, der mit der Atmosphäre oder besser mit einer druckarmen Kammer des Aggregates verbunden sein mag. Die Besonderheiten der Fig. 3 im Vergleich zur Fig. 2 besteht darin, daß in der Fig. 3 der Folgekolben 49 auf einen Hochdruck-Pumpkolben 52 kleineren Durchmessers wirkt. Der Hochdruck-Pumpkolben 52 in der Fig. achsgleich unter dem Folgekolben 49 angeordnet und in der Laufbuchse 45 aus nicht rostendem Material dicht reziprokierbar geführt. Er taucht mit seinem vorderen, unteren Ende in die Außenkammer 35 mit dem ersten Fluid darin ein und sein rückwärtiges, oberes Ende lagert auf der Stirnfläche des Folgekolbens 49. Die übrigen Teile der Fig. 3 entsprechen im Prinzip denen der Fig. 2 und brauchen daher hier nicht noch einmal neu beschrieben werden. Durch die Anordnung des Hochdruck-Pumpkolbens 52 mit Vergleich zum Folgekolben 49 kleinem Durchmesser wird erreicht, daß der Folgekolben 49 einen großen Querschnitt hat, während der Hochdruck-Pumpkolben 52 einen kleinen Querschnitt hat. Dadurch erreicht der Hochdruck-Pumpkolben 52 einen wesentlich höheren Druck in den Kammern 35 und 37, als der Folgekolben darin erreichen könnte, weil ja infolge der Querschnittsunterschiede eine Kraftübersetzung zwischen dem Folgekolben 49 und dem Hochdruck-Pumpkolben 52 angeordnet ist. Die hydrostatische Geberstufe des Erstkolbens 15 arbeitet rationell, wenn die Aggregate und Teile nach Patentschriften des Erfinders eingebaut sind, mit 500 bis 1000 Bar Öldruck. Macht man nun den Querschnitt des Hochdruck-Pumpkolbens 52 etwa viermal kleiner, als den des Folgekolbens 49, dann hat man eine vierfache Druckübersetzung, was zur Folge hat, daß der Hochdruck-Pumpkolben 52 dann mit 2000 oder 4000 Bar arbeitet, also in den Kammernteilen 35 und 37 ein Druck von 2000 bzw. 4000 Bar erzeugt wird, wenn der Geberkolben 15 einen Druck von 500 bzw. 1000 Bar erzeugt. Andere Druckbereiche und Übersetzungen können beliebig gewählt werden, soweit die Anlage ausreichend stabil gebaut

ist.

In der Fig. 4 ist der Trennkörper 36 der Fig. 2 und 3 durch eine eingespannte Membran 61 ersetzt. Diese ist mittels des Einsatzes 91 im Gehäuse 1 in Sitzen für ihren Bord 62 festgehalten, wobei die Schrauben 92 zur Befestigung des Halteeinsatzes 91 verwendet sein mögen. Zu beachten ist hier, daß es sich nicht um eine pumpende Membran des herkömmlichen Einsatzes, sondern um eine Fluid-Trennmembran handelt. Übliche Membrane werden als Pumpen bei den hohen Drucken, die die Erfindung äre. Als Trennmembrane für die Verhinderung der Vermischung des ersten Fluids mit dem zweiten Fluid in den Kammern 35 und 37 aber ist die Membran von beiden Enden her mit gleichen Drucken belastet. Sie trägt also keine Pumplast und ist keiner Pumpbelastung ausgesetzt. Doch ist ihr Durchmesser ausreichend groß zu wählen und ist ihre Dicke ausreichend dünn zu halten, damit sie ohne hohe innere Spannungen durchbiegen und den Auf- und Ab-Bewegungen der beiden Fluide in den Kammern 35 und 37 folgen kann. Man baut diese Membran 61 vorteilhafterweise aus Stainless-Stahl oder Carbonfaser, wenn man mit Wasser in dem Kammernteil 37 fahren will. Carbonfaser hat den Vorteil, daß man durch Wahl der Hitzen bei der Herstellung des Fibers einen hohen Auswahlbereich für den Elastizitätsmodul der Membran 61 zur Verfügung hat.

Fig. 5 überwindet ein Problem der Hochdruckpumpen mit elastischen Membranen 61. Es ist nämlich so, daß die einteilige Membran 61 das einfachst erstellbare Element ist. Dadurch alleine kann man daraus aber noch keine rationelle Hochdruckpumpe für mehrere tausend Bar bauen. Denn es müssen ja für eine ausreichende Fördergleichmäßigkeit mit akkumulatorlosem (speicherlosem) Betrieb mehrere solcher Anlagen um eine Welle herum gebaut werden. Man erhält dann Elemente mit großen Durchmessern und geringer Fördermenge, bei denen viele dicke Schrauben benötigt werden. Das Problem wird durch die Fig. 5 gelöst, indem man mehrere Membransätze axial voreinander oder hintereinander setzt, um mit der gleichen Anzahl dicker Schrauben eine größere Fördermenge zu erzielen. Entsprechend sind unter Winkeln radial um die Welle 1154 Membranpumpensätze angeordnet, von denen die Fig. 5 einen im Längsschnitt oberhalb der Welle zeigt. Auf Kolbenschuhe 541 der Geberkolben 540 wirken hier Exzenterhubscheiben 1153, während die Exzenter-Hubscheiben 13 die Kolbenschuhe eines anderen der drei, fünf oder sieben (oder mehr) um die Welle 1154 andeuten, aber nicht maßgenau und auch nicht lagengenau gezeichnet sind. Die Leitung 1150 liefert von außen her Schmierfluid unter ausreichend hohem Druck, um die hydrostatischen Lager der Kolbenschuhe und/oder des Geberkolbens 540 mit

Schmierfluid zu versorgen, was durch die Leitungen 1149 in die Druckfluidtaschen gelangen kann. Die Geberkolben 540 treiben die Hubkolben 52 zum Druckhub an. In der Figur sind jedem Hubkolben 52 zwei gegenüberliegende Membranpumpen mit Membranen 61 zwischen der jeweiligen Außenkammer 35 und der Innenkammer 37 zugeordnet. Man hat auch eine gemeinsame Fluidzuleitung 1155 mit den Einlaßventilen 38.

Man hat auch eine gemeinsame Auslaßleitung 1157 hinter den Auslaßventilen 39. Wichtig ist erfindungsgemäß noch, daß den mehreren Membranpumpen 61 des Mehrfachmembranpumpensatzes der Figur die gemeinsamen Verbindungsschrauben 1161 bis 1164 zugeordnet sind, die am jenseitigen Ende in entsprechende Gewinde in Muttern 1165 oder einen Deckel eingreifen. Durch die Ausbildung eines Mehrfachsatzes mit gemeinsamen Schrauben wird so eine Pumpe mit großer Fördermenge und geringem Platzbedarf für die verhältnismäßig große Fördermenge geschaffen.

Die erfindungsgemäße und technische Bedeutung des Aggregates der Figur besteht darin, daß die Hydraulikfluid enthaltenden Räume auf ein solches Minimum an Volumen beschränkt wurden, daß das Aggregat mehrere tausend Bar statt der einigen hundert Bar der bekannten Technik erreichen kann und ferner darin, daß der Ölraum ein kleinstes Volumen erhalten hat.

Fig. 6 zeigt, daß es in der Praxis nicht immer richtig ist, konische Innenkammern 37 oberhalb von Membranen auszubilden. In der Fig. 6 hat der Kopfdeckel 1001 daher eine nach einer elastischen Linie geformte, gewölbte Anlagewand 1151, an die sich die Membran 61 mit der Kurve 1152 ohne zu hohe örtliche Spannungen innerhalb der Membran gut anlegen kann. In der Praxis wird man die Anlageflächen, wie in der Fig. 6, auch in der Fig. 5 ausbilden, doch kann man das schlecht zeichnen, so daß in der Fig. 5 gerade Konen gezeichnet sind.

In Fig. 7 ist der Kopfdeckel 11 auf dem Gehäuse 1 des Aggregats befestigt. Direkt oder indirekt ist die Membran zwischen dem Gehäuse 1 und dem Kopfdeckel 11 angeordnet, wobei einerseits der Membran 61 die Außenkammer 35 ausgebildet und andererseits der Membran 61 die Innenkammer 37 angeordnet ist. Zur Außenkammer 35 führt der Zylinder (die Zylinder) 1535 mit dem (den) darin reziprozierbaren Hubkolben 52. Zur Innenkammer 37 führt der Einlaßkanal mit dem Einlaßventil 38 und von der Innenkammer fort ist der Auslaßkanal mit dem Auslaßventil 39 angeordnet.

Durch das Einlaßventil 38 wird Fluid in die Innenkammer gedrückt und diese gefüllt. Danach wird der Kolben 52 im Zylinder auf die Außenkammer 35 zu bewegt und liefert dabei Fluid unter Druck in die Außenkammer 35. Der Antrieb des Kolbens 52 kann z.B. wie in meinen parallelen

Patentanmeldungen oder wie in meinen veröffentlichten Patentanmeldungen oder in anderer zweckdienlicher und geeigneter Weise erfolgen. Sobald das Fluid im Zylinder 1535 ausreichend komprimiert ist und in die Außenkammer 35 eintritt, übersteigt es den Druck in der Innenkammer 37 und drückt die Membran 61 in Richtung der Innenkammer 37, wobei sich das Volumen der Innenkammer 37 verkleinert und aus ihr Fluid über das Auslaßventil 39 geliefert wird. Dieses Fluid ist dann Druckmittel und kann aus einem nicht gezeichneten Anschluß des Aggregates entnommen werden, um die gewünschte Fluid-Druckarbeit zu leisten.

Beginnt der Hubkolben 52 seinen Druckhub, dann komprimiert das Fluid im Zylinder 1535 so lange, bis der Druck in der Außenkammer 35 gleich zu dem in der Innenkammer 37 ist. Beim weiteren Fortschritt des Druckhubs komprimieren die Fluide in der Außenkammer 35 und der Innenkammer 37 so lange weiter, bis bei geschlossenem Einlaßventil 38 der Druck den Druck jenseits des Auslaßventils 39 übersteigt. Bei Übersteigen dieses Drucks öffnet sich das Auslaßventil 39 und das Fluid aus der Innenkammer 37 wird über das Auslaßventil 39 abgeliefert, bis die Innenkammer 37 entleert ist, alles Fluid gefördert ist und die Membran 61 z.B. an der Auflagefläche 1513 zum Anliegen kommt.

Die Lage, die Form und der Abstand der Anlageflächen 1513,1514 von der in den Figuren dargestellten Neutrallage der Membrane 61 sind so bemessen und angeordnet, daß die bei der Deformation der Membrane 61 entstehenden Spannungen so gering bleiben, daß Dauerfestigkeit der Membrane 61 von z.B. wesentlich mehr als 6 Millionen Hüben erreicht wird.

Als Erfindungsziel soll das nicht nur bei Membranen 61 mit gummiähnlicher Elastizität, sondern auch bei Membranen aus Federstahl oder aus nicht rostendem Edelstahl erreicht werden. Das ist dann möglich, wenn die Edelstahlmembrane etwa 1mm dick oder dünner, vorzugsweise 0,2 bis 0,4 mm, ist und der Maximalabstand der Anlageflächen 1513,1514 etwa dreimal kürzer in Axialrichtung ist, als in den Figuren dargestellt. In der Figur ist der beschriebene Axialabstand übertrieben groß gezeichnet, damit man die beiden Kammern 35 und 37 in den Figuren gut erkennen kann. Bei 60 mm Durchmesser der radialen Innenkante der äußeren Einspannung der Membrane werden bei Edelstahl von etwa 1 mm Dicke etwa 1,5 mm Hub in Richtung zur Fläche und die gleiche Hublänge zur Fläche 1514 von der Neutrallage der Membrane aus gefahren, wenn man ausreichend lange Lebensdauer erhalten will.

Um diese Dauerfestigkeit der Membrane erhalten zu können, wird erfindungsgemäß radial außerhalb der Membran 1506 der Freiraum 1515 und radial außerhalb der Membran 1520 der Freiraum

1522 angeordnet, damit die Membran in diesem Freiraum mit ihrem radial äußeren Teil beweglich ist und sich darin radial ausdehnen und zusammenziehen kann. Außerdem ist die Membran mit ihren radial äußeren Teilen zwischen planen Flächen gehalten und zwischen ihnen radial beweglich, in die Ringnuten für das Einsetzen der Dichtringe (plastischen Dichtringe) 1528,1529,1511,1512 eingearbeitet sind. Diese Planflächen 1538,1539 zum Halten der Membran befinden sich am Kopfdeckel 11 und dem Gehäuse 1 oder an den Einlagen 1507 und 1508.

Da die betreffende, meistens dünne, Membran 61 in den Aggregaten der bekannten Technik bei den hohen Drucken in die Räume der Ventile 38,39 oder in den Zylinder 1552 gedrückt und dabei die Lebensdauer der Membran stark verringert würde, sind in der Erfindung vorteilhafterweise die engen Kanäle 1509 mit geringen Querschnitten angeordnet. Ihre Querschnitte sind vorteilhafterweise so eng, daß die Membranteile nicht in sie hereingequetscht werden können. Man kann die Querschnitte durch die Kanäle 1509 so eng halten, daß ihr Querschnitt nicht größer ist, als die Querschnittsoberfläche oberhalb oder unterhalb der Kanäle 1509 zu diesen quer gerichtet durch die Membran. Um trotzdem ausreichenden Durchfluß-Querschnitt durch die Kanäle 1509 zu haben, ordnet man eine entsprechende Vielzahl von Kanälen, z.B. in Teilen 1507 und 1508 an.

Besteht die Membran aus Kunststoff, wie z.B. Teflon, Nylon, Julicon oder dergleichen, dann drücken sich Teile der Membran bereits bei wenigen hundert Bar in die Kanäle 1509 herein und die Membran 61 wird zerstört. Außerdem neigen Kunststoffmembranen dazu, sich unter Wärme zu verformen und unter hohen Drucken drücken sie sich axial zusammen, werden also dünner, als sie ursprünglich waren und formen deshalb Wellen, so daß die ebene ursprüngliche Flachform verschwindet.

Metallmembranen müssen dünn sein, weil sich aus früheren Patentanmeldungen des Anmelders und Erfinders aus deren mathematischen Analysen ergibt, daß dickere Membranen erheblich höhere Spannungen bei gleichen Hüben erleiden, als dünne Membranen und hohe Spannungen die Lebensdauer begrenzen. Dünne Metallmembranen würden sich aber bei mehreren tausend Bar auch in die Kanäle 1509 hereindrücken. Stücke vom Durchmesser der Kanäle 1509 werden dann aus der Membran 61 unter dem hohen Fluidruck herausgestanzt und fallen in die Kanäle 1509. Die Membran ist dann undicht. Zwar lassen sich diese Erscheinungen dadurch vermeiden, daß man etwas weniger Druckfluid in die Außenkammer 35 leitet, den Kolben 52 also kürzere Hübe fahren läßt, so daß die obere Stirnfläche der Membran die Stirnflä-

che 1513 nicht berührt und damit die Kanäle 1509 nicht erreicht. Dann aber entsteht in der Innenkammer 37 toter Raum, in dem Fluid unter hohem Druck komprimiert ist und das führt dann zu Fördermengenverlust und zu Wirkungsgradverlust des Aggregates.

Daher wird in Fig. 8 ein wichtiges Mittel der Erfindung gezeigt, nämlich die Sicherheitsventilanordnung 1716,1720 usw. Das Pumpen-Gehäuseteil 1 ist mit einer Ausnehmung versehen, in der der Kontrollkörper 1716 axial beweglich, also reziprokierbar, angeordnet ist: Im Pumpen-Gehäuse 1 befindet sich die Ausnehmung 1714, von der aus Bohrungen 1719 zur Vorkammer 1723 gehen. Radial innerhalb der Bohrungen 1719 hat das Pumpen-Gehäuse 1 die Ventilführungsfläche 1715, die eine zylindrische Fläche ist und der Führung der zylindrischen Außenfläche 1724 des Ventils 1716 dient. Am hinteren Ende des Ventils 1716 befindet sich der Stopper (z.B. Spannring) 1725, der in der Ausnehmung 1714 laufend aber nicht weiter nach unten bewegt werden kann, weil sein Weg am Boden 1761 der Ausnehmung 1714 durch Anlaufen begrenzt wird. Hinten innen befindet sich im Ventil die Bohrung 1717 zur Aufnahme einer schwachen Druckfeder 1718, die das Ventil 1716 zu Zeiten, in denen keine Gegenkräfte wirken, nach unten drückt, bis der Spannring 1725 am Boden 1761 der Ausnehmung 1714 anstößt. Unterhalb der Bohrungen 1719 ist im Pumpen-Gehäuse 1 die Vorkammer 1723 dadurch ausgebildet, daß eine konische Wand 1722 geformt ist, die sich nach unten zu radial verjüngt und in dem sehr kurzen zylindrischen Ende 1720 endet. Zur Bildung der Gegenseite der Vorkammer 1723 ist der Ventilkopf mit einer kurzen zylindrischen Fläche 1710 versehen, wobei die benachbarten Flächen 1764,1765 sich entweder passend berühren oder mit sehr engem Spalt zwischen ihnen (weniger als 0,3 mm) bemessen sind. Radial nach oben sich verjüngend, schließt sich die konische Fläche 1721 an, die schließlich in eine Hinterdrehung - ohne Bezugszeichen - übergehen kann und schließlich an der zylindrischen Außenfläche 1724 die Vorkammer 1723 geschlossen wird.

Beim Einlaßhub drückt das Vordruckfluid, das aus dem Einlaßventil 38 kommt (in Fig. 8 sind die Ventile nicht eingezeichnet) die Membran 61 nach unten, wobei sie an der Stirnfläche 1514 zum Anliegen kommen mag. Damit sie nicht in den Zylinder eindringt und beschädigt wird, mag oberhalb des Kolbens 52 die Sammelkammer 35 angeordnet sein, von der aus sich dann kleine Bohrungen nach oben zur Außenkammer 35 erstrecken, deren Durchmesser so klein ist, daß die Membran 61 bei dem geringen Vordruck nicht in sie eindringen kann. Die Innenkammer 37 ist jetzt voll mit Fluid gefüllt und die Membran 61 liegt mit ihrer unteren

Stirnfläche im Idealfall an Fläche 1514 an.

Beim Einlaßhub hat die Feder 1718 den Ventilkörper 1716 der oberen Stirnfläche der Membran 1704 folgend, nach unten gedrückt, bis der Spannungsring 1718 an der Bodenfläche der Ausnehmung 1714 zum Anliegen kam. Dabei bewegt sich die Schrägfläche 1721 so weit nach unten, daß sich um sie herum relativ zum Pumpen-Gehäuse 1 ein weiterer Ringspalt öffnet, durch den das Einlaßfluid unter seinem geringen Vordruck die Innenkammer 37 bequem und ohne großen Strömungswiderstand füllen kann. Nunmehr beginnt der Pumphub, indem der Kolben 52 nach oben läuft und Fluid in die Außenkammer 35 hereindrückt. Dieses Fluid drückt die Membran 61 nach oben, wodurch Druckmittel durch die Öffnung zwischen der Schrägfläche 1721 und dem Pumpen-Gehäuse 1 nach oben durch die Vorkammer 1723 und die Bohrungen 1719 hindurch in die Ausnehmung 1714 und von ihr aus durch das (in Fig. 8,9 nicht eingezeichnete) Auslaßventil 39 aus der Innenkammer der Pumpe herausströmt. Dabei drückt die Membran 61 den Kontrollkörper (das Ventil) 1716 nach oben, bis er beim Ende des Pumphubes seine obere Lage, wie in Fig. 8, erreicht. Alles Fluid ist aus der Innenkammer 37 herausgedrückt. Für die letzten Tröpfchen, die aus der Innenkammer 37 gefördert werden sollen, mag man den Ringspalt 1772 zwischen den Flächen 1720 im Durchmesser bis zu 0,3 mm (oder weniger) weit ausbilden.

Es ist leicht einzusehen, daß bei der Ausbildung nach Fig. 8 nicht einmal Kunststoff-Membranen durch Bohrungen oder Spalte beschädigt werden können und auch, daß die Anordnung nach dieser Figur betriebssicher funktioniert, was sie auch bisher in der Praxis, bei praktischen Testen, tut.

Vorteilhafterweise können mehrere Membranen in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sein und arbeiten auf eine gemeinsame Sammelleitung. Dadurch kann die Fördermenge der Pumpe entsprechend der Anzahl der Membrane gleicher Abmessungen vervielfacht werden.

Fig. 10 zeigt einen Querschnitt um den radial äußeren Teil eines mit Radien "r" um die Kreislinien "P" doppelt gebogenen Membran-Elements in radial zehnfacher und axial hundertfacher Vergrößerung. Diese Vergrößerung ist gewählt, um die Spannungen infolge Längsänderungen direkt sehen zu können. Gezeichnet ist strichliert die Mittelfaser des Elements gleicher Dicke "t", sowie die obere und die untere Außenfaser, die ausgezogene Linien sind. Der Hubweg ist "f". Unten sieht man in waagrecht strichlierten Linien das Element im ungespannten Zustand. Legt man von einer Kreislinie, die in der Figur als Punkt "P" erscheint, einen Strahl durch das Element, und zeichnet die senkrechte durch den Schnittpunkt des Strahles mit der

Mittelfaser des Elements, dann sieht man unten drei übereinanderliegende Punkte, die als Punkt, Kreis und Doppelkreis dargestellt sind. Bei der Durchbiegung des Elements (der Membran) erreichen diese Punkte die darüber dargestellten Punkte: Punkt, Kreis und Doppelkreis, wenn man annimmt, daß die Mittelfaser genau senkrecht über dem Ursprungspunkt liegt. Man sieht, daß infolge der Dicke des Elements, die Punkte der Außenfaser weit, um die Längen "Lo" und "Li" nach rechts und links verlagert sind. Um die Längen sind also die Außenfaserpunkte radial nach innen oder außen verlagert und erzeugen entsprechende Spannungen innerhalb des Elements. Wäre das Element unendlich dünn, dann würden diese Längsänderungen, Radialverlagerungen, nicht auftreten und das Element würde dann lediglich den Spannungen in radialer und peripheraler Richtung der Mittelfaser unterliegen. Sollte diese Spannungen überall etwa annähernd gleich sein, könnte man annehmen, daß das Element von radial außen nach innen verhältnismäßig zum Radius verdickt werden müßte, um überall gleiche Querschnitte gegen Radialzug zu haben. Diese Verdickung ist durch strichlierte Linien angedeutet. Nach bisheriger Erfahrung kann man das Membranelement gleichmäßig dick halten, wenn es auf dem inneren Drittel des Radius plan gehalten wird und wenn der Kontrollkörper 1716 der Fig. 8 in die Pumpe, die Innenkammer begrenzend und die Anlaufwand für die Membran bildend, eingebaut ist. Metallmembranen von 0,2 bis 0,4 mm Dicke halten dann gute Lebensdauer durch.

Bei allen Ausführungsarten der Erfindung sollten bei Metall-Elementen (Stainless-Stahl, gehärtet; VEW-Stahl, Aluminiumbronzen usw.) die radialen Änderungen etwa 0,3% des Ursprungsdurchmessers nicht überschreiten und bei Teflon 0,9% möglichst nicht überschreiten. Bei Teflon oder anderen Kunststoffelementen oder Membranen muß man damit rechnen, daß der hohe Druck die Dicken dieser Elemente zusammendrückt, so daß sie Wellen bilden, weil sie sich infolge der Einspannung nicht radial ausdehnen können.

## Ansprüche

1. Höchstdruckpumpe mit zumindest einem in einem Zylinder bewegbaren Kolben, der über eine Antriebseinrichtung für alle Kolben betätigbar ist, wobei der von dem Differentialkolben in einem Hydraulikfluid erzeugte Höchstdruck über eine im Pumpengehäuse gelagerte Trenn-Membran auf ein Druckfluid übertragbar ist, die eine Kammer in eine mit dem Zylinder in Verbindung stehenden Außenkammer und eine Innenkammer unterteilt, der Einlaß- und Auslaßmittel zur Zu- bzw. Abführung

des Druckmittels zugeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß jedem Differentialkolben (52,540;52,49) zwei Trenn-Membranen (61) zugeordnet sind.

2. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membranen (61) im wesentlichen parallel zur Achse des Kolbens (52,540;52,49) angeordnet sind.

3. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membranen (61) einander diametral gegenüberliegend im Abstand zum Differentialkolben (52,540;52,49) angeordnet sind.

4. Höchstdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Innenkammer (37) und/oder der Außenkammer (39) eine Anlagefläche (1513,1514) ausgebildet ist, an der die Membrane (61) in ihrer maximalen Auslenkung anliegt.

5. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Anlagefläche (1513,1514) zur Spannungsminimierung an die sich bei einer freien Auslenkung einstellende Biegung der Membran (61) angepaßt ist.

6. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membran (61) mit ihrem zentrischen Teilabschnitt plan an der Anlagefläche (1513,1514) abgestützt ist.

7. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchmesser des zentrischen Teilabschnitts vorzugsweise 1/3 des Membranendurchmessers beträgt.

8. Höchstdruckpumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenkammer (37) und/oder die Außenkammer (35) über in der jeweiligen Anlagefläche (1513,1514) ausgebildete Kanäle (1509) mit den Einlaß-, Auslaßmitteln (38,39) bzw. dem Zylinder (1535) verbunden sind.

9. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kanäle (1509) vorzugsweise eine lichte Weite in der Größe der Membranwandstärke haben.

10. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Innenkammer (37) über mindestens einen Ringspalt (1772) mit den Einlaß- und Auslaßmitteln (38,39) verbunden ist.

11. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Ringspalt (1772) vorzugsweise eine lichte Weite von weniger als 0.3 mm aufweist.

12. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der vom Ringspalt (1772) begrenzte Mittenabschnitt der Anlagefläche (1513,1514) durch die Stirnfläche eines im Bereich der Anlagefläche (1513,1514) im Pumpengehäuse (1) gelagerten und in Richtung zur

Membrane (61) bewegbaren Kontrollkörpers (1716) gebildet ist, durch den die lichte Weite des Ringspalts (1772) beim Ansaugen des Druckfluids in die Innenkammer (37) vergrößert ist.

13. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß Kontrollkörper eine sich an die Stirnfläche anschließende zylindrische Außenumfangskante (1765) hat, die mit einer im Radialabstand stehenden Innenumfangsseite (1864) des Pumpengehäuses den Ringspalt (1772) bildet.

14. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein sich in Schließrichtung an die Außenumfangskante (1765) des Kontrollkörpers (1716) anschließender Mantelabschnitt (1721) radial verjüngt ist und mit einem benachbarten, sich radial nach außen erweiternden Umfangsabschnitt (1722) des Pumpengehäuses (1) eine Vorkammer (1723) bildet.

15. Höchstdruckpumpe nach einem der Ansprüche 12 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kontrollkörper (1726) durch Vorspannung in seine den Ringspalt (1772) vergrößernde Öffnungstellung, bewegbar ist.

16. Höchstdruckpumpe nach einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hubbewegung des Kontrollkörpers (1726) durch Anschläge (1725,1761) begrenzt ist.

17. Höchstdruckpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Membrane (61) mit einem radial außenliegenden Ringabschnitt zwischen Planflächen (1538,1539) des Pumpengehäuses (1) eingespannt ist, in denen zur Abdichtung beidseitig der Membran (61) Ringnuten ausgebildet sind.

18. Höchstdruckpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Erhöhung des Förderstroms mehrere Höchstdruckpumpen mittels gemeinsamer Befestigungselemente (27;1161-1163,1165) zu einem axial hintereinander liegenden Pumpensatz mit einer gemeinsamen Antriebseinrichtung (12,13,23,24; 1154,1153) zusammengefaßt sind, wobei eine gemeinsame Sammelleitung (1157) zur Abführung des Druckfluids vorgesehen ist.

19. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß mehrere, einer gemeinsamen Antriebseinrichtung (12,13,23,24; 1154,1153) zugeordnete Pumpensätze parallel nebeneinander liegend zusammengefaßt sind.

20. Höchstdruckpumpe nach Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, daß die einzelnen Pumpensätze von der Antriebseinrichtung (12,13,23,24; 1154,1153) derart ansteuerbar sind, daß die in den gemeinsamen Befestigungselementen (27;1161-1163,1165) auftretenden Spannungen minimal sind.

21. Höchstdruckpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,

daß der Kolben ein Differentialkolben (52,540; 52,49) ist, der in einem abgestuften Zylinder angeordnet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

9

Fig.1

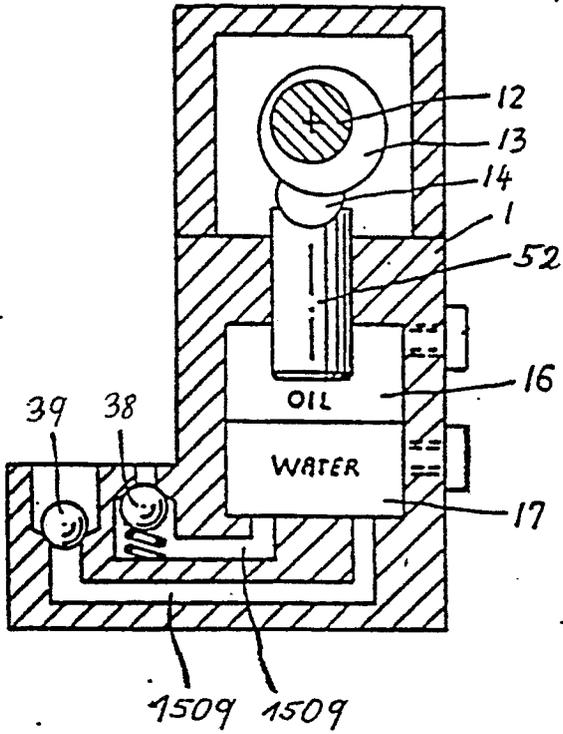


Fig. 2

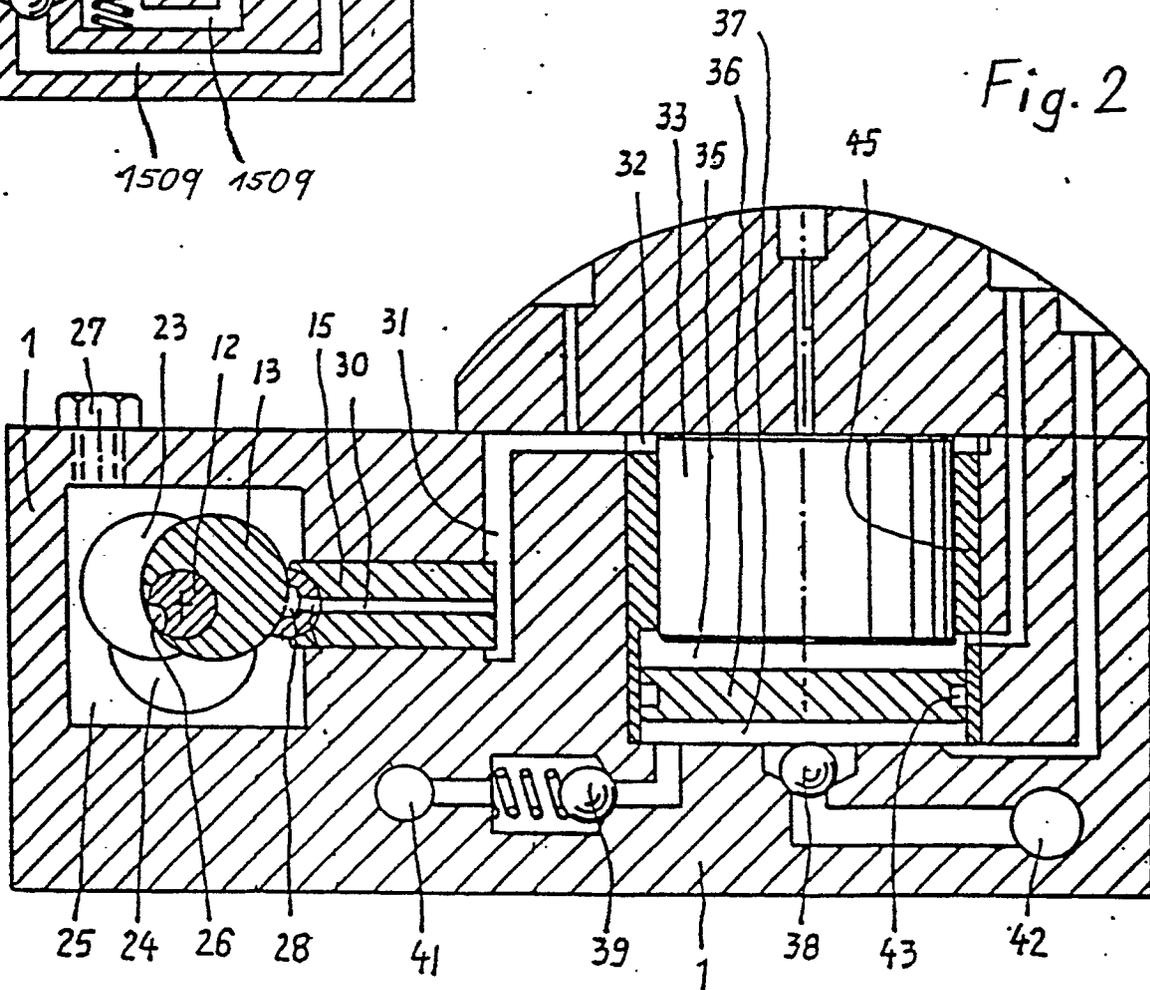




Fig. 4

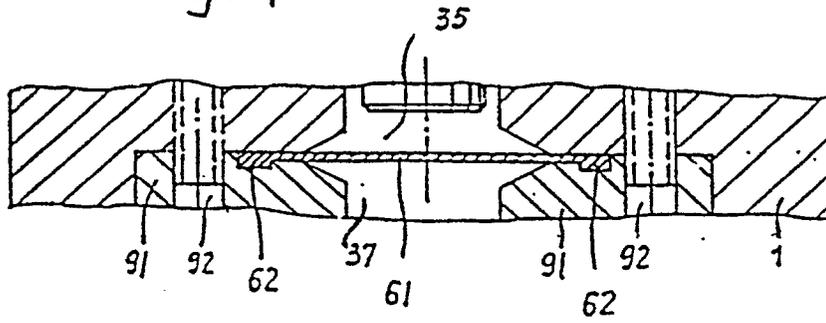


Fig. 6

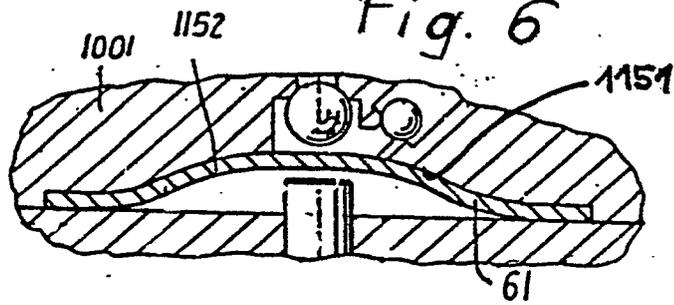


Fig. 5

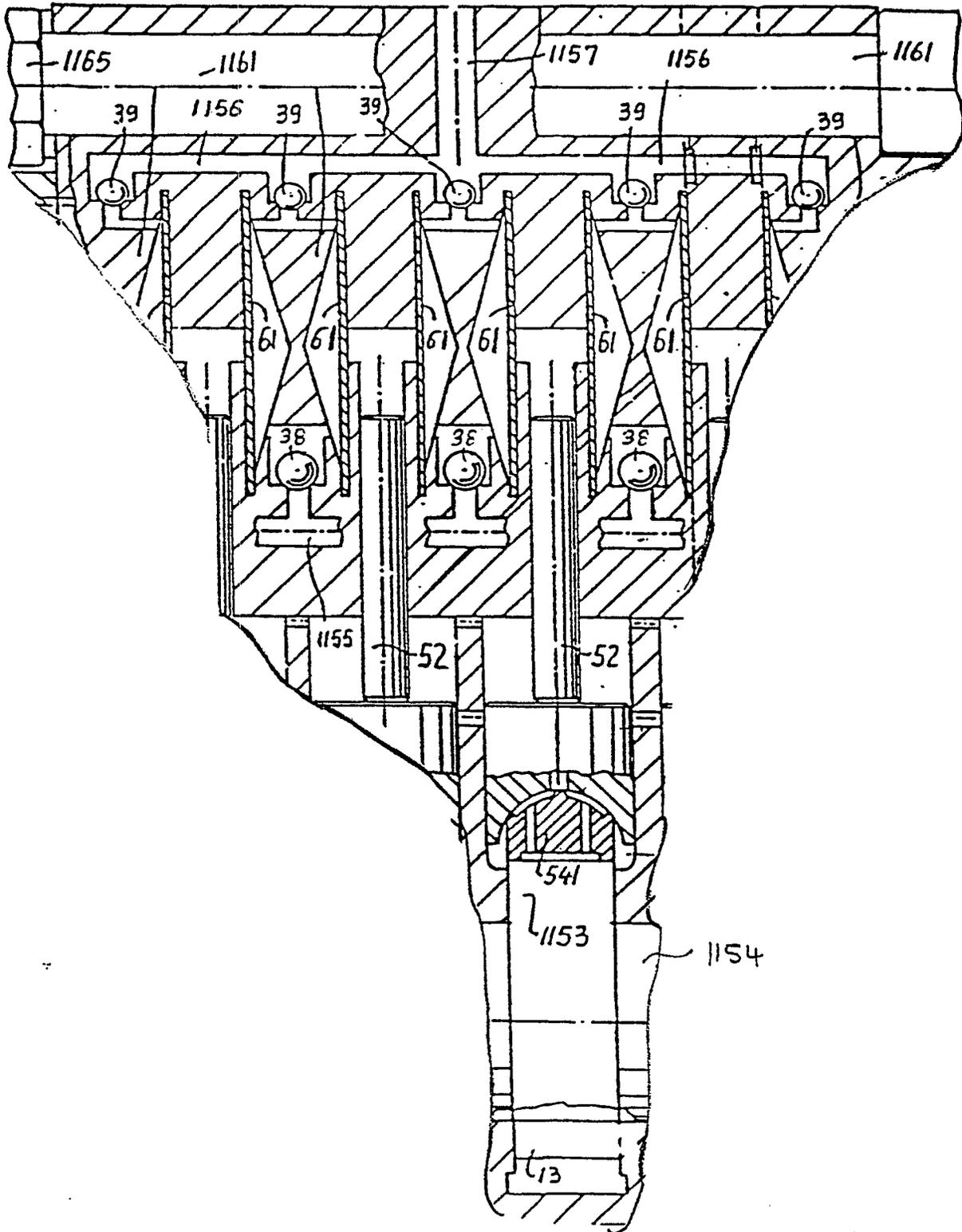
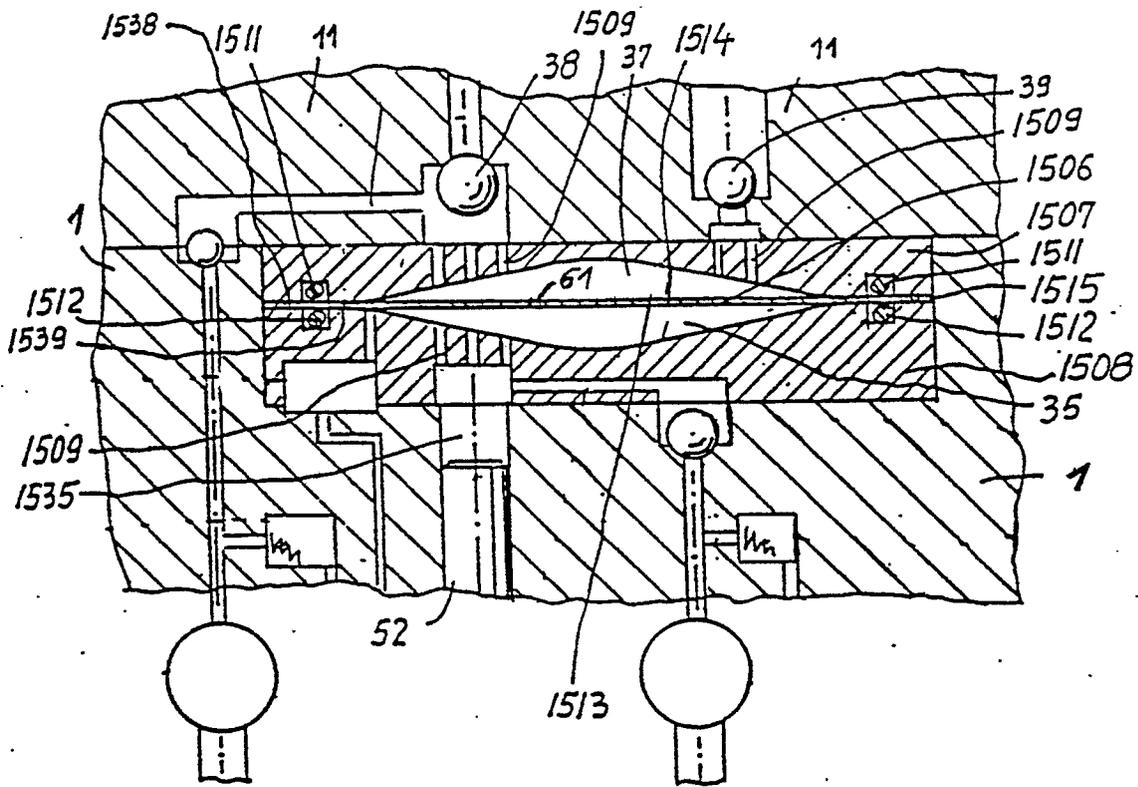


Fig. 7



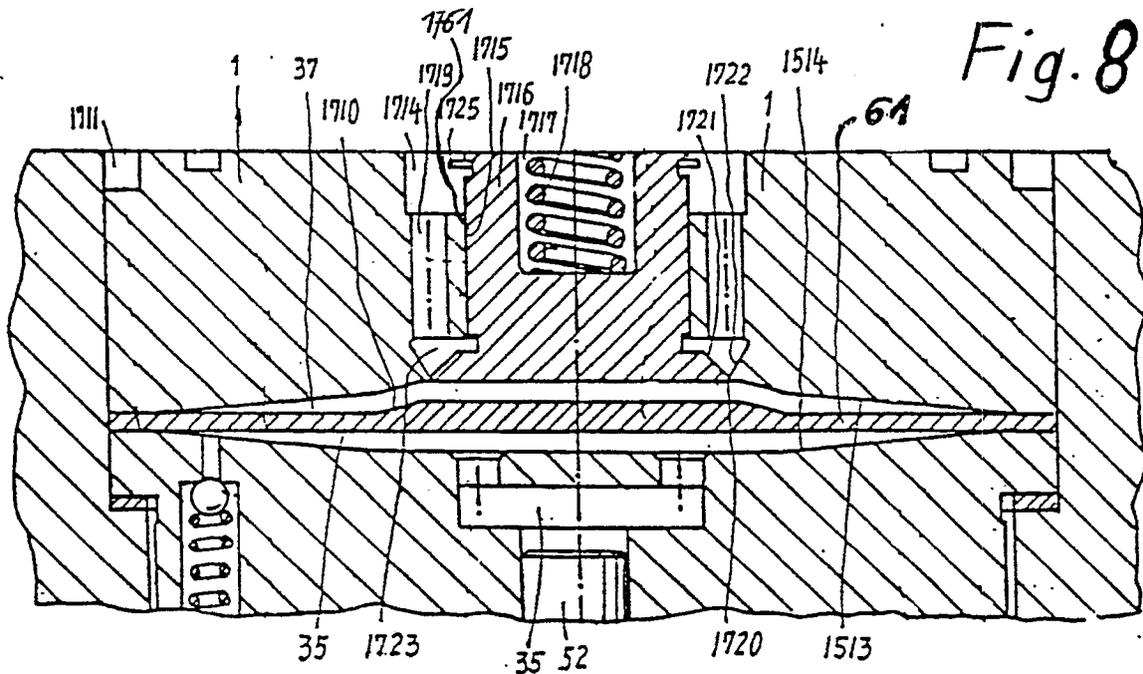


Fig. 9

