



(10) **DE 10 2010 061 793 A1** 2011.06.30

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 061 793.8**

(22) Anmeldetag: **23.11.2010**

(43) Offenlegungstag: **30.06.2011**

(51) Int Cl.: **F16K 31/06 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2009 055 350.9 **29.12.2009**

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

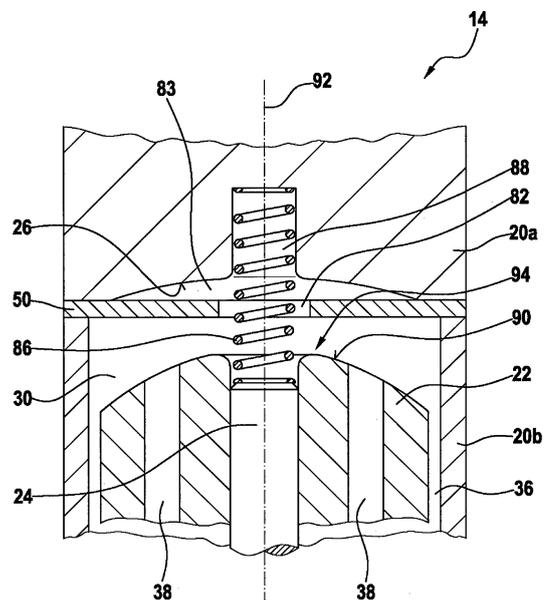
Gerundt, Oliver, 71292, Friolzheim, DE;
Thorwirth, Erik, 70178, Stuttgart, DE; Eckart,
Winfried, 71636, Ludwigsburg, DE; Szermutzky,

Valentin, 63486, Bruchköbel, DE; Koreck,
Juergen, 70806, Kornwestheim, DE; Eichendorf,
Andreas, 70374, Stuttgart, DE; Maerz, Manfred,
71636, Ludwigsburg, DE; Maess, Matthias,
71034, Böblingen, DE; Eisenmenger, Nadja,
70469, Stuttgart, DE; Bendel, Karl, 71701,
Schieberdingen, DE; Deponte, Rene, 71093,
Weil im Schönbuch, DE; Heinen, Christian, 70771,
Leinfelden-Echterdingen, DE; Magel, Hans-
Christoph, 72764, Reutlingen, DE; Stokmeier,
Gerhard, 71706, Markgröningen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Elektromagnetisch betätigtes Schaltventil, insbesondere Mengensteuerventil insbesondere zur Steuerung der Fördermenge einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein elektromagnetisch betätigtes Mengensteuerventil, insbesondere zur Steuerung der Fördermenge einer Hochdruckpumpe, beschrieben. Die Hochdruckpumpe besitzt einen mit einem Fluid (30) befüllbaren Bewegungsraum (28), einem in diesem angeordneten Bewegungsteil (22) einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung und einem Anschlag (26). Zwischen dem Bewegungsteil (22) und dem Anschlag (26) ist vorzugsweise scheibenartiges Zwischenelement (50) angeordnet.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein elektromagnetisch betätigtes Schaltventil nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Vom Markt her bekannt sind Schaltventile, insbesondere Mengensteuerventile, welche ein elektromagnetisch betätigtes Ventilelement aufweisen. Damit kann die einer Hochdruckpumpe zugeführte Kraftstoffmenge im Kraftstoffeinspritzsystem einer Brennkraftmaschine beeinflusst werden.

[0003] Ebenfalls bekannt ist es, an einem mit einem Anker gekoppelten Ventilelement Anschlagflächen vorzusehen, welche mit zugeordneten Anschlagflächen an einem Ventilgehäuse zusammenwirken. Dadurch kann die Bewegung des Ankers bzw. des Ventilelements definiert begrenzt werden.

[0004] Ebenfalls bekannt ist es, einen Anker des Elektromagneten beispielsweise mit Längsbohrungen zu versehen, um die bei der Bewegung des Ankers auftretende Dämpfung einstellen zu können. Durch solche axialen Bohrungen im Anker wird Fluid, also Kraftstoff, von einer axialen Seite des Ankers zur anderen Seite befördert. Alternativ zu einer axialen Bohrung im Anker ist es ebenfalls bekannt, an einer Umfangswand des Ankers axiale Nuten anzubringen, welche ebenfalls einen Fluidaustausch zwischen den beiden Seiten des Ankers ermöglichen.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Durch die Erfindung wird ein elektromagnetisch betätigtes Schaltventil nach Anspruch 1 geschaffen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen angegeben. Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in der nachfolgenden Beschreibung und in den Zeichnungen, wobei die Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wichtig sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.

[0006] Das erfindungsgemäße Schaltventil besitzt ein in einem Gehäuseabschnitt in zwei Richtungen bewegbares Bewegungsteil, wobei eine Bewegungsrichtung durch einen Anschlag begrenzt ist. Der Gehäuseabschnitt ist mit Fluid befüllbar. Zwischen dem Bewegungsteil und dem Anschlag ist ein Zwischenelement angeordnet. Dieses ist vorzugsweise, aber nicht zwingend scheibenartig, also mit einem relativ großen Verhältnis zwischen Durchmesser und Dicke. In vielen tatsächlichen Realisierungen hat das Zwischenelement die Funktion eines als Restluftspaltscheibe bekannten Teils, wird also dort auch als Restluftspaltscheibe bezeichnet. Eine solche Rest-

luftspaltscheibe stellt sicher, dass immer ein Abstand zwischen Magnetanker und Magnetpol verbleibt, unabhängig davon, ob der Raum zwischen Magnetanker und Magnetpol tatsächlich mit Luft oder einem anderen Stoff, beispielsweise dem Material der Restluftspaltscheibe, gefüllt ist.

[0007] Nachfolgend wird das "Bewegungsteil" konkret als magnetisch betätigbarer "Anker" bezeichnet.

[0008] Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass sich bei einer Anziehbewegung, d. h. einer Bewegung des Ankers auf den Anschlag zu, im Bereich zweier Kontaktflächen vor dem Aufprall des Ankers an dem Anschlag mit dem dazwischen liegenden Zwischenelement in Verbindung mit dem Fluid mindestens ein Druckpolster ausbildet, das die Geschwindigkeit der Bewegung des Ankers verringert. Dieser Effekt wird Quetscheffekt genannt.

[0009] Ein weiterer Vorteil der Erfindung zeigt sich bei einer Abziehbewegung, d. h. einer Bewegung des Ankers von dem Anschlag weg, ausgehend von einem Anliegen des Ankers an dem Zwischenelement und einem gleichzeitigen Anliegen des Zwischenelements an dem Anschlag. Im Bereich der zwei Kontaktflächen entstehen ein bzw. zwei Volumina, die mit dem Fluid befüllt werden: eines zwischen dem Zwischenelement und dem Anschlag und – in der Mehrzahl der Ausgestaltungen – ein weiteres zwischen dem Anker und dem Zwischenelement. Das zwischen dem Anker und dem Anschlag eingefügte Zwischenelement ermöglicht es, ein so genanntes hydraulisches Kleben des Ankers zu verringern, und somit Schaltzeiten zu verringern.

[0010] Durch die Aufprallverzögerung und das verringerte hydraulische Kleben werden die NVH-Eigenschaften (NVH = Noise, Vibration & Harshness) des Schaltventils, d. h. die Eigenschaften bezüglich Geräusch, Vibration und Rauigkeit, in positiver Weise beeinflusst.

[0011] Die Aufprallverzögerung verringert die Pulsation des Drucks bei der Anziehbewegung. Auch Preller, d. h. ein mehrfaches Aufprallen bei der Anziehbewegung durch federnde Eigenschaften der beteiligten Bauteile, werden minimiert. Eine Verringerung der Kavitationsneigung wird durch den zeitlich abgedämpften Druckverlauf und damit einer geringen Neigung zu örtlich plötzlich auftretenden Druckunterschieden erreicht.

[0012] Mit den vorangegangenen Vorteilen wird außerdem erreicht, dass eine geringe festigkeitskritische Belastung sowie eine geringe Erosion und damit erhöhte Lebensdauer der beteiligten Bauteile wie beispielsweise Schweißnähte, Hülsen, o. ä. erreicht wird. Auch wird es ermöglicht, dass eine genaue För-

dermenge über die Lebensdauer wie auch über kurze Betriebszeiten garantiert werden kann.

[0013] In einer vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils ist das Zwischenelement aus einem nicht-magnetischen Material gefertigt, beispielsweise als austenitische Legierung. Dadurch ergibt sich der Vorteil einer magnetischen Trennung von Anker und Anschlag. Im Gegensatz zu einer Ausführung aus magnetischem Material muss hierbei keine große Kraft zur Trennung des Ankers von dem Zwischenelement und des Zwischenelements von dem Anschlag aufgewandt werden.

[0014] Dadurch, dass das nicht-magnetische Zwischenelement zwischen dem Anker und dem Anschlag angeordnet ist, ist kein direkter Kontakt zwischen dem Anker und dem Anschlag möglich. Dadurch müssen die Oberflächen des Ankers und des Anschlags nicht mit einer nicht-magnetischen Beschichtung versehen werden, da die magnetische Trennung durch das Zwischenelement geschieht.

[0015] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung, bei der der Anker an dem Zwischenelement und das Zwischenelement an dem Anschlag anliegt, existieren zwei Kontaktflächen, die durch Oberflächen der drei Kontaktelemente, dem Anker, des Zwischenelements und dem Anschlag, bestimmt werden. Die Oberflächen sind kleiner als die Gesamtfläche des Ankers, des Zwischenelements oder des Anschlags.

[0016] Vorteilhaft definiert die Restluftspaltscheibe die Kontaktflächen zwischen den Kontaktelementen. Dadurch müssen – in vielen, aber nicht in allen Ausgestaltungen der Erfindung – weder der Anker noch der Anschlag eine spezielle Form an der jeweiligen Stirnseite aufweisen. Damit kann sich die Komplexität der Form der Oberflächen des Ankers und des Anschlags verringern.

[0017] Durch die Gestaltung der jeweiligen Oberflächen des Ankers, des Zwischenelements und des Anschlags vor allem hinsichtlich der Größe und Form der Kontaktflächen wird ein Kompromiss zwischen der Aufpralldämpfung und dem hydraulischen Kleben erreicht.

[0018] In einer vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils führen axiale Kanäle innerhalb des Ankers dazu, dass bei der Abziehbewegung ein schnelles Befüllen der im Bereich der Kontaktflächen entstehenden Volumina erreicht wird. Die axialen Kanäle sind ebenso bei der Anziehbewegung vorteilhaft, da das Fluid, welches sich im Bereich der Kontaktflächen befindet, schnell abfließen kann.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils weist das Zwischenelement eine ringförmige Draufsicht auf. Dies bietet den Vorteil, dass bei dem Anliegen der Kontaktpartner ein Spalt radial innerhalb des Zwischenelements frei bleibt. Dieser Spalt erleichtert das Befüllen der bei der Abziehbewegung entstehenden Volumina im Bereich der Kontaktflächen.

[0020] Eine vorteilhafte Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils sieht vor, dass das Zwischenelement eine Mündung des axialen Kanals verdeckt und eine weitere Mündung nicht verdeckt. Durch die starke Komprimierung des Fluids bei der überdeckten Mündung wird die Ankerbewegung gebremst und es entsteht durch den hohen Druckabfall zwischen den beiden Seiten des Zwischenelements ein bremsendes Druckpolster. Beim Anliegen verschließt das Zwischenelement die überdeckten Mündungen. Bei der folgenden Abziehbewegung bietet die nicht abgedeckte Mündung den Vorteil, dass ohne Widerstand Fluid nachfließen kann. Dadurch wird eine Endlagendämpfung erreicht und ein leichtes Abziehen des Ankers und des Zwischenelements durch verringertes hydraulisches Kleben ermöglicht.

[0021] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils weist das Zwischenelement einen Breitensprung in einem Bereich auf. Der Breitensprung ist derart auf die Mündungen der axialen Kanäle abgestimmt, dass sich das Zwischenelement bei dem Anliegen der Kontaktpartner in jeder möglichen Position, beispielsweise durch Drehung, befinden kann und dabei immer eine Mündung eines der axialen Kanäle abdeckt.

[0022] In einer vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils weist das Zwischenelement eine oder mehrere Öffnungen auf, die nicht notwendigerweise mittig ausgeführt sein müssen. Eine Öffnung kann durch Bohren oder Stanzen des Zwischenelements herbeigeführt werden. Dadurch wird die Belüftung der beiden Seiten vereinfacht. Besonders das hydraulische Kleben bei der Abziehbewegung wird verringert, so dass ein einfaches Ablösen des Zwischenelements möglich ist.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils ist das Zwischenelement derart ausgebildet, dass der Querschnitt zwei im Wesentlichen nicht parallele Oberflächen aufweist. Bei einem Anliegen der Kontaktpartner bleibt dadurch ein Spalt frei und es erleichtert sich das Befüllen des Volumens, welches bei der Abziehbewegung zwischen den Kontaktpartnern frei wird. Durch diese Formgebung wird somit der Effekt des hydraulischen Klebens verringert.

[0024] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils weist mindestens eine Oberfläche eine Profilierung auf. Die Profilierung behindert oder begünstigt den Aufbau des Druckpolsters und das hydraulische Kleben. Durch die Profilierung kann das Verhalten bezüglich der Aufpralldämpfung und dem hydraulischen Kleben genau eingestellt werden.

[0025] Besonders vorteilhaft ist eine Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils, die ein Zwischenelement aufweist, die eine Biegeflexibilität aufweist und bei dem Anliegen der Kontaktpartner in ihrer Form verändert wird. Ausgehend von einem Anliegen des Ankers an dem Zwischenelement und des Zwischenelements an dem Anschlag bilden sich bei dem Ablösen minimale Spalte, die ein hydraulisches Kleben verhindern und ein Abziehen des Ankers und dem Zwischenelement erleichtern.

[0026] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils ist das Zwischenelement aus einem Blech gefertigt. Dies bietet Vorteile bei der Herstellung des Zwischenelements, die in einfacher Weise aus einem Rohblech gestanzt werden kann.

[0027] Eine Ausgestaltung des elektromagnetisch betätigbaren Schaltventils sieht vor, dass das Zwischenelement mindestens bereichsweise randseitig eingespannt ist. Dadurch kann die Steifigkeit des Zwischenelements erhöht werden (sie wirkt also als Anschlagfeder) und zugleich das Zwischenelement in einer definierten Position gehalten werden.

[0028] Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass der Anschlag die elastische Verformung des Zwischenelements begrenzt. Dadurch kann auch bei großen auf das Zwischenelement einwirkenden Kräften eine Überbeanspruchung des Zwischenelements einfach und sicher verhindert werden, und es ist ein definierter Weg des Ankers vorgegeben.

[0029] Weiterhin ist vorgesehen, dass das Zwischenelement zum Anschlag unmittelbar benachbart angeordnet ist und der Anschlag zum Zwischenelement hin eine konkave Ausnehmung aufweist. Beispielsweise weist die konkave Ausnehmung die Geometrie einer Kugelkappe auf. Dadurch ergibt sich zwischen dem Zwischenelement und dem Anschlag ein mit Fluid gefülltes Volumen. Zum einen wird eine endliche Strecke zum Abbremsen des Bewegungsteils bzw. des Ankers geschaffen, und zum anderen wird beim Anschlagen an dem Zwischenelement das in dem Volumen vorhandene Fluid zumindest teilweise aus dem Volumen gepresst, wodurch sich eine zusätzliche Dämpfungswirkung ergibt.

[0030] Die Erfindung ist besonders nützlich, wenn das Bewegungsteil zum Zwischenelement hin eine mindestens bereichsweise konvexe Stirnfläche aufweist. Dadurch kann das hydraulische Kleben beim Abheben des Bewegungsteils von dem Zwischenelement besonders wirkungsvoll gemildert oder sogar verhindert werden, wodurch die Schaltgeschwindigkeit des Schaltventils erhöht werden kann.

[0031] Weiterhin ist vorgesehen, dass sich die Krümmung der konvexen Stirnfläche von der Krümmung der konkaven Ausnehmung unterscheidet, vorzugsweise größer ist. Dadurch ist es möglich, dass die konvexe Stirnfläche des Bewegungsteils das Zwischenelement nach der Art einer Tellerfeder biegen und so mindestens teilweise in die konkave Ausnehmung des Anschlags – unter Verdrängung von Fluid – eintauchen kann. Auf diese Weise wird die Dämpfungswirkung verbessert.

[0032] Weiterhin wird dadurch erreicht, dass zum einen der Anker während der Anziehbewegung sich mit der konvexen Stirnfläche genügend eng an die konkave Ausnehmung anschmiegen kann, und zum anderen – während der Abziehbewegung des Ankers von dem Anschlag – genügend schnell Kraftstoff zwischen die konvexe Stirnfläche und das Zwischenelement einströmen kann. Dadurch kann ein hydraulisches Kleben vermieden und die Schaltgeschwindigkeit des Schaltventils erhöht werden. Während der Abziehbewegung des Ankers kann das elastisch verformte Zwischenelement wieder seine ursprüngliche Form annehmen, beziehungsweise in die Ausgangsposition zurückkehren.

[0033] Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

[0034] [Fig. 1](#) ein vereinfachtes Schema eines Kraftstoffeinspritzsystems einer Brennkraftmaschine;

[0035] [Fig. 2a](#) eine Schnittansicht eines vereinfachten Schemas eines Elektromagneten (ohne Spule) eines Mengensteuerventils in einer Anziehbewegung;

[0036] [Fig. 2b](#) eine Schnittansicht gemäß [Fig. 2a](#) des Mengensteuerventils in einer Abziehbewegung;

[0037] [Fig. 3a](#) eine Schnittansicht gemäß [Fig. 2a](#) mit einer Restluftspaltscheibe als Zwischenelement;

[0038] [Fig. 3b](#) eine Schnittansicht gemäß [Fig. 3a](#);

[0039] [Fig. 4](#) eine Schnittansicht gemäß [Fig. 2a](#) mit einer kreisförmigen Restluftspaltscheibe als Zwischenelement;

[0040] **Fig. 5a–Fig. 5d** jeweils eine axiale Draufsicht einer Restluftspaltscheibe entsprechend einer Richtung III der **Fig. 3a**;

[0041] **Fig. 6a–Fig. 6e** jeweils einen Querschnitt einer Restluftspaltscheibe längs der Linie IV-IV der **Fig. 5a**;

[0042] **Fig. 7a** eine Schnittansicht gemäß **Fig. 2a** mit einer Restluftspaltscheibe als Zwischenelement;

[0043] **Fig. 7b + Fig. 7c** jeweils eine axiale Draufsicht der Vorrichtung gemäß **Fig. 7a** entsprechend einer Richtung III;

[0044] **Fig. 8** eine axiale Draufsicht entsprechend einer Richtung III einer Vorrichtung gemäß **Fig. 7a** mit einer Restluftspaltscheibe als Zwischenelement;

[0045] **Fig. 9** eine Schnittansicht gemäß **Fig. 2a** mit einer Restluftspaltscheibe als Zwischenelement und einem Anschlagskörper; und

[0046] **Fig. 10** eine Schnittansicht einer nochmals geänderten Ausführungsform.

[0047] Es werden für funktionsäquivalente Elemente und Größen in allen Figuren die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0048] **Fig. 1** zeigt ein Kraftstoffeinspritzsystem **1** einer Brennkraftmaschine in einer stark vereinfachten Darstellung. Ein Kraftstofftank **9** ist über eine Saugleitung **4**, eine Vorförderpumpe **5** und eine Niederdruckleitung **7** mit einer (nicht näher erläuterten) Hochdruckpumpe **3** verbunden. An die Hochdruckpumpe **3** ist über eine Hochdruckleitung **11** ein Hochdruckspeicher **13** ("Common Rail") angeschlossen. Ein elektromagnetisch betätigtes Schaltventil **14** – im Folgenden konkret als Mengensteuerventil **14** bezeichnet – mit einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung **15** – im Folgenden als ein Elektromagnet **15** bezeichnet – ist hydraulisch im Verlauf der Niederdruckleitung **7** zwischen der Vorförderpumpe **5** und der Hochdruckpumpe **3** angeordnet. Sonstige Elemente, wie beispielsweise Ventile der Hochdruckpumpe **3**, sind in der **Fig. 1** nicht gezeichnet. Es versteht sich, dass das Mengensteuerventil **14** als Baueinheit mit der Hochdruckpumpe **3** ausgebildet sein kann. Beispielsweise kann durch das Mengensteuerventil **14** ein Einlassventil der Hochdruckpumpe **3** zwangsweise geöffnet werden.

[0049] Beim Betrieb des Kraftstoffeinspritzsystems **1** fördert die Vorförderpumpe **5** Kraftstoff vom Kraftstofftank **9** in die Niederdruckleitung **7**. Dabei bestimmt das Mengensteuerventil **14** die der Hochdruckpumpe **3** zugeführte Kraftstoffmenge.

[0050] **Fig. 2a** zeigt in einer vereinfachten Darstellung einen Ausschnitt des Mengensteuerventils **14**, beziehungsweise des Elektromagneten **15**. Die in der **Fig. 2a** dargestellten Elemente weisen im Wesentlichen eine Drehsymmetrie um eine zentrale Längsachse eines Gehäuseabschnitts **20** auf.

[0051] Dargestellt ist der im Wesentlichen hohlzylindrische Gehäuseabschnitt **20**, und in diesem ein allgemein als Bewegungsteil bezeichnbarer, in Richtung der Längsachse verschiebbarer Anker **22** und ein mit dem Anker **22** fest verbundenes Ventilelement **24**. Der Gehäuseabschnitt **20** ist im in der Zeichnung rechten Teil begrenzt durch einen Anschlag **26**. In einem in dem Gehäuseabschnitt **20** gebildeten und allgemein als Bewegungsraum bezeichnbaren Anker Raum **28** befindet sich zu beiden Seiten des Ankers **22** ein in der Zeichnung nicht sichtbares Fluid **30**. Zwischen einer inneren Umfangswand **32** des Gehäuseabschnitts **20** und einer äußeren Umfangswand **34** des Ankers **22** befindet sich ein umlaufender Ringspalt **36**, der übertrieben groß dargestellt ist.

[0052] Der Anker **22** weist vorliegend vier axiale Kanäle **38** auf, von denen zwei in der Schnittdarstellung der **Fig. 2a** sichtbar sind. In anderen Ausführungsformen kann eine beliebige Anzahl von Kanälen **38** vorhanden sein (d. h. mindestens ein Kanal **38**). Die Kanäle **38** können entweder, wie dargestellt, als Bohrungen in dem Anker **22** oder auch als Nut an der Umfangswand **34** des Ankers **22** ausgeführt sein.

[0053] In einer Endlage in Richtung des Pfeils **42** liegt die Stirnseite des Ankers **22** auf dem Anschlag **26** im Bereich einer Kontaktfläche direkt auf. Die Kontaktfläche ist bei der Vorrichtung nach **Fig. 2a** durch die stirnseitige Oberfläche des Ankers **22** definiert und nur durch die Mündungen der Kanäle **38** unterbrochen.

[0054] Die Kontaktfläche setzt sich allgemein aus den überlappenden Oberflächen von Anker **22** und Anschlag **26** zusammen. Die einzelnen Oberflächen können im Gegensatz zu den in **Fig. 2a** dargestellten in etwa planparallelen Flächen auch eine andere Oberflächenform, beispielsweise eine konvexe, konkave oder wellenartige Oberflächenform, besitzen, so dass sie bei Kontakt durch ein Ineinanderverschieben die Kontaktfläche bilden.

[0055] In der in **Fig. 2a** dargestellten Betriebsituation des Elektromagneten **15** wird der Anker **22** zusammen mit dem Ventilelement **24** in der Zeichnung nach rechts bewegt, was der Anziehbewegung entspricht. Dies wird durch einen Pfeil **42** symbolisiert. Die Anziehbewegung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Bewegungsteil, hier der Anker **22**, sich auf ein nicht bewegliches Teil, hier den Anschlag **26**, zu bewegt. Nach dem Anliegen des Ankers **22** auf dem Anschlag **26** wird der Anker **22** von dem Anschlag **26** ab- bzw.

weggezogen. Dies ist die Abziehbewegung. Ein Öffnen oder Schließen des Ventils ist mit der Anzieh- oder Abziehbewegung nicht gemeint.

[0056] Die Gesamtfläche des Ankers **22** an der Stirnseite, also an der dem Anschlag **26** zugewandten Seite, entspricht der Draufsichtfläche aus der Richtung IIIa. Die Draufsichtfläche berücksichtigt weder die Mündungen der axialen Kanäle **38** noch den Ringspalt **36**. Für den Anschlag **26** existiert eine weitere Draufsichtfläche aus der Richtung IIIb und damit auch eine weitere Gesamtfläche. Die Gesamtfläche ist somit durch eine Draufsichtfläche aus der Richtung des entgegengesetzten Kontaktpartners, hier dem Anker **22** oder dem Anschlag **26**, definiert.

[0057] Bei der Anziehbewegung wird das Volumen eines Teilabschnitts **44** des Ankerraums **28** stetig verkleinert. Damit wird das in dem Teilabschnitt **44** vorhandene Fluid **30** verdrängt. Das Fluid **30** fließt hierbei entsprechend den gezeichneten Pfeilen **46** aus diesem Teilabschnitt **44** heraus.

[0058] Durch eine Viskosität des Fluids **30** sowie die Bewegung des Ankers **22** in Richtung des Anschlags **26** erfolgt ein so genannter Quetscheffekt. Der Quetscheffekt bedeutet eine Behinderung der Verdrängung des Fluids **30**. Dies ist in der **Fig. 2a** durch Doppelpfeile **48** angedeutet. Mit dem Quetscheffekt wird eine Aufpralldämpfung des Ankers **22** ermöglicht. D. h. der Anker **22** kann mit hoher Geschwindigkeit auf den Anschlag **26** zufliegen und der Aufprall des Ankers **22** auf den Anschlag **26** wird durch den Quetscheffekt und einem daraus resultierenden Druckpolster gedämpft.

[0059] Der Quetscheffekt hängt ab von der Kontaktfläche zwischen Anker **22** und Anschlag **26**. Das Druckpolster verläuft bei dem in **Fig. 2a** dargestellten Mengensteuerventil **14** entsprechend den dargestellten Doppelpfeilen **48** zwischen den sich überlappenden Oberflächen des Ankers **22** und des Anschlags **26**. Wie dargestellt, überlappen sich die Oberflächen des Ankers **22** und des Anschlags **26** in **Fig. 2a**, abgesehen von dem Ringspalt **36** und den Mündungen der axialen Kanäle **38**, vollständig.

[0060] Die Betriebssituation in **Fig. 2b** entspricht der Abziehbewegung entsprechend dem Pfeil **43** entgegen der Anziehbewegung in **Fig. 2a**. Zwischen den Betriebssituationen in **Fig. 2a** und **Fig. 2b** geschieht ein Aufprall des Anker **22** auf den Anschlag **26**. Entsprechend der Betriebssituation in **Fig. 2b** entsteht nach dem Aufprall wieder ein Volumen im Bereich der Kontaktfläche zwischen dem Anker **22** und dem Anschlag **26**. Das Volumen wird mit dem Fluid **30** über die axialen Kanäle **38** entsprechend den Pfeilen **47** befüllt. Abhängig von der Viskosität des Fluids **30** sowie des Profils des Ankers **22** und des Anschlags **26**

kann ein sogenanntes hydraulisches Kleben auftreten, welches die Abziehbewegung erschwert.

[0061] In den folgenden Figuren ist meist lediglich die Anziehbewegung dargestellt.

[0062] **Fig. 3a** zeigt einen Ausschnitt des Mengensteuerventils **14** gemäß der **Fig. 2a** mit einem in den Teilabschnitt **44** eingefügten kreisringförmigen Zwischenelement **50**. Dieses ist vorliegend funktional eine Restluftspaltscheibe **50** und wird daher nachfolgend vereinfachend als solche bezeichnet. Alle nachfolgend dargestellten Ausführungsformen können aber in gleicher Weise auch realisiert werden, wenn das Zwischenelement nicht die Funktion einer Restluftspaltscheibe aufweist. Die Restluftspaltscheibe **50** besitzt einen im Vergleich zu der Umfangswand **32** des Ankerraums **28** geringeren Umfang. Die Restluftspaltscheibe **50** befindet sich in einer nicht zu der Längsachse zentrierten Position gemäß der **Fig. 3a**. Die Restluftspaltscheibe **50** ist in Richtung der Längsachse übertrieben dick dargestellt.

[0063] Als Kontaktpartner sind fortfolgend der Anker **22** mit der Restluftspaltscheibe **50** und die Restluftspaltscheibe **50** mit dem Anschlag **26** zu verstehen.

[0064] Die Oberflächen der Kontaktpartner bestimmen die Kontaktflächen. Die Restluftspaltscheibe **50** bestimmt die Kontaktflächen durch ihre beidseitigen Oberflächen. Die Oberflächen des Ankers **22** oder des Anschlags **26** sind in den Ausführungsbeispielen nahezu plan. In nicht dargestellter Weise können auch die für die Kontaktflächen relevanten Oberflächen des Ankers **22** und des Anschlags **26** ein nicht-planes Profil mit beispielsweise Vor- und Rücksprüngen aufweisen.

[0065] Für einen gedämpften Aufprall und ein Abziehen mit einem reduzierten hydraulischen Kleben sind die Kontaktflächen, die durch die Restluftspaltscheibe **50** gebildet werden, kleiner als die Gesamtfläche des Ankers **22** oder des Anschlags **26**. Die Gesamtfläche bestimmt sich durch die Draufsichtfläche auf den Anker **22** oder den Anschlag **26** von der Seite der Restluftspaltscheibe **50** aus.

[0066] Die Betriebssituation in **Fig. 3a** zeigt die Anziehbewegung vor dem Anliegen der Kontaktpartner. Durch die Bewegung des Ankers **22** in Richtung des Pfeils **42** wird das Fluid **30** innerhalb des Teilabschnitts **44** entsprechend den Pfeilen **46** durch die axialen Kanäle **38** in den Ankerraum **28** auf der gegenüberliegenden Seite des Ankers **22** abgeführt.

[0067] Die Betriebssituation in **Fig. 3b** zeigt im Vergleich mit der Betriebssituation in **Fig. 3a** die Anziehbewegung kurz vor dem Anliegen der Kontaktpartner. Die Restluftspaltscheibe **50** befindet sich im Gegensatz zu der Situation in **Fig. 3a** durch die Strömungs-

verhältnisse, die während der Anziehbewegung herrschen, in einer zum Anker **22** zentrierten Position. Grund hierfür ist, dass sich radial außerhalb der Restluftspaltscheibe **50** ein Druckpolster zwischen Anker **22** und Anschlag **26** bildet, welches sich konzentrisch ausbreitet und dadurch die Restluftspaltscheibe **50** in die zentrale Position zwingt.

[0068] Die sich überlappenden Oberflächen der Kontaktpartner definieren die zwei kreisringförmigen Kontaktflächen auf beiden Seiten der Restluftspaltscheibe **50**. Entsprechend den zwei Kontaktflächen bilden sich vor dem Aufprall des Ankers **22** auf die Restluftspaltscheibe **50** und dem Aufprall der Restluftspaltscheibe **50** auf den Anschlag **26** kreisringförmige Druckpolster gemäß der Doppelpfeile **48** auf beiden Seiten der Restluftspaltscheibe **50** aus.

[0069] Eine nicht dargestellte Abziehbewegung entgegen der Richtung des Pfeils **42** bewirkt, dass die im Bereich der zwei Kontaktflächen entstehenden Volumina mit dem Fluid **30** befüllt werden. Die Befüllung geschieht, ausgehend von einem Anliegen der Kontaktpartner dadurch, dass das Fluid **30**, welches sich radial außerhalb der Kontaktflächen befindet, eine Verbindung zu den axialen Kanälen **38** hat.

[0070] [Fig. 4](#) zeigt einen Ausschnitt des Mengensteuerventils **14** nach der [Fig. 2a](#). Im Unterschied zur [Fig. 2a](#) ist der Anker **22** in [Fig. 4](#) derart ausgebildet, dass er einen zentralen axialen Kanal **38** aufweist. Die kreisförmige Restluftspaltscheibe **50** ist in einem Teilabschnitt **44** des Ankerraums **28** angeordnet.

[0071] Die Betriebssituation in [Fig. 4](#) zeigt eine Anziehbewegung des Ankers **22** in Richtung von Pfeilen **42**. Ein Fluid **30** in dem Teilabschnitt **44** fließt entsprechend einem Pfeil **46** in den zentralen axialen Kanal **38**. Druckpolster bauen sich vor dem Aufprall des Ankers **22** kreisringförmig um den Kanal **38** zwischen dem Anker **22** und der Restluftspaltscheibe **50** sowie kreisförmig zwischen der Restluftspaltscheibe **50** und dem Anschlag **26** auf.

[0072] Des Weiteren ist zwischen der inneren Umfangswand **32** des Gehäuseabschnitts **20** und der Restluftspaltscheibe **50** ein äußerer Ringspalt **37** vorgesehen, um einen Austausch von Fluid **30** zwischen beiden Seiten der Restluftspaltscheibe **50** zuzulassen.

[0073] Bei der nicht dargestellten Abziehbewegung des Ankers **22** wird über den Kanal **38** das Fluid **30** nachgefüllt. Zuerst wird der Bereich zwischen Anker **22** und Restluftspaltscheibe **50** gefüllt, danach der Bereich zwischen Restluftspaltscheibe **50** und Anschlag **26**. Somit geschieht zuerst ein Lösen des Ankers **22** von der Restluftspaltscheibe **50** und danach ein Lösen der Restluftspaltscheibe **50** von dem Anschlag **26**.

[0074] [Fig. 5a](#) zeigt eine kreisförmige Restluftspaltscheibe **50** in einer Draufsicht entsprechend einer Richtung III der [Fig. 3a](#). Eine derartige Restluftspaltscheibe **50** ist z. B. in der [Fig. 4](#) vorhanden.

[0075] Die Restluftspaltscheibe **50** kann mit einer oder mehreren Öffnungen ausgeführt sein. Bei einer Ausführungsform nach [Fig. 4](#) kann beispielsweise eine Öffnung in der Mitte der Restluftspaltscheibe **50** vorgesehen sein. Die Öffnung kann aber auch außermittig ausgeführt sein. Damit wird eine Belüftung des Bereichs zwischen Restluftspaltscheibe **50** und Anschlag **26** erleichtert.

[0076] Die Restluftspaltscheibe **50** kann aus einem Blech, beispielsweise Stahlblech, gefertigt bzw. gestanzt sein.

[0077] Die Restluftspaltscheibe **50** ist derart gefertigt, dass sie eine gewisse Elastizität bzw. Biege-Flexibilität aufweist. Weist die Restluftspaltscheibe **50** zusätzlich in ihrem Querschnitt eine Form auf, die beim Anliegen der Kontaktpartner verändert wird, so kann die Restluftspaltscheibe **50** bei der Anziehbewegung durch die wirkenden Kräfte und ihre Elastizität zwischen Anker **22** und Anschlag **26** flach gedrückt werden. Bei der folgenden Abziehbewegung strebt die Restluftspaltscheibe **50** in ihre ursprüngliche Form zurück und gibt hierbei Spalte frei, die ein Befüllen mit Kraftstoff erleichtern. Damit wird das hydraulische Kleben verringert.

[0078] [Fig. 5b](#) zeigt die Restluftspaltscheibe **50** mit einer kreisringförmigen Form in einer Draufsicht entsprechend einer Richtung III der [Fig. 3a](#). Eine derartige Restluftspaltscheibe **50** ist in der [Fig. 3a](#) zu sehen.

[0079] [Fig. 5c](#) zeigt die Restluftspaltscheibe **50** mit einer kreisringförmigen Form mit einer Unterbrechung in einer Draufsicht entsprechend einer Richtung III der [Fig. 3a](#).

[0080] [Fig. 5d](#) zeigt die Restluftspaltscheibe **50** mit einer kreisringförmigen Form mit inneren kreuzförmigen Verbindungsstegen in einer Draufsicht entsprechend einer Richtung III der [Fig. 3a](#). Die Verbindungsstege dienen zur Verstärkung der Restluftspaltscheibe **50**.

[0081] [Fig. 6a](#) zeigt einen Querschnitt der Restluftspaltscheibe **50** längs der Linie VI-VI der [Fig. 5a](#). Die Restluftspaltscheibe **50** weist zwei nahezu parallele, gegenüberliegende Flächen auf. Die Restluftspaltscheibe **50** ist damit rotationssymmetrisch zu einer Mittelachse **54**.

[0082] [Fig. 6b](#) zeigt einen Querschnitt der Restluftspaltscheibe **50** längs der Linie VI-VI der [Fig. 5a](#), wobei der Querschnitt eine bezüglich der Figur vertikale

Verjüngung aufweist. Die Verjüngung ist dreieckförmig.

[0083] **Fig. 6c** zeigt einen Querschnitt der Restluftspaltscheibe **50** längs der Linie VI-IVI der **Fig. 5a**, wobei der Schnitt eine konvexe Form aufweist: Ausgehend von einem äußeren Umfang **56** verbreitert sich die Tiefe des Schnitts hin zur Mittelachse **54**.

[0084] **Fig. 6d** zeigt einen Querschnitt der Restluftspaltscheibe **50** längs der Linie VI-VI der **Fig. 5a**, wobei der Schnitt eine konkave Form aufweist. Ausgehend von einem äußeren Umfang **56** verringert sich die Tiefe des Schnitts hin zur Mittelachse **54**.

[0085] **Fig. 6e** zeigt einen Querschnitt der Restluftspaltscheibe **50** längs der Linie VI-VI der **Fig. 5a**, wobei der Querschnitt ein wellenförmiges Profil aufweist.

[0086] **Fig. 7a** zeigt einen Ausschnitt des Mengensteuerventils **14** gemäß der **Fig. 3b** mit der in dem Teilabschnitt **44** eingefügten kreisringförmigen Restluftspaltscheibe **50**, die im Gegensatz zur **Fig. 3b** beim Anliegen der Kontaktpartner die axialen Kanäle **38** verschließt.

[0087] Die Betriebssituation in **Fig. 7a** zeigt die Anziehbewegung des Ankers **22** in Richtung des Pfeils **42**. Das Fluid **30** in dem Teilabschnitt **44** fließt entsprechend den Pfeilen **46** in die axialen Kanäle **38** ab. Druckpolster bauen sich zwischen der Restluftspaltscheibe **50** und dem Anschlag **26** gemäß den Doppelpfeilen **48** und in nicht dargestellter Weise zwischen dem Anker **22** und der Restluftspaltscheibe **50** auf.

[0088] Bei der nicht dargestellten Abziehbewegung des Ankers **22** wird über die axialen Kanäle **38** das Fluid **30** nachgeführt. Zuerst wird der Bereich zwischen Anker **22** und Restluftspaltscheibe **50** gefüllt, danach erst der Bereich zwischen Restluftspaltscheibe **50** und Anschlag **26**.

[0089] **Fig. 7b** zeigt die axiale Draufsicht nach **Fig. 7a** entsprechend der Richtung III, wobei sich die Restluftspaltscheibe **50** in der zu dem Ventilelement **24** zentrierten Position befindet. Zur besseren Erkennbarkeit wurde die Schraffur aus **Fig. 7a** übernommen. Die Restluftspaltscheibe **50** überdeckt hierbei den Anker **22** derart, dass die axialen Kanäle **38** komplett verdeckt sind. Die Mündungen der axialen Kanäle **38** sind gestrichelt hinter der Restluftspaltscheibe **50** dargestellt. Das in **Fig. 7a** nicht dargestellte Druckpolster zwischen Restluftspaltscheibe **50** und Anker **22** ist in **Fig. 7b** durch die gestrichelten Doppelpfeile **48** dargestellt.

[0090] **Fig. 7c** zeigt die axiale Draufsicht der Vorrichtung aus **Fig. 7a** entsprechend der Richtung III, wobei sich die Restluftspaltscheibe **50** in einer zu dem Ven-

tilelement **24** nicht zentrierten Position befindet. Obwohl die Restluftspaltscheibe **50** sich in der nicht zentrierten Position befindet, bedeckt sie wie in **Fig. 7b** noch alle axialen Kanäle **38**.

[0091] **Fig. 8** zeigt die axiale Draufsicht auf einen Anker **22** gemäß der **Fig. 7a** und die Restluftspaltscheibe **50** gemäß der Richtung III der **Fig. 7a**. Die Restluftspaltscheibe **50** ist kreisringförmig ausgebildet und besitzt einen radial nach innen zeigenden Breitensprung **58**. Durch den Breitensprung **58** wird eine Mündung der axialen Kanäle **38** abgedeckt. Die restlichen drei Mündungen der axialen Kanäle **38** bleiben durch die Restluftspaltscheibe **50** im Wesentlichen frei.

[0092] Bei einer nicht dargestellten Anziehbewegung des Ankers **22** kann das Fluid **30** durch diejenigen axialen Kanäle **38** abfließen, die nicht durch die Restluftspaltscheibe **50** verdeckt sind.

[0093] Bei einer nicht dargestellten Abziehbewegung des Ankers **22** kann durch die nicht abgedeckten Kanäle **38** das Fluid **30** in Spalte zwischen dem Anker **22** und dem nicht dargestellten Anschlag **26** nachfließen und befüllt nachgehend auch die entstehenden Volumina im Bereich der Kontaktflächen zwischen dem Anker **22**, der Restluftspaltscheibe **50** und dem Anschlag **26**.

[0094] **Fig. 9** zeigt in einer vereinfachten Darstellung einen Ausschnitt des Mengensteuerventils **14**. Dargestellt ist der Gehäuseabschnitt **20**, und in diesem der Anker **22** verbunden mit dem Ventilelement **24** aus **Fig. 2a**. Des Weiteren ist ein Anschlagkörper **73** mit einem Anschlag **27** gezeigt. Zwischen dem Anschlag **27** und dem Anker **22** ist die kreisringförmige Restluftspaltscheibe **50** angeordnet. Der Anschlagkörper **73**, die Restluftspaltscheibe **50** und der Anker **22** mit den axialen Kanälen **38** lassen durch ein gemeinsames Volumen **80** zu, dass sich zwischen den Teilabschnitten **44** und **45** des Anker-raumes **28** zu jedem Zeitpunkt das Fluid **30** bewegen kann.

[0095] Die dargestellte Abziehbewegung des Ventilelements **24** mit dem Anker **22** ist dadurch gekennzeichnet, dass sich der Anker **22** in eine Richtung des Pfeils **43** auf den Anschlag **27** zu bewegt. Zwischen dem Anschlag **27** und der Restluftspaltscheibe **50** sowie zwischen der Restluftspaltscheibe **50** und dem Anker **22** bauen sich kurz vor dem Anliegen zwei Druckpolster gemäß den Doppelpfeilen **48** auf. Ein Fluid **30** kann in diesem Fall über das Volumen **80** in die Teilabschnitte **44** und **45** abfließen.

[0096] Bei der nicht dargestellten Anziehbewegung des Ankers **22** werden die kreisringförmigen Kontaktflächen zwischen dem Anschlag **27** und der Restluftspaltscheibe **50** sowie zwischen der Restluftspaltscheibe **50** und dem Anker **22** durch das Volumen **80**

aus den Teilabschnitten **44** und **45** mit dem Fluid **30** befüllt.

[0097] **Fig. 10** zeigt eine teilweise Darstellung einer nochmals geänderten Ausführungsform des elektromagnetischen Schaltventils **14** bzw. des Mengensteuerventils **14** in einer Schnittdarstellung. Zwischen einem in der Zeichnung oberen Gehäuseabschnitt **20a** und einem unteren Gehäuseabschnitt **20b** ist die – vorliegend aus einem austenitischen Federstahl hergestellte – Restluftspaltscheibe **50** angeordnet, welche zumindest in dem dargestellten Bereich randseitig eingespannt ist. Die Restluftspaltscheibe **50** ist zu dem Anschlag **26** unmittelbar benachbart angeordnet. Weiterhin umfasst die Restluftspaltscheibe **50** eine kreisförmige zentrische Öffnung **82**. Der obere Gehäuseabschnitt **20a** weist eine konkave Ausnehmung **83** auf, welche in der Zeichnung der **Fig. 10** nur nach unten geöffnet ist, und deren Begrenzungsfläche den Anschlag **26** bildet.

[0098] In dem unteren Bereich der Zeichnung von **Fig. 10** ist der Anker **22** angeordnet. Vorliegend ist der Anker **22** auf dem Ventilelement **24** aufgedrückt. Eine als Druckfeder ausgeführte Ankerfeder **86** ist zwischen einer Stirnseite des Ventilelements **24** und einer zylindrischen Ausnehmung **88** im oberen Gehäuseabschnitt **20a** angeordnet, wobei die Ankerfeder **86** die zentrische Öffnung **82** durchdringt. Der Anker **22** weist eine konvexe Stirnfläche **90** auf, und umfasst axiale Kanäle **38**, von denen zwei in der Zeichnung sichtbar sind. Die in der **Fig. 10** dargestellten Elemente sind im Wesentlichen rotationssymmetrisch um eine Längsachse **92** ausgeführt. Ein Volumenbereich zwischen dem oberen Gehäuseabschnitt **20a** und der konvexen Stirnfläche **90** des Ankers **22** ist mit Kraftstoff bzw. Fluid **30** gefüllt. Vorliegend ist die Krümmung der konvexen Stirnfläche **90** größer als die Krümmung der konkaven Ausnehmung **83**.

[0099] Die Anker **22** ist zusammen mit dem Ventilelement **24** in der Zeichnung vertikal bewegbar. Wenn der Elektromagnet **15** bestromt wird, so wird der Anker **22** durch magnetische Kraft in Richtung auf den oberen Gehäuseabschnitt **20a** – welcher vorliegend ein magnetischer Pol ist – bewegt. Dabei verdrängt er in einer ersten Phase einen Teil des in dem Volumenbereich befindlichen Kraftstoffs, welcher dabei durch die axialen Kanäle **38** sowie durch den Ringspalt **36** abfließen kann. In der **Fig. 10** ist der Ringspalt **36** übertrieben groß dargestellt.

[0100] In einer zweiten Phase schlägt der Anker **22** zunächst mit einem in etwa ringförmigen Dichtabschnitt **94** an der Restluftspaltscheibe **50** an, wodurch die zentrische Öffnung **82** im Wesentlichen verschlossen wird.

[0101] In einer dritten Phase wird die Restluftspaltscheibe **50** durch die konvexe Stirnfläche **90** des An-

kers **22** – vergleichbar einer Tellerfeder – elastisch verformt, wobei insbesondere der zentrische Bereich der Restluftspaltscheibe **50** in die konkave Ausnehmung **83** hinein gedrückt wird. Der in der konkaven Ausnehmung **83** vorhandene Kraftstoff wird dabei zumindest teilweise durch die zentrische Öffnung **82** und einen zwischen der Restluftspaltscheibe **50** und dem Dichtabschnitt **94** sich in Folge des hohen Drucks bildenden Spalt heraus gepresst. Dabei wird die Bewegung des Ankers **22** besonders stark gebremst. Darüber hinaus ist es möglich, dass Kraftstoff auch über sonstige, durch die Bauart des elektromagnetischen Schaltventils bedingte Spalte aus der konkaven Ausnehmung **83** entweichen kann. Diese Spalte sind in der **Fig. 10** jedoch nicht gezeigt.

[0102] Sofern die Bewegungsenergie des Ankers **22** während der vorangegangenen Phasen noch nicht vollständig abgebaut wurde, dann kann der Anker **22** in einer vierten Phase die Restluftspaltscheibe **50** weiter verformen, bis diese an dem Anschlag **26** anschlägt. Der Anschlag **26** begrenzt also die elastische Verformung der Restluftspaltscheibe **50**. Der zwischen dem Anker **22** und dem Anschlag **26** bzw. magnetischen Pol gebildete Spalt ("Arbeitsluftspalt") weist in dieser Phase eine minimale und nahezu verschwindende Größe auf – nämlich die Dicke der Restluftspaltscheibe **50**.

[0103] Wenn – ausgehend von dem erreichten Zustand – der Elektromagnet **15** abgeschaltet wird und der Anker **22** durch die Kraft der Ankerfeder **86** in der Zeichnung vertikal nach unten bewegt wird, so entsteht ein Unterdruck in der konkaven Ausnehmung **83**. Dadurch wird die Abziehbewegung (Abwärtsbewegung) des Ankers **22** zunächst gehemmt. Weil die konvexe Stirnfläche **90** jedoch im Vergleich zu dem Anschlag **26** bzw. der konkaven Ausnehmung **83** eine größere Krümmung aufweist, weist der Dichtabschnitt **94** eine entsprechend kleine Fläche auf. Daher kann frühzeitig Kraftstoff zwischen den Dichtabschnitt **94** und der Restluftspaltscheibe **50** einströmen und den Unterdruck in der konkaven Ausnehmung **83** rasch ausgleichen, so dass die Abziehbewegung des Ankers **22** vergleichsweise wenig hydraulischen Widerstand erfährt (geringes "Kleben"). Auf diese Weise ergeben sich bei der Anziehbewegung und der Abziehbewegung des Ankers **22** jeweils unterschiedliche hydraulische Kräfte. Die Anziehbewegung des Ankers **22** wird also in der dritten und vierten Phase vergleichsweise stark gedämpft und die Abziehbewegung des Ankers **22** wird vergleichsweise schwach gedämpft.

[0104] Es versteht sich, dass die Darstellung der **Fig. 10** nur beispielhaft ist. Insbesondere können die die konvexe Ausnehmung **83** und die Stirnfläche **90** charakterisierenden Radien größer sein, als in der Zeichnung gezeigt, das heißt, die Krümmungen der konvexen Ausnehmung **83** und der Stirnfläche **90**

sind in der [Fig. 10](#) zwecks besserer Veranschaulichung übertrieben groß dargestellt.

Patentansprüche

1. Elektromagnetisch betätigtes Schaltventil (14), insbesondere Mengensteuerventil zur Steuerung der Fördermenge einer Hochdruckpumpe (3), mit einem mit einem Fluid (30) befüllbaren Bewegungsraum (28), einem in diesem angeordneten Bewegungsteil (22) einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung (15), und einem Anschlag (26, 27), **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen dem Bewegungsteil (22) und dem Anschlag (26) ein vorzugsweise scheibenartiges Zwischenelement (50) angeordnet ist.
2. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) aus nicht-magnetischem Material besteht.
3. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Anliegen des Bewegungsteils (22) an dem Zwischenelement (50) oder einem Anliegen des Zwischenelements (50) an dem Anschlag (26, 27) jeweils eine Kontaktfläche vorhanden ist, wobei die Kontaktflächen entweder durch eine Oberfläche des Bewegungsteils (22) und dem Zwischenelement (50) oder eine Oberfläche des Zwischenelements (50) und des Anschlags (26, 27) festgelegt sind, und wobei die Kontaktflächen kleiner als die Gesamtfläche des Bewegungsteils (22) oder des Anschlags (26, 27) sind.
4. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche mit mindestens einem Kanal (38), der die zu beiden Seiten des Bewegungsteils (22) liegenden Bereiche des Bewegungsraums (28) miteinander verbindet.
5. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) die Mündung des axialen Kanals (38) bei dem Anliegen des Bewegungsteils (22) an dem Zwischenelement (50) nicht überdeckt.
6. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Zwischenelement (50) mindestens eine der Mündungen der axialen Kanäle (38) verdeckt und mindestens eine der Mündungen der axialen Kanäle (38) nicht verdeckt ist.
7. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) eine ringförmige Draufsicht mit einem Breitensprung in einem Bereich aufweist, wobei der Breitensprung eine Mündung eines axialen Kanals (38) bei dem Anliegen des Bewegungsteils (22) an dem Zwischenelement (50) verdeckt.
8. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) eine Öffnung aufweist, wobei die Öffnung auch außermittig angeordnet sein kann.
9. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) in einem Querschnitt zwei im Wesentlichen nicht parallele Oberflächen aufweist.
10. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche des Bewegungsteils (22), des Zwischenelements (50) und/oder des Anschlags (26, 27) eine Profilierung aufweist.
11. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) eine Biege-Flexibilität aufweist, wobei bei einem Anliegen des Bewegungsteils (22) an dem Zwischenelement (50) und/oder einem Anliegen des Zwischenelements (50) an dem Anschlag (26, 27) die Form des Zwischenelements (50) verändert ist.
12. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Zwischenelement (50) aus einem Blech gefertigt ist.
13. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) mindestens bereichsweise randseitig eingespannt ist.
14. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Anschlag (26) die elastische Verformung des Zwischenelements (50) begrenzt.
15. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass das Zwischenelement (50) zum Anschlag (26) unmittelbar benachbart angeordnet ist und der Anschlag (26) zum Zwischenelement (50) hin eine konkave Ausnehmung (83) aufweist.
16. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Bewegungsteil (22) zum Zwischenelement (50) hin eine mindestens bereichsweise konvexe Stirnfläche (90) aufweist.

17. Elektromagnetisch betätigbares Schaltventil (14) nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Krümmung der konvexen Stirnfläche (90) von der Krümmung der konkaven Ausnehmung (83) unterscheidet, vorzugsweise größer ist.

18. Kraftstoff-Hochdruckpumpe (3) umfassend ein Schaltventil (14) beziehungsweise Mengensteuer-ventil nach einem der vorstehenden Ansprüche.

Es folgen 14 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

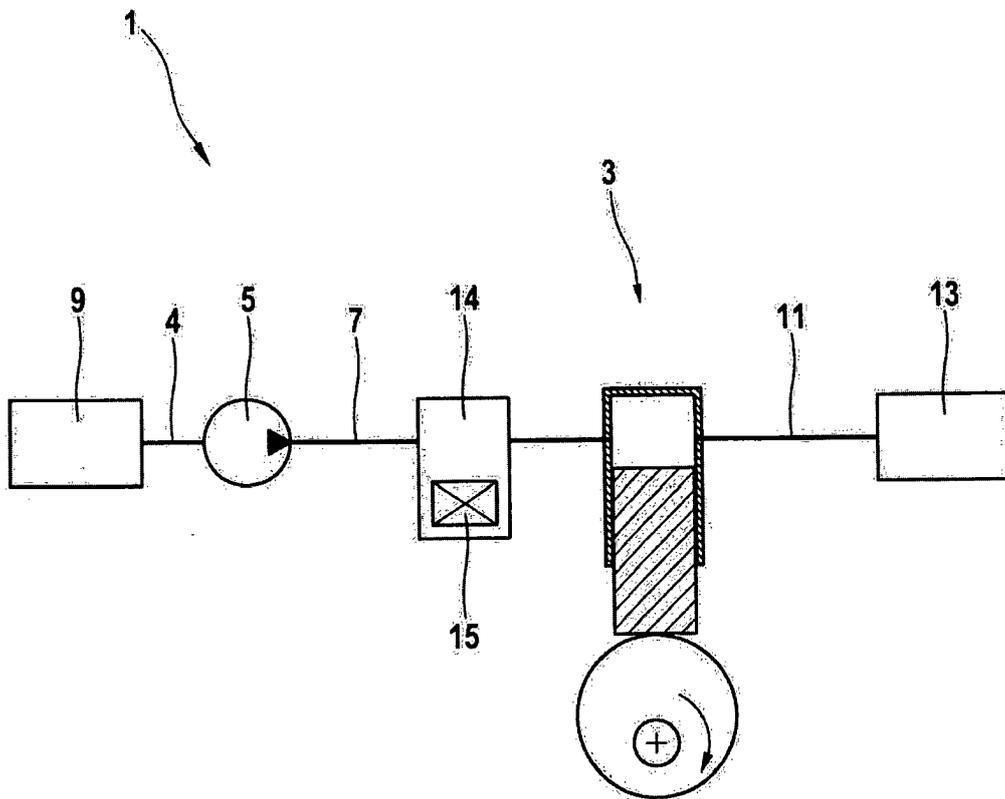


FIG. 1

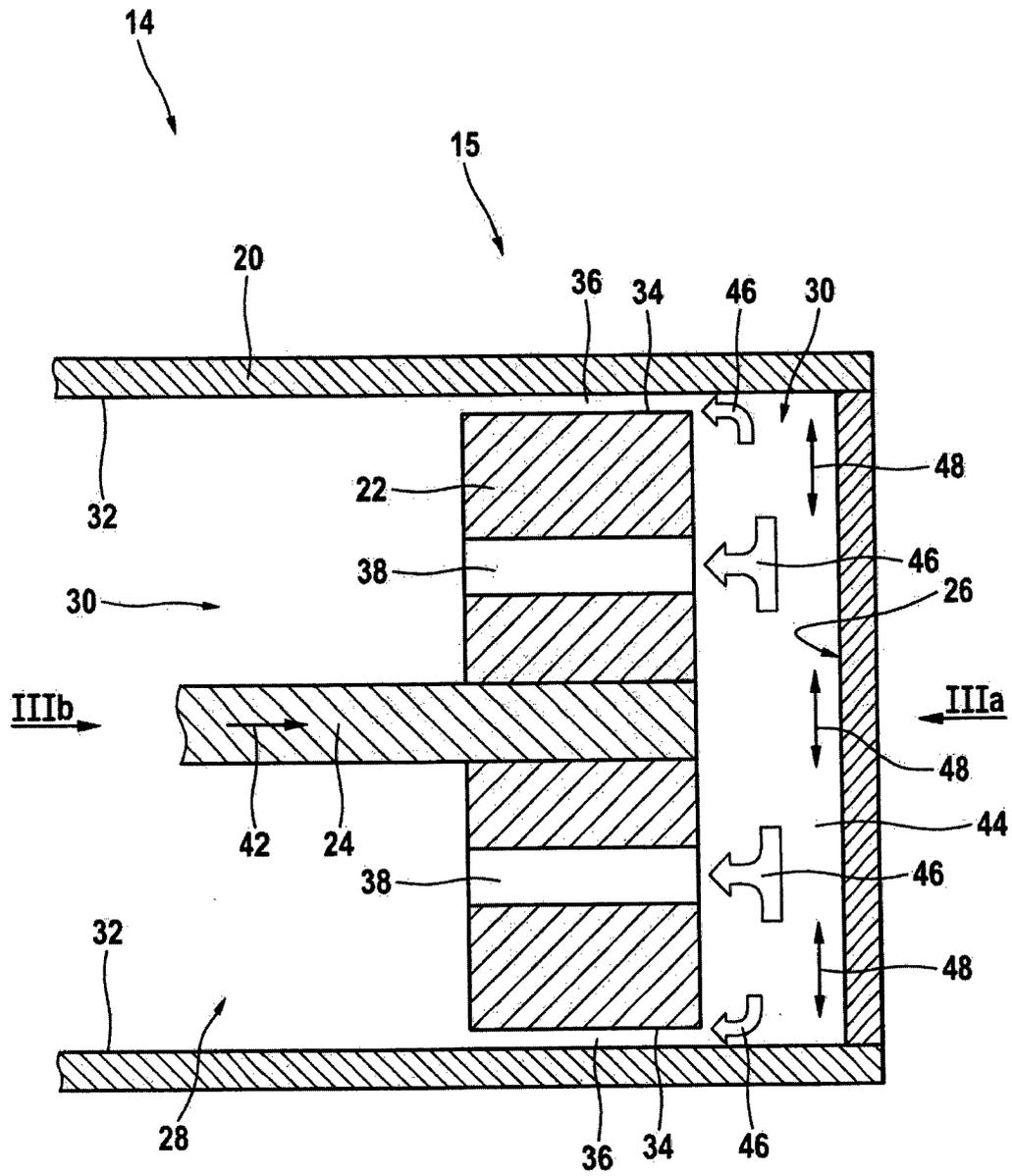


FIG. 2A

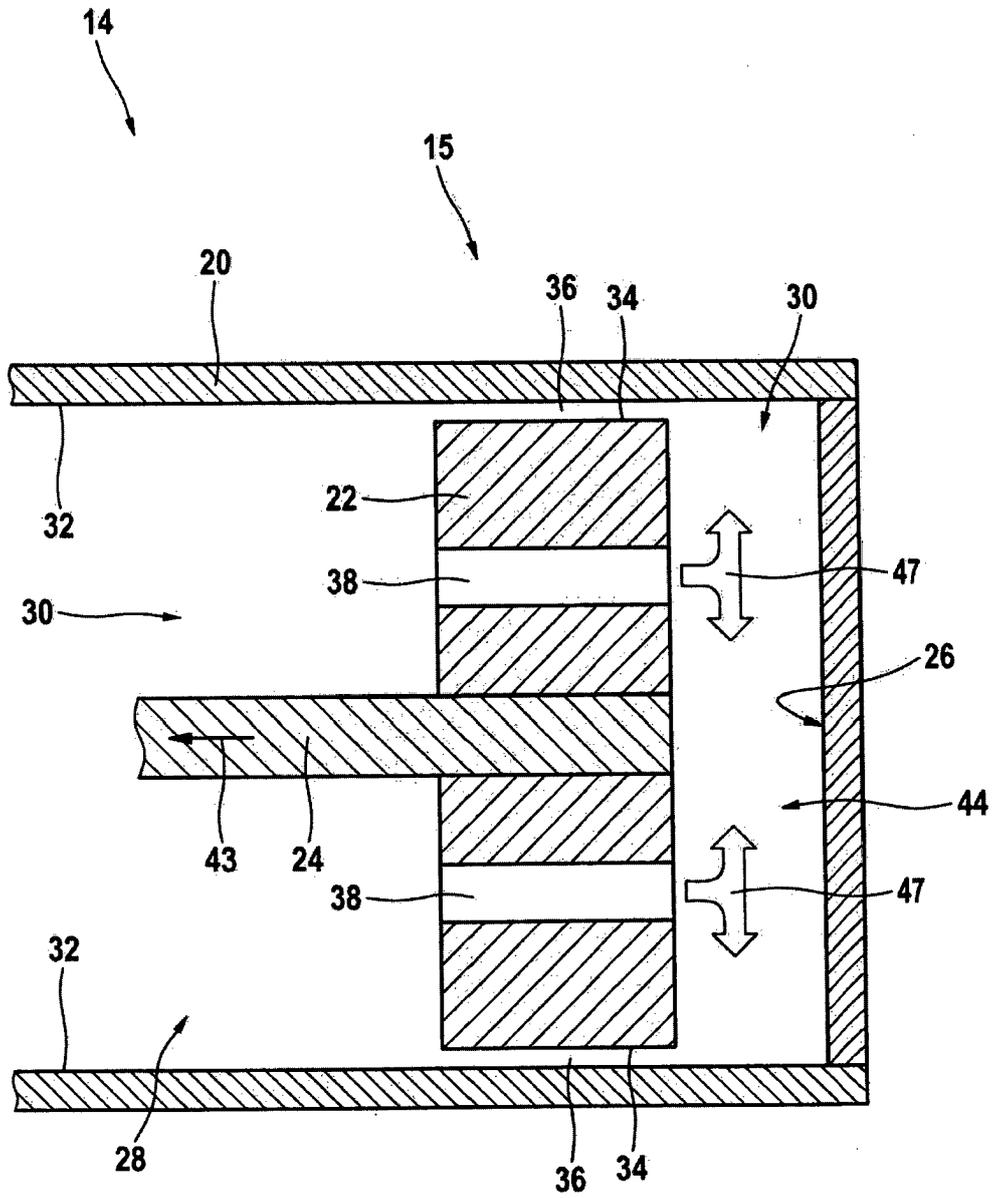


FIG. 2B

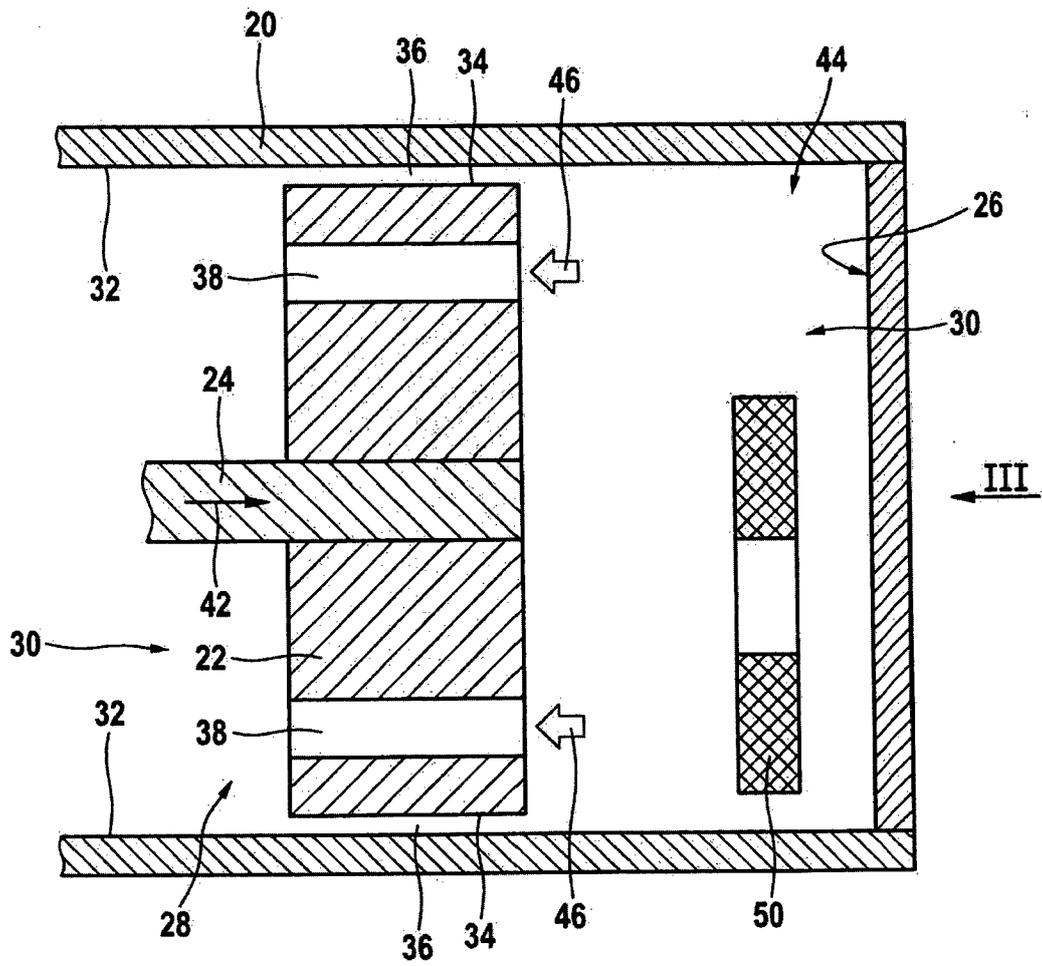


FIG. 3A

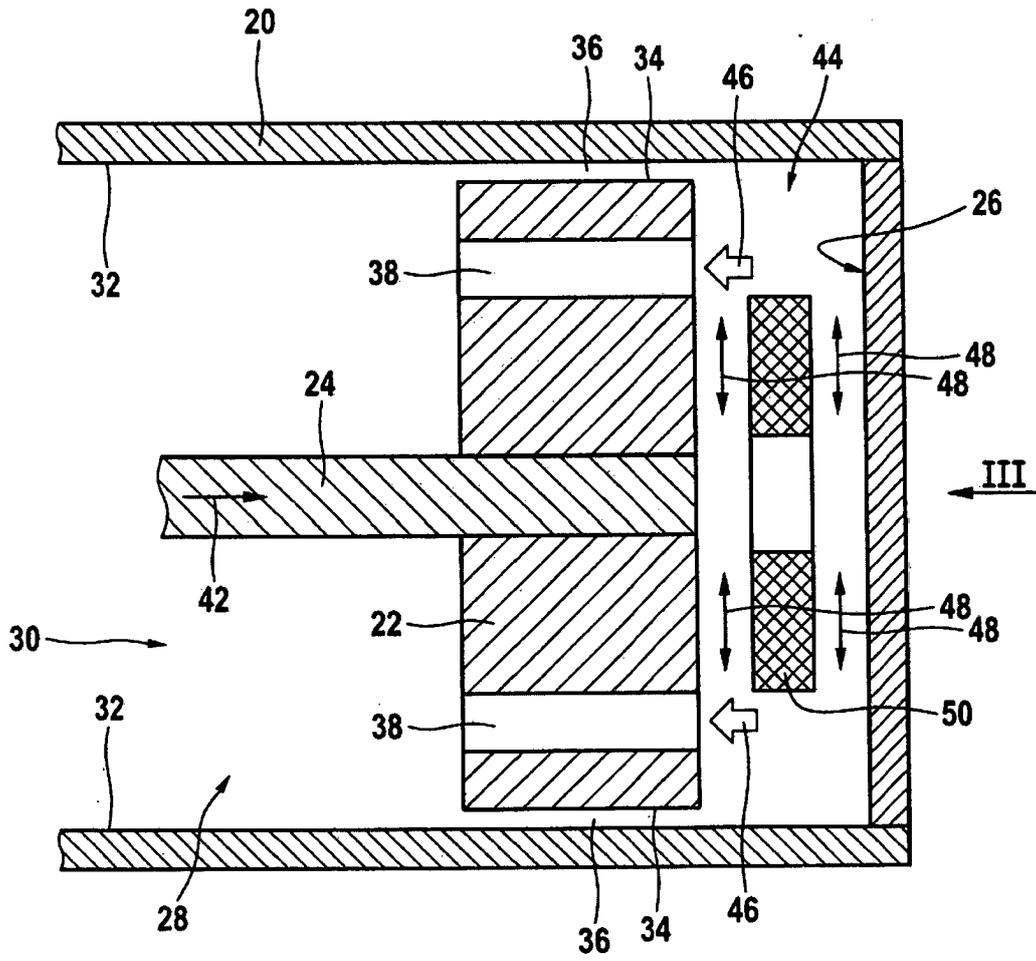


FIG. 3B

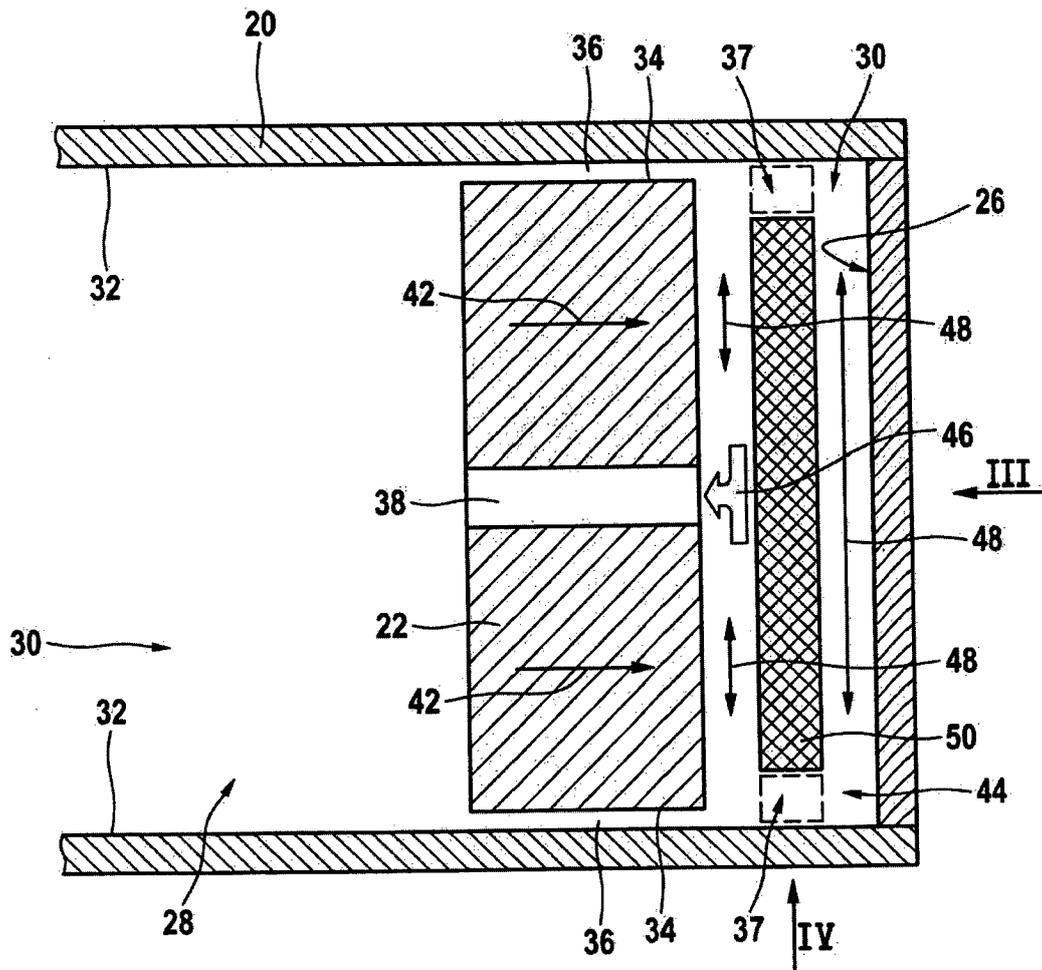
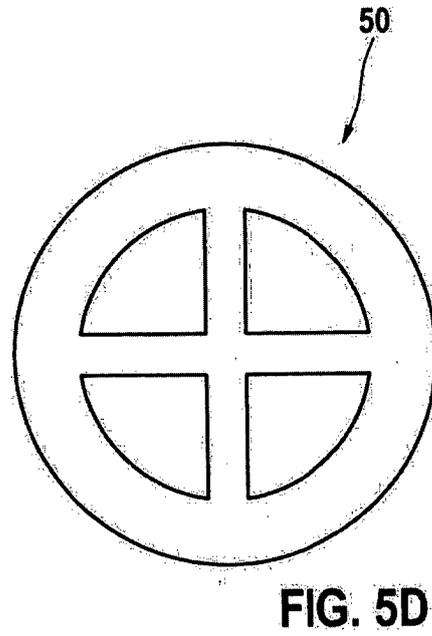
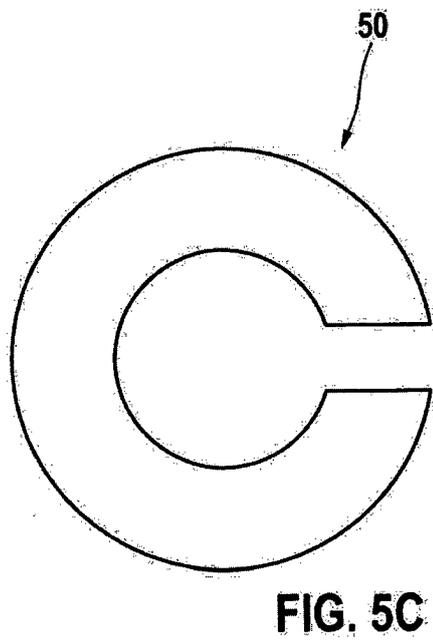
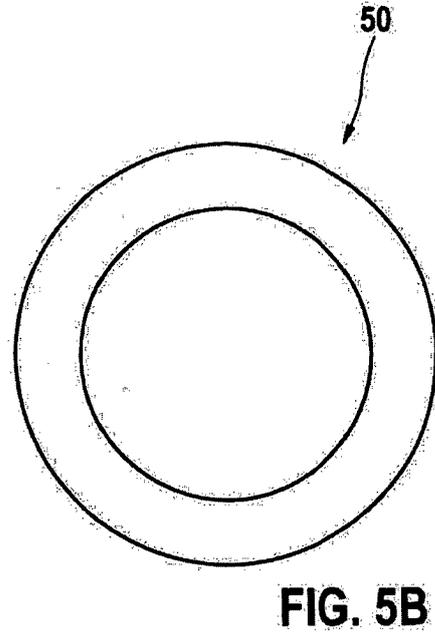
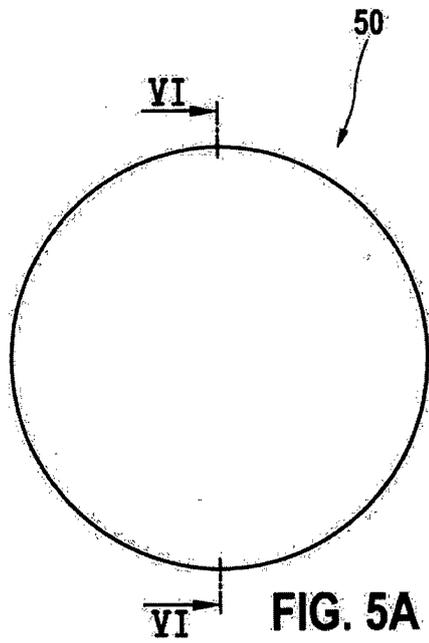


FIG. 4



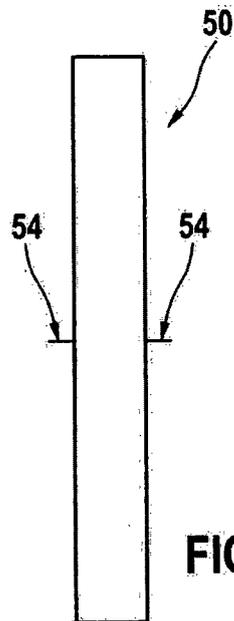


FIG. 6A

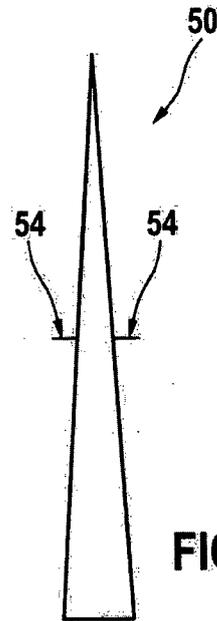


FIG. 6B

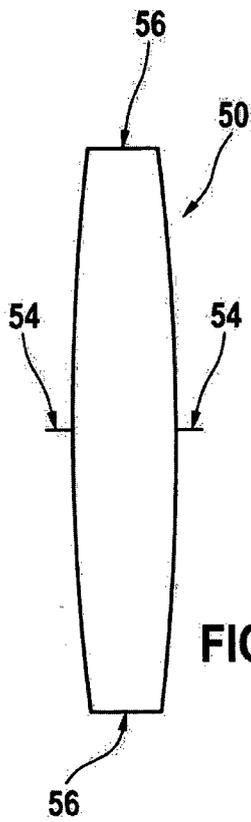


FIG. 6C

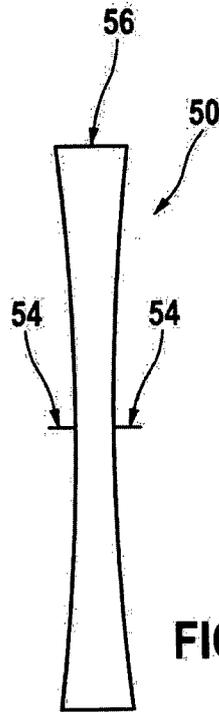


FIG. 6D

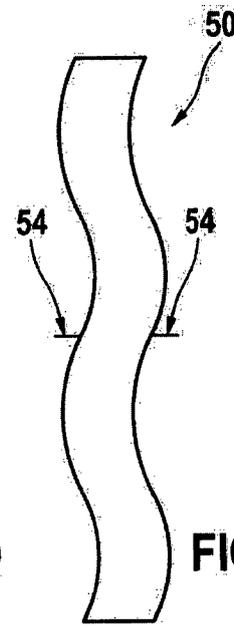


FIG. 6E

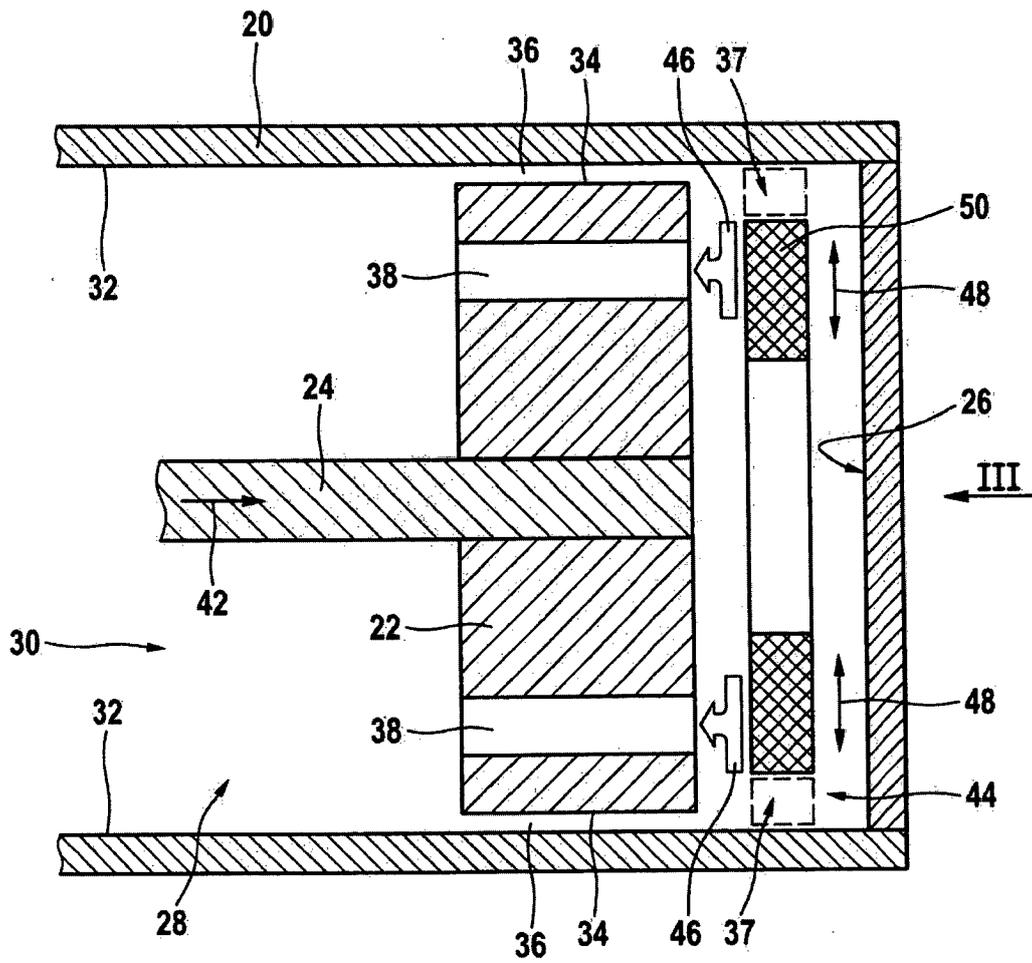


FIG. 7A

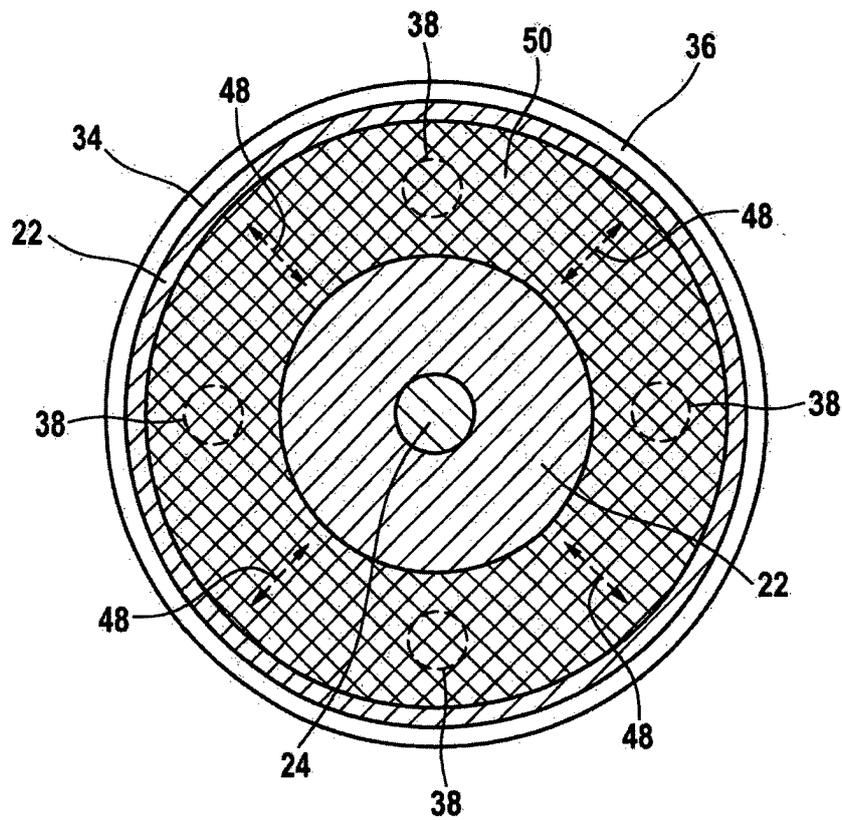


FIG. 7B

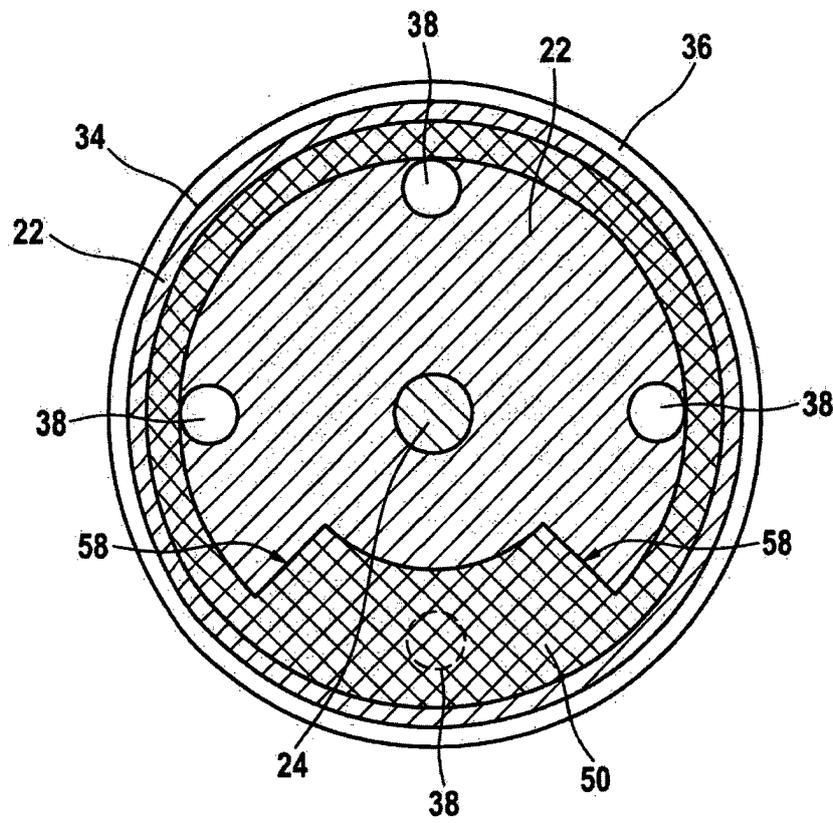


FIG. 8

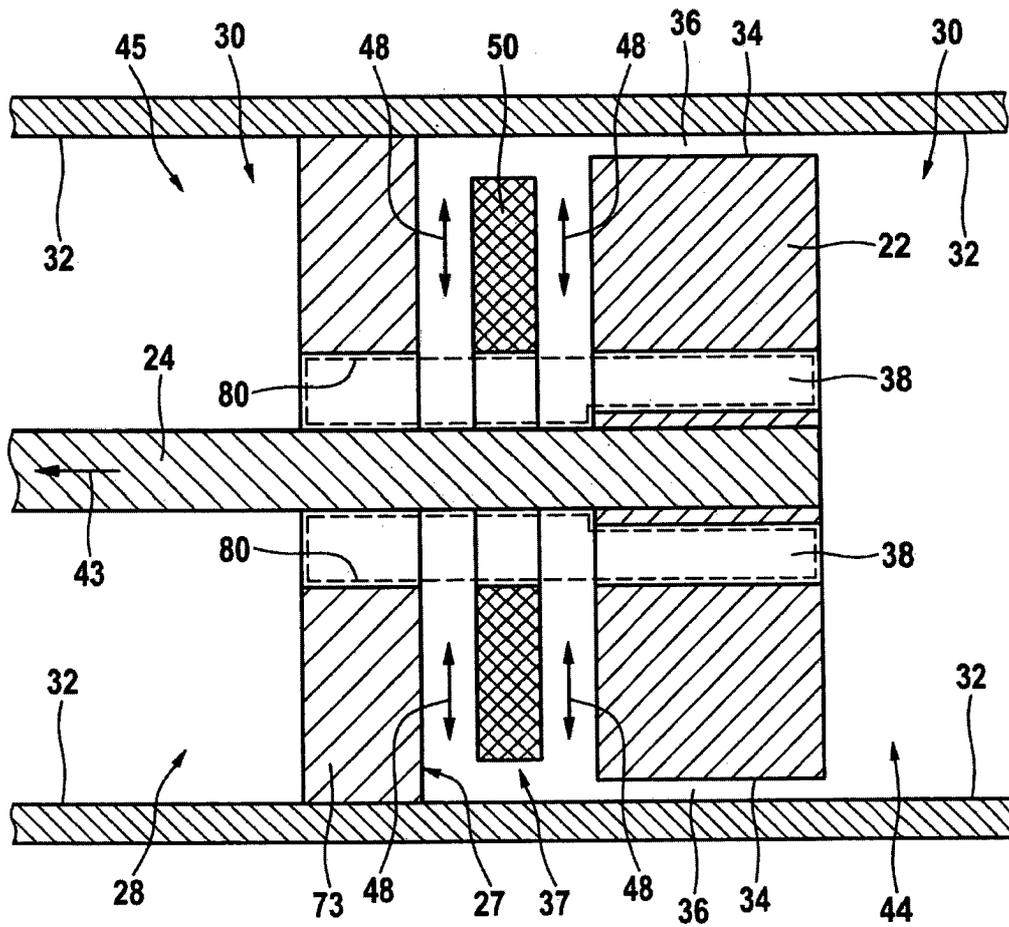


FIG. 9

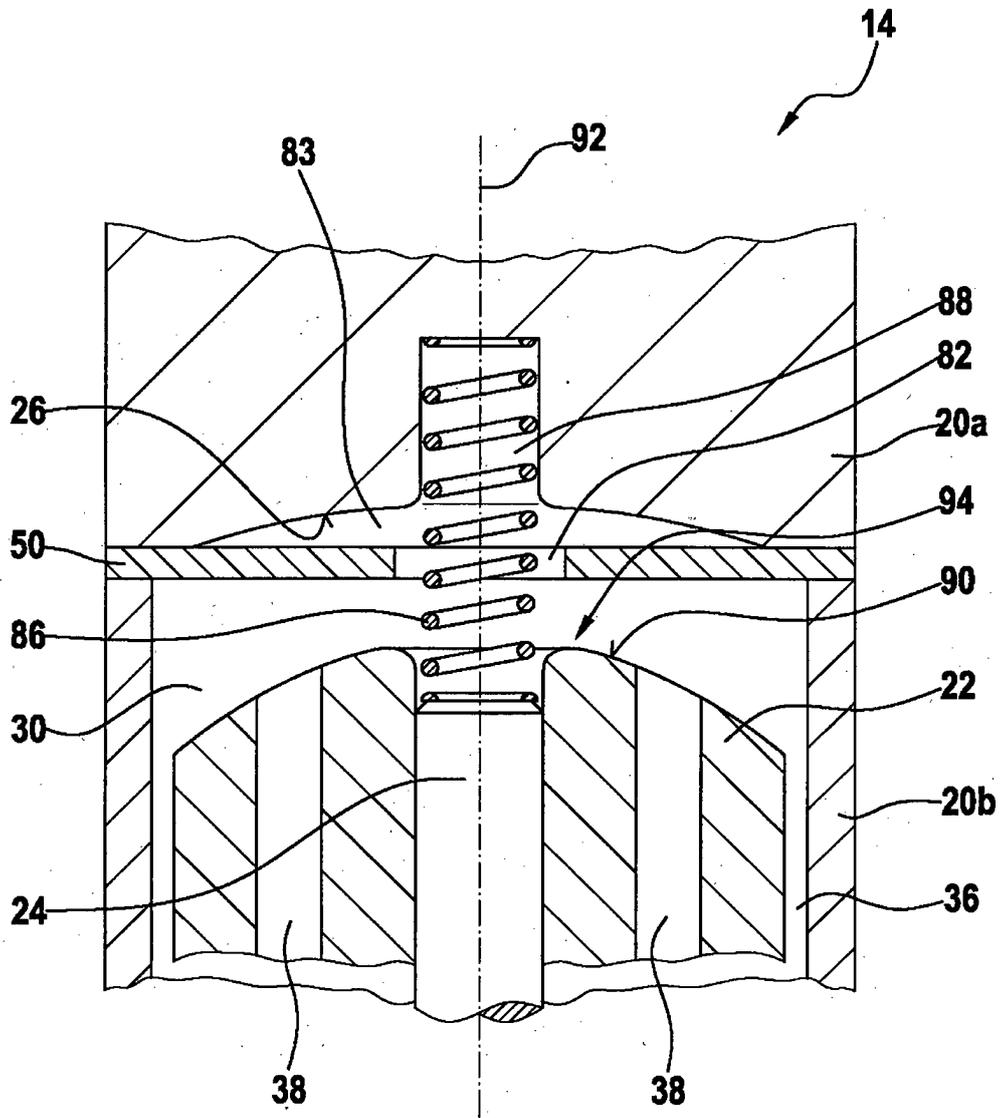


FIG. 10