



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 014 768 A1** 2007.10.04

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 014 768.5**

(22) Anmeldetag: **30.03.2006**

(43) Offenlegungstag: **04.10.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H02N 2/04** (2006.01)

H01L 41/083 (2006.01)

F02M 51/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

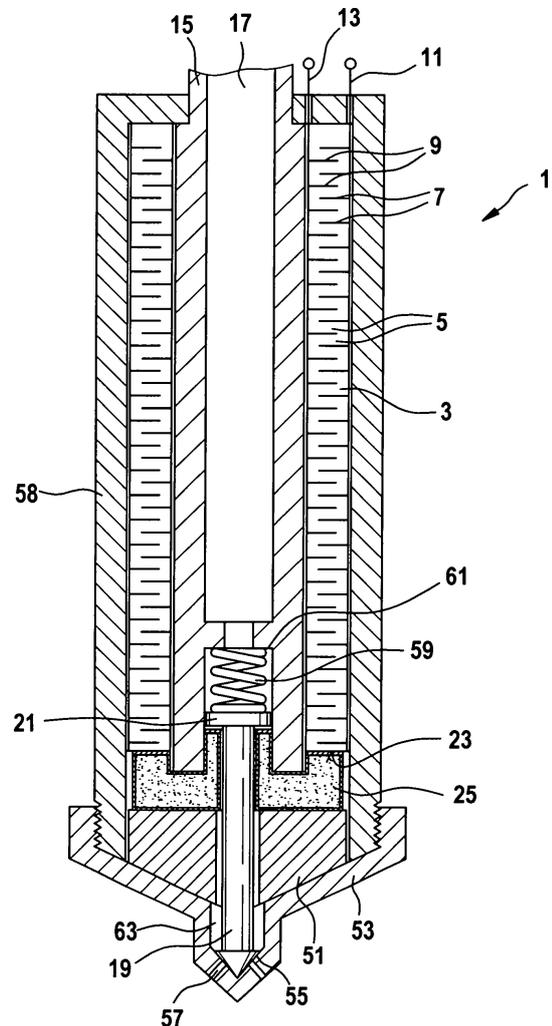
(72) Erfinder:

Klein, Manfred, 70839 Gerlingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Piezoelektrischer Aktor mit ringförmigem Aktorstapel und Injektor für eine Brennkraftmaschine mit ringförmigem Piezoaktor**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Piezoinjektor für Brennkraftmaschinen vorgeschlagen, der ohne hydraulisches Steuerventil auskommt und bei dem der Hub des Ringaktors (3) durch einen Koppler (25) vergrößert und in seiner Bewegungsrichtung umgekehrt wird. Dadurch ist es möglich, den Ringaktor (3) bei geschlossener Düsennadel (21) stromlos zu schalten.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Piezokeramische Bauelemente gewinnen zunehmend an Bedeutung in mechatronischen Anwendungen, insbesondere als Aktoren oder Sensoren. Bei Hochdruckkraftstoffeinspritzsystemen für Brennkraftmaschinen werden Piezoaktoren eingesetzt, um die Düsenadel sehr schnell und sehr präzise anzusteuern.

[0002] Im Folgenden wird stellvertretend für eine Vielzahl von Aktoren stets von Piezoinjektoren gesprochen, obwohl die Erfindung naturgemäß nicht auf Piezoinjektoren beschränkt ist, sondern überall dort mit Gewinn eingesetzt werden kann, wo ein Stellglied mit hoher Dynamik und hoher Präzision über die gesamte Lebensdauer des Aktors angesteuert werden muss.

[0003] Wegen des kleinen Hubs von Piezoaktoren ist es bei vielen Anwendungen, insbesondere bei den aus dem Stand der Technik bekannten Piezoaktoren, erforderlich, einen Koppler oder Stellwegvergrößerer vorzusehen, welcher den Hub des Piezoaktors in eine ausreichend große Stellbewegung umsetzt. Diese Koppler sind zum Beispiel als hydraulische Übersetzer mit einem Stufenkolben ausgeführt. Bei diesen Kopplern treten naturgemäß Leckagen auf, so dass der Piezoaktor gegen Kraftstoff abgedichtet werden muss. Wenn das den Piezoaktor umgebende Gehäuse undicht wird, wird der Injektor funktionsunfähig.

[0004] Durch die erforderliche Abdichtung des Piezoaktors und den aus einer Vielzahl von Bauteilen bestehenden hydraulischen Druckübersetzer erhöhen sich die Zahl der benötigten Bauteile und die Herstellungskosten.

[0005] Des Weiteren ist bei den aus dem Stand der Technik bekannten Piezoinjektoren mit hydraulischem Druckübersetzer die Bewegungsrichtung des Aktors und des Stellglieds gleichgerichtet, so dass der Piezoaktor zum Schließen der Düsenadel bestrahlt werden muss. Lediglich zum Öffnen der Düsenadel wird die an dem Piezoaktor anliegende Spannung reduziert. Dies bedeutet, dass der Piezoaktor einen Großteil seiner Betriebsdauer mit einem elektrischen Feld mit hoher Feldstärke belastet wird, und nur während der anteilmäßig sehr kurzen Einspritzungen stromlos ist. Dadurch wird der Piezoaktor elektrisch und mechanisch stark beansprucht, und seine elektrische Leistungsaufnahme ist relativ groß. In Folge dessen verringert sich auch seine Lebensdauer.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen gegenüber dem Stand der Technik verbesserten

Piezoaktor bzw. Piezoinjektor bereitzustellen, der einfach aufgebaut ist, der kompakt baut und dessen elektrische und mechanische Beanspruchung reduziert ist. Des Weiteren sollen Zuverlässigkeit und Lebensdauer des Piezoaktors verbessert werden.

Offenbarung der Erfindung

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einem piezoelektrischen Aktor mit einem Stapel aus mehreren piezoelektrischen Keramikschichten, wobei zwischen den Keramikschichten jeweils eine Elektrodenschicht vorgesehen ist, mit einem von dem piezoelektrischen Aktor betätigten Stellglied und mit einem zwischen Aktor und Stellglied angeordneten Koppler dadurch gelöst, dass der Aktor als Ringaktor mit einem ringförmigen Querschnitt ausgebildet ist, dass das Stellglied koaxial zu dem Aktor angeordnet ist, dass der Koppler ein erstes torusförmiges Koppellement und ein koaxial dazu angeordnetes zweites torusförmiges oder zylindrisches Koppellement umfasst, dass das erste Koppellement und das zweite Koppellement hydraulisch miteinander in Verbindung stehen, und dass der Koppler mit einem inkompressiblen Fluid, insbesondere Öl, gefüllt ist.

Vorteile der Erfindung

[0008] Durch die koaxiale Anordnung und die Ausbildung des Piezoaktors als Ringaktor ist die Bewegungsumkehr durch den Koppler auf einfache Weise möglich.

[0009] Dadurch wird es möglich, beispielsweise bei einem Piezoinjektor, den Aktor nur dann zu bestromen, wenn Kraftstoff eingespritzt werden soll. Infolgedessen sinken die elektrische und mechanische Belastung Piezoaktors deutlich und die Lebensdauer des Piezoaktors nimmt zu.

[0010] Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Ringaktors besteht darin, dass wegen des großen Durchmessers des mit dem Ringaktor zusammenwirkenden ersten Koppellements schon ein kleiner Hub des Piezoaktors zu einer erheblichen Volumenverdrängung bei dem Koppler führt. Infolgedessen kann ein hohes Übersetzungsverhältnis mit dem Koppler realisiert werden. Dies bedeutet, dass entweder ein sehr großer Hub des Stellglieds erreicht werden kann oder es kann, falls der Hub des Stellglieds ausreichend ist, die Baulänge des Piezoaktors verringert werden. Dadurch ergeben sich erhebliche wirtschaftliche und fertigungstechnische Vorteile.

[0011] Durch die beiden koaxial zueinander angeordneten Koppellemente ist es auf einfache Weise wahlweise möglich, mit dem Koppler die Bewegungsrichtung des Aktors umzukehren. Falls gewünscht können die Bewegungen des Aktors und des Stellglieds gleichgerichtet erfolgen.

[0012] Bei einer vorteilhaften Variante ist vorgesehen, dass erste Koppellement zwei zylindrische Wände umfasst und dass der von den Wänden des ersten Koppellements eingeschlossene Raum durch eine kreisringförmige Deckplatte begrenzt wird. Dadurch kann die Hubbewegung des Ringaktors auf einfache und effiziente Weise in eine Volumenverdrängung des ersten Koppellements umgesetzt werden.

[0013] Entsprechendes gilt für das zweite Koppellement. Zum Beispiel wenn das Stellglied durch das zweite Koppellement hindurchgeführt wird, empfiehlt sich die Verwendung einer torusförmigen zweiten Koppellements. Andernfalls kann das zweite Koppellement auch als Zylinder mit nur einer Außenwand und einer kreisförmigen Deckplatte ausgebildet werden. Dadurch kann die Zahl der Bauteile verringert werden.

[0014] Bei kleinen Aktorhüben oder Stellwegen des Stellglieds kann die Übertragung und Umwandlung des Aktorhubs in eine Stellbewegung des Stellglieds durch die Elastizität der zylindrischen Wände der Koppellemente erfolgen.

[0015] Um die Elastizität der Koppellemente zu erhöhen, können in weiterer Ausbildung des erfindungsgemäßen Kopplers zylindrischen Wände des ersten Koppellements und/oder des zweiten Koppellements als Faltenbalg ausgeführt sein. In diesem Fall ist die Übertragung auch großer Aktorhübe und Stellwege des Stellglieds möglich, ohne dass es zu unzulässig hohen Dehnungen in den Wänden der Koppellemente kommt.

[0016] Zusätzlich können die Deckplatten gekrümmt ausgebildet sein. Dadurch können die Deckplatten mindestens teilweise zur Übertragung und Übersetzung des Aktorhubs auf das Stellglied herangezogen werden.

[0017] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Außenwand des ersten Koppellements, die Innenwand des zweiten Koppellements und eine Bodenplatte durch Umformen, insbesondere durch Tiefziehen, aus einem Stück hergestellt werden. Durch Abstreiftiefziehen können dabei unterschiedliche Wandstärken der verschiedenen Bauteile realisiert werden.

[0018] Entsprechendes gilt für die Innenwand des ersten Koppellements, die Außenwand des zweiten Koppellements und eine Zwischenplatte.

[0019] Die verschiedenen Bauteile des Kopplers, insbesondere die Wände der Koppellemente, die Deckplatten, die Bodenplatte und/oder die Zwischenplatte werden in vorteilhafter Weise miteinander verschweißt. Dadurch wird eine 100%ige Leckagefreiheit erreicht.

[0020] Üblicherweise liegt bei einem erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktor eine Stirnseite des Ringaktors auf der Deckplatte des ersten Koppellements auf, während das Stellglied auf der Deckplatte des zweiten Koppellements aufliegt. Dabei ist weiter eine Druckfeder vorgesehen, welche das Stellglied in Anlage an dem Koppler hält.

[0021] Eine bevorzugte Anwendung des erfindungsgemäßen piezoelektrischen Aktors ist die Anwendung in einem Injektor einer Brennkraftmaschine. In diesem Fall ist das Stellglied eine Düsennadel des Injektors. Auf ein hydraulisches Steuerventil kann – unter anderem wegen des großen Übersetzungsverhältnisses des erfindungsgemäßen Kopplers – vollständig verzichtet werden. Dadurch kann die Ansteuerung der Düsennadel mit größerer Dynamik und Genauigkeit erfolgen. Des Weiteren werden Bauraum und Kosten eingespart und wegen der verringerten Zahl der Bauteile auch die Zuverlässigkeit erhöht.

[0022] Es hat sich weiter als vorteilhaft erwiesen, wenn eine Druckfeder vorgesehen ist, und die Druckfeder das Stellglied in Anlage an dem Koppler hält. Dadurch ist gewährleistet, dass erstens das Stellglied den vom Piezoaktor vorgegebenen Stellbewegungen unmittelbar folgt und zweitens, dass über den Koppler die von der Druckfeder über das Stellglied auf den Koppler ausgeübte Kraft den Ringaktor vorspannt. Dadurch kann eine gesonderte Vorspanneinrichtung, wie beispielsweise eine Rohrfeder, entfallen.

[0023] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar. Alle in der Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

Zeichnungen

[0024] Es zeigen:

[0025] [Fig. 1](#) einen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Piezoaktors und

[0026] [Fig. 2](#) bis [Fig. 5](#) Ausführungsbeispiele erfindungsgemäßer Koppler.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0027] In [Fig. 1](#) ist ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Piezoaktors im Längsschnitt dargestellt. In [Fig. 1](#) ist ein Piezoinjektor **1** dargestellt, der einen erfindungsgemäßen Ringaktor **3** aufweist.

[0028] Der Ringaktor **3** weist eine Vielzahl von Keramiksichten **5** auf, zwischen denen jeweils eine Elektrodenschicht **7** beziehungsweise **9** angeordnet ist. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind nicht alle Keramiksichten und Elektrodenschichten mit Bezugszeichen versehen. Die Elektrodenschichten **7** sind elektrisch mit einer ersten Außenelektrode **11** verbunden, während die Elektrodenschichten **9** elektrisch mit einer zweiten Außenelektrode **13** verbunden sind. Die Wirkungsweise eines Piezoaktors sind hinlänglich bekannt, so dass auf eine detaillierte Beschreibung in diesem Zusammenhang verzichtet wird.

[0029] Von Bedeutung für die beanspruchte Erfindung ist, dass der Ringaktor **3** einen ringförmigen Querschnitt aufweist, so dass in seiner Mitte Platz für eine Hülse **15** vorhanden ist. In der Hülse **15** ist ein Hochdruckanschluss **17** vorgesehen. Eine Düsennadel **19** ragt mit einem Kopf **21** in die Hülse **15**.

[0030] Zwischen einer Stirnseite **23** des Ringaktors **3** und dem Kopf **21** der Düsennadel **19** ist ein Koppler **25** angeordnet. In den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sind verschiedene Ausführungen des Kopplers **25** dargestellt. Zum besseren Verständnis der Funktion des erfindungsgemäßen Piezoaktors **1** werden Aufbau und Funktion des Kopplers **25** anhand der [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) erläutert.

[0031] Der Koppler **25** umfasst ein erstes Koppellement **27** und ein zweites Koppellement **29**. Das erste Koppellement **27** umfasst eine Außenwand **31** und eine Innenwand **33** sowie eine Deckplatte **35**. Die Außenwand **31** und die konzentrisch dazu angeordnete Innenwand **33** werden durch die kreisringförmige Deckplatte **35** miteinander verbunden. Bevorzugt wird die Deckplatte **35** an der Außenwand **31** und an der Innenwand **33** flüssigkeitsdicht festgeschweißt. Auf der Deckplatte **35** liegt die Stirnfläche **23** des Ringaktors (siehe [Fig. 1](#)) auf. Sobald der Ringaktor **3** bestromt wird, dehnt er sich aus und drückt die Deckplatte **35** in Richtung des Pfeils **43**.

[0032] Das zweite Koppellement **29** weist prinzipiell den gleichen Aufbau wie das erste Koppellement **27** auf. Es hat eine Außenwand **37**, eine Innenwand **39** und eine ringförmige Deckplatte **41**.

[0033] Da das erste Koppellement **27** einen größeren Durchmesser als das zweite Koppellement **29** aufweist und der Innenraum des Kopplers **25**, wie durch die Schraffur in [Fig. 2](#) angedeutet, vollständig und ohne Lufteinschluss mit Öl, insbesondere mit Hydrauliköl, gefüllt ist, wird der Aktorhub beziehungsweise die Bewegung der Deckplatte **35** des ersten Koppellements **27** durch das Hydrauliköl auf die zweite Deckplatte **41** des zweiten Koppellements **29** übertragen. Die Bewegung der Deckplatte **41** des zweiten Koppellements **29** ist durch die Pfeile **45** an-

gedeutet. Das Übersetzungsverhältnis des Kopplers **25** ist durch die unterschiedlichen Längen der Pfeile **43** und **45** angedeutet.

[0034] Die hydraulische Verbindung zwischen dem ersten Koppellement **27** und dem zweiten Koppellement **29** wird durch eine ringförmige Bodenplatte **47** und eine ringförmige Verbindungsplatte **49** hergestellt. Die Bodenplatte **47** sowie die Außenwand **31** des ersten Koppellements **27** und die Innenwand **39** des zweiten Koppellements **29** können einstückig beispielsweise durch Tiefziehen hergestellt werden. Entsprechendes gilt für die Innenwand **33** des ersten Koppellements **27**, die Zwischenplatte **49** und die Außenwand **37** des zweiten Koppellements **29**. Alternativ können die Bauteile auch einzeln hergestellt und anschließend verschweißt werden. Durch Aufschweißen der Deckplatten **35** und **41** entsteht dadurch ein hermetisch abgeschlossener Innenraum in dem Koppler **25**, der in [Fig. 2](#) gepunktet dargestellt ist.

[0035] Dieser Innenraum (ohne Bezugszeichen) wird mit Öl, insbesondere Hydrauliköl, so gefüllt, dass keine Luftblasen vorhanden sind. Weil Öl nahezu vollständig inkompressibel ist, wird jede vom Hub des Piezoaktors verursachte Verdrängung von Öl im Bereich des ersten Koppellements **27** in eine Expansion des zweiten Koppellements **29** umgesetzt. Dabei ist das im ersten Koppellement **27** verdrängte Volumen genauso groß wie die Expansion des zweiten Koppellements **29**. Bei den Ausführungsbeispielen gemäß [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) erfolgt gleichzeitig mit der Übersetzung eine Umkehr der Bewegungsrichtung.

[0036] Je nach verwendetem Werkstoff, vorzugsweise einem Metall mit geeigneten mechanischen Eigenschaften, dem Hub des Piezoaktors sowie dem erforderlichen Weg des Stellglieds können die Außenwände **31** und **37** sowie die Innenwände **33** und **39** des ersten und des zweiten Koppellements **27** und **29** als zylindrischer Rohrabchnitt ausgeführt werden, wie dies in [Fig. 2](#) dargestellt ist. Dies ist eine fertigungstechnisch besonders vorteilhafte Lösung, die gleichzeitig auch noch den Vorteil birgt, dass das Koppellement **25** in radialer Richtung sehr steif ist.

[0037] Wenn jedoch die Dehnung im Bereich des ersten Koppellements **27** und des zweiten Koppellements **29** durch den Hub des Piezoaktors zu groß wird, kann es zu Rissen kommen. In diesen Fällen ist es vorteilhaft, die Außenwände **31** und **37** und/oder die Innenwände **33** und **39** der Koppellemente **27** und **29** als Faltenbalg auszubilden. In [Fig. 3](#) sind beispielhaft die Außenwand **37** und die Innenwand **39** des zweiten Koppellements **29** als Faltenbalg ausgebildet. Falls erforderlich, können selbstverständlich auch die Außenwand **31** und die Innenwand **33** des ersten Koppellements **27** als Faltenbalg ausgebildet werden.

[0038] In [Fig. 1](#) ist unterhalb des Kopplers **25** eine Führungshülse **51** sowie eine Spannmutter **53** vorgesehen. In der Spannmutter **53** ist ein Düsennadelsitz **55** mit einem oder mehreren Spritzlöchern **57** ausgebildet.

[0039] Eine Druckfeder **59**, die sich einseitig am Kopf **21** der Düsennadel **19** und andererseits an einem Absatz **61** in der Hülse **15** abstützt, drückt die Düsennadel **19** gegen den Düsennadelsitz **55**. Dadurch wird der Injektor **1** geschlossen, und es findet keine Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine statt.

[0040] Die Hülse **15** dichtet gleichzeitig auch den Ringaktor **3** gegen den im Hochdruckanschluss **17** vorhandenen Kraftstoff ab. Dadurch muss der Ringaktor **3** nicht in einem separaten flüssigkeitsdichten Gehäuse eingeschlossen werden. Dadurch wird unter anderem auch die Wärmeabfuhr verbessert.

[0041] Die Spannmutter **51** ist mit einem Düsennadler **58** verschraubt, der an seinem in [Fig. 1](#) oberen Ende sowohl den Ringaktor **3** als auch die Hülse **15** in axialer Richtung fixiert. Durch das Anziehen der Spannmutter **53** kann die erforderliche Vorspannung des Ringaktors **3** eingestellt werden.

[0042] Der im Hochdruckanschluss **17** der Hülse anstehende Kraftstoff wird bis in einen Druckraum **63** der Spannmutter **53** geleitet. Die Führung des Kraftstoffs durch die Düsennadel **19** hindurch oder an dieser vorbei und durch die Führungshülse **51** hindurch ist in [Fig. 1](#) nicht im Detail dargestellt. Im Übrigen ist die Erfindung selbstverständlich nicht auf die in [Fig. 1](#) beispielhaft dargestellte konstruktive Ausgestaltung des unterhalb des Kopplers **25** befindlichen Teils des Piezoaktors **1** beschränkt.

[0043] Wenn nun der erfindungsgemäße Ringaktor **3** bestromt wird, dehnt er sich aus und drückt das erste Koppellement **27** des Kopplers **25** zusammen. Durch den dadurch im Koppler **25** entstehenden Druckanstieg dehnt sich das zweite Koppellement **29** gegen die Anpresskraft der Druckfeder **59** aus. Infolgedessen hebt die Düsennadel **19** vom Düsennadelsitz **55** ab und gibt die Spritzlöcher **57** frei. In diesem Augenblick erfolgt eine Einspritzung von Kraftstoff in den nicht dargestellten Brennraum einer Brennkraftmaschine.

[0044] Sobald die Bestromung des Ringaktors **3** unterbrochen wird, verringert der Ringaktor **3** seine Länge und die Druckfeder **59** schließt die Düsennadel **19** wieder. Somit wird die Einspritzung beendet.

[0045] Bei dem erfindungsgemäßen Injektor **1** kann auf ein hydraulisches Servoventil verzichtet werden, da über den erfindungsgemäßen Koppler **25** erstens der Hub des Piezoringaktors **3** ausreichend vergrößert

wird und zweitens eine Bewegungsumkehr erfolgt. Dadurch ist es möglich, bei geschlossener Düsennadel **19** den Ringaktor **3** stromlos zu schalten und lediglich in den kurzen Zeitintervallen, während derer Einspritzungen erfolgen, den Ringaktor **3** zu bestromen. Dadurch verringert sich die elektrische Leistungsaufnahme des erfindungsgemäßen Ringaktors **3**, und die Lebensdauer des Ringaktors **3** nimmt zu.

[0046] Der erfindungsgemäße Koppler **3** kann auch, falls dies erforderlich ist, eine Wegvergrößerung oder eine Kraftverstärkung ohne Bewegungsumkehr vornehmen. In den [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) sind Ausführungsbeispiele solcher Koppler dargestellt. Der wesentliche Unterschied zwischen den Ausführungsbeispielen gemäß [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sowie [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) ist, dass bei den Ausführungsbeispielen gemäß [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) die Stellbewegung des zweiten Koppellements **29** gleichgerichtet ist wie der Hub des Ringaktors **3**. Diese Gleichrichtung der Bewegungen wird dadurch erreicht, dass das zweite Koppellement **29** gegenüber den Ausführungsbeispielen gemäß der [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) "auf den Kopf" gestellt wird.

[0047] Dies gilt auch für das Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 5](#). Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß [Fig. 5](#) ist das zweite Koppellement nicht als torusförmiges Koppellement **29** ausgebildet, sondern als zylindrisches Koppellement, bei dem lediglich eine Außenwand **37** vorhanden ist. Dieses Ausführungsbeispiel ist dann vorteilhaft, wenn das Stellglied (nicht dargestellt) nicht durch den Koppler **25** hindurchgeführt werden muss.

Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Aktor mit einem Stapel aus mehreren piezoelektrischen Keramiksichten (**5**), wobei zwischen den Keramiksichten (**5**) jeweils eine Elektroden-schicht vorgesehen ist, mit einem von dem piezoelektrischen Aktor betätigten Stellglied (**19**) und mit einem zwischen Aktor (**3**) und Stellglied (**19**) angeordneten Koppler (**25**), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktor als Ringaktor (**3**) mit einem ringförmigen Querschnitt ausgebildet ist, dass das Stellglied (**19**) koaxial zu dem Aktor (**3**) angeordnet ist, dass der Koppler (**25**) ein erstes torusförmiges Koppellement (**27**) und ein koaxial dazu angeordnetes zweites torusförmiges oder zylindrisches Koppellement (**29**) umfasst, dass das erste torusförmige Koppellement (**27**) und das zweite torusförmige Koppellement (**29**) hydraulisch miteinander in Verbindung stehen, und dass der Koppler (**25**) mit einem inkompressiblen Fluid, insbesondere Öl, gefüllt ist.

2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Koppellement (**27**) zwei zylindrische Wände (**31**, **33**) umfasst,

und dass der von den Wänden (31, 33) des ersten Koppellements (27) eingeschlossenen Raum durch eine kreisringförmige Deckplatte (41) begrenzt wird.

3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Koppellement (29) mindestens eine zylindrisch Wände (37, 39) umfasst, und dass der von der oder den Wänden (37, 39) des zweiten Koppellements (29) eingeschlossenen Raum durch eine kreisförmige oder kreisringförmige Deckplatte (41) begrenzt wird.

4. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die kreisringförmige Deckplatte (41) gekrümmt ist.

5. Piezoelektrischer Aktor nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die zylindrischen Wände (31, 33, 37, 39) des ersten Koppellements (27) und/oder des zweiten Koppellements (29) als Faltenbalg ausgeführt sind.

6. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Außenwand (31) des ersten Koppellements (27), die Innenwand (39) des zweiten Koppellements (29) und eine Bodenplatte (47) durch Umformen, insbesondere durch Tiefziehen, aus einem Stück hergestellt werden.

7. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenwand (33) des ersten Koppellements (27), die Außenwand (37) des zweiten Koppellements (29) und eine Zwischenplatte (49) durch Umformen, insbesondere durch Tiefziehen, aus einem Stück hergestellt werden.

8. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bauteile des Kopplers (25), insbesondere die Wände (31, 33, 37, 39) der Koppellemente (27, 29), die Deckplatten (35), die Bodenplatte (47) und/oder die Zwischenplatte (49) miteinander verschweißt sind.

9. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stirnseite (23) des Ringaktors (3) auf der Deckplatte (35) des ersten Koppellements (27) aufliegt, und dass das Stellglied (19) auf der Deckplatte (35) des zweiten Koppellements (29) aufliegt.

10. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Druckfeder (59) vorgesehen ist, und dass die Druckfeder (59) das Stellglied (19) in Anlage an dem Koppler (25) hält.

11. Piezoelektrischer Aktor nach einem der vor-

hergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Stellglied eine Düsennadel (19) eines Injektors (1) für eine Brennkraftmaschine ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

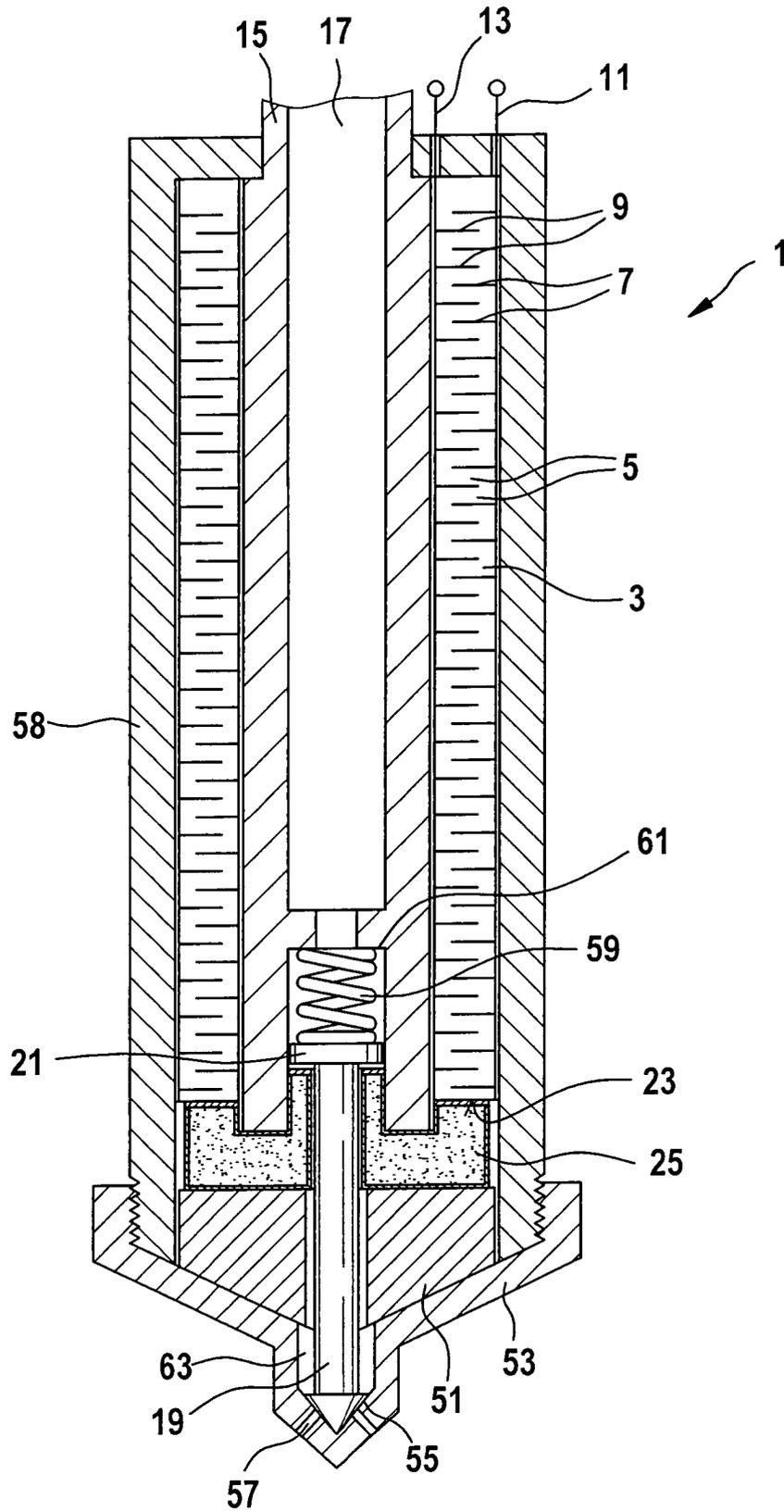


Fig. 2

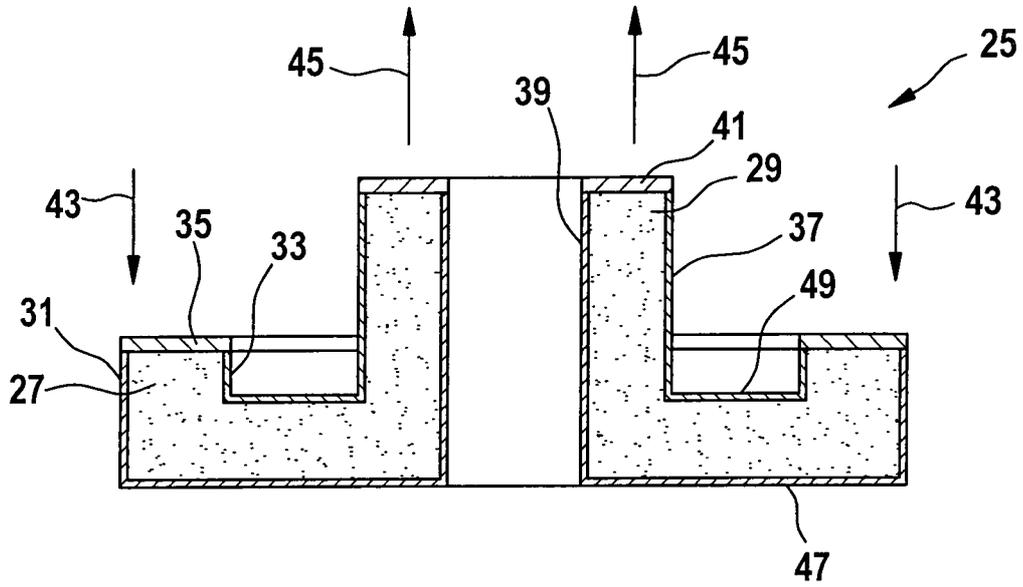


Fig. 3

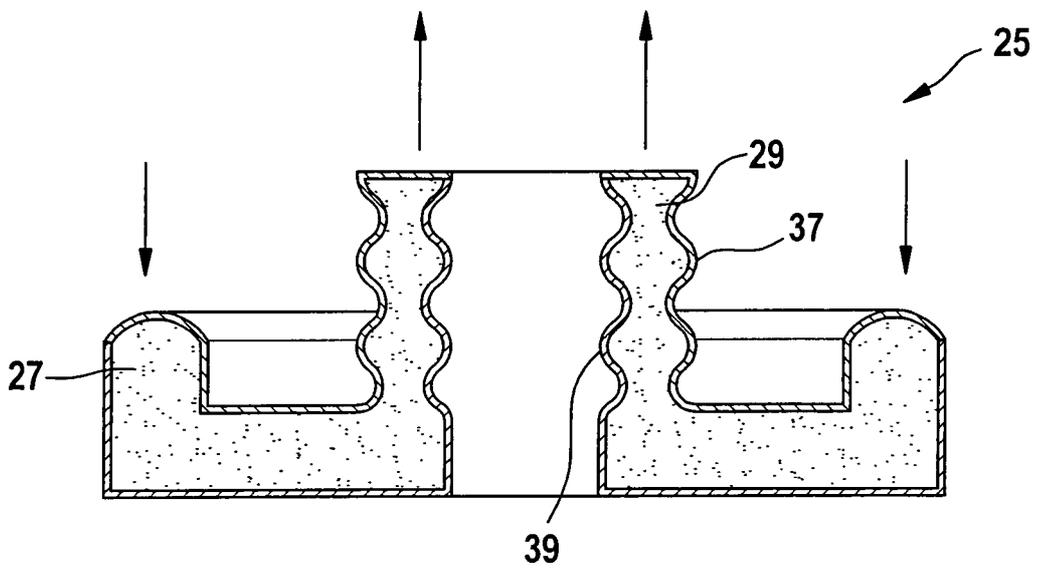


Fig. 4

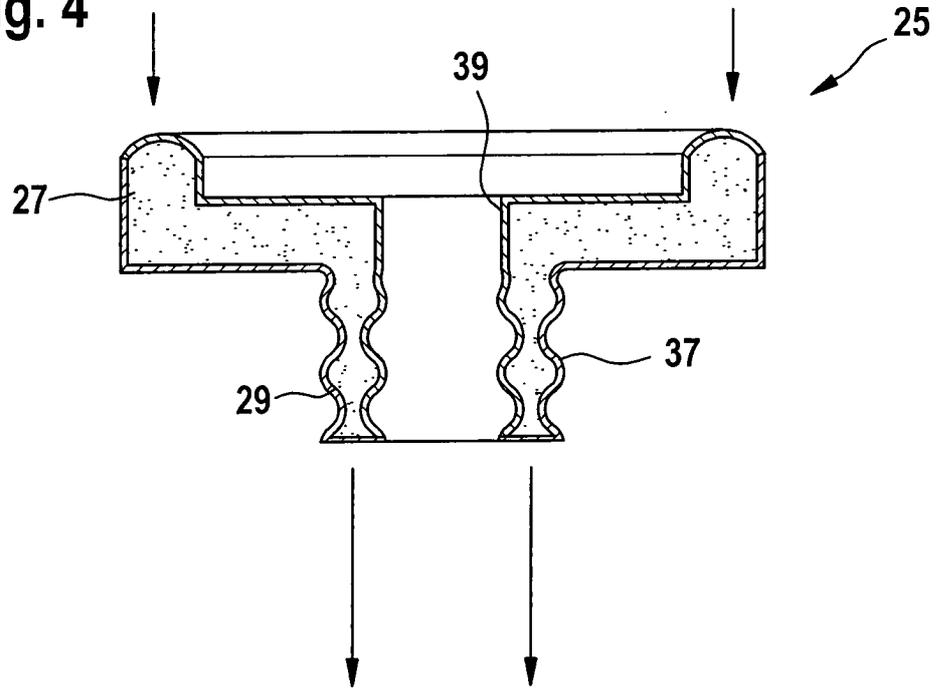


Fig. 5

