

(19)



(11)

EP 2 664 779 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
20.11.2013 Patentblatt 2013/47

(51) Int Cl.:
F02M 51/06 (2006.01) F02M 61/10 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **13160890.3**

(22) Anmeldetag: **25.03.2013**

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

(72) Erfinder:
• **Pohlmann, Jens**
74321 Bietigheim-Bissingen (DE)
• **Rogler, Philipp**
70176 Stuttgart (DE)
• **Bormann, Axel**
96049 Bamberg (DE)
• **Berg, Anselm**
71640 Ludwigsburg (DE)

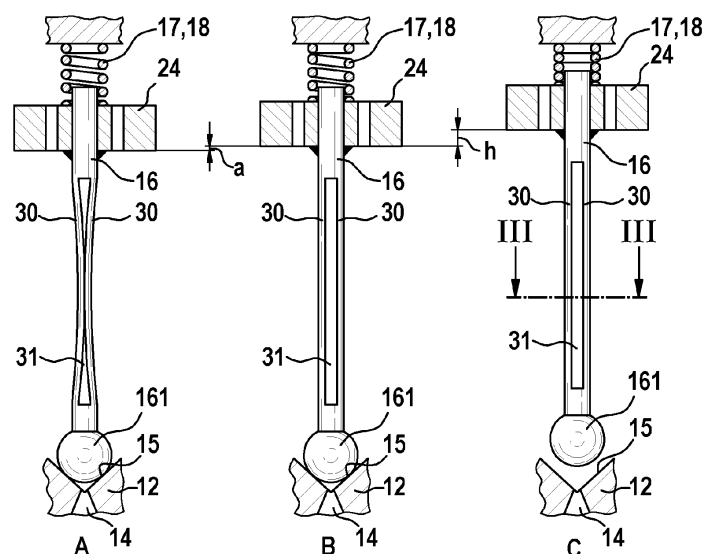
(30) Priorität: **15.05.2012 DE 102012208136**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(54) Ventil zum Zumessen von Fluid

(57) Es wird ein Ventil zum Zumessen von Fluid angegeben, das eine vom Fluid durchströmbare, von einem Ventilsitz (15) umschlossene Ventilöffnung (14), eine Ventilnadel (16) mit einem zur Bildung eines Dichtsitzes mit dem Ventilsitz (15) zusammenwirkenden Schließkörper (161), ein die Ventilnadel (16) zum Herstellen des Dichtsitzes auf Druck belastendes Rückstellorgan (18) und einen die Ventilnadel (16) zum Aufheben des Dichtsitzes auf Zug belastenden Aktor (19) aufweist. Zur Erzielung eines konstruktiv einfachen, fertigungs- und montagefreundlichen Aufbaus durch starre Verbindung von

Ventilnadel (16) und Aktor (18) bei gleichzeitiger Vermeidung des Prellens des Schließkörpers (161) am Ventilsitz (15) beim Ventilschließen und Gewinnung eines Boosteffekts beim Ventilöffnen weist die Ventilnadel (16) in Zug- und Druckrichtung unterschiedliche Steifigkeiten in der Weise auf, dass die Ventilnadel (16) bei Belastung in Zugrichtung unverformbar steif ist und bei Belastung in Druckrichtung eine bis zum Erreichen einer vorbestimmten Last elastische Verformungen zulassende Steifigkeit besitzt und nach Eintreten der Verformungen eine demgegenüber vergrößerte Steifigkeit annimmt.

**Fig. 2****EP 2 664 779 A1**

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung geht aus von einem Ventil zum Zumessen von Fluid nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wobei der für ein strömendes oder fließendes Medium stehende übergeordnete Begriff Fluid in Übereinstimmung mit der Strömungslehre für Gase und Flüssigkeiten verwendet wird.

[0002] Bei einem bekannten Kraftstoffeinspritzventil (DE 101 08 945 A1) ist ein Magnetanker eines die Ventilnadel betätigenden Elektromagneten kraftschlüssig auf der Ventilnadel festgelegt. Die Ventilnadel besitzt einen Schließkörper, der zusammen mit dem Ventilsitz an der Ventilöffnung einen Dichtsitz bildet. Dabei presst zur Herstellung des Dichtsitzes eine Rückstellfeder, die sich zwischen dem vom Schließkörper abgekehrten Ende der Ventilnadel und einer Justierhülse abstützt, den Schließkörper auf den Ventilsitz auf. Die Ventilnadel besitzt einen kragenförmigen Ankeranschlag und einen Mitnehmerflansch, zwischen denen der Magnetanker sich axial auf der Ventilnadel zu verschieben vermag. Zur kraftschlüssigen Festlegung des Magnetankers drückt eine Vorhubfeder den Magnetanker an den Ankeranschlag an. Bei Bestromung des Elektromagneten wird der Anker entgegen der Federkraft von Vorhub- und Rückstellfeder in Hubrichtung bewegt. Der Gesamthub des Magnetankers ist dabei in einen Vorhub und einen Öffnungshub aufgeteilt. Während des Vorhubs bleibt der Schließkörper noch auf dem Ventilsitz. Der Öffnungshub mit Abheben des Schließkörpers vom Ventilsitz setzt ein, sobald der Anker nach Ende des Vorhubs am Mitnehmerflansch anschlägt und über diesen die Ventilnadel in Hubrichtung mitnimmt.

[0003] Ein solches Ventil hat gegenüber einem Ventil mit starrer Verbindung von Anker und Ventilnadel den Vorteil, dass die bei Ventilbetätigung bewegte träge Masse auf zwei Teilmassen, nämlich auf Magnetanker und Ventilnadel mit Schließkörper, aufgeteilt ist, was zu einer Geräuschkämpfung beim Ventilöffnen und Ventilschließen führt. Darüber hinaus werden sog. Preller des Magnetankers durch die Vorhubfeder weitgehend gedämpft. Diese Preller führen beim Ventilschließen nach erstmaligem Aufsetzen des Schließkörpers auf den Ventilsitz zu erneutem Abheben des Schließkörpers vom Ventilsitz und damit zu einem unkontrollierten, kurzzeitigen Aufheben des Dichtsitzes und Öffnen des Ventils und damit zu einer nicht reproduzierbaren Zumessmenge von Fluid. Durch die Beweglichkeit des Magneten auf der Ventilnadel kann beim Ventilöffnen ein sog. mechanischer Boosteffekt dadurch erzielt, dass der Magnetanker bei Bestromung des Elektromagneten beschleunigt wird, bevor er nach Anschlagen an dem Mitnehmerflansch die Ventilnadel mitnimmt und den Schließkörper vom Ventilsitz abhebt. Durch den dabei stattfindenden Impulsaustausch zwischen Magnetanker und Ventilnadel wird insbesondere bei großem Fluidruck die hydraulische Schließkraft am Schließkörper schnell überwunden. Der erforderliche Energiebedarf des Magneten ist damit geringer als bei Ventilen, bei denen Magnetanker und Ventilnadel starr miteinander verbunden sind.

Der erforderliche Energiebedarf des Magneten ist damit geringer als bei Ventilen, bei denen Magnetanker und Ventilnadel starr miteinander verbunden sind.

[0004] Weitere Ventile mit dem vorteilhaften sog. Ankerfreiweg sind aus DE 198 49 210 A1, DE 199 32 763 (Fig. 2) und DE 199 46 602 A1 bekannt.

Offenbarung der Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Zumessventil mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, dass durch die Ausbildung der Ventilnadel mit unterschiedlichen Steifigkeiten in Zug- und Druckrichtung die Vorteile der Ventile mit sog. Ankerfreiweg, wie Vermeidung von Prellern und mechanischer Booster, erhalten bleiben, ohne die Nachteile, die mit diesen bekannten konstruktiven Ausführungen dieser Ventile einhergehen, wie eine Vielzahl von Bauteilen und Verbindungsstellen, hohe Fertigungskosten, Abhängigkeit von Fertigungstoleranzen und verwendetem Fluid durch vorhandene hydraulische Quetschspalte, aufzuweisen. Die Anzahl der Bauteile bei dem erfindungsgemäßen Ventil ist nicht größer als bei Ventilen mit starrer Verbindung von Aktor und Ventilnadel, und entsprechend vereinfacht ist der Montageprozess. Da weniger funktionsbestimmende Toleranzen einzuhalten sind, wird der Fertigungsaufwand und die Exemplarstreuung in den Funktionswerten, insbesondere bei der Mengenzumessung von Fluid, reduziert. Die Funktion des Ventils bleibt über die Laufzeit stabil. Die bei den bekannten Ventilen durch Vorhubfeder und Ankerfreiweg erzielten Vorteile, wie Dämpfung der Preller und mechanische Boosterung, werden durch die von der Rückstell- oder Schließkraft des Rückstellorgans ausgelöste elastische Verformung der Ventilnadel bei Aufsetzen des Schließkörpers auf den Ventilsitz und durch selbstständiges Rückstellen der Verformung der Ventilnadel bei erfolgter Aufhebung der Rückstellkraft des Rückstellorgans durch den aktivierten Aktor erzielt. Durch die bis zu einer vorbestimmten Last geringe Steifigkeit der Ventilnadel werden Preller beim Ventilschließen vermieden, da der Schließkörper nach dem ersten Schließen des Ventils auf dem Ventilsitz verbleibt, während die träge Masse des Aktors aufgrund der Verformungen der Ventilnadel noch schwingen und dadurch ihre Energie abbauen kann. Ist der Aktor ein Elektromagnet mit einem im Fluid sich bewegenden Magnetanker, so wird durch die Bewegung des Magnetankers im Fluid weitere Energie abgebaut. Nach Eintreten der maximalen Verformung wird durch die nunmehr wieder höhere Steifigkeit der Ventilnadel der Schließkörper definiert auf dem Ventilsitz gehalten, so dass eine definierte Zuordnung von Aktor und Ventilnadel gewährleistet ist, so z.B. der Arbeitsluftspalt des Elektromagneten zwischen Magnetanker und Magnetkern bei geschlossenem Ventil unabhängig von Toleranzen des Rückstellorgans konstant ist.

[0006] Durch die in den weiteren Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen

und Verbesserungen des im Anspruch 1 angegebenen Ventils möglich.

[0007] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die vorbestimmte Last, ab der elastische Verformungen der Ventilnadel auftreten, kleiner gewählt, als die Summe aus minimal zulässiger Rückstell- oder Schließkraft des in Druckrichtung auf die Ventilnadel wirkenden Rückstellorgans und einer minimal vorhandenen Schließkraft, die vom Fluid auf die Ventilnadel mit Schließkörper ausgeübt wird. Bei demgegenüber auf die Ventilnadel in Druckrichtung wirkenden größeren Schließkräften tritt die elastische Verformung der Ventilnadel ein. Damit ist die Anfangsposition des mit der Ventilnadel verbundenen Aktors beim Ventilschließen, z.B. die Anfangsposition des Magnetankers eines Elektromagneten, unabhängig von der auf die Ventilnadel in Druckrichtung wirkenden Rückstellkraft des Rückstellorgans genau definiert. Durch die mit zunehmender Verformung sich erhöhende Steifigkeit der Ventilnadel wird der Schließkörper stärker auf dem Ventilsitz aufgepresst, so dass im Ruhezustand des geschlossenen Ventils eine definierte Zuordnung von Aktor und Ventilnadel gewährleistet ist, so z.B. stets ein konstanter Arbeitsluftspalt zwischen Magnetanker und Magnetkern des Elektromagneten vorhanden ist.

[0008] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Ventilnadel in mindestens einem Nadelabschnitt mindestens ein Paar Verformungsstege auf, die einander diametral gegenüberliegen und bei Erreichen der vorbestimmten Last elastisch ein- oder ausknicken.

[0009] Die Verformungsstege werden in fertigungstechnisch vorteilhafter Weise dadurch gewonnen, dass in die massive oder hohle Ventilnadel in mindestens einem Nadelabschnitt mindestens ein in Achsrichtung der Ventilnadel sich erstreckender Schlitz mit begrenzter Schlitzlänge eingebracht wird. Alternativ kann zur Gewinnung der Verformungsstege eine hohle Ventilnadel aus einem Blech mit mindestens zwei vorzugsweise ausgestanzten Aussparungen von begrenzter Axiallänge gerollt werden, wobei zwei in der hohlen Ventilnadel jeweils einander diametral gegenüberliegenden Aussparungen einen Schlitz bilden. Vorzugsweise werden die parallel zu den Längskanten sich erstreckenden Stoßstellen des Blechs miteinander stoffschlüssig verbunden, z.B. verschweißt. Bei Verwendung eines Elektromagneten als Aktor wird vorteilhaft auf eine solche Verschweißung verzichtet und Schließkörper und Magnetanker des Elektromagneten auf die Stirnenden des gerollten Blechs aufgeschweißt. Auch kann zur Gewinnung der Verformungsstege eine hohle Ventilnadel aus zwei gebogenen Blechen zusammengesetzt werden, die jeweils mindestens eine parallel zu den Längskanten des Blechs sich erstreckende, vorzugsweise ausgestanzte Aussparung von begrenzter Axiallänge aufweisen und an den aneinanderstoßenden Längskanten miteinander stoffschlüssig verbunden sind, so dass wiederum zwei in der hohlen Ventilnadel jeweils einander diametral ge-

genüberliegende Aussparungen einen Schlitz bilden.

[0010] Ein gerichtetes Ein- oder Ausknicken der Verformungsstege wird gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung durch Gelenkstellen bestimmt und unterstützt, die an den Schlitzenden und in Schlitzmitte des mindestens einen Schlitzes in die Ventilnadel eingearbeitet und vorzugsweise durch Querschnittsverengungen in den Verformungsstegen gebildet sind.

[0011] Werden die Querschnittsverengungen gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung durch je eine in die Ventilnadel eingebrachte Querbohrung an jedem der beiden Schlitzenden und durch eine in die Ventilnadel eingebrachte, umlaufende Nut in Schlitzmitte realisiert, so knicken die Verformungsstege bei Überschreiten der vorbestimmten Last, der sog. Knicklast, nach innen ein und stützen sich aneinander ab. Durch die gegenseitige Abstützung erhöht sich die Steifigkeit der Ventilnadel in Druckrichtung.

[0012] Das Einknicken der Verformungsstege nach innen kann gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung auch dadurch erzielt werden, dass die Verformungsstege durch plastische Verformung aus ihrer Strecklage um wenige Grade nach innen vorgebogen sind.

[0013] Werden die Querschnittsverengungen gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung durch je eine in die Ventilnadel eingebrachte, umlaufende Nut an den Schlitzenden und durch eine in die Ventilnadel eingebrachte Querbohrung in Schlitzmitte realisiert, so knickern die Verformungsstege bei Überschreiten der Knicklast nach außen aus. Bei Erreichen eines maximalen Abstands der Mitten der Verformungsstege voneinander, erhöht sich die Steifigkeit der Ventilnadel in Druckrichtung.

[0014] Das Ausknicken der Verformungsstege nach außen kann gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung auch dadurch gefördert werden, dass die Verformungsstege durch plastische Verformung aus der Strecklage um wenige Grade nach außen vorgebogen sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Die Erfindung ist anhand von in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 einen Längsschnitt eines Ventils zum Zummessen von Fluid im Betriebszustand "Ventil offen" mit einem Aktor und einem Rückstellorgan zur Betätigung einer Ventilnadel,

Figur 2 eine schematisierte Darstellung von Ventilnadel, Aktor und Rückstellorgan bei geschlossenem Ventil im Ruhezustand (Figur 2A), bei geschlossenem Ventil und aktiviertem Aktor (Figur 2B) und bei geöffnetem Ventil und aktiviertem Aktor (Figur 2C),

Figur 3 einen Querschnitt der Ventalnadel gemäß Linie III - III in Figur 2C, Figur 4 eine gleiche Darstellung wie in Figur 3 eines weiteren Ausführungsbeispiels der Ventalnadel,

Figur 5 eine gleiche Darstellung wie in Figur 3 eines weiteren Ausführungsbeispiels der Ventalnadel,

Figur 6 eine gleiche Darstellung wie in Figur 2C gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Ventalnadel,

Figur 7 eine gleiche Darstellung wie in Figur 2C gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Ventalnadel,

Figur 8 eine gleiche Darstellung wie in Figur 2C gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Ventalnadel,

Figur 9 die Ventalnadel gemäß Figur 8 bei geschlossenem Ventil in Ruhestellung.

[0016] Das in Figur 1 im Längsschnitt dargestellte Ventil zum Zumessen von Fluid wird beispielsweise als Einspritzventil zum Einspritzen von Kraftstoff in einer Kraftstoffeinspritzanlage von Brennkraftmaschinen eingesetzt. Das Ventil weist ein hülsenförmiges Ventilgehäuse 11 auf, in dessen zumessseitiges Ende ein Ventilkörper 12 und in dessen zulaufseitiges Ende ein hier nicht dargestellter Anschlussstutzen zum Anschließen einer Fluidleitung für den Fluidzulauf 10 fluiddicht eingesetzt ist. Der Ventilkörper 12 ist stoffschlüssig mit dem Ventilgehäuse 11 verbunden, wobei der Stoffschluss durch die Schweißnaht 13 symbolisiert ist. Im Ventilkörper 12 ist eine Zumess- oder Ventilöffnung 14 mit einem die Ventilöffnung 14 umgebenden Ventilsitz 15 ausgebildet. Eine im Ventilgehäuse 11 axial verschiebbliche Ventalnadel 16 weist an ihrem der Ventilöffnung 14 zugekehrten, zumessseitigen Nadelende einen Schließkörper 161 auf, der mit dem Ventilsitz 15 einen Dichtsitz bildet. Der Schließkörper 161 ist hier kugelförmig ausgebildet und an das Stirnende der hier massiven Ventalnadel 16 angeschweißt. Der Schließkörper 161 kann aber auch einstückig mit der Ventalnadel 16 ausgeführt sein. Zum Schließen und Freigeben der Ventilöffnung 14 wird durch Betätigen der Ventalnadel 16 der Dichtsitz hergestellt bzw. aufgehoben. Die Ventalnadel 16 ist zum Herstellen des Dichtsitzes von einem Rückstellorgan 18 auf Druck und zum Aufheben des Dichtsitzes von einem Aktor 19 auf Zug belastet. Im dargestellten Ausführungsbeispiel ist das Rückstellorgan 18 als Druckfeder 17 und der Aktor 19 als Elektromagnet 20 ausgebildet. Es können jedoch auch andere Aktoren 19 verwendet werden, z. B. ein piezoelektrischer oder magnetostriktiver Aktor.

[0017] Der Elektromagnet 20 weist in bekannter Weise einen Magnettopf 21, eine Magnetspule 22, einen Magnetkern 23 und einen Magnetanker 24 auf. Der Magnet-

topf 21 ist auf das Ventilgehäuse 11 aufgeschoben und mit seinem Topfboden am Ventilgehäuse 11 verschweißt und nimmt die Magnetspule 22 axial unverschieblich auf. Der hohlzylindrische Magnetkern 23 ist formschlüssig in das Ventilgehäuse 11 eingesetzt und nimmt im hohlen Kerninnern die Druckfeder 17 auf. Der im Ventilgehäuse 11 axial verschieblich geführte Magnetanker 24 ist starr auf der Ventalnadel 16 befestigt, z. B. mit dieser stoffschlüssig verbunden, was in Figur 1 durch die Schweißnaht 35 symbolisiert ist. Die einander zugekehrten ringförmigen Stirnflächen von Magnetanker 24 und Magnetkern 23 schließen einen Arbeitsluftspalt 25 des Elektromagneten 20 ein. Die Druckfeder 17 stützt sich einerseits am Magnetanker 24 und andererseits an einer Justierhülse 26 ab, die in den Magnetkern 23 eingeschraubt ist. Im Magnetanker 24 sind Strömungskanäle 27 vorgehalten, die über die Justierhülse 26 eine Fluidverbindung vom Zulauf 10 zu einer der Ventilöffnung 14 vorgelagerten, vom Ventilkörper 12 und Ventilgehäuse 11 eingeschlossenen Ventilkammer 28 herstellen. Die Magnetspule 22 ist mittels eines elektrischen Anschlusssteckers 29 bestrombar. Üblicherweise sind der Anschlussstutzen für die Fluidzuleitung und ein den Anschlussstecker 29 umschließendes, hier nicht dargestelltes Steckergehäuse von einer Kunststoffummantelung gebildet, die auch den Magnettopf 21 zumindest teilweise umschließt (hier nicht dargestellt).

[0018] Mit verschiedenen, im Folgenden erläuterten konstruktiven Ausführungen der Ventalnadel 16 werden bei diesem Ventil zwei Vorteile erzielt, die auch Ventile mit Vorhubfeder und Ankerfreiweg aufweisen, die aber in Fertigung und Montage deutlich aufwendiger sind. Der eine Vorteil ist die weitgehende Eliminierung der Preller beim Schließen der Ventilöffnung 14, also beim Herstellen des Dichtsitzes, wodurch der Schließkörper nach seinem ersten Aufsetzen auf den Ventilsitz auf diesem verbleibt und durch Aufrechterhaltung des Dichtsitzes eine reproduzierbare Zumessung von Fluid sicherstellt. Der andere Vorteil ist die Gewinnung eines sog. Boosteffekts, d. h. einer kurzzeitigen Beschleunigung des Magnetankers 24 beim Ventilöffnen, was zu einer Verringerung der erforderlichen Magnetkraft beim Aufheben des Dichtsitzes führt und eine Reduzierung der Leistung des Elektromagneten 20 ermöglicht. Die in den Ausführungsbeispielen gezeigte Ventalnadel 16 weist hierzu in Zug- und Druckrichtung unterschiedliche Steifigkeiten in der Weise auf, dass die Ventalnadel 16 bei Belastung in Zugrichtung quasi unverformbar steif ist, bei Belastung in Druckrichtung jedoch eine bis zum Erreichen einer vorbestimmten Last elastische Verformungen zulassende Steifigkeit aufweist und nach Eintreten der Verformungen eine demgegenüber vergrößerte Steifigkeit annimmt. Die vorbestimmte Last, im Folgenden als Knicklast bezeichnet, ist vorzugsweise kleiner gewählt als die Summe aus minimal zulässiger Rückstell- oder Schließkraft des in Druckrichtung auf die Ventalnadel 16 wirkenden Rückstellorgans 18, also der Druckkraft der Druckfeder 17, und der minimal vorhandenen Schließ-

kraft, die vom Fluid auf die Ventlnadel 16 mit Schließkörper 161 ausgeübt wird. Diese unterschiedlichen Steifigkeiten werden in konstruktiv einfacher Weise dadurch erreicht, dass die Ventlnadel 16 in mindestens einem Nadelabschnitt mindestens ein Paar einander diametral gegenüberliegende Verformungsstege 30 aufweist, die bei Erreichen der vorbestimmten Last, also der Knicklast, elastisch ein- oder ausknicken.

[0019] Im Ausführungsbeispiel der Figur 1 bis 4 und in den Ausführungsbeispielen der Figuren 7 bis 9 ist in einem Nadelabschnitt ein Paar Verformungsstege 30 vorhanden. In dem Ausführungsbeispiel der Figur 5 sind in einem Nadelabschnitt der Ventlnadel 16 zwei Paare von jeweils einander diametral gegenüberliegenden Verformungsstegen 30 vorhanden. In dem Ausführungsbeispiel der Figur 6 ist in zwei axial aufeinanderfolgenden Nadelabschnitten der Ventlnadel 16 jeweils ein Paar einander gegenüberliegende Verformungsstege 30 vorhanden.

[0020] Zur Gewinnung dieser Verformungsstege 30 ist in die massive Ventlnadel 16 mindestens ein sich in Achsrichtung der Ventlnadel 16 erstreckender Schlitz 31 mit begrenzter Schlitzlänge eingebracht. In dem Ausführungsbeispiel der Figur 5 sind somit zur Ausbildung der zwei Paare von Verformungsstegen 30 im gleichen Nadelabschnitt zwei Schlitz 31 und in dem Ausführungsbeispiel der Figur 6 zur Ausbildung von jeweils einem Paar von Verformungsstegen 30 in zwei axial hintereinander liegenden Nadelabschnitten zwei auf zwei verschiedene Nadelabschnitte verteilte Schlitz 31 vorhanden. In den übrigen Ausführungsbeispielen besitzt die Ventlnadel 16 lediglich einen Schlitz 31.

[0021] Anstelle der massiven Ventlnadel 16 gemäß Figur 1, 2, 3 und 5 bis 9 kann auch eine hohle Ventlnadel 16 eingesetzt werden, die in gleicher Weise einen oder mehrere Schlitz 31 aufweist. Die hohle Ventlnadel 16 kann dabei für die Fluidströmung vom Zulauf 10 zur Ventilkammer 28 genutzt werden, so dass gesonderte Strömungskanäle 27 im Magnetanker 24 entfallen können. Zur Gewinnung der Verformungsstege 30 bei einer hohlen Ventlnadel 16 kann einerseits der Schlitz 31 in die hohlzylindrische Ventlnadel 16 eingeschnitten, eingefräst oder eingestochen werden, wie dies in Figur 4 dargestellt ist. Die Ventlnadel 16 kann aber auch aus einem Blech mit mindestens zwei länglichen Aussparungen mit begrenzter axialer Länge gerollt werden. Die Aussparungen sind dabei so angeordnet, dass bei gerolltem Blech jeweils zwei Aussparungen einander diametral gegenüberliegen und einen die Ventlnadel 16 querenden Schlitz 31 bilden. Die parallel zu den Längskanten der Austanzungen sich erstreckenden Stoßstellen des Blechs werden miteinander stoffschlüssig verbunden, z. B. verschweißt. Bei Einsatz des Elektromagneten 20 als Aktor 19 kann vorteilhaft auf die stoffschlüssige Verbindung des Blechs verzichtet und stattdessen das gerollte Blech auf voneinander abgekehrten Enden mit dem Schließkörper 161 und dem Magnetanker 24 des Elektromagneten 20 stoffschlüssig verbunden, z. B. an- oder

aufgeschweißt, werden. Alternativ kann die hohle Ventlnadel 16 aus zwei gebogenen Blechen zusammengesetzt werden, wobei in jedes Blech mindestens eine längliche Aussparung eingearbeitet ist, deren Längskanten sich parallel zu den Längskanten des Blechs erstrecken. Die beiden gebogenen Bleche werden aneinander gesetzt und an den aneinander stoßenden Längskanten miteinander stoffschlüssig verbunden, z. B. verschweißt. Auch hier sind die Aussparungen so in den Blechen angeordnet, dass zwei sich in der fertigen Ventlnadel 16 jeweils einander diametral gegenüberliegende Aussparungen einen die Ventlnadel 16 querenden Schlitz 31 bilden. Die Herstellung der Aussparungen kann durch Stanzen, Schneiden oder Fräsen vorgenommen werden.

[0022] In Figur 2 ist das Verhalten der Ventlnadel 16 mit ihren unterschiedlichen Steifigkeiten in Zug- und Druckrichtung beim Ventilschließen und Ventilöffnen schematisch skizziert.

[0023] In Figur 1 und Figur 2C ist das Ventil geöffnet, d.h. durch Bestromung des Elektromagneten 20 der Schließkörper 161 vom Ventilsitz 15 abgehoben. Die Ventlnadel 16 ist in Zugrichtung belastet und nimmt ihre normale gestreckte Stabform an.

[0024] In Figur 2A ist das Ventil geschlossen. Der Elektromagnet 20 ist nicht bestromt, und die Druckfeder 17 drückt den Schließkörper 161 auf den Ventilsitz 15 auf. Die Ventlnadel 16 ist auf Druck belastet, wodurch infolge der geringeren Steifigkeit der Ventlnadel 16 in Druckrichtung und des Überschreitens der Knicklast die beiden Verformungsstege 30 nach innen ausgeknickt sind und sich mittig gegenseitig berühren. Durch diese Abstützung der beiden Verformungsstege 30 aneinander, wird bei geschlossener Ventilöffnung 14 die Steifigkeit der Ventlnadel 16 in Druckrichtung nach Verformung der Verformungsstege 30 wieder erhöht und das Ventil zuverlässig geschlossen gehalten. Das Einknicken der Verformungsstege 30 erfolgt beim ersten Aufsetzen des Schließkörpers 161 auf den Ventilsitz 15. Aufgrund der geringeren Steifigkeit der Ventlnadel 16 verbleibt der Schließkörper 161 nach dem ersten Aufsetzen auf den Ventilsitz 15 im Ventilsitz 15, während der Magnetanker 24 infolge des sich verändernden Abstandes der Mitten der beiden Verformungsstege 30, also durch "Atmen" des Schlitzes 31, auf- und abspringen kann und durch seine Bewegung im Fluid seine Energie abbaut. Die sog. Preller mit unkontrolliertem, kurzzeitigem Aufheben des Dichtsitzes werden vermieden.

[0025] Wird in der Ventilschließstellung nunmehr der Elektromagnet 20 bestromt, wie dies in Figur 2B dargestellt ist, so führt zunächst der Magnetanker 24 einen Vorhub aus, wobei der Schließkörper 161 auf dem Ventilsitz 15 verbleibt und die Ventlnadel 16 in Zugrichtung noch nicht belastet ist. Sobald die auf die Ventlnadel 16 wirkenden Druckkräfte kleiner sind als die Knicklast, stellen sich die Verformungsstege 30 aus ihrer elastischen Einknickung gemäß Figur 2A in ihre ursprüngliche Lage zurück, und die rückstellende Kraft der Verformungsstege 30 beschleunigt den Magnetanker 24 in Richtung Ma-

gnetkern 23 (Boosteffekt). Nach Streckung der Verformungsstege 30 führt der Magnetanker 24 den eigentlichen Öffnungshub h aus und belastet die Ventilsitz 15 in Zugrichtung. Die bei dieser Zugbelastung jetzt quasi unverformbar steife Ventilsitz 16 hebt ihren Schließkörper 161 vom Ventilsitz 15 ab. Die Ventilöffnung 14 ist freigegeben (Figur 2C).

[0026] Das Einknicken der Verformungsstege 30 gemäß Figur 2A kann noch dadurch unterstützt werden, dass die Verformungsstege 30 durch plastische Verformung aus ihrer Strecklage um wenige Grade nach innen vorgebogen werden.

[0027] Alternativ können die Verformungsstege 30 bei Belastung in Druckrichtung und Überschreiten der Knicklast auch nach außen ausknicken, wobei sich die Mitten der Verformungsstege 30 voneinander wegbewegen. Eine solche Ausknickung kann z.B. dadurch erreicht werden, dass die Verformungsstege 30 durch plastische Verformung aus der Strecklage um wenige Grade nach außen vorgebogen werden.

[0028] Um ein definiertes, gerichtetes Ein- oder Ausknicken der Verformungsstege 30 zu gewährleisten, sind an den beiden Schlitzenden und in Schlitzmitte eines jeden Schlitzes 31 Gelenkstellen in die Ventilsitz 16 eingearbeitet, die durch Querschnittsverengungen 32 in den Verformungsstegen 30, also durch eine Reduzierung des Querschnitts des Verformungsstegmaterials, erzielt werden. Im Ausführungsbeispiel der Ventilsitz 16 gemäß Figur 7 ist die Querschnittsverengung 32 an jedem der beiden Schlitzenden durch je eine Querbohrung 33 und die Querschnittsverengung 32 in Schlitzmitte durch eine umlaufende Nut 34 realisiert. Querbohrungen 33 und Nut 34 sind in die Ventilsitz 16 eingebracht. Bei dieser Anordnung von Querbohrungen 33 und Nut 34 knicken die Verformungsstege 30 bei Überschreiten der Knicklast nach innen ein, wie dies in Figur 2A dargestellt ist.

[0029] In dem Ausführungsbeispiel der Ventilsitz 16 gemäß Figur 8 und 9 ist die Querschnittsverengung 32 an jedem der beiden Schlitzenden durch eine in die Ventilsitz 16 eingebrachte, umlaufende Nut 34 und die Querschnittsverengung 32 in Schlitzmitte durch eine in die Ventilsitz 16 eingebrachte Querbohrung 33 realisiert. Bei dieser Anordnung von Nuten 34 und Querbohrung 33 knicken die Verformungsstege 30 nach außen aus, wie dies in Figur 9 dargestellt ist. Bei Erreichen der maximalen Ausknickung, d.h. des maximalen Abstands der Verformungsstege 30 in Stegmitte voneinander, erhöht sich die Steifigkeit der Ventilsitz 16 in Druckrichtung.

Patentansprüche

1. Ventil zum Zumessen von Fluid, mit einer vom Fluid durchströmbar Ventilöffnung (14), die von einem Ventilsitz (15) umschlossen ist, mit einer Ventilsitz (16), die zur Bildung eines Dichtsitzes an der Ventilsitz

öffnung (14) einen mit dem Ventilsitz (15) zusammenwirkenden Schließkörper (161) aufweist, mit einem Rückstellorgan (18), das zum Herstellen des Dichtsitzes die Ventilsitz (16) auf Druck belastet und mit einem Aktor (19), der zum Aufheben des Dichtsitzes die Ventilsitz (16) auf Zug belastet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilsitz (16) in Zug- und Druckrichtung unterschiedliche Steifigkeiten in der Weise aufweist, dass die Ventilsitz (16) bei Belastung in Zugrichtung quasi unverformbar steif ist und bei Belastung in Druckrichtung eine bis zum Erreichen einer vorbestimmten Last elastische Verformungen zulassende Steifigkeit aufweist und nach Eintreten der Verformungen eine demgegenüber vergrößerte Steifigkeit annimmt.

2. Ventil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die vorbestimmte Last kleiner ist als die Summe aus einer minimal zulässigen Rückstellkraft des in Druckrichtung auf die Ventilsitz (16) wirkenden Rückstellorgans (18) und einer minimal vorhandenen Schließkraft, die vom Fluid auf die Ventilsitz (16) mit Schließkörper (161) ausgeübt wird.

3. Ventil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ventilsitz (16) in mindestens einem Nadelabschnitt mindestens ein Paar bei Erreichen der vorbestimmten Last elastisch ein- oder ausknickbare Verformungsstege (30) aufweist, die einander diametral gegenüberliegen.

4. Ventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Gewinnung der Verformungsstege (30) in die massive oder hohle Ventilsitz (16) in mindestens einem Nadelabschnitt mindestens ein in Achsrichtung der Ventilsitz (16) sich erstreckender Schlitz (31) mit begrenzter Schlitzlänge eingebracht ist.

5. Ventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Gewinnung der Verformungsstege (30) die Ventilsitz (16) aus einem Blech mit mindestens zwei Aussparungen von begrenzter axialer Länge gerollt ist und vorzugsweise dass die parallel zu den Längskanten der Aussparungen sich erstreckenden Stoßstellen des Blechs miteinander verschweißt sind.

6. Ventil nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Gewinnung der Verformungsstege (30) die Ventilsitz (16) aus zwei gebogenen Blechen zusammengesetzt ist, die jeweils mindestens eine parallel zu den Längskanten des Blechs sich erstreckende Aussparung von begrenzter axialer Länge aufweisen und an den aneinanderstoßenden Längskanten miteinander verschweißt sind.

7. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch**

gekennzeichnet, dass an den beiden Schlitzenden und in Schlitzmitte des mindestens einen Schlitzes (31) die elastische Knickung der Verformungsstege (30) unterstützende Gelenkstellen in die Ventilnadel (16) eingearbeitet sind.

5

8. Ventil nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gelenkstellen durch Querschnittsverengungen (32) in den Verformungsstegen (30) gebildet sind.

10

9. Ventil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querschnittsverengung (32) an jedem der beiden Schlitzenden durch eine in die Ventilnadel (16) eingebrachte Querbohrung (33) und die Querschnittsverengung (32) in Schlitzmitte durch eine in die Ventilnadel (16) eingebrachte, umlaufende Nut (34) realisiert ist.

15

10. Ventil nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Querschnittsverengung (32) an jedem der beiden Schlitzenden durch eine in die Ventilnadel (16) eingebrachte, umlaufende Nut (34) und die Querschnittsverengung (32) in Schlitzmitte durch eine in die Ventilnadel (16) eingebrachte Querbohrung (33) realisiert ist.

20

25

11. Ventil nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verformungsstege (30) durch plastische Verformung aus ihrer axialen Erstreckung um wenige Grade nach innen oder außen gebogen sind.

30

12. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Aktor (19) von einem Elektromagneten (20) mit einem Magnetanker (24) gebildet ist und der Magnetanker (24) fest auf der Ventilnadel (16) sitzt, vorzugsweise mit dieser stoffschlüssig verbunden ist.

35

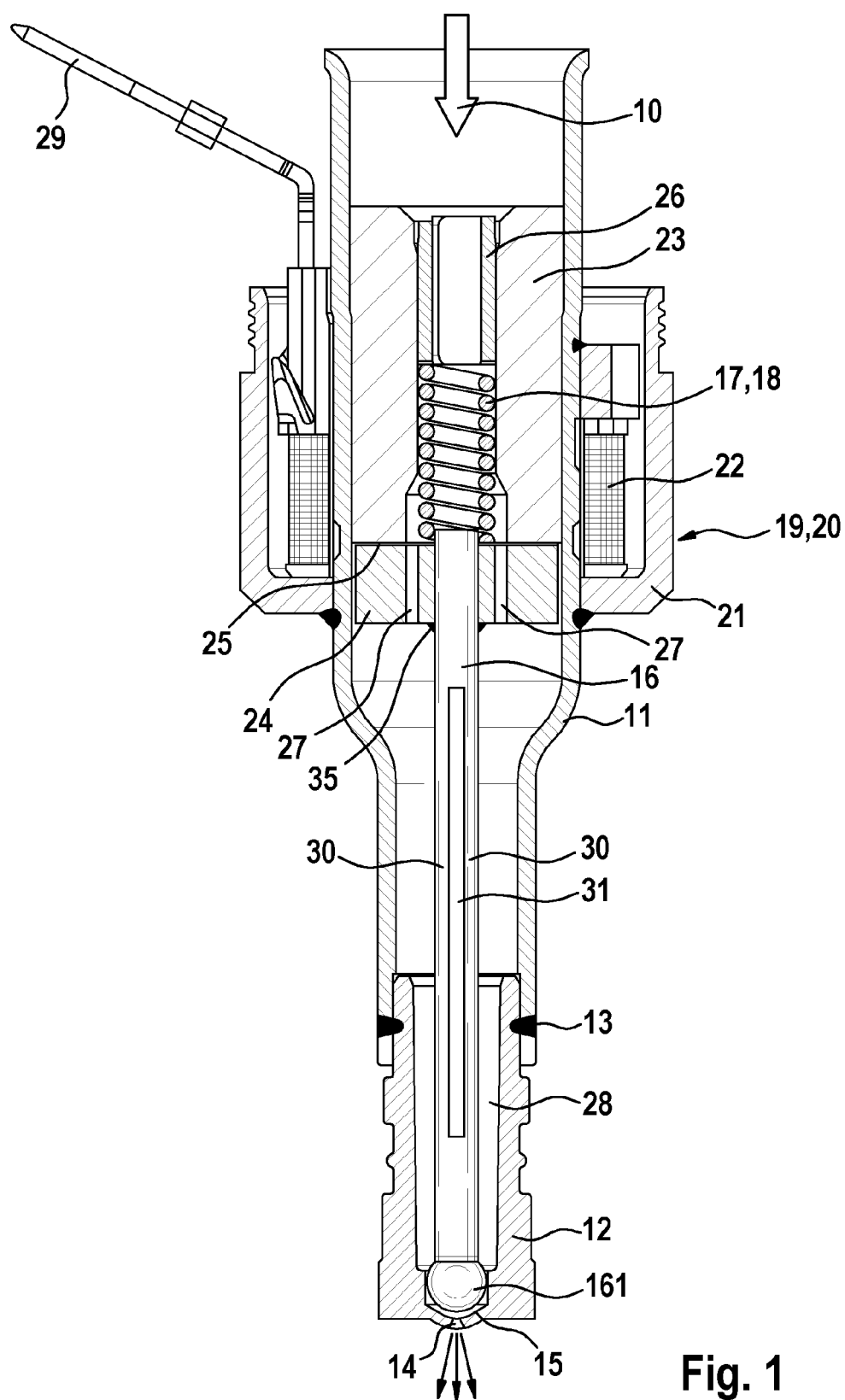
40

13. Ventil nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Gewinnung der Verformungsstege (30) die Ventilnadel (16) aus einem Blech mit mindestens zwei Aussparungen von begrenzter axialer Länge gerollt ist und auf das gerollte Blech Magnetanker (24) und Schließkörper (161) stoffschlüssig aufgesetzt, vorzugsweise aufgeschweißt, sind.

45

50

55



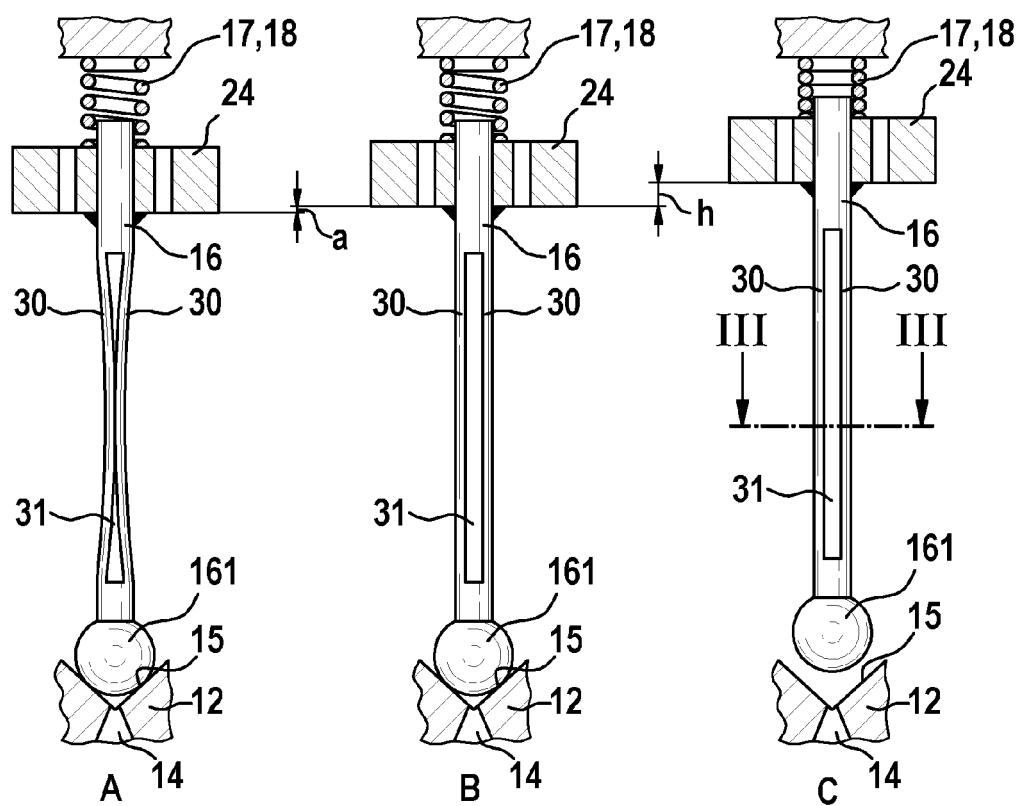


Fig. 2

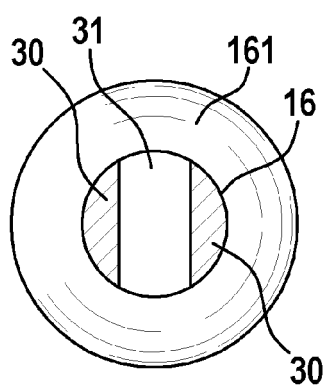


Fig. 3

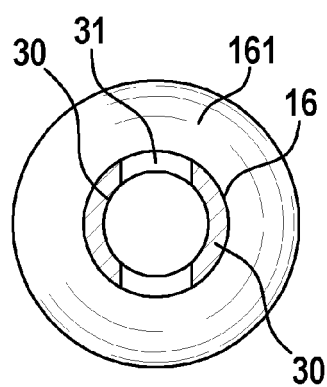


Fig. 4

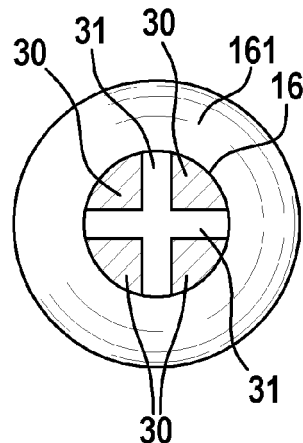


Fig. 5

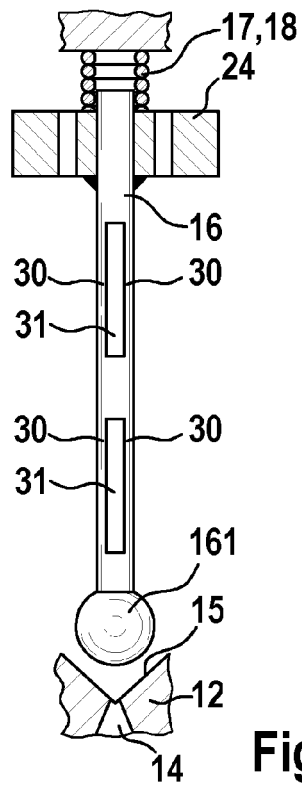


Fig. 6

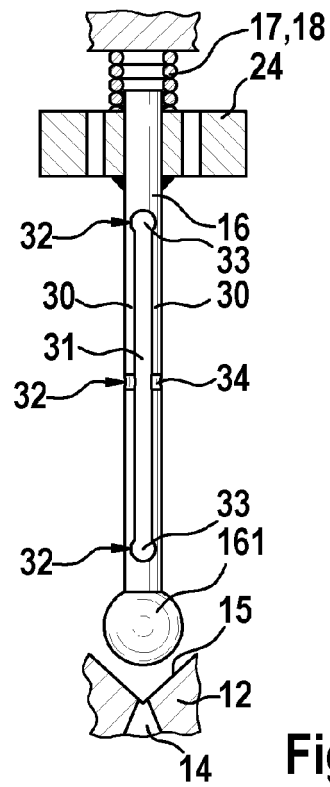


Fig. 7

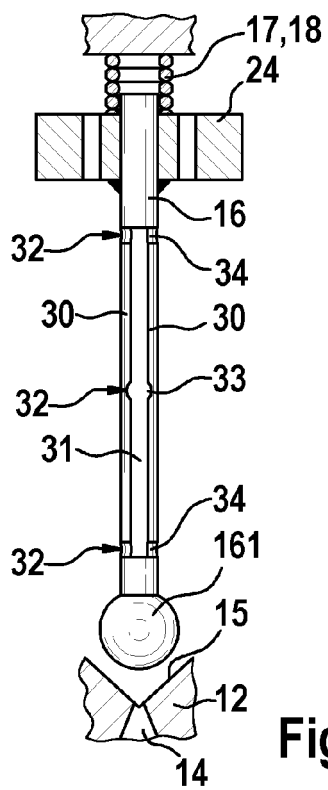


Fig. 8

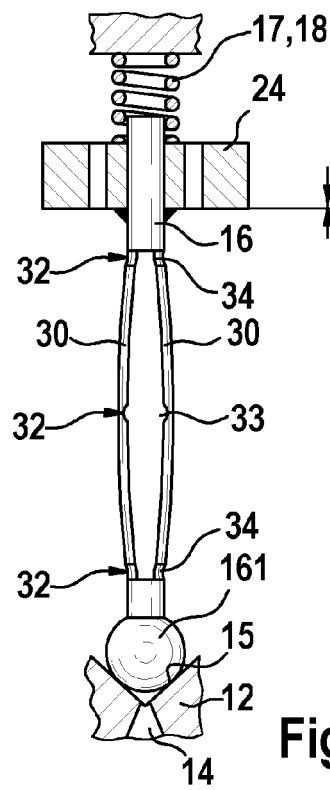


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 13 16 0890

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,P	DE 10 2011 078732 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 10. Januar 2013 (2013-01-10) * Absätze [0023] - [0029]; Abbildungen * -----	1-5,11, 12	INV. F02M51/06 F02M61/10
X	WO 96/09473 A1 (SIEMENS AUTOMOTIVE CORP LP [US]) 28. März 1996 (1996-03-28) * Seite 4, Absatz 3.; Abbildungen * -----	1-3,12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		7. August 2013	
		Prüfer	
		Godrie, Pierre	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 13 16 0890

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

07-08-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011078732 A1	10-01-2013	KEINE	

WO 9609473	A1	28-03-1996	CN 1158651 A 03-09-1997
			DE 69508950 D1 12-05-1999
			DE 69508950 T2 16-09-1999
			EP 0782669 A1 09-07-1997
			JP 3625832 B2 02-03-2005
			JP H10506164 A 16-06-1998
			US 5636827 A 10-06-1997
			WO 9609473 A1 28-03-1996

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10108945 A1 [0002]
- DE 19849210 A1 [0004]
- DE 19932763 [0004]
- DE 19946602 A1 [0004]