



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 032 750.6**
 (22) Anmeldetag: **29.07.2010**
 (43) Offenlegungstag: **02.02.2012**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **24.09.2015**

(51) Int Cl.: **F15B 15/14 (2006.01)**
F15B 15/22 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Innomotix GmbH, 83620 Feldkirchen-Westerham, DE

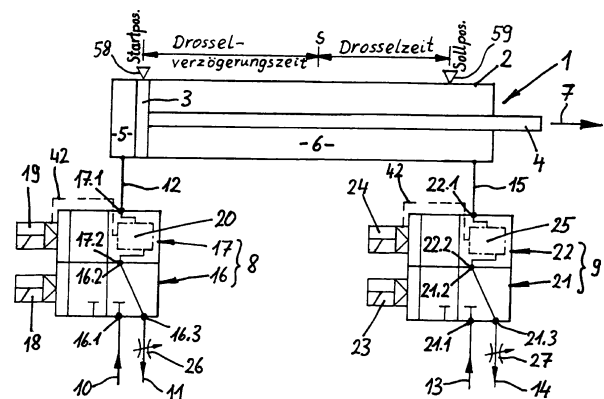
(72) Erfinder:
Baumgartner, Florian, 80799 München, DE

(74) Vertreter:
ANDRAE WESTENDORP Patentanwälte Partnerschaft, 83022 Rosenheim, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
DE 101 38 026 A1
EP 1 271 026 A1

(54) Bezeichnung: **Pneumatikantrieb**

(57) Hauptanspruch: Pneumatikantrieb mit
 – einer Pneumatikantriebseinheit (1), die einen zwischen einer ersten und einer zweiten Position bewegbaren Kolben (3) aufweist,
 – einer an eine erste Druckluftzufuhrleitung (10) und eine erste Druckluftabfuhrleitung (11) angeschlossenen ersten Ventilanordnung (8), über welche Druckluft in einen ersten Arbeitsraum (5) der Pneumatikantriebseinheit (1) zugeführt und aus diesem abgeführt werden kann,
 – einer an eine zweite Druckluftzufuhrleitung (13) und eine zweite Druckluftabfuhrleitung (14) angeschlossenen zweiten Ventilanordnung (9), über welche Druckluft einem zweiten, auf der gegenüberliegenden Seite des Kolbens (3) angeordneten Arbeitsraum (6) zugeführt und aus diesem abgeführt werden kann,
 – wobei die erste und/oder zweite Ventilanordnung (8, 9) ein Wegeventil (17, 22) mit einer Dämpfungsdrossel (20, 25; 20', 25') zur Begrenzung des durch das Wegeventil (17, 22) hindurchströmenden Luftvolumenstroms aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungsdrossel (20, 25; 20', 25') einen in Abhängigkeit des im Arbeitsraum (5, 6) herrschenden Kompressionsdrucks verschiebbaren Differenzdruckkolben (28) und ein Drosselelement (45) aufweist, wobei zwischen dem Differenzdruckkolben (28) und dem Drosselelement (45) ein von der Druckluft durchströmter, durch die Verschiebung des Differenzdruckkolbens (28) veränderbarer freier Drosselquerschnitt (49) vorgesehen ist, und dass die Dämpfungsdrossel (20, 25; 20', 25') einen in Bewegungsrichtung des Differenzdruckkolbens (28) verstellbaren Anschlag (43) zur Begrenzung des Verschiebewegs des Differenzdruckkolbens (28) in Richtung Drosselelement (45) aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Pneumatikantrieb gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In der Industrie werden häufig hochdynamische Pneumatikantriebseinheiten, insbesondere Pneumatikzylinder und pneumatische Schwenkantriebe, eingesetzt, bei denen es auf hohe Arbeitsgeschwindigkeiten ankommt. Ein Einsatzgebiet ist beispielsweise die Handhabung elektronischer Bauelemente bei deren Herstellung oder wenn die elektronischen Bauelemente getestet werden.

[0003] Um einen hohen Produktdurchsatz zu erreichen, ist man bestrebt, die Pneumatikzylinder oder pneumatischen Schwenkantriebe mit möglichst hoher Geschwindigkeit arbeiten zu lassen. Problematisch ist hierbei, dass die Kolben zunächst beschleunigt und anschließend gegen Ende des Kolbenwegs bei Erreichen einer bestimmten Sollposition mit einer möglichst ruck- und stoßfreien Verzögerung wieder sehr schnell bis zum Stillstand abgebremst werden müssen, um anschließend wieder in die entgegengesetzte Richtung verfahren zu werden.

[0004] Es wird bekannterweise versucht, diese Probleme mit speziellen Wegmesssystemen und regelbaren pneumatischen Servoventilen zu bewältigen. Derartige Wegmesssysteme und regelbare Servoventile sind jedoch sehr kostenaufwändig, stellen eine zusätzliche externe Masse am Pneumatikzylinder dar, benötigen zusätzlichen Platz und bedingen einen erhöhten elektronisch geregelten Steueraufwand.

[0005] Um diese Nachteile zu vermeiden, ist aus der DE 101 38 026 A1 bereits ein Pneumatikantrieb gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt geworden, bei dem jeder Arbeitsraum beidseits des Kolbens einer Pneumatikantriebseinheit über zwei hintereinander angeordnete Wegeventile mit einer Druckluftzufuhrleitung und einer Druckluftabfuhrleitung verbunden sind. Durch entsprechendes Schalten dieser Wegeventile kann ein ungedrosselter oder gedrosselter Durchfluss für die Zuführung oder Abfuhr der Druckluft geschaffen werden, wobei zum Abbremsen der Kolbenbewegung Druckluft aktiv in den sich verkleinernden Arbeitsraum eingeleitet wird.

[0006] Hat bei diesem bekannten Pneumatikantrieb der Kolben nach Ablauf einer bestimmten Sollzeit die Endposition noch nicht vollständig erreicht, wird die sich im verkleinernden Arbeitsraum befindliche Luft über eine im Regelventil integrierte Dämpfungsdrossel abgeleitet. Hierdurch kann der Kolben in einer Art "Schleichgang" bis zur endgültigen Endposition verfahren werden. Hierbei ist von Bedeutung, dass die Geschwindigkeit des Kolbens in der Endposition einen bestimmten Wert von beispielsweise 0, 1 m/sek. nicht überschreitet. Diese geringe zulässi-

ge Höchstgeschwindigkeit des Kolbens erfordert einen relativ kleinen freien Querschnitt der Dämpfungsdrossel, über welche die Druckluft aus dem sich verkleinernden Arbeitsraum der Pneumatikantriebseinheit abgeführt wird.

[0007] Dieser freie kleine Drosselquerschnitt führt andererseits dazu, dass im sich verkleinernden Arbeitsraum sehr hohe Kompressionsdrücke auftreten können, wenn der Kolben mit daran befestigter Last eine hohe kinetische Energie aufweist, d. h. wenn die bewegten Massen und/oder Geschwindigkeiten hoch sind. Die maximal zulässigen Kompressionsdrücke der Zylinder- und Ventildichtungen sind jedoch begrenzt. Bei höherer kinetischer Energie muss deshalb eine Begrenzung auf den maximal zulässigen Kompressionsdruck vorgenommen werden.

[0008] Aus der EP 1 271 026 A1 ist weiterhin ein Ventil bekannt, das den hindurchfließenden Fluidvolumenstrom automatisch proportional zum Fluidzulaufdruck verändert, indem ein innerer Verschlusskolben in Abhängigkeit des Zulaufdrucks derart innerhalb des Ventilgehäuses verschoben wird, dass eine Durchflussöffnung mehr oder weniger weit geöffnet wird. Dieses Ventil wird insbesondere in Flüssigkeitsleitungen von Wärmetauschern in Fahrzeugklimaanlagen verwendet. Für Pneumatikantriebe mit einem sich schnell hin und her bewegenden Arbeitskolben ist dieses bekannte Ventil jedoch nicht geeignet, wenn mittels des Ventils das Fahrverhalten des Arbeitskolbens in vorbestimmter Weise eingestellt werden soll. Weiterhin ist es mit einem derartigen Ventil nicht möglich, die in der Pneumatikantriebseinheit maximal zulässigen Kompressionsdrücke auf einfache Weise zu verändern.

[0009] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Pneumatikantrieb der eingangs genannten Art zu schaffen, bei dem auf möglichst einfache Weise das Fahrverhalten des Kolbens und der in den Arbeitsräumen der Pneumatikantriebseinheit herrschende Kompressionsdruck gezielt veränderbar ist.

[0010] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit einem Pneumatikantrieb mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den weiteren Ansprüchen beschrieben.

[0011] Beim erfindungsgemäßen Pneumatikantrieb weist die Dämpfungsdrossel einen in Abhängigkeit des im Arbeitsraum herrschenden Kompressionsdrucks verschiebbaren Differenzdruckkolben und ein Drosselelement auf, wobei zwischen dem Differenzdruckkolben und dem Drosselelement ein von der Druckluft durchströmter, durch die Verschiebung des Differenzdruckkolbens veränderbarer freier Drosselquerschnitt vorgesehen ist. Weiterhin weist

die Dämpfungsdrossel einen in Bewegungsrichtung des Differenzdruckkolbens verstellbaren Anschlag zur Begrenzung des Verschiebewegs des Differenzdruckkolbens in Richtung Drosselement auf.

[0012] Steigt der Kompressionsdruck beim Abbremsen des Kolbens innerhalb des sich verkleinern den Arbeitsraums so stark an, dass die Gefahr besteht, dass der maximal zulässige Kompressionsdruck überschritten wird, bewirkt die durch die Dämpfungsdrossel hindurchgeführte Druckluft eine derartige Verschiebung des Differenzdruckkolbens innerhalb der Dämpfungsdrossel, dass hierdurch der freie Drosselquerschnitt vergrößert wird, so dass ein größerer Volumenstrom hindurchfließen kann und der Kompressionsdruck reduziert wird. Hierdurch kann auf einfache Weise erreicht werden, dass der maximal zulässige Kompressionsdruck nicht überschritten wird. Bei relativ niedrigen Kompressionsdrücken im Pneumatikzylinder kann dagegen der freie Drosselquerschnitt durch den Differenzdruckkolben soweit verkleinert werden, dass dann, wenn sich der abzubremsende Kolben kurz vor seiner Endlage befindet, dieser mit dem nötigen Gegendruck abgebremst werden kann und mit einer niedrigen Geschwindigkeit weiter bis zur Endlage gefahren werden kann.

[0013] Liegt der Differenzdruckkolben am Anschlag an, so wird hierdurch der minimale freie Drosselquerschnitt bestimmt. Je weiter sich der Differenzdruckkolben vom Anschlag und damit vom Drosselement entfernt, umso größer wird der freie Drosselquerschnitt und damit der Volumenstrom, der durch diesen Drosselquerschnitt strömen kann. Durch Veränderung der Position des Anschlags können ferner die auf den Differenzdruckkolben wirkenden Federkräfte und damit der Schwellenwert desjenigen Kompressionsdrucks verändert werden, ab dem der Differenzdruckkolben beginnt, sich vom Anschlag zu lösen.

[0014] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist der Differenzdruckkolben eine axiale Drosselbohrung auf. Das Drosselement weist einen Kopfabschnitt auf, wobei der freie Drosselquerschnitt durch die axiale Drosselbohrung und den Kopfabschnitt begrenzt wird. Auf diese Weise lässt sich der freie Drosselquerschnitt auf sehr einfache Weise dadurch einstellen, dass der Differenzdruckkolben mehr oder weniger weit vom vorzugsweise kegelförmigen Kopfabschnitt des Drosselements entfernt wird.

[0015] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist im Differenzdruckkolben ein zweiter Differenzdruckkolben verschiebbar gehalten, der mittels einer Feder in Richtung des Drosselements vorgespannt ist und den Durchmesser der axialen Drosselbohrung in einem Bereich, der zum Kopfabschnitt des Drosselements benachbart ist, verringert. Bei dieser Ausführungsform wird durch den

kleineren integrierten zweiten Differenzdruckkolben eine gewünschte Drosselquerschnittsvergrößerung zum schnelleren Aufbau des Kompressionsdrucks gleich zu Beginn des Dämpfungsvorganges bzw. ein kürzerer Dämpfungsweg erreicht, ohne dass hierzu der größere Differenzdruckkolben verschoben werden müsste.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

[0017] Fig. 1a: ein schematisches Schaubild eines erfindungsgemäßen Pneumatiktriebs im drucklosen Zustand, wobei die Dämpfungsdrosseln schematisch dargestellt sind,

[0018] Fig. 1b: die Schaltstellung der ersten und zweiten Ventilanordnung, wenn der Kolben die Startposition verlässt,

[0019] Fig. 1c: die Schaltstellung der ersten und zweiten Ventilanordnung, wenn die aktive Dämpfung (Abbremsung) des Kolbens durch Gegendruckerhöhung beginnt,

[0020] Fig. 1d: die Schaltstellung der ersten und zweiten Ventilanordnung, wenn der Kolben die Sollposition nach Ablauf der Soll-Zeit nicht erreicht hat oder wenn vom Kolben in der Endlage Kräfte ausgeübt werden müssen,

[0021] Fig. 2: die Dämpfungsdrossel der Fig. 1a bis Fig. 1b in detaillierter Darstellung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung, und

[0022] Fig. 3: die Dämpfungsdrossel der Fig. 1a bis Fig. 1d in detaillierter Darstellung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

[0023] Aus Fig. 1a ist eine Pneumatiktriebseinheit 1 in Form eines Pneumatikzylinders mit einem zylindrischen Gehäuse 2 ersichtlich, in dem ein Kolben 3 mit einer Kolbenstange 4 längs verschiebbar geführt ist. Der Kolben 3 unterteilt den Innenraum des Gehäuses 2 in einen Arbeitsraum 5, der sich in Fig. 1a links vom Kolben 3 befindet, und einen Arbeitsraum 6, der rechts vom Kolben 3 angeordnet ist. In Fig. 1a befindet sich der Kolben 3 in seiner am weitesten links befindlichen Stellung, die hier als Startposition oder erste Position bezeichnet wird. Von dieser Startposition aus ist der Kolben 3 nach rechts in eine zweite Position, die hier als Soll-Position bezeichnet wird und die am weitesten rechts liegende Endlage des Kolbens 3 darstellt, verschiebbar, wie durch den Pfeil 7 angedeutet ist.

[0024] Die Bewegung des Kolbens 3 wird durch Druckluft bewirkt, die über eine erste Ventilanordnung 8 und eine zweite Ventilanordnung 9 zu- bzw. abgeführt wird.

[0025] Die erste Ventilanordnung **8** steht einerseits mit einer Druckluftzufuhrleitung **10** und einer Druckluftabfuhrleitung **11** und andererseits mit einer Leitung **12** in Verbindung, welche in den linksseitigen Arbeitsraum **5** mündet.

[0026] Die zweite Ventilanordnung **9** steht einerseits mit einer Druckluftzufuhrleitung **13** und einer Druckluftabfuhrleitung **14** und andererseits mit einer Leitung **15** in Verbindung, die in den rechtsseitigen Arbeitsraum **6** mündet.

[0027] Wie aus **Fig. 1a** ersichtlich, besteht die erste Ventilanordnung **8** aus zwei zusammenwirkenden Wegeventilen **16, 17**. Das erste Wegeventil **16** ist als 3/2 Wegeventil ausgebildet und weist somit drei Anschlüsse **16.1, 16.2, 16.3** und zwei mögliche Schaltstellungen auf. Der Anschluss **16.1** ist mit der Druckluftzufuhrleitung **10** verbunden, während der Anschluss **16.3** mit der Druckluftabfuhrleitung **11** verbunden ist. Die Umschaltung zwischen den beiden Schaltstellungen erfolgt mittels eines Elektromagnetventils **18**.

[0028] Das zweite Wegeventil **17** ist als 2/2 Wegeventil ausgebildet und weist somit zwei Anschlüsse **17.1** und **17.2** auf, die in zwei verschiedene Schaltstellungen geschaltet werden können. Der Anschluss **17.1** ist dabei mit der in den linksseitigen Arbeitsraum **5** mündenden Leitung **12** verbunden, während der Anschluss **17.2** mit dem Anschluss **16.2** des ersten Wegeventils **16** verbunden ist.

[0029] Das zweite Wegeventil **17** der linksseitigen Ventilanordnung **8** weist ferner eine Dämpfungsdrossel **20** auf, die in den **Fig. 1a** bis **Fig. 1d** lediglich schematisch dargestellt und als einstellbares Drosselventil ausgebildet ist. Die Dämpfungsdrossel **20** wird anhand der **Fig. 2** und **Fig. 3** nachfolgend noch näher beschrieben. In der in **Fig. 1a** gezeigten Schaltstellung des zweiten Wegeventils **17** ist die in den linksseitigen Arbeitsraum **5** mündende Leitung **12** über die Dämpfungsdrossel **20** mit der Druckluftabfuhrleitung **11** verbunden. Die Dämpfungsdrossel **20** befindet sich innerhalb des 2/2 Wegeventils **17**.

[0030] Die zweite, rechtsseitige Ventilanordnung **9** ist identisch wie die erste Ventilanordnung **8** ausgebildet. Sie besteht aus einem ersten Wegeventil **21** in der Form eines 3/2 Wegeventils und einem damit zusammenwirkenden zweiten Wegeventil **22** in der Form eines 2/2 Wegeventils. Die Anschlüsse des ersten Wegeventils **21** sind mit **21.1, 21.2, 21.3** bezeichnet. Die Anschlüsse des zweiten Wegeventils **22** sind mit **22.1** und **22.2** bezeichnet. Die Umschaltung zwischen den beiden Schaltzuständen erfolgt mittels Elektromagnetventilen **23, 24**. Die Anschlüsse **21.1, 21.3** sind mit der Druckluftzufuhrleitung **13** bzw. mit der Druckluftabfuhrleitung **14** verbunden, der Anschluss **21.2** ist mit dem Anschluss **22.2** verbunden,

und der Anschluss **22.1** ist mit der zum rechtsseitigen Arbeitsraum **6** der Pneumatikantriebseinheit **1** führenden Leitung **15** verbunden.

[0031] Weiterhin ist auch in das zweite Wegeventil **22** der zweiten Ventilanordnung **9** eine einstellbare Dämpfungsdrossel **25** integriert, die identisch zur Dämpfungsdrossel **20** ausgebildet ist und nachfolgend anhand der **Fig. 2, Fig. 3** noch näher erläutert wird.

[0032] Aus den **Fig. 1a** bis **Fig. 1d** ist weiterhin erkennbar, dass in den beiden Druckluftabfuhrleitungen **11, 14** außerhalb der Ventilanordnungen **8, 9** jeweils ein weiteres einstellbares Drosselventil **26, 27** angeordnet ist. Mit Hilfe dieser optional vorgesehenen Drosselventile **26, 27** kann zusätzlich die Menge der abzuführenden Druckluft und damit die Kolbengeschwindigkeit eingestellt werden.

[0033] Aufbau und Funktionsweise des vorliegenden Pneumatikantriebs entsprechen grundsätzlich demjenigen, der in der DE 101 38 026 A1 beschrieben wird, deren Offenbarungsgehalt ausdrücklich zum Gegenstand der vorliegenden Anmeldung gemacht wird. Im Folgenden wird die Funktionsweise des in den **Fig. 1a–Fig. 1d** gezeigten Pneumatikantriebs daher lediglich kurz zusammengefasst.

[0034] Ausgangspunkt ist die in **Fig. 1a** dargestellte linke Endlage des Kolbens **3**, die auch als Startposition bezeichnet werden kann. Von dieser Startposition aus soll der Kolben **3** nach rechts bis zu seiner gegenüberliegenden Endlage verschoben werden, die auch als Soll-Position bezeichnet werden kann.

[0035] In der linken Endlagenstellung des Kolbens **3** werden die beiden linken Wegeventile **16, 17** der ersten Ventilanordnung **8** zunächst so geschaltet, wie aus **Fig. 1b** ersichtlich. Druckluft kann ungedrosselt von der Druckluftzufuhrleitung **10** zur Leitung **12** und von dort in den linksseitigen Arbeitsraum **5** strömen. Der sich primärseitig im Arbeitsraum **5** schnell aufbauende Druck beginnt nun, den Kolben **3** mit maximaler Beschleunigung nach rechts zu bewegen. Die zweite, rechte Ventilanordnung **9** ist dabei so geschaltet, dass die aus dem sich verkleinernden, sekundärseitigen Arbeitsraum **6** verdrängte Luft über die Druckluftabfuhrleitung **14** abgeleitet werden kann. Durch entsprechendes Einstellen des Drosselventils **27** kann die Geschwindigkeit, mit der der Kolben **3** nach rechts bewegt wird, eingestellt werden. Weiterhin wird, wenn der Kolben **3** die Startposition verlässt, über einen Positionsschalter **58** eine voreingestellte Drosselverzögerungszeit in Lauf gesetzt und die Ist-Zeitmessung begonnen.

[0036] Nach Ablauf der Drosselverzögerungszeit schaltet die zweite Ventilanordnung **9** in eine Stellung um, die in **Fig. 1c** gezeigt ist. In dieser Schalt-

stellung ist die rechtsseitige Druckluftzufuhrleitung **13** über die Dämpfungsdrossel **25** mit der Leitung **15** und damit mit dem sich verkleinernden Arbeitsraum **6** verbunden. In diesem Zustand wird aktiv Druckluft in den sich verkleinernden Arbeitsraum **6** eingeleitet, so dass der sich dort aufbauende Gegendruck progressiv zunimmt und der Kolben **3** sehr schnell bis zum Stillstand abgebremst wird. Durch entsprechendes Einstellen der Dämpfungsdrossel **25** kann das Dämpfungsverhalten, d. h. das Bremsverhalten, mittels aktiver Gegendruckerhöhung eingestellt und variiert werden. Die in **Fig. 1c** gezeigte Position der zweiten Ventilanordnung **9** wird in der Regel beibehalten, bis der Kolben **3** die Soll-Position erreicht hat, was mittels eines Positionsschalters **59** erfasst wird (**Fig. 1a**). Bei Erreichen der Soll-Position wird außerdem die Ist-Zeitmessung gestoppt und mit der Soll-Zeit verglichen. Weicht die Ist-Zeit von der Soll-Zeit ab, so kann der Startzeitpunkt **S** für die Drosselzeit (Zeit der aktiven Gegendruckerhöhung im sich verkleinernden Arbeitsraum **6**) entsprechend nach vorne oder hinten verschoben werden.

[0037] Während der gesamten Drosselzeit befindet sich außerdem die erste Ventilanordnung **8** in der selben Stellung wie während der Drosselverzögerungszeit.

[0038] Hat der Kolben **3** nach Ablauf der Soll-Zeit die Soll-Position noch nicht erreicht, wird die zweite Ventilanordnung **9** in die in **Fig. 1d** gezeigte Stellung umgeschaltet. In dieser Stellung kann die Druckluft aus dem sich verkleinernden Arbeitsraum **6** sowohl über die Dämpfungsdrossel **25** als auch über das Drosselventil **27**, d. h. zweifach gedrosselt, abströmen. Auf diese Weise kann der Kolben **3** in einer Art "Schleichgang" bis zur Soll-Position verfahren werden. In dem Fall, dass die Soll-Position während der Soll-Zeit erreicht wird, ist die in **Fig. 1d** gezeigte Stellung der zweiten Ventilanordnung **9** optional.

[0039] In **Fig. 2** wird im Folgenden ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Dämpfungsdrossel **20**, **25** beschrieben, die eine differenzdruckabhängige dynamisch geregelte Drosselquerschnittsveränderung ermöglicht. Durch eine derartige dynamisch geregelte Drosselquerschnittsveränderung wird der Kompressionsdruck innerhalb des Pneumatikzylinders **1** und innerhalb der Ventilanordnungen **8**, **9** automatisch derart begrenzt, dass der maximal zulässige Kompressionsdruck, der insbesondere durch die Zylinder- und Ventildichtungen vorgegeben ist, nicht überschritten wird. Gleichzeitig ermöglicht eine derartige Dämpfungsdrossel **20**, **25** ein langsames Einfahren des Kolbens **3** in seine Soll- oder Endposition, wozu ein kleiner freier Drosselquerschnitt erforderlich ist.

[0040] Die in **Fig. 2** dargestellte Dämpfungsdrossel **20**, **25** weist einen Differenzdruckkolben **28** auf, der

in einem in **Fig. 2** lediglich schematisch dargestellten Ventilgehäuse **29** längs verschiebbar ist. Der Differenzdruckkolben **28** weist einen Kolbenabschnitt **28a** mit größerem Außendurchmesser und einen Kolbenabschnitt **28b** mit kleinerem Außendurchmesser auf. Weiterhin weist der Differenzdruckkolben **28** eine axiale Drosselbohrung **30** auf, die sich, ausgehend von einer Stirnwand **31**, lediglich über einen Teil des Kolbenabschnitts **28b** erstreckt und mit Radialbohrungen **32** verbunden ist.

[0041] Der Kolbenabschnitt **28a** mit größerem Durchmesser ist in einer ersten Kammer **33** des Ventilgehäuses **29** angeordnet und unterteilt diese in einen ersten Druckraum **34**, der sich in **Fig. 2** auf der linken Seite des Kolbenabschnitts **28a** befindet, und einen auf der gegenüberliegenden Seite des Kolbenabschnitts **28a** angeordneten zweiten Druckraum **35**. Die Radialbohrungen **32** münden in den zweiten Druckraum **35**. Weiterhin ist der zweite Druckraum **35** über eine Leitung **36** mit dem Anschluss **17.1**, **22.1** des Wegeventils **17**, **22** verbunden, und steht damit mit dem Arbeitsraum **5** bzw. **6** der Pneumatikantriebs-einheit **1** in Druckluftverbindung.

[0042] Das Ventilgehäuse **29** weist weiterhin neben der ersten Kammer **33** eine zweite Kammer **37** auf, die von der ersten Kammer **33** durch eine Wand **38** getrennt ist. Der Kolbenabschnitt **28b** durchdringt einen Durchgang **39** der Wand **38**, ist in der Wand **38** verschiebbar gelagert und erstreckt sich in die zweite Kammer **37** hinein.

[0043] Im ersten Druckraum **34** ist eine erste Feder **40** angeordnet, die sich mit einem Ende an der linksseitigen Wand des Druckraums **34** und mit ihrem anderen Ende am Differenzdruckkolben **28** abstützt. Die erste Feder **40** ist als Druckfeder ausgebildet und versucht, den Differenzdruckkolben **28** nach rechts zu drücken.

[0044] Im zweiten Druckraum **35** ist eine zweite Feder **41** angeordnet, welche sich mit einem Ende am Kolbenabschnitt **28a** des Differenzdruckkolbens **28** und mit ihrem gegenüberliegenden Ende an der Wand **38** abstützt. Die zweite Feder **41** ist ebenfalls als Druckfeder ausgebildet und versucht, den Differenzdruckkolben **28** entgegen der Federkraft der ersten Feder **40** und entgegen dem Luftdruck im ersten Druckraum **34**, der über eine gestrichelt dargestellte Leitung **42** im ersten Druckraum **34** aufgebaut wird, nach links zu drücken.

[0045] Die Hubbewegung des Differenzdruckkolbens **28** nach rechts wird durch einen einstellbaren Anschlag **43** begrenzt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Anschlag **43** hohlzylinderförmig ausgebildet und in einer Wand **44** des Ventilgehäuses **29** gelagert. Die Wand **44** begrenzt die zweite Kammer

37 des Ventilgehäuses **29** in axialer Richtung nach außen.

[0046] Im Anschlag **43** ist ein Drosselement **45** in der Form einer Drosselschraube längs verstellbar festgelegt. Ein Schraubenschaft **46** mit einem Gewinde **47** ist hierzu in eine axiale Gewindebohrung der äußeren Stirnwand des Anschlags **43** eingeschraubt.

[0047] Das Drosselement **45** weist an seinem innenliegenden Ende einen kegelförmigen Kopfabschnitt **48** auf, dessen Spitze in der in **Fig. 2** gezeigten Stellung, in der sich der Differenzdruckkolben **28** nah am Anschlag **43** befindet oder an diesem anschlägt, sich in die axiale Drosselbohrung **30** des Differenzdruckkolbens **28** hinein erstreckt. Hierdurch wird der freie Drosselquerschnitt **49** zwischen der Umfangswand der axialen Drosselbohrung **30** und dem Kopfabschnitt **48** stark verkleinert. Liegt der Differenzdruckkolben **28** am Anschlag **43** an, so ergibt sich hieraus der kleinste freie Drosselquerschnitt **49**. Dieser kleinste freie Drosselquerschnitt **49** wird durch Verstellen des Drosselements **45** in (+) oder (-)-Richtung (siehe Doppelpfeil **61**) relativ zum Anschlag **43** zweckmäßigerweise so eingestellt, dass beim Einfahren des Kolbens **3** in die Endposition die kleinste gewünschte Endgeschwindigkeit im Bereich des letzten Millimeters vor Erreichen der Endposition erreicht wird.

[0048] Durch eine Verstellung des Anschlags **43** in (+)-Richtung relativ zum Ventilgehäuse **29** (siehe Doppelpfeil **60**) wird der Differenzdruckkolben **28** nach links verlagert, wodurch die Federkraft F_2 der zweiten Feder **41** verkleinert und die Federkraft F_1 der ersten Feder **40** vergrößert wird. Hierdurch erhöht sich der gewünschte Kompressionsdruck p_{ksoll} entsprechend dem Gleichgewichtszustand $F(p_{ksoll}) + F_2 = F(p) + F_1$. Hierbei bedeutet $F(p_{ksoll})$ diejenige Kraft, mit welcher der Differenzdruckkolben **28** durch den gewünschten Kompressionsdruck p_{ksoll} im zweiten Druckraum **35** nach links (**Fig. 2**) gedrückt wird. $F(p)$ bedeutet diejenige Kraft, mit der der Differenzdruckkolben **28** durch Einleiten von Druckluft mit dem Druck (p) in den ersten Druckraum **34** nach rechts gedrückt wird. Bei Verstellung des Anschlags **43** in (-)-Richtung erfolgt das Gegenteil, d. h. der gewünschte Kompressionsdruck p_{ksoll} wird reduziert. Durch den Einsatz der ersten Feder **40** kann somit auch ein höherer Kompressionsdruck als der Betriebsdruck eingestellt werden.

[0049] Die axiale Drosselbohrung **30** steht über den freien Drosselquerschnitt **49** mit einem dritten Druckraum **50** in Fluidverbindung, der sich innerhalb des Anschlags **43** befindet. Dieser dritte Druckraum **50** ist wiederum über radiale Durchlässe **51** im Anschlag **43** mit der zweiten Kammer **37** in Druckluftverbindung. Die zweite Kammer **37** ist über eine Leitung **52** mit dem Anschluss **17.2, 22.2** verbunden.

[0050] Im Folgenden wird die Funktion der Dämpfungsdrossel **20, 24** in der Dämpfungsphase – wie in **Fig. 1c** dargestellt – näher erläutert, in der sich der Kolben **3** in Richtung der Soll-Position bewegt und nach seiner anfänglichen Beschleunigung wieder abgebremst wird. In dieser Phase wird, wie anhand von **Fig. 1c** beschrieben wurde, Druckluft über die Druckluftzuführleitung **13** und die Dämpfungsdrossel **25** in den sich verkleinernden Arbeitsraum **6** zugeführt, um eine besonders schnelle Abbremsung des Kolbens **3** zu erreichen.

[0051] Solange der Kompressionsdruck innerhalb des Arbeitsraums **6** des Pneumatikzylinders **1** kleiner oder gleich dem eingestellten (gewünschten) Kompressionsdruck p_{ksoll} ist, liegt der Differenzdruckkolben **28** am Anschlag **43** an. Übersteigt der Kompressionsdruck durch den kleiner werdenden Arbeitsraum **6** und durch die (optionale) Zuführung der Druckluft über die Druckluftzuführleitung **13** den Sollwert p_{ksoll} , so hebt der Differenzdruckkolben **28** vom Anschlag **43** ab und entfernt sich zunehmend vom kegelförmigen Kopfabschnitt **38** des Drosselements **45**, wodurch der freie Drosselquerschnitt **49** vergrößert wird. Der Druck im zweiten Druckraum **35** und damit der Kompressionsdruck in dem sich verkleinernden Arbeitsraum **6** des Pneumatikzylinders **1** kann dadurch abgesenkt und gegebenenfalls an denjenigen Druck angeglichen werden, der im dritten Druckraum **50** oder in der zweiten Kammer **37** herrscht. Sinkt der Kompressionsdruck auf oder unter den Sollwert p_{ksoll} , so legt sich der Differenzdruckkolben **28** bei kleiner werdendem Drosselquerschnitt **49** wieder an den Anschlag **43** an. Dieser kontinuierliche Regelkreis ist beim Stillstand des Kolbens **3** beendet.

[0052] Die beschriebene Funktion gilt auch für den Betriebszustand des Pneumatikantriebs, bei dem sich die zweite Ventilanordnung **9** in der in **Fig. 1d** dargestellten Position befindet.

[0053] Anhand von **Fig. 3** wird im Folgenden eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dämpfungsdrossel **20', 25'** beschrieben, die beim Pneumatikantrieb von **Fig. 1a** zum Einsatz kommen kann.

[0054] Die Dämpfungsdrossel **20', 25'** weist sämtliche Komponenten auf, die im Zusammenhang mit der Dämpfungsdrossel **20, 25** des ersten Ausführungsbeispiels beschrieben worden sind, so dass zur Vermeidung von Wiederholungen hierauf verwiesen wird.

[0055] Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform darin, dass innerhalb der axialen Drosselbohrung **30** des Differenzdruckkolbens **28** ein zweiter Differenzdruckkolben **53** angeordnet ist, der mittels einer dritten Feder **54** in Richtung Drosselement **45** gedrückt wird, jedoch

durch die über die Leitung **52** zugeführte Druckluft (zum Abbremsen des Kolbens **3**) derart relativ zum Differenzdruckkolben **28** verschoben werden kann, dass der freie Drosselquerschnitt **49** vergrößert wird, bevor sich der Differenzdruckkolben **28** bewegt.

[0056] Der zweite Differenzdruckkolben **53** ist hülsenförmig ausgebildet und liegt an der Umfangswand der axialen Drosselbohrung **30** an. Eine sich radial nach außen erstreckende Schulter **55** des zweiten Differenzdruckkolbens **53** greift in eine radiale Umfangsausparung **56** des Differenzdruckkolbens **28** ein und dient als Anschlag zur Begrenzung des axialen Verschiebewegs des zweiten Differenzdruckkolbens **53**. In der in **Fig. 3** gezeigten Stellung, in der sich der zweite Differenzdruckkolben **53** in seiner am weitesten rechts befindlichen Stellung befindet, fluchtet die Stirnwand **57** des zweiten Differenzdruckkolbens **53** mit der Stirnwand **31** des Differenzdruckkolbens **28**. Es ist ersichtlich, dass durch die Wanddicke des zweiten Differenzdruckkolbens **53** der Innendurchmesser der axialen Drosselbohrung **30** des Differenzdruckkolbens **28** verringert wird.

[0057] Die Federhärte der dritten Feder **54** ist derart beschaffen, dass beim Zuführen von Druckluft über die Leitung **52**, d. h. wenn sich die zweite Ventilanordnung **9** in der in **Fig. 1c** gezeigten Position befindet, der zweite Differenzdruckkolben **53** relativ zum Differenzdruckkolben **28** verschiebt, bevor der Differenzdruckkolben **28** verschoben wird. Die Verschiebung des zweiten Differenzdruckkolbens **53** bewirkt eine Vergrößerung des freien Drosselquerschnitts **49**. Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel, bei dem der freie Drosselquerschnitt **49** erst beim Erreichen bzw. Überschreiten des gewünschten Kompressionsdrucks p_{ksoll} vergrößert wird, wird bei dem zweiten Ausführungsbeispiel durch einen kleineren integrierten Differenzdruckkolben **53** und die dritte Feder **54** eine gewünschte Vergrößerung des freien Drosselquerschnitts **49** zum schnelleren Aufbau des Kompressionsdrucks gleich zu Beginn des Dämpfungsvorganges bzw. ein kürzerer Dämpfungsweg erreicht. Die Rückstellung des zweiten Differenzdruckkolbens **53** auf den kleinsten freien Drosselquerschnitt **49** erfolgt noch vor Erreichen des gewünschten Kompressionsdrucks p_{ksoll} bzw. vor Rückstellung des Differenzdruckkolbens **28** an den Anschlag **43** durch ein abgestimmtes Verhältnis der Durchmesser d_1 der Schulter **55** zum Durchmesser d_2 der Drosselbohrung **30** und die dritte Feder **54**.

[0058] Die beschriebene Dämpfungsdrossel (**20, 24, 20', 25'**) kann sowohl bei Pneumatikantrieben eingesetzt werden, bei denen beim Abbremsvorgang des Kolbens **3** aktiv Luft in den sich verkleinernden Arbeitsraum **6** eingeleitet wird, als auch bei Pneumatikantrieben ohne eine derartige aktive Gegenlufteinlei-

tung, bei denen der Kolben **3** allein durch die gedrosselte Luftabführung abgebremst wird.

Patentansprüche

1. Pneumatikantrieb mit
 - einer Pneumatiktriebseinheit (**1**), die einen zwischen einer ersten und einer zweiten Position bewegbaren Kolben (**3**) aufweist,
 - einer an eine erste Druckluftzuführleitung (**10**) und eine erste Druckluftabführleitung (**11**) angeschlossenen ersten Ventilanordnung (**8**), über welche Druckluft in einen ersten Arbeitsraum (**5**) der Pneumatiktriebseinheit (**1**) zugeführt und aus diesem abgeführt werden kann,
 - einer an eine zweite Druckluftzuführleitung (**13**) und eine zweite Druckluftabführleitung (**14**) angeschlossenen zweiten Ventilanordnung (**9**), über welche Druckluft einem zweiten, auf der gegenüberliegenden Seite des Kolbens (**3**) angeordneten Arbeitsraum (**6**) zugeführt und aus diesem abgeführt werden kann,
 - wobei die erste und/oder zweite Ventilanordnung (**8, 9**) ein Wegeventil (**17, 22**) mit einer Dämpfungsdrossel (**20, 25; 20', 25'**) zur Begrenzung des durch das Wegeventil (**17, 22**) hindurchströmenden Luftvolumenstroms aufweist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Dämpfungsdrossel (**20, 25; 20', 25'**) einen in Abhängigkeit des im Arbeitsraum (**5, 6**) herrschenden Kompressionsdrucks verschiebbaren Differenzdruckkolben (**28**) und ein Drosselement (**45**) aufweist, wobei zwischen dem Differenzdruckkolben (**28**) und dem Drosselement (**45**) ein von der Druckluft durchströmter, durch die Verschiebung des Differenzdruckkolbens (**28**) veränderbarer freier Drosselquerschnitt (**49**) vorgesehen ist, und dass die Dämpfungsdrossel (**20, 25; 20', 25'**) einen in Bewegungsrichtung des Differenzdruckkolbens (**28**) verstellbaren Anschlag (**43**) zur Begrenzung des Verschiebewegs des Differenzdruckkolbens (**28**) in Richtung Drosselement (**45**) aufweist.
2. Pneumatikantrieb nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Differenzdruckkolben (**28**) eine axiale Drosselbohrung (**30**) aufweist, und dass das Drosselement (**45**) einen Kopfabschnitt (**48**) aufweist, wobei der freie Drosselquerschnitt (**49**) durch die axiale Drosselbohrung (**30**) und den Kopfabschnitt (**48**) begrenzt wird.
3. Pneumatikantrieb nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kopfabschnitt (**48**) des Drosselements (**45**) aus einer kegelförmigen Spitze besteht.
4. Pneumatikantrieb nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drosselement (**45**) aus einer Drosselschraube besteht, deren Einschraubtiefe veränderbar ist.

5. Pneumatiktrieb nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drosselement (45) derart verstellbar am Anschlag (43) gehalten ist, dass die Relativlage des Kopfabschnitts (48) relativ zum Anschlag (43) veränderbar ist.

6. Pneumatiktrieb nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Differenzdruckkolben (28) ein von der Druckluft durchströmbarer zweiter Differenzdruckkolben (53) verschiebbar gehalten ist, der mittels einer Feder (54) in Richtung des Drosselements (45) vorgespannt ist und den Durchmesser (d2) der axialen Drosselbohrung (30) in einem Bereich, der zum Kopfabschnitt (48) des Drosselements (45) benachbart ist, verringert.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

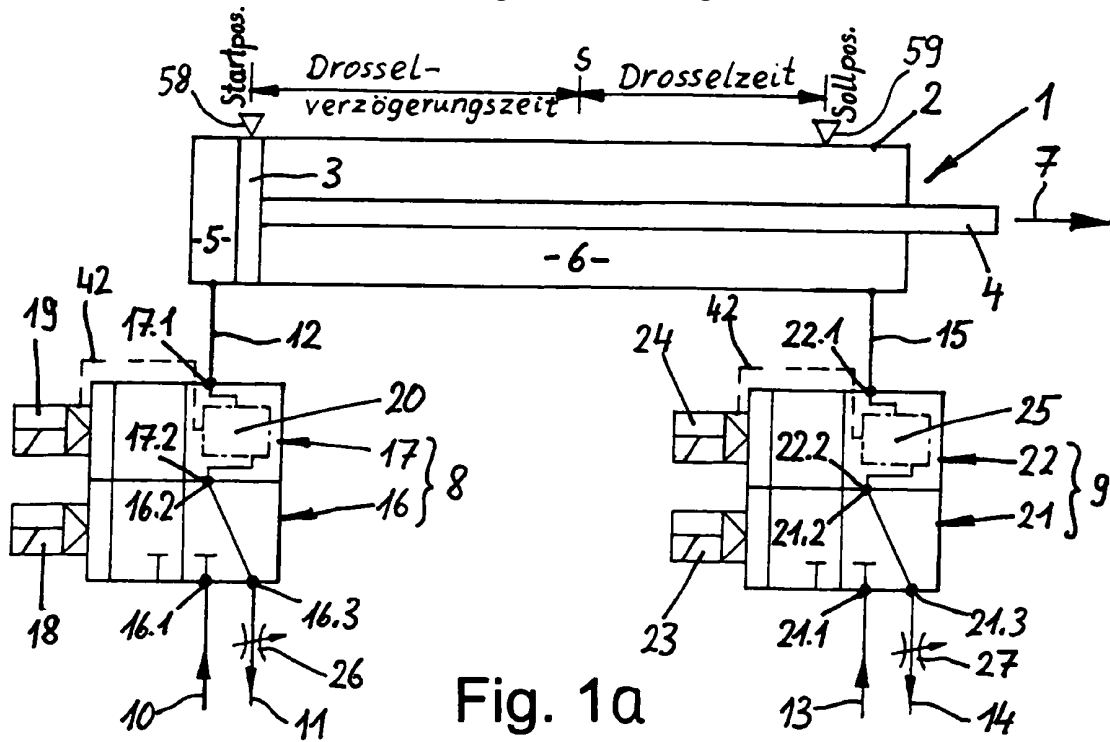


Fig. 1a

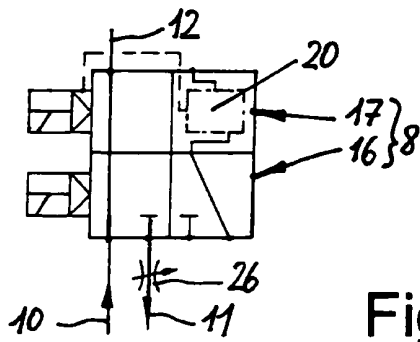


Fig. 1b

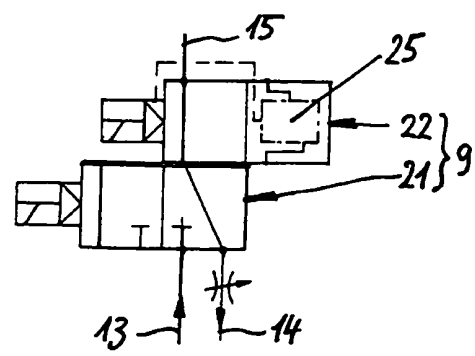


Fig. 1c

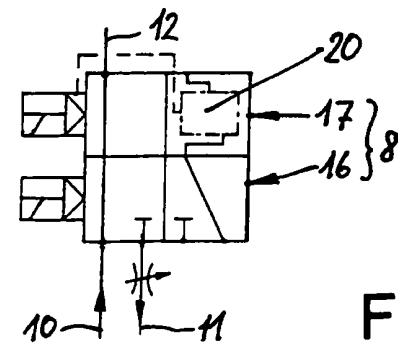
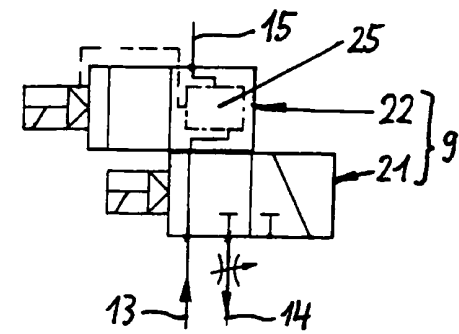


Fig. 1d



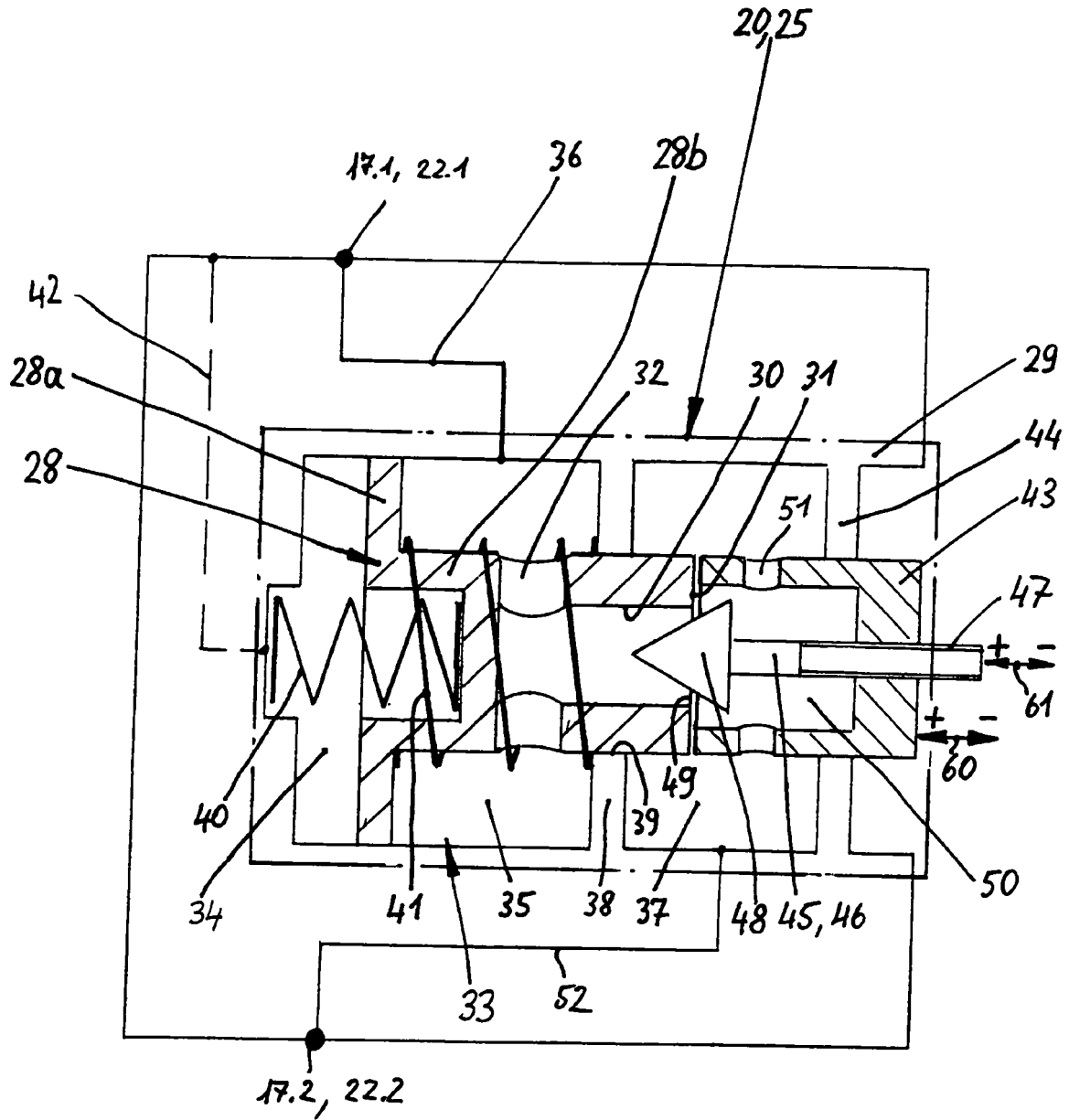


Fig. 2

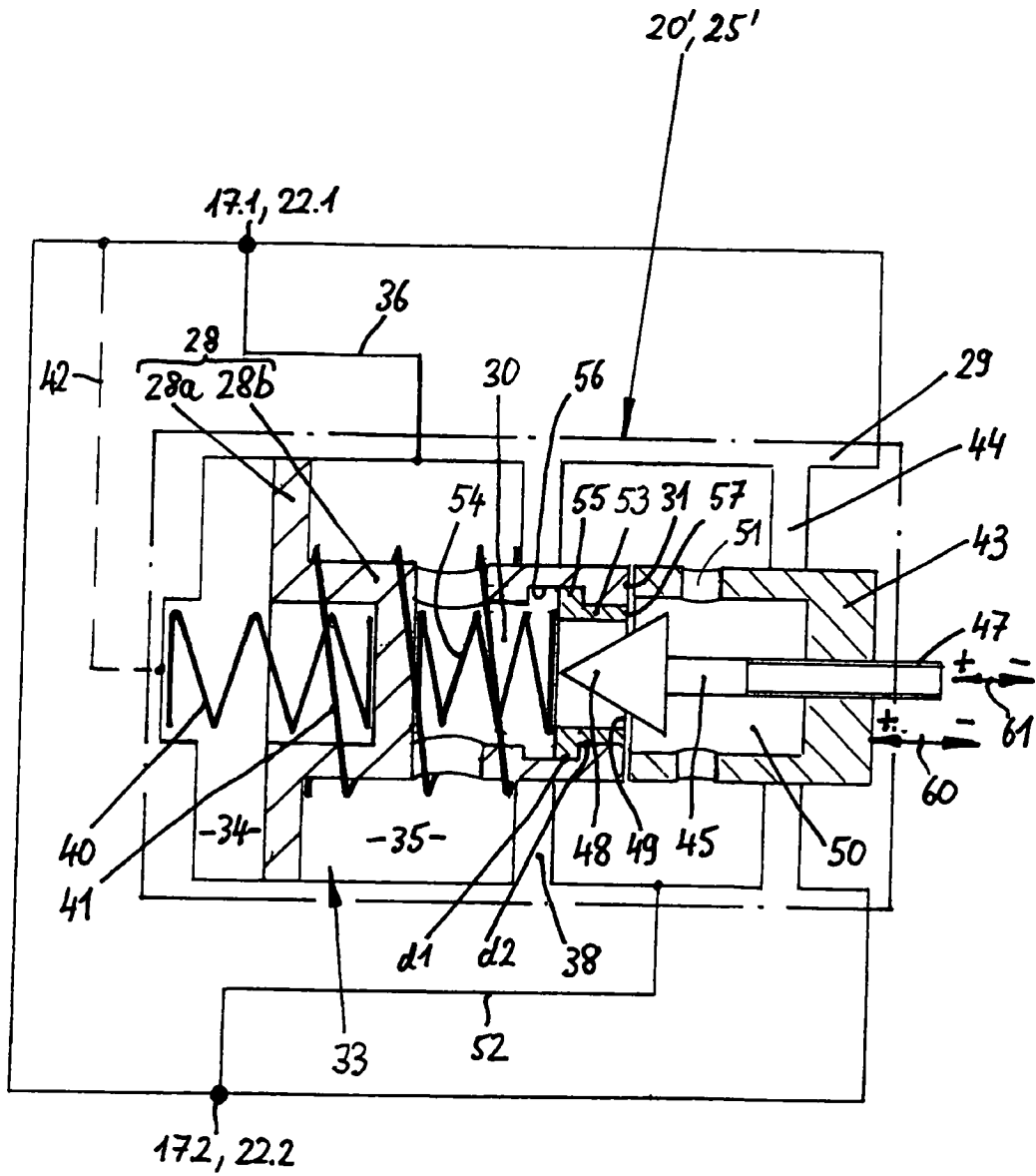


Fig. 3