



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 102 60 395 B3 2004.06.09**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 60 395.2**

(22) Anmeldetag: **21.12.2002**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **09.06.2004**

(51) Int Cl.7: **F16F 9/46**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
**ZF Sachs AG, 97424 Schweinfurt, DE**

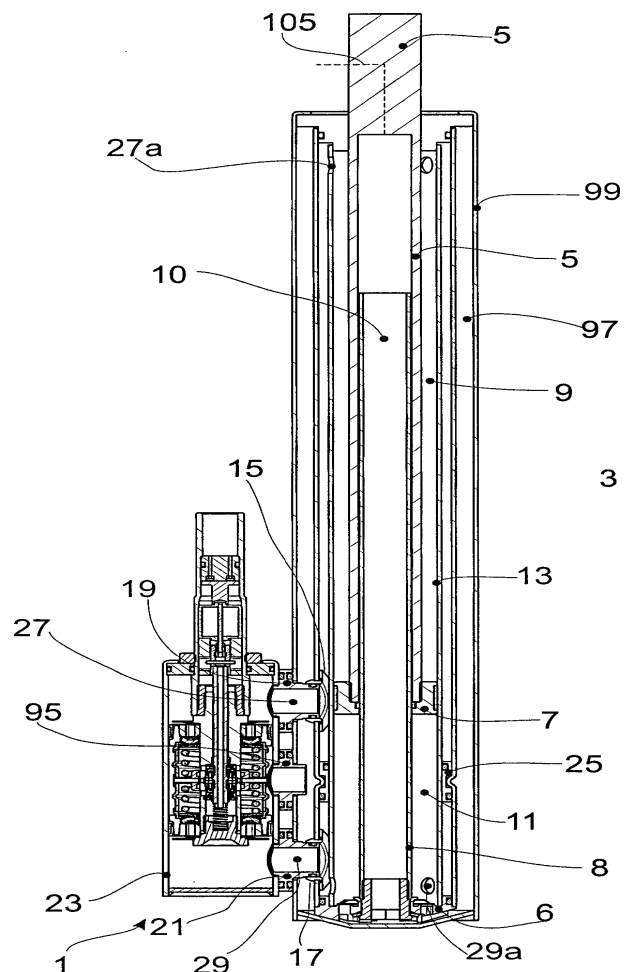
(72) Erfinder:  
**Förster, Andreas, Dipl.-Ing., 97422 Schweinfurt, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:

**DE 195 18 560 C2**  
**DE 44 23 526 C1**  
**DE 44 06 918 C2**  
**DE 34 19 879 C2**  
**DE 41 37 403 A1**  
**DE 41 32 262 A1**  
**DE 35 24 863 A1**  
**EP 11 76 334 A2**  
**WO 01/11 254 A1**

(54) Bezeichnung: **Schwingungsdämpfer mit verstellbarer Dämpfungskraft**

(57) Zusammenfassung: Schwingungsdämpfer mit einem verstellbaren Dämpfventil, umfassend ein dämpfmediumgefülltes Druckrohr, in dem eine Kolbenstange axial beweglich geführt ist, wobei ein Kolben das Druckrohr in einen kolbenstangenseitigen und einen kolbenstangenfernen Arbeitsraum unterteilt, der von einem Boden endseitig begrenzt wird, eine zwischen den beiden Arbeitsräumen des Druckrohres wechselseitig durchströmbare Fluidverbindung, in der das verstellbare Dämpfventil angeordnet ist, wobei der Boden eine Verdrängerstange trägt, die zusammen mit der Kolbenstange einen Hohlraum bildet, wobei mindestens eine der beiden Stangen als ein Hohlkörper ausgeführt ist und bei einer Hubbewegung des Schwingungsdämpfers die andere Stange in die als Hohlkörper ausgeführte Stange eintaucht, wobei der Kolben an einer der beiden Stangen ortsfest angeordnet ist, so dass neben dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum ein verdrängerstangenseitiger Arbeitsraum vorliegt.



## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Schwingungsdämpfer gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

### Stand der Technik

[0002] Aus der EP 1 176 334 A2 ist ein Schwingungsdämpfer mit verstellbarer Dämpfungskraft bekannt, der an einer axial beweglichen Kolbenstange einen vollkommen geschlossenen Kolben aufweist. Dadurch trennt der Kolben innerhalb eines Zylinders zwei Arbeitsräume, die jeweils eine Fluidverbindung zu einem verstellbaren Dämpfventil aufweisen, das wiederum von einem Aktuator indirekt angesteuert wird. Die Ansteuerung erfolgt durch die gezielte Drosselung eines Steuer- bzw. Nebenstroms des Dämpfventils. Für die verstellbaren Dämpfventile beider Durchströmungsrichtungen wird ein gemeinsamer Aktuator verwendet. Sowohl ein durch jedes der Dämpfventile verdrängter Hauptstrom wie auch der von dem Aktuator beeinflusste Nebenstrom wird aus dem jeweiligen Arbeitsraum in einen gemeinsamen Speicher verdrängt. Von dem Speicher gehen weitere Versorgungskanäle zu den beiden Arbeitsräumen aus, um bei einer Kolbenstangenbewegung den jeweils entspannten Arbeitsraum mit Dämpfmedium zu versorgen, damit keinesfalls ein Unterdruck entstehen kann. Diese Bauweise ist für die Verwendung eines verstellbaren Dämpfventils in Verbindung mit einer „Skyhook-Reglung“ gut verwendbar, da eine strikte Trennung von Volumenströmen für die ein- und ausfahrende Kolbenstange vorliegt. Bei einer Dämpfventileinrichtung mit jeweils einem verstellbaren Dämpfventil für die Zugstufe und für die Druckstufe, die sich asymmetrisch in ihrer Dämpfungskraftkennlinie zwischen der Zug- und Druckstufe schalten lassen, kann man die Dämpfungkraftverstellung in Abhängigkeit der Fahrzeugaufbaubewegung vornehmen. Ein prinzipbedingter Nachteil besteht darin, dass in Einfahrrichtung der Kolbenstange mit einem geschlossenen Kolben ein relativ großer Verdränger vorliegt. Deshalb muss ein vergleichsweise große Volumenströme aufnehmendes verstellbares Dämpfventil in Druckrichtung verwendet werden. Je größer der Kolbenstangendurchmesser im Vergleich zum Kolbendurchmesser gewählt wird, um so weniger geeignet ist dieses Schwingungsdämpferprinzip im Hinblick auf eine weiche Dämpfungskraftkennlinie in Einfahrrichtung der Kolbenstange.

[0003] Aus der DE 44 23 526 C1 ist ein Schwingungsdämpfer mit verstellbarer Dämpfungskraft bekannt, bei dem ein dämpfmediumgefülltes Druckrohr von einem Kolben an einer axial beweglichen Kolbenstange in einen Arbeitsraum in einen kolbenstangenseitigen und einen verdrängerstangenseitigen unterteilt wird, wobei ein Dämpfmittelstrom zwischen den beiden Arbeitsräumen vorliegt, der sich in einen Hauptstrom und einen Nebenstrom aufteilt. Innerhalb des

Dämpfmittelstrom ist eine Dämpfventileinrichtung angeordnet, die pro Stromrichtung aus einem Dämpfventilkörper, mit einem Hauptstufenventil besteht, das wiederum durch jeweils einen Hauptstufenventilkörper gebildet wird, der einen Stellraum begrenzt, wobei sich die Hauptstufenventilkörper beim Anströmen axial in einem Stellraum bewegt. Unter Verwendung eines Vorstufenventils wird das mindestens eine Hauptstufenventil über einen regelbaren Aktuator beeinflusst, indem dieser eine Strömungsverbindung zwischen einem Stellraum und einem Arbeitsraum des Druckrohres bestimmt und jeweils ein Hauptstufenventilkörper des Hauptstufenventils vom Hauptstrom und das Vorstufenventil vom Nebenstrom in beiden Strömungsrichtungen durchströmt wird. Im Hinblick auf eine Anwendung im Zusammenhang mit einer Skyhook-Regelstrategie weist das Vorstufenventil zwei wechselweise steuerbare Steuerquerschnitte auf und der Nebenstrom passiert jeweils richtungsabhängig einen Steuerquerschnitt und ein in Strömungsrichtung sich öffnendes Rückschlagventil. Der Schwingungsdämpfer nach der DE 44 23 526 C1 ist nach dem Einrohrdämpferprinzip aufgebaut, so dass das Ringvolumen des kolbenstangenseitigen Arbeitsraums vollständig durch das verstellbare Dämpfventil in Einfahrrichtung der Kolbenstange verdrängt werden muss.

[0004] Die maximale Druckdämpfung ist abhängig vom zulässigen Druck innerhalb des Ausgleichsraums, da sich das Volumen des kolbenstangenseitigen Arbeitsraums, der in Einfahrrichtung der Kolbenstange komprimiert wird, auf dem Volumen des druckvorgespannten Ausgleichsraums abstützt. Es ist bereits bekannt, dass man dieses Problem durch die Verwendung eines Bodenventils zwischen dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum und dem Ausgleichsraum beheben kann, doch erhöht sich dann die Dämpfungskraftkennlinie in Druckrichtung, da das Volumen der einfahrenden Kolbenstange durch das Bodenventil verdrängt werden muss. Folglich liegt unabhängig von der Dämpfungseinstellung des verstellbaren Dämpfventils die Dämpfungskraft des Bodenventils vor. Wählt man die Dämpfungseinstellung in Einfahrrichtung zu groß, dann kann sich im kolbenstangenseitigen Arbeitsraum ein Unterdruck bilden, da der Druckunterschied zwischen den beiden Arbeitsräumen zu groß ist und ein entsprechender Dämpfmediumzufluss in den kolbenstangenseitigen Arbeitsraum nicht vorliegt. Daraus ergibt sich eine eingeschränkte Bandbreite zwischen der weichsten und der härtesten Dämpfungskraftkennlinie des verstellbaren Dämpfventils.

[0005] Die DE 195 18 560 C2 beschreibt einen verstellbaren Schwingungsdämpfer, dessen Kolben eine Verbindung zwischen dem kolbenstangenseitigen und dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum aufweist. Des Weiteren ist der verdrängerstangenseitige Arbeitsraum über eine erste Fluidverbindung mit einem ersten verstellbaren Dämpfventil verbunden. Der verdrängerstangenseitige Arbeitsraum verfügt

über eine zweite Fluidverbindung zu dem ersten verstellbaren Dämpfventil. Des weiteren besteht im verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum eine Anbindung an ein zweites in Einfahrriechung der Kolbenstange wirksames Dämpfventil, so wie einem Bodenventil mit einer Dämpffunktion in Einfahrriechung und einem sich in Ausfahrriechung der Kolbenstange sich öffnendes Rückschlagventil. Der Vorteil des Anbindungsprinzips der Arbeitsräume untereinander und mit den verstellbaren Dämpfventilen besteht darin, dass in Druckriechung nur das Volumen der Kolbenstange durch das zweite verstellbare Dämpfventil und in Ausfahrriechung das Ringraumvolumen des kolbenstangenseitigen Arbeitsraums durch das erste Dämpfventil verdrängt wird.

[0006] In dem Schwingungsdämpfer nach der DE 35 24 863 A1 wird ebenfalls ein geschlossener Kolben verwendet, wobei das aus dem komprimierten Arbeitsraum verdrängte Volumen vollständig durch das direkt angesteuerte Dämpfventil verdrängt wird. Die Beschreibung „direkt angesteuert“ ist so zu verstehen, dass die Schließkraft auf die Tellerfeder des verstellbaren Dämpfventils oder dem schneckenförmigen Ventilschieber direkt von einem Aktuator, z. B. einem Stellmagneten aufgebracht wird. Bei einem indirekt gesteuerten Dämpfventil, wie z. B. in der EP 1 176 334 A2 beschrieben, nutzt man die Druckkraft eines Fluidstroms, der eine Öffnungs- oder Schließkraft auf einen Ventilkörper ausübt.

[0007] Das aus dem Dämpfventil abströmende Dämpfmedium verteilt sich volumenabhängig in den sich vergrößerten Arbeitsraum oder in den angeschlossenen Ausgleichsraum. In der **Fig. 3** der DE 35 24 863 A1 ist der Ausgleichsraum extern zum Schwingungsdämpfer angeordnet. Der Zylinder verfügt über jeweils eine Fluidverbindung zu einem einzigen direktgesteuerten Dämpfventil, das asymmetrisch in seiner Dämpfkraft verstellbar ist, d. h. wenn in Ausfahrriechung eine größere Dämpfkrafteinstellung vorliegt, dann ist in Einfahrriechung eine kleine Dämpfkrafteinstellung gewählt und umgekehrt. In der **Fig. 5** derselben Schrift ist der Ausgleichsraum zwischen einem Behälterrohr und dem Zylinder in einem Ringraum angeordnet. Die Ausgänge der verstellbaren Dämpfventile sind zu einer Fluidverbindung zusammengefasst, die wiederum einen Abzweig an den Ausgleichsraum aufweist. Die beiden Dämpfventile nach **Fig. 5** sind räumlich und konstruktiv getrennt ausgeführt und verfügen jeweils über einen separaten Aktuator.

[0008] Die DE 41 37 403 A1 beschreibt einen Schwingungsdämpfer mit einem verstellbaren Dämpfventil, umfassend ein dämpfmediumgefülltes Druckrohr, in dem eine Kolbenstange axial beweglich geführt ist, wobei ein Kolben das Druckrohr in einen kolbenstangenseitigen und einen kolbenstangenfernen Arbeitsraum unterteilt, der von einem Boden endseitig begrenzt wird, eine zwischen den beiden Arbeitsräumen des Druckrohres wechselseitig durchströmbare Fluidverbindung, in der das verstellbare

Dämpfventil angeordnet ist, wobei der Boden eine Verdrängerstange trägt, die zusammen mit der Kolbenstange einen Hohlraum bildet, wobei mindestens eine der beiden Stangen als ein Hohlkörper ausgeführt ist und bei einer Hubbewegung des Schwingungsdämpfers die andere Stange in die als Hohlkörper ausgeführte Stange eintaucht, wobei der Kolben an einer der beiden Stangen ortsfest angeordnet ist, so dass neben dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum ein verdrängerstangenseitiger Arbeitsraum vorliegt, wobei die Kolbenstange und die Verdrängerstange als ein Hohlkörper ausgeführt sind und den hubabhängig volumenveränderbaren Hohlraum bestimmen. Der Hohlraum, der von den beiden Stangen gebildet wird ist mit den Arbeitsräumen ggf. über ein Rückschlagventil verbunden, so dass das verstellbare, durch einen Nebenstrom vorgesteuerte an den Hohlraum angeschlossen ist. Der Nebenstrom und der Hauptstrom, der die Dämpfkraft bewirkt fließen gemeinsam in den Ausgleichsraum.

### Aufgabenstellung

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Schwingungsdämpfer mit einem verstellbaren Dämpfventil zu schaffen, das ein möglichst großes Verhältnis zwischen einer harten und einer weichen Dämpfkrafteinstellung aufweist.

[0010] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch den Patentanspruch 1 gelöst.

[0011] Wenn man davon ausgeht, dass der Kolben mit der Kolbenstange verbunden ist, dann fließt das Ringvolumen des verdrängerstangenseitigen Arbeitsraums bei einer Einfahrbewegung der Kolbenstange zu dem verstellbaren Dämpfventil. Diese Dämpfmediummenge ist kleiner als bei einem Schwingungsdämpfer mit einem verstellbaren Dämpfventil im Kolben, wie es beispielsweise aus der DE 44 06 918 C1 bekannt ist. Aus dem Flächenverhältnis zwischen einer vollen Kolbenstange gemäß der DE 44 06 918 C1 und der Ringfläche der hohlen Kolbenstange kann auf die Steigerung des Verhältnisses zwischen der härtesten und der weichsten Dämpfkrafteinstellung geschlossen werden.

[0012] Des weiteren beschreibt der nebengeordnete Patentanspruch 2 eine Lösung, bei der vorgesehen sein, dass das verstellbare Dämpfventil über einen Nebenstrom innerhalb der Fluidverbindung zwischen dem kolbenstangenfernen und dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum ansteuerbar ist, wobei das verstellbare Dämpfventil einen Nebenstromabfluss in den Ausgleichsraum aufweist.

[0013] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung sind die Kolbenstange und die Verdrängerstange als ein Hohlkörper ausgeführt und bestimmen den hubabhängig volumenveränderbaren Hohlraum. Es wird ein sehr leichter Schwingungsdämpfer erreicht, der durch die ineinandergleitenden Stangen sehr hohe Biegekräfte aufnehmen kann.

[0014] Des weiteren ist vorgesehen, dass der Hohl-

raum zu den beiden Arbeitsräumen abgedichtet ist. Daraus ergibt sich wiederum die Möglichkeit, dass der Hohlraum über eine Ventilieröffnung mit der Atmosphäre verbunden ist.

[0015] Alternativ kann man jedoch auch den von der Kolbenstange und der Verdrängerstange gebildeten Hohlraum an einen zumindest teilweise mit Dämpfmedium gefüllten Ausgleichsraum des Schwingungsdämpfers anschließen. Der Vorteil dieser Maßnahme besteht darin, dass die Abdichtung zu dem Arbeitsraum von eher einfacher Qualität sein darf und eine geringe Leckagemenge tolerierbar ist. Dadurch ist die auftretende Reibung zwischen der Dichtung und der dazu axial beweglichen Stange sehr klein.

[0016] Funktional ist zwischen dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum und dem Ausgleichsraum ein fest eingestelltes Dämpfventil mit in Einfahrrichtung der Kolbenstange wirksamer Dämpfkraft angeordnet. Die Dämpfkraftkennlinie kann vergleichsweise „hart“ gewählt werden, da das Dämpfventil nur von einem kleinen Volumen durchströmt wird. Ein hohes Druckniveau am fest eingestellten Dämpfventil zum Boden ermöglicht eine großes Verhältnis zwischen harter und weicher Dämpfkrafteinstellung am verstellbaren Dämpfventil.

[0017] Zur Vermeidung von einem Unterdruck im verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum ist funktional zwischen dem Ausgleichsraum und dem verdrängerseitigen Arbeitsraum ein bei ausfahrender Kolbenstange sich öffnendes Rückschlagventil angeordnet.

[0018] Des weiteren ist es möglich, dass der Hohlraum zumindest ein Teilvolumen des Ausgleichsraums aufnimmt, der von einem axial beweglichen Trennkolben zum verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum getrennt wird. Damit kann z. B. auch ein Schwingungsdämpfer nach dem Einrohrprinzip realisiert werden.

[0019] Vorteilhafterweise ist der Trennkolben als Ringkolben ausgeführt und im verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum angeordnet. Aufgrund der relativ großen Querschnittsfläche und dem kleinen Ringquerschnitt der einfahrenden Stange, dass von dem Ausgleichsraum kompensiert werden muss, führt der Ringkolben nur einen kleinen Axialhub aus.

[0020] Auch bei einem vorgesteuert verstellbaren Dämpfventil kann ein geschlossener oder nahezu geschlossener Kolben verwendet werden. Der auch bei einem blockierten Hauptstrom im verstellbaren Dämpfventil anfallende Nebenstrom kann in den Ausgleichsraum abgeführt werden.

[0021] In weiterer konstruktiver Ausgestaltung weist das verstellbare Dämpfventil einen Stellraum auf, dessen Dämpfmedium einen Hauptstufenventilkörper des Dämpfventils druckbeaufschlägt, wobei die Versorgung des Stellraums durch den Nebenstrom erfolgt und bei abgehobenem Hauptstufenventilkörper der aus dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum verdrängte Hauptstrom an den Ausgleichsraum angeschlossen sind. Durch die Reihenschaltung des verstellbaren Dämpfventils vor dem Ausgleichsraum

insbesondere für das bei einfahrender Kolbenstange verdrängte Dämpfmedium kann ein praktisch unbegrenzter Druckabfall am verstellbaren Dämpfventil realisiert werden, so dass ein entsprechend großes Verhältnis von maximaler zu minimaler Dämpfkraft erreichbar ist.

[0022] Konstruktiv ist es von Vorteil, dass der Hauptstrom durch das verstellbare Dämpfventil zusammen mit dem Nebenstrom an den Ausgleichsraum angeschlossen ist.

[0023] Durch die Zusammenführung von Nebenstrom und Hauptstrom des Dämpfmediums aus dem kolbenstangenfernen Arbeitsraum kann man sich auf einen einzigen Anschluss zwischen dem Dämpfventil und dem Ausgleichsraum beschränken.

[0024] Gemäß einem vorteilhaften Unteranspruch weist der Stellraum eine Trennwand auf, in der ein Kanal vom Nebenstromabfluss zu einem Hauptstromkanal für den Hauptstrom vom kolbenstangenfernen Arbeitsraum zum Ausgleichsraum mündet. Durch die kurze Anbindung des Nebenstromabflusses an den Hauptstromkanal vereinfacht sich der konstruktive Aufwand des verstellbaren Dämpfventils.

[0025] Des weiteren ist vorgesehen, dass in der Fluidverbindung zwischen den beiden Arbeitsräumen für die Durchströmungsrichtung bei ausfahrender Kolbenstange ein verstellbares Dämpfventil mit einem Stellraum angeordnet ist, dessen Dämpfmedium einen Hauptstufenventilkörper des Dämpfventils druckbeaufschlägt, wobei die Versorgung des Stellraums durch den Nebenstrom erfolgt und bei abgehobenem Hauptstufenventilkörper der aus dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum verdrängte Hauptstrom zusammen mit dem Nebenstrom an den Ausgleichsraum angeschlossen sind.

[0026] Gemäß einem vorteilhaften Unteranspruch weist das verstellbare Dämpfventil in einem gemeinsamen Gehäuse die Stellräume für die Nebenströme aus beiden Arbeitsräumen auf, wobei der abfließende Nebenstrom aus einer der beiden Stellkammern über die jeweils andere Stellkammer zusätzlich zu dem Nebenstromkanal zum Ausgleichsraum an die Arbeitsräume im Druckrohr angeschlossen ist.

[0027] Dazu ist die Trennwand zwischen den beiden Stellräumen angeordnet. Der Bauraumaufwand für den Nebenstromkanal ist denkbar gering und kann aufgrund der relativ kleinen radialen Ausdehnung der Stellräume sehr kurz ausgeführt sein.

[0028] Damit die Hublänge des Schwingungsdämpfers aufgrund der Verwendung der verstellbaren Ventile nicht eingeschränkt werden muss, ist verstellbare Dämpfventil in einem achsparallelen Zylinder zum Druckrohr angeordnet.

[0029] Um möglichst wenige Dichtstellen für die Fluidführung von den Arbeitsräumen zu dem mindestens einen verstellbaren Dämpfventil zu erreichen wird die Fluidverbindung zwischen den Arbeitsräumen und dem verstellbaren Dämpfventil von dem Druckrohr und einem außenseitig konzentrisch ange-

ordneten Zwischenrohr gebildet.

#### Ausführungsbeispiel

[0030] Anhand der folgenden Figurenbeschreibung soll die Erfindung näher erläutert werden. Es zeigt:

[0031] **Fig. 1** Schwingungsdämpfer mit verstellbarem Dämpfventil

[0032] **Fig. 2** Ausschnitt aus dem verstellbaren Dämpfventil

[0033] **Fig. 3** Detailausschnitt des Vorstufenventils

[0034] **Fig. 4** Detaildarstellung des Bodens des Schwingungsdämpfers

[0035] **Fig. 5** Alternative Ausführung eines erfindungsgemäßen Schwingungsdämpfers

[0036] Die **Fig. 1** zeigt einen Ausschnitt aus einem Schwingungsdämpfer **1**, der ein Druckrohr **3** aufweist, in dem eine Kolbenstange **5** mit einem Kolben **7** axial beweglich geführt ist. Das Druckrohr ist vollständig mit einem Dämpfmedium gefüllt und wird endseitig von einem Boden **6** grenzt, der eine sich koaxial zur Kolbenstange erstreckende Verdrängerstange **8** trägt. Der Kolben unterteilt das Druckrohr in einen kolbenstangenseitigen und einen verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum **9**; **11**. Im Kolben sind keine Strömungsverbindungen zwischen den beiden Arbeitsräumen angeordnet, so dass der Kolben einen einfachen Verdrängen bildet. Ggf. kann ein Druckbegrenzungsventil im Kolben zwischen den Arbeitsräumen eingesetzt werden. Die Kolbenstange ist als Hohlkörper ausgeführt und bildet zusammen mit der ebenfalls als Hohlkörper ausgeführten Verdrängerstange einen sich hubabhängig volumenveränderbaren Hohlraum **10**, indem die Verdrängerstange in die Kolbenstange eintaucht. Die Verdrängerstange ist ortsfest aber ggf. kardanisch am Boden gelagert.

[0037] Der von der Kolbenstange und der Verdrängerstange gebildete Hohlraum ist zu den Arbeitsräumen abgedichtet.

[0038] Konzentrisch zum Druckrohr ist außenseitig ein Zwischenrohr **13** angeordnet, das wiederum zwei Rohrstützen **15**; **17** zur Aufnahme jeweils eines Verbindungsanschlusses **19**; **21** an einen zum Schwingungsdämpfer achsparallelen Zylinder **23** aufweist. Der Ringraum zwischen dem Druckrohr **3** und dem Zwischenrohr **13** ist durch eine Dichtscheibe **25** zwischen den beiden Rohrstützen **15**; **17** unterteilt, so dass über Öffnungen **27a**; **29a** im Druckrohr eine erste Fluidverbindung **27** vom kolbenstangenseitigen Arbeitsraum **9** zum Zylinder **23** und eine zweite Fluidverbindung **29** vom verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum **11** zum Zylinder **23** führt. Der Hohlraum kann entweder über eine Ventilöffnung **105** mit der Atmosphäre oder zumindest teilweise mit Dämpfmedium und an den Ausgleichsraum **97** des Schwingungsdämpfers angeschlossen sein.

[0039] Der Zylinder **23** bildet ein Gehäuse, das jeweils ein verstellbares Dämpfventil **31**; **33** (s. **Fig. 2**) für die Einfahr- und Ausfahr-richtung der Kol-

benstange aufnimmt. Wie weiter aus der **Fig. 2** ersichtlich ist, verläuft axial innerhalb des Gehäuses ein Rohrkörper **35**, in dem wiederum innerhalb eines Vorsteuerventilraums **37** eine axial verschiebbare Vorsteuerventilstange **39** gelagert ist, die zwei Ventilflächen **41**; **43** aufweist, die mit zugeordneten Ventilkanten eines Vorstufenventilkörpers **45**; **47** zusammenwirken. Bei einer Vorsteuerventilstangenbewegung wird ein Durchlassquerschnitt zwischen den Ventilflächen **41**; **43** und dem einen Vorstufenventilkörper z.B. **45** geöffnet und an dem anderen **47** verkleinert. Beiden Vorstufenventilkörpern ist ein Rückschlagventil **49**; **51** parallelgeschaltet.

[0040] Konzentrisch zu dem Rohrkörper **35** bilden konzentrisch zwei in Reihe angeordnete Hülsen **53**; **55** den Mittelteil eines inneren Gehäuses der Dämpfventile **31**; **33**, wobei eine Trennwand **57** zusammen mit jeweils einer Hülse **53**; **55** und einem Hauptstufenventilkörper **59**; **61** einen Steuerraum **63**; **65** begrenzen. Beide Hauptstufenventilkörper werden von einer Schließfeder **67**; **69** gegen einen Ventilsitz **71**; **73** vorgespannt. Der Innendurchmesser des Zylinders **23** und die Außenwandung der Hülsen **53**; **55** schaffen einen ringförmigen Hauptstufenkanal **75**, an dem beide Ventilsitze **71**; **73** der Hauptstufenventilkörper **59**; **61** angeschlossen sind. Ventilköpfe **77**; **79** enthalten die Ventilsitze für die Hauptstufenventilkörper und verfügen in Richtung der Verbindungsanschlüsse über Rückschlagventile **81**; **83**, die einen Zustrom von Dämpfmedium aus dem nächstliegenden Arbeitsraum direkt in den Hauptstufenkanal verhindern.

[0041] Innerhalb der Hauptstufenventilkörper sind kleine Durchlassöffnungen **85**; **87** ausgeführt, so dass die Steuerräume **63**; **65** permanent mit Dämpfmedium gefüllt sind. Beide Steuerräume verfügen über mindestens eine Anschlussöffnung **89**; **91** an den Vorsteuerventilraum **37**. Je nach Stellung der Vorsteuerventilstange **39** relativ zu den Ventilkanten der beiden Vorstufenventilkörper **45**; **47** bestimmt sich innerhalb der Steuerräume **63**; **65** ein Staudruck, der auf die Hauptstufenventilkörper **59**; **61** eine zusätzliche Schließkraft ausübt.

[0042] Das aus dem einen Steuerraum über den Ventilraum ausströmende Dämpfmedium, das einen sogenannten Nebenstrom darstellt, fließt über den jeweils anderen Steuerraum zu dem zugeordneten Verbindungsanschluss des Arbeitsraums.

[0043] Innerhalb der Trennwand **57** zwischen den beiden Anschlussöffnungen **89**; **91** der Steuerräume ist zu beiden Anschlussöffnungen abgedichtet ein Nebenstromkanal **93** ausgeführt, der ausgehend von dem Bereich zwischen den beiden Vorstufenventilkörpern innerhalb des Vorsteuerventilraums über einen weiteren Verbindungsanschluss **95** in einen Ausgleichsraum **97** mündet, der zwischen dem Zwischenrohr **13** und einem Behälterrohr **99** angeordnet ist.

[0044] Bei einer Kolbenstangenbewegung in Richtung des kolbenstangenseitigen Arbeitsraums **9** wird

das gesamte Ringvolumen durch den Verbindungsanschluss **19** in den Zylinder **23** verdrängt und trifft auf der Anströmseite des verstellbaren Dämpfventils **31** auf das geschlossene Rückschlagventil **87** des Ventilkopfes **77**, sowie auf den sich in der geschlossenen Position befindlichen Hauptstufenventilkörper **59**. Die Durchlassöffnung **85** ermöglicht ein Einströmen in den Steuerraum **63** und über die Anschlussöffnungen **89** in den Vorsteuerventilraum **37**. Je nach Stellung der axial beweglichen Vorsteuerventilstange **39** zum Vorstufenventilkörper **45** bildet sich im Steuerraum **63** ein Staudruck, der den Hauptstufenventilkörper **59** von seinem Ventilsitz **71** am Ventilkopf **77** abheben lässt. Der Hauptstrom ergießt sich durch den Hauptstufenkanal **75** bis an den Verbindungsanschluss **95** zum Ausgleichsraum **97** und weiter über das geöffnete Rückschlagventil **83** im unteren Ventilkopf **79** durch die Fluidverbindung **22** des Verbindungsanschlusses **1** zum verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum **11**.

[0045] Parallel dazu fließt der Nebenstrom durch das geöffnete Rückschlagventil **51** am unteren Vorstufenventilkörper **47** in den Steuerraum **65** und durch den Hauptstufenventilkörper **61** ebenfalls in Richtung des unteren Verbindungsanschlusses **21**. Der Nebenstrom kann jedoch auch durch den Nebenstromkanal **95** direkt in den Ausgleichsraum **97** abfließen, so dass das Rückschlagventil **51** einen optionalen Strömungsweg darstellt. In der **Fig. 3** ist der Bereich des Vorstufenventils nochmals vergrößert dargestellt.

[0046] Während der Ausfahrbewegung der Kolbenstange **5** vergrößert sich der verdrängerstangenseitige Arbeitsraum **11**, der das aus dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum **9** verdrängte Volumen von der Abströmseite des verstellbaren Dämpfventils vollständig aufnehmen kann und aus dem Ausgleichsraum **97** über ein Bodenrückschlagventil **101** (s. **Fig. 1**) das Ringvolumen der ausfahrenden Kolbenstange zusätzlich aufnimmt.

[0047] Bei einer Kolbenstangeneinfahrbewegung wird das gesamte Ringvolumen mit dem Querschnitt des Kolbens **7** aus dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum **11** verdrängt. Der Ringquerschnitt der einfahrenden Kolbenstange wird durch ein am Boden **6** angeordnetes Dämpfventil **103**, siehe **Fig. 4**, das dem verstellbaren Dämpfventil **33** hydraulisch parallel geschaltet ist, direkt in den Ausgleichsraum verdrängt. Ein im Hohlraum **10** befindliches Dämpfmediumvolumen wird drosselfrei in den Ausgleichsraum **97** gefördert. Alternativ kann der Hohlraum **10** sowohl zu den Arbeitsräumen und zum Ausgleichsraum abgedichtet und über eine Ventilöffnung **105** (**Fig. 1**) mit der Atmosphäre verbunden sein. Das am Dämpfventil **103** des Bodens **6** anstehende Druckgefälle zum Ausgleichsraum **97** bestimmt auch das maximale Druckgefälle am verstellbaren Dämpfventil **33**. Bei einer langsamen Kolbenstangenbewegung und einem kleinen Drosselquerschnitt zwischen der Ventilkante **43** der axial beweglichen Vorsteuerventilstan-

ge **39** und dem unteren Vorstufenventilkörper **47** bildet sich im Steuerraum **65** ein entsprechender Kraftüberschuss auf den Hauptstufenventilkörper **61**, so dass dieser von seinem Ventilsitz **73** nicht abhebt. Das aus dem Steuerraum **65** abfließende Dämpfmedium des Nebenstrom kann über den Nebenstromkanal **93** in der Trennwand **57** in den Ausgleichsraum **97** abgeführt werden.

[0048] Bei einer kleineren Druckeinstellung der Vorsteuerventilstange **39** zum Vorstufenventilkörper **47** hebt der Hauptstufenventilkörper **61** aufgrund der kleineren Schließkraft im Steuerraum **65** von seinem Ventilsitz **73** ab, so dass das aus dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum **11** verdrängte Dämpfmedium in den Hauptstufenkanal **75** und zu den Verbindungsanschlüssen **95** des Ausgleichsraums **97** und des kolbenstangenseitigen Arbeitsraums **9** fließen kann. Der kolbenstangenseitige Arbeitsraum **9** wird ausschließlich von dem verdrängten Volumen des verdrängerstangenseitigen Arbeitsraums **11** gefüllt, so dass nur der Überschuss des Volumens der einfahrenden Kolbenstange in den Ausgleichsraum verdrängt wird.

[0049] Auch bei einer Einfahrbewegung der Kolbenstange könnte für den Nebenstrom aus dem Steuerraum **65** durch den Vorventilraum **37** über dem Nebenstromkanal **93** in den Ausgleichsraum abfließen, ohne dass sich das Rückschlagventil **49** öffnen müsste.

[0050] Man könnte zur Vereinfachung des Aufbaus der Vorstufenventilkörper **45**; **47** auf die Rückschlagventile **49**; **51** verzichten und geschlossene Vorstufenventilkörper verwenden und dann ausschließlich den Nebenstromkanal **93** für die Abführung des Nebenstroms nutzen.

[0051] Des weiteren kann man auf ein Bodenventil **103** verzichten, wenn der Nebenstromkanal und der Hauptstufenkanal für das verdrängte Volumen bei einfahrender Kolbenstange an den Ausgleichsraum angeschlossen wird. Bei einer derartigen Kontruktion wird stets das gesamte Ringvolumen aus dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum **11** durch das verstellbare Dämpfventil gefördert. Der Ausgleichsraum **97** ist durch den Verbindungsanschluss **95** dem verstellbaren Dämpfventil **33** in Reihe hydraulisch nachgeschaltet. Folglich bestehen keine Grenzen, was den zulässigen Druckabfall am verstellbaren Dämpfventil betrifft. Deshalb ist diese Variante im Hinblick auf ein möglichst großes Verhältnis zwischen maximaler Dämpfkraft und minimaler Dämpfkraft besonders interessant.

[0052] Mit der **Fig. 5** soll eine weitere Variante vorgestellt werden, bei der der Schwingungsdämpfer **1** einen druckvorgespannten Ausgleichsraum **97** aufweist, der zumindest von einem Teilvolumen des Hohlraums **10** gebildet wird. Dazu ist innerhalb des Druckrohres **3** ein Trennkolben **107** angeordnet, der einerseits den Ausgleichsraum **97** zur Verdrängerstange **8** und zum Druckrohr **3** abdichtet. Das Wirkprinzip des Schwingungsdämpfers in Ausfahrrich-

tung entspricht der Beschreibung zu **Fig. 2**. Man kann jedoch auch hier auf den Nebenstromkanal **93** verzichten, da das verdrängte Volumen aus dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum **9** stets kleiner ist als die gleichzeitige Volumenvergrößerung des verdrängerstangenseitigen Arbeitsraums **11**. Der Trennkolben **107** wandert der ausfahrenden Kolbenstange um das Ringvolumen der ausfahrenden hohlen Kolbenstange nach.

[0053] In Einfahrriechtung wird das Ringvolumen der einfahrenden Kolbenstange von dem Ausgleichsraum kompensiert. Dabei bewegt sich der ringförmige Trennkolben **107** nur um einen vergleichsweise kleinen Verschiebeweg in Richtung des Bodens **6**. Am unteren Ende der Verdrängerstange ist eine Überströmöffnung **109** ausgeführt, durch die das im Ausgleichsraum anstehende Druckgaspolster in den Hohlraum **10** bedarfsgerecht strömen kann. Deshalb könnte auch für diese Bewegungsrichtung auf die Anwendung eines Nebenstromkanals verzichtet werden.

[0054] Bei dem beschriebenen Aufbau des Schwingungsdämpfers liegen stets eindeutig von der Kolbenstangenbewegungsrichtung bestimmte Volumenströme zwischen den Arbeitsräumen und den Dämpfventilen vor, so dass ohne Sensierung der Kolbenstangenbewegungsrichtung eine „Skyhook-Regelstrategie“ umgesetzt werden kann.

### Patentansprüche

1. Schwingungsdämpfer mit einem verstellbaren Dämpfventil, umfassend ein dämpfmediumgefülltes Druckrohr, in dem eine Kolbenstange axial beweglich geführt ist, wobei ein Kolben das Druckrohr in einen kolbenstangenseitigen und einen kolbenstangenfernen Arbeitsraum unterteilt, der von einem Boden endseitig begrenzt wird, eine zwischen den beiden Arbeitsräumen des Druckrohres wechselseitig durchströmbare Fluidverbindung, in der das verstellbare Dämpfventil angeordnet ist, wobei der Boden eine Verdrängerstange trägt, die zusammen mit der Kolbenstange einen Hohlraum bildet, wobei mindestens eine der beiden Stangen als ein Hohlkörper ausgeführt ist und bei einer Hubbewegung des Schwingungsdämpfers die andere Stange in die als Hohlkörper ausgeführte Stange eintaucht, wobei der Kolben an einer der beiden Stangen ortsfest angeordnet ist, so dass neben dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum ein verdrängerstangenseitiger Arbeitsraum vorliegt, wobei die Kolbenstange und die Verdrängerstange als ein Hohlkörper ausgeführt sind und den hubabhängig volumenveränderbaren Hohlraum bestimmen, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hohlraum (**10**) zu den beiden Arbeitsräumen (**9; 11**) abgedichtet und über eine Ventilieröffnung (**105**) mit der Atmosphäre verbunden ist.

2. Schwingungsdämpfer mit einem verstellbaren Dämpfventil, umfassend ein dämpfmediumgefülltes

Druckrohr, in dem eine Kolbenstange axial beweglich geführt ist, wobei ein Kolben das Druckrohr in einen kolbenstangenseitigen und einen kolbenstangenfernen Arbeitsraum unterteilt, der von einem Boden endseitig begrenzt wird, eine zwischen den beiden Arbeitsräumen des Druckrohres wechselseitig durchströmbare Fluidverbindung, in der das verstellbare Dämpfventil angeordnet ist, wobei der Boden eine Verdrängerstange trägt, die zusammen mit der Kolbenstange einen Hohlraum bildet, wobei mindestens eine der beiden Stangen als ein Hohlkörper ausgeführt ist und bei einer Hubbewegung des Schwingungsdämpfers die andere Stange in die als Hohlkörper ausgeführte Stange eintaucht, wobei der Kolben an einer der beiden Stangen ortsfest angeordnet ist, so dass neben dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum ein verdrängerstangenseitiger Arbeitsraum vorliegt, dadurch gekennzeichnet, dass das verstellbare Dämpfventil (**33**) über einen Nebenstrom innerhalb der Fluidverbindung (**27; 29**) zwischen dem verdrängerstangenseitigen und dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum (**9; 11**) ansteuerbar ist, wobei das verstellbare Dämpfventil (**33**) einen Nebenstromkanal (**93**) in den Ausgleichsraum (**97**) aufweist.

3. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kolbenstange (**5**) und die Verdrängerstange (**8**) als ein Hohlkörper ausgeführt sind und den hubabhängig volumenveränderbaren Hohlraum (**10**) bestimmen.

4. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der von der Kolbenstange (**5**) und der Verdrängerstange (**8**) gebildete Hohlraum (**10**) an einen zumindest teilweise mit Dämpfmedium gefüllten Ausgleichsraum (**97**) des Schwingungsdämpfers (**1**) angeschlossen ist.

5. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (**10**) zu den beiden Arbeitsräumen (**9; 11**) abgedichtet ist.

6. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (**10**) über eine Ventilieröffnung (**105**) mit der Atmosphäre verbunden ist.

7. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass funktional zwischen dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum (**11**) und dem Ausgleichsraum (**97**) ein Dämpfventil (**103**) mit in Einfahrriechtung der Kolbenstange (**5**) wirksamer Dämpfkraft angeordnet ist.

8. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass funktional zwischen dem Ausgleichsraum (**97**) und dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum (**11**) ein sich bei ausfahrender Kolbenstange (**5**) öffnendes Rückschlagventil (**101**) angeordnet ist.

9. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlraum (10) zumindest ein Teilvolumen des Ausgleichsraums (97) aufnimmt, der von einem axial beweglichen Trennkolben (107) zum verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum (11) getrennt wird.

10. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Trennkolben (107) als Ringkolben ausgeführt und im verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum (11) angeordnet ist.

11. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das verstellbare Dämpfventil (33) einen Stellraum (65) aufweist, dessen Dämpfmedium einen Hauptstufenventilkörper (61) des Dämpfventils (33) druckbeaufschlägt, wobei die Versorgung des Stellraums (65) durch den Nebenstrom erfolgt und bei abgehobenem Hauptstufenventilkörper (61) der aus dem verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum (11) verdrängte Hauptstrom an den Ausgleichsraum (97) angeschlossen ist.

12. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Hauptstrom durch das verstellbare Dämpfventil (33) zusammen mit dem Nebenstrom an den Ausgleichsraum (97) angeschlossen ist.

13. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Stellraum (65) eine Trennwand (57) aufweist, in der ein Nebenstromkanal (93) vom Nebenstromabfluss zu einem Hauptstromkanal (75) für den Hauptstrom vom verdrängerstangenseitigen Arbeitsraum (11) zum Ausgleichsraum (97) mündet.

14. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in der Fluidverbindung (17; 29) zwischen den beiden Arbeitsräumen (9; 11) für die Durchströmungsrichtung bei ausfahrender Kolbenstange (5) ein verstellbares Dämpfventil (31) mit einem Stellraum (63) angeordnet ist, dessen Dämpfmedium einen Hauptstufenventilkörper (59) des Dämpfventils (31) druckbeaufschlägt, wobei die Versorgung des Stellraums (63) durch den Nebenstrom erfolgt und bei abgehobenem Hauptstufenventilkörper (59) der aus dem kolbenstangenseitigen Arbeitsraum (9) verdrängte Hauptstrom zusammen mit dem Nebenstrom an den unteren Arbeitsraum (11) angeschlossen sind.

15. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die verstellbaren Dämpfventile (31; 33) in einem gemeinsamen Gehäuse (53; 55) die Stellräume (63; 65) für die Nebenströme aus beiden Arbeitsräumen (9; 11) aufweist, wobei der abfließende Nebenstrom aus einer der beiden Steuerkammern (63; 65) über die jeweils andere Steuerkammer zusätzlich zu dem Neben-

stromkanal (93) zum Ausgleichsraum (97) an die Arbeitsräume (9; 11) im Druckrohr (3) angeschlossen ist.

16. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (57) zwischen den beiden Stellräumen (63; 65) angeordnet ist.

17. Schwingungsdämpfer nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das verstellbare Dämpfventil (31; 33) in einem achsparallelen Zylinder (23) zum Druckrohr (3) angeordnet ist.

18. Schwingungsdämpfer nach den Ansprüchen 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidverbindung (27; 29) zwischen den Arbeitsräumen (9; 11) und dem verstellbaren Dämpfventil (31; 33) von dem Druckrohr (3) und einem außenseitig konzentrisch angeordneten Zwischenrohr (13) gebildet wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen



Fig. 1

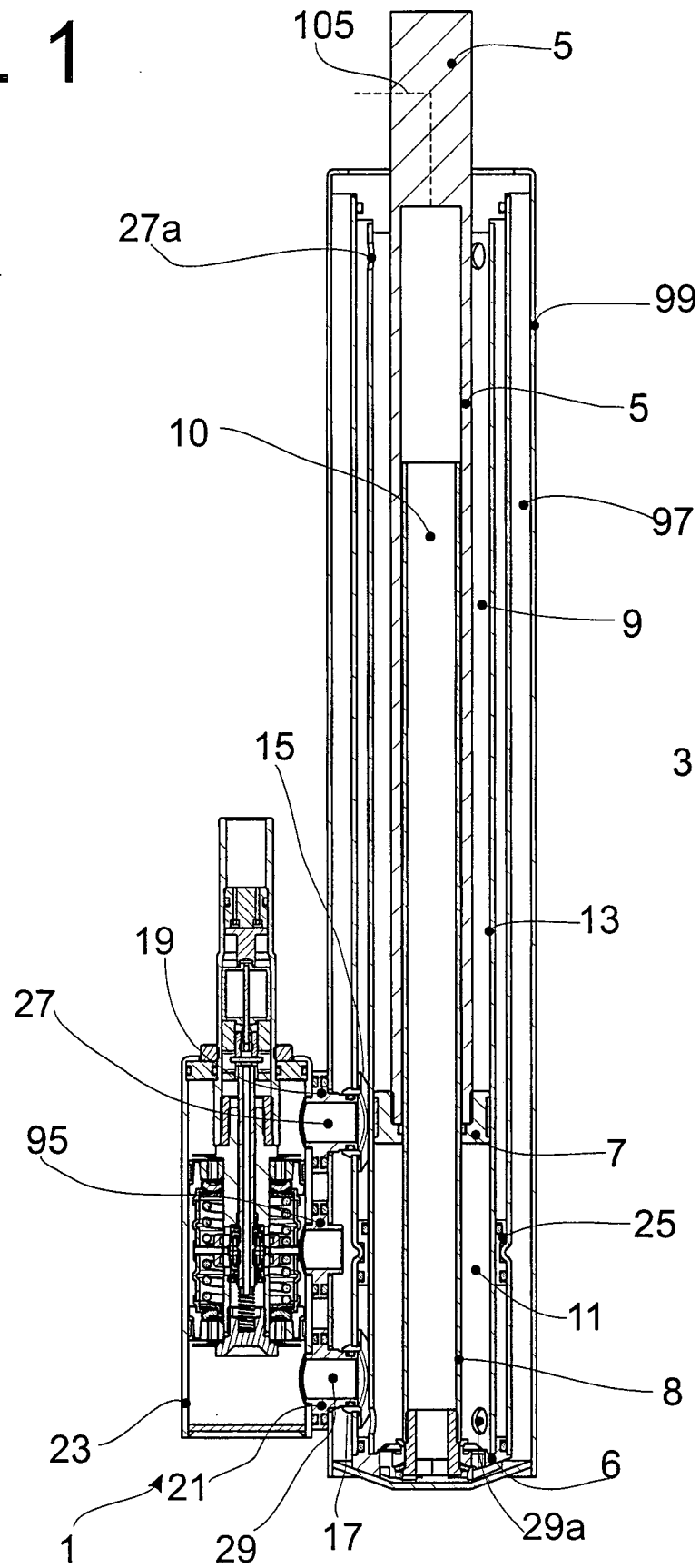


Fig. 2

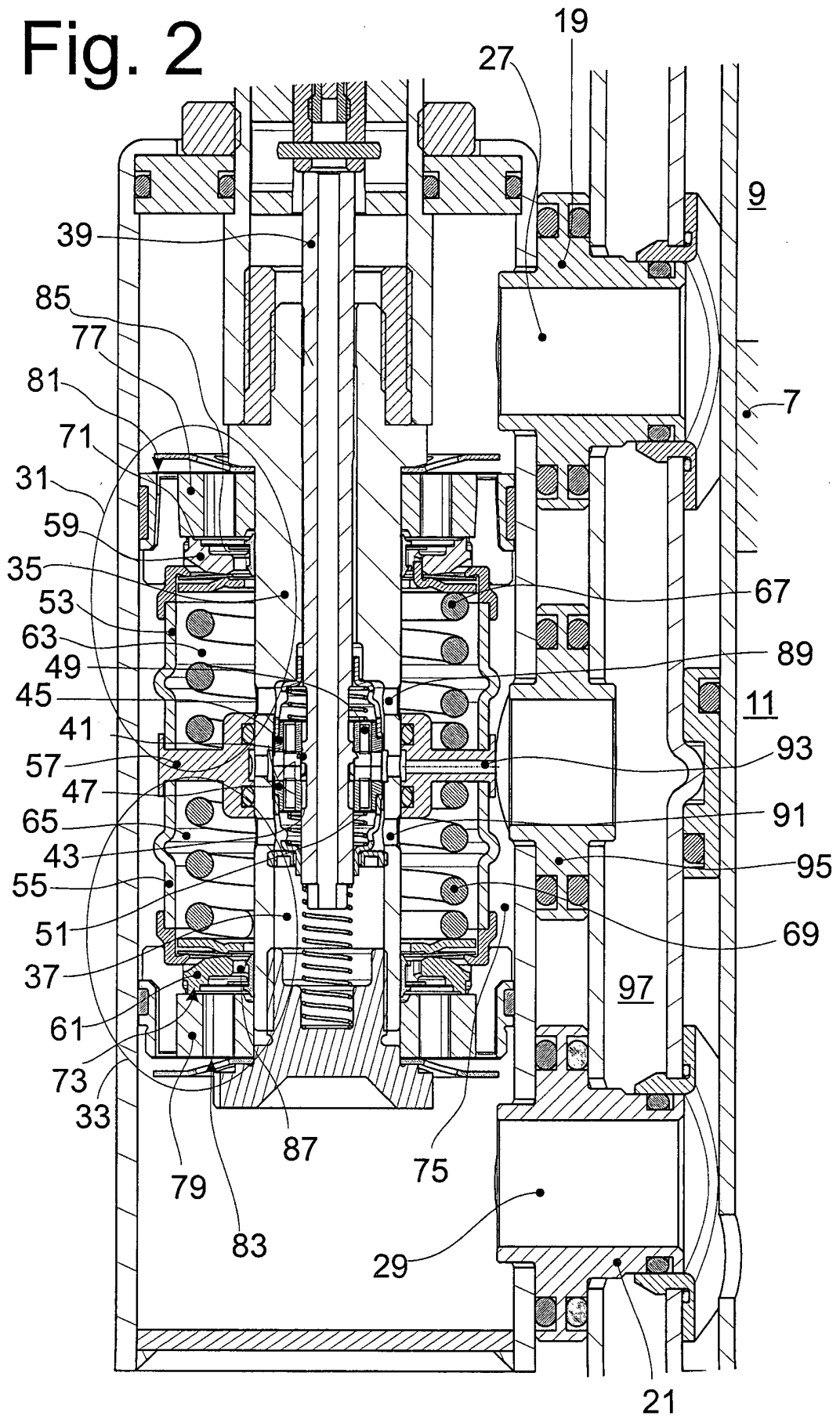


Fig. 3

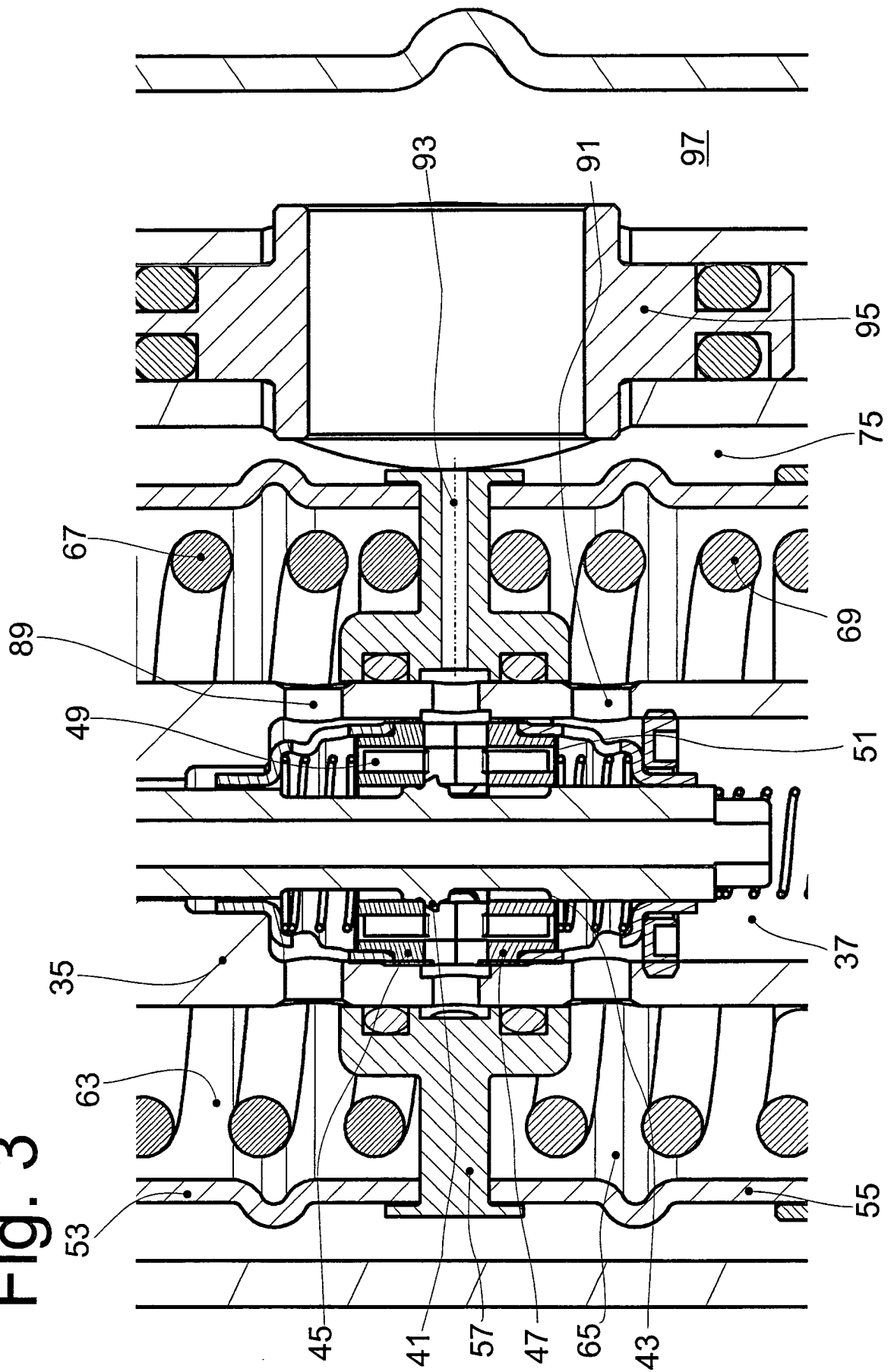


Fig. 4

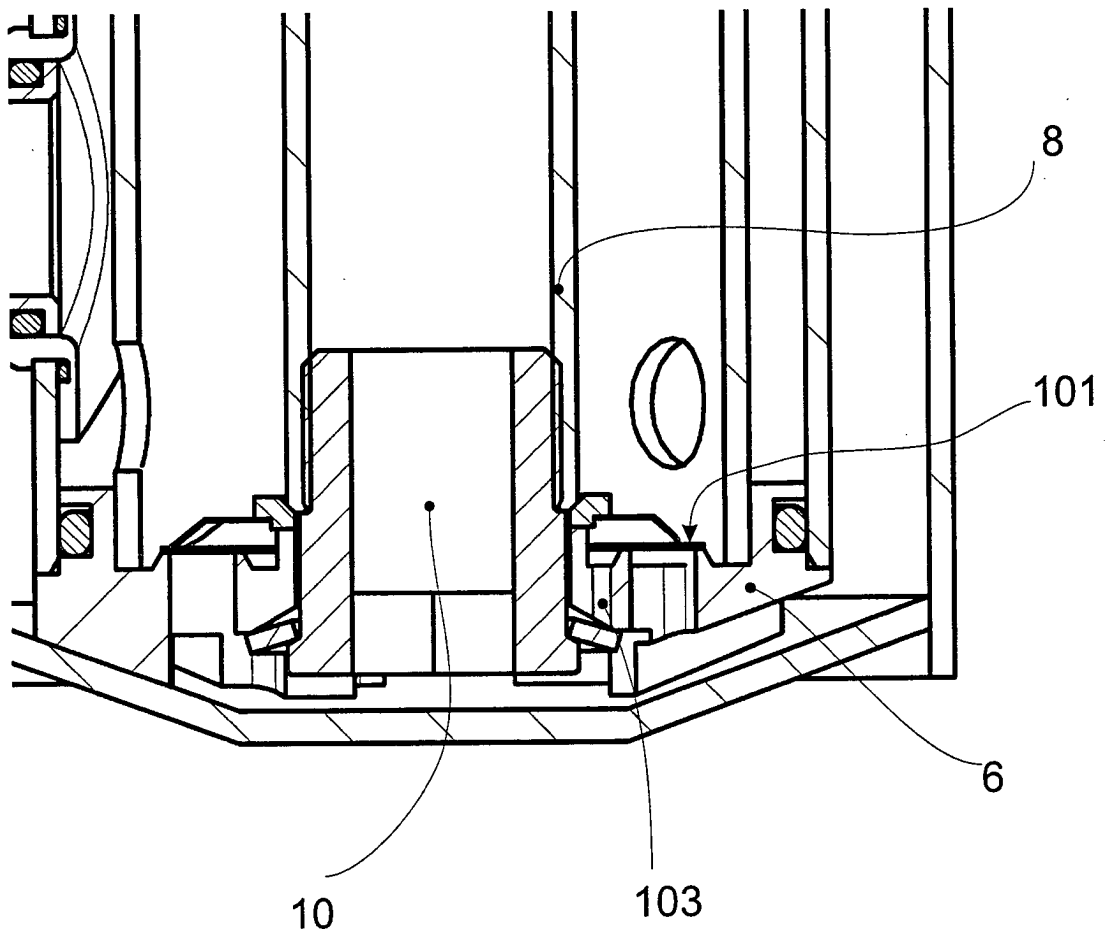


Fig. 5

