

19



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU103153

12

BREVET D'INVENTION**B1**

21

N° de dépôt: LU103153

51

Int. Cl.:

F16F 9/46, F16F 9/18, F16F 9/06

22

Date de dépôt: 20/06/2023

30

Priorité:

72

Inventeur(s):

ZHU Peng – China, SCHULTE Christof – Deutschland

43

Date de mise à disposition du public: 20/12/2024

74

Mandataire(s):

THYSSENKRUPP INTELLECTUAL PROPERTY GMBH –
45143 Essen (Deutschland)

47

Date de délivrance: 20/12/2024

73

Titulaire(s):

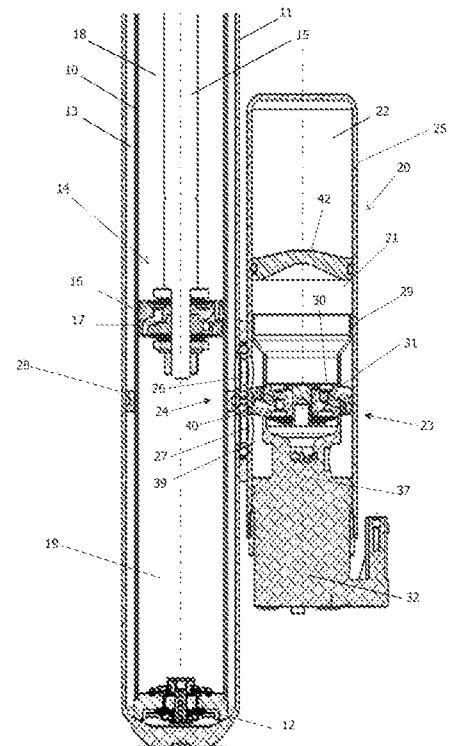
THYSSENKRUPP BILSTEIN GMBH –
58256 Ennepetal (Deutschland), THYSSENKRUPP AG –
45143 Essen (Deutschland)

54

Schwingungsdämpfer.

57

Die Erfindung betrifft einen Schwingungsdämpfer mit einem Innenrohr (10), das mit einem Dämpfmedium befüllt oder befüllbar ist, einem koaxialen Außenrohr (11), das mit dem Innenrohr (10) durch wenigstens ein Bodenventil (12) fluidverbunden ist und einen Ringspalt (13) mit dem Innenrohr (10) bildet, einer Kolbeneinheit (14) umfassend eine Kolbenstange (15) und einen Kolben (16) mit einem Kolbenventil (17), der einen ersten, kolbenstangenseitigen Arbeitsraum (18) und einen zweiten, kolbenstangenfernen Arbeitsraum (19) im Innenrohr (10) bildet, einem Ausgleichsmodul (20) umfassend einen Ausgleichsraum (21) für das von der Kolbenstange (15) verdrängte Volumen an Dämpfmedium, einen Gasraum (22), der mit dem Ausgleichsraum (21) verbunden ist, und ein verstellbares Dämpferventil (23) zur Anpassung der Dämpfwirkung, und eine Bypasseinrichtung (24) zur Fluidverbindung der beiden Arbeitsräume (18, 19) über das Dämpferventil (23), wobei der erste Arbeitsraum (18) in der Zugstufe durch das Dämpferventil (23) mit dem zweiten Arbeitsraum (19) und in der Druckstufe durch das Dämpferventil (23) mit dem Ausgleichsraum (21) fluidverbindbar ist.



Schwingungsdämpfer

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Schwingungsdämpfer mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1. Ein derartiger Schwingungsdämpfer ist beispielsweise aus DE 10 2018 213 462 A1 bekannt.

- 5 Bei der Abstimmung von Schwingungsdämpfern besteht ein Zielkonflikt zwischen Komfort und Fahrsicherheit. Einerseits müssen die Bodenhaftung der Räder sichergestellt und Karosseriebewegungen verringert werden. Dafür sind größere Dämpfkraften notwendig. Andererseits erwarten Kunden hohen Fahrkomfort. Dafür ist eine weiche Abstimmung erforderlich. Bei passiven Schwingungsdämpfern mit
- 10 einer einzigen Dämpfkraft-Kennlinie, d.h. Widerstand des Dämpfers in Abhängigkeit von der Ein- und Ausfedergeschwindigkeit, besteht das Problem, dass die Abstimmung ein Kompromiss ist, der möglichst viele Fahrsituationen, Fahrbahnanregungen und Beladungszustände des Fahrzeugs abdeckt. Die Kennlinie wird je nach Bedarf entweder sportlicher oder komfortabler ausgelegt.
- 15 Bei semiaktiven Fahrwerken wird dieser Zielkonflikt durch eine situationsabhängige Verstellung der Dämpfkraft durch Ventile im Schwingungsdämpfer aufgelöst, die sich zwischen einer minimalen und maximalen Kennlinie bewegt. Um semiaktive Fahrwerkssysteme auch Mittelklasse- und Kompaktwagensegmenten zugänglich zu machen, sind unter Kostenaspekten optimierte Schwingungsdämpfer ge-
- 20 fragt.

Hinzu kommt, dass Dämpferlänge und -durchmesser vom zur Verfügung stehenden Bauraum im Fahrzeug abhängen. Für verschiedene Anwendungen können die Bauräume unterschiedlich sein. Deswegen werden die Dämpferlängen und -durchmesser an die individuellen Anwendungen angepasst. Das Ziel ist es,

einen möglichst geringen Bauraum für den jeweiligen Anwendungsfall in Anspruch zu nehmen.

Der aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannte Schwingungsdämpfer weist zwei ansteuerbare Magnetventile zur variablen Verstellung der Dämpfungskraft-Kennlinie in der Zug- und Druckstufe auf. Die hierfür erforderlichen Ventilblöcke sind aufwendig und damit kostenintensiv. Außerdem ist der Bauraum, der für den bekannten Schwingungsdämpfer erforderlich ist, relativ groß.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, den aus dem eingangs genannten Stand der Technik bekannten Schwingungsdämpfer dahingehend zu verbessern, dass eine variable Verstellung der Dämpfungskraft-Kennlinie mit einem vereinfachten und möglichst kompakten Aufbau erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch einen Schwingungsdämpfer mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Konkret wird die Aufgabe durch einen Schwingungsdämpfer mit einem Innenrohr, das mit einem Dämpfmedium befüllt oder befüllbar ist und einem koaxialen Außenrohr gelöst. Das Außenrohr ist mit dem Innenrohr durch wenigstens ein Bodenventil fluidverbunden und bildet mit dem Innenrohr einen Ringspalt.

Der Schwingungsdämpfer weist eine Kolbeneinheit umfassend eine Kolbenstange und einen Kolben mit einem Kolbenventil auf. Der Kolben bildet einen ersten kolbenstangenseitigen Arbeitsraum und einen zweiten kolbenstangenfernen Arbeitsraum im Innenrohr.

Der Schwingungsdämpfer weist ein Ausgleichsmodul umfassend einen Ausgleichsraum für das von der Kolbenstange verdrängte Volumen an Dämpfmedium und einen Gasraum auf, der mit dem Ausgleichsraum verbunden ist. Das Ausgleichsmodul weist ferner ein verstellbares Dämpferventil zur Anpassung der Dämpfungswirkung auf.

Eine Bypasseinrichtung dient zur Fluidverbindung der beiden Arbeitsräume über das Dämpferventil.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass der erste Arbeitsraum in der Zugstufe durch das Dämpferventil mit dem zweiten Arbeitsraum fluidverbindbar ist. Außerdem ist der erste Arbeitsraum in der Druckstufe durch das Dämpferventil mit dem Ausgleichsraum fluidverbindbar.

- 5 Die erfindungsgemäße hydraulische Schaltung hat den Vorteil, dass die Verstellbarkeit der Dämpfkraft-Kennlinie sowohl in der Druckstufe als auch in der Zugstufe mit einem einzigen Dämpferventil erreicht werden kann. Auf das im Stand der Technik erforderliche zweite Dämpferventil kann verzichtet werden, ohne dass dadurch die Funktionalität des Schwingungsdämpfers für ein semiaktives
- 10 Fahrwerk beeinträchtigt wird.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass der erste Arbeitsraum, also der kolbenstangenseitige Arbeitsraum, sowohl in der Druck- als auch in der Zugstufe mit ein und demselben Dämpferventil fluidverbunden werden kann, wenn die Dämpfkraft-Kennlinie verstellt werden soll.

- 15 Die hydraulische Schaltung ist dabei so konzipiert, dass der erste Arbeitsraum in der Zugstufe durch das Dämpferventil mit dem zweiten Arbeitsraum fluidverbindbar ist. Dadurch wird eine Bypassfluidverbindung geschaffen, durch die ein Teilstrom des Dämpfmediums aus dem ersten Arbeitsraum durch das verstellbare Dämpferventil am Kolbenventil vorbei geleitet wird. Durch eine entsprechende
- 20 Ansteuerung des Dämpferventils wird die Dämpfkraft-Kennlinie in der Zugstufe angepasst.

Die hydraulische Schaltung ist weiter so konzipiert, dass der erste Arbeitsraum auch in der Druckstufe durch das Dämpferventil mit dem Ausgleichsraum fluidverbindbar ist.

- 25 In der Druckstufe wird also im Unterschied zur Zugstufe und auch zum eingangs genannten Stand der Technik keine direkte Bypass-Fluidverbindung zwischen dem ersten und zweiten Arbeitsraum hergestellt. Vielmehr wird in der Druckstufe der erste Arbeitsraum durch das Dämpferventil mit dem Ausgleichsraum fluidverbunden, wenn die Dämpfkraft-Kennlinie in der Druckstufe verändert werden soll. Da
- 30 das aus dem ersten Arbeitsraum abgeführte Volumen an Dämpfmedium das Dämpferventil durchströmt, kann auch in der Druckstufe die Kennlinie verstellt

werden. Eine direkte Bypassverbindung zwischen den beiden Arbeitsräumen ist in der Druckstufe nicht notwendig. In der Druckstufe sind der erste und der zweite Arbeitsraum durch ein Ventil, insbesondere ein Rückschlagventil am Arbeitskolben fluidverbunden.

- 5 Zusätzlich zu der Bauteilreduzierung hat der kompakte Aufbau des Ausgleichsmoduls den Vorteil, dass im Wesentlichen ein- und dasselbe Ausgleichsmodul für Anwendungen eingesetzt werden kann, bei denen das Ausgleichsmodul extern, d.h. außerhalb des Außenrohr angeordnet ist, als auch für Anwendungen, bei denen das Ausgleichsmodul intern, d. h. im Außenrohr angeordnet ist. Diese Flexibilität
- 10 in der Anwendung wird dadurch erreicht, dass aufgrund der erfindungsgemäßen hydraulischen Schaltung das Dämpferventil und damit das Ausgleichsmodul vergleichsweise klein dimensioniert werden kann. Insbesondere kann das Ausgleichsmodul so klein dimensioniert werden, dass dieses im Außenrohr, insbesondere im Außenrohr und im Innenrohr untergebracht werden kann.
- 15 Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

So kann das Dämpferventil das einzige verstellbare Dämpferventil im Ausgleichsmodul sein. Der Dämpfer ist damit wesentlich einfacher aufgebaut, als dies bisher der Fall war, und entsprechend kostengünstig.

- 20 Vorzugsweise ist das Ausgleichsmodul an der Außenseite des Außenrohres angeordnet, insbesondere parallel zum Außenrohr angeordnet. Dies hat den Vorteil, dass der Schwingungsdämpfer eine kurze Baulänge aufweist.

- Bei einer bevorzugten Ausführungsform bildet die Bypasseinrichtung in der Zugstufe eine erste Fluidverbindung zwischen dem Arbeitsraum, dem Ringspalt und dem Dämpferventil sowie zwischen dem Dämpferventil, dem Ringspalt, dem Bodenventil und dem zweiten Arbeitsraum. Das verstellbare Dämpferventil befindet sich im Bypasspfad und bewirkt so durch entsprechende Ansteuerung die gewünschte Änderung der Dämpfungskraft-Kennlinie in der Zugstufe. Dabei bilden der erste Arbeitsraum und der Ringspalt die Zuströmseite des Dämpferventils. Der Ringspalt, das Bodenventil und der zweite Arbeitsraum bilden die Abströmseite des Dämpferventils.
- 25
- 30

Die Bypasseinrichtung bildet in der Druckstufe eine zweite Fluidverbindung zwischen dem ersten Arbeitsraum, dem Ringspalt und dem Dämpferventil sowie zwischen dem Dämpferventil und dem Ausgleichsraum. Wie in der Zugstufe strömt das Dämpfmedium aus dem ersten Arbeitsraum und dem Ringspalt zum Dämpferventil. Anders als in der Zugstufe strömt das Dämpfmediums aber nicht in den Ringspalt zurück, sondern in den Ausgleichsraum, der auf der Abströmseite des Dämpferventils angeordnet ist. Damit kann auch in der Druckstufe die Dämpfkraft-Kennlinie durch das Dämpferventil verstellt werden.

Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsformen weist die Bypasseinrichtung eine erste Anschlussöffnung und eine zweite Anschlussöffnung auf, die im Außenrohr ausgebildet sind. Die erste Anschlussöffnung ist mit dem ersten Arbeitsraum fluidverbunden. Die zweite Anschlussöffnung ist mit dem zweiten Arbeitsraum, insbesondere durch das Bodenventil, fluidverbunden. Das Dämpferventil ist im Fluidweg zwischen den beiden Anschlussöffnungen angeordnet, wobei der Einlass des Dämpferventils, also dessen Zuströmseite, mit der ersten Anschlussöffnung fluidverbunden ist. Diese Ausführungsform ist besonders für das externe Ausgleichsmodul geeignet, das an der Außenseite des Außenrohrs angeordnet ist. Der Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass das Ausgleichsmodul Teil der Bypasseinrichtung ist. Durch die dadurch erreichte Doppelfunktion des Ausgleichsmoduls wird eine besonders kompakte Bauweise erreicht.

Vorzugsweise weist die Bypasseinrichtung ein Trennmittel auf, das im Ringspalt zwischen den beiden Anschlussöffnungen angeordnet ist. Das Trennmittel hat den Vorteil, dass ein hydraulischer Kurzschluss zwischen den Zu- und Abströmseiten des Dämpferventils auf einfache Weise vermieden wird.

Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform weist die Bypasseinrichtung einen Stutzen im Ausgleichsmodul auf, der das Dämpferventil und den Ausgleichsraum zur Trennung der Einlassströmung in das Dämpferventil und der Ausgleichsströmung in den Ausgleichsraum hinein bzw. aus dem Ausgleichsraum heraus fluidverbindet. Ein hydraulischer Kurzschluss zwischen der Einlassseite des Dämpferventils und der zum Ausgleichsraum hinführenden Auslassseite des Dämpferventils wird so durch eine einfache Bauweise vermieden.

Die vorstehend genannten Ausführungsformen sind besonders gut für einen Schwingungsdämpfer mit einem externen Ausgleichsmodul geeignet, das an der Außenwand des Außenrohrs angeordnet ist.

5 Bei einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das Ausgleichsmodul wenigstens im Außenrohr, insbesondere im Außenrohr und im Innenrohr angeordnet. Es handelt sich bei dieser Ausführungsform um einen Schwingungsdämpfer mit internem Ausgleichsmodul. Diese Ausführungsform hat den Vorteil, dass der Schwingungsdämpfer besonders schlank ist, was bestimmte Einbausituationen begünstigt.

10 Dabei kann vorgesehen sein, dass das Dämpferventil wenigstens mit dem Außenrohr, insbesondere mit dem Außenrohr und dem Innenrohr verbunden ist, wobei der Gasraum und/oder der Ausgleichsraum zumindest abschnittsweise, insbesondere vollständig im Innenrohr angeordnet sind. Ein kompakter Aufbau des Schwingungsdämpfers wird dadurch unter optimaler Ausnutzung des zur Verfügung
15 stehenden Bauraums im Schwingungsdämpfer erreicht.

Vorzugsweise bildet die Bypasseinrichtung in der Zugstufe eine erste Fluidverbindung zwischen dem ersten Arbeitsraum, dem Ringspalt und dem Dämpferventil sowie zwischen dem Dämpferventil, dem Innenrohr, dem Bodenventil und dem zweiten Arbeitsraum. Bei diesem einfachen Aufbau ist das verstellbare Dämpfer-
20 ventil im Bypasspfad angeordnet und ist in der Lage, bei dem internen Ausgleichsmodul die Kennlinie in der Zugstufe zu ändern.

Die Bypasseinrichtung kann in der Druckstufe eine zweite Fluidverbindung zwischen dem ersten Arbeitsraum, dem Ringspalt und dem Dämpferventil sowie zwischen dem Dämpferventil und dem Ausgleichsraum bilden. Damit wird bewirkt,
25 dass das verstellbare Dämpferventil im Bypasspfad zur Änderung der Kennlinie der Druckstufe bei dem internen Ausgleichsmodul angeordnet ist.

Die Bypasseinrichtung umfasst vorzugsweise den Ringspalt, in den eine Einlassöffnung des Dämpferventils mündet, und wenigstens eine Durchtrittsöffnung, die im Ausgleichsraum ausgebildet ist und in das Innenrohr mündet. Das Dämpfer-
30 ventil ist im Fluidweg zwischen dem Ringspalt und der Durchtrittsöffnung angeordnet. Diese Ausführung der innenangeordneten Variante des Ausgleichsmoduls

ist besonders kompakt, da noch weniger Bauteile benötigt werden als bei der Variante mit außenangeordnetem Ausgleichsmodul.

Vorzugsweise sind in der Zugstufe zum Ausgleich des von der Kolbenstange verdrängten Volumens an Dämpfmedium wenigstens der Ausgleichsraum, das Boden-

5 ventil und der zweite Arbeitsraum in Strömungsrichtung in dieser Reihenfolge fluidverbindbar. In der Druckstufe sind die vorstehend genannten Komponenten in umgekehrter Reihenfolge fluidverbindbar. Diese Ausführungsform ist sowohl mit dem Schwingungsdämpfer mit externem Ausgleichsmodul als auch mit dem Schwingungsdämpfer mit internem Ausgleichsmodul kombinierbar.

10 Die vorstehend beschriebene Fluidverbindung zwischen Ausgleichsraum, Bodenventil und zweitem Arbeitsraum zum Ausgleich des von der Kolbenstange verdrängten Volumens an Dämpfmedium besteht sowohl in der Stufe „Hart“ als auch in der Stufe „Weich“ bzw. „Komfort“. Der Unterschied zwischen Stufe „Hart“ und Stufe „Weich“ liegt darin, dass in Stufe „Hart“ das Dämpferventil geschlossen ist

15 und das gesamte verdrängte Kolbenstangenvolumen durch das Bodenventil bzw. über die vorstehend beschriebene Fluidverbindung geleitet wird. Das Ringraumvolumen wird in an sich bekannter Weise durch das Ventil im Arbeitskolben geleitet. Die Bypasseinrichtung ist im normalen Betriebsbereich Null.

In Stufe „Weich“ hingegen werden ein Teilstrom über die Bypasseinrichtung und

20 damit durch das Dämpferventil und ein Teilstrom durch das Bodenventil geleitet.

Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen hydraulischen Schaltung, bei der der erste Arbeitsraum in der Zugstufe durch das Dämpferventil mit dem zweiten Arbeitsraum und in der Druckstufe durch das Dämpferventil mit dem Ausgleichs-

25 raum fluidverbindbar ist, ergibt sich eine Strömungskreuzung, bei der sich der Kolbenstangen-Volumenausgleichsstrom mit dem Bypassvolumenstrom kreuzt und zwar sowohl in der Druckstufe als auch in der Zugstufe.

Bei außenangeordnetem (externem) Ausgleichsmodul kann das Dämpferventil im Fluidweg zwischen dem Ausgleichsraum und dem Bodenventil angeordnet und durchströmbar sein. Dies hat den Vorteil, dass das Dämpferventil auch für den

30 Volumenausgleich mit Blick auf die Kolbenstange genutzt wird.

Bei innenangeordnetem (internem) Ausgleichsmodul kann der Ausgleichsraum direkt mit dem Innenrohr fluidverbunden sein. Dies hat den Vorteil eines einfachen Aufbaus.

5 Das Dämpferventil kann zur Anpassung im Fluidweg der Bypasseinrichtung verstellbar sein, sodass die Dämpfkraft-Kennlinie veränderbar ist.

Vorzugsweise weist das Dämpferventil für das von der Kolbenstange verdrängte Volumen an Dämpfmedium einen offenen Durchgang auf, der mit dem Ausgleichsraum fluidverbunden ist.

10 Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Ausführungsbeispiele unter Bezug auf die beigefügten schematischen Zeichnungen mit weiteren Einzelheiten näher erläutert. In diesen zeigen

Fig. 1 den Längsschnitt eines Schwingungsdämpfers nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem außenangeordneten Ausgleichsmodul;

15 Fig. 2 den Längsschnitt eines Schwingungsdämpfers nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem innenangeordneten Ausgleichsmodul;

20 Fig. 3 den Längsschnitt eines Ausgleichsmoduls mit gecrimpten Gehäuse für einen Schwingungsdämpfer nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem außenangeordneten Ausgleichsmodul;

Fig. 4 den Längsschnitt eines Ausgleichsmoduls mit geschweißtem Gehäuse für einen Schwingungsdämpfer nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem außenangeordneten Ausgleichsmodul;

25 Fig. 5 den Längsschnitt eines Ausgleichsmoduls mit Innenhülse für einen Schwingungsdämpfer nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem außenangeordneten Ausgleichsmodul;

- Fig. 6 den Längsschnitt eines Ausgleichsmoduls mit Membran für einen Schwingungsdämpfer nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem außenangeordneten Ausgleichsmodul;
- 5 Fig. 7 den Längsschnitt eines Ausgleichsmoduls mit Trennkolben für einen Schwingungsdämpfer nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem innenangeordneten Ausgleichsmodul;
- Fig. 8 den Längsschnitt eines Ausgleichsmoduls mit Gasbag für einen Schwingungsdämpfer nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem innenangeordneten Ausgleichsmodul;
- 10 Fig. 9 den Längsschnitt eines Ausgleichsmoduls mit Membran für einen Schwingungsdämpfer nach einem erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiel mit einem innenangeordneten Ausgleichsmodul;
- Fig. 10 den Schwingungsdämpfer nach Fig. 1, bei dem die Strömungswege in der Zugstufe eingezeichnet sind, und
- 15 Fig. 11 den Schwingungsdämpfer nach Fig. 1, bei dem die Strömungswege in der Druckstufe eingezeichnet sind.

Fig. 1 zeigt beispielhaft einen Schwingungsdämpfer für ein Kraftfahrzeug, insbesondere für ein Kraftfahrzeug mit semiaktivem Fahrwerk. Der Schwingungsdämpfer umfasst ein Innenrohr 10, das mit einem Dämpfmedium befüllt ist oder im Fall
20 eines Zwischenproduktes mit einem Dämpfmedium befüllbar ist. Das Innenrohr 10 befindet sich in einem zum Innenrohr 10 koaxial angeordneten Außenrohr 11.

Zwischen dem Innenrohr 10 und dem Außenrohr 11 ist ein Ringspalt 13 ausgebildet. Der Ringspalt 13 erstreckt sich im Wesentlichen über die gesamte Länge des Innenrohrs 10. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist das obere Ende des Schwin-
25 gungsdämpfers nicht dargestellt. In dem nicht dargestellten Bereich ist eine Fluidverbindung zwischen dem Innenrohr 10 und Außenrohr 11 vorgesehen bspw. in Form einer oder mehrerer Durchtrittsöffnungen, bspw. Bohrungen, im Innenrohr 10, die in den Ringspalt 13 münden. An dem anderen axialen Ende des Schwingungsdämpfers (in Fig. 1 unteren Ende) ist ein Bodenventil 12 angeordnet,

das eine weitere Fluidverbindung zwischen dem Außenrohr 11 und dem Innenrohr 10 bildet. Das Bodenventil 12 ist in an sich bekannter Weise ausgebildet und wird daher nicht näher beschrieben.

5 Der Ringspalt 13 ist von der Außenwand des Innenrohrs 10 und der Innenwand des Außenrohrs 11 direkt begrenzt. Mit anderen Worten ist der Ringspalt 13 zwischen dem Innenrohr 10 und dem Außenrohr 11 rohrfrei. Dies wird auch allgemein im Zusammenhang mit der Erfindung offenbart.

10 Im Innenrohr 10 ist eine Kolbeneinheit 14 angeordnet, die eine Kolbenstange 15 und einen mit der Kolbenstange 15 verbundenen Kolben 16 aufweist. Der Kolben 16 wird auch Arbeitskolben genannt und unterteilt das Innenrohr 10 in einen ersten kolbenstangenseitigen Arbeitsraum 18 und ein zweiten kolbenstangenfernen Arbeitsraum 19. Mit anderen Worten befindet sich im ersten Arbeitsraum 18 die Kolbenstange 15. Der zweite Arbeitsraum 19 ist kolbenstangefrei.

15 Ein Kolbenventil 17 im Kolben 16 stellt die Fluidverbindung zwischen dem ersten und zweiten Arbeitsraum 18, 19 her, wenn der Kolben 16 im Innenrohr 10 axial bewegt wird. Das Kolbenventil 17 wird dabei vom Dämpfmedium durchströmt.

Seitlich an das Außenrohr 11 ist ein Ausgleichsmodul 20 angeflanscht, das sich parallel zum Außenrohr 11 erstreckt. Die Längsachsen des Außenrohrs 11 und des Ausgleichsmoduls 20 verlaufen parallel.

20 Das Ausgleichsmodul 20 weist einen Ausgleichsraum 21 und einen Gasraum 22 auf, der mit dem Ausgleichsraum 21 verbunden ist. Der Ausgleichsraum 21 und der Gasraum 22 sind in einem Gehäuse 25 des Ausgleichsmoduls 20 ausgebildet. Das Gehäuse 25 ist in dem Beispiel gemäß Fig. 1 als zylindrisches Druckrohr bzw. Modulrohr ausgeführt. Andere Form des Gehäuses 25 sind möglich.

25 Im Gehäuse 25 ist das Dämpfventil 23 befestigt. Der Ausgleichsraum 21 befindet sich zwischen dem Gasraum 22 und dem Dämpfventil 23. Ein axial beweglicher Trennkolben 42 trennt den Gasraum 22 vom Ausgleichsraum 21. Beim Befüllen des Ausgleichsraums 21 in der Druckstufe bewegt sich der Trennkolben 42 in den Gasraum 22 hinein und komprimiert das dort befindliche Gas. In der Zugstufe

erfolgt die Bewegung des Trennkolben 42 in umgekehrter Richtung. Anstelle des Trennkolbens 42 können andere Trennorgane vorgesehen sein.

Ferner zeigt Fig. 1, dass das Dämpferventil 23, der Gasraum 22 und der Ausgleichsraum 21 eine zusammenhängende Baueinheit bilden. Dies wird auch für
5 alle anderen Ausführungsbeispiele und allgemein im Zusammenhang mit der Erfindung offenbart. Das Ausgleichsmodul 20 kann daher entsprechend dem verfügbaren Bauraum als eine Einheit anwendungsspezifisch am oder im Schwingungsdämpfer angeordnet werden und ist damit flexibel einsetzbar.

Das Dämpferventil 23, der Gasraum 22 und der Ausgleichsraum 21 sind allgemein
10 in ein- und demselben Gehäuse angeordnet. Das Dämpferventil 23, der Gasraum 22 und der Ausgleichsraum 21 sind auf derselben Mittelachse des Gehäuses angeordnet. Das Dämpferventil 23, der Gasraum 22 und der Ausgleichsraum 21 fluchten zueinander. Dies gilt für alle Ausführungsbeispiele und wird allgemein für die Erfindung offenbart. Die fluchtende Anordnung der Komponenten des Ausgleichsmoduls 20 hat den Vorteil der kompakten Bauweise, die sich sowohl für eine seitliche, externe als auch für eine interne Anordnung des Ausgleichsmoduls 20 im
15 Schwingungsdämpfer eignet.

Der Ausgleichsraum 21 und der Gasraum 22 dienen dazu, das von der Kolbenstange 15 verdrängte Volumen an Dämpfmedium in der Druckstufe aufzunehmen und in der Zugstufe abzugeben. Die Volumina des Ausgleichsraums 21 und des
20 Gasraums 22 ändern sich entsprechend in der Druckstufe und in der Zugstufe.

Ein Dämpferventil 23 ist in das Ausgleichsmodul 20 integriert und dient dazu, die Dämpfungskraft-Kennlinie situationsbedingt anzupassen. Dazu ist das Dämpferventil 23 verstellbar ausgeführt. Im Beispiel gemäß Fig. 1 ist das Dämpferventil 23 als
25 ansteuerbares Magnetventil ausgeführt. Das Dämpferventil 23 weist einen Magnetkörper 32 auf, der mit einem Ventilkörper 37 des Dämpferventils 23 verbunden ist. Der Magnetkörper 32 und der Ventilkörper 37 sind koaxial angeordnet. Der Ventilkörper 37 und der Magnetkörper 32 sind im Gehäuse 25 des Ausgleichsmoduls 20 befestigt. Andere Dämpferventile zur Anpassung der Dämpfungskraft-Kennlinie sind möglich.
30

Der Schwingungsdämpfer gemäß Fig. 1 weist eine Bypasseinrichtung 24 auf, die dazu dient, einen Bypass zwischen den beiden Arbeitsräumen 18, 19 an dem Kolbenventil 17 vorbei herzustellen. Die Bypasseinrichtung 24 umfasst diejenigen Komponenten des Schwingungsdämpfers, durch die das Dämpfmedium am Kolbenventil 17 vorbei zwischen den beiden Arbeitsräumen 18, 19 strömt.

Das Dämpferventil 23 ist im Fluidweg der Bypasseinrichtung 24 angeordnet, so dass das durch die Bypasseinrichtung 24 geleitete Dämpfmedium das Dämpferventil 23 durchströmt. Üblicherweise handelt es sich dabei um einen Teilstrom des Dämpfmediums, das das Kolbenventil 17 passiert. Das Dämpferventil 23 gehört also sowohl zur Bypasseinrichtung 24 als auch zum Ausgleichsmodul 20.

Das Dämpferventil 23 ist so angepasst, dass in der Zugstufe, wenn die Kolbenstange 15 aus dem Innenrohr 10 heraus bewegt wird, der erste Arbeitsraum 18 und der zweite Arbeitsraum 19 durch das Dämpferventil 23 fluidverbindbar sind. Mit anderen Worten strömt in der Zugstufe Dämpfmedium aus dem ersten Arbeitsraum 18 durch das Dämpferventil 23 am Kolbenventil 17 vorbei in den zweiten Arbeitsraum 19. Dabei wird das Dämpferventil 23 so angesteuert, dass die gewünschte Veränderung der Dämpfungskraft-Kennlinie erreicht wird.

Das Dämpferventil 23 ist weiter so angepasst, dass in der Druckstufe, wenn die Kolbenstange 15 in das Innenrohr 10 einfährt, der erste Arbeitsraum 18 durch das Dämpferventil 23 mit dem Ausgleichsraum 21 fluidverbindbar ist. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 wird die Verschaltung des ersten Arbeitsraums 18 mit dem Dämpferventil 23 dadurch erreicht, dass die Bypasseinrichtung 24 durch das Dämpferventil 23 entweder mit dem zweiten Arbeitsraum 19 (Zugstufe) oder dem Ausgleichsraum 21 (Druckstufe) fluidverbindbar ist. Dazu weist die Bypasseinrichtung 24 eine erste Anschlussöffnung 26 und eine zweite Anschlussöffnung 27 auf, die jeweils im Außenrohr 11 ausgebildet sind. Je nach Ventilstellung des Ventilkörpers 37 fließt das Volumen vom ersten Arbeitsraum 18 in den Ausgleichsraum 21 (Stufe Weich) oder vom zweiten Arbeitsraum 19 über das Bodenventil 12 in den Ausgleichsraum 21 (Stufe Hart). Je nach Ventilstellung werden beide Pfade anteilig genutzt.

Die erste Anschlussöffnung 26 ist mit dem ersten Arbeitsraum 18 fluidverbunden und zwar über den Ringspalt 13, der an dem in Fig. 1 nicht gezeigten oberen

Ende des Innenrohres 10 durch wenigstens eine Durchtrittsöffnung mit dem Innenrohr 10 in Fluidverbindung steht.

Die zweite Anschlussöffnung ist mit dem zweiten Arbeitsraum 19 fluidverbunden und zwar durch das Bodenventil 12.

- 5 Wie in Fig. 1 zu erkennen, ist das Dämpferventil 23 im Fluidweg zwischen den beiden Anschlussöffnungen 26, 27 angeordnet, wobei die Zuströmseite bzw. Einlassseite des Dämpferventils 23 mit der ersten Anschlussöffnung 26 fluidverbunden ist. Dadurch wird erreicht, dass die Zuströmseite des Dämpferventils 23 mit Dämpfmedium aus dem ersten Arbeitsraum 18 über den Ringspalt 13 durch die
10 erste Anschlussöffnung 26 versorgt werden kann.

- Die Abströmseite bzw. Auslassseite des Dämpferventils 23 ist mit der zweiten Anschlussöffnung 27 fluidverbunden. Diese Komponenten bzw. diese hydraulische Schaltung ermöglicht die Bypassfunktion in der Zugstufe vom ersten Arbeitsraum 18 zum zweiten Arbeitsraum 19 über das Dämpferventil 23 am Kolbenventil 17
15 vorbei (erste Fluidverbindung).

Die Abströmseite des Dämpferventils 23 ist zudem mit dem Ausgleichsraum 21 fluidverbunden, sodass in der Druckstufe Dämpfmedium aus dem ersten Arbeitsraum 18 in den Ausgleichsraum 21 über das Dämpferventil 23 geleitet werden kann (zweite Fluidverbindung).

- 20 Die Trennung der Fluidverbindungen erfolgt durch folgende Komponenten.

- Die Bypasseinrichtung 24 weist ein Trennmittel 28 auf, das im Ringspalt 13 zwischen den beiden Anschlussöffnungen 26, 27 zur Trennung der Zuström- und Abströmseite des Dämpferventils 23 angeordnet ist. Im vorliegenden Beispiel ist das Trennmittel 28 als Trennring mit einer Dichtung ausgeführt. Andere Trennmittel
25 sind denkbar.

Außerdem weist die Bypasseinrichtung 24 einen Stutzen 29 auf, der im Ausgleichsmittel 20 angeordnet ist. Der Stutzen 29 verbindet das Dämpferventil 23 und den Ausgleichsraum 21 so, dass die Einlassströmung in das Dämpferventile 23 und die Strömung, die in den Ausgleichsraum 21 bzw. aus dem Ausgleichs-

raum 21 herausströmt, voneinander getrennt sind. Dazu ist ein axiales Ende des Stutzens 29 mit dem Dämpferventil 23 und das andere axiale Ende des Stutzens 29 mit dem Ausgleichsraum 21 verbunden. Der Stutzen geht in den Ausgleichsraum 21 über.

- 5 Der Durchmesser des Stutzens 29 ist ventiltseitig kleiner als auf der Seite des Ausgleichsraums 21. Mit anderen Worten verbreitert sich der Stutzen 29 vom Dämpferventil 23 zum Ausgleichsraum 21 hin. Der ventiltseitige Durchmesser des Stutzens 29 ist dabei so angepasst, dass eine Einlassöffnung 38 des Dämpferventils 23 außerhalb des Stutzens 29 angeordnet ist. Die Durchtrittsöffnung 30 des
10 Dämpferventils 23 ist für die Fluidverbindung mit dem Ausgleichsraum 21 im Inneren des Stutzens 29 angeordnet. Der Aufbau des Dämpferventils 23 ist weiter unten näher beschrieben.

- Der Stutzen 29 bewirkt, dass das Dämpfmedium durch die erste Anschlussöffnung 26 in die Einlassöffnung 38 des Dämpferventils 23 strömt, ohne dass es zu einem
15 hydraulischen Kurzschluss mit der Strömung in bzw. aus dem Ausgleichsraum 21 kommt. Außerdem bildet der Stutzen einen axialen Anschlag für den Trennkolben 42.

Der Stutzen 29 hat vorliegend zwei diskrete Durchmesserbereiche. Andere Formen des Stutzens 29 sind möglich.

- 20 Das Dämpferventil 23 ist wie folgt aufgebaut.

- Das Dämpferventil 23 weist einen (zweiten) Ringspalt 39 auf, der mit der zweiten Anschlussöffnung 27 fluidverbunden ist. In der Zugstufe bildet der Ringspalt 39 die Abströmseite des Dämpferventils 23. In der Druckstufe bildet der Ringspalt 39 eine weitere Einströmöffnung des Dämpferventils 23 zusätzlich zur Einströmöffnung
25 38, die mit der ersten Anschlussöffnung 26 fluidverbunden ist.

- Zwischen der Einströmöffnung 38 und dem Ringspalt 39 ist ein Ventilmechanismus 40 des Dämpferventils 23 angeordnet, durch den der Volumenstrom durch das Dämpferventil 23 verändert werden kann. Dazu wird der Ventilmechanismus 40 durch den Magnetkörper 32 angesteuert. Der Ventilmechanismus 40 umfasst
30 eine Ventilplattenanordnung, die in Einströmrichtung ausgehend von der ersten

Anschlussöffnung 26 öffnet und in umgekehrter Richtung sperrt. Die Ventilplatten sind ungesteuert. Der Ventilmechanismus 40 umfasst ferner ein angesteuertes Verstellorgan (nicht gezeigt), das mit dem Magnetkörper 32 zusammenwirkt und den Volumenstrom durch das Dämpferventil 23 verändert.

- 5 Ein Beispiel für das Bauprinzip eines derartigen Verstellorgans ist in EP1538366B1, Fig. 1 gezeigt, die auf die Anmelderin zurückgeht, und wird daher nicht näher beschrieben.

Andere Ventilmechanismen oder Dämpferventile sind möglich.

- 10 Für die Fluidverbindung zum Ausgleichsraum 21 ist ein offener Durchgang 31 des Dämpferventils 23 vorgesehen, der durch die oben erwähnte Durchtrittsöffnung 30 in den Ausgleichsraum 21 mündet. Der offene Durchgang 31 ist verstellfrei. Er mündet in den Ringspalt 39 des Dämpferventils 23 und stellt so eine Fluidverbindung zwischen dem Ringspalt 39 und der Durchtrittsöffnung 30 bzw. des Ausgleichsraum 21 her. Außerdem ist der Durchgang 31 mit der Einströmöffnung 38
15 des Dämpferventils 23 fluidverbunden. Mit dem Durchgang 31 wird die Durchgangspassage bzw. der Kanal bezeichnet, der sich durch das Dämpferventil 23 erstreckt. Die Durchtrittsöffnung 30 bezeichnet das Ende, d.h. die Durchtrittsfläche des Durchgangs 31, die in den Ausgleichsraum 21 mündet.

- 20 Die Funktionsweise des Dämpferventils 23 wird nachstehend anhand der Figuren 10, 11 und der dort gezeigten Strömungswege näher beschrieben.

In der Zugstufe gemäß Fig. 10 durchströmt der Ringraumvolumenstrom Q_{Ring} des ersten Arbeitsraums 18 abzüglich eines Bypassvolumenstroms Q_{Bypass} das Kolbenventil 17 und gelangt in den zweiten Arbeitsraum 19, wie durch den Pfeil durch den Kolben 16 dargestellt.

- 25 Der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} strömt aus dem ersten Arbeitsraum 18 durch die (nicht dargestellte) Fluidverbindung zwischen dem Innenrohr 10 und dem Außenrohr 18 in den Ringspalt 13 und von dort durch die erste Anschlussöffnung 26 in das Dämpferventil 23. Der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} durchströmt die Einlassöffnung 38 und den Ventilmechanismus 40, d.h. den Federscheibenaufbau und
30 das (nicht gezeigte) Verstellorgan, und gelangt von dort in den Ringspalt 39 des

Dämpferventils 23. Von dort strömt der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} durch die zweite Anschlussöffnung 27 in den unteren Teil des Ringspalts 13 und von dort durch das Bodenventil 12 in den zweiten Arbeitsraum 19.

5 Beim Durchtritt des Bypassvolumenstroms Q_{Bypass} durch das Dämpferventil 23 wird die Dämpfungskraft-Kennlinie des Schwingungsdämpfers durch den Ventilmechanismus 40 situationsabhängig angepasst.

10 Das Dämpferventil 23 hat zusätzlich die Funktion, den Kolbenstangen-Volumenstrom $Q_{\text{Kolbenstange}}$, also den von der Kolbenstange 15 verdrängten Volumenstrom, zu führen. Dazu strömt der Kolbenstangen-Volumenstrom $Q_{\text{Kolbenstange}}$ aus dem Ausgleichsraum 21 durch den offenen Durchgang 31 in den Ringspalt 39 des Dämpferventils 23. Dort addiert sich der Kolbenstangen-Volumenstrom $Q_{\text{Kolbenstange}}$ mit dem Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} und strömt gemeinsam durch die zweite Anschlussöffnung 27 in den unteren Ringspalt 13 und von dort durch das Bodenventil 12 in den zweiten Arbeitsraum 19.

15 Diese hydraulische Schaltung, bei der sich die die beiden Volumenströme $Q_{\text{Kolbenstange}}$ und Q_{Bypass} addieren, kann als Strömungskreuzung beschrieben werden, weil sich die Volumenströme im (zweiten) Ringspalt 39 kreuzen und addieren. Die Strömungskreuzung wird durch den Ventilkörper 37 bewirkt.

20 In der Druckstufe durchströmt der Ringraumvolumenstrom Q_{Ring} das Kolbenventil 17 vom zweiten Arbeitsraum 19 in den ersten Arbeitsraum 18. Zusätzlich strömt der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} aus dem zweiten Arbeitsraum 19 durch das Kolbenventil 17 in den ersten Arbeitsraum 18 nach, da, wie in der Zugstufe, der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} aus dem ersten Arbeitsraum 18 durch die (nicht dargestellte) Fluidverbindung zwischen dem Innenrohr 10 und dem Außenrohr 18 abströmt. Der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} strömt durch den Ringspalt 13 und die erste Anschlussöffnung 26 in das Dämpferventile 23. Dabei durchströmt der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} den Ventilmechanismus 40 und gelangt in den Ringspalt 39 des Dämpferventils 23. Dort addiert sich der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} mit dem aus dem zweiten Arbeitsraum 19 kommenden Volumenstrom zu dem
25 Kolbenstangen-Volumenstrom $Q_{\text{Kolbenstange}}$, der durch den offenen Durchgang 31 in den Ausgleichsraum 21 strömt.
30

Auch in der Druckstufe kann die hydraulische Schaltung, bei der sich die beiden Volumenströme, wie oben beschreiben, addieren, als Strömungskreuzung bezeichnet werden, weil sich die Volumenströme im (zweiten) Ringspalt 39 kreuzen und addieren.

- 5 Das Prinzip der Strömungskreuzung wird allgemein im Zusammenhang mit der Erfindung und konkret im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen nach Fig. 1 und Fig. 2 beschrieben und offenbart. Dies gilt für die Zugstufe und für die Druckstufe. Das Bauprinzip und die Funktionsweise eines Dämpferventils für eine Strömungskreuzung sind bspw. in der vorstehend genannten EP1538366B1, Fig. 1, gezeigt.
- 10

Aus dem zweiten Arbeitsraum 19 strömt der Kolbenstangen-Volumenstrom $Q_{\text{Kolbenstange}}$ abzüglich des Bypassvolumenstroms Q_{Bypass} durch das Bodenventil 12 und den unteren Teil des Ringspaltes 13 durch die zweite Anschlussöffnung 27 in den Ringspalt 39 des Dämpferventils 23.

- 15 Bei maximal harter Dämpferwirkung ist das Dämpferventil 23 geschlossen. In der Zugstufe durchsetzt der gesamte Ringraumvolumenstrom Q_{Ring} das Kolbenventil 17. In der Druckstufe wird das Kolbenstangenvolumen $Q_{\text{Kolbenstange}}$ durch das Bodenventil 12 befördert.

- Bei maximal weicher Dämpferwirkung ist das Dämpferventil 23 so geöffnet, dass der Bypassvolumenstroms Q_{Bypass} dem Ringraumvolumenstrom Q_{Ring} entspricht. Damit wird der maximale Dämpfmedium-Volumenstrom über das Dämpferventil 23 und das Bodenventil 17 geleitet. Bei maximal weicher Kennung in der Druckstufe wird das gesamte Kolbenstangenvolumen $Q_{\text{Kolbenstange}}$ durch das Dämpferventil 23 in den Ausgleichsraum 21 gefördert.
- 20

- 25 Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 unterscheidet sich vom Ausführungsbeispiel gemäß Fig.1 durch die Einbaulage des Ausgleichsmoduls 20. Das hydraulische Schaltungsprinzip ist dasselbe. Deshalb wird auf die Ausführungen im Zusammenhang mit den Figuren 10, 11 Bezug genommen, die auch im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 unter Berücksichtigung der geänderten Einbausituation des Ausgleichsmoduls 20 offenbart werden.
- 30

Die Bezugszeichen der übereinstimmenden Bauteile der beiden Ausführungsbeispiele sind dieselben. Nachstehend werden die Unterschiede zwischen den beiden Ausführungsbeispielen näher beschrieben.

Wie in Fig. 2 gezeigt, ist das Ausgleichsmodul 20 teilweise im Außenrohr 11 und teilweise im Innenrohr 10 angeordnet. Theoretisch ist es auch denkbar, das Ausgleichsmodul 20 komplett oder zumindest überwiegend im Außenrohr 11 anzuordnen.

Das Ausgleichsmodul 20 ist am axialen Ende des Innenrohrs 10 angeordnet und verbindet das Innenrohr 10 und das Außenrohr 11 mechanisch. Das Dämpferventil 23, insbesondere der Ventilkörper 37, ist einerseits mit dem Außenrohr 11 und andererseits mit dem Innenrohr 10 verbunden. Konkret sitzt ein erster Abschnitt des Ventilkörpers 37, der die Ventilkomponenten, wie den Ventilmechanismus 40, enthält, fluiddicht im Außenrohr 11. Ein zweiter Abschnitt des Ventilkörpers 37 bildet einen Flansch 43, der mit dem Innenrohr 10 fluiddicht verbunden ist.

Das Dämpferventil 23 hält das Innenrohr 10 coaxial im Außenrohr 11.

Der Magnetkörper 32 ist ebenfalls fest mit dem Außenrohr 11 verbunden.

Das Bodenventil 12 ist zwischen dem Ausgleichsmodul 20 und dem Kolben 16 angeordnet und verbindet fluiddmäßig den zweiten Arbeitsraum 19 des Innenrohres 10 mit dem Aufnahmeabschnitt 44 des Innenrohres 10, der das Ausgleichsmodul 20 enthält.

Wie in Fig. 2 weiter zu erkennen, sind der Gasraum 22 und der Ausgleichsraum 21 des Ausgleichsmoduls 20 vollständig im Innenrohr 10 aufgenommen. Dazu ist die Form des Gasraums 22 und des Ausgleichsraums 21 bzw. des Gehäuses 25 so angepasst, dass diese coaxial unter Bildung eines (dritten) Ringspaltes 41 im Innenrohr 10 angeordnet sind. Die Breite des dritten Ringspaltes 41 ist kleiner als die Breite des ersten Ringspaltes 13.

Zusätzlich zur mechanischen Verbindung stellt das Ausgleichsmodul 20, konkret das Dämpferventil 23 eine Fluidverbindung zwischen dem Innenrohr 10 und dem Außenrohr 11 her.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 bildet dazu die Bypasseinrichtung 24 in der Zugstufe eine erste Fluidverbindung zwischen dem Arbeitsraum 18, dem (ersten) Ringspalt 13, zwischen dem Innenrohr 10 und dem Außenrohr 11 sowie dem Dämpferventil 23 (Zuströmseite). Die erste Fluidverbindung umfasst ferner
5 das Dämpferventil 23, den Ausgleichsraum 21, das Innenrohr 10, konkret den (dritten) Ringspalt 41 zwischen dem Innenrohr 10 und dem Ausgleichsmodul 20, das Bodenventil 12 und den zweiten Arbeitsraum 19 (Abströmseite).

In der Druckstufe bildet die Bypasseinrichtung 24 eine zweite Fluidverbindung zwischen dem ersten Arbeitsraum 18, dem (ersten) Ringspalt 13 und dem Dämpferventil 23 einerseits (Zuströmseite) sowie zwischen dem Dämpferventil 23 und dem Ausgleichsraum 21 andererseits (Abströmseite).
10

Konkret umfasst die Bypasseinrichtung 24 den (ersten) Ringspalt 13 sowie die Einlassöffnung 38 des Dämpferventils 23, die im Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 direkt in den Ringspalt 13 mündet. Außerdem umfasst die Bypasseinrichtung 24
15 wenigstens eine (zweite) Durchtrittsöffnung 45, insbesondere mehrere (zweite) Durchtrittsöffnungen 45, die im Ausgleichsraum 21, konkret im Gehäuse 25 des Ausgleichsmoduls 20 ausgebildet sind. Die (zweite) Durchtrittsöffnung 45 mündet in das Innenrohr 10 und stellt eine Fluidverbindung zwischen dem Ausgleichsraum 21 und dem unteren Abschnitt des Innenrohrs 10 her, in dem das Ausgleichsmodul 20 angeordnet ist. Die Durchtrittsöffnung 45 mündet in den (dritten) Ringspalt 41. Das Dämpferventil 23 ist im Fluidweg zwischen dem (ersten) Ringspalt 13 und der wenigstens einen Durchtrittsöffnung 45 angeordnet.
20

Im Ausgleichsraum 21 ist wenigstens ein axialer Anschlag 46 für den im Gehäuse 25 angeordneten axial beweglichen Trennkolben 42 ausgebildet. Der axiale Anschlag 46 ist oberhalb der (zweiten) Durchtrittsöffnungen 45 angeordnet. Da-
25 durch wird erreicht, dass die (zweite) Durchtrittsöffnungen 45 freigehalten und nicht vom Trennkolben 42 verdeckt wird, sodass auch bei unten angeordneten Trennkolben 42 der Ausgleichsraum 21 befüllbar ist. Die Bezeichnungen oben/unten sind mit Blick auf die Darstellung gemäß Fig. 2 zu verstehen. Bei einer anderen Einbaulage des Schwingungsdämpfers kehren sich die Bezeichnungen
30 oben/unten um.

Zum Aufbau des Dämpferventils 23 wird auf die Erläuterungen im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 verwiesen.

5 In der Zugstufe werden zum Ausgleich des von der Kolbenstange 15 verdrängten Volumens an Dämpfmedium der Ausgleichsraum 21, das Bodenventil 12 und der zweite Arbeitsraum 19 in Strömungsrichtung in dieser Reihenfolge fluidverbunden. Dabei addieren sich der Kolbenstangen-Volumenstrom $Q_{\text{Kolbenstange}}$ und der aus dem (ersten) Ringspalt 13 in den Ausgleichsraum 21 einströmende Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} . Zu den Strömungswegen wird auf die weiteren Ausführungen zur Fig. 10 verwiesen.

10 In der Druckstufe werden die vorstehend genannten Komponenten in umgekehrter Reihenfolge fluidverbunden. Dabei strömen der Bypassvolumenstrom Q_{Bypass} aus dem (ersten) Ringspalt 13 und der Kolbenstangen-Volumenstrom $Q_{\text{Kolbenstange}}$ abzüglich des Bypassvolumenstroms Q_{Bypass} aus dem (dritten) Ringspalt 41 durch die (ersten) Durchtrittsöffnungen 45 in den Ausgleichsraum 21, sodass der Ausgleichsraum 21 mit dem von der Kolbenstange 15 verdrängten Volumen an Dämpfmedium gefüllt wird. Zu den weiteren Einzelheiten wird auf die Ausführungen zur Fig. 11 verwiesen, die das auf das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 übertragbare hydraulische Schaltungsprinzip im Zusammenhang mit einem extern angeordneten Ausgleichsmodul 20 zeigt.

20 Im Vergleich der beiden Ausführungsbeispiele gemäß Fig. 1, Fig. 2 ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 das Dämpferventil 23 im Fluidweg zwischen dem Ausgleichsraum 21 und dem Bodenventil 12 angeordnet. Im Unterschied dazu ist bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 der Ausgleichsraum 21 direkt mit dem Innenrohr 10 fluidverbunden und zwar durch die (zweiten) Durchtrittsöffnungen 45.

Bei beiden Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 1, Fig. 2 ist kein Mittelrohr zwischen dem Innen- und Außenrohr 10, 11 erforderlich. Zwischen Außenrohr 11 und Innenrohr 10 herrscht jeweils Systemdruck. Da das Mittelrohr entfällt, ist ein vergleichsweise großer Kolbendurchmesser bei gleichen Außenrohr-Abmessungen möglich. Das extern angeordnete Ausgleichsmodul 20 ist variabel positionierbar in Bezug zum Außenrohr 10, da das Ausgleichsmodul 20 nicht auf die Position und Länge des Mittelrohrs und dessen Kamin angewiesen ist. Das intern angeordnete

Ausgleichsmodul 20 ist variabel positionierbar, da nicht die Position und Größe des Gasraums im Inneren des Dämpfers (innerhalb des Außenrohrs) berücksichtigt werden müssen. Das externe Ausgleichsmodul 20 kann lageunabhängig verbaut werden, z.B. über Kopf, unter beliebigem Winkel zur Rohrachse mit geänder-
5 tem Modulflansch und/oder Strömungskreuzung.

Ein Upside-Down Verbau ist bei beiden Ausführungsbeispielen möglich. Bei beiden Ausführungsbeispielen ist nur ein Magnet für die Zug- und Druckstufe erforderlich. Im Ausgleichsmodul 20 ist ein vergleichsweise großer Trennkolbendurchmesser möglich bei gleichen Außenrohr-Abmessungen, da das Ausgleichsmodul 20 im
10 Wesentlichen unabhängig von Dämpferrohr designt werden kann. Außerdem ist ein vergleichsweise großer Kolbenstangendurchmesser möglich durch den größeren Trennkolbendurchmesser, da ein größerer Trennkolben weniger Verschleiß zeigt.

Nachstehend werden anhand der Figuren 3 bis 9 verschiedene Ausführungsbeispiele des Ausgleichsmoduls 20 erläutert, die für die extern angeordnete Variante (Figuren 3 bis 6) und für die intern angeordnete Variante (Figuren 7 bis 9) geeignet sind. Der Grundaufbau des Ausgleichsmoduls 20 ist im Zusammenhang mit dem
15 Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 näher beschrieben, der auch für die Ausführungsbeispiele des Ausgleichsmoduls 20 gemäß Figuren 3 bis 9 gilt und im Zusammenhang mit diesen Figuren offenbart wird. Die Besonderheiten und Unterschiede der Ausführungsbeispiele des Ausgleichsmoduls 20 werden nachstehend erläutert.
20

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Ausgleichsmoduls 20 bei dem das Gehäuse 25 des Ausgleichsmoduls 20 durch eine Sicke 47 mit dem Dämpferventil 23, insbesondere mit dem Stutzen 29 verbunden ist. Ein zusätzliches Dichtelement, bspw.
25 ein O-Ring, ist zur Abdichtung des Stutzens 29 gegenüber dem Gehäuse 25 erforderlich. Dabei wird erst der Trennkolben 42 mit Gasfüllung eingeschoben und dann das Gehäuse 25 versickt. Verunreinigung durch einen Schweißprozess werden vermieden. Die Montagevorspannkraft wird gut weitergeleitet.

Fig. 4 zeigt das Ausführungsbeispiel des Ausgleichsmoduls 20 gemäß Fig. 1 ohne
30 das Außenrohr 11. Das Gehäuse 25 ist mit dem Dämpferventil 23 verschweißt. Dieses Ausführungsbeispiel ist für hohe Belastung geeignet und leitet die Montagevorspannkraft gut weiter. Außerdem ist eine einfache und schnelle Montage möglich.

Die Dichtigkeit erfolgt über die Schweißverbindung zwischen dem Stutzen 29 und dem Gehäuse 25. Dementsprechend ist eine geringe Anzahl an Dichtelementen erforderlich. Die Lauffläche des Trennkolben 42 wird nur gering beeinflusst.

5 Fig. 5 ist ein Ausführungsbeispiel, bei dem der Stutzen 29 in eine Hülse 48 über-
geht bzw. einteilig mit dieser ausgebildet ist, die an der Innenseite des Gehäuses
25 anliegt. Andere Verbindungen zwischen der Hülse 48 und dem Stutzen 29 sind
möglich. Die Form der Hülse 48 entspricht der Innenform des Gehäuses 25. Die
Hülse 48 ist im Bereich des Stutzens 29 gegen das Gehäuse 25 abgedichtet. Die-
ses Ausführungsbeispiel hat den Vorteil, dass bei der Montage keine Zusatzpro-
10 zesse wie Versicken oder Schweißen erforderlich sind. Das Spannen erfolgt über
die Hülse 48. Die Hülse kann aus Kunststoff, Metall, in Hybridbauweise oder als
CFK Bauteil ausgeführt sein. Die Reibpartner (Trennkolben 42 vs. Hülse 48) kön-
nen aufeinander optimiert werden z.B. durch eine PTFE Beschichtung der Laufflä-
che.

15 In Fig. 6 ist ein Ausführungsbeispiel des Ausgleichsmoduls 20 gezeigt, bei dem
der Trennkolben 42 durch eine Membran 33 ersetzt ist, die ortsfest im Gehäuse
25 angeordnet ist. Die Volumenänderung des Gasraums 22 erfolgt durch eine ent-
sprechende Ausdehnung der Membran 33 im Gasraum 22. Die Membran 33 ist in
einem Ring 49 befestigt, der eine Öffnung für die Membran 33 aufweist. Der Ring
20 49 ist im Gehäuse 25 befestigt, bspw. verschweißt. Andere Befestigungsmöglich-
keiten, wie beispielsweise eine Sickenverbindung in Kombination mit einem zu-
sätzlichen Dichtelement sind möglich. Der Ring 49 ist mit dem Stutzen 29 fluid-
dicht verbunden. Wie in Fig. 6 zu sehen, ist der Stutzen 29 als Zylinder mit kon-
stantem Durchmesser ausgeführt. Der Durchmesser ist so angepasst, dass die
25 Eintrittsöffnung 38 des Dämpferventils 23 außerhalb des Stutzens 29 und die
(erste) Durchtrittsöffnung 30 innerhalb des Stutzens 29 angeordnet sind. Dieses
Ausführungsbeispiel hat den Vorteil, dass im System keine Trennkolbenreibung
auftritt. Der Durchmesser der Membran 33 kann kleiner ausgelegt werden als ein
vergleichbarer Trennkolben, da die Membran 33 einen größeren Hub ermöglicht.

30 Fig. 7 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Ausgleichsmoduls 20, das im Schwin-
gungsdämpfer gemäß Fig. 2 innenliegend verbaut ist. Zum Aufbau und der Funk-
tionsweise des Ausgleichsmoduls 20 wird auf die Ausführungen zu Fig. 2 verwie-
sen.

- Zusammengefasst weist das Ausgleichsmodul 20 einen innenangeordneten Trennkolben 42 auf, der mit Bezug auf das Innenrohr 10 in einem zusätzlichen Rohr, nämlich dem Gehäuse 25 geführt ist. Dabei können die Lauffläche und die Reibpartner tribologisch optimiert sein, um die Trennkolbenreibung zu reduzieren. Ein
- 5 Upside-Down-Verbau ist möglich. Zur Fixierung des Ausgleichsmoduls 20 im Schwingungsdämpfer kann dieses wahlweise mit dem Bodenventil 12 oder, wie in Fig. 7 dargestellt, mit dem Dämpferventil 23 verbunden sein. Dabei sind form- oder materialschlüssige Verbindungen, wie Schweißen, Löten, Kleben oder Versicken möglich.
- 10 Fig. 8 zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel des Ausgleichsmoduls 20, bei dem der Gasraum 22 zwischen dem Bodenventil 12 und dem Dämpferventil 23 angeordnet, insbesondere klemmend fixiert ist. Dazu ist ein Gasbag 34 vorgesehen, der in einem Rahmen 35 angeordnet ist. Der Rahmen 35 ist zwischen Boden-
- 15 ventil 12 und Dämpferventil 23 eingeklemmt und wird so fixiert. Der Ausgleichsraum 21 befindet sich zwischen dem Gasbag 34 und dem Dämpferventil 23. Dieses Ausführungsbeispiel hat den Vorteil, dass es zu keiner Trennkolbenreibung kommt. Außerdem ist eine größere Volumen-Kompensation möglich als beim Trennkolben, sodass größere Kolbenstangendurchmesser realisiert werden können.
- 20 Fig. 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem die Trennung des Gasraums 22 vom Ausgleichsraum 21 durch eine Membran 33 erfolgt. Dieses Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von den vorstehend erläuterten Ausführungsbeispielen für das innen angeordnete Ausgleichsmodul 20 darin, dass die Anordnung des Gasraums 22 und des Ausgleichsraum 21 vertauscht ist. Konkret ist der Ausgleichsraum 21
- 25 zwischen dem Bodenventil 12 und dem Gasraum 22 angeordnet.
- Außerdem ist das Gehäuse 25 nicht, wie bei den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 7, 8 mit dem Dämpferventil 23, sondern mit dem Bodenventil 12 verbunden. Der (dritte) Ringspalt 41 zwischen dem Gehäuse 25 und dem Innenrohr 10 erstreckt sich bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 demnach ausgehend
- 30 vom Bodenventil 12 bis zum Dämpferventil 23 und mündet dort in einen Spalt zwischen dem Dämpferventil 23 und der Stirnseite des Gehäuses 25. Bei den Ausführungsbeispielen gemäß Figuren 7, 8 ist dies umgekehrt. Dort befindet sich der Spalt zwischen der Stirnfläche des Gehäuses 25 und dem Bodenventil 12.

Die wenigstens eine, insbesondere mehrere Durchtrittsöffnungen 45 für die Fluid-
verbindung zwischen dem Ausgleichsraum 21 und dem Innenrohr 10 sind im Ge-
häuse 25 nahe am Bodenventil 12 vorgesehen.

Die Funktionsweise des Ausgleichsmoduls 20 entspricht dem vorstehend erläuterten
5 hydraulischen Schaltungsprinzip. Dieses wird im Zusammenhang mit Fig. 9
beschrieben und offenbart.

Zusammengefasst weist das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 eine innenliegende
Membran 33 auf, die in einem zusätzlichen Rohr (bezogen auf das Innenrohr 10),
nämlich im Gehäuse 25 aufgenommen ist. Auch hier wird eine Trennkolbenrei-
10 bung vermieden. Außerdem ist eine größere Volumen-Kompensation als beim
Trennkolben möglich, sodass größere Kolbenstangendurchmesser realisiert wer-
den können. Der Upside-Down-Verbau ist möglich. Eine Membranhalterung 36 ist
fest, insbesondere stoffschlüssig mit dem Gehäuse 25 verbunden.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 9 zeigt, dass das Ausgleichsmodul 20 wahl-
15 weise mit dem Dämpferventil 23 oder mit dem Bodenventil 12 verbunden sein
kann. Auch hier sind verschiedene Verbindungsarten, wie Schweißen, Löten, Kle-
ben oder Versicken oder andere Verbindungsarten möglich.

Bezugszeichenliste

	10	Innenrohr
20	11	Außenrohr
	12	Bodenventil
	13	(erster) Ringspalt
	14	Kolbeneinheit
	15	Kolbenstange
25	16	Kolben
	17	Kolbenventil
	18	(erster) Arbeitsraum
	19	(zweiter) Arbeitsraum
	20	Ausgleichsmodul
30	21	Ausgleichsraum
	22	Gasraum

	23	Dämpferventil
	24	Bypasseinrichtung
	25	Gehäuse des Ausgleichsmoduls
	26	(erste) Anschlussöffnung
5	27	(zweite) Anschlussöffnung
	28	Trennmittel
	29	Stutzen
	30	(erste) Durchtrittsöffnung
	31	offener Durchgang
10	32	Magnetkörper
	33	Membran
	34	Gasbag
	35	Rahmen
	36	Membranhalterung
15	37	Ventilkörper
	38	Einlassöffnung des Dämpferventils
	39	(zweiter) Ringspalt
	40	Ventilmechanismus
	41	(dritter) Ringspalt
20	42	Trennkolben
	43	Flansch des Ventilkörpers
	44	Aufnahmeabschnitt des Innenrohres
	45	(zweite) Durchtrittsöffnung
	46	Anschlag
25	47	Sicke
	48	Hülse

Schwingungsdämpfer

Ansprüche

1. Schwingungsdämpfer mit

- einem Innenrohr (10), das mit einem Dämpfmedium befüllt oder befüllbar ist,
- 5 – einem koaxialen Außenrohr (11), das mit dem Innenrohr (10) durch wenigstens ein Bodenventil (12) fluidverbunden ist und einen Ringspalt (13) mit dem Innenrohr (10) bildet,
- einer Kolbeneinheit (14) umfassend eine Kolbenstange (15) und einen Kolben (16) mit einem Kolbenventil (17), der einen ersten,
- 10 kolbenstangenseitigen Arbeitsraum (18) und einen zweiten, kolbenstangenfernen Arbeitsraum (19) im Innenrohr (10) bildet,
- einem Ausgleichsmodul (20) umfassend einen Ausgleichsraum (21) für das von der Kolbenstange (15) verdrängte Volumen an Dämpfmedium, einen Gasraum (22), der mit dem Ausgleichsraum
- 15 (21) verbunden ist, und ein verstellbares Dämpferventil (23) zur Anpassung der Dämpfungswirkung, und
- eine Bypasseinrichtung (24) zur Fluidverbindung der beiden Arbeitsräume (18, 19) über das Dämpferventil (23),

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

20 der erste Arbeitsraum (18) in der Zugstufe durch das Dämpferventil (23) mit dem zweiten Arbeitsraum (19) und in der Druckstufe durch das Dämpferventil (23) mit dem Ausgleichsraum (21) fluidverbindbar ist.

2. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 1

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass

das Dämpferventil (23) das einzige verstellbare Dämpferventil im Ausgleichsmodul (20) ist.

3. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 1 oder 2
dadurch gekennzeichnet, dass
das Ausgleichsmodul (20) an der Außenseite des Außenrohres (11)
angeordnet, insbesondere parallel zum Außenrohr (11) angeordnet ist.
- 5
4. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 3
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) in der Zugstufe eine erste Fluidverbindung
zwischen dem ersten Arbeitsraum (18), dem Ringspalt (13) und dem
Dämpferventil (23) sowie zwischen dem Dämpferventil (23), dem
Ringspalt (13), dem Bodenventil (12) und dem zweiten Arbeitsraum (19)
bildet.
- 10
5. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 3 oder 4
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) in der Druckstufe eine zweite Fluidverbindung
zwischen dem ersten Arbeitsraum (18), dem Ringspalt (13) und dem
Dämpferventil (23) sowie zwischen dem Dämpferventil (23) und dem
Ausgleichsraum (21) bildet.
- 15
6. Schwingungsdämpfer nach einem der Ansprüche 3 bis 5
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) eine erste Anschlussöffnung (26) und eine
zweite Anschlussöffnung (27) aufweist, die im Außenrohr (11) ausgebildet
sind, wobei die erste Anschlussöffnung (26) mit dem ersten Arbeitsraum
(18) und die zweite Anschlussöffnung (27) mit dem zweiten Arbeitsraum
(19), insbesondere durch das Bodenventil (12), fluidverbunden sind,
wobei das Dämpferventil (23) im Fluidweg zwischen den beiden
Anschlussöffnungen (26, 27) angeordnet und der Einlass des
Dämpferventils (23) mit der ersten Anschlussöffnung (26) fluidverbunden
ist.
- 20
7. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 6
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) ein Trennmittel (28) aufweist, das im
- 25
- 30
- 35

Ringspalt (13) zwischen den beiden Anschlussöffnungen (26, 27) angeordnet ist.

- 5 8. Schwingungsdämpfer nach einem der Ansprüche 3 bis 7
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) einen Stutzen (29) im Ausgleichsmodul (20)
aufweist, der das Dämpferventil (23) und den Ausgleichsraum (21) zur
Trennung der Einlassströmung in das Dämpferventil (23) und der
Ausgleichsströmung in den bzw. aus dem Ausgleichsraum (21)
10 fluidverbindet.
- 15 9. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 1 oder 2
dadurch gekennzeichnet, dass
das Ausgleichsmodul (20) wenigstens im Außenrohr (11), insbesondere im
Außenrohr (11) und im Innenrohr (10) angeordnet ist.
- 20 10. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 9
dadurch gekennzeichnet, dass
das Dämpferventil (23) wenigstens mit dem Außenrohr (11),
insbesondere mit dem Außenrohr (11) und dem Innenrohr (10) verbunden
ist, wobei der Gasraum (22) und/oder der Ausgleichsraum (21) zumindest
abschnittsweise, insbesondere vollständig im Innenrohr (10) angeordnet
sind.
- 25 11. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 9 oder 10
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) in der Zugstufe eine erste Fluidverbindung
zwischen dem ersten Arbeitsraum (18), dem Ringspalt (13) und dem
Dämpferventil (23) sowie zwischen dem Dämpferventil (23), dem
30 Ausgleichsraum (21), dem Innenrohr (10), dem Bodenventil (12) und dem
zweiten Arbeitsraum (19) bildet.
- 35 12. Schwingungsdämpfer nach einem der Ansprüche 9 bis 11
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) in der Druckstufe eine zweite Fluidverbindung

zwischen dem ersten Arbeitsraum (18), dem Ringspalt (13) und dem Dämpferventil (23) sowie zwischen dem Dämpferventil (23) und dem Ausgleichsraum (21) bildet.

- 5 13. Schwingungsdämpfer nach einem der Ansprüche 9 bis 12
dadurch gekennzeichnet, dass
die Bypasseinrichtung (24) den Ringspalt (13), in den eine Einlassöffnung
(38) des Dämpferventils (23) mündet, und wenigstens eine
Durchtrittsöffnung (45) umfasst, die im Ausgleichsraum (21) ausgebildet
10 ist und in das Innenrohr (10) mündet, wobei das Dämpferventil (23) im
Fluidweg zwischen dem Ringspalt (13) und der Durchtrittsöffnung (45)
angeordnet ist.
14. Schwingungsdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 13
15 dadurch gekennzeichnet, dass
in der Zugstufe zum Ausgleich des von der Kolbenstange (15)
verdrängten Volumens an Dämpfmedium wenigstens der Ausgleichsraum
(21), das Bodenventil (12) und der zweite Arbeitsraum (19) in
Strömungsrichtung in dieser Reihenfolge und in der Druckstufe in
20 umgekehrter Reihenfolge fluidverbindbar sind.
15. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 14
dadurch gekennzeichnet, dass
bei außenangeordnetem Ausgleichsmodul (20) das Dämpferventil (23) im
25 Fluidweg zwischen dem Ausgleichsraum (21) und dem Bodenventil (12)
angeordnet und durchströmbar ist.
16. Schwingungsdämpfer nach Anspruch 14
dadurch gekennzeichnet, dass
30 bei innenangeordnetem Ausgleichsmodul (20) der Ausgleichsraum (21)
direkt mit dem Innenrohr (10) fluidverbunden ist.
17. Schwingungsdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 16
dadurch gekennzeichnet, dass

das Dämpferventil (23) zur Anpassung der Dämpfwirkung im Fluidweg der Bypasseinrichtung (24) verstellbar ist.

- 5 18. Schwingungsdämpfer nach einem der Ansprüche 1 bis 17
dadurch gekennzeichnet, dass
das Dämpferventil (23) für das von der Kolbenstange (15) verdrängte
Volumen an Dämpfmedium einen offenen Durchgang (31) aufweist, der
mit dem Ausgleichsraum (21) fluidverbunden ist.

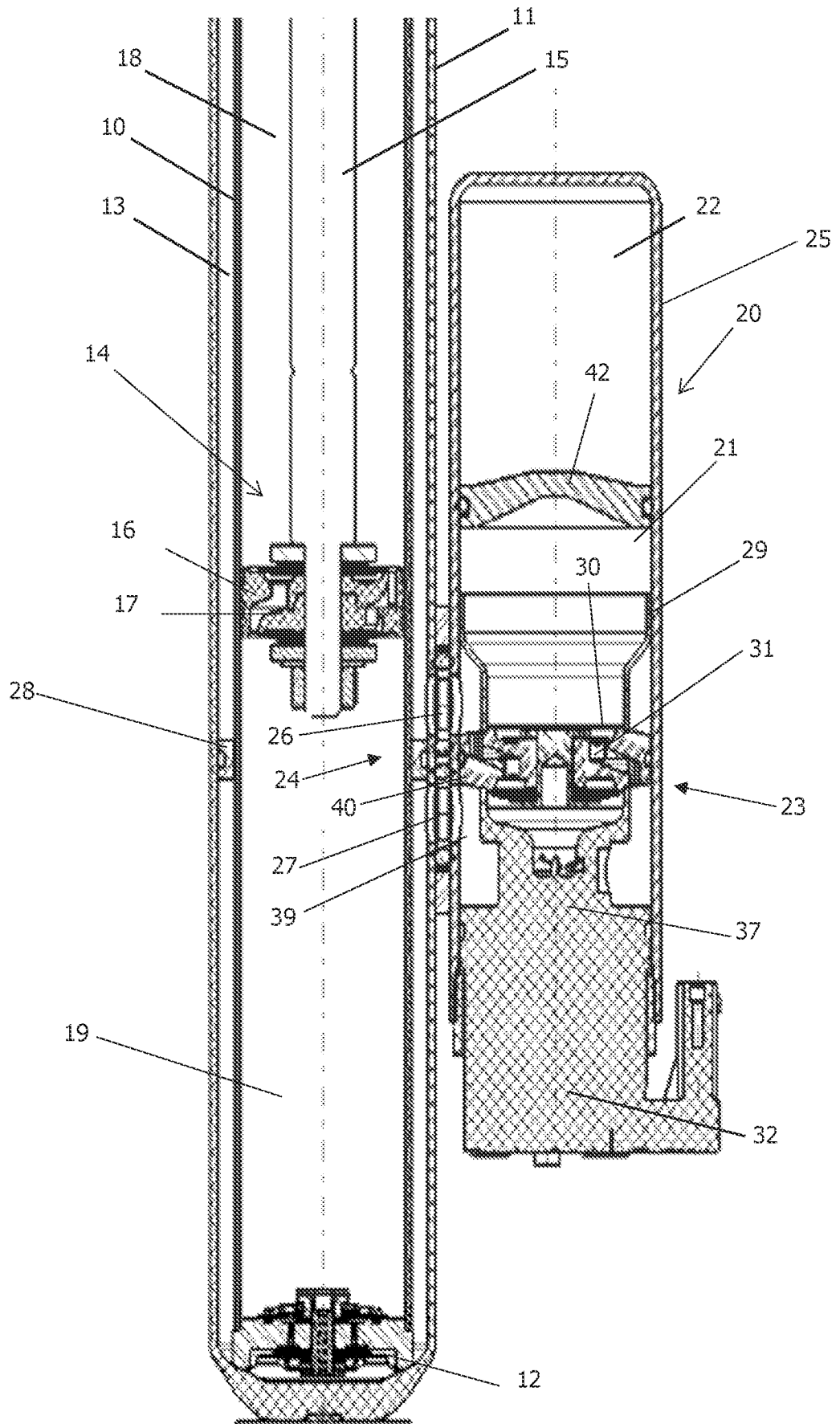


Fig. 1

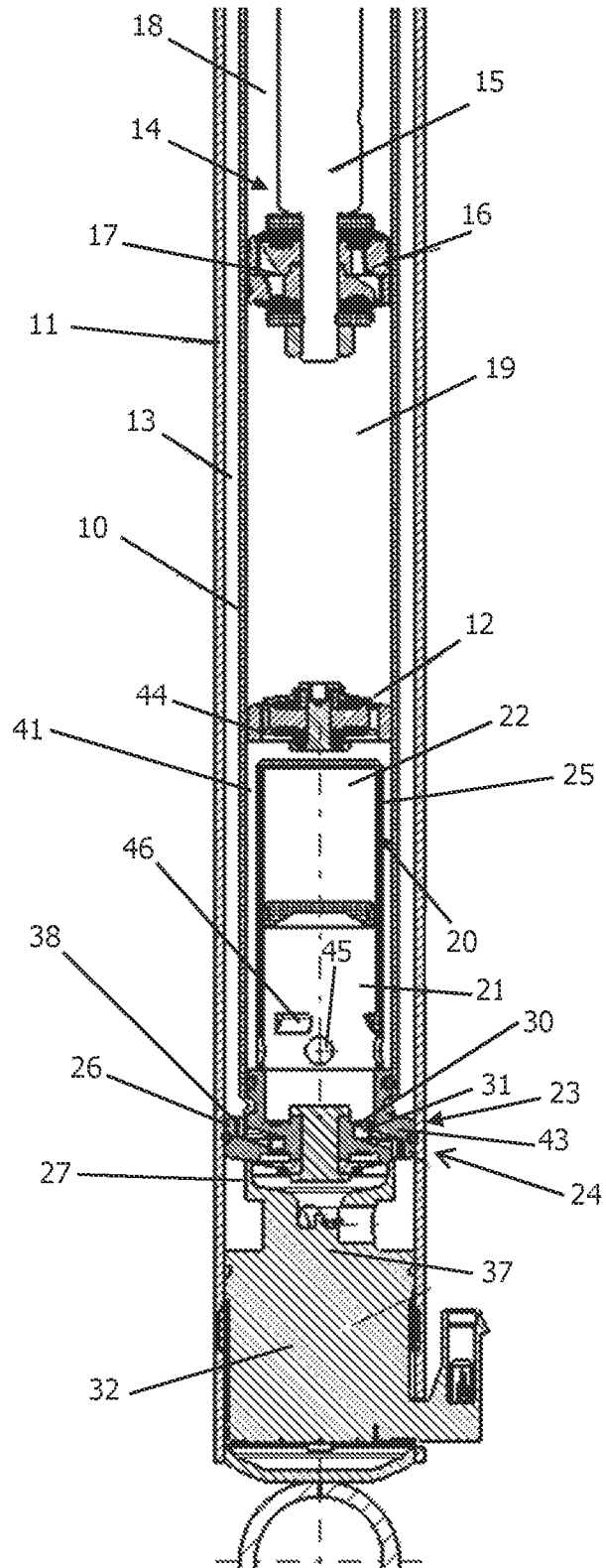


Fig. 2

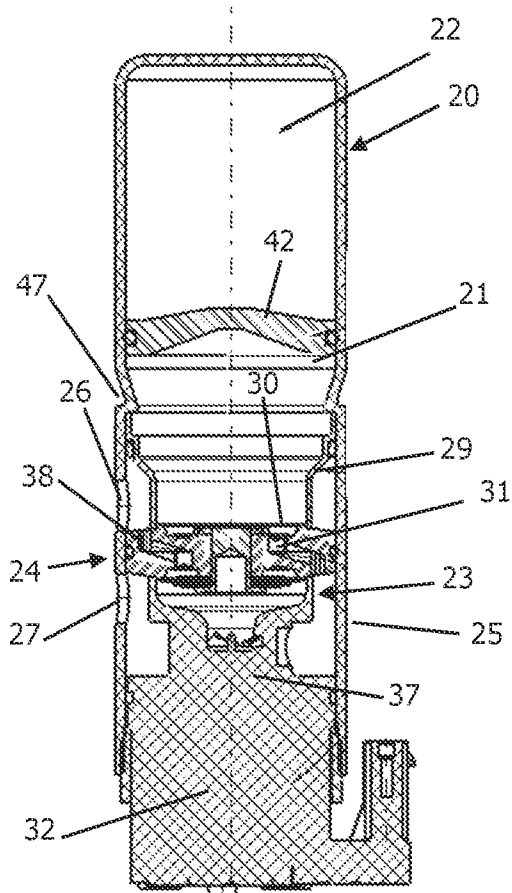


Fig. 3

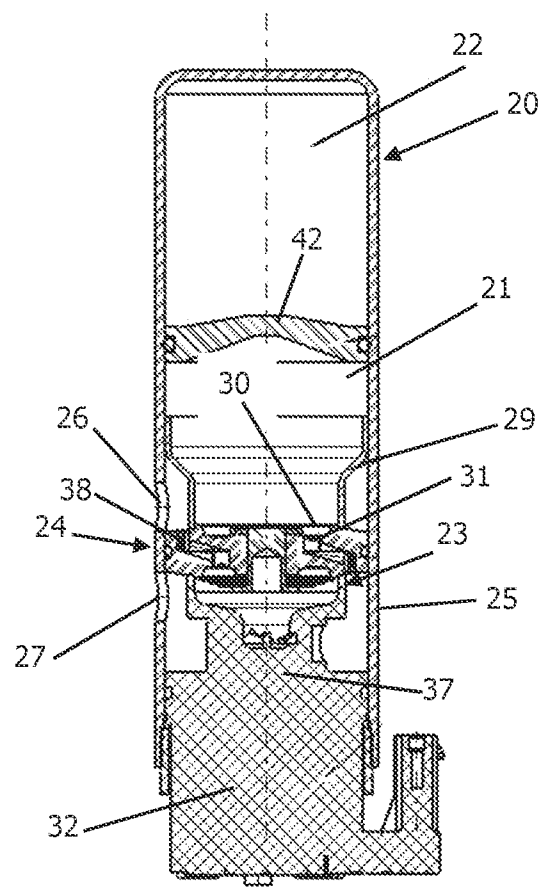


Fig. 4

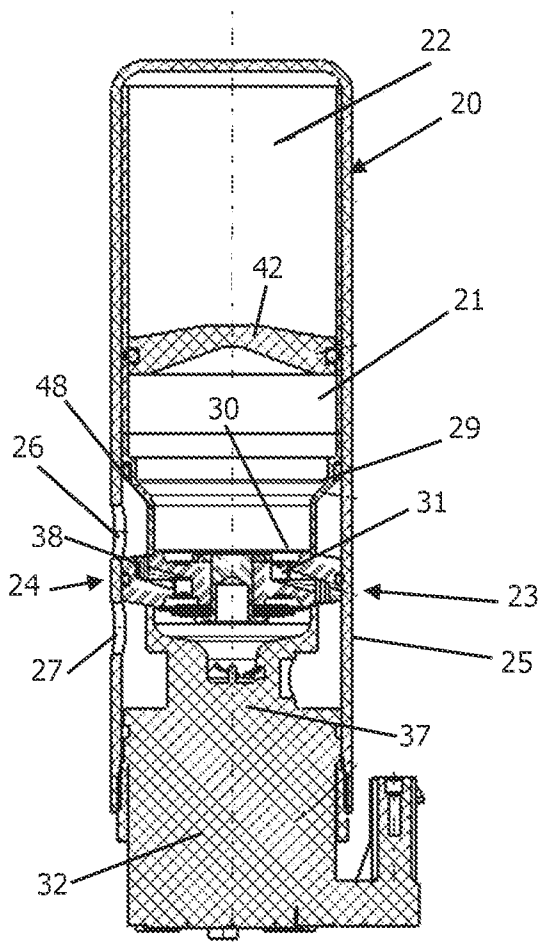


Fig. 5

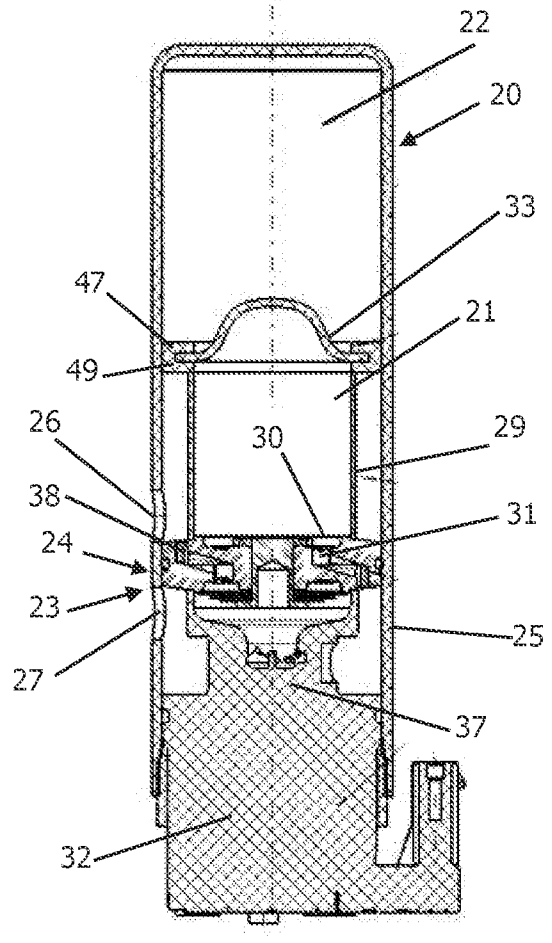


Fig. 6

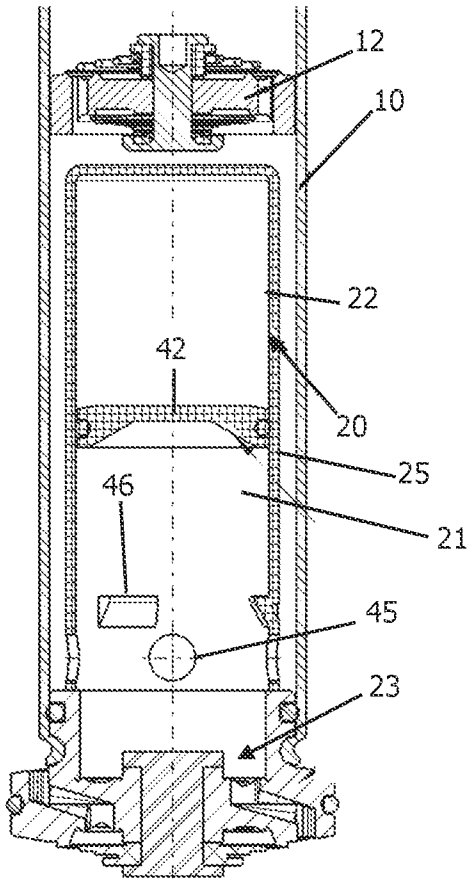


Fig. 7

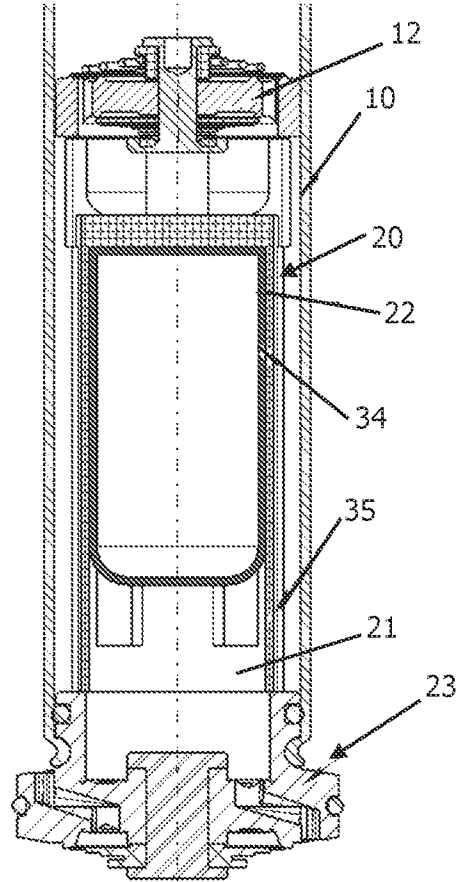


Fig. 8

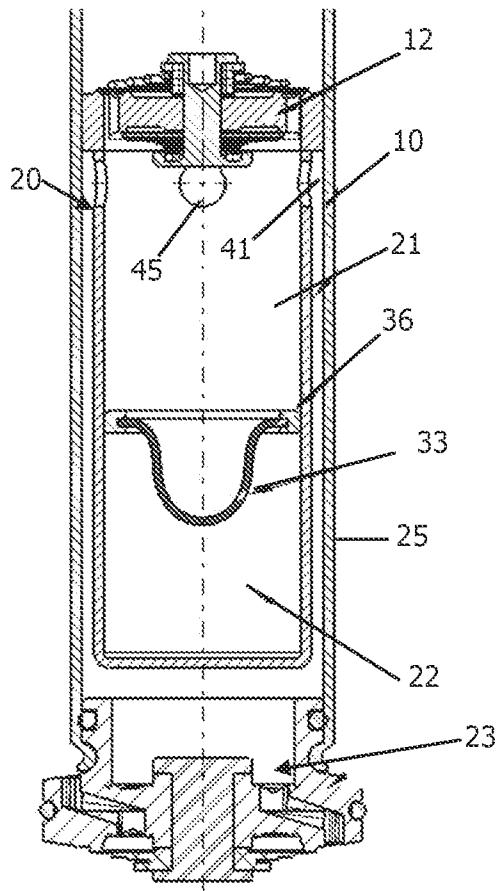


Fig. 9

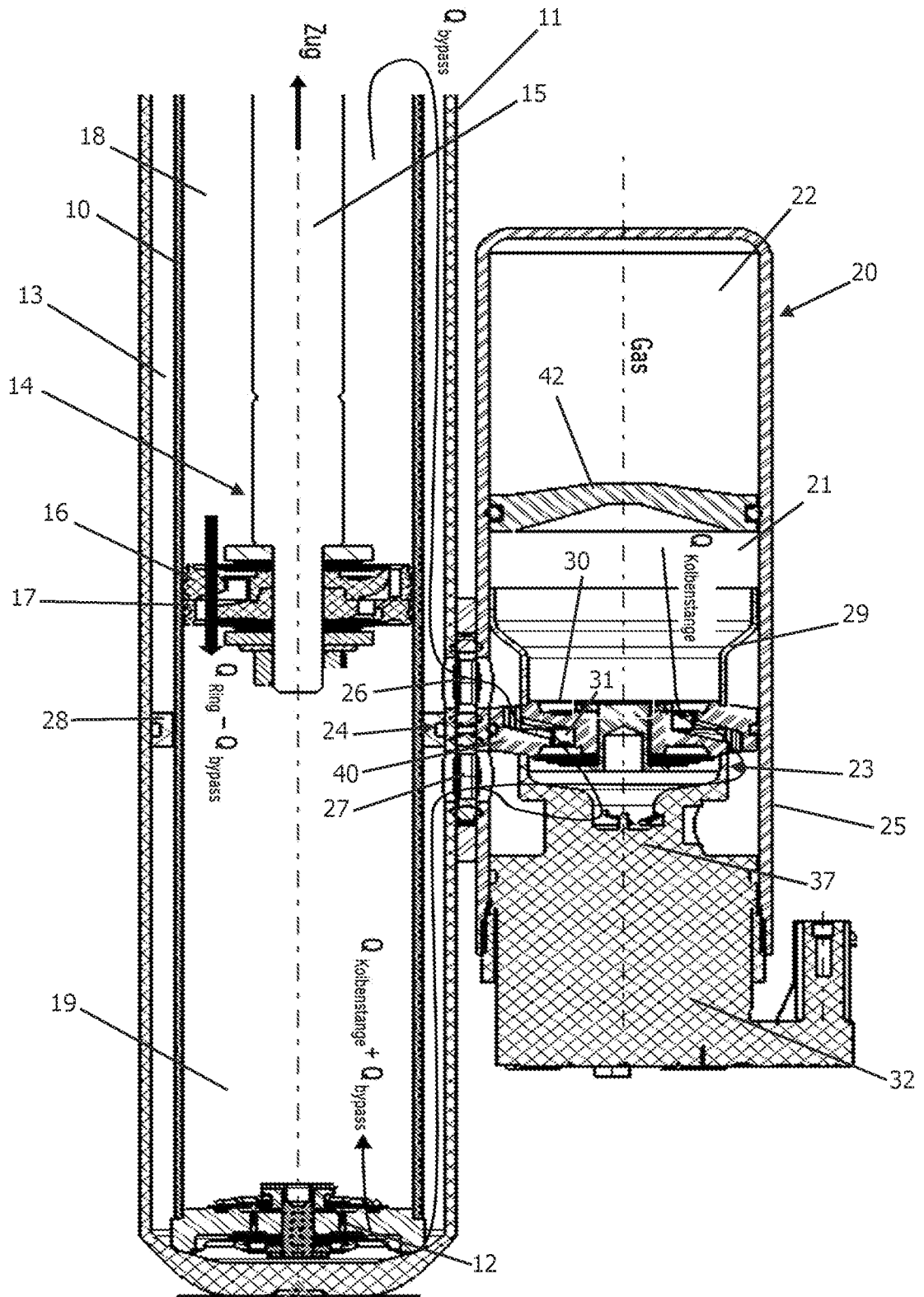


Fig. 10

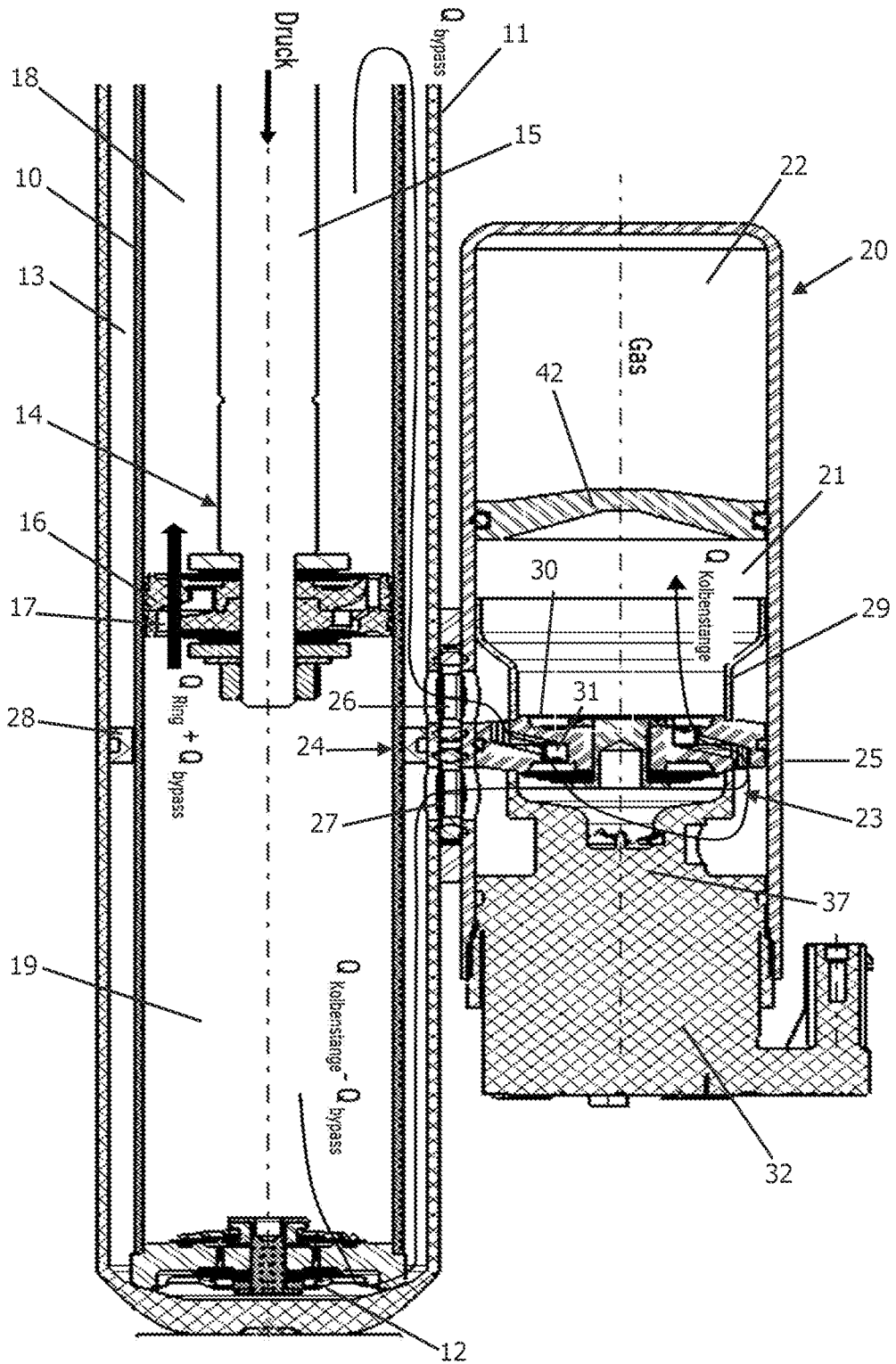


Fig. 11