



(10) **DE 10 2016 107 765 A1** 2017.11.02

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 107 765.8**

(22) Anmeldetag: **27.04.2016**

(43) Offenlegungstag: **02.11.2017**

(51) Int Cl.: **F16F 15/02 (2006.01)**

**F16F 15/16 (2006.01)**

**F16F 9/14 (2006.01)**

**F16F 13/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Karlsruher Institut für Technologie, 76131  
Karlsruhe, DE**

(72) Erfinder:  
**Fidlin, Alexander, Prof. Dr.-Ing. habil., 76149  
Karlsruhe, DE; Jehle, Georg, 76137 Karlsruhe, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	27 54 802	A1
DE	29 32 888	A1
DE	10 2004 019 701	A1
DE	10 2011 080 318	A1
DE	20 2006 003 763	U1

DE	696 27 546	T2
DD	2 82 736	A5
WO	2005/ 073 051	A1
WO	2005/ 123 482	A2

**JEHLE, Georg ; FIDLIN, Alexander: Numerical and experimental investigation of the effect of a fluid pipe on systems subjected to forced vibrations. In: Proceedings of ICoEV 2015, International Conference on Engineering Vibration ; Ljubljana, 7- 10. September 2015. Ljubljana, 2015. S. 1079-1087. - ISBN 978961653697**

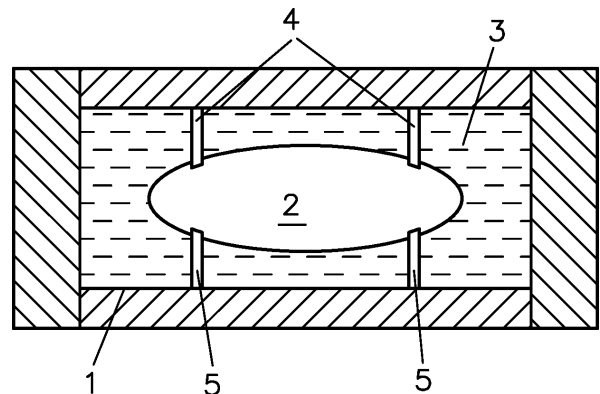
**SAUER, Bernd: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1. 9., überarb. Aufl. 2016 . - Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2016, S. 192-199 , ISBN: 9783642395017**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Schwingungsdämpfer**

(57) Zusammenfassung: Schwingungsdämpfer, abstimbar auf ein breites Frequenzspektrum. Die zu lösende Aufgabe liegt darin, einen Dämpfer vorzuschlagen, der die Schwingung einer Komponente mildert, ohne zusätzlichen Anschluss an weitere Komponenten, aufgrund von Strömungsverlusten, die in einer Flüssigkeit umgesetzt werden. Die Aufgabe wird durch einen Schwingungsdämpfer, umfassend einen Hohlraum (1), einen Massenkörper (2), der über elastische Führungselemente (5) in dem Hohlraum aufgehängt ist, und eine hydraulischen Flüssigkeit (3) innerhalb des Hohlraums, gelöst.



**Beschreibung**

## SCHWINGUNSDÄMPFER

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente gemäß dem ersten Patentanspruch.

## Stand der Technik

**[0002]** Der Anwendungsbereich, auf dem die Erfindung eingesetzt werden soll, ist die Schwingungsdämpfung in technischen Systemen.

**[0003]** Bestimmte technische Systeme sind Schwingungsanregungen unterworfen. Dies führt zu einem zu technischem Verschleiß und einer Reduzierung der Dauerfestigkeit von einzelnen Systemkomponenten oder des gesamten Aufbaus. Dadurch wird die Lebensdauer des Systems begrenzt. Zum anderen können diese Schwingungsanregungen Körperschall und Vibrationen erzeugen. Diese werden ab einer bestimmten Schwelle vom Nutzer des technischen Systems als störend empfunden. Nehmen die Schwingungsanregungen weiter zu, werden Körperschall und Vibrationen als gesundheitsgefährdend eingestuft. Deshalb ist es notwendig, bestimmte technische Systeme, die zu Schwingungen angeregt werden, zu dämpfen.

**[0004]** Ein weit verbreiteter Schwingungsdämpfer für ein technologisch und kommerziell wichtiges und daher weit verbreitetes Verfahren aus dem vorgenannten Anwendungsbereich ist der Schwingungsdämpfer wie in [1] beschrieben. Eine typische Ausführung umfasst einen Hohlzylinder, einen Kolben und eine Verbindungsstange, die mit dem Kolben verbunden ist und über Zuführungen in den Hohlzylinder hineinragt. Diese Zuführungen sind mit Dichtungen versehen. Stange und Kolben bewegen sich relativ zum Hohlzylinder. Der Hohlzylinder ist mit einer hydraulischen Flüssigkeit gefüllt. Im Kolben befinden sich Durchströmungskanäle, die diesen überbrücken, und die ggf. mit Ventilen ausgestattet eine Fließrichtung vorgeben. Wenn eine Relativbewegung zwischen der Befestigung des Hohlzylinders und der aus dem Hohlzylinder herausragenden Stange stattfindet, fließt die Flüssigkeit durch die Durchströmungskanäle im Kolben. Es entstehen Verwirbelungen in der Flüssigkeit, durch die die Relativbewegung zwischen Kolben und Zylinder gedämpft wird. Ein Schwingungsdämpfer erzeugt eine geschwindigkeitsproportionale Kraft zwischen zwei sich relativ zueinander bewegenden Punkten. Oft ist es konstruktiv jedoch nicht möglich, einen Schwingungsdämpfer zwischen geeigneten Punkten im System anzubringen.

**[0005]** Ein weiteres Konzept zur Schwingungsdämpfung wird durch einen Massendämpfer in [2] offen-

bart. Der Massendämpfer besteht aus einem Hohlzylinder, in dem sich sowohl ein komprimierbares oder pneumatisches Fluid als auch ein Körper befindet, der elastisch aufgehängt ist. Die Steifigkeit der elastischen Befestigungsmittel und die Masse des Körpers werden so gewählt, dass deren Eigenfrequenz der zu tilgenden Schwingungsfrequenz entspricht. Bei dieser Frequenz wird die Anregungsenergie der Schwingung vollständig umgesetzt, sodass sich der Hohlzylinder näherungsweise in Ruhe befindet. Der Körper enthält zusätzlich Durchströmungskanäle, durch die das Fluid ausweicht, wenn der Körper im Hohlzylinder Fluidanteile verdrängt. Dadurch wird eine zusätzliche Dämpfung weiterer Schwingungsfrequenzen hervorgerufen.

**[0006]** Weiterhin ist mit [3] ein schwingungsgedämpftes Fahrzeuglenkrad offenbart. Innerhalb des Lenkrads sind flüssigkeitsgefüllte Kammern angeordnet. Darin ist ein beweglicher Körper enthalten. Er ist entweder frei gelagert oder wird durch Federn entlang seiner Längsachse geführt. Drehschwingungen des Lenkrads, die auf den Körper übertragen werden, werden durch die Tilgungswirkung der Federn und der Flüssigkeit gedämpft.

**[0007]** Ein weiteres Konzept zur Schwingungsdämpfung wird durch einen Viskositätsreibungsdämpfer [4] bereitgestellt. Hier ist ein Rotationsschwungrad in einem ringförmigen, abgeschlossenen Behälter angeordnet, der mit einer viskosen Flüssigkeit gefüllt ist. Im Betrieb nimmt das Rotationsschwungrad eine zum Behälter symmetrische Position ein. Schwingungsanregungen in Richtung der Rotationsbewegung werden durch Reibung in der viskosen Flüssigkeit gedämpft. Schwingungen in andere Richtungen lenken das Schwungrad aus seiner Umlaufbahn ab. Dadurch wird Flüssigkeit verdrängt, die dann das Schwungrad entgegen seiner Auslenkrichtung umfließt und seine Schwingung dämpft.

**[0008]** Die vorgenannten Schwingungsdämpfer sind meist speziell auf das jeweils zu dämpfende System ausgelegt, wie z.B. das schwingungsgedämpfte Lenkrad oder der Viskositätsreibungsdämpfer.

**[0009]** Darüber hinaus arbeiten die bisher offengelegten Schwingungsdämpfer je nach verwendeten Massen und Federmitteln in begrenzten Frequenzbereichen. Reale Schwingungsanregungen bestehen jedoch oft aus einer Überlagerung mehrerer Frequenzen.

## Technische Aufgabe

**[0010]** Ausgehend davon ist es Aufgabe der Erfindung, eine Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung vorzuschlagen, die unabhängig von anderen Systemkomponenten an dem zu dämpfenden System angebracht wird. Eine weitere Aufgabe der Erfindung

ist es, eine Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung vorzuschlagen, die einen breiten Frequenzbereich dämpft.

#### Offenbarung der Erfindung

**[0011]** Die Aufgabe wird durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs gelöst. Vorteilhafte Ausführungen und deren Ausgestaltungen finden sich in den Unteransprüchen wieder.

**[0012]** Der Schwingungsdämpfer umfasst einen Hohlraum, der an dem zu dämpfenden technischen Systems angebracht wird oder in diesem integriert ist. Der Hohlraum enthält einen Massenkörper, eine hydraulische Flüssigkeit, sowie ein elastisches Führungselemente-System, bestehend aus einzelnen, elastischen Führungselementen, das sich durch eine Federkennlinie, stetig ansteigend mit einem Bereich reduzierter Kennliniensteigung in der Mitte der Federkennlinie auszeichnet.

**[0013]** Das elastische Führungselemente-System hält den Massenkörper im Ruhezustand des Systems auf einer vorbestimmten Position, der sogenannten Ruhelage. Im angeregten Fall übertragen die elastischen Führungselemente des Führungselemente-Systems die Kräfte auf den Massenkörper, der aufgrund seiner trägen Masse und dem Dichteunterschied zur hydraulischen Flüssigkeit eine Relativbewegung zum Hohlraum erfährt und aus seiner Ruhelage heraus beschleunigt wird. Die elastischen Führungselemente des Führungselemente-Systems sind so ausgestaltet, dass sie den Massenkörper auf einer vorgebbaren Bahn, der sogenannten Bewegungsbahn oder mehreren vorgebbaren Bahnen, den sogenannten Bewegungsbahnen und/oder um eine vorgebbare Drehachse oder mehrere vorgebbare Drehachsen führen. Die elastischen Führungselemente erlauben eine reproduzierbare Beweglichkeit des Massenkörpers um seine Ruhelage auf der Bewegungsbahn und/oder rotationssymmetrisch um eine vorgegebene Drehachse und stellen sicher, dass zwischen dem Massenkörper und der inneren Wandung des Hohlraums stets ein Spalt verbleibt. Die Dichte des Massenkörpers wird so gewählt, dass sie ungleich aber bevorzugt größer als die Dichte der Flüssigkeit ist. Erfährt der Hohlraum mit dem Massenkörper und der hydraulischen Flüssigkeit eine Beschleunigung, kommt es zu einer Umverteilung des Massenkörpers und der hydraulischen Flüssigkeit im Hohlraum. Der Massenkörper verdrängt die hydraulische Flüssigkeit, sobald er zu schwingen beginnt.

**[0014]** Ein Merkmal der elastischen Führungselemente des Führungselemente-Systems ist eine umströmbare oder durchströmbare Ausgestaltung, so dass die verdrängte Flüssigkeit den Massenkörper entgegen seiner Auslenkungsrichtung umströmt. Die Umströmung bewirkt die Dissipation der Schwin-

gungsenergie in der hydraulischen Flüssigkeit durch viskose Reibung und die Dämpfung der angeregten Bewegung.

**[0015]** Ein wesentliches Merkmal des elastischen Führungselemente-Systems für alle Auslenkungsrichtungen des Massenkörpers aus seiner Ruhelage ist eine Federkennlinie, stetig ansteigend mit einem Bereich reduzierter Kennliniensteigung zwischen zwei angrenzenden Bereichen mit jeweils höherer Kennliniensteigung, z.B. in der Mitte der Federkennlinie, in dem das elastische Führungselemente-System betrieben wird.

**[0016]** In diesem Bereich weist das elastische Führungselemente-System eine verschwindende Steifigkeit auf, wodurch sich die Eigenfrequenz des Schwingungsdämpfers gegen Null hin verschiebt. Der verstärkende Bereich der Resonanzkurve des Schwingungsdämpfers wird dadurch stark reduziert. Im Gegensatz dazu wird der isolierende Bereich der Resonanzkurve effektiv vergrößert. Der Schwingungsdämpfer arbeitet deshalb schon für sehr kleine Anregungsfrequenzen im isolierenden, überkritischen Bereich.

**[0017]** Ausführungen der Vorrichtung umfassen einen Hohlraum mit einer inneren Wandung und einen Massenkörper, die speziell an die Symmetrie der Schwingung oder des zu dämpfenden Systems angepasst sind. Dazu gehört eine Ausführung des Hohlraums mit einer inneren Wandung und einem Massenkörper, die vorzugsweise rotationssymmetrisch um eine gemeinsame Achse ausgeformt sind, zur Dämpfung von translatorischen Schwingungen.

**[0018]** Eine Ausführung zur Dämpfung einer Dreh-schwingung umfasst eine innere Wandung und einen Massenkörper, die bevorzugt als Bogensegment oder Torus ausgeformt sind. Die gemeinsame Achse folgt hierbei der Krümmung des Bogensegments.

**[0019]** Eine weitere Ausführungsform zur Dämpfung von sowohl translatorischen Schwingungen als auch von Torsionsschwingungen umfasst vorzugsweise eine tellerförmige Ausformung der inneren Wandung und des Massenkörpers. In dieser Ausführung ist die gemeinsame Achse vorzugsweise gerade, d.h. ohne Krümmung ausgestaltet.

**[0020]** Darüber hinaus umfasst eine Ausführungsform eine lamellenförmige Ausgestaltung der inneren Wandung des Hohlraumes und des Massenkörpers zur Dämpfung von translatorischen Schwingungen oder von Torsionsschwingungen. Der Querschnitt der Ausführungsform ist jeweils vorzugsweise kamm- und/oder lamellenförmig, wobei die Lamellen der inneren Wandung und des Massenkörpers vorzugsweise abwechselnd ineinander angeordnet sind und parallel oder senkrecht zur Richtung

der Schwingung ausgerichtet sind. Durch den lamellenförmigen Aufbau ist der Schwingungsdämpfer auf entsprechende Geometrien des zu dämpfenden Systems adaptierbar.

**[0021]** Eine besondere Ausführung der Vorrichtung zeichnet sich durch eine Topographie der inneren Wandung des Hohlraums und des Massenkörpers aus. Durch die Topographie werden Strömungswirbelungen in der hydraulischen Flüssigkeit erzeugt und die Strömungsverhältnisse um den Massenkörper beeinflusst. Dies wirkt sich auf den Strömungswiderstand der hydraulischen Flüssigkeit und somit auf die Dämpfungsverluste des erfindungsgemäßen Schwingungsdämpfers aus.

**[0022]** Die elastischen Führungselemente des Führungselemente-Systems, das den Massenkörper auf seiner Bewegungsbahn hält, werden in einer Ausführungsform der Vorrichtung vorzugsweise als Tellerfedern und/oder Blattfedern ausgeformt, die Aussparungen enthalten und dadurch für die hydraulische Flüssigkeit durchströmbar oder umströmbar sind.

**[0023]** Eine Ausgestaltung der elastischen Führungselemente umfasst eine oder mehrere wendelförmige Federn. Beispielsweise ist der Massenkörper beidseitig an den Stirnflächen über je eine wendelförmige Feder mit der inneren Wandung des Hohlraums verbunden. Parallel zu den beiden wendelförmigen Federn ist je eine zweite wendelförmige Feder angeordnet, die jedoch erst bei einer vorgebbaren Auslenkung des Massenkörpers im Hohlraum hin zur inneren Wandung den Massenkörper und die innere Wandung des Hohlraums zugleich berührt und somit die Steifigkeit des Führungselemente-Systems erhöht. Derartige Federn sind für den Betrieb des Schwingungsdämpfers vorteilhaft, da sie die Umströmung des Massenkörpers durch die hydraulische Flüssigkeit gewährleisten, wenn der Massenkörper im Hohlraum Flüssigkeitsanteile verdrängt.

**[0024]** In einer weiteren Ausführungsform werden die elastischen Führungselemente vorzugsweise als wendelförmige Federn oder als umströmbare Blattfedern ausgestaltet, wobei die Längsachse der Federn nicht mit der Bewegungsbahn des Massenkörpers übereinstimmt. Diese Anordnung der elastischen Führungselemente erlaubt eine zusätzliche Justierung der Bewegungsbahn oder der Drehachse des Massenkörpers. Wenn beispielsweise die innere Wandung des Hohlraums gekrümmt ist, wie im Fall des obengenannten Hohlraums dessen innere Wandung als Bogensegment oder Torus ausgeformt ist, wird der Massenkörper durch die genannte Ausführungsform auf einem Kreisbogen innerhalb der Wandung gehalten und auftretende Unwuchten werden reduziert.

**[0025]** Die elastischen Führungselemente werden in einer Ausgestaltung vorzugsweise nur an einer Seite, d.h. am Hohlraum oder am Massenkörper starr befestigt. Auf der anderen Seite greifen die elastischen Führungselemente vorzugsweise in eine Kerbe ein und werden durch diese beweglich verankert. Dies bewirkt eine Erleichterung des Zusammenbaus von Hohlraum und Massenkörper aufgrund der elastischen Eigenschaften der Führungselemente. Sind beispielsweise die elastischen Führungselemente einseitig starr in der inneren Wandung des Hohlraums befestigt und bezüglich ihres Durchmessers an den Massenkörper angepasst, rasten beim Einbau des Massenkörpers in den Hohlraum die Führungselemente an einer vorgegebenen Position in den Massenkörper ein und halten ihn aufgrund ihrer elastischen Spannung in Position ohne dass zusätzliche Befestigungsmaßnahmen nötig sind.

**[0026]** In einer weiteren Ausführung der Vorrichtung ist zwischen innerer Wandung des Hohlraums und dem Massenkörper ein zusätzliches Auslenkelement vorhanden, das den Massenkörper entlang seiner Bewegungsbahn aus der Ruhelage lenkt, und das vorzugsweise eine Vorspannung in den elastischen Führungselementen erzeugt. Des Weiteren ist der Massenkörper vorzugsweise derart ausgestaltet, dass er in Richtung der Verschiebung durch das Auslenkelement einen geringeren Strömungswiderstand aufweist als in entgegengesetzter Richtung. Als Wirkung dieser Ausgestaltung ergibt sich eine untere Schwingungsamplitude, ab welcher der Massendämpfer ausgelenkt wird und der Schwingungsdämpfer arbeitet.

**[0027]** In einer weiteren Ausführung der Vorrichtung wird der Hohlraum vorzugsweise als offenes System mit mindestens einem Auslass und/oder Einlass für die hydraulische Flüssigkeit in den Hohlraum ausgestaltet. Der Hohlraum ist hierbei nicht nach außen hin abgeschlossen. Eine weiterführende Ausgestaltung ist, dass der Hohlraum, vorzugsweise mit sowohl mindestens einem Auslass als auch mindestens einem Einlass, von der hydraulischen Flüssigkeit mit einer Fluidströmung durchströmbar ist.

**[0028]** Aufgrund dieser Merkmale ist der Schwingungsdämpfer in offenen Systemen wie z.B. in der Getriebeeingangswelle von Schaltgetrieben mit nasslaufenden Doppelkupplungen einsetzbar. Hier ist in der Getriebewelle eine mitbewegte offene Leitung, z.B. eine Ölzufuhrbohrung, vorhanden, in der sich eine hydraulische Flüssigkeit befindet und in die der mindestens eine Massenkörper vorzugsweise platziert wird.

**[0029]** Alternativ zu der Ausführungsform des Hohlraums als offenes System ergibt sich eine Ausführung des Hohlraumes als abgeschlossenes Volumen, das vorzugsweise ein komprimierbares Element ent-

hält, welches an die hydraulische Flüssigkeit angrenzt. Das komprimierbare Element wirkt als Puffer, in das die durch den Massenkörper verdrängte Flüssigkeit ausweicht und gewährleistet eine verbesserte Umströmung des Massenkörpers durch die hydraulische Flüssigkeit insbesondere beim Anfahren einer Massenkörperbewegung.

**[0030]** Der Rahmen der Erfindung deckt auch eine Kombination der genannten Ausführungsformen und Ausgestaltungen ab. Ein Merkmal einer solchen Kombination ist die fixe Anordnung von offenen oder geschlossenen Hohlräumen zueinander. Dazu gehört beispielsweise die vorzugsweise punktsymmetrische Anordnung von mehreren einzelnen der genannten Ausführungsformen um den Mittelpunkt einer zu Schwingungen angeregten, rotationssymmetrischen Trägerplatte. Ein weiteres Beispiel zur Kombination der genannten Ausführungsformen ist die Anordnung von mehreren Massenkörpern in der Getriebeeingangswelle und/oder in der in den mitbewegten Leitungen der Kupplungsscheiben eines Schaltgetriebes.

Figuren:

**[0031]** Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen und Ausgestaltungen mit Figuren im Folgenden näher erläutert. Es zeigen

**[0032]** Fig. 1 eine prinzipielle Schnittdarstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei der Hohlraum und der von der hydraulischen Flüssigkeit umströmte Massenkörper beliebig geformt sind,

**[0033]** Fig. 2 eine beispielhafte Federkennlinie (Kraft  $F$  über Federweg  $s$ ) des elastischen Führungselemente-Systems gemäß Fig. 1, wobei die Federkennlinie einen Bereich mit einer geringeren Steigung gegenüber den angrenzenden Bereichen aufweist, in dem das elastische Führungselemente-System vorzugsweise betrieben wird,

**[0034]** Fig. 3a bis i Schnittdarstellungen weiterer Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei der Hohlraum und der von der hydraulischen Flüssigkeit umströmte Massenkörper speziell an die Symmetrie der Schwingung oder des zu dämpfenden Systems angepasst sind,

**[0035]** Fig. 4a bis b Schnitte von weiteren Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei die innere Wandung des Hohlraums und/oder die Oberfläche des Massenkörpers eine Topographie bzw. eine vergrößerte Oberfläche aufweist,

**[0036]** Fig. 5a, b, c und d Skizzen von Ausgestaltungen der elastischen Führungselemente in der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei beispielhaft Tel-

lerfedern, Blattfedern und/oder wendelförmige Federn als elastische Führungselemente eingesetzt werden,

**[0037]** Fig. 6 eine Skizze einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei die reproduzierbare Beweglichkeit des Massenkörpers nicht mit der Längsachse der elastischen Führungselemente übereinstimmt,

**[0038]** Fig. 7 eine beispielhafte Ausgestaltung der Führungselemente einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei die elastischen Führungselemente nur einseitig starr am Hohlraum oder am Massenkörper befestigt sind,

**[0039]** Fig. 8 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei der Massenkörper eine Stromlinienform aufweist und vorzugsweise durch ein Auslenkelement aus seiner Ruhelage ausgelenkt ist,

**[0040]** Fig. 9 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei der Hohlraum als offenes System mit Ein- und Auslass ausgestaltet ist,

**[0041]** Fig. 10 eine Skizze eines Schaltgetriebes mit einer Getriebewelle, die eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung beinhaltet,

**[0042]** Fig. 11 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei komprimierbare Elemente im Hohlraum vorgesehen sind,

**[0043]** Fig. 12 eine Schnittdarstellung einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei mehrere Hohlräume in fixer Anordnung zueinander angeordnet sind,

**[0044]** Fig. 13 eine technische Zeichnung eines Ausführungsbeispiels eines Schwingungsdämpfers, wobei ein kreiszylinderförmiger Massenkörper von einem System aus wendelförmigen Federn auf seiner Bewegungsbahn innerhalb eines kreiszylinderförmigen Hohlraums gehalten wird,

**[0045]** Fig. 14 eine schematische Darstellung eines Prüfstandes zum Messen der Übertragungsfunktion eines Prüfkörpers, bestehend aus einem kreiszylinderförmigen Hohlraum, an dessen innerer Wandung mittels wendelförmiger Federn ein kreiszylinderförmiger Massenkörper befestigt ist, gemäß dem Schwingungsdämpfer aus Fig. 13,

**[0046]** Fig. 15 eine in einem Prüfstand nach Fig. 14 gemessene, frequenzabhängige Übertragungsfunktion eines Schwingungsdämpfers nach Fig. 13, beste-

hend aus einem leeren kreiszylinderförmigen Hohlraum sowie

**[0047]** Fig. 16 eine in einem Prüfstand nach Fig. 14 gemessene frequenzabhängige Übertragungsfunktion eines Schwingungsdämpfers nach Fig. 13, bestehend aus einem kreiszylinderförmigen Hohlraum, der mit einer hydraulischen Flüssigkeit gefüllt ist und an dessen innerer Wandung mittels wendelförmiger Federn ein kreiszylinderförmiger Massenkörper befestigt ist.

**[0048]** Anhand von Fig. 1 soll zunächst der grundlegende Aufbau und die Funktionsweise der erfindungsgemäßen Vorrichtung gezeigt werden.

**[0049]** Die Vorrichtung umfasst einen Hohlraum 1 mit einer inneren Wandung, in oder an einer zu Schwingungen angeregten Komponente. Der Hohlraum enthält zumindest einen Massenkörper 2, der eine bestimmte Dichte aufweist. Zusätzlich enthält der Hohlraum 1 eine hydraulische Flüssigkeit 3, die den Hohlraum 1 zwischen Massenkörper 2 und innerer Wandung des Hohlraums 1 ganz oder zumindest teilweise ausfüllt. Die hydraulische Flüssigkeit 3 weist eine Dichte auf, die ungleich der Dichte des Massenkörpers 2 ist. Der Massenkörper 2 ist durch ein elastisches Führungselement-System 4, das aus mindestens einem elastischen Führungselement 5 besteht, im Hohlraum 1 geführt, derart, dass stets ein Spalt zwischen innerer Wandung des Hohlraums 1 und Massenkörper 2 verbleibt. Die elastischen Führungselemente 5 des Führungselemente-Systems 4 sind vorzugsweise umströmbar oder durchströmbar durch die hydraulische Flüssigkeit 3 ausgestaltet. Das elastische Führungselemente-System 4 weist ausgehend von einer Auslenkung des Massenkörpers 2 aus der Ruhelage für alle Richtungen eine stetig ansteigende Federkennlinie 6 auf, mit mindestens einem Bereich reduzierter Kennliniensteigung 7, innerhalb einer unteren 8 und oberen Grenze 9, in dem die erfindungsgemäße Vorrichtung vorzugsweise betrieben wird. Das elastische Führungselemente-System 4 umfasst mindestens zwei einander entgegen wirkende elastische Führungselemente 5, die jeweils eine stetig anwachsende, nicht-lineare Federkennlinie aufweisen.

**[0050]** Die vorzugsweise Ausgestaltung des elastischen Führungselemente-Systems 4 stellt eine reproduzierbare Beweglichkeit des Massenkörpers 2 in dem Hohlraum 1 um eine Ruhelage in der hydraulischen Flüssigkeit 3 sicher. Wird der Hohlraum 1 in Kontakt mit einem zu Schwingungen angeregten System gebracht, werden Schwingungen von den elastischen Führungselementen 5 des elastischen Führungselemente-Systems 4 auf den Massenkörper 2 übertragen. Dieser wird aus seiner Ruhelage heraus ausgelenkt bzw. beschleunigt und auf einer durch die elastischen Führungselemente 5 vorgegebenen Bewegungsbahn oder um eine durch die elas-

tischen Führungselemente 5 vorgegebenen Drehachse geführt. Dabei wird er aufgrund der vorzugsweise umströmbar oder durchströmbar Ausgestaltung der elastischen Führungselemente 5 von der hydraulischen Flüssigkeit 3 umströmt. Die Umströmung des Massenkörpers 2 durch die hydraulische Flüssigkeit 3 bewirkt Reibungsverluste, die für die Schwingungsdämpfung verantwortlich sind.

**[0051]** Die Federkennlinie 6 mit mindestens einem Bereich reduzierter Kennliniensteigung 7, die durch die Kombination von vorzugsweise mindestens zwei einander entgegen wirkenden elastischen Führungselementen 5 zu einem elastischen Führungselemente-System 4 entsteht, führt zu einer verschwindenden Steifigkeit des Führungselemente-Systems 4 in genannten Bereich reduzierter Kennliniensteigung 7. Dies hat zur Folge, dass sich die Eigenfrequenz des erfindungsgemäßen Schwingungsdämpfers gegen Null hin verschiebt. Dadurch wird der verstärkende Bereich der Resonanzkurve des Schwingungsdämpfers stark reduziert und gleichzeitig der isolierende Bereich der Resonanzkurve effektiv vergrößert. Die erfindungsgemäße Vorrichtung arbeitet aufgrund der verschwindenden Steifigkeit des Führungselemente-Systems 4, wie sie im Bereich reduzierter Kennliniensteigung 7 gegeben ist, schon für sehr kleine Anregungsfrequenzen im isolierenden, überkritischen Bereich der Resonanzkurve. Durch die verschwindende Eigenfrequenz des erfindungsgemäßen Schwingungsdämpfers verbleibt der Massenkörper 2 nahezu an konstanter Stelle. Dadurch wird die Umströmungsweg der hydraulischen Flüssigkeit 3 um den Massenkörper 2 maximal und die erreichbare Dämpfung am effektivsten.

**[0052]** Fig. 2 zeigt schematisch in einem Kraft-Weg-Diagramm eine vorbeschriebene nicht-lineare Federkennlinie 6 des elastischen Führungselemente-Systems 4, die stetig ansteigt und sich durch einen Bereich reduzierter Kennliniensteigung 7 in der Mitte der Federkennlinie auszeichnet, in dem das elastische Führungselemente-System 4 vorzugsweise betrieben wird, begrenzt durch eine untere 8 und eine obere Grenze 9.

**[0053]** In Fig. 3a bis j sind weitere Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung schematisch dargestellt, wobei der Hohlraum 1 und der von der hydraulischen Flüssigkeit 3 umströmte Massenkörper 2 bevorzugt eine Symmetrie um die Bewegungsbahn und/oder um eine vorgegebene Drehachse des Massenkörpers 2 aufweisen.

**[0054]** So zeigt beispielsweise Fig. 3a einen Hohlraum 1 und einen Massenkörper 2, die rotationssymmetrisch um die Bewegungsbahn des Massenkörpers 2 ausgeführt sind. Fig. 3b zeigt die Aufsicht auf einen Hohlraum 1 und einen Massenkörper 2, die Torus-förmig um einen Mittelpunkt ausgeführt sind. Ein

Bogensegment des Torus-förmigen Hohlraums **1** und Massenkörpers **2**, wie in der Aufsicht in **Fig. 3c** gezeigt, ist ebenfalls eine Ausführung der erfindungsgemäßen der Vorrichtung.

**[0055]** Eine weitere Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist in **Fig. 3d** dargestellt. Hier ist der Querschnitt durch einen Hohlraum **1** und einen Massenkörper **2** gezeigt, wobei der Massenkörper **2** teller- oder plattenförmig ausgeführt ist. Der Massenkörper **2** wird von Tellerfedern **12** oder Blattfedern **14** mit Durchströmungsöffnungen **13** und/oder Umströmungskanälen **15** geführt. Die Vorrichtung dient der Dämpfung von Schwingungen senkrecht zur Ebene des teller- oder plattenförmigen Massenkörpers **2**.

**[0056]** **Fig. 3e** zeigt einen Querschnitt durch eine Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei der Massenkörper **2** tellerförmig ist und eine lamellenförmige Struktur aufweist. Der Massenkörper **2** wird von Tellerfedern **12** oder Blattfedern **14** mit Durchströmungsöffnungen **13** und/oder Umströmungskanälen **15** geführt. Die Vorrichtung dient der Dämpfung von Schwingungen senkrecht zur Ebene des teller- oder plattenförmigen Massenkörpers **2**. Die Lamellen **50** sind hierbei parallel zur Schwingungsrichtung angeordnet.

**[0057]** Weiterhin ist in **Fig. 3f** eine Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, bei der der Massenkörper **2** teller- oder plattenförmig ist. Er wird durch ein Federelemente-System **4** aus umströmbaren oder durchströmbaren Blattfedern **14** oder wendelförmigen Federn **16** geführt, die axial und radial steif sind, in Umfangrichtung des tellerförmigen Massenkörpers **2** aber eine Relativbewegung zulassen.

**[0058]** Dadurch ermöglicht die Ausführung die Dämpfung von Torsionsschwingungen.

**[0059]** Zusätzlich ist in **Fig. 3g** ein Querschnitt durch eine Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, bei der der Massenkörper **2** tellerförmig ist und eine lamellenförmige Struktur aufweist, wobei die Lamellen **50** parallel zur Drehachse ausgerichtet sind. Wie in **Fig. 3f** wird der Massenkörper **2** durch ein Federelemente-System **4** aus umströmbaren oder durchströmbaren Blattfedern **14** oder wendelförmigen Federn **16** geführt, die axial und radial steif sind, in Umfangrichtung des tellerförmigen Massenkörpers **2** aber eine Relativbewegung zulassen. Dadurch ermöglicht die Ausführung die Dämpfung von Torsionsschwingungen. Ergänzend hierzu zeigt **Fig. 3h** eine Aufsicht auf den Massenkörper **2** und die lamellenförmige Struktur, der über das Federelemente-System **4** in der inneren Wandung des Hohlraums **1** geführt ist.

**[0060]** In **Fig. 3i** ist ein Querschnitt durch eine Ausführung der erfindungsgemäßen Vorrichtung darge-

stellt, bei der der Massenkörper **2** eine lamellenförmige Struktur aufweist, wobei die Lamellen **50** senkrecht zur Drehachse ausgerichtet sind. Wie in **Fig. 3g** und **h** wird der Massenkörper **2** durch ein Federelemente-System **4** aus umströmbaren oder durchströmbaren Blattfedern **14** oder wendelförmigen Federn **16** geführt, die axial und radial steif sind, in Umfangrichtung des tellerförmigen Massenkörpers **2** aber eine Relativbewegung zulassen. Dadurch ermöglicht die Ausführung die Dämpfung von Torsionsschwingungen.

**[0061]** In **Fig. 4a** und **b** sind Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, wobei die innere Wandung des Hohlraums **1** und/oder des Massenkörpers **2** eine Topographie **10** oder eine vergrößerte Oberfläche, realisiert z.B. durch einen kreuzförmigen Querschnitt **11** des Massenkörpers **2**, aufweist. Diese Ausführungen der Oberfläche der inneren Wandung des Hohlraums **1** und/oder des Massenkörpers **2** erhöhen die Anzahl von Störstellen, die für die Entstehung von Verwirbelungen verantwortlich sind und beeinflussen somit die Dämpfungsverluste in der hydraulischen Flüssigkeit. Zudem ermöglicht diese Oberflächenausführung eine Steuerung der Verwirbelungsursprünge durch ein gezieltes Platzieren von Störstellen auf der inneren Wandung des Hohlraums **1** und/oder der Oberfläche des Massenkörpers **2**. Der kreuzförmige Querschnitt des Hohlraums **1** und des Massenkörpers **2** der in **Fig. 4b** gezeigten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung bewirkt neben der Erhöhung der Dämpfungsverluste auch einen Schutz gegen eine Verdrehung von Hohlraum **1** und Massenkörper **2** zueinander.

**[0062]** **Fig. 5a, b, c** und **d** zeigen Ausgestaltungen der elastischen Führungselemente **5** der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei die elastischen Führungselemente **5** beispielhaft als Tellerfedern **12** mit Durchströmungsöffnungen **13** (**Fig. 5a**) und/oder mit Umströmungskanälen **15** (**Fig. 5b**), als Blattfedern **14** gegebenenfalls mit Durchströmungsöffnungen **13** und/oder Umströmungskanälen **15** (**Fig. 5c**) oder als wendelförmige Federn **16** (**Fig. 5d**) ausgeführt sind.

**[0063]** In **Fig. 6** ist eine erfindungsgemäße Ausführung der Vorrichtung dargestellt, beispielhaft für eine Bogensegment-förmige Ausführung von Hohlraum **1** und Massenkörper **2**, wobei die reproduzierbare Beweglichkeit des Massenkörpers **2** auf seiner Bewegungsbahn nicht mit der Längsachse der elastischen Führungselemente **5** übereinstimmt.

**[0064]** **Fig. 7** zeigt, wie vorzugsweise Hohlraum **1** und Massenkörper **2** in den Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Vorrichtung miteinander verbunden werden. Dazu werden die elastischen Führungselemente **5** nur einseitig starr im Hohlraum **1** befestigt, während die andere Seite am Massenkörper **2**

vorzugsweise in einer Vertiefung oder Kerbe geführt ist.

**[0065]** In **Fig. 8** ist eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt, wobei der Massenkörper **2** durch ein zusätzliches Auslenkelement **17** zwischen innerer Wandung des Hohlraums **1** und dem Massenkörper **2** so eingesetzt ist, dass der Massenkörper **2** aus seiner Ruhelage ausgelenkt ist. Dadurch wird eine Vorspannung in den elastischen Führungselementen **5** erzeugt, die bei einer Schwingungsanregung zunächst überwunden werden muss. Zusätzlich weist der Massenkörper **2** vorzugsweise eine Stromlinienform auf, derart, dass der Strömungswiderstand in Richtung der Auslenkung aus der Ruhelage verringert ist. Damit wird eine untere Schwingungsamplitude festgelegt, ab welcher der Massenkörper **2** zu Schwingungen anregbar ist.

**[0066]** **Fig. 9** zeigt eine Getriebe- bzw. Getriebeeingangswelle **18** eines Schaltgetriebes als eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei der Hohlraum **1** hier als offenes System ausgestaltet ist, vorzugsweise als mitschwingender Teil einer Leitung **19**. Der Hohlraum weist dabei bevorzugt sowohl mindestens einen Einlass **20** als auch mindestens einen Auslass **21** auf. Über ein elastisches Feder-elemente-System **4** ist ein Massenkörper **2** an der inneren Wandung der mitschwingenden offenen Leitung **19** befestigt, die von einer hydraulischen Flüssigkeit **3** durchströmt wird, die durch einen Einlass **20** eintritt und einen Auslass **21** austritt. Mitbewegte offene Leitungen **19** sind beispielsweise in Getriebe- bzw. Getriebeeingangswellen **18** von Schaltgetrieben **22** mit naslaufenden Doppelkupplungen **23** wie in **Fig. 10** dargestellt, vorhanden. Ferner sind in **Fig. 10** zu erkennen, als Komponenten des Getriebes ein Zahnradpaar **34** und eine Vorlegewelle **35**, sowie als Komponenten der naslaufenden Doppelkupplung **23** ein Betätigungszylinder **36**, Druckplatten **37**, Kupplungsscheiben **38**, eine Motorwelle **39** mit Lagerung **40** und Gehäusewand **41**.

**[0067]** Alternativ zu der Ausführungsform des Hohlraums als offenes System wie in **Fig. 9–Fig. 10** beschrieben, ergibt sich eine Ausführung des Hohlraumes **1** als abgeschlossenes Volumen, wie in **Fig. 11** gezeigt. Der Hohlraum **1** enthält hierbei neben dem Massenkörper **2**, der hydraulischen Flüssigkeit **3** und dem elastischen Führungselemente-System **4** vorzugsweise mindestens ein zusätzliches komprimierbares Element **24**, welches an die hydraulische Flüssigkeit **3** angrenzt. Das komprimierbare Element **24** gewährleistet eine verbesserte Umströmung des Massenkörpers **2** durch die hydraulische Flüssigkeit **3**.

**[0068]** Im angeregten Fall, wenn Schwingungen auf den Massenkörper übertragen werden, verringert die durch den Massenkörper **2** verdrängte hydraulische

Flüssigkeit **3** das Volumen des komprimierbaren Elements **24**. Es entsteht ein zusätzliches Puffervolumen, in das die durch den Massenkörper **2** verdrängte hydraulische Flüssigkeit **3** ausweicht. Dadurch wird die relative Auslenkung bzw. die Beweglichkeit von Hohlraum **1** und Massenkörper **2** zueinander erhöht und die Steifigkeit der hydraulischen Flüssigkeit **3** beeinflusst. Dies ist bei hohen Strömungswiderständen zwischen Massenkörper **2** und hydraulischer Flüssigkeit **3** von Vorteil.

**[0069]** Eine weitere Ausführungsform der Erfindung besteht aus mehreren einzelnen erfindungsgemäßen Vorrichtungen, die in fixer Anordnung zueinander angeordnet sind, wobei die fixe Anordnung der Vorrichtungen zueinander vorzugsweise an die Symmetrie des zu dämpfenden Systems angepasst ist. **Fig. 12** zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung als ein System, das aus vier einzelnen erfindungsgemäßen Vorrichtungen besteht, wobei die Hohlräume **1**, die Massenkörper **2**, hydraulische Flüssigkeit **3** und ein elastisches Feder-elemente-System **4** enthalten, in fixer Anordnung zueinander angeordnet sind, z.B. auf der Oberfläche eines zu dämpfenden Systems oder auf einer gemeinsamen Trägerplatte **25**.

**[0070]** Ausgehend von den oben genannten Ausführungen zeigt **Fig. 13** eine technische Zeichnung eines Schwingungsdämpfers, der aus einem kreiszylinderförmigen Hohlraum **26** und einem kreiszylinderförmigen Massenkörper **27** besteht, und der von wendelförmigen Federn **16** in vorgenannter Anordnung mit nicht-linearer Kennlinie **6** des Führungselemente-Systems **4** auf seiner Bewegungsbahn innerhalb eines kreiszylinderförmigen Hohlraumes **26** gehalten wird. Der Hohlraum **26**, der eine hydraulische Flüssigkeit **3** enthält, wird jeweils an den Stirnflächen durch Schrauben **28** verschlossen, die mindestens ein komprimierbares Element **24**, das vorzugsweise aus einer Membran und Luft gebildet wird, aufweisen. An einer Schraube, die den kreiszylinderförmigen Hohlraum **26** verschließt, ist eine Vorrichtung zur Übertragung von Schwingungen **29** auf den Schwingungsdämpfer angebracht.

**[0071]** Mit Hilfe eines Prüfstandes **30**, der schematisch in **Fig. 14** gezeigt ist, wird eine Übertragungsfunktion des Schwingungsdämpfers aus **Fig. 13** experimentell gemessen. Die gemessene Übertragungsfunktion beschreibt das Verhältnis von Auslenkung des kreiszylinderförmigen Hohlraumes **26** zur Schwingungsamplitude der übertragenen Schwingungen, im Folgenden Quotient **G** genannt, als Funktion der Schwingungsfrequenz.

**[0072]** Der Prüfstand **30** besteht in der dargestellten Ausführung aus einer Anregungseinheit **31** in einem Gehäuse **32**, einem elastischen Verbindungselement **33** und einer Vorrichtung zur Übertragung



von Schwingungen **29** auf den Schwingungsdämpfer. Das elastische Verbindungselement **33**, vorzugsweise eine Blattfeder, verbindet das Gehäuse **32** der Anregungseinheit **31** mit der Vorrichtung zur Übertragung von Schwingungen **29** auf den Schwingungsdämpfer. Auf diese Vorrichtung wird der kreiszylinderförmige Massenkörper **27** aus **Fig. 13** montiert.

**[0073]** In **Fig. 15** und **Fig. 16** sind zwei experimentell gemessene Übertragungsfunktionen dargestellt. **Fig. 15** zeigt die Übertragungsfunktion, den Quotienten  $G$  in  $i\omega$  über der Frequenz  $f$  in Hz, eines leeren kreiszylinderförmigen Hohlraumes **26**, d.h. ohne hydraulische Flüssigkeit **3** und ohne kreiszylinderförmigen Massenkörper **27**. Die Schwingung des kreiszylinderförmigen Hohlraumes **26** ist nicht gedämpft und die Übertragungsfunktion zeigt eine, für den gemessenen Schwingungsdämpfer aus **Fig. 13**, charakteristische Resonanz bei 650 Hz. Zum direkten Vergleich ist in **Fig. 16** die Übertragungsfunktion eines kreiszylinderförmigen Hohlraumes **26** dargestellt, der mit einer hydraulischen Flüssigkeit **3** gefüllt ist, und an dessen innerer Wandung mittels wendelförmiger Federn **16** ein kreiszylinderförmiger Massenkörper **27** befestigt ist. Diese Schwingung ist gedämpft und die Resonanz bei 650 Hz wird effektiv unterdrückt.

**[0074]** **Fig. 17** zeigt eine schematische Darstellung einer beispielhaften Anordnung aus drei Führungselementen **5**, hier wendelförmigen Federn **16**, die sich in der dargestellten Verschaltung durch eine stetig anwachsende nicht-lineare Federkennlinie **6** mit einem Bereich reduzierter Kennliniensteigung **7**, wie in **Fig. 2** beschrieben, auszeichnet. Die dargestellte Anordnung kommt beispielsweise in **Fig. 13** zum Einsatz jeweils oben und unten zwischen innerer Wandung des Hohlraums **1** und Massenkörper **2**. Im Folgenden werden die drei wendelförmigen Federn **16** mit Feder **1**, Feder **2** und Feder **3** bezeichnet. Ihnen wird jeweils eine entsprechende Federkonstante  $c_1$ ,  $c_2$  und  $c_3$  zugeordnet. Zusätzlich zu den drei genannten Führungselementen **5** besteht die Anordnung aus einem sich öffnen und schließen lassenden Kontakt **45** und einem Verbindungsstück **46**, sowie einem zweiten Kontakt **47**. Feder **2** ist vorgespannt und befindet sich zusammen mit dem Kontakt **45** innerhalb des Verbindungsstückes **46**. Feder **1** und Feder **3** sind in Kontakt mit der inneren Wandung des Hohlraums **1**. Feder **1** ist länger als Feder **3** und mit dem Verbindungsstückes **46** verbunden. Oberhalb einer durch die Vorspannung von Feder **2** vorgegebenen Kraft  $F$  löst sich der Kontakt **45**. Auf der anderen Seite schließt sich ein zweiter Kontakt **47** bei einer zweiten vorgebbaren Kraft oberhalb der vorgenannten vorgebbaren Kraft zum Lösen des Kontakts **45**. Mit Übersteigen dieser zweiten Kraft kommt es zu einer Einwirkung der Feder **3** zusätzlich und parallel zu Feder **1**, was wiederum das Führungselement-System **4** versteift (vgl. **Fig. 17**).

**[0075]** In **Fig. 18** ist in einem schematischen Kraft-Weg-Diagramm die nicht-lineare Federkennlinie **6** der in **Fig. 17** dargestellten Führungselemente **5** gezeigt. Die nicht-lineare Federkennlinie **6** steigt stetig an und zeichnet sich durch einen Bereich reduzierter Kennliniensteigung **7** in der Mitte der Federkennlinie aus, begrenzt durch eine untere **8** und eine obere Grenze **9**, in dem die Anordnung aus **Fig. 17** vorzugsweise betrieben wird. Die resultierende Federkonstante der Anordnung  $c^*$  beträgt im Bereich reduzierter Kennliniensteigung **7**, vorzugsweise in der Mitte der Kennlinie,  $c^* = c_1 \cdot c_2 / (c_1 + c_2)$ . Unterhalb dieses Bereichs beträgt die resultierende Federkonstante  $c^* = c_1$ . Oberhalb dieses Bereichs gilt  $c^* = (c_1 \cdot c_2 / (c_1 + c_2)) + c_3$ . An Punkt **8** kommt es zu einem Schließen des Kontakts **45** während sich der zweite Kontakt **47** an Punkt **9** schließt.

**[0076]** Ausgehend von den oben genannten Ausführungen zeigt **Fig. 19** eine technische Zeichnung der Verbindung zwischen innerer Wandung des Hohlraums **1** und Massenkörper **2** innerhalb des erfindungsgemäßen Schwingungsdämpfers durch die Führungselemente **5** wie in **Fig. 17** beschrieben. In einem durchströmbaren Hilfsrahmen **47**, korrespondierend zu dem Verbindungsstück **46** aus **Fig. 17**, befindet sich eine vorgespannte wendelförmige Feder **44**, entsprechend Feder **2** aus **Fig. 17**, die einen durchströmbaren, tellerförmigen Verschluss **49** gegen den Massenkörper **2** drückt. Zwischen Hilfsrahmen **48** und innerer Wandung des Hohlraums **1** befinden sich zwei wendelförmige Federn **42**, **43**, entsprechend den Federn **1** und **3** aus **Fig. 17**, derart angeordnet, dass beide an der inneren Wandung des Hohlraums anliegen. Feder **1** ist länger als Feder **3** und mit dem Hilfsrahmen **48** verbunden.

**[0077]** Die obigen Beschreibungen der Figuren sollen der Veranschaulichung dienen und nicht einschränkend sein. Beispielsweise können die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele oder einer oder mehrere Aspekte davon miteinander in Kombination verwendet werden.

**[0078]** Die Größenverhältnisse der einzelnen Elemente zueinander in den Figuren entsprechen nicht immer den realen Größenverhältnissen, da einige Formen vereinfacht und andere Formen zur Veranschaulichung vergrößert im Verhältnis zu anderen Elementen dargestellt sind.

#### Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Hohlraum mit innerer Wandung
<b>2</b>	Massenkörper
<b>3</b>	Hydraulische Flüssigkeit
<b>4</b>	Elastisches Führungselemente-System
<b>5</b>	Elastisches Führungselement
<b>6</b>	Federkennlinie
<b>7</b>	Bereich reduzierter Kennliniensteigung

8	Untere Grenze, des Bereichs mit reduzierter Kennlinien-steigung
9	Obere Grenze, des Bereichs mit reduzierter Kennlinien-steigung
10	Topographie
11	Kreuzförmiger Querschnitt
12	Tellerfeder
13	Durchströmungsöffnung
14	Blattfeder
15	Umströmungskanal
16	Wendelförmige Feder
17	Auslenkelement
18	Getriebe- bzw. Getriebeeingangswelle
19	Mitbewegte offene Leitung
20	Einlass
21	Auslass
22	Schaltgetriebe
23	Nasslaufende Doppelkupplung
24	Komprimierbares Element
25	Trägerplatte
26	Kreiszyylinderförmiger Hohlraum
27	Kreiszyylinderförmiger Massenkörper
28	Schraube
29	Vorrichtung zur Übertragung von Schwingungen
30	Prüfstand
31	Anregungseinheit
32	Gehäuse der Anregungseinheit
33	Elastisches Verbindungselement
34	Zahnradpaar
35	Vorlegewelle
36	Betätigungszyylinder
37	Druckplatte
38	Kupplungsscheibe
39	Motorwelle
40	Lagerung
41	Gehäuse
42	Wendelförmige Feder mit der Federkonstante c1
43	Wendelförmige Feder mit der Federkonstante c3
44	Vorgespannte wendelförmige Feder mit der Federkonstante c2
45	Kontakt
46	Verbindungsstück
47	Kontakt
48	Hilfsrahmen
49	Tellerförmiger Verschluss
50	Lamellen

## Literatur:

- [1] DD282736A5  
 [2] DE69627546T2  
 [3] DE2754802A1  
 [4] WO2005123482A2

## Patentansprüche

1. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente umfassend,  
 a) einen Hohlraum (1) mit einer inneren Wandung, in oder an der Komponente,  
 b) einen Massenkörper (2) mit einer Dichte in dem Hohlraum (1),  
 c) eine hydraulische Flüssigkeit (3) mit einer Dichte, die den Hohlraum (1) um den Massenkörper (2) ausfüllt, wobei die Dichte der Flüssigkeit (3) ungleich der Dichte des Massenkörpers (2) ist,  
 d) ein elastisches Führungselemente-System (4), bestehend aus mindestens einem elastischen Führungselement (5), für den Massenkörper (2) in dem Hohlraum (1), das eine reproduzierbare Beweglichkeit des Massenkörpers (2) um eine Ruhelage in der Flüssigkeit (3) in dem Hohlraum (1) sicherstellt, wobei zwischen dem Massenkörper (2) und der inneren Wandung des Hohlraums (1) stets ein Spalt verbleibt, und wobei die elastischen Führungselemente (5) des Führungselemente-Systems (4) umströmbar oder durchströmbar sind,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
 e) das elastische Führungselemente-System (4) ausgehend von einer Auslenkung des Massenkörpers (2) aus der Ruhelage eine stetig ansteigende Federkennlinie (6) aufweist, mit einem Bereich reduzierter Kennliniensteigung (7) innerhalb einer unteren (8) und oberen Grenze (9), wobei das elastische Führungselemente-System (4) in diesem Bereich (7) betrieben wird  
 f) das elastische Führungselemente-System (4) mindestens zwei einander entgegenwirkende elastische Führungselemente (5) umfasst, die jeweils eine stetig anwachsende, nicht-lineare Federkennlinie (6) aufweisen.
2. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 a) die reproduzierbare Beweglichkeit des Massenkörpers (2) auf Bewegungsbahnen und/oder um mindestens eine Drehachse geführt ist.
3. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 a) die innere Wandung des Hohlraums (1) und der Massenkörper (2) rotationssymmetrisch um eine gemeinsame Achse ausgeformt sind.
4. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 a) die innere Wandung des Hohlraums (1) und/oder der Massenkörper (2) als Bogensegment ausgeformt ist.

5. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) die innere Wandung des Hohlraums (1) und/oder der Massenkörper (2) zumindest teilweise eben ausgeformt sind.

6. Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) die innere Wandung des Hohlraums (1) und der Massenkörper (2) wechselseitig übereinander angeordnete Lamellen umfassen.

7. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) die innere Wandung des Hohlraums (1) und/oder der Massenkörper (2) eine Topographie (10) aufweist.

8. Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) das elastische Führungselemente-System (4) mindestens zwei einander entgegen wirkende, durchströmbare Tellerfedern (12) und/oder umströmbare Blattfedern (14) und/oder durchströmbare wendelförmige Federn (16) umfassen.

9. Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) das elastische Führungselemente-System (4) mindestens zwei durchströmbare Tellerfedern (12) und/oder umströmbare Blattfedern (14) und/oder durchströmbare wendelförmige Federn (16) umfassen, wobei die reproduzierbare Beweglichkeit des Massenkörpers (2) nicht mit der Längsachse der elastischen Führungselemente (5) übereinstimmt.

10. Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) die elastischen Führungselemente (5) nur einseitig starr am Hohlraum (1) oder am Massenkörper (2) befestigt sind.

11. Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) mindestens ein zusätzliches Auslenkelement (17) zwischen innerer Wandung des Hohlraums (1) und Massenkörper (2) zur Verschiebung des Massenkörpers (2) entlang einer Bewegungsbahn aus der Ruhelage und Erzeugung einer Vorspannung in den elastischen Führungselementen (5) sowie  
b) der Massenkörper (2) in Richtung der Verschiebung einen geringeren Strömungswiderstand aufweist als in entgegengesetzter Richtung.

12. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach einem der vorgenannten Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) der Hohlraum (1) als offenes System mit mindestens einem Einlass (20) und/oder Auslass (21) für die hydraulische Flüssigkeit (3) ausgestaltet ist.

13. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) der Hohlraum (1) sowohl mindestens einem Einlass (20) als auch mindestens einem Auslass (21) aufweist und  
b) von der hydraulischen Flüssigkeit (3) mit einer Fluidströmung durchströmbare ist.

14. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach Anspruch 1–11, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) der Hohlraum (1) als abgeschlossenes Volumen ausgestaltet ist.

15. Vorrichtung, zur Schwingungsdämpfung in einer Komponente nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
a) mindestens ein komprimierbares Element (24) abseits des Spaltes vorgesehen ist, welches an die hydraulische Flüssigkeit (3) angrenzt.

16. Schwingungsdämpfungssystem mit mindestens zwei Vorrichtungen nach einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass a) mindestens zwei Hohlräume (1) in fixer Anordnung zueinander angeordnet sind.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

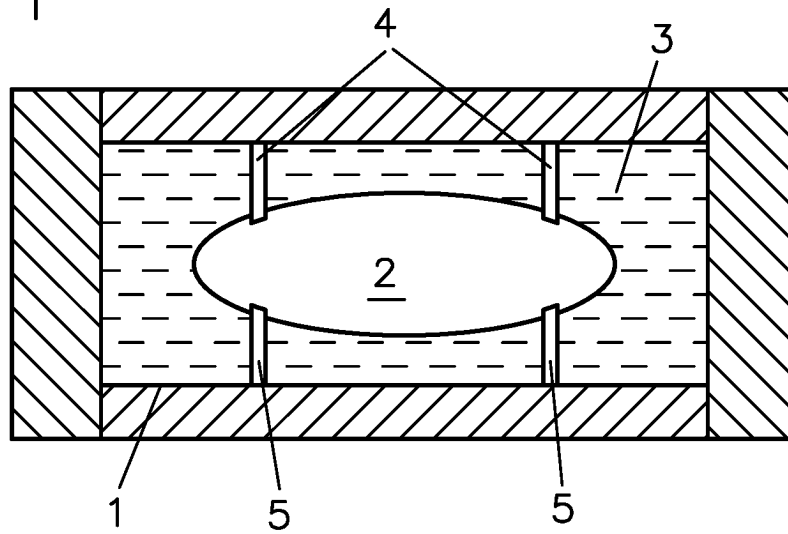


Fig. 2

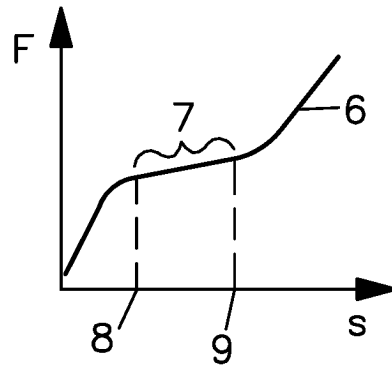


Fig. 3a

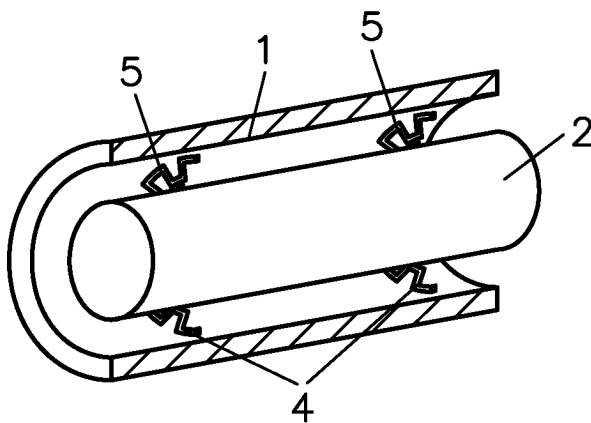


Fig. 3b

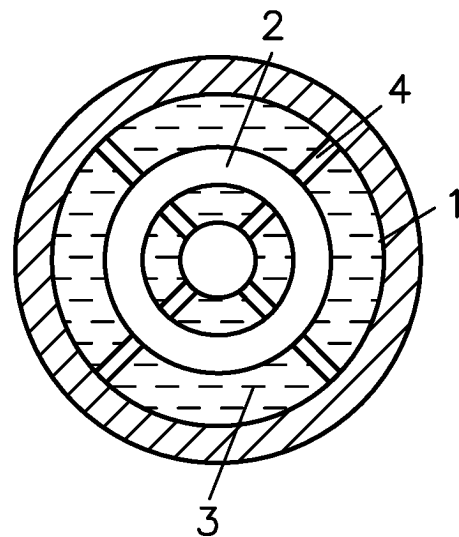


Fig. 3c

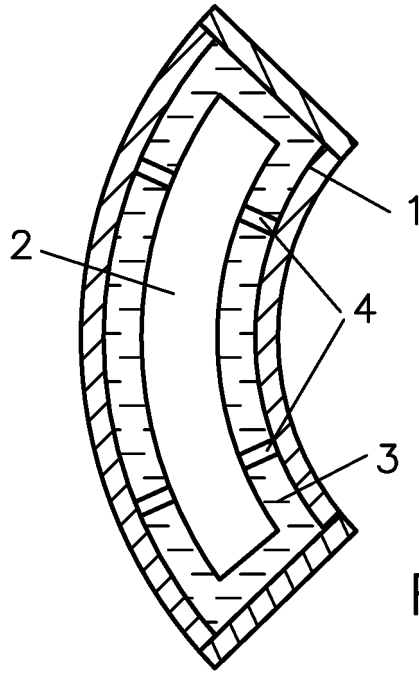


Fig. 3d

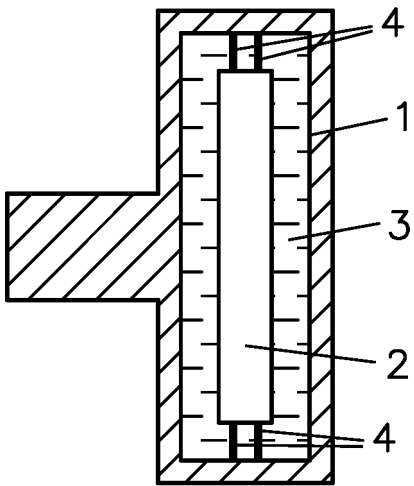


Fig. 3e

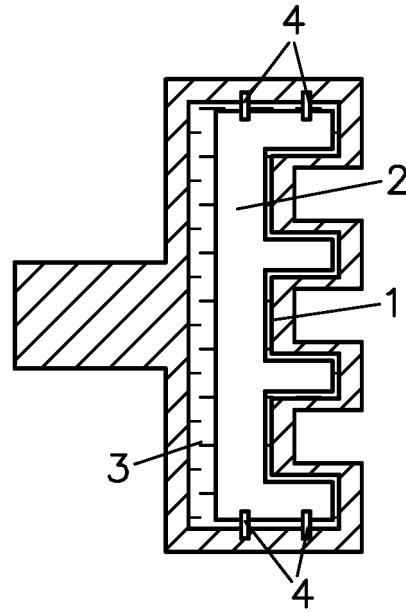


Fig. 3f

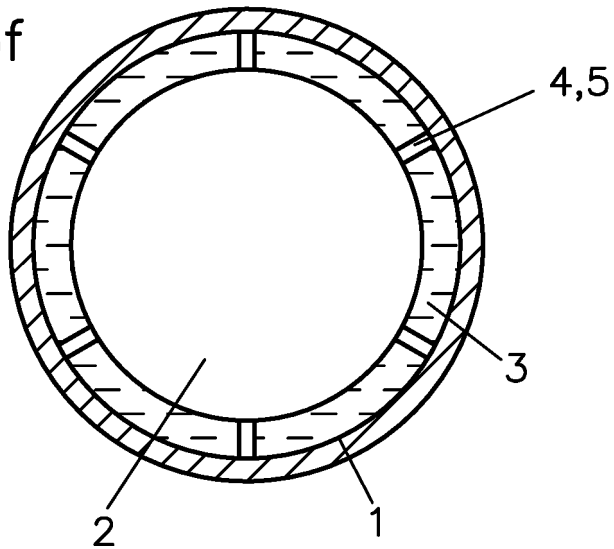


Fig. 3h

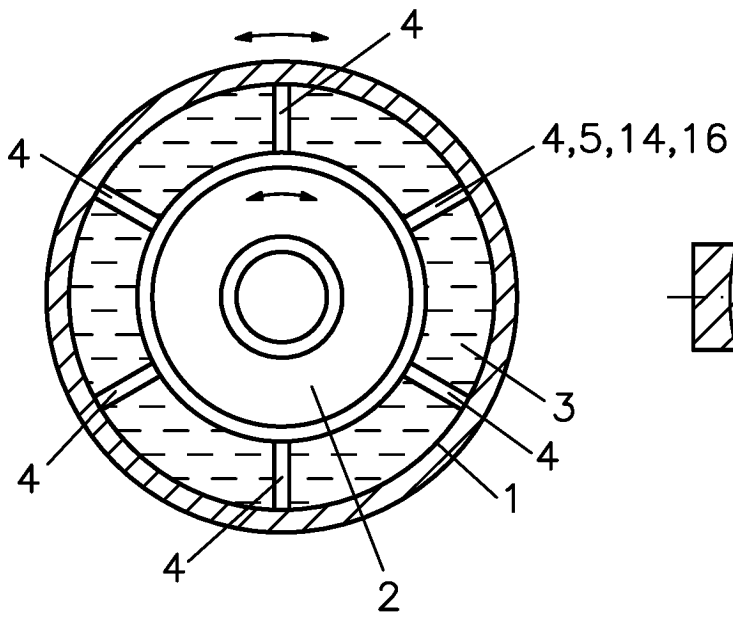


Fig. 3g

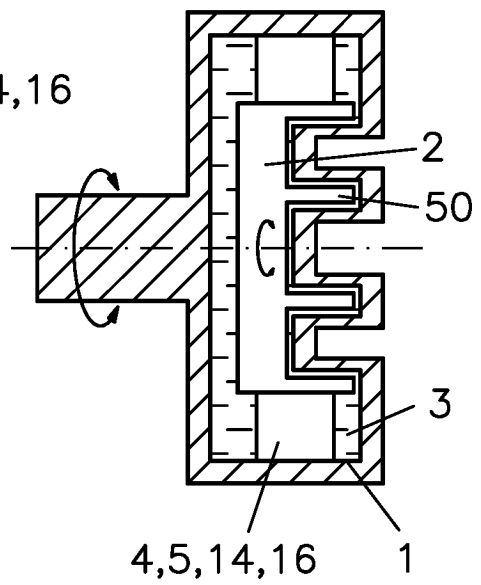


Fig. 3i

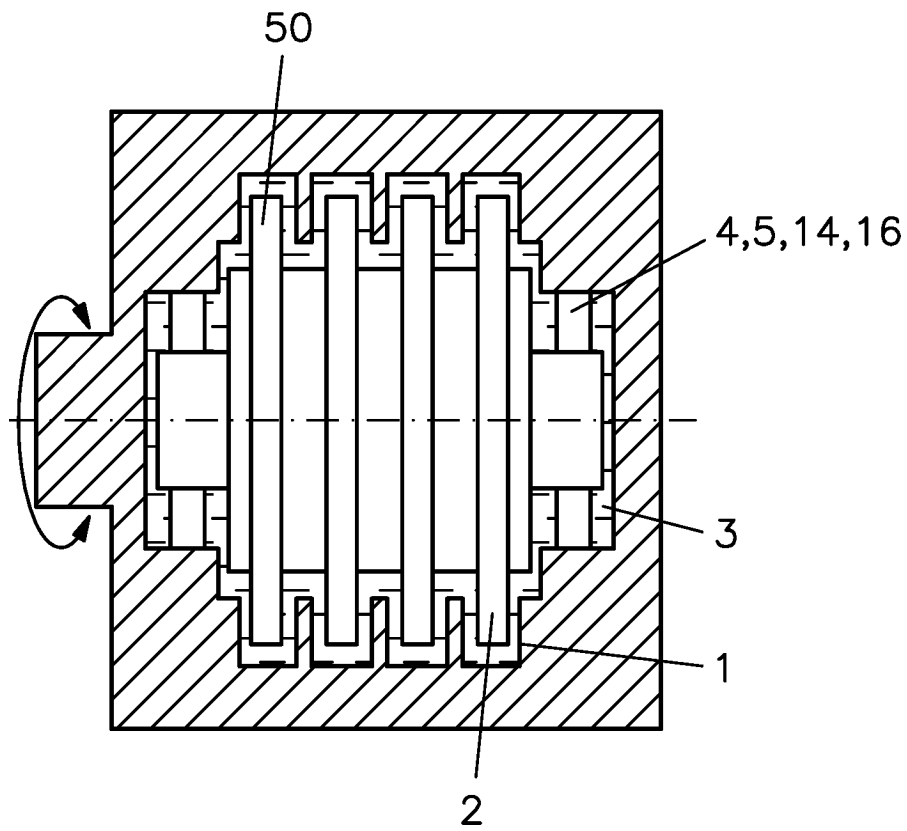


Fig. 4a

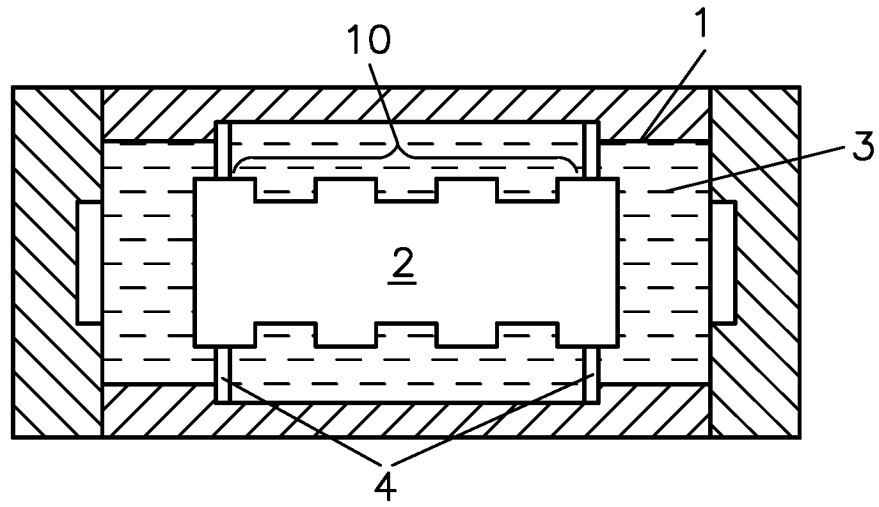


Fig. 4b

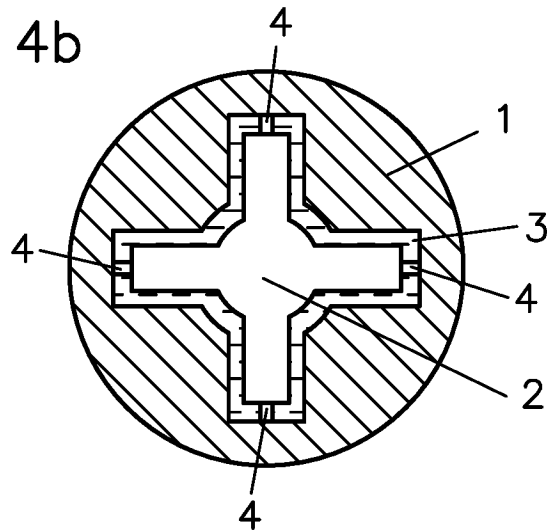


Fig. 5

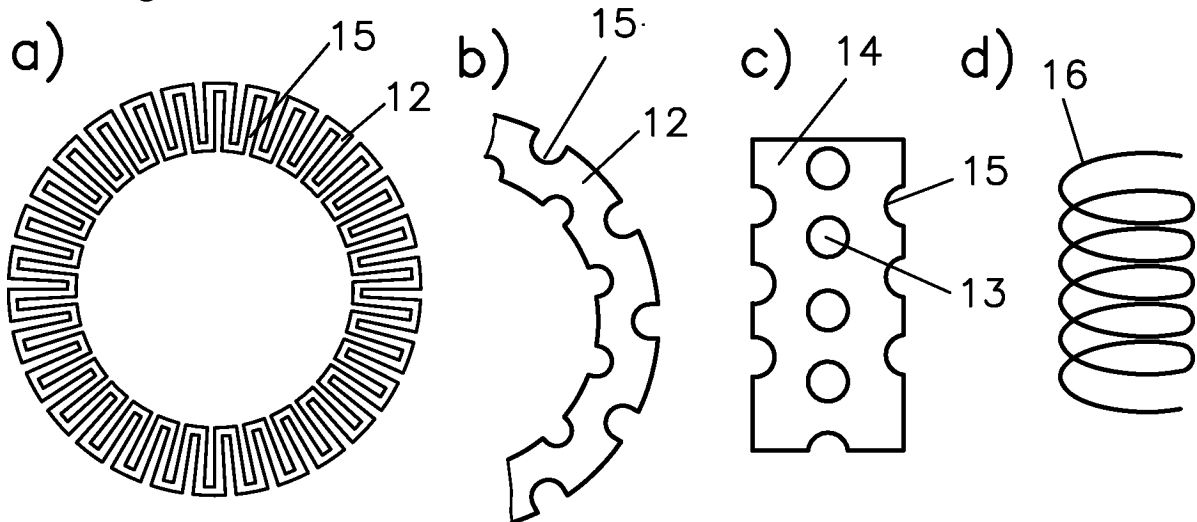




Fig. 6

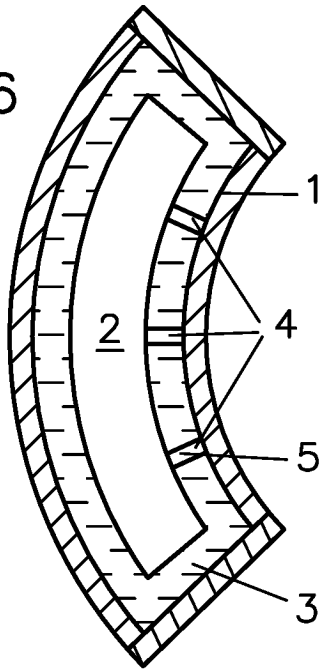


Fig. 7

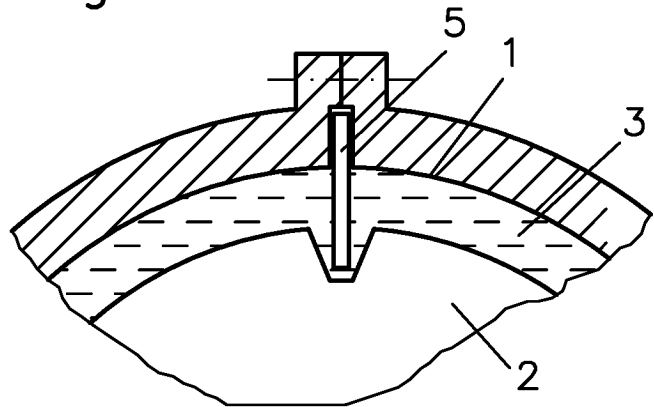


Fig. 8

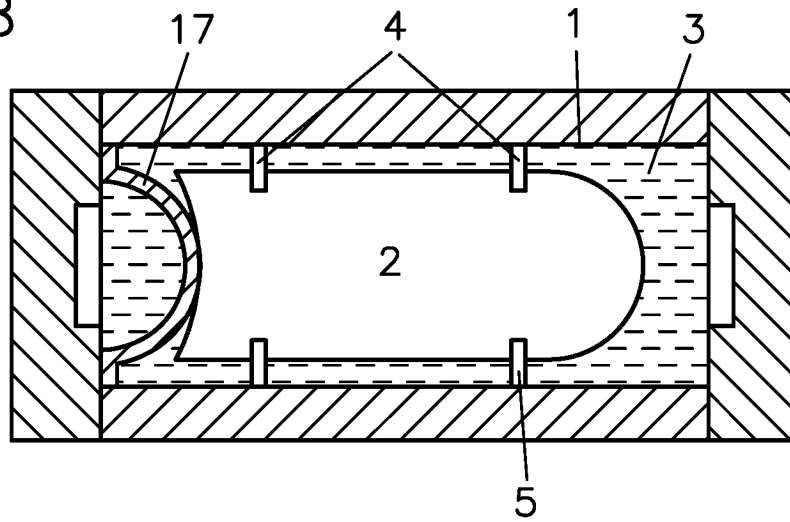


Fig. 9

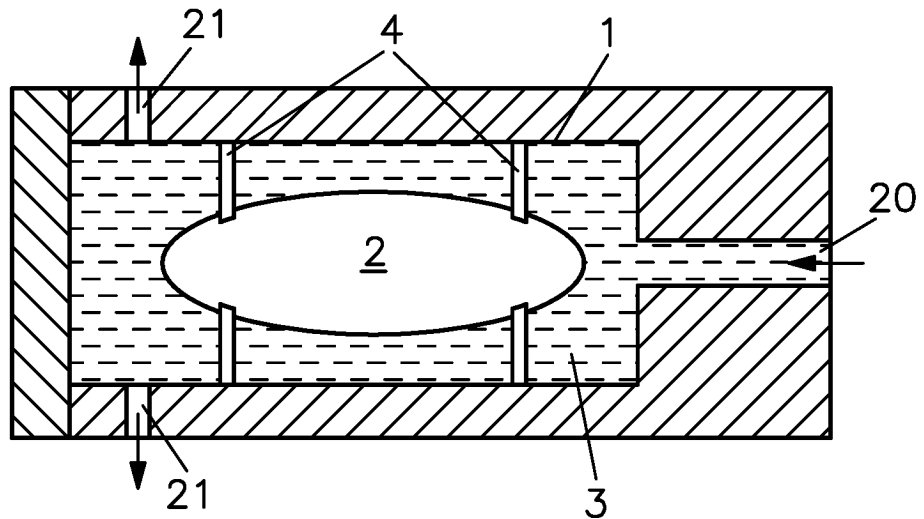


Fig. 10

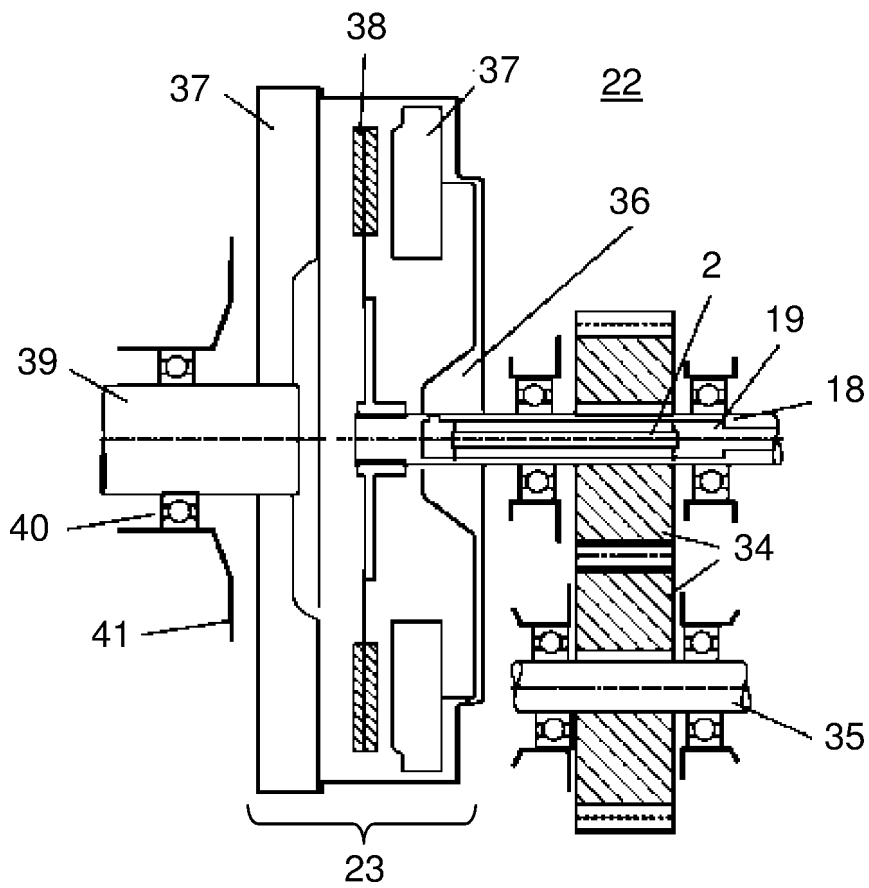


Fig. 11

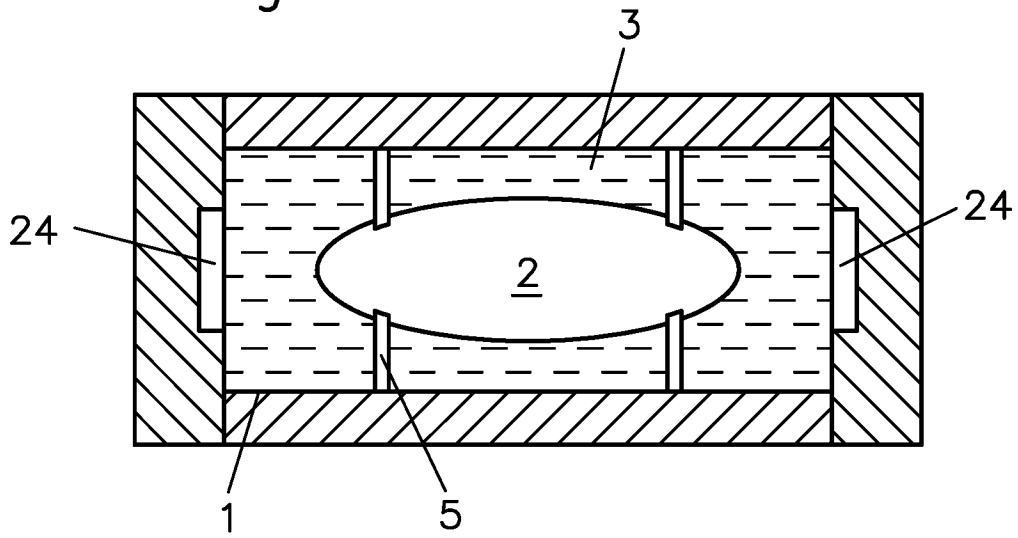


Fig. 12

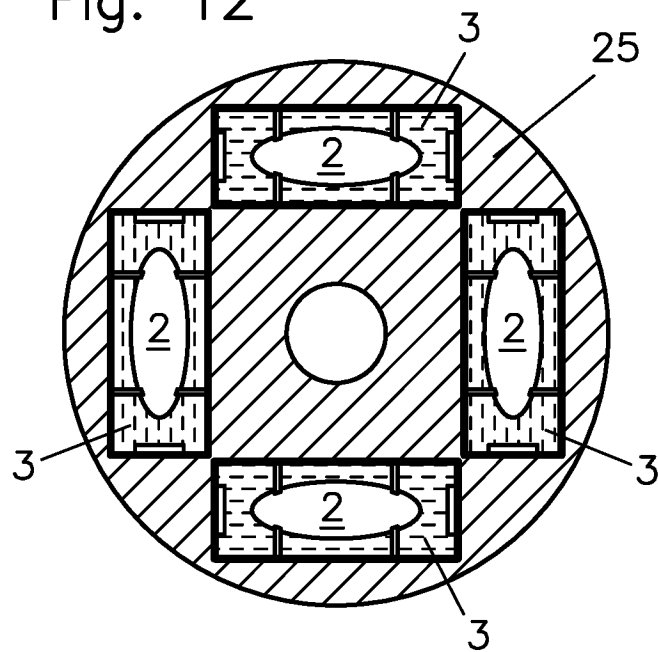


Fig. 13

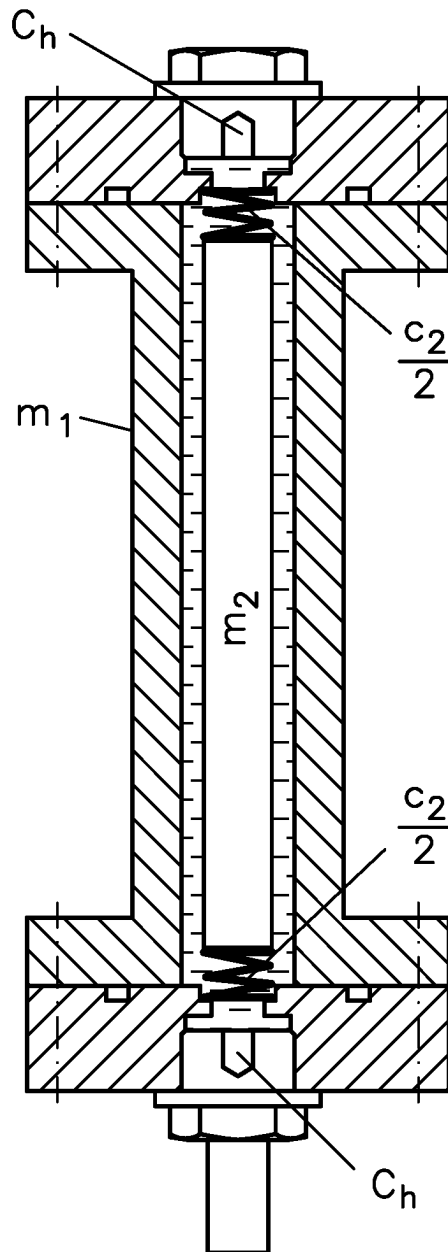


Fig. 14

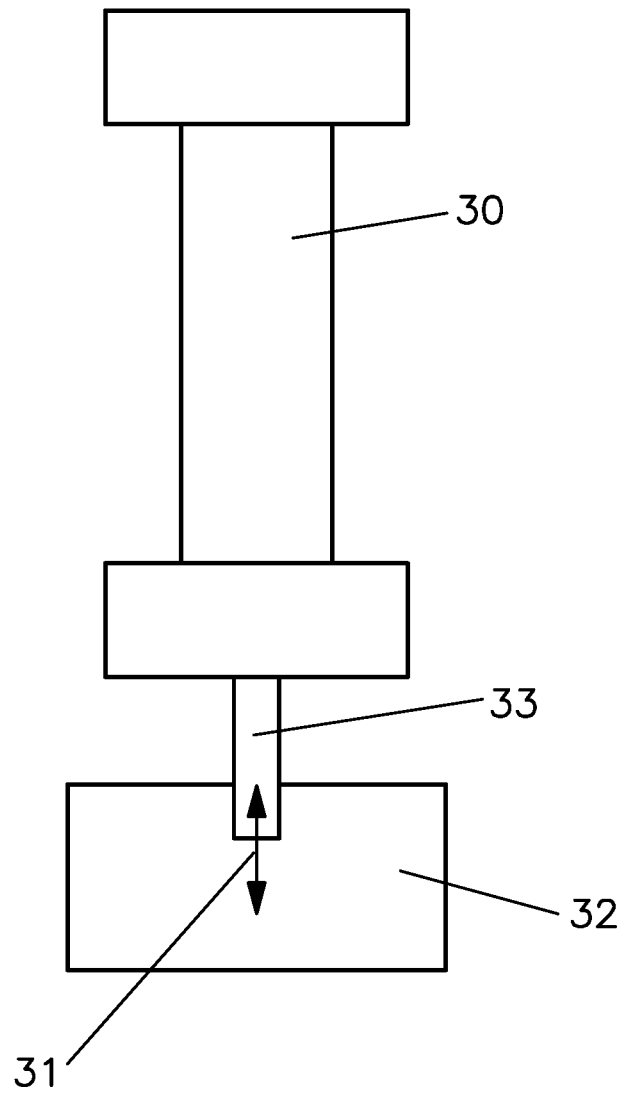


Fig. 15

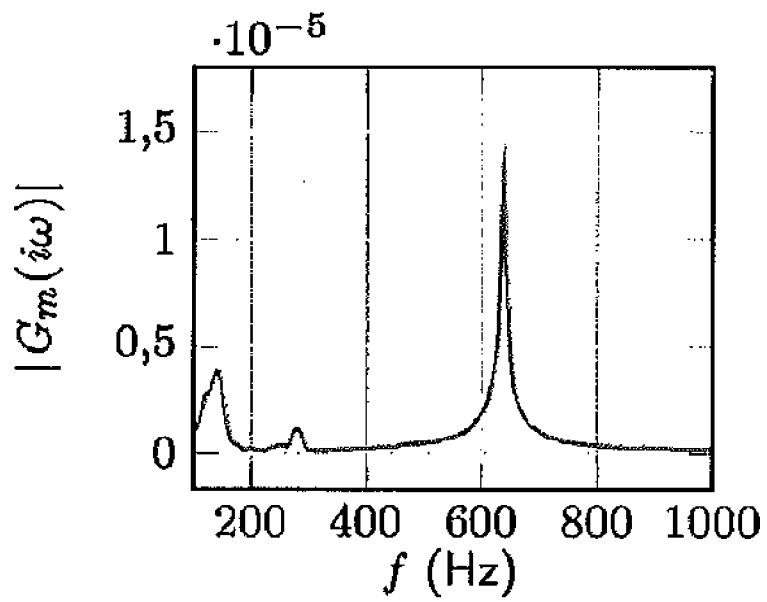


Fig. 16

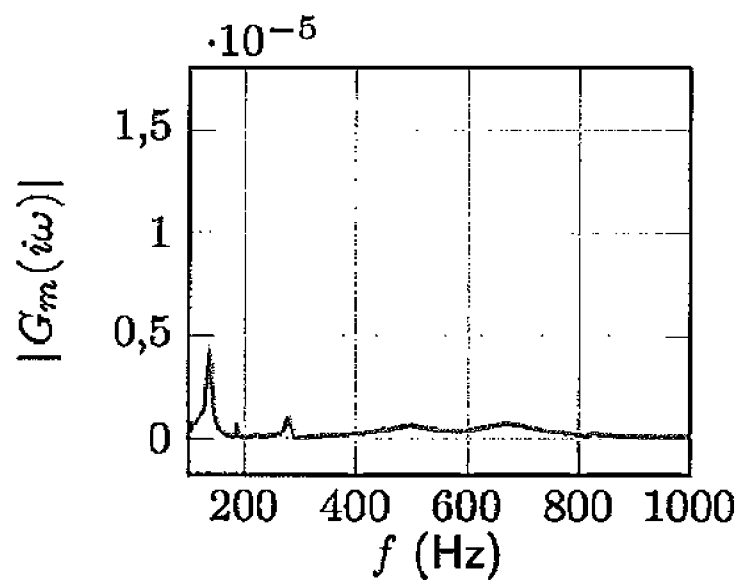


Fig. 17

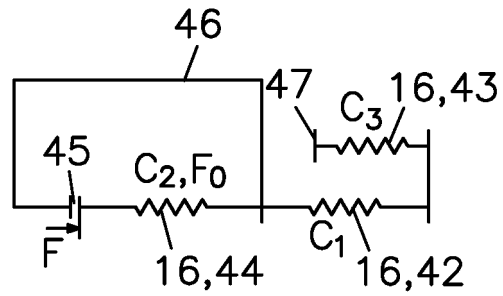


Fig. 18

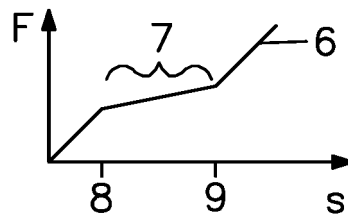


Fig. 19

