



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 006 031 B4** 2006.11.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 006 031.2**
 (22) Anmeldetag: **06.02.2004**
 (43) Offenlegungstag: **25.08.2005**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **16.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F16L 55/04 (2006.01)**
G10K 11/178 (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE

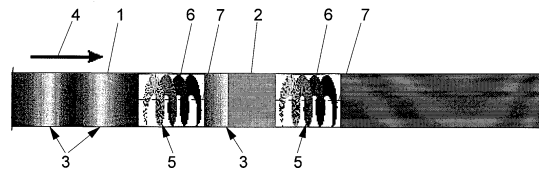
(74) Vertreter:
Rehberg Hüppe + Partner, 37073 Göttingen

(72) Erfinder:
Melcher, Jörg, 38165 Lehre, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 38 09 310 C2
DE 199 32 714 A1
GB 3 90 347 A
JP 09-292 089 A, in Pat. Abstr. of Japan;
Esser, Joachim: Adaptive Dämpfung von
Pulsationen
in Hydraulikanlagen, 1. Auflage Aachen: Verlag
der Augustinus Buchhandlung, 1996, (Aachener
Bei-
träge zum Kraftfahr- und Maschinenwesen, Band
10)
S. 69-93;

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Reduzierung von Druckpulsationen in Flüssigkeiten führenden Leitungssystemen**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Reduzierung von Druckpulsationen in einem eine Flüssigkeit führenden Leitungssystem, wobei ein Drosselkörper in einer Leitung des Leitungssystems angeordnet wird, dadurch gekennzeichnet, dass der Drosselkörper (5) eine Schraubenwendel (6) aufweist, deren Schraubenachse (7) in der Ausbreitungsrichtung der Druckpulsationen (3) in der Leitung (1) ausgerichtet wird und die mehrere in Richtung ihrer Schraubenachse (7) untereinander beabstandete Schraubengänge aufweist, wobei die Schraubenwendel (6) bei einer Projektion in Richtung ihrer Schraubenachse (7) zumindest einen Teil der Fläche innerhalb ihres Außenumfangs abdeckt, und dass eine Elastizität der Schraubenwendel (6) so eingestellt wird, dass sich ihre Steigung aufgrund der Druckpulsationen (3) passiv verändert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Reduzierung von Druckpulsationen in einem eine Flüssigkeit führenden Leitungssystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruch 1 bzw. des Anspruchs 5.

Stand der Technik

STAND DER TECHNIK

[0002] In der Hydrauliktechnik und anderen Bereichen, in denen flüssigkeitsführende Leitungssysteme verwendet werden, treten sehr häufig periodische Druckschwankungen, sogenannte Druckpulsationen auf. Ursachen für Druckpulsationen können beispielsweise Ungleichförmigkeiten innerhalb hydraulischer Maschinen, Förderstromschwankungen von Verdrängerpumpen, die Betätigung von Absperr- und Regelarmaturen mit kurzen Öffnungs- und Schließzeiten, das An- und Abschalten von Pumpen, schwingende Masse-Feder-Systeme, wie sie beispielsweise durch federbelastete Ventilkörper oder Hydrospeicher ausgebildet werden, instationäre Strömungsvorgänge in Form von Kontinuumschwingungen in den flüssigkeitsführenden Leitungen und das schlagartige Verbinden von Komponenten mit unterschiedlichem Druckniveau sein. Diese Ursachen bewirken jeweils stochastische, transiente oder periodische Volumenstrompulsationen, aus denen Druckpulsationen entstehen. Es ist bekannt, dass sich Druckpulsationen insbesondere in Leitungssystemen, die bereits unter Druck stehende Flüssigkeiten führen, extrem nachteilig auf die Funktionstüchtigkeit des jeweiligen Gesamtsystems und auch seine Umgebung auswirken können. In jedem Fall ist eine erhöhte Materialbeanspruchung an allen Stellen des Gesamtsystems gegeben. Hieraus resultieren erhöhte Sicherheitsanforderungen. Auch eine vermehrte Schallabstrahlung von Körper- oder Luftschall wird regelmäßig beobachtet. In vielen Fällen ist daher eine Dämpfung der Druckpulsationen unumgänglich. Als Maßnahmen zur Reduzierung von Druckpulsationen in einem eine Flüssigkeit führenden Leistungssystem ist es neben Primärmaßnahmen an der Erregerquelle bekannt, Sekundärmaßnahmen zu ergreifen, mit denen die angeregten Druckpulsationen wieder reduziert werden, so dass sie sich beispielsweise nicht über das Gesamtsystem ausbreiten. Dabei kommen sowohl passive als auch aktive Maßnahmen zum Einsatz.

[0003] Zu den passiven Maßnahmen zählen Hydrodämpfer, wie beispielsweise Membranspeicher, Windkessel und Blasenspeicher, Saugstromstabilisatoren, Schockabsorber, wie beispielsweise Druckstoßdämpfer, axialelastische Dehnzylinder, axial- oder radialelastische Dehnschläuche, Einzel- und Mehrkammerresonatoren sowie Strom- und Druckbegrenzungsventile. Diese Ansätze erfordern zusätz-

liche Aggregate, die das Volumen und das Gewicht des Gesamtsystems erhöhen. Darüber hinaus treten zum Teil erhebliche Verluste auf, indem der Druck in dem jeweiligen Leitungssystem bzw. die Drucksteifigkeit des jeweiligen Leitungssystems abfällt und zusätzliche Strömungswiderstände von den geführten Flüssigkeiten zu überwinden sind. Hierdurch wird der Wirkungsgrad des Gesamtsystems reduziert, und es können auch echte Einbußen bei seiner Funktionalität auftreten. Viele der bekannten Maßnahme sind auch nicht breitbandig, d.h. gegen Druckpulsationen in einem größeren Frequenzbereich einsetzbar, sondern müssen auf eine bestimmte Frequenz der Druckpulsationen abgestimmt werden, um eine sinnvolle Effektivität zu erreichen.

[0004] Bei einem bekannten Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 und einer bekannten Vorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 5 weist der Drosselkörper eine sich über den freien Querschnitt der Leitung erstreckende massive Platte auf, in der mehrere, jeweils eine Drossel ausbildende Bohrungen vorgesehen sind. Bei Abstimmung der Durchmesser der Bohrungen auf bestimmte Druckpulsationen in einer bestimmten Flüssigkeit kann mit diesem Drosselkörper verhindert werden, dass sich die Druckpulsationen über den Drosselkörper hinweg fortsetzen. Die Wirkung des Drosselkörpers basiert dabei im Wesentlichen auf einen besonders hohen Strömungswiderstand für eine schnelle Durchströmung der Bohrungen in der Platte. Dies bedeutet aber gleichzeitig eine extreme Erhöhung des Strömungswiderstands, den die Flüssigkeit beim regulären Fließen durch die Leitung zu überwinden hat.

[0005] Bekannte aktive Maßnahmen zur Reduzierung von Druckpulsationen in flüssigkeitsführenden Leitungssystemen umfassen eine Sensorik, eine Aktuatorik und eine zwischengeschalteten Regelung. Mit derartigen aktiven Systemen werden sekundäre Druckschwankungen erzeugt, die per destruktiver Interferenz die Druckpulsationen kompensieren. Bekannte aktive Systeme basieren auf dem Abzweigen und/oder Zuschalten eines Volumenstroms, direkt angetriebenen schwingenden Kolben oder Membranen oder adaptiven Schnittstellen, wie sie in J. Esser, 1996: "Adaptive Dämpfung von Pulsationen in Hydraulikanlagen", Aachener Beiträge zum Kraftfahr- und Maschinenwesen **10** beschrieben sind. Die Umsetzung aller bekannten aktiven Maßnahmen zur Reduzierung von Druckpulsationen, erfordert einen hohen apparativen und energetischen Aufwand insbesondere für die Erzeugung der sekundären Druckschwankungen.

[0006] DE 38 09 310 C2 offenbart einen Dehnschlauch zur Reduzierung von Druckpulsationen, der aus einem flexiblen äußeren Druckschlauch aus in Grenzen nachgiebigem Material und einem innerhalb

des äußeren Druckschlauchs angeordneten flexiblen Innenschlauch aufgebaut ist. Der flexible Innenschlauch ist als metallischer Wendelschlauch mit einer federelastischen Wendel ausgebildet. Diese Wendel kann konkret aus Rechteckdraht gewickelt sein, und ihre Wendelgänge liegen unter Federspannung axial aneinander an. Die Wendel bildet daher zunächst einen in radialer Richtung nahezu dichten Innenschlauch. Erst wenn Druckpulsationen in dem Innenschlauch auftreten, sich also entlang der Innenschlauchlänge ein Differenzdruck aufbaut, werden die einzelnen Wendelgänge je nach Höhe des wirkenden Drucks mehr oder weniger auseinandergedrückt, so dass über die Innenschlauchlänge verteilte radiale Durchlässe entstehen. Ein Teil des durch den Innenschlauch eintretenden Druckmediums tritt somit durch die sich öffnenden radialen Durchlässe hindurch in die von dem äußeren Druckschlauch umschlossene Schlauchkammer, während der andere Teil des Volumenstroms den Innenschlauch bis zum Ende durchfließt. Hierdurch soll eine Pulsations- und Brummgeräuschreduzierung erzielt werden. Die Baulänge des bekannten Dehnschlauchs ist vergleichsweise groß. Der Innenschlauch umfasst eine Vielzahl von Wendelgängen. Der Außenschlauch und die von ihm umschlossene Schlauchkammer bauen überdies um den normalen Schlauchdurchmesser hinaus auf, so dass auch die Baugröße des bekannten Dehnschlauchs vergleichsweise groß ist.

[0007] Weiterer Stand der Technik ist aus DE 199 32 714 A1 bekannt.

Aufgabenstellung

AUFGABE DER ERFINDUNG

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 5 aufzuzeigen, mit denen Druckpulsationen mit geringem apparativem Aufwand aktiv und/oder passiv reduzierbar sind.

LÖSUNG

[0009] Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und durch eine Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 5 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens und der Vorrichtung sind in den Unteransprüchen 2 bis 4 bzw. 6 bis 10 beschrieben.

WEITERER STAND DER TECHNIK

[0010] Aus der DE 199 32 714 A1 ist eine rohrförmige luftdurchströmte Vorrichtung mit aktiver Schallreduktionseinrichtung bekannt, bei der die Schallreduktionseinrichtung eine helikal angeordnete Membran

ist, die passiv verformbar ist und aktiv verformt wird. Diese helikale Membran weist zwar geometrische Übereinstimmungen mit der Schraubenwendel des Drosselkörpers auf, der bei dem neuen Verfahren eingesetzt wird, doch sind die physikalischen Verhältnisse bei einer luftdurchströmten Vorrichtung, d.h. in einem Gas, und bei einer eine Flüssigkeit führenden Leitung, d.h. in einer Flüssigkeit, nicht miteinander vergleichbar. Der Fachmann hatte daher keinen Anlass, zur Reduzierung von Druckpulsationen eine helikal angeordnete Membran von einer luftdurchströmten Vorrichtung auf eine flüssigkeitsführende Leitung zu übertragen. Auch die praktische Ausführung der Schraubenwendel wird beispielsweise aufgrund der anderen Druckverhältnisse in der Flüssigkeit in den meisten Fällen eine andere sein als die der bekannten helikal angeordneten Membran. Zudem ist in der DE 199 32 714 A1 von einer passiven Wirkungsweise der dort beschriebenen helikal angeordneten Membran, insbesondere ohne Verformung der Membran, keine Rede.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0011] Bei dem neuen Verfahren weist der Drosselkörper eine Schraubenwendel auf, deren Schraubenachse in der Ausbreitungsrichtung der Druckpulsationen in der Leitung ausgerichtet ist. Eine solche Schraubenwendel kann von der Flüssigkeit in der Leitung mit noch vergleichsweise geringem Strömungswiderstand durchströmt werden. Auch gewollte Druckänderungen der Flüssigkeit in der Leitung pflanzen sich über die Schraubenwendel hinweg weitgehend ungestört fort. Auf Druckstöße in der Leitung wirkt sich die Schraubenwendel jedoch unter verschiedenen Aspekten dämpfend aus. Selbst wenn die Schraubenwendel ihre Form, d.h. insbesondere ihre Steigung beim Auftreffen von Druckstößen nicht ändert, resultiert eine Dämpfung von Druckpulsationen aufgrund des Dralls, der bei der Durchströmung der Schraubenwendel der Flüssigkeit aufgeprägt wird. Dieser Effekt tritt vergleichsweise breitbandig im Bereich höherer Frequenzanteile auf. Der Drosselkörper weist bei dem neuen Verfahren damit Tiefpassfiltereigenschaften auf. Die genaue Wirkung des Drosselkörpers hängt neben den Eigenschaften, insbesondere der Viskosität der Flüssigkeit in der Leitung von der geometrischen Gestalt der Schraubenwendel und ihrer Länge ab. Die Schraubenwendel umfasst jedoch regelmäßig immer mehr als einen Schraubengang. Typischerweise kann sie zwei bis vier Schraubengänge lang sein. Außerdem wird die Schraubenwendel immer ortsfest in der Leitung angeordnet, so dass sie sich als Ganzes nicht oder nur über eine begrenzte Entfernung mit der Flüssigkeit längs der Leitung bewegen kann.

[0012] Bei dem neuen Verfahren wird die Elastizität des Drosselkörpers aber auch gezielt so eingestellt, dass sich die Steigung seiner Schraubenwendel auf-

grund der Druckpulsationen passiv verändert. Hierdurch können zusätzliche Dämpfungseffekte erzielt werden, indem der Drosselkörper wie ein Puffer für die Druckspitzen der Druckpulsationen wirkt.

[0013] Darüber hinaus ist es bei dem neuen Verfahren möglich, die Steigung der Schraubenwendel des Drosselkörpers aktiv zu verändern. Auf diese Weise ist es möglich, gegenphasige Druckschwankungen zu den Druckpulsationen zu generieren, um diese destruktiv zu überlagern. Es ist aber auch möglich, die Steigung der Schraubenwendel für eine Optimierung ihrer passiven Wirkung auf je nach den auftretenden Druckpulsationen unterschiedliche Steigungen einzustellen, die dann längerfristig beibehalten werden.

[0014] Wenn eine aktive Änderung der Steigung der Schraubenwendel zum Generieren von gegenphasigen Druckschwankungen durchzuführen ist, kann dies in Abhängigkeit von passiven Änderungen der Steigung aufgrund der Druckpulsationen erfolgen, die an der Schraubenwendel erfasst werden. Die Schraubenwendel bildet damit zugleich einen Sensor für die mit ihr zu dämpfenden Druckpulsationen aus.

[0015] Bei dem neuen Verfahren können auch mehrere Drosselkörper zum Einsatz kommen. So können mindestens zwei Drosselkörper mit einem festen Abstand zwischen den Drosselkörpern hintereinander in der jeweiligen Leitung angeordnet werden.

[0016] Verschiedene Aspekte der neuen Vorrichtung sind bereits im Zusammenhang mit dem bis hierher beschriebenen neuen Verfahren angesprochen worden. Ebenso werden bei der nachfolgenden Beschreibung der neuen Vorrichtung auch Aspekte zur Sprache kommen, die für das neue Verfahren Bedeutung haben.

[0017] In einer konkreten Ausführungsform der neuen Vorrichtung ist die Schraubenwendel des Drosselkörpers, deren Schraubenachse coaxial zu der Leitung angeordnet ist, seelen- und wellenlos. Die Seelenlosigkeit bedeutet, dass die Schraubenwendel innerhalb ihres Außenumfangs, der vorzugsweise bis an den Innenumfang der jeweiligen Leitung heranreicht, den gesamten freien Querschnitt der Leitung überspannt. Es gibt also im Bereich der Schraubenachse keinen geradlinigen freien Weg durch die Schraubenwendel hindurch. Die Wellenlosigkeit der Schraubenwendel bedeutet dabei, dass die Schraubenwendel selbst bis an ihre Schraubenachse heranreicht und dort keine in axialer Richtung durchlaufende Welle vorhanden ist. In Einzelfällen mag es aber durchaus sinnvoll sein, eine Schraubenwendel mit Seele oder eine Schraubenwendel mit Welle einzusetzen. Bei einer Schraubenwelle mit Seele ist der Strömungswiderstand des Drosselkörpers noch weiter reduziert. Bei einer Schraubenwendel mit Welle kann im Bereich der Welle beispielsweise ein Linea-

raktuator angeordnet werden, mit dem die Steigung der Schraubenwendel veränderbar ist.

[0018] Ein solcher Aktuator kann auch am Außenumfang der Schraubenwendel angeordnet sein. In einer bevorzugten Ausführungsform der neuen Vorrichtung ist jedoch die Schraubenwendel selbst mit einem Funktionsmaterial beschichtet, um ihre Steigung aktiv zu verändern. Dieses Funktionsmaterial kann auch einen Sensor ausbilden, um Änderungen der Steigung der Schraubenwendel des Drosselkörpers zu erfassen. Als Funktionsmaterial ist beispielsweise eine piezoelektrische Keramik verwendbar, mit der die Schraubenwendel ganz oder partiell beschichtet ist. Es können auch piezokeramische Fasern auf der Schraubenwendel angeordnet sein. Mittels Ansteuern der piezoelektrischen Keramik durch Anlegen eines äußeren elektrischen Felds ist die piezoelektrische Keramik in bekannter Weise und damit indirekt auch die Schraubenwendel verformbar. Umgekehrt können Verformungen der Schraubenwendel durch elektrische Spannungen registriert werden, die an der piezoelektrischen Keramik abgreifbar sind.

[0019] Ebenso wie die Steigung der Schraubenwendel auch durch einfache Linearaktuatoren veränderbar ist, können passive Veränderungen der Steigung der Schraubenwendel durch einfache lineare Sensoren erfasst werden, die beispielsweise im Bereich der Schraubenachse oder am Außenumfang der Schraubenwendel angeordnet sein können.

[0020] Ein besonderer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die die Flüssigkeit führende Leitung selbst drucksteif ausgebildet sein kann, da die Druckpulsationen auf andere Weise als durch Volumenelastizität gedämpft werden. Hierdurch ist es möglich, einen hohen Wirkungsgrad des jeweiligen Gesamtsystems zu erzielen.

Ausführungsbeispiel

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

[0021] Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

[0022] [Fig. 1](#) zeigt einen schematischen Längsschnitt durch eine Leitung, längs derer sich Druckpulsationen fortpflanzen, die durch erfindungsgemäße Vorrichtungen gedämpft werden.

[0023] [Fig. 2](#) zeigt eine erste Ausführungsform eines Drosselkörpers zur Verwendung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0024] [Fig. 3](#) zeigt eine zweite Ausführungsform eines Drosselkörpers zur Verwendung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung; und

[0025] [Fig. 4](#) zeigt eine dritte Ausführungsform eines Drosselkörpers zur Verwendung in der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

FIGURENBESCHREIBUNG

[0026] [Fig. 1](#) zeigt eine Leitung **1** eines Leitungssystems für eine Flüssigkeit **2**. In der Flüssigkeit **2** breiten sich Druckpulsationen **3** in Richtung eines Pfeils **4** längs der Leitung **1** aus. Die Druckpulsationen **3** sind in [Fig. 1](#) durch unterschiedliche Grautöne bei der Wiedergabe der Flüssigkeit **2** dargestellt. Die Darstellung der Flüssigkeit **2** in unterschiedlichen Grautönen ist im Bereich von zwei Drosselkörpern **5** ausgesetzt, die an festen, voneinander beabstandeten Orten in der Leitung **1** angeordnet sind. Die Drosselkörper **5** dienen zur Dämpfung der Druckpulsationen **3** durch aktive und passive Wirkmechanismen. Die Drosselkörper **5** bestehen jeweils aus einer Schraubenwendel **6**, die koaxial in der Leitung **1** angeordnet ist, so dass ihre Schraubenachse **7** mit der Mittelachse der Leitung **1** zusammenfällt. Mit ihrem Außenumfang reichen die Schraubenwendeln **6** bis an den Innenumfang der Leitung **1** heran, wobei hier grundsätzlich auch ein Ringspalt belassen sein könnte. Die Schraubenwendeln **6** können unterschiedlich ausgestaltet sein und unterschiedliche Funktionalitäten aufweisen. Die unterschiedliche Ausgestaltung der Schraubenwendeln **6** kann sich auf ihre Steigung, d.h. den axialen Abstand von zwei aufeinanderfolgenden Schraubengängen, die Anzahl der Schraubengänge, die Elastizität der Schraubenwendeln in Bezug auf eine Veränderung ihrer Steigung, ihren Außenumfang, insbesondere in Bezug auf den Innenumfang der Leitung **1**, ihren eigenen Innenumfang und die Anordnung etwaiger Sensoren und/oder Aktuatoren an der Schraubenwendel, um deren Steigung aktiv zu verändern bzw. zu erfassen, beziehen.

[0027] Jede der Schraubenwendeln **6**, von denen auch nur eine oder mehr als zwei hintereinander in der Leitung **1** angeordnet sein können, kann beispielsweise die in [Fig. 2](#) dargestellte Form aufweisen. Durch schraubenförmige Linien **8** entlang der Schraubenwendel **6** ist in [Fig. 2](#) angedeutet, dass der Begriff Schraubenwendel alle Körper bezeichnen soll, die durch schraubenförmige Linienelemente darstellbar sind. Auf einer realen Schraubenwendel sind die Linien **8** nicht zu sehen. Die Schraubenwendel **6** gemäß [Fig. 2](#) umfasst zwei Schraubengänge, d.h. die Linien **8** laufen zweimal um die Schraubenachse **7** um. Dabei ist die Schraubenwendel **6** seelen- und wellenlos, d.h. in einer Projektion in Richtung ihrer Schraubenachse **7** deckt sie die gesamte Fläche innerhalb ihres Außenumfangs ab, ohne dass ein Freiraum im Bereich der Schraubenachse **7** verbleibt, und es ist hier auch keine durchgehende Welle in Form eines solchen Freiraum füllenden Zylinderabschnitts vorgesehen. Die Schraubenwendel **6** gemäß [Fig. 2](#) kann eine feste Steigung aufweisen,

die sich unter Einwirkung der Druckpulsation **3** gemäß [Fig. 1](#) nicht ändert. Dennoch resultiert auch dann ein Dämpfungseffekt der Schraubenwendel **6** gemäß [Fig. 2](#) auf die Druckpulsationen **3** gemäß [Fig. 1](#), indem der Flüssigkeit **2** beim schnellen Durchströmen der Schraubenwendel **6** in axialer Richtung ihrer Schraubenachse **7** ein Drall verliehen wird.

[0028] Die in [Fig. 3](#) dargestellte Schraubenwendel **6** unterscheidet sich von derjenigen gemäß [Fig. 2](#) dadurch, dass sie eine Seele **11**, d.h. einen Freiraum im Bereich um die Schraubenachse **7** aufweist. Hier kann entweder eine freie Durchströmung der Schraubenwendel **6** in der axialen Richtung ihrer Schraubenachse **7** erfolgen, oder es wird hier beispielsweise ein Linearaktor koaxial zu der Schraubenachse **7** angeordnet, mit dem der Abstand zwischen den Enden der Schraubenwendel **6** veränderbar ist, um ihre Steigung längs der Schraubenachse **7** zu verändern. Hierzu ist die Schraubenwendel **6** zumindest so elastisch auszubilden, dass sie von dem Linearaktor verformt werden kann. Die Elastizität der Schraubenwendel **6** kann zudem so ausgelegt werden, dass sie ihre Steigung passiv unter dem Einfluss der Druckpulsationen **3** gemäß [Fig. 1](#) ändert. Auch hierdurch kann ein Dämpfungseffekt auf die Druckpulsationen **3** erzielt werden. Wenn der Schraubenwendel **6** ein Aktuator parallel geschaltet ist, ist auch dessen Steifigkeit bei einer Betrachtung der Steifigkeit der Schraubenwendel **6** einzubeziehen. Je nach Ausführung dieses Aktuators kann er zugleich als Sensor für die auf die Schraubenwendel **6** aufgrund der Druckpulsationen **3** gemäß [Fig. 1](#) einwirkenden äußeren Kräfte dienen, wozu er die passiven Änderungen der Steigung der Schraubenwendel erfasst.

[0029] [Fig. 4](#) zeigt eine Ausführungsform der Schraubenwendel **6**, die sich von derjenigen gemäß [Fig. 2](#) dahingehend unterscheidet, dass sie in Teilbereichen **9** mit piezoelektrischer Keramik **10** beschichtet ist. Die auf der Schraubenwendel **6** zur Orientierung wiedergegebenen Hilfslinien sind auch hier nicht real. Die Beschichtung aus piezoelektrischer Keramik **10** bildet sowohl Sensoren für eine passive Verformung der Schraubenwendel **6** aufgrund der Druckpulsationen **3** gemäß [Fig. 1](#), als auch Aktuatoren aus, um die Druckpulsationen **3** durch mit der Schraubenwendel **6** erzeugte sekundäre Druckschwankungen destruktiv zu überlagern. Mit der Schraubenwendel **6** können sekundäre Druckschwankungen erzeugt werden, indem durch Ansteuerung der piezoelektrischen Keramiken **10** die Steigung der Schraubenwendel **6** zu bestimmten Zeitpunkten und mit bestimmter Geschwindigkeit willkürlich verändert wird. Eine hier nicht dargestellte Steuerung kann den richtigen Zeitpunkt für die sekundären Druckschwankungen aus den passiven Deformationen der Schraubenwendel **6** aufgrund der auftretenden Druckpulsationen ermitteln, die von der piezoelektrischen Keramik **10** erfasst werden. Es ver-

steht sich, dass bei der Ausführungsform der Schraubenwendel **6** gemäß [Fig. 4](#) die Elastizität der Schraubenwendel auf die zu erwartenden Druckpulsationen **3** und den Arbeitsbereich der piezoelektrischen Keramik **10** abzustimmen ist.

[0030] Die Anzahl der Schraubengänge der Schraubenwendel **6**, die in den [Fig. 2](#) bis [Fig. 4](#) jeweils mit zwei dargestellt ist, kann auch größer und kleiner als zwei sein. Sie sollte aber in jedem Fall deutlich größer als eins sein. Bei einer Anzahl von mehr als fünf Schraubengängen wird der Wirkungsgrad der Schraubenwendeln beim Dämpfen, d.h. Reduzieren von Druckpulsationen verglichen mit dem mit ihnen einhergehenden erhöhten Strömungswiderstand deutlich schlechter.

[0031] Während in [Fig. 1](#) nur der Fall dargestellt ist, dass Druckpulsationen **3** von einer Seite auf die Schraubenwendel **6** treffen, hängt deren Funktion im Fall einer Abstützung an der Leitung **1** in der Mitte ihrer Länge längs ihrer Schraubenachse **7** in keiner Weise von der Richtung ab, aus der die Druckpulsationen kommen. Die Schraubenwendeln **6** können somit auch zur Reduzierung von Druckpulsationen verwendet werden, die von beiden Seiten her auf sie auftreffen. Dies gilt sowohl in Bezug auf ihre passive als auch auf ihre aktive Wirkungsweise.

Bezugszeichenliste

1	Leitung
2	Flüssigkeit
3	Druckpulsation
4	Pfeil
5	Drosselkörper
6	Schraubenwendel
7	Schraubenachse
8	Schraubenlinie
9	Teilbereich
10	Piezoelektrische Keramik
11	Seele

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Druckpulsationen in einem eine Flüssigkeit führenden Leitungssystem, wobei ein Drosselkörper in einer Leitung des Leitungssystems angeordnet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Drosselkörper **(5)** eine Schraubenwendel **(6)** aufweist, deren Schraubenachse **(7)** in der Ausbreitungsrichtung der Druckpulsationen **(3)** in der Leitung **(1)** ausgerichtet wird und die mehrere in Richtung ihrer Schraubenachse **(7)** untereinander beabstandete Schraubengänge aufweist, wobei die Schraubenwendel **(6)** bei einer Projektion in Richtung ihrer Schraubenachse **(7)** zumindest einen Teil der Fläche innerhalb ihres Außenumfangs abdeckt, und dass eine Elastizität der Schraubenwendel **(6)** so eingestellt wird, dass sich ihre Steigung aufgrund der

Druckpulsationen **(3)** passiv verändert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung der Schraubenwendel **(6)** aktiv verändert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Steigung der Schraubenwendel **(6)** in Abhängigkeit von der passiven Änderungen ihrer Steigung aktiv verändert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens zwei Schraubenwendeln **(6)** mit einem freien Abstand zwischen den Schraubenwendeln hintereinander in der Leitung angeordnet werden.

5. Vorrichtung zur Reduzierung von Druckpulsationen in einem eine Flüssigkeit führenden Leitungssystem, mit mindestens einem in einer Leitung des Leitungssystems angeordneten Drosselkörper, dadurch gekennzeichnet, dass der Drosselkörper **(5)** eine Schraubenwendel **(6)** aufweist, deren Schraubenachse **(7)** koaxial zu der Leitung **(1)** ausgerichtet ist und die mehrere in Richtung ihrer Schraubenachse **(7)** untereinander beabstandete Schraubengänge aufweist, wobei die Schraubenwendel **(6)** bei einer Projektion in Richtung ihrer Schraubenachse **(7)** zumindest einen Teil der Fläche innerhalb ihres Außenumfangs abdeckt, und dass eine Elastizität der Schraubenwendel **(6)** so groß ist, dass ihre Steigung durch die Druckpulsationen veränderbar ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Schraubenwendel **(6)** seelen- und wellenlos ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Aktuator vorgesehen ist, mit dem die Steigung der Schraubenwendel **(6)** veränderbar ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Sensor vorgesehen ist, mit dem Änderungen der Steigung der Schraubenwendel **(6)** erfassbar sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Schraubenwendel **(6)** zumindest in Teilbereichen mit piezoelektrischer Keramik **(10)** beschichtet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Leitung **(1)** drucksteif ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

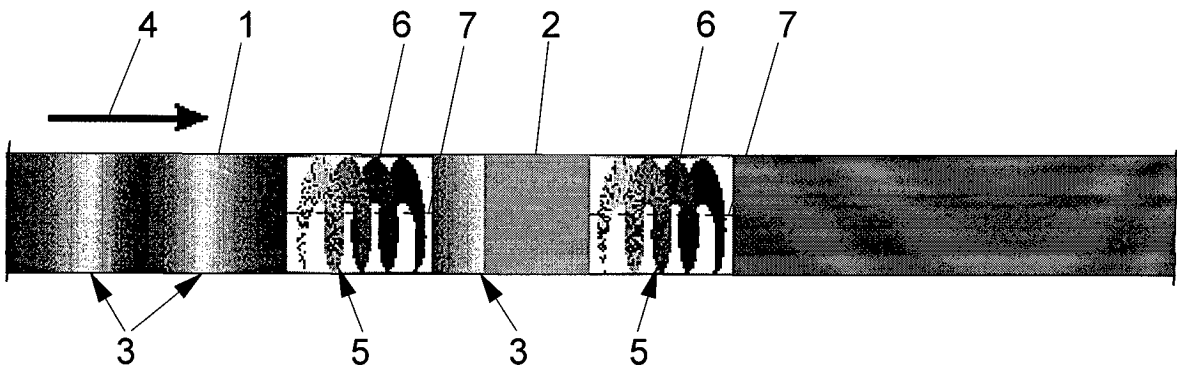


Fig. 1

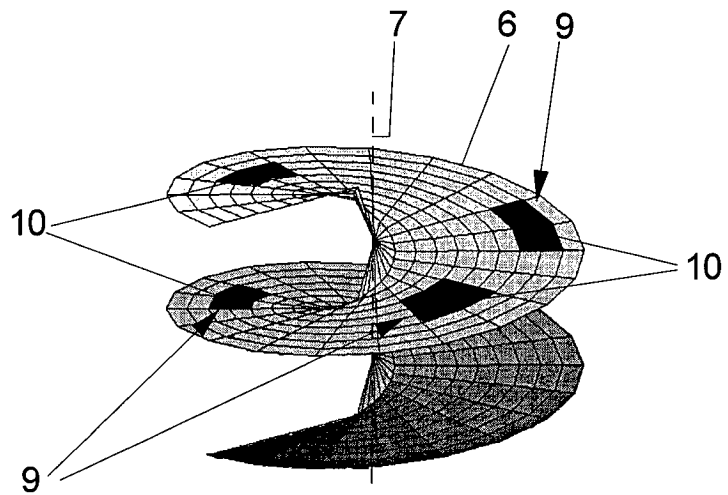


Fig. 4

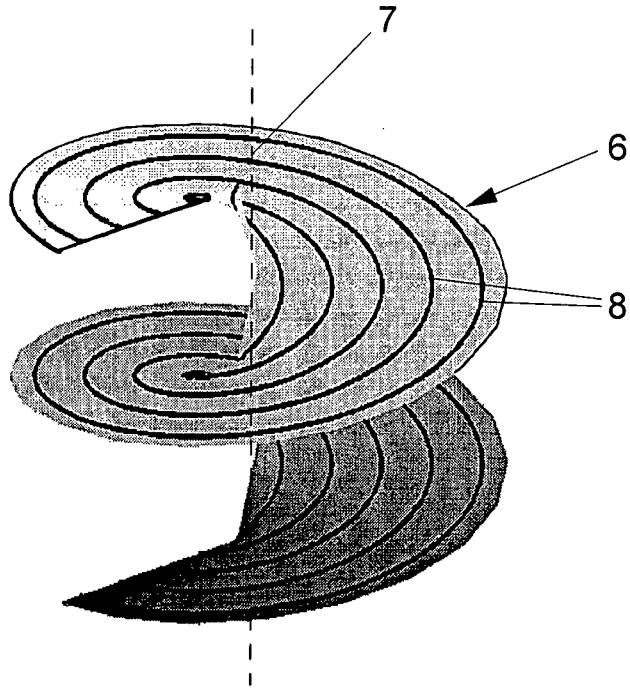


Fig. 2

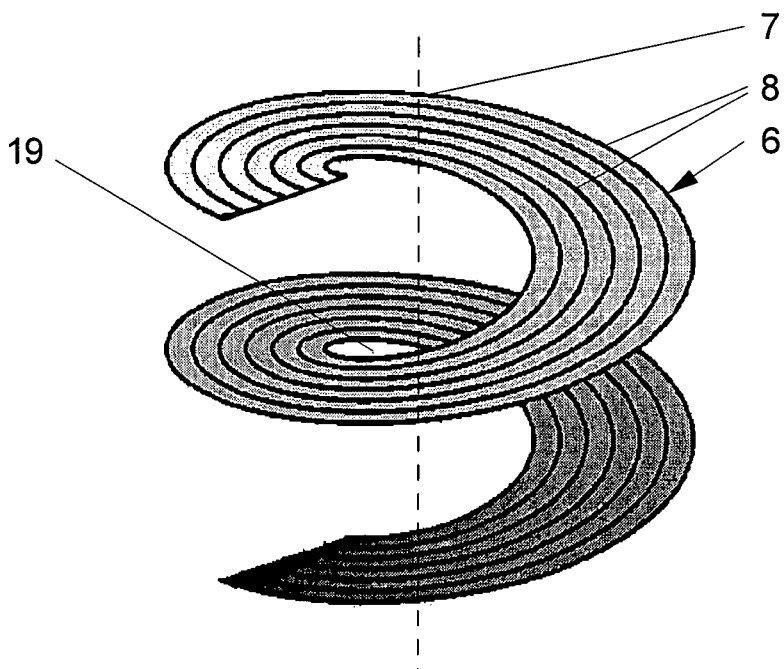


Fig. 3