



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 124 871.7**

(22) Anmeldetag: **24.09.2020**

(43) Offenlegungstag: **10.06.2021**

(51) Int Cl.: **F16K 31/04 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:

10 2019 132 976.0 04.12.2019

(71) Anmelder:

ECO Holding 1 GmbH, 97828 Marktheidenfeld, DE

(74) Vertreter:

K & P Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80335 München, DE

(72) Erfinder:

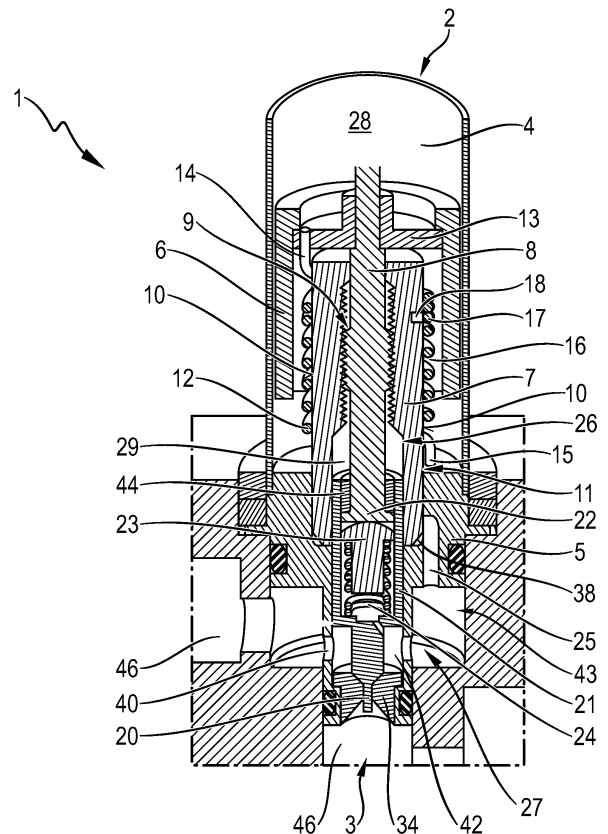
Dehrmann, Sven, 76744 Wörth, DE; Schneider, Toni, 73728 Esslingen, DE; Orradre, Adrian Eslava, 70374 Stuttgart, DE; Reimann, Daniel, 73666 Baltmannsweiler, DE

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Expansionsventil**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein mit einem Schrittmotor betreibbares Expansionsventil (1), das Folgendes aufweist: ein Gehäuse (4); einen Hohlenschaft (7), welcher in dem Gehäuse (4) angeordnet ist; einen den Hohlenschaft (7) tragenden Ventilbasiskörper (5), welcher das Gehäuse (4) abschließt; einen Rotor (6), welcher mittels eines Stators antreibbar ist; eine zentrale Spindel (8), welche innerhalb des Hohlenschafts (7) angeordnet und von dem Rotor (6) derart antreibbar ist, dass eine Rotationsbewegung der Spindel (8) über eine Gewindeverbindung (9) in eine axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils (1) überführbar ist; und einen einen Gewindegang (16) aufweisenden Spiralkörper (12), welcher um eine Mantelfläche (10) des Hohlenschafts (7) herum angeordnet und mittels des Rotors (6) antreibbar ist, wobei an dem Hohlenschaft (7) ein Anschlagkörper angeordnet ist, der in dem Gewindegang (16) des Spiralkörpers (12) bewegbar angeordnet ist und als Teil einer Spindel-Stopper-Struktur eine obere Endlage und eine untere Endlage der zentralen Spindel (8) vorgibt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Expansionsventil.

[0002] Expansionsventile, auch Drosselventile genannt, sind allgemein Vorrichtungen, die mittels einer lokalen Verengung eines Strömungsquerschnitts einen Druck eines durchfließenden Fluides vermindern und damit eine Volumenzunahme bzw. Expansion bewirken. Üblicherweise weisen Expansionsventile einen Mechanismus auf, der eine Rotationsbewegung in eine axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils überführt. Für die axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils ist eine Begrenzung bzw. eine Festlegung zweier Endpunkte mittels einer Stopperstruktur notwendig.

[0003] Derartige Expansionsventile sind im Stand der Technik hinlänglich bekannt. Beispielsweise ist aus der JP 3328530 B2 eine Stopperstruktur für ein motorisiertes Ventil bekannt. Bei dem Ventil wird ein Öffnungsgrad eines Ventilsitzes in einem Ventilhauptkörper durch Drehen eines Rotors eines Motors durch Elektrifizieren eines Stators des Motors gesteuert. Der Stator ist an einem Außenumfang eines Gehäuses befestigt. Durch einen Schraubeneffekt einer Innenschraube und einer Außenschraube wird die Drehung des Rotors in eine lineare Bewegung umgewandelt.

[0004] Die Stopperstruktur, die die beiden Endpunkte beim Öffnen und Schließen des Expansionsventils festlegen soll, weist einen Stopper, ein Eingriffsteil und einen ringförmigen Führungsstift auf.

[0005] Der Stopper ist vertikal an einer von dem Zentrum entfernten Stelle an einer Rückseite eines Deckels an einem oberen Endbereich des Gehäuses angeordnet.

[0006] Das Eingriffsteil weist einen langen schmalen Schaft auf, der sich auf einer gegenüberliegenden Seite eines Ventilschafts erstreckt, der integral mit dem Rotor ausgebildet ist. Dabei ist der Schaft in eine Führungsstrecke mit einem schraubenförmigen Mittelteil und vorstehende Bereiche an dem oberen und unteren Ende eingesetzt, wobei der obere vorstehende Bereich an einem oberen Endbereich des Schafts angebracht ist und wobei der untere vorstehende Bereich nach oben gebogen ist.

[0007] Die Stopperstruktur weist ferner einen ringförmigen Führungsstift auf, der einen Ringbereich, der ungefähr einmal um das schraubenförmige Mittelteil herum gedreht wird, und einen Arm aufweist, der sich in Außenumfangsrichtung unterhalb des Ringbereichs so erstreckt, dass ein Kontakt mit dem Stopper bewirkt werden kann, der in einer schraubenförmigen Nut der Führungsstrecke angeordnet ist.

[0008] Dabei berührt ein oberer Endbereich des Ringbereichs des Führungsstifts den vorstehenden Bereich der Führungsstrecke, wenn sich der ringförmige Führungsstift entlang der schraubenförmigen Nut der Führungsstrecke bewegt. Ferner berührt der Arm des Führungsstifts das Eingriffsteil, das an dem unteren vorstehenden Bereich ausgebildet ist, wenn sich der Führungsstift entlang der schraubenförmigen Nut der Führungsstrecke nach unten bewegt.

[0009] Insgesamt ist der oben beschriebene Aufbau des aus dem Stand der Technik bekannten Expansionsventils äußerst komplex. Diese Komplexität ist allerdings kein Einzelproblem. Vielmehr weisen sämtliche aus dem Stand der Technik bekannten Expansionsventile den Nachteil auf, dass diese zur Erfüllung ihrer Funktion einen komplizierten und aufwendigen Aufbau aufweisen. Dieser komplizierte Aufbau führt unweigerlich auch dazu, dass ein einfaches Austauschen des Expansionsventils oder von Teilen hiervon nicht möglich ist.

[0010] Ferner besteht bei den bekannten Expansionsventilen auch ein Problem dahingehend, dass diese einem hohen Verschleiß ausgesetzt sind. Das führt dazu, dass die aus dem Stand der Technik bekannten Expansionsventile relativ häufig und oftmals vollständig ausgetauscht werden müssen.

[0011] Neben einem einfacheren Aufbau, der ein einfacheres Austauschen von sowohl dem gesamten Expansionsventil als auch Teilen hiervon ermöglicht, wäre daher insgesamt auch ein verschleißärmeres Expansionsventil wünschenswert.

[0012] Ein weiterer Nachteil bekannter Expansionsventile liegt darin, dass diese in ihrer Herstellung aufwändig sind.

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Expansionsventil anzugeben, das die oben genannten Probleme und Nachteile des Standes der Technik ausräumt. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Expansionsventil anzugeben, das einerseits verschleißarm und andererseits kompakt ausgebildet ist. Ferner ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Expansionsventil anzugeben, bei dem ein besonders einfacher Austausch möglich ist. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Ventil anzugeben, das einen Druckausgleich zwischen verschiedenen Räumen innerhalb des Ventils trotz eines verschleißarmen, kompakten Aufbaus und einer einfachen Austauschbarkeit ermöglicht.

[0014] Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Herstellen eines Expansionsventils anzugeben, das weniger aufwändig als die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren ist.

[0015] Die erfindungsgemäße Lösung besteht darin, ein mit einem Schrittmotor betreibbares Expansionsventil anzugeben, das Folgendes aufweist: Ein Gehäuse; einen Hohlenschaft, welcher in dem Gehäuse angeordnet ist; einen den Hohlenschaft tragenden Ventilbasiskörper, welcher das Gehäuse abschließt; einen Rotor, welcher mittels eines Stators antreibbar ist; eine zentrale Spindel, welche innerhalb des Hohlenschafts angeordnet und von dem Rotor derart antreibbar ist, dass eine Rotationsbewegung der Spindel über eine Gewindeverbindung in eine axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils überführbar ist; und einen einen Gewindegang aufweisenden Spiralkörper, welcher auf einer Mantelfläche des Hohlenschafts angeordnet und mittels des Rotors antreibbar ist, wobei an dem Hohlenschaft ein Anschlagkörper angeordnet ist, der in dem Gewindegang des Spiralkörpers bewegbar angeordnet ist und als Teil einer Spindel-Stopper-Struktur eine obere Endlage und eine untere Endlage der zentralen Spindel vorgibt.

[0016] Die zentrale Spindel ist insbesondere als Gewindespindel ausgebildet, die zusammen mit anderen Elementen (hier einem Innengewinde des Hohlenschafts) dazu dient, eine Rotationsbewegung des Rotors in eine translatorische Bewegung umzuwandeln.

[0017] Hierzu ist die zentrale Spindel mit dem Rotor verbunden. Der Spiralkörper ist ein separates Element und nicht Teil des Hohlenschafts. Der Spiralkörper ist ebenfalls so mit dem Rotor verbunden, dass der Rotor diesen antreiben kann.

[0018] Der Anschlagkörper ist insbesondere auf der Mantelfläche des Hohlenschafts angeordnet und stößt vorzugsweise, wenn die zentrale Spindel in der unteren Endlage ist, an ein erstes (oberes) Anschlagelement, und wenn die zentrale Spindel in ihrer oberen Endlage ist, an ein zweites (unteres) Anschlagelement. Bei dem Anschlagkörper kann es sich beispielsweise um ein stabförmiges Element handeln. Ob die obere oder untere Endlage der Spindel festgelegt wird, ist von der Steigung des Spiralkörpers und der Steigung der Spindel abhängig.

[0019] Dadurch, dass der den Gewindegang aufweisende Spiralkörper (separat) mittels des Rotors antreibbar ist und der Anschlagkörper so angeordnet ist, dass er in diesem Gewindegang bewegbar ist, ist eine besonders kompakte Bauform des Expansionsventils möglich.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Hohlenschaft an der Mantelfläche eine Längsnut auf, wobei der Anschlagkörper als Gleitring ausgebildet ist, der in dem Gewindegang des Spiralkörpers mittels der Längsnut verdrehgesichert und in Axialrichtung bewegbar angeordnet ist.

[0021] Je nach Drehrichtung wird der Gleitring axial entlang des Hohlenschafts (innerhalb der Längsnut) auf oder ab bewegt.

[0022] Da sich der Gleitring innerhalb der Längsnut auf und ab bewegen kann, kann die Baugröße des Expansionsventils insgesamt verringert werden, so dass dieses noch kompakter ausgestaltet werden kann. Insbesondere wird mittels der Längsnut und des Gleitrings ein einfacher Aufbau bei großer Funktionssicherheit geboten.

[0023] Außerdem wird dadurch, dass der Gleitring in der Längsnut gesichert ist, auch das Paket aus Spiralkörper und Gleitring an der Mantelfläche des Hohlenschafts gesichert. Somit fungiert die Führungsnut gemeinsam mit dem Gleitring auch als Verliersicherung.

[0024] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Spindel-Stopper-Struktur durch Zusammenwirken des Spiralkörpers und des Gleitrings ausgebildet.

[0025] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Gleitring einen sich radial nach innen erstreckenden Fortsatz auf, der dazu ausgebildet ist, in der Längsnut zu verlaufen und dort als Verdrehsicherung zu wirken.

[0026] Dieser sich radial nach innen erstreckende Fortsatz bietet eine einfache Möglichkeit, den Gleitring gegen Verdrehen zu sichern, so dass dieser zuverlässig axial in der Längsnut bewegbar ist.

[0027] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Spiralkörper ein erstes sich in Axialrichtung des Spiralkörpers erstreckendes Anschlagelement und ein zweites sich in Axialrichtung des Spiralkörpers erstreckendes Anschlagelement auf.

[0028] Als Axialrichtung des Spiralkörpers wird die Richtung verstanden, die sich entlang der Achse erstreckt, um die der Spiralkörper gewickelt ist. Im eingebauten Zustand ist diese Achse zumindest im Wesentlichen konzentrisch zu der Rotationsachse des Hohlenschafts und der Rotationsachse der Spindel ausgerichtet. Insbesondere erstreckt sich das erste Anschlagelement in eine Richtung entgegengesetzt zu der Erstreckungsrichtung des zweiten Spiralkörpers erstreckendes Anschlagelement auf. Dabei sind beide Richtungen allerdings Axialrichtungen des Spiralkörpers.

[0029] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist bei Kontakt des ersten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper die untere Endlage der Spindel festgelegt, wobei bei Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper zu-

zöglich des maximalen Verdrehwinkels des Spiralkörpers die obere Endlage der Spindel festgelegt ist.

[0030] Wenn der Spiralkörper ein starrer bzw. nicht drehelastischer Körper ist, ist der maximale Verdrehwinkel des Spiralkörpers Null, so dass die obere Endlage der Spindel bei Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper festgelegt ist.

[0031] Ist der Spiralkörper allerdings drehelastisch ausgebildet, so ist die Spindel auch nach Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper noch so weit bewegbar, wie es die Elastizität des Spiralkörpers zulässt. Bei Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper wird somit die Bewegung der Spindel nach oben abgedämpft.

[0032] Alternativ hierzu kann auch bei Kontakt des ersten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper die obere Endlage der zentralen Spindel festgelegt sein, wobei bei Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper zuzüglich gegebenenfalls des maximalen Verdrehwinkels des Spiralkörpers die untere Endlage der Spindel festgelegt ist.

[0033] Ob die obere oder untere Endlage der zentralen Spindel festgelegt wird, ist von der Steigung des Spiralkörpers und der Steigung der zentralen Spindel abhängig. Insbesondere ist dies davon abhängig, ob es sich um ein rechtsdrehendes oder linksdrehendes Gewinde handelt. Nur wenn die Gewindesteigung der zentralen Spindel ungleich der des Spiralkörpers ist, ist das erste Anschlagelement auch die obere Spindelposition. Weisen die zentrale Spindel und der Spiralkörper die gleiche Steigungsrichtung auf, ist der Verfahrensweg von der zentralen Spindel und dem Gleitring entgegengesetzt. Entsprechend gibt dann das erste Anschlagelement auch die untere Spindelposition vor.

[0034] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Gleitring als zylindrische Spirale ausgebildet und weist ein oberes Ende und ein dem oberen Ende entgegengesetztes unteres Ende auf, wobei das obere Ende mit dem ersten Anschlagelement in Kontakt kommt, und wobei das untere Ende mit dem zweiten Anschlagelement in Kontakt kommt.

[0035] Da der Gleitring als zylindrische Spirale ausgebildet ist, kann ein besonders gutes Halten des Gleitrings innerhalb des Spiralkörpers erreicht werden. Außerdem ist es möglich, den Gleitring, das heißt die zylindrische Spirale, so auszubilden, dass sich das obere Ende und das untere Ende überschneiden. Das bedeutet, dass die zylindrische Spirale über einen Winkelbereich ausgebildet ist, der größer als 360 Grad ist, wobei die Überschneidung hierbei der Winkelbereich ist, der über die 360 Grad hinausgeht. Durch diese Überschneidung der Enden und die Anzahl der Windungen des Spiralkörpers

kann die maximale Anzahl der möglichen Umdrehungen vorgegeben und/oder begrenzt werden.

[0036] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Spiralkörper mittels des ersten Anschlagelements mit einem Adapterelement verbunden, um bei der Rotation des Rotors mitgedreht zu werden, wobei das Adapterelement den Rotor mit der Spindel verbindet, um die Spindel bei der Rotation des Rotors mitzudrehen.

[0037] Dabei ist das Adapterelement kraftschlüssig beispielsweise durch Pressverbindung, Schweißverbindung oder Formschluss mit der Spindel verbunden. Das Adapterelement kann beispielsweise formschlüssig mit dem Rotor verbunden sein. Hierzu ist das Adapterelement im Querschnitt betrachtet nicht rotationssymmetrisch ausgebildet. Beispielsweise kann die Außenform des Adapterelements im Querschnitt betrachtet (das heißt entlang der Rotationsachse R betrachtet) dreieckig, viereckig oder allgemein mehreckig, beispielsweise auch verzahnt, ausgebildet sein. Selbstverständlich ist die Innenform des Rotors dann im Querschnitt betrachtet komplementär zu der Form des Adapterelements ausgebildet.

[0038] Das heißt, dass das erste Anschlagelement des Spiralkörpers eine Doppelfunktion erfüllt und neben der Funktion als Anschlagelement auch als Mitnehmerelement (das heißt Verbindungselement) zum Rotor bzw. Adapter dient.

[0039] Dadurch, dass die Rotation des Rotors nicht direkt, sondern indirekt über den Adapter übertragen wird, ist es beispielsweise auch möglich, unterschiedliche Expansionsventile (mit beispielsweise unterschiedlichen Rotoren) mit möglichst vielen Gleiteilen zu produzieren.

[0040] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Spiralkörper eine Drehfeder, die in Form einer aus Stahl hergestellten Schraubenfeder ausgebildet ist.

[0041] Bei dem Stahl handelt es sich insbesondere um einen Stahl der eine ausreichende Elastizität aufweist, um ihn zu einem Spiralkörper zu formen.

[0042] Dadurch ist die Herstellung des Spiralkörpers besonders günstig.

[0043] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Hohlenschaft aus einem Kunststoff, vorzugsweise aus Polyphenylensulfid (PPS), oder Polyetheretherketon (PEEK), oder aus Messing oder Bronze hergestellt.

[0044] Bei der Verwendung von Kunststoff wird beim Expansionsventil gegenüber der Verwendung eines

metallischen Materials Gewicht eingespart. Außerdem sind die Kunststoffe PPS und PEEK Hochleistungswerkstoffe, so dass diese in einem hohen Temperaturbereich (bis zu 240 Grad) dauerhaft und kurzfristig sogar bis zu 300°C anwendbar sind. Folglich kann das Expansionsventil auch bei extremen Bedingungen eingesetzt werden, ohne dass ein Ausfall des Expansionsventils befürchtet werden muss

[0045] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil ferner ein Hülselement auf, das einen Aufnahmebereich und eine Ventalnadel aufweist, wobei in dem Aufnahmebereich ein stempelartiger Endbereich der zentralen Spindel, eine Druckfeder und ein Kraftübertragungselement vollständig aufgenommen sind.

[0046] Da das Expansionsventil mit einem derartigen Hülselement ausgebildet ist, das zum einen die Funktion der Ventalnadel erfüllt und zum anderen einen Aufnahmebereich bereitstellt, kann eine besonders kompakte Ausbildung des Expansionsventils erreicht werden. Trotz der kompakten Ausführung können sämtliche Funktionen des Expansionsventils zuverlässig erfüllt werden.

[0047] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Kraftübertragungselement so ausgebildet und angeordnet, dass es durch Kontakt mit der zentralen Spindel Axialkräfte von der zentralen Spindel über die Druckfeder auf das Hülselement überträgt, wobei das Kraftübertragungselement im Querschnitt betrachtet derart pilzförmig ausgebildet ist, dass Drehmomente nicht oder lediglich begrenzt von der zentralen Spindel auf das Kraftübertragungselement übertragen werden.

[0048] Da das Kraftübertragungselement pilzförmig ausgebildet ist, wird der Berührungspunkt, das heißt der Kraftübertragungspunkt, zu der zentralen Spindel klein. An dem Kraftübertragungspunkt werden dann Drehmomente nur begrenzt (über Reibung) auf das Kraftübertragungselement übertragen. Insgesamt führt auch dies zu einem besonders verschleißarmen Expansionsventil.

[0049] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung begrenzen das Gehäuse und eine dem Gehäuse zugewandte Seite des Ventilbasiskörpers einen Gehäuse-Innenraum, wobei innerhalb des Hohlraums ein Hohlraum-Innenraum ausgebildet ist, wobei angrenzend an eine von dem Gehäuse abgewandte Seite des Ventilbasiskörpers in einem in einem Ventileinbauraum eingebauten Zustand des Expansionsventils ein Fluideingangsraum angeordnet ist, wobei ein erster Druckausgleichskanal zum Druckausgleich zwischen dem Fluideingangsraum und dem Gehäuse-Innenraum angeordnet ist, wobei der erste Druckausgleichskanal einen ersten Kanalbereich und einen zweiten Kanalbereich aufweist,

und wobei der zweite Kanalbereich von der Längsnut ausgebildet wird.

[0050] Auch hierdurch kann eine besonders kompakte Ausbildung des Expansionsventils erfolgen. Insbesondere können Bauteile dadurch gespart werden, dass vorhandenen Bauteilen eine zweite Funktion zugewiesen wird.

[0051] So hat hier die Längsnut nicht nur die Funktion der Führung des Gleitrings, sondern übernimmt auch die Funktion eines Druckausgleichskanals. Die Längsnut erfüllt somit eine Doppelfunktion, da sie einerseits eine Führung des Gleitrings ermöglicht und zusätzlich einen Teil des zweiten Druckausgleichskanals ausbildet.

[0052] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist ein zweiter Druckausgleichskanal zum Druckausgleich zwischen dem Hohlraum-Innenraum und dem Gehäuse-Innenraum in einem Bereich einer maximalen radialen Ausdehnung der Längsnut und des Hohlraum-Innenraums angeordnet.

[0053] Hierdurch wird auch ein sicherer Druckausgleich zwischen dem Hohlraum-Innenraum und dem Gehäuse-Innenraum ermöglicht.

[0054] Eine weitere erfindungsgemäße Lösung besteht darin, ein mit einem Schrittmotor betriebbares Expansionsventil anzugeben, das Folgendes aufweist: ein Gehäuse; einen Hohlraum, welcher in dem Gehäuse angeordnet ist; einen den Hohlraum tragenden Ventilbasiskörper, welcher das Gehäuse abschließt; einen Rotor, welcher mittels eines Stators antreibbar ist; eine zentrale Spindel, welche innerhalb des Hohlraums angeordnet und von dem Rotor derart antreibbar ist, dass eine Rotationsbewegung der Spindel über eine Gewindeverbindung in eine axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils überführbar ist; ein Adapterelement, welches zum Übertragen eines Moments von dem Rotor auf die Spindel zwischen dem Rotor und der Spindel angeordnet ist; und einen Spiralkörper, welcher auf einer Mantelseite des Hohlraums angeordnet und mittels des Adapterelements in eine Drehbewegung versetzbar ist, wobei der Spiralkörper ein sich axial erstreckendes erstes Anschlagelement aufweist, das in einer dezentralen Öffnung des Adapterelements angeordnet ist.

[0055] Da das Adapterelement zwischen der Spindel und dem Rotor angeordnet ist, ist der Aufbau des Expansionsventils insgesamt universeller. Das heißt, dass beispielsweise unterschiedliche Rotoren verwendet werden können. Außerdem übernimmt der Adapter eine zweite Funktion, da er den Spiralkörper antreibt, das heißt in eine Drehbewegung versetzt.

[0056] Das Adapterelement weist eine zentrale Rotationsachse R auf, wobei die dezentrale Öffnung so definiert ist, dass diese dezentral von dieser zentralen Rotationsachse R ausgebildet ist.

[0057] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Adapterelement einen plattenförmigen Basisbereich und einen sich zentral von dem plattenförmigen Basisbereich aus axial erstreckenden Aufnahmebereich für die zentrale Spindel auf.

[0058] Der sich axial erstreckende Aufnahmebereich hat den Vorteil, dass die Bohrungstoleranz erweitert werden kann, da eine lange Führung ein geringeres mögliches Verkippen der Bauteile zueinander mit sich führt.

[0059] Die Verbindung zwischen Spindel und Adapterelement erfolgt beispielsweise nach Ausrichten an der Oberseite der Spindel. Die Verbindung kann mittels Laserschweißen erfolgen, wobei vorzugsweise mehrere Schweißpunkte gesetzt werden.

[0060] Da nur der Basisbereich plattenförmig ausgebildet ist, kann außerdem im Vergleich zu einem vollständig plattenförmig ausgebildeten Adapterelement Gewicht eingespart werden.

[0061] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist eine zentrale Durchgangsöffnung entlang einer Rotationsachse R des Adapterelements dazu ausgebildet, einen oberen Bereich der Spindel aufzunehmen.

[0062] Die zentrale Durchgangsöffnung erstreckt sich also entlang der Rotationsachse R des Adapterelements. Im Querschnitt betrachtet ist die zentrale Durchgangsöffnung vorzugsweise kreisförmig, um eine besonders einfache Ausrichten der Spindel-Stopper-Struktur bzw. des oberen Anschlags zu ermöglichen.

[0063] Allerdings muss es sich bei der zentralen Durchgangsöffnung nicht um eine kreisförmige Öffnung handeln. Vielmehr könnte die zentrale Durchgangsöffnung im Querschnitt betrachtet nicht rotationssymmetrisch ausgebildet sein. Beispielsweise kann die Durchgangsöffnung im Querschnitt betrachtet (das heißt entlang der Rotationsachse R betrachtet) dreieckig, viereckig oder allgemein mehreckig, beispielsweise auch verzahnt, ausgebildet sein.

[0064] Hiermit wäre dann eine besonders einfache Kraftübertragung von dem Adapterelement auf die Spindel bzw. genauer auf den oberen Bereich der Spindel möglich. Selbstverständlich ist der obere Bereich der Spindel im Querschnitt betrachtet komplementär zu der Form der zentralen Durchgangsöffnung ausgebildet.

[0065] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Außenform des Adapterelements nicht rotationssymmetrisch bezüglich der Rotationsachse R ausgebildet.

[0066] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die dezentrale Öffnung in dem plattenförmigen Basisbereich angeordnet, wobei der plattenförmige Basisbereich vorzugsweise noch weitere dezentrale Öffnungen aufweist.

[0067] Da die dezentrale Öffnung in dem plattenförmigen Basisbereich des Adapterelements angeordnet ist, kann diese besonders weit entfernt von dem Zentrum (das heißt der Rotationsachse) des Adapterelements ausgebildet werden. Durch eine größere Entfernung zwischen dezentraler Öffnung und Rotationsachse R kann eine bessere Kraftübertragung ermöglicht werden (Hebelarm).

[0068] Durch das Anordnen weiterer dezentraler Öffnungen können weitere Funktionen in das Adapterelement integriert werden.

[0069] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind die dezentralen Öffnungen als Langlöcher ausgebildet.

[0070] Langlöcher bringen den Vorteil mit sich, dass diese einfacher zu fertigen sind, da diese von der Seite (das heißt im rechten Winkel zu der Rotationsachse) in das Adapterelement bzw. in den plattenförmigen Basisbereich des Adapterelements eingebracht werden können.

[0071] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist zumindest eine der weiteren dezentralen Öffnungen so angeordnet, dass diese einen Druck in dem Gehäuse-Innenraum oberhalb des Adapterelements und unterhalb des Adapterelements ausgleicht.

[0072] Das Adapterelement erfüllt also zusätzlich auch eine Druckausgleichs-Funktion. Da (erneut) ein Bauteil so ausgebildet ist, dass es mehrere Funktionen ausüben kann, kann die Anzahl der Bauteile insgesamt (weiter) verringert werden.

[0073] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Spiralkörper einen Gewindegang auf, wobei der Hohlenschaft an der Mantelfläche eine Längsnut aufweist, und wobei ein Gleitring in dem Gewindegang des Spiralkörpers mittels der Längsnut verdrehgesichert und in Axialrichtung bewegbar angeordnet ist.

[0074] Da sich der Gleitring innerhalb der Längsnut auf und ab bewegen kann, kann die Baugröße des Expansionsventils insgesamt verringert werden, so dass dieses kompakter ausgestaltet werden kann.

Auch wird mittels der Längsnut und des Gleitrings ein einfacher Aufbau bei großer Funktionssicherheit geboten.

[0075] Da der Gleitring in der Längsnut gesichert ist, ist auch das Paket aus Spiralkörper und Gleitring an der Mantelfläche des Hohl Schafts gesichert. Somit fungiert die Führungsnut gemeinsam mit dem Gleitring auch als Verliersicherung.

[0076] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird durch Zusammenwirkungen des Spiralkörpers und des Gleitrings eine Spindel-Stopper-Struktur ausgebildet, die eine obere Endlage und eine untere Endlage der zentralen Spindel vorgibt.

[0077] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Spiralkörper ein zweites sich in Axialrichtung entgegengesetzt zu dem ersten Anschlagelement erstreckendes Anschlagelement auf.

[0078] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Gleitring als zylindrische Spirale ausgebildet und weist ein oberes Ende und ein unteres Ende auf.

[0079] Wenn der Gleitring als zylindrische Spirale ausgebildet ist, kann ein besonders gutes Halten des Gleitrings innerhalb des Spiralkörpers erreicht werden. Außerdem ist es möglich, den Gleitring, das heißt die zylindrische Spirale, so auszubilden, dass sich das obere Ende und das untere Ende desselben überschneiden. Die zylindrische Spirale ist somit über einen Vollkreis hinaus (mehr als 360 Grad) ausgebildet. Hierbei ist die Überschneidung der Bereich, der über den Vollkreis hinaus geht. Durch diese Überschneidung der Enden und die Anzahl der Windungen des Spiralkörpers kann die maximale Anzahl der möglichen Umdrehungen vorgegeben und/oder begrenzt werden.

[0080] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist an einem der beiden Enden ein sich radial nach innen erstreckender Fortsatz ausgebildet.

[0081] Dieser sich radial nach innen erstreckende Fortsatz bietet eine einfache Möglichkeit, den Gleitring gegen Verdrehen zu sichern, so dass dieser zuverlässig axial in der Längsnut bewegbar ist.

[0082] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der sich radial nach innen erstreckende Fortsatz des Gleitrings dazu ausgebildet, in der Längsnut des Hohl Schafts zu verlaufen und dort als Verdrehsicherung zu wirken.

[0083] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist bei Kontakt des ersten Anschlagelements mit dem oberen Ende die untere Endlage der Spindel festgelegt und bei Kontakt des zweiten

Anschlagelements mit dem unteren Ende zuzüglich des maximalen Verdrehwinkels des Spiralkörpers die obere Endlage der Spindel festgelegt.

[0084] Wenn der Spiralkörper ein Körper ist, der nicht in Drehrichtung vorgespannt werden kann (also starr und nicht drehelastisch), ist der maximale Verdrehwinkel des Spiralkörpers Null. Dann ist die obere Endlage der Spindel bei Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper festgelegt. Ist der Spiralkörper allerdings drehelastisch ausgebildet (also in Drehrichtung vorspannbar), so ist die Spindel auch nach Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper noch bewegbar (da sie den Spiralkörper vorspannt).

[0085] Das bedeutet, dass bei Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper die Drehung der Spindel nach oben abgedämpft wird.

[0086] Alternativ hierzu kann auch bei Kontakt des ersten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper die obere Endlage der Spindel festgelegt sein, wobei bei Kontakt des zweiten Anschlagelements mit dem Anschlagkörper zuzüglich des maximalen Verdrehwinkels des Spiralkörpers die untere Endlage der Spindel festgelegt ist.

[0087] Ob die obere oder untere Endlage der Spindel festgelegt wird, ist von der Steigung des Spiralkörpers abhängig. Insbesondere ist dies davon abhängig, ob es sich um ein rechtsdrehendes oder linksdrehendes Gewinde handelt. Nur wenn die Gewindesteigung der Spindel ungleich der des Spiralkörpers ist, ist das erste Anschlagelement auch die obere Spindelposition. Weisen die Spindel und der Spiralkörper die gleiche Steigungsrichtung auf, ist der Verfahrensweg von der Spindel und dem Gleitring entgegengesetzt. Entsprechend gibt dann das erste Anschlagelement auch die untere Spindelposition vor.

[0088] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Spiralkörper eine Drehfeder, die in Form einer aus Stahl hergestellten Schraubenfeder ausgebildet ist.

[0089] Hiermit ist der Spiralkörper äußerst einfach (und günstig) herzustellen.

[0090] Die erfindungsgemäße Lösung besteht ferner darin, ein mit einem Schrittmotor betreibbares Expansionsventil anzugeben, das Folgendes aufweist: ein Gehäuse; einen Hohl Schaft, welcher in dem Gehäuse angeordnet ist; einen den Hohl Schaft tragenden Ventilbasiskörper, welcher das Gehäuse abschließt; einen Rotor, welcher mittels eines Stators antreibbar ist; eine zentrale Spindel, welche innerhalb des Hohl Schafts angeordnet und von dem Rotor derart antreibbar ist, dass eine Rotationsbewegung der Spindel über eine Gewindeverbindung in eine axiale Be-

wegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils überführbar ist; und ein Hülsenelement, das einen Aufnahmebereich, in dem die zentrale Spindel, eine Druckfeder und ein Kraftübertragungselement zumindest bereichsweise aufgenommen sind, und eine Ventalnadel aufweist, wobei der Aufnahmebereich des Hülsenelements mittels einer Buchse verschlossen ist, wobei die Spindel aus einem ersten Material hergestellt ist und die Buchse zumindest bereichsweise aus einem zweiten von dem ersten Material verschiedenen Material hergestellt ist, wobei das zweite Material eine geringere Härte als das erste Material aufweist.

[0091] Da das Hülsenelement eine Ventalnadel und einen Aufnahmebereich aufweist, d.h. der Ventilkörper hülsenförmig ausgebildet ist, kann eine besonders kompakte Bauform des Expansionsventils erreicht werden. Genauer liegt dies insbesondere daran, dass die für die Kraftübertragung auf die Ventalnadel nötigen Elemente in dem Aufnahmebereich platzsparend angeordnet werden können.

[0092] Im Betrieb liegen Bauteile vor, die eine Rotationsbewegung ausführen, und solche, die keine Rotationsbewegung ausführen. Insbesondere führt die Spindel eine Rotationsbewegung aus, wohingegen das Hülsenelement möglichst keine Rotation ausführt. Durch den Kontakt von rotationsausführenden Elementen mit solchen, die keine Rotation ausführen, entsteht Verschleiß an den Elementen.

[0093] Bei dem erfindungsgemäßen Expansionsventil wird dieses Problem dadurch gelöst, dass eine ausgewählte tribologische Paarung zwischen sich berührenden und sich relativ zueinander bewegenden Elementen vorliegt. Damit kann der Verschleiß gesteuert werden, so dass dieser primär an einem der beteiligten Bauteile auftritt. Zusätzlich kann dieses Bauteil optional als einfach auszuwechselnde Verschleißteile vorgesehen sein.

[0094] So kann die das Hülsenelement verschleißende Buchse ein solch einfach auswechselbares Verschleißteil sein. Ist die Buchse verschlissen, kann dieses einfach ausgewechselt werden, und es muss nicht das gesamte Hülsenelement mitsamt Ventalnadel ausgewechselt werden. Somit lassen sich bei der Instandhaltung deutlich die Kosten reduzieren.

[0095] Die tribologische Paarung ist so gewählt, dass die Buchse aus einem weicheren Material, das heißt einem Material mit einer geringeren Härte, als das erste Material ausgebildet ist. Somit findet der Verschleiß hauptsächlich an der Buchse statt. Obwohl die Möglichkeit zum Austausch der Buchse bestehen kann, ist die Buchse vorteilhaft so dimensioniert, dass diese einen Verschleiß für die Nutzungsdauer des Ventils zulässt.

[0096] Insgesamt bietet das erfindungsgemäße Expansionsventil eine kompakte Bauform, bei der konstruktiv für einen gezielten und gesteuerten Verschleiß gesorgt wird. Die Verschleißteile selbst können einfach auszutauschen sein.

[0097] Die Buchse ist insbesondere in das Hülsenelement eingepresst, das heißt mittels einer Pressverbands verbunden.

[0098] Als eine Buchse im Sinne der vorliegenden Erfindung wird ein ringförmiges oder ein hohlzylinderförmiges Element verstanden. Vorteilhafterweise ist das Hülsenelement jedoch ein hohlzylinderförmiges Element, das sich dadurch auszeichnet, dass es sich weiter in Axialrichtung (Rotationsachse) erstreckt als das ringförmige Element. Entsprechend bietet ein hohlzylinderförmiges Verschleißelement mehr verschleißbares Material als ein ringförmiges Verschleißelement.

[0099] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind das erste und das zweite Material Metalle oder Metalllegierungen.

[0100] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das zweite Material eine Kupferlegierung, vorzugsweise Messing und das erste Material ein Stahl, insbesondere ein Edelstahl.

[0101] Besonders bevorzugt handelt es sich bei dem zweiten Material um ein Sintermaterial. Beispielsweise kann es sich bei dem Material um Sinterbronze handeln. Als Sintermaterialien werden solche verstanden, die eine Vielzahl von Poren aufweisen, die mit Schmierstoffen gefüllt sein können. Beispielsweise können 10 bis 40 Volumenprozent, vorzugsweise 15 bis 30 Volumenprozent, der Buchse dann aus Poren ausgebildet sein.

[0102] Insbesondere durch die Materialpaarung von Edelstahl und Messing kann ein besonders gutes Verhältnis zwischen Verschleiß und Kosten erzielt werden. Einerseits darf das zweite Material nicht zu weich sein, um nicht zu schnell zu verschleifen, und andererseits nicht zu hart sein, so dass das aus dem ersten Material bestehende Element nicht beschädigt wird.

[0103] Besonders bevorzugt ist auch das Kraftübertragungselement aus dem ersten Material (beispielsweise Edelstahl) ausgebildet. Ferner ist auch das Hülsenelement vorzugsweise aus dem ersten Material (das heißt Edelstahl) ausgebildet.

[0104] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Kraftübertragungselement einen Kopfbereich und einen Schaftbereich auf, wobei das Kraftübertragungselement so angeordnet ist, dass ein Kontakt zum Übertragen von Axialkräften von der

zentralen Spindel punktuell in einem zentralen Bereich des Kopfbereichs erfolgt.

[0105] Durch diese punktuelle Übertragung wird die Kontaktfläche (zum Übertragen des Drehmoments) zwischen Spindel und Kraftübertragungselement möglichst gering gehalten. Aufgrund der gering gehaltenen, das heißt kleinen, Kontaktfläche rutscht die Spindel beim Drehen durch und das Kraftübertragungselement wird nicht in Drehung versetzt. Andererseits können Axialkräfte auch über den punktuellen Kontakt zuverlässig von der Spindel auf das Kraftübertragungselement übertragen werden.

[0106] Das heißt, dass an der Kontaktfläche zwischen dem Kraftübertragungselement und der zentralen Spindel eine Drehmomentunterbrechung stattfindet. Auf den mittels des Stators angetriebenen Rotor wirkt nämlich ein Drehmoment, welches beispielsweise kraftschlüssig (über den Adapter) auf die Spindel übertragen wird. Mittels der Gewindeverbindung der Spindel wird die Rotationsbewegung in eine Axialbewegung der Spindel übersetzt. Dabei ist nur diese Axialbewegung an der Ventilmadel gewünscht, das heißt eine Rotationsbewegung der Ventilmadel ist dort nicht gewünscht.

[0107] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Druckfeder bereichsweise auf einer Mantelfläche des Schaftbereichs des Kraftübertragungselements angeordnet.

[0108] Da die Druckfeder auf der Mantelfläche des Schaftbereichs angeordnet ist, ist diese von innen mittels des Schaftbereichs geführt. Andererseits ist diese von außen mittels der Innenfläche des Aufnahmebereichs des Hülsenelements geführt. Das heißt, dass die Druckfeder zwischen Schaftbereich des Kraftübertragungselements und Aufnahmebereich des Hülsenelements sicher geführt ist.

[0109] Dabei muss die Druckfeder die beiden Elemente nicht zwangsläufig berühren. Vielmehr ist es auch denkbar, dass ein Spiel zwischen Mantelfläche des Schaftbereichs und Druckfeder sowie zwischen Druckfeder und Innenfläche des Aufnahmebereichs ausgebildet ist.

[0110] Allerdings ist die Druckfeder so weit geführt, dass ein Verkippen bei der Stauchung der Feder vermieden wird.

[0111] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Druckfeder eine zylindrische Spiralfeder.

[0112] Hiermit ist die Druckfeder in ihrer Herstellung besonders günstig und kann sicher um die Mantelfläche des Schaftbereichs angeordnet werden.

[0113] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist eine axiale Länge des Schaftbereichs so lang ausgebildet, dass beim Übersteigen einer axialen Kraft, die zu einer Stauchung der Druckfeder um einen vordefinierten Federweg führt, der Schaftbereich mit einem Hülsenboden des Hülsenelements in Kontakt kommt.

[0114] Das bedeutet, dass wenn die Druckfeder um den vordefinierten Federweg gestaucht ist, eine Axialkraft direkt von dem Kraftübertragungselement auf den Hülsenboden übertragen werden kann. So kann beim Versagen des mechanischen Stopps, d.h. der Spindel-Stopper-Struktur, oder einer Überbelastung des Ventils eine Maximalhubbegrenzung erfolgen.

[0115] Somit erfüllt auch das Kraftübertragungselement mehrere Funktionen. Zunächst ermöglicht das Kraftübertragungselement eine Drehmomentenkopplung des Hülsenelements von der Spindel. Ferner führt das Kraftübertragungselement bzw. dessen Schaftbereich die Druckfeder in axiale Richtungen und verhindert somit ein Einknicken bzw. allgemein eine asymmetrische Deformation der Druckfeder. Weiterhin ferner sorgt der Schaftbereich für die oben beschriebene Maximalhubbegrenzung.

[0116] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist die Spindel einen stempelartigen Endbereich auf, der so ausgebildet und angeordnet ist, dass dieser zum Übertragen von Axialkräften mit dem Kraftübertragungselement in Kontakt kommt, wobei ein oberer Bereich des stempelartigen Endbereichs mit der Buchse in Reibkontakt kommt.

[0117] Das bedeutet, dass ein unterer Bereich (genauer eine Unterseite) des stempelartigen Endbereichs mit dem Kraftübertragungselement in Kontakt kommt und ein oberer Bereich des stempelartigen Endbereichs mit der Buchse in Reibkontakt kommt. Der stempelartige Endbereich ist also zwischen der Buchse und dem Kraftübertragungselement angeordnet.

[0118] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der Aufnahmebereich so ausgebildet, dass dieser die Buchse, den stempelartigen Endbereich, die Druckfeder und das Kraftübertragungselement vollständig aufnimmt.

[0119] Unten in dem Aufnahmebereich, das heißt direkt über dem Hülsenboden, ist die Druckfeder angeordnet. Über der Druckfeder ist das Kraftübertragungselement angeordnet und über dem Kraftübertragungselement ist der stempelartige Endbereich der Spindel angeordnet. Über dem stempelartigen Endbereich wiederum ist die Buchse angeordnet, wobei diese den Aufnahmebereich insgesamt verschließt.

[0120] Hierdurch wird eine besonders kompakte Ausführung des Expansionsventils erreicht.

[0121] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil einen Ventilsitz auf, wobei der Ventilbasiskörper ein einstückig ausgebildeter Körper ist, der den Ventilsitz, das Hülsenelement und den Hohlenschaft zumindest bereichsweise aufnimmt.

[0122] Der Ventilbasiskörper ist somit als eine Art austauschbare Ventilpatrone (Cartridge) ausgebildet. Da nur noch der Ventilbasiskörper aus einem Ventileinbauraum entfernt werden muss, wird ein vereinfachter Ventilaustausch ermöglicht. Ferner wird auch die Kompaktheit gesteigert, da eine Vielzahl von Funktionen in dem Ventilbasiskörper integriert ist.

[0123] Des Weiteren bietet ein derart einstückig ausgebildeter Ventilbasiskörper die Möglichkeit, das Ventil durch das Anpassen nur eines Bauteils (Ventilbasiskörper-Äußeres) in einem kundenspezifischen Bauraum zu integrieren. Hierdurch können Kosten gespart werden, da Gleichteile für verschiedene Expansionsventile verwendet werden können. Ferner wird die Teilevielfalt reduziert, so dass weitere Kosten eingespart werden können. Auch nimmt die Komplexität beim Zusammenbau des Expansionsventils ab.

[0124] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Ventilbasiskörper in einem unteren Bereich einen Ventilsitz-Aufnahmebereich und in einem oberen Bereich einen Aufnahmebereich auf, der dazu ausgebildet ist, den Hohlenschaft und das Hülsenelement aufzunehmen.

[0125] Der Ventilbasiskörper weist somit Aufnahmebereiche auf, die es ermöglichen, Elemente des Expansionsventils möglichst einfach in den Ventilbasiskörper zu integrieren.

[0126] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Hülsenelement in dem Aufnahmebereich zumindest bereichsweise innerhalb des Hohlschafts angeordnet.

[0127] Durch den Aufnahmebereich verringert sich auch der Bauraum in Axialrichtung des Expansionsventils gesehen.

[0128] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Kraftübertragungselement derart ausgebildet, dass es kein oder nur begrenzt Drehmoment von der Spindel aufnimmt.

[0129] Diese Begrenzung findet an der punktförmigen Kontaktfläche zwischen Kraftübertragungselement und zentraler Spindel statt.

[0130] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil eine Spindel-Stopper-Struktur auf, die die Rotationsbewegung der Spindel zwischen einer oberen Endlage und einer unteren Endlage eingrenzt.

[0131] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Spindel-Stopper-Struktur durch Zusammenwirken eines Spiralkörpers und eines Anschlagkörpers ausgebildet.

[0132] Die erfindungsgemäße Lösung besteht ferner darin, ein mit einem Schrittmotor betreibbares Expansionsventil anzugeben, das Folgendes aufweist: ein Gehäuse; einen Hohlenschaft, welcher an dem Gehäuse angeordnet ist; einen den Hohlenschaft tragenden Ventilbasiskörper, welcher das Gehäuse abschließt; einen Rotor, welcher mittels eines Stators antreibbar ist; eine zentrale Spindel, welche innerhalb des Hohlschafts angeordnet und von dem Rotor derart antreibbar ist, dass eine Rotationsbewegung der Spindel über eine Gewindeverbindung in eine axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils überführbar ist; und ein Hülsenelement, das eine Ventilsitz aufweist, die in einen Ventilsitz pressbar ist, wobei der Ventilbasiskörper ein einstückig ausgebildeter Körper ist, der den Ventilsitz, das Hülsenelement und den Hohlenschaft zumindest bereichsweise aufnimmt.

[0133] Der Ventilbasiskörper ist somit als eine Art Ventilpatrone (Cartridge) ausgebildet. Einerseits bietet dies den Vorteil, dass ein vereinfachter Ventilaustausch ermöglicht wird, da nur noch der Ventilbasiskörper aus dem Ventileinbauraum entfernt werden muss. Andererseits kann eine besonders hohe Kompaktheit erreicht werden, da eine Vielzahl von Funktionen in der Ventilpatrone, das heißt in dem Ventilbasiskörper, integriert sind.

[0134] Des Weiteren bietet ein derart einstückig ausgebildeter Ventilbasiskörper die Möglichkeit, das Ventil durch das Anpassen nur eines Bauteils in einem kundenspezifischen Bauraum zu integrieren. Es ergibt sich somit eine Vielzahl unterschiedlicher Ventile, die sich vorzugsweise nur in dem Ventilbasiskörper unterscheiden.

[0135] Dabei ist der Innenbereich der verschiedenen Ventilbasiskörper immer gleich ausgebildet, so dass die funktionalen Teile im Innenbereich in eine Vielzahl von verschiedenen Expansionsventilen einbaubar sind. Die Außenform der Ventilbasiskörper kann hingegen an den kundenspezifischen Bauraum angepasst sein, so dass sich die verschiedenen Ventilbasiskörper hier unterscheiden.

[0136] Hierdurch können insbesondere in der Fertigung Kosten gespart werden, da Gleichteile für verschiedene Expansionsventile verwendet werden kön-

nen. Auch nimmt die Komplexität beim Zusammenbau des Expansionsventils ab.

[0137] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Ventilbasiskörper in einem unteren Bereich einen Ventilsitz-Aufnahmebereich und in einem oberen Bereich einen Aufnahmebereich auf, der dazu ausgebildet ist, den Hohlraum und das Hülsenelement aufzunehmen.

[0138] Der Ventilbasiskörper weist somit Aufnahmebereiche auf, um die funktionell nötigen Elemente des Expansionsventils möglichst einfach in den Ventilbasiskörper integrieren zu können. Durch die Aufnahmebereich verringert sich auch der Bauraum in Axialrichtung des Expansionsventils gesehen.

[0139] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Hülsenelement in dem Aufnahmebereich zumindest bereichsweise innerhalb des Hohlrums angeordnet.

[0140] Hierdurch kann weiterer Bauraum gespart werden. Der Aufnahmebereich kann in einer Ebene (mit der Rotationsachse R als Normale) angeordnet sein. In dem Aufnahmebereich ist zunächst radial nach innen der Hohlraum angeordnet. Dann ist radial nach innen (das heißt innerhalb des Hohlrums) das Hülsenelement angeordnet. Wiederum radial nach innen sind dann beispielsweise ein Teil der zentralen Spindel und/oder ein respektive das Kraftübertragungselement angeordnet.

[0141] Hierdurch ergibt sich ein außerordentlich kompakter Aufbau. Da mehrere Elemente in eine Ebene gesetzt werden, kann entsprechend die Länge in Axialrichtung verringert werden. Das heißt, dass das Expansionsventil im Vergleich zum Stand der Technik in seiner Länge gekürzt werden kann. Insbesondere in der Automobilindustrie ist der Bauraum oftmals äußerst begrenzt, so dass sich mit kürzeren Ventilen mehr Möglichkeiten für eine Anordnung ergeben.

[0142] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Ventilbasiskörper einen Gehäusesitz auf, der radial umlaufend an einem respektive dem oberen Bereich des Ventilbasiskörpers so angeordnet und ausgebildet ist, dass dieser das Gehäuse abschließend aufnimmt.

[0143] So kann das Gehäuse sämtliche Bauteile in seinem Inneren sicher umschließen.

[0144] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Ventilbasiskörper einen unteren Dichtungs-Aufnahmebereich und einen oberen Dichtungs-Aufnahmebereich auf.

[0145] Durch das Anordnen von zwei unterschiedlichen Dichtungs-Aufnahmebereichen kann auch bei einem einstückig ausgebildeten Ventilbasiskörper eine zuverlässige Dichtheit erreicht werden.

[0146] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Ventilbasiskörper Einrichtungen zum Druckausgleich auf.

[0147] Das bedeutet, dass der Ventilbasiskörper so ausgebildet ist, dass in diesen Einrichtungen zum Druckausgleich (beispielsweise Druckausgleichskanäle) integriert sind. Durch die gezielte Integration von Druckausgleichskanälen bzw. Einrichtungen zum Druckausgleich kann der Ventilbasiskörper als einstückiges Bauteil realisiert werden, ohne die Funktionen des Expansionsventils zu beeinträchtigen.

[0148] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung begrenzt das Gehäuse und eine dem Gehäuse zugewandte Seite des Ventilbasiskörpers einen Gehäuse-Innenraum, wobei eine erste Einrichtung zum Druckausgleich als erster Druckausgleichskanal zwischen dem Gehäuse-Innenraum und dem Fluideingangsraum angeordnet ist.

[0149] Der erste Druckausgleichskanal weist vorzugsweise einen ersten Kanalbereich, der zumindest bereichsweise in dem Ventilbasiskörper angeordnet ist, und einen zweiten Kanalbereich auf, der zumindest bereichsweise in dem Hohlraum angeordnet ist, wobei der erste Kanalbereich und der zweite Kanalbereich über einen umfangreich umlaufenden Verbindungsbereich miteinander verbunden sind.

[0150] Im Betrieb muss ein Ungleichgewicht zwischen den wirkenden Kräften insbesondere ober- und unterhalb von den dazwischenliegenden Bauteilen nach Möglichkeit verhindert werden. Dies geschieht beispielsweise dadurch, dass ein am Eingang vorhandener Hochdruck nach oben geleitet wird. Insgesamt soll durch die Druckausgleichskanäle somit ein die Funktion des Expansionsventils störender Druckstau in einem der Räume des Expansionsventils vermieden werden.

[0151] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil einen zweiten Druckausgleichskanal zum Druckausgleich zwischen einem Hohlraum-Innenraum und dem Gehäuse-Innenraum auf, wobei der Hohlraum-Innenraum innerhalb des Hohlrums ausgebildet ist.

[0152] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Hülsenelement einen Aufnahmebereich auf, in dem ein stempelartiger Endbereich der zentralen Spindel, eine Druckfeder und ein Kraftübertragungselement vollständig aufgenommen sind, wobei im Querschnitt betrachtet der Aufnahmebereich

vollständig innerhalb des Ventilbasiskörpers angeordnet ist.

[0153] Hierdurch kann Bauraum gespart werden. In dem Aufnahmebereich ist zunächst radial nach innen der Hohlenschaft angeordnet. Dann ist radial nach innen (das heißt innerhalb des Hohlschafts) das Hülsenelement angeordnet. Wiederum radial nach innen sind dann der stempelartige Endbereich der zentralen Spindel, die Druckfeder und das Kraftübertragungselement angeordnet.

[0154] Hierdurch ergibt sich ein außerordentlich kompakter Aufbau. Da mehrere Elemente in eine Ebene gesetzt werden, kann entsprechend die Länge in Axialrichtung verringert werden.

[0155] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil einen dritten Druckausgleichskanal auf, der zwischen einem Aufnahmebereich des Hülsenelements und einem unteren Innenbereich des Ventilbasiskörpers angeordnet ist, innerhalb dessen die Ventalnadel axial bewegbar ausgebildet ist.

[0156] Der dritte Druckausgleichskanal sorgt für einen Druckausgleich zwischen dem in dem Aufnahmebereich des Hülsenelements ausgebildeten Raum und einem unteren Innenbereich des Ventilbasiskörpers. Der untere Innenbereich des Ventilbasiskörpers ist wiederum über eine Fluidbohrung mit dem Fluideingangsraum verbunden, so dass auch hier ein Druckausgleich mittels der Fluidbohrung stattfinden kann.

[0157] Somit wird auf konstruktiv einfache Art und Weise ein zuverlässiger und ausreichender Druckausgleich zwischen sämtlichen Räumen erreicht, die innerhalb und teilweise auch angrenzend an das Expansionsventil ausgebildet bzw. angeordnet sind.

[0158] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Kraftübertragungselement einen Kopfbereich und einen Schaftbereich auf, wobei das Kraftübertragungselement so angeordnet ist, dass der Kontakt mit der zentralen Spindel punktuell in einem zentralen Bereich des Kopfbereichs erfolgt.

[0159] Durch diese punktuelle Kontaktfläche zwischen Spindel und Kraftübertragungselement, kann kein oder kaum Drehmoment übertragen werden. Daher rutscht die Spindel beim Drehen durch und das Kraftübertragungselement wird nicht in Drehung versetzt. Axialkräfte können hingegen auch mittels des punktuellen Kontakts zuverlässig von der Spindel auf das Kraftübertragungselement übertragen werden. An der Kontaktfläche zwischen Kraftübertragungselement und zentraler Spindel findet folglich eine Drehmomentunterbrechung statt.

[0160] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Druckfeder bereichsweise auf einer Mantelfläche des Schaftbereichs des Kraftübertragungselements angeordnet.

[0161] Da die Druckfeder auf der Mantelfläche des Schaftbereichs angeordnet ist, ist diese einerseits mittels des Schaftbereichs geführt. Andererseits ist diese von außen mittels der Innenfläche des Aufnahmebereichs des Hülsenelements geführt.

[0162] Dabei muss die Druckfeder die beiden Elemente nicht berühren. Vielmehr ist es auch denkbar, dass ein Spiel zwischen Mantelfläche des Schaftbereichs und Druckfeder sowie zwischen Druckfeder und Innenfläche des Aufnahmebereichs ausgebildet ist. Allerdings ist die Druckfeder so weit geführt, dass ein Verkanten bei der Stauchung der Feder vermieden werden kann.

[0163] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Druckfeder eine zylindrische Spiralfeder.

[0164] Als zylindrische Spiralfeder ist die Druckfeder in ihrer Herstellung besonders günstig und kann sicher um die Mantelfläche des Schaftbereichs angeordnet werden.

[0165] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Länge des Schaftbereichs so lang ausgebildet, dass beim Übersteigen einer axialen Kraft, die zu einer Stauchung der Druckfeder um einen vordefinierten Federweg führt, der Schaftbereich mit einem Hülsenboden des Hülsenelements in Kontakt kommt.

[0166] Das bedeutet, dass wenn die Druckfeder um den vordefinierten Federweg gestaucht ist, eine Axialkraft direkt von dem Kraftübertragungselement auf den Hülsenboden übertragen werden kann. So kann beim Versagen des mechanischen Stopps, d.h. der Spindel-Stopper-Struktur, oder einer Überbelastung des Ventils eine Maximalhubbegrenzung erfolgen.

[0167] Somit erfüllt auch das Kraftübertragungselement mehrere Funktionen. Zunächst ermöglicht das Kraftübertragungselement eine Drehmomentenkopplung des Hülsenelements von der Spindel. Ferner führt das Kraftübertragungselement bzw. dessen Schaftbereich die Druckfeder in axiale Richtungen und verhindert somit ein Einknicken bzw. allgemein eine asymmetrische Deformation der Druckfeder. Weiterhin ferner sorgt der Schaftbereich für die oben beschriebene Maximalhubbegrenzung.

[0168] Die erfindungsgemäße Lösung besteht ferner darin, ein mit einem Schrittmotor betreibbares Expansionsventil zum Einbauen in einen Ventileinbauraum anzugeben, das Folgendes aufweist: ein Gehäuse;

einen Hohlraum, welcher an dem Gehäuse angeordnet ist; einen den Hohlraum tragenden Ventilbasiskörper, welcher das Gehäuse abschließt; einen Rotor, welcher mittels eines Stators antreibbar ist; und eine zentrale Spindel, welche innerhalb des Hohlraums angeordnet und von dem Rotor derart antreibbar ist, dass eine Rotationsbewegung der Spindel über eine Gewindeverbindung in eine axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils überführbar ist, wobei das Gehäuse und eine dem Gehäuse zugewandte Seite des Ventilbasiskörpers einen Gehäuse-Innenraum begrenzen, wobei innerhalb des Hohlraums ein Hohlraum-Innenraum ausgebildet ist, wobei angrenzend an eine von dem Gehäuse abgewandte Seite des Ventilbasiskörpers in einem in dem Ventileinbaureaum eingebauten Zustand des Expansionsventils ein Fluideingangsraum angeordnet ist, wobei der Gehäuse-Innenraum zum Druckausgleich über einen ersten Druckausgleichskanal mit dem Fluideingangsraum verbunden ist, wobei der erste Druckausgleichskanal einen ersten Kanalbereich, der zumindest bereichsweise in dem Ventilbasiskörper angeordnet ist, und einen zweiten Kanalbereich aufweist, der zumindest bereichsweise in dem Hohlraum angeordnet ist, wobei der erste Kanalbereich und der zweite Kanalbereich über einen umfänglich umlaufenden Verbindungsbereich miteinander verbunden sind.

[0169] Das Expansionsventil weist also eine Vielzahl von Räumen auf, die innerhalb oder angrenzend an das Expansionsventil ausgebildet sind. Im Betrieb muss ein Ungleichgewicht zwischen den wirkenden Kräften, insbesondere ober- und unterhalb dazwischenliegender Bauteile, nach Möglichkeit verhindert werden. Dies geschieht beispielsweise dadurch, dass ein am Eingang vorhandener Hochdruck nach oben geleitet wird. Insgesamt soll durch die Druckausgleichskanäle somit ein die Funktion des Expansionsventils störender Druckstau in einem der oder mehreren der Räume des Expansionsventils vermieden werden.

[0170] Im zusammengebauten Zustand des Expansionsventils ist der Hohlraum in dem Ventilbasiskörper angeordnet (genauer gesagt in einem, respektive dem Aufnahmebereich des Ventilbasiskörpers). Der erste Kanalbereich ist zumindest bereichsweise in dem Ventilbasiskörper angeordnet und der zweite Kanalbereich ist zumindest bereichsweise in dem Hohlraum angeordnet.

[0171] Damit ein Druckausgleich zwischen dem ersten Kanalbereich und dem zweiten Kanalbereich erfolgen kann, müssen diese in Fluidverbindung stehen. Diese Fluidverbindung erfolgt über den umfänglich umlaufenden Verbindungsbereich. Da der Verbindungsbereich als umfänglich umlaufender Verbindungsbereich ausgebildet ist, der die nötige Fluidverbindung zwischen den beiden Bereichen ausbildet,

müssen beim Zusammenbau der Ventilbasiskörper und der Hohlraum nicht mehr zueinander ausgerichtet werden. Hierdurch vereinfacht sich der Zusammenbau und es können Fehler beim Zusammenbau vermieden werden, die zu einem Ausfall des Expansionsventils führen könnten.

[0172] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der umfänglich umlaufende Verbindungsbereich ein umlaufender Freistich, welcher an einem Innenumfang eines Aufnahmebereichs des Ventilbasiskörpers angeordnet ist.

[0173] Der umlaufende Freistich ermöglicht hierbei eine zuverlässige (Fluid-)Verbindung zwischen dem ersten Kanalbereich und dem zweiten Kanalbereich.

[0174] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der vorliegenden Erfindung ist der umfänglich umlaufende Verbindungsbereich eine umlaufende Fase, welche an einem Außenumfang des Hohlraums angeordnet ist.

[0175] Diese hat insbesondere den Vorteil, dass die Fase einfacher und damit kostengünstiger herzustellen ist als der umlaufende Freistich in dem Aufnahmebereich.

[0176] Wenn ein besonders schneller Druckausgleich gefordert ist, können auch ein umlaufender Freistich und eine umlaufende Fase angeordnet sein.

[0177] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der zweite Kanalbereich als Längsnut ausgebildet, die sich in dem Hohlraum von einem in dem Ventilbasiskörper angeordneten Bereich bis zu einem nicht in dem Ventilbasiskörper angeordneten Bereich erstreckt.

[0178] Die Längsnut ist besonders einfach herzustellen, wobei es sich bei der Längsnut insbesondere um eine solche Längsnut handelt, in der sich der bereits beschriebene Gleitring axial bewegt. Die Längsnut erfüllt somit ebenfalls eine Doppelfunktion, da sie nicht nur als zweiter Kanalbereich ausgebildet ist, sondern auch zu der Führung des Gleitrings dient, der als Teil der Spindel-Stopper-Struktur Funktionen des Expansionsventils ausführt.

[0179] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil einen zweiten Druckausgleichskanal zum Druckausgleich zwischen dem Hohlraum-Innenraum und dem Gehäuse-Innenraum auf, der zumindest bereichsweise von dem zweiten Kanalbereich ausgebildet wird.

[0180] Mit anderen Worten bilden Bereiche des zweiten Kanalbereichs auch Bereiche des zweiten Druckausgleichskanal aus.

[0181] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist der zweite Druckausgleichskanal in einem Bereich einer maximalen radialen Ausdehnung der Längsnut und des Hohlenschaft-Innenraums angeordnet.

[0182] Das bedeutet, dass der zweite Druckausgleichskanal an einem Boden der Längsnut ausgebildet ist. Insbesondere handelt es sich um eine Öffnung in dem Boden der Längsnut.

[0183] Die Längsnut kann somit nicht nur als zweiter Kanalbereich, sondern auch als Teil des zweiten Druckausgleichskanals zusätzlich zum Druckausgleich zwischen dem Fluideingangsraum und dem Gehäuse-Innenraum einen Druckausgleich zwischen dem Hohlenschaft-Innenraum und dem Gehäuse-Innenraum bieten.

[0184] Beim Einbringen der Längsnut in den mit dem Hohlenschaft-Innenraum ausgebildeten Hohlenschaft kann gleichzeitig der zweite Kanalbereich des ersten Druckausgleichskanals und der zweite Druckausgleichskanal ausgebildet werden.

[0185] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil ein Adapterelement auf, das zum Übertragen eines Moments von dem Rotor auf die Spindel zwischen dem Rotor und der Spindel angeordnet ist, wobei das Adapterelement zumindest eine dezentrale Öffnung aufweist, die so angeordnet ist, dass diese einen Druck in dem Gehäuse-Innenraum oberhalb des Adapterelements und unterhalb des Adapterelements ausgleicht.

[0186] Durch die dezentrale Öffnung in dem Adapterelement kann auch der Druck innerhalb des Gehäuse-Innenraums, nämlich zwischen einem oberen Bereich (oberhalb des Adapterelements) und einem unteren Bereich (unterhalb des Adapterelements) schnell und einfach ausgeglichen werden. Hierdurch erhöht sich die Funktionszuverlässigkeit des Expansionsventils weiter.

[0187] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil einen dritten Druckausgleichskanal auf, der zwischen einem Aufnahmebereich eines Hülsenelements, das eine Ventilnadel des Expansionsventils aufweist, und einem unteren Innenbereich des Ventilbasiskörpers angeordnet ist, innerhalb dessen die Ventilnadel axial bewegbar ausgebildet ist und der über eine Fluidbohrung mit dem Fluideingangsraum verbunden ist.

[0188] Der dritte Druckausgleichskanal sorgt somit für einen Druckausgleich zwischen dem in dem Aufnahmebereich des Hülsenelements ausgebildeten Raum und einem unteren Innenbereich des Ventilbasiskörpers. Der untere Innenbereich des Ventilbasiskörpers ist wiederum über eine Fluidbohrung mit

dem Fluideingangsraum verbunden, so dass auch hier ein Druckausgleich über die Fluidbohrung stattfinden kann.

[0189] Somit wird auf konstruktiv einfache Weise ein zuverlässiger und ausreichender Druckausgleich zwischen sämtlichen Räumen erreicht, die innerhalb und teilweise auch angrenzend an (beispielsweise Fluideingangsraum) das Expansionsventil ausgebildet bzw. angeordnet sind.

[0190] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung sind in dem Aufnahmebereich des Hülsenelements ein stempelartiger Endbereich der zentralen Spindel, eine Druckfeder und ein Kraftübertragungselement aufgenommen.

[0191] Hierdurch ergibt sich eine besonders kompakte Bauweise des Expansionsventils, bei der jedoch dennoch sämtliche Funktionen erfüllt werden können.

[0192] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das Kraftübertragungselement so ausgebildet und angeordnet, dass es durch Kontakt mit der zentralen Spindel Axialkräfte von der zentralen Spindel über die Druckfeder auf das Hülsenelement überträgt, wobei das Kraftübertragungselement im Querschnitt betrachtet pilzförmig ausgebildet ist.

[0193] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Kraftübertragungselement einen Kopfbereich und einen Schaftbereich auf, wobei das Kraftübertragungselement so angeordnet ist, dass der Kontakt mit der zentralen Spindel punktuell in einem zentralen Bereich des Kopfbereichs erfolgt.

[0194] Durch diese punktuelle Kontaktfläche zwischen Spindel und Kraftübertragungselement, kann kein oder kaum Drehmoment übertragen werden. Daher rutscht die Spindel beim Drehen durch und das Kraftübertragungselement wird nicht in Drehung versetzt. Axialkräfte können hingegen auch mittels der punktuellen Kontaktfläche zuverlässig von der Spindel auf das Kraftübertragungselement übertragen werden. An der Kontaktfläche zwischen Kraftübertragungselement und zentraler Spindel findet folglich eine Drehmomentunterbrechung statt.

[0195] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist das Expansionsventil einen Ventilsitz auf, wobei der Ventilbasiskörper ein einstückig ausgebildeter Körper ist, der den Ventilsitz, das Hülsenelement und den Hohlenschaft zumindest bereichsweise aufnimmt.

[0196] Der Ventilbasiskörper ist somit als eine Art Patrone ausgebildet. Einerseits bietet dies den Vorteil, dass ein vereinfachter Ventilaustausch ermöglicht wird, da nur noch der Ventilbasiskörper aus

dem Ventileinbauraum entfernt werden muss. Andererseits kann eine besonders hohe Kompaktheit erreicht werden, da eine Vielzahl von Funktionen in der Ventilpatrone, das heißt in dem Ventilbasiskörper, integriert sind.

[0197] Des Weiteren bietet ein derart einstückig ausgebildeter Ventilbasiskörper die Möglichkeit, das Ventil durch das Anpassen nur eines Bauteils in einem kundenspezifischen Bauraum zu integrieren. Hierdurch können insbesondere in der Fertigung Kosten gespart werden, da Gleichteile für verschiedene Expansionsventile verwendet werden können. Auch nimmt die Komplexität beim Zusammenbau des Expansionsventils ab.

[0198] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung weist der Ventilbasiskörper einen unteren Dichtungs-Aufnahmebereich und einen oberen Dichtungs-Aufnahmebereich auf.

[0199] Durch das Anordnen von zwei unterschiedlichen Dichtungs-Aufnahmebereichen kann auch bei einem einstückig ausgebildeten Ventilbasiskörper eine zuverlässige Dichtheit erreicht werden.

[0200] Die erfindungsgemäße Lösung besteht ferner darin, ein Verfahren zum Herstellen eines Expansionsventils anzugeben, das folgende Schritte aufweist: Bereitstellen des Hohlschafts; und Einbringen der Längsnut in den Hohlenschaft.

[0201] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird bei dem Einbringen der Längsnut der zweite Druckausgleichskanal in dem Hohlenschaft ausgebildet.

[0202] Durch das gleichzeitige Einbringen des zweiten Druckausgleichskanals wird ein sonst zusätzlich benötigter Arbeitsschritt zum gesonderten Einbringen des zweiten Druckausgleichskanals eingespart.

[0203] Weitere Vorteile der Erfindung gehen aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor.

[0204] Die Erfindung wird nachstehend anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

[0205] Die zu der Erläuterung der Ausführungsbeispiele verwendeten Zeichnungen zeigen in:

Fig. 1 einen Längsschnitt eines erfindungsgemäßen Expansionsventils in einem in einem Ventileinbauraum eingebauten Zustand;

Fig. 2 einen detaillierten Längsschnitt eines Bewegungsmechanismus des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Adapterelements des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 4 einen detaillierten Längsschnitt eines Adapterelements und eines Rotors des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Führungsfeder des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Gleitrings des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 7 eine Draufsicht auf den Gleitring aus **Fig. 6**;

Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Hohlschafts des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 9 eine schematische Darstellung der Spindel-Stopper-Geometrie des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 10 einen Längsschnitt einer Kraftübertragung und Drehmomentbegrenzungseinrichtung des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 11 einen Längsschnitt eines Hülsenelements des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 12 eine schematische Darstellung eines Kraftübertragungselements des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 13 eine schematische Darstellung einer Druckfeder des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 14 einen Längsschnitt eines Ventilbasiskörpers des erfindungsgemäßen Expansionsventils;

Fig. 15 eine schematische Darstellung des Ventilbasiskörpers aus **Fig. 14**;

Fig. 16 ein detaillierter Längsschnitt des Ventilbasiskörpers des erfindungsgemäßen Expansionsventils; und

Fig. 17 ein detaillierter Längsschnitt eines Hohlschafts des erfindungsgemäßen Expansionsventils.

[0206] Die **Fig. 1** zeigt einen Längsschnitt eines erfindungsgemäßen Expansionsventils **1** in einer bei-

spielhaften Ausführungsform. Zu Beschreibungszwecken ist in **Fig. 1** eine Oberseite **2** und eine Unterseite **3** definiert. Die Oberseite **2** und die Unterseite **3** werden auch jeweils zur Beschreibung einzelner Komponenten verwendet, deren Gesamtanordnung in **Fig. 1** erkennbar ist.

[0207] Das Expansionsventil **1** weist einen Ventilbasiskörper **5** und ein Gehäuse **4** auf. In **Fig. 1** ist das Expansionsventil **1** in einem Zustand dargestellt, in dem dieses in einem Ventileinbauraum **43** eingebaut ist. Als Ventileinbauraum **43** wird allgemein ein Hohlraum verstanden, in den das Expansionsventil **1** eingebaut werden soll bzw. wird.

[0208] Da der Ventilbasiskörper **5** ein einstückig ausgebildeter Körper ist, kann dieser patronenartig in den Ventileinbauraum **43** gesteckt werden. Entsprechend ist das gesamte Expansionsventil **1** einfach in den Ventileinbauraum **43** ein- und ausbaubar.

[0209] In dem in dem Ventileinbauraum **43** eingebauten Zustand des Expansionsventils **1** ist ein Fluidkanal **46** ausgebildet. Dieser erstreckt sich in **Fig. 1** von einem, seitlichen Bereich (linke Seite in **Fig. 1**) kommend in Richtung des Ventilbasiskörpers **5** und bildet um einen unteren Bereich (das heißt zur Unterseite **3** hin) des Ventilbasiskörpers **5** herum einen Fluideingangsraum **27**.

[0210] Der Fluideingangsraum **27** ist über Fluidbohrungen **40** mit einem unteren Innenbereich **42** des Ventilbasiskörpers **5** verbunden. In diesem unteren Innenbereich **42** ist auch eine Ventalnadel **20** des Expansionsventils **1** angeordnet ist.

[0211] Wird das Expansionsventil **1** geöffnet, so ist der Fluidkanal **46** von dem seitlichen Bereich des Expansionsventils **1**, durch den Fluideingangsraum **27**, durch die Fluidbohrung **40**, durch den unteren Innenbereich **42** des Ventilbasiskörpers **5** und durch eine Ventilöffnung, die mittels der Ventalnadel **20** verschließbar ist, zu einem Bereich unter dem Expansionsventil **1** hin ausgebildet.

[0212] An einer oberen Seite (das heißt zu der Oberseite **2** hin) des Ventilbasiskörpers **5** ist das Gehäuse **4** angeordnet. Insbesondere ist das Gehäuse **4** hülsenförmig ausgebildet.

[0213] Sämtliche funktionellen Elemente bzw. Komponenten des Expansionsventils **1** sind innerhalb des Gehäuses **4** oder innerhalb des Ventilbasiskörpers **5** angeordnet. Das Gehäuse **4** ist radial von einem - hier nicht dargestellten - Schrittmotor bzw. einem Stator hiervon umgeben.

[0214] Der Ventilbasiskörper **5** schließt das Gehäuse **4** auf der Unterseite **3** ab. In dem Gehäuse **4** ist

ein Rotor **6** (des Schrittmotors) angeordnet, der seine Rotation auf eine zentrale Spindel **8** überträgt.

[0215] In **Fig. 1** wird die Rotation von dem Rotor **6** über ein Adapterelement **13** auf die zentrale Spindel **8** übertragen. Die zentrale Spindel **8** weist ein Außengewinde auf, das mit einem Innengewinde eines Hohlschafts **7** als Gewindeverbindung **9** verbunden ist.

[0216] Durch die Gewindeverbindung **9** bewegt sich die zentrale Spindel **8** entlang einer Rotationsachse R axial nach unten (das heißt von der Oberseite **2** zu der Unterseite **3**) bzw. nach oben (das heißt von der Unterseite **3** zu der Oberseite **2**). Folglich kann durch diesen Bewegungsmechanismus die Rotationsbewegung des Rotors **6** in eine axiale Bewegung überführt werden.

[0217] Um den Hohlenschaft **7** herum ist ein Spiralkörper **12** ausgebildet. In der in **Fig. 1** gezeigten Ausbildungsform ist dieser Spiralkörper **12** als Führungsfeder **12** ausgebildet. Dabei wird für die Führungsfeder und für den Spiralkörper das Bezugszeichen **12** verwendet.

[0218] In dem Spiralkörper **12** (das heißt in einem Gewindegang **16** hiervon) verläuft ein Anschlagkörper. Hier ist der Anschlagkörper als Gleitring **17** ausgebildet.

[0219] Die Führungsfeder **12** und der Gleitring **17** bilden eine Spindel-Stopper-Geometrie aus, die eine obere (axiale) Endlage und eine untere (axiale) Endlage der zentralen Spindel **8** vorgeben. Die Funktion der Spindel-Stopper-Struktur wird nochmals genauer unter Bezugnahme auf **Fig. 2** und **Fig. 9** erklärt.

[0220] Ein unterer Teil (das heißt zu der Unterseite **3** hin) der zentralen Spindel **8** ist in einem Hülsenelement **21** aufgenommen. Das Hülsenelement **21** selbst ist in dem Ventilbasiskörper **5** aufgenommen. Ferner ist auch ein unterer Bereich des Hohlschafts **7** in dem Ventilbasiskörper **5** aufgenommen.

[0221] Insbesondere ist das Hülsenelement **21**, wie in **Fig. 1** gezeigt, bereichsweise in dem Hohlenschaft **7** aufgenommen, der wiederum bereichsweise in dem Ventilbasiskörper **5** aufgenommen ist. Das bedeutet, dass eine innere Umfangsfläche des Ventilbasiskörpers **5** mit einer äußeren Umfangsfläche des Hohlschafts **7** in Kontakt steht. Außerdem steht eine innere Umfangsfläche des Hohlschafts **7** mit einer äußeren Umfangsfläche des Hülsenelements **21** in Kontakt.

[0222] An einem unteren Bereich weist das Hülsenelement **21** die Ventalnadel **20** auf. Das Hülsenelement **21** ist ein einstückiger Körper, das heißt, dass die Ventalnadel **20** hülsenartig ausgebildet ist.

[0223] Die Ventalnadel **20** sitzt in einem Ventilsitz **34**, wobei durch Anheben (nach oben, das heißt zur Oberseite **2** hin) aus dem Ventilsitz **34** eine Öffnung durch den Ventilsitz **34** hindurch freigegeben wird und ein Fluid durch diesen hindurchströmen kann.

[0224] In **Fig. 1** ist die Ventalnadel **20** in ihrem aufgesetzten Zustand dargestellt, in dem diese dichtend auf den Ventilsitz **34** drückt.

[0225] Innerhalb des Hülsenelements **21** sind Elemente angeordnet, die zur Kraftübertragung und Drehmomentbegrenzung zwischen der Spindel **8** und dem Hülsenelement **21** dienen. Diese Elemente werden genauer unter Bezugnahme auf **Fig. 10** beschrieben.

[0226] Die **Fig. 2** zeigt einen oberen Teil des Expansionsventils **1** genauer. Insbesondere zeigt **Fig. 2** den Rotor **6**, der über den Adapter **13** mit der zentralen Spindel **8** verbunden ist, die wiederum über die Gewindeverbindung **9** mit dem Hohlenschaft **7** verbunden ist.

[0227] Wie in **Fig. 2** zu erkennen, ist die Führungsfeder **12** an einer Mantelfläche **10** des Hohlschafts **7** angeordnet. Insbesondere handelt es sich bei der Führungsfeder **12** um die in **Fig. 5** dargestellte Spiralfeder. Diese Spiralfeder weist ein erstes Anschlagelement **14** und ein zweites Anschlagelement **15** auf. Die beiden Anschlagelemente **14**, **15** sind an jeweiligen Enden der als Spiralfeder ausgebildeten Führungsfeder **12** angeordnet. Insbesondere erstreckt sich das erste Anschlagelement **14** von einem oberen Ende der Spiralfeder axial nach oben, wohingegen sich das zweite Anschlagelement **15** von einem unteren Ende der Führungsfeder **12** axial nach unten erstreckt.

[0228] Wie in **Fig. 2** zu erkennen, ist das erste Anschlagelement **14** mit dem Adapterelement **13** verbunden. Das bedeutet auch, dass die Führungsfeder **12** bzw. der Spiralkörper **12** sich mit dem Adapterelement **13** mitdrehen kann. Hierzu weist das Adapterelement **13** dezentrale Öffnungen **13c** (siehe **Fig. 3**) auf, in die das erste Anschlagelement **14** eingesetzt werden kann bzw. ist.

[0229] Das zweite Anschlagelement **15** ist, wie in **Fig. 1** dargestellt, in Richtung des Ventilbasiskörpers **5** ausgerichtet. Vorzugsweise kann dabei das zweite Anschlagelement **15** im Betrieb auf dem Basiskörper **5** schleifen. Alternativ hierzu könnte in dem Basiskörper **5** eine kreisförmige Nut ausgebildet sein, in der das zweite Anschlagelement **15** des Spiralkörpers **12** bzw. der Führungsfeder **12** verläuft und geführt ist.

[0230] Wie in **Fig. 3** dargestellt, weist das Adapterelement **13** einen plattenförmigen Basisbereich **13a** und einen Aufnahmebereich **13b** für die zentrale Spindel **8** auf. Dabei erstreckt sich der Aufnahmebe-

reich **13b** zentral von dem plattenförmigen Basisbereich **13a** axial in Richtung der Rotationsachse R (siehe **Fig. 4**).

[0231] Um die Rotationsachse R rotiert der Rotor **6**, das Adapterelement **13**, der Spiralkörper **12** und die zentrale Spindel **8**.

[0232] Das Adapterelement **13** weist mehrere dezentrale Öffnungen **13c** auf, die dezentral, also entfernt von dem Zentrum, in dem plattenförmigen Basisbereich **13a** ausgebildet sind. In **Fig. 3** sind vier dezentrale Öffnungen **13c** in Form von Langlöchern an einem äußeren Umfang des plattenförmigen Basisbereichs **13a** ausgebildet. Die Ausbildung der dezentralen Öffnungen **13c** als Langlöcher bringt insbesondere fertigungsbezogene Vorteile mit sich.

[0233] In eine der dezentralen Öffnungen **13c** erstreckt sich der obere Endbereich, das heißt das erste Anschlagelement **14**, der Führungsfeder **12**. Die restlichen dezentralen Öffnungen **13c** in dem plattenförmigen Basisbereich **13a** des Adapterelements **13** können beispielsweise dazu dienen, um für einen ausreichenden Druckausgleich zwischen einem Gehäuseinnenraum **28** oberhalb des Adapterelements **13** und einem Gehäuseinnenraum **28** unterhalb des Adapterelements **13** zu sorgen.

[0234] Innerhalb des Aufnahmebereichs **13b** des Adapterelements **13** ist eine zentrale Durchgangsöffnung **13d** ausgebildet, in die ein oberer Bereich der zentralen Spindel **8** aufnehmbar ist. Dieser obere Bereich der Spindel **8** ist im Querschnitt betrachtet komplementär zu der zentralen Durchgangsöffnung **13d** ausgebildet. Im Querschnitt betrachtet bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die beiden Bauteile entlang der Rotationsachse R betrachtet werden.

[0235] Zur Kraftübertragung wäre es denkbar, dass die beiden Elemente im Querschnitt keine Kreisform, sondern eine Form ausbilden, die nicht rotations-symmetrisch ist. So kann eine einfache Übertragung von Drehmoment von dem Adapterelement **13** auf die zentrale Spindel **8** stattfinden. Beispielsweise kann die zentrale Durchgangsöffnung **13d** entsprechend mehreckig, vorzugsweise viereckig, ausgebildet sein. Insgesamt ist jedoch jede nicht-rotations-symmetrische Ausbildung zum einfachen Übertragen des Drehmoments denkbar. Vorzugsweise ist der Querschnitt jedoch eine Kreisform und die Kraftübertragung erfolgt beispielsweise über eine Schweißverbindung.

[0236] Wie in **Fig. 4** dargestellt, ist ein Außenumfang des plattenförmigen Basisbereichs **13a** mit dem Rotor **6** verbunden. Hierdurch wird das Drehmoment des Rotors **6** auf das Adapterelement **13** übertragen. Wie ebenfalls in **Fig. 4** und **Fig. 2** zu erkennen, weist ein oberer Bereich des Rotors **6** einen Anschlag auf, so

dass das Adapterelement **13** nicht durch den Rotor **6** hindurchrutschen kann. Dies ist insbesondere beim Zusammenbau vorteilhaft und dient zur Vermeidung von Fehlern.

[0237] Die Verbindung zwischen Rotor **6** und Adapterelement **13** kann stoffschlüssig, formschlüssig oder kraftschlüssig sein. Wesentlich ist an dieser Stelle, dass ein Drehmoment von dem Rotor **6** auf das Adapterelement **13** übertragen werden kann. Prinzipiell wäre es auch denkbar, dass das Adapterelement **13** und der Rotor **6** als einteiliges Bauteil ausgebildet sind.

[0238] In **Fig. 2** ist im Schnitt der Gleitring **17** zu erkennen, der in dem Gewindegang **16** der Führungsfeder **12** verläuft.

[0239] Eine größere Darstellung des Gleitrings **17** ist in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gegeben. Hier ist zu erkennen, dass der Gleitring **17** als spiralförmiges Element ausgebildet ist. Insbesondere ist der Gleitring **17** als zylindrische Spirale ausgebildet, die im eingebauten Zustand um die Rotationsachse R gewickelt ist.

[0240] Wie in **Fig. 6** dargestellt, weist der Gleitring **17** ein oberes Ende **17a** und ein unteres Ende **17b** auf. Das obere Ende **17a** und das untere Ende **17b** können sich überschneiden, so dass ein spiralförmiger Körper mit mehr als einer Wicklung ausgebildet wird. Durch diese Überschneidung der Enden und die Anzahl der Windungen der Führungsfeder **12** wird die maximale Anzahl der möglichen Umdrehungen der zentralen Spindel **8** begrenzt.

[0241] An einem seiner Enden, hier am unteren Ende **17b**, weist der Gleitring **17** einen sich radial nach innen erstreckenden Fortsatz **18** auf. Wie in **Fig. 2** zu erkennen, verläuft dieser Fortsatz **18** in dem Hohlenschaft **7**. Genauer gesagt, ist der Fortsatz **18** des Gleitrings **17** in eine Längsnut **11** des Hohlschafts **7** einsetzbar bzw. bei Gebrauch eingesetzt. Diese Längsnut **11** ist besonders gut in **Fig. 8** und **Fig. 9** zu erkennen.

[0242] **Fig. 8** zeigt den Hohlenschaft **7** in einer schematischen Darstellung. Der Hohlenschaft **7** ist als Hohlzylinder ausgebildet, der einen Hohlenschaft-Innenraum **29** umschließt. Wie in **Fig. 8** zu erkennen, ist an einem oberen Bereich des Hohlschafts **7** eine Hohlenschaft-Bohrung **31** angeordnet, durch die die zentrale Spindel **8** führbar ist. An der Mantelfläche **10** ist die Längsnut **11** angeordnet, die sich axial (im eingebauten Zustand parallel zu der Rotationsachse R) erstreckt. Die Längsnut **11** ist vorzugsweise nach unten hin (das heißt zu der Unterseite **3** hin) offen ausgebildet. Alternativ kann diese allerdings, wie in **Fig. 9** dargestellt, nach oben hin und nach unten hin begrenzt sein.

[0243] Im eingebauten Zustand ist der Fortsatz **18** des Gleitrings **17** in dieser Längsnut **11** angeordnet. Dadurch kann sich der Gleitring **17** nicht relativ zu dem Hohlenschaft **7** drehen. Das heißt, dass mittels der Längsnut **11** und des Fortsatzes **18** eine Drehsicherung des Gleitrings **17** erfolgt. Folglich kann sich der Gleitring **17** nur axial nach oben (entlang der Längsnut **11**) und axial nach unten (ebenfalls entlang der Längsnut **11**) bewegen.

[0244] Wenn sich im Betrieb der Rotor **6** dreht und das Adapterelement **13** diese Drehbewegung auf die Führungsfeder **12** (über die dezentrale Öffnung **13c**) überträgt, dreht sich die Führungsfeder **12** relativ zu dem Hohlenschaft **7** und auch relativ zu dem in dem Hohlenschaft **7** (das heißt in der Längsnut **11**) axial gesicherten Gleitring **17**. Durch die Rotation der Führungsfeder **12** wird der Gleitring **17** allerdings dazu angeregt, sich in dem Gewindegang **16** der Führungsfeder **12** zu bewegen. Entsprechend bewegt sich der Gleitring **17** entlang des Gewindegangs **16** nach oben und nach unten. Insbesondere in **Fig. 9** ist deutlich zu erkennen, dass der spiralförmig ausgebildete Gleitring **17** in dem Gewindegang **16** der Führungsfeder **12** verläuft.

[0245] Die Spindel-Stopper-Geometrie der vorliegenden Erfindung wird nun dadurch ausgebildet, dass der Gleitring **17** sich nur so weit nach oben entlang des Gewindegangs **16** bewegen kann, bis der Gleitring **17** mit seinem oberen Ende **17a** an das erste Anschlagelement **14** der Führungsfeder **12** anstößt.

[0246] Ob die obere oder untere Endlage der zentralen Spindel **8** festgelegt wird, ist von der Steigung der Führungsfeder bzw. des Spiralkörpers **12** abhängig. Wenn die Gewindesteigung der Spindel **8** ungleich der des Spiralkörpers **12** ist, dient das erste Anschlagelement **14** zum Festlegen der oberen Endlage der zentralen Spindel **8**. Weisen die Spindel **8** und der Spiralkörper **12** die gleiche Steigungsrichtung auf, gibt hingegen das erste Anschlagelement **14** die untere Endlage der zentralen Spindel **8** vor. Vorzugsweise sind die Gewindesteigung der zentralen Spindel **8** und die Gewindesteigung des zentralen Spiralkörpers **12** gleich.

[0247] Sobald der Gleitring **17** an dem ersten Anschlagelement **14** anstößt, ist in diese Drehrichtung keine weitere Rotation der Führungsfeder **12** relativ zu dem Gleitring **17** möglich. Genauer gesagt wird die Rotation des Adapterelements **13** dadurch abgebremst, dass die Führungsfeder **12** blockiert, das heißt, dass die Führungsfeder **12** sich nicht weiterdrehen kann, da sie durch den Gleitring **17** gesperrt ist.

[0248] Der Brems-Kraftfluss erfolgt hierbei von der Längsnut **11** des Hohlschafts **7** auf den Fortsatz **18** des Gleitrings **17** und von dem Fortsatz **18** zu einem

oberen Ende **17a** des Gleitrings **17** zu dem ersten Anschlagelement **14** der Führungsfeder **12** und von dem ersten Anschlagelement **14** auf die dezentrale Öffnung **13c** des Adapterelements **13**. Selbstverständlich kann eine gewisse Dehnung der einzelnen Elemente vorkommen, die zu einer Dämpfung der Bremskraft führen, die durchaus gewollt sein kann. Insbesondere ist dies der Fall bei dem unteren Anschlagpunkt.

[0249] Fig. 9 zeigt den Gleitring **17** an diesem unteren Anschlagpunkt. Wie in Fig. 9 zu erkennen, hat sich die Führungsfeder **12** so weit relativ zu dem Gleitring **17** (und dem Hohlenschaft **7**) gedreht, dass der Gleitring **17** bis an ein unteres Ende der Führungsfeder **12** gewandert ist. Dort kommt das untere Ende **17b** des Gleitrings **17** mit dem zweiten Anschlagselement **15** der Führungsfeder **12** in Kontakt. Der Bremskraftfluss verläuft nun von der Längsnut **11** des Hohlenschafts **7** auf das untere Ende **17b** des Gleitrings **17** und von dem unteren Ende **17b** des Gleitrings **17** auf das (untere) zweite Anschlagselement **15** der Führungsfeder **12**. Von diesem zweiten Anschlagselement **15** verläuft der Bremskraftfluss entlang der gesamten Führungsfeder **12** bis zu dem ersten Anschlagselement **14** und dann wieder zu der dezentralen Öffnung **13c** des Adapterelements **13**.

[0250] Das heißt, dass im Gegensatz zu dem oberen Anschlagpunkt hier der Bremskraftfluss entlang der gesamten Führungsfeder **12** ausgebildet ist. Ist die Führungsfeder **12** als starrer Spiralkörper ausgebildet, tritt keine oder nur eine vernachlässigbare Dämpfung der auf die zentrale Spindel **8** wirkenden Bremskraft auf.

[0251] Je nach Steigung des Spiralkörpers ergibt sich bei Kontakt des ersten Anschlagselements **14** mit dem oberen Ende **17a** des Gleitrings **17** die untere oder obere Endlage der Spindel **8** und bei Kontakt des zweiten Anschlagselements **15** mit dem unteren Ende **17b** (optional zuzüglich des maximalen Verdrehwinkels des Spiralkörpers **12**) die obere oder untere Endlage der Spindel **8**.

[0252] In den Fig. 10 bis Fig. 13 ist der Kraftübertragungsmechanismus von der Spindel **8** auf das Hülsenelement **21** bzw. die Ventalnadel **20** dargestellt. Die zentrale Spindel **8** weist einen stempelartigen Endbereich **22** auf, der an einem unteren Ende der Spindel **8** ausgebildet ist.

[0253] Dieser stempelartige Endbereich **22** ist in dem Hülsenelement **21** aufgenommen. Genauer gesagt, ist der stempelartige Endbereich **22** in einem Aufnahmebereich **21a** des Hülsenelements **21** aufgenommen. Wie in Fig. 10 dargestellt, ist ferner eine Druckfeder **24** und ein Kraftübertragungselement **23** in dem Aufnahmebereich **21a** angeordnet.

[0254] Die Druckfeder **24**, die in einer vergrößerten Ansicht in Fig. 13 dargestellt ist, ist mit einem Hülsenboden **21b** des Hülsenelements **21** in Kontakt. Bei der Druckfeder **24** handelt es sich um eine zylindrische Spiralfeder, die mit einem unteren Bereich auf dem Hülsenboden **21b** des Hülsenelements **21** aufliegt.

[0255] Wie in Fig. 12 dargestellt, weist das Kraftübertragungselement **23** einen Kopfbereich **23a** und einen Schaftbereich **23b** auf. Der Schaftbereich **23b** weist wiederum eine Mantelfläche **23c** auf.

[0256] Der Schaftbereich **23b** ist innerhalb der Druckfeder **24** anordenbar. Mit anderen Worten ist die Druckfeder **24** nach innen durch die Mantelfläche **23c** des Schaftbereichs **23b** gestützt. Das Kraftübertragungselement **23** dient somit auch als Führungselement für die Druckfeder **24**, wobei ein Umknicken der Druckfeder **24** ferner auch durch die Innenumfangsfläche des Aufnahmebereichs **21a** verhindert wird. Insgesamt ist die Druckfeder **24** somit durch den Aufnahmebereich **21a** und den Aufnahmebereich **21a** gestützt.

[0257] Wie in Fig. 12 zu erkennen, weist das Kraftübertragungselement **23** insgesamt eine Pilzform auf. Das bedeutet, dass der Kopfbereich **23a** teilkugelförmig, beispielsweise halbkugelförmig ausgebildet ist, und einen Außenumfang aufweist, der größer ist als der Außenumfang des Schaftbereichs **23b**. Mit anderen Worten ist der Kopfbereich **23a** pilzkopfförmig und der Schaftbereich **23b** pilzstilförmig ausgebildet.

[0258] Da der Kopfbereich **23a** breiter ausgebildet ist, ist ein Anstoßbereich zwischen Kraftübertragungselement **23** und Druckfeder **24** ausgebildet. Das heißt, dass ein oberer Bereich der Druckfeder **24** mit einem unteren Bereich des Kopfbereichs **23a** zum Anliegen kommen kann.

[0259] Die Pilzkopfform des Kopfbereichs **23a** hat allerdings ferner auch den Vorteil, dass der Kontaktbereich zu dem stempelartigen Endbereich **22** im Wesentlichen punktförmig ist. Über diesen punktförmigen Kontaktbereich kann eine Axialkraft (das heißt von oben (2) nach unten (3) oder von unten (3) nach oben (2)) gut übertragen werden, wohingegen ein Drehmoment nur sehr schlecht übertragen wird. Somit wird von dem stempelartigen Endbereich **22** kein wesentliches Drehmoment auf das Kraftübertragungselement **23** übertragen. Daher kann das Kraftübertragungselement **23** als eine Art Drehmomentbegrenzungseinrichtung dienen.

[0260] Wenn von dem Rotor **6** über das Adapterelement **13** eine Drehbewegung auf die zentrale Spindel **8** übertragen wird, bewegt sich der stempelartige Endbereich **22** nach oben oder nach unten. Wenn

der stempelartige Endbereich **22** sich nach unten bewegt, drückt dieser gegen das Kraftübertragungselement **23**, das wiederum gedämpft über die Druckfeder **24** auf den Hülsenboden **21b** und hiermit auf das Hülsenelement **21** und die Ventalnadel **20** drückt. Das bedeutet, dass die Ventalnadel **20** in Richtung des Ventilsitzes **34** gedrückt wird.

[0261] Ein oberer Bereich (zu der Oberseite **2** hin) des Hülsenelements **21** ist durch eine Buchse **44** verschlossen. Die Buchse **44** ist hohlzylinderförmig ausgebildet und aus einem anderen Material als die Spindel **8** ausgebildet. Insbesondere ist das erste Material, aus dem die Spindel **8** hergestellt ist, härter als das zweite Material, aus dem die Buchse **44** hergestellt ist. So kann eine geringe Reibung zwischen der Spindel **8**, also dem stempelartigen Endbereich **22**, und der Buchse **44** erreicht werden. Das ist vorteilhaft, damit die Ventalnadel **20** nicht lange in dem Ventilsitz **34** mitdreht.

[0262] Ferner bedeutet das, dass bei einer Reibung zwischen dem ersten Material und dem zweiten Material ein gezielter Verschleiß am (weniger harten) zweiten Material stattfindet. Hierdurch lässt sich somit der Verschleiß der Kraftübertragungseinrichtung bzw. der betroffenen Bauteile steuern.

[0263] Die Buchse **44**, das Hülsenelement **21** mit Ventalnadel **20**, und das Kraftübertragungselement **23** drehen so lange mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Spindel **8**, bis die Ventalnadel **20** in dem Ventilsitz **34** in ihrer axialen Bewegung behindert wird und das vorherrschende Drehmoment kleiner ist als zwischen der Kontaktstelle Buchse **44** zu Spindel **22**.

[0264] Erst wenn das gebremste Drehmoment (Haftreibungsmoment) im Ventilsitz **34** groß genug ist, stoppt die Ventalnadel **20**. Ab dann findet eine Relativbewegung zwischen Spindel **22** und Buchse **44** statt. Diese findet kurz stirnseitig (Buchse **44**) und dann nur noch partiell an der inneren Mantelfläche der Buchse **44** statt.

[0265] Der Hauptgrund des Nachdrehens der Spindel **8** nachdem die Ventalnadel **20** im Ventilsitz **34** sitzt, liegt darin, ein sicheres Schließen auch noch nach längerer Laufzeit sicherzustellen. So soll auch nach Jahren des Verschleißes ein sicheres Schließen des Ventils gegeben sein. Daher dreht die Spindel **8** mehrere Schritte, beispielsweise 10 Schritte, nach. Dieses Nachdrehen erfordert eine zuverlässige Drehmomententkopplung.

[0266] Der Vorteil bei der Verwendung der Buchse **44** liegt insbesondere darin, dass diese gezielt Verschleiß ausgesetzt werden kann und für eine niedrige Reibung zu der Spindel **8** sorgt. So verschleißt weder das Hülsenelement **21** noch die (zentrale) Spindel **8**. Dadurch, dass der Kraftübertragungsbereich

zwischen dem Kraftübertragungselement **23** und der zentralen Spindel **8** durch die spezielle Form des Kopfbereichs **23a** möglichst klein gehalten wird, tritt hier auch keine besonders hohe Reibung auf, so dass das Kraftübertragungselement **23** auch aus dem ersten Material hergestellt werden kann.

[0267] Bei dem ersten Material handelt es sich beispielsweise um Edelstahl und bei dem zweiten Material handelt es sich beispielsweise um eine Kupferlegierung, vorzugsweise um Messing. Die Materialpaarung Messing und Edelstahl ist besonders vorteilhaft. Dadurch, dass das Hülsenelement **44** in Längserstreckungsrichtung (das heißt entlang der Rotationsachse R) relativ lang ausgebildet ist, ist auch ausreichend Material vorhanden, das von dieser abgetragen werden kann.

[0268] Fig. 14 zeigt einen Längsschnitt des Ventilbasiskörpers **5**. Der Ventilbasiskörper **5** weist eine dem Gehäuse **4** zugewandte Seite **5a** auf, die eine obere Seite (zu der Oberseite **2** hin) des Ventilbasiskörpers **5** ist. Auf einer entgegengesetzten Seite zu der dem Gehäuse **4** zugewandten Seite **5a** weist der Ventilbasiskörper **5** eine dem Gehäuse **4** abgewandte Seite **5b** auf.

[0269] Wie in Fig. 1 zu erkennen, ist angrenzend an diese von dem Gehäuse **4** abgewandte Seite **5b** des Ventilbasiskörpers **5** in dem in dem Ventileinbauräum **43** eingebauten Zustand der Fluideingangsraum **27** ausgebildet.

[0270] Der Ventilbasiskörper **5** weist ferner einen Aufnahmebereich **33** auf, in dem (in dem zusammengebauten Zustand), wie in Fig. 1 dargestellt, zunächst der Hohlenschaft **7** aufgenommen und innerhalb des Hohlenschafts **7** das Hülsenelement **21** aufgenommen ist.

[0271] In einem unteren Bereich des Aufnahmebereichs **33** ist ein umlaufender Freistich **32** ausgebildet.

[0272] Weiter unten im Ventilbasiskörper **5** ist ein Ventilsitz-Aufnahmebereich **35** angeordnet. Dieser Ventilsitz-Aufnahmebereich **35** bietet einen Anschlag für den Ventilsitz **34**, wenn dieser von oben in den Ventilbasiskörper **5** geschoben wird. Hierdurch wird ein sicherer und definierter Sitz des Ventilsitzes **34** erreicht.

[0273] An einem äußeren unteren Bereich des Ventilbasiskörpers **5** ist ein unterer Dichtungs-Aufnahmebereich **36** ausgebildet. Wie in Fig. 1 zu erkennen, kann in diesen in dem zusammengebauten Zustand ein ringförmiger Dichtungskörper eingesetzt sein. Dieser dichtet den Fluideingangsraum **27** von einem unter dem Expansionsventil **1** angeordneten Bereich des Fluidkanals **46** ab und umgekehrt.

[0274] Zurück zu **Fig. 14** - dort ist in einem mittleren bis oberen Bereich des Ventilbasiskörpers **5** ein oberer Dichtungs-Aufnahmebereich **37** ausgebildet. Wie in **Fig. 1** zu erkennen, ist in diesem oberen Dichtungs-Aufnahmebereich **37** im eingebauten Zustand ebenfalls ein ringförmiges Dichtungselement angeordnet, das insbesondere den Fluideingangsraum **27** von der Außenumgebung abdichtet.

[0275] Wie ferner in den **Fig. 14** bis **Fig. 16** zu erkennen, ist an einer Oberseite **2** des Ventilbasiskörpers **5** ein Gehäusesitz **39** angeordnet. Dieser ist insbesondere radial umlaufend an dem oberen Bereich (an der dem Gehäuse **4** zugewandten Seite) des Ventilbasiskörpers **5** so angeordnet, dass dieser das Gehäuse **4** abschließend aufnehmen kann. Wie in **Fig. 1** dargestellt, kann ein Schließelement (beispielsweise in Form eines Rings) von außen das Gehäuse **4** radial nach innen gegen den Gehäusesitz **39** drücken.

[0276] Innerhalb des Expansionsventils **1** ist eine Vielzahl von Druckausgleichskanälen **25**, **26** und **41** ausgebildet. So ist ein erster Druckausgleichskanal **25** angeordnet, der den Gehäuse-Innenraum **28** mit dem Fluideingangsraum **27** verbindet, um zwischen diesen beiden Räumen einen Druckausgleich herzustellen.

[0277] Dieser erste Druckausgleichskanal **25** weist einen ersten Kanalbereich **25a** und einen zweiten Kanalbereich **25b** auf. Der erste Kanalbereich **25a** ist, wie in **Fig. 14** und **Fig. 16** dargestellt, innerhalb des Ventilbasiskörpers **5** ausgebildet. Insbesondere handelt es sich bei dem ersten Kanalbereich **25a** um eine Bohrung von der dem Gehäuse **4** abgewandten Seite **5b** in den Ventilbasiskörper **5** hinein. Der erste Kanalbereich **25a** ist bis zu dem umlaufenden Freistich **32** des Ventilbasiskörpers **5** ausgebildet. Das heißt, dass sich die Bohrung bis zu diesem Freistich **32** erstreckt. Somit schafft der erste Kanalbereich **25a** für sich eine Verbindung von der dem Gehäuse **4** abgewandten Seite **5b** zu dem Aufnahmebereich **33** des Basiskörpers **5**.

[0278] Im zusammengebauten Zustand des Expansionsventils **1** ist in diesem Aufnahmebereich **33** der in **Fig. 17** dargestellte Hohlenschaft **7** aufgenommen. Der Hohlenschaft **7** weist den zweiten Kanalbereich **25b** auf, der sich in Form der Längsnut **11** von einem unteren Ende hiervon nach oben erstreckt.

[0279] Besonders bevorzugt ist das untere Ende des Hohlenschafts **7** als umlaufende Fase **38** ausgebildet, so dass sowohl die umlaufende Fase **38** als auch der umlaufende Freistich **32** als Verbindungsbereich zwischen dem ersten Kanalbereich **25a** und dem zweiten Kanalbereich **25b** dienen.

[0280] Allgemein hat ein umfänglich umlaufender Verbindungsbereich insbesondere den Vorteil, dass

kein Ausrichten zwischen dem Hohlenschaft **7** und dem Ventilbasiskörper **5** erfolgen muss. Prinzipiell würde es jedoch bereits ausreichen, wenn entweder der umlaufende Freistich **32** oder die umlaufende Fase **38** ausgebildet ist. Das Ausbilden beider Elemente führt allerdings zu einem schnelleren Druckausgleich.

[0281] Die Längsnut **11** des Hohlenschafts **7** hat somit eine doppelte Funktion. Dabei dient sie einerseits dazu, den Gleitring **17** zu führen, und andererseits dazu, als zweiter Kanalbereich **25b** einen Druckausgleich zu schaffen. Dies funktioniert insbesondere dadurch, dass die Längsnut **11** zu dem Gehäuseinnenraum **28** hin offen ist. Folglich ist ein Druckausgleich zwischen Fluideingangsraum **27** und Gehäuseinnenraum **28** gegeben.

[0282] Ein zweiter Druckausgleichskanal **26** sorgt für einen Druckausgleich zwischen Hohlenschaft-Innenraum **29** und Gehäuse-Innenraum **28**. Dieser zweite Druckausgleichskanal **26** ist besonders gut in **Fig. 17** zu erkennen. In dieser **Fig.** ist insbesondere zu erkennen, dass der zweite Druckausgleichskanal **26** im Bereich einer maximalen radialen Ausdehnung der Längsnut **11** und des Hohlenschaft-Innenraums **29** ausgebildet ist. Dies hat insbesondere den Vorteil, dass bei dem Einbringen der Längsnut **11** in den mit dem Hohlenschaft-Innenraum **29** ausgebildeten Hohlenschaft **7** auch gleichzeitig der zweite Druckausgleichskanal **26** erzeugt werden kann, ohne dass hierfür ein gesonderter Arbeitsschritt notwendig ist.

[0283] Im Prinzip ist der zweite Druckausgleichskanal **26** eine Öffnung am Boden der Längsnut **11**. Diese Öffnung ist mit dem Hohlenschaft-Innenraum **29** und der Längsnut **11** (und folglich auch mit dem Gehäuse-Innenraum **28** verbunden). Außerdem ist der zweite Druckausgleichskanal **26** bereichsweise von dem zweiten Kanalbereich **25b** des ersten Druckausgleichskanals **25** ausgebildet, bzw. die Druckausgleichskanäle verwenden gemeinsame Bereiche.

[0284] Das Expansionsventil **1** weist ferner einen dritten Druckausgleichskanal **41** auf. Dieser dritte Druckausgleichskanal **41** ist besonders gut in **Fig. 10** zu erkennen und verbindet den unteren Innenbereich **42** des Ventilbasiskörpers **35** mit dem Aufnahmebereich **21a** des Hülsenelements **21**. Der untere Innenbereich **42** des Ventilbasiskörpers **5** ist ferner über die Fluidbohrungen **40**, wie in **Fig. 1** zu erkennen, mit dem Fluideingangsraum **27** verbunden.

[0285] Sämtliche in Verbindung mit einzelnen Ausführungsformen der Erfindung erläuterten und gezeigten Merkmale können in unterschiedlichen Kombinationen in dem erfindungsgemäßen Gegenstand vorgesehen sein, um gleichzeitig deren vorteilhafte Wirkung zu realisieren. Der Schutzbereich der vorliegenden Erfindung ist durch die Ansprüche gegeben und wird durch die in der Beschreibung erläuterten

ten oder in den Figuren gezeigten Merkmale nicht beschränkt.

[0286] Insbesondere sind in der Beschreibung vielfache Einzelaspekte des Expansionsventils **1** beschrieben worden. Dabei sind die Einzelaspekte für sich genommen, getrennt von anderen Aspekten beanspruchbar.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 3328530 B2 [0003]

Patentansprüche

1. Mit einem Schrittmotor betreibbares Expansionsventil (1), das Folgendes aufweist:

ein Gehäuse (4);

einen Hohlenschaft (7), welcher in dem Gehäuse (4) angeordnet ist;

einen den Hohlenschaft (7) tragenden Ventilbasiskörper (5), welcher das Gehäuse (4) abschließt;

einen Rotor (6), welcher mittels eines Stators antreibbar ist;

eine zentrale Spindel (8), welche innerhalb des Hohlenschafts (7) angeordnet und von dem Rotor (6) derart antreibbar ist, dass eine Rotationsbewegung der Spindel (8) über eine Gewindeverbindung (9) in eine axiale Bewegung zum Öffnen und Schließen des Expansionsventils (1) überführbar ist; und

einen einen Gewindegang (16) aufweisenden Spiralkörper (12), welcher um eine Mantelfläche (10) des Hohlenschafts (7) herum angeordnet und mittels des Rotors (6) antreibbar ist,

wobei an dem Hohlenschaft (7) ein Anschlagkörper angeordnet ist, der in dem Gewindegang (16) des Spiralkörpers (12) bewegbar angeordnet ist und als Teil einer Spindel-Stopper-Struktur eine obere Endlage und eine untere Endlage der zentralen Spindel (8) vorgibt.

2. Expansionsventil (1) nach Anspruch 1, wobei der Hohlenschaft (7) an der Mantelfläche (10) eine Längsnut (11) aufweist, und wobei der Anschlagkörper als Gleitring (17) ausgebildet ist, der in dem Gewindegang (16) des Spiralkörpers (12) mittels der Längsnut (11) verdrehgesichert und in Axialrichtung bewegbar angeordnet ist.

3. Expansionsventil (1) nach Anspruch 2, wobei die Spindel-Stopper-Struktur durch Zusammenwirken des Spiralkörpers (12) und des Gleitrings (17) ausgebildet ist.

4. Expansionsventil (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei der Gleitring (17) einen sich radial nach innen erstreckenden Fortsatz (18) aufweist, der dazu ausgebildet ist, in der Längsnut (11) zu verlaufen und dort als Verdrehsicherung zu wirken.

5. Expansionsventil (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Spiralkörper (12) ein erstes sich in Axialrichtung des Spiralkörpers (12) erstreckendes Anschlagelement (14) und ein zweites sich in Axialrichtung des Spiralkörpers (12) erstreckendes Anschlagelement (15) aufweist.

6. Expansionsventil (1) nach Anspruch 5, wobei bei Kontakt des ersten Anschlagelements (14) mit dem Anschlagkörper die untere Endlage der Spindel (8) festgelegt ist, und

wobei bei Kontakt des zweiten Anschlagelements (15) mit dem Anschlagkörper zuzüglich des maximalen Verdrehwinkels des Spiralkörpers (12) die obere Endlage der Spindel (8) festgelegt ist.

7. Expansionsventil (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, und 5 oder 6,

wobei der Gleitring (17) als zylindrische Spirale ausgebildet ist und ein oberes Ende (17a) und ein dem oberen Ende (17a) entgegengesetztes unteres Ende (17b) aufweist,

wobei das obere Ende (17a) mit dem ersten Anschlagelement (14) in Kontakt kommt, und

wobei das untere Ende (17b) mit dem zweiten Anschlagelement (15) in Kontakt kommt.

8. Expansionsventil (1) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,

wobei der Spiralkörper (12) mittels des ersten Anschlagelements (14) mit einem Adapterelement (13) verbunden ist, um bei der Rotation des Rotors (6) mitgedreht zu werden, und

wobei das Adapterelement (13) den Rotor (6) mit der Spindel (8) verbindet, um die Spindel (8) bei der Rotation des Rotors (6) mitzudrehen.

9. Expansionsventil (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Spiralkörper (12) eine Drehfeder ist, die in Form einer aus Stahl hergestellten Schraubenfeder ausgebildet ist.

10. Expansionsventil (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Hohlenschaft (7) aus einem Kunststoff, vorzugsweise aus Polyphenylensulfid, PPS, oder Polyetheretherketon, PEEK, oder aus Messing oder Bronze hergestellt ist.

11. Expansionsventil (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Expansionsventil (1) ferner ein Hülsenelement (21) aufweist, das einen Aufnahmebereich (21a), in dem ein stempelartiger Endbereich (22) der zentralen Spindel (8), eine Druckfeder (24) und ein Kraftübertragungselement (23) vollständig aufgenommen sind, und eine Ventilmadel (20) aufweist,

12. Expansionsventil (1) nach Anspruch 11, wobei das Kraftübertragungselement (23) so ausgebildet und angeordnet ist, dass es durch Kontakt mit der zentralen Spindel (8) Axialkräfte von der zentralen Spindel (8) über die Druckfeder (24) auf das Hülsenelement (21) überträgt,

wobei das Kraftübertragungselement (23) im Querschnitt betrachtet derart pilzförmig ausgebildet ist, dass Drehmomente nicht oder lediglich begrenzt von der zentralen Spindel (8) auf das Kraftübertragungselement (23) übertragen werden.

13. Expansionsventil (1) nach einem der vorherigen Ansprüche,

wobei das Gehäuse (4) und eine dem Gehäuse (4) zugewandte Seite (5a) des Ventilbasiskörpers (5) einen Gehäuse-Innenraum (28) begrenzen, wobei innerhalb des Hohlschafts (7) ein Hohlschaft-Innenraum (29) ausgebildet ist, wobei angrenzend an eine von dem Gehäuse (4) abgewandte Seite (5b) des Ventilbasiskörpers (1) in einem in einem Ventil-einbauraum (43) eingebauten Zustand des Expansionsventils (1) ein Fluideingangsraum (27) angeordnet ist, wobei ein erster Druckausgleichskanal (25) zum Druckausgleich zwischen dem Fluideingangsraum (27) und dem Gehäuse-Innenraum (28) angeordnet ist, wobei der erste Druckausgleichskanal (25) einen ersten Kanalbereich (25a) und einen zweiten Kanalbereich (25b) aufweist wobei der zweite Kanalbereich (25b) von der Längsnut 11 ausgebildet wird.

14. Expansionsventil (1) nach Anspruch 13, wobei ein zweiter Druckausgleichskanal (26) zum Druckausgleich zwischen dem Hohlschaft-Innenraum (29) und dem Gehäuse-Innenraum (28) in einem Bereich einer maximalen radialen Ausdehnung der Längsnut (11) und des Hohlschaft-Innenraums (29) angeordnet ist.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

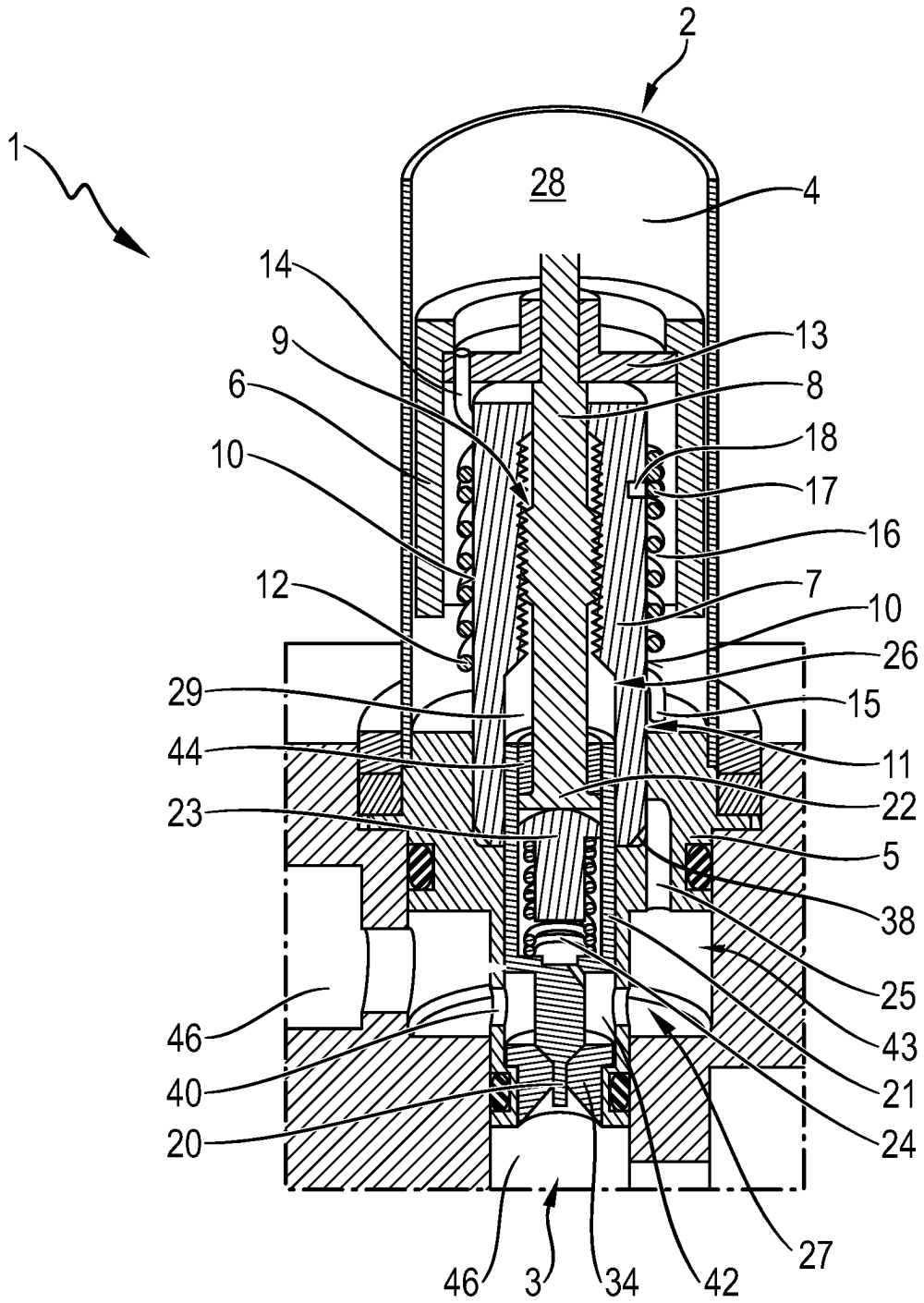


Fig. 1

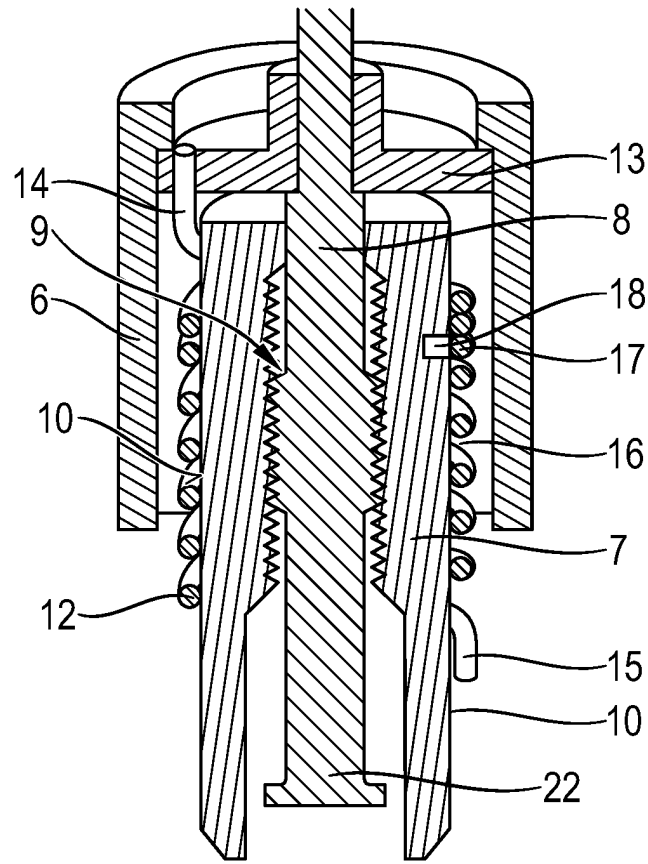


Fig. 2

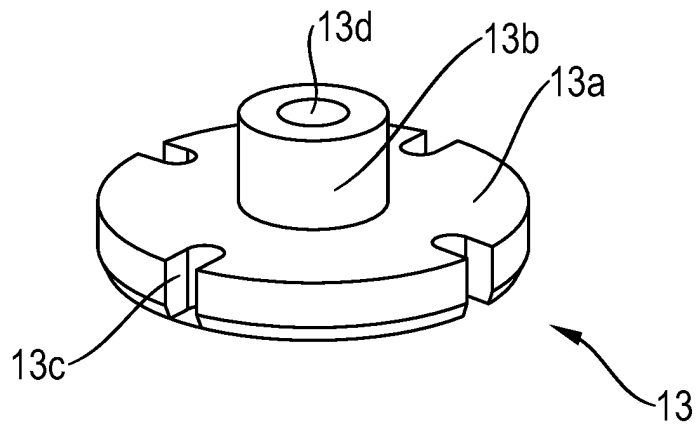


Fig. 3

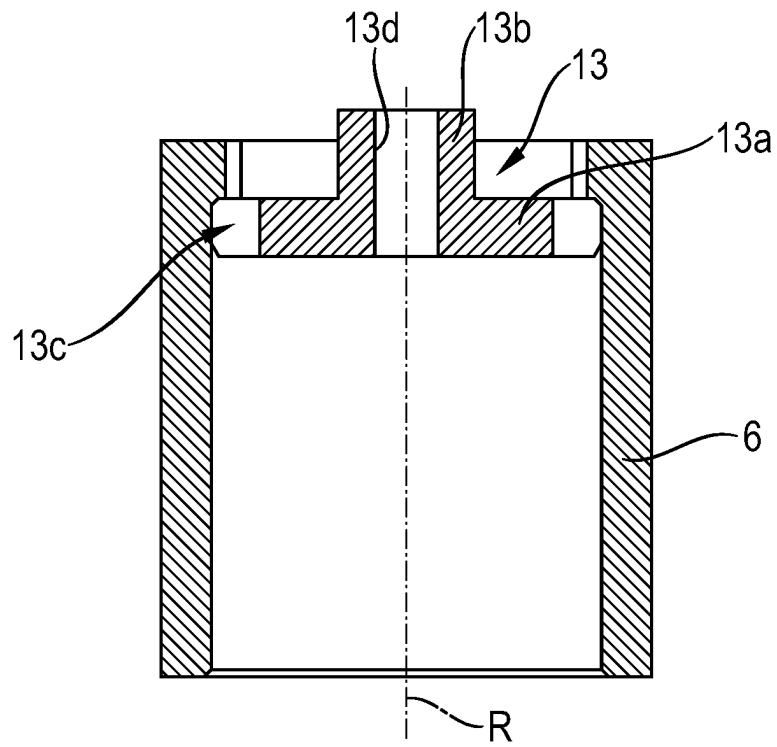


Fig. 4

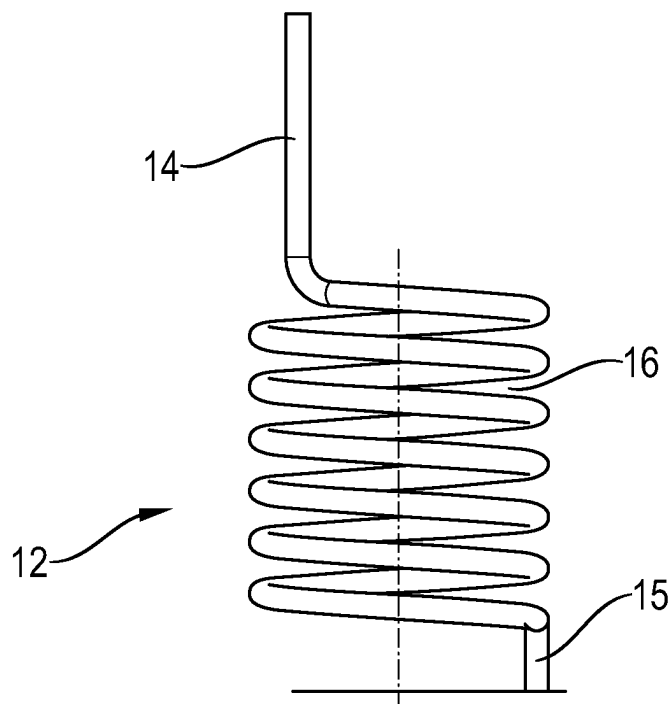


Fig. 5

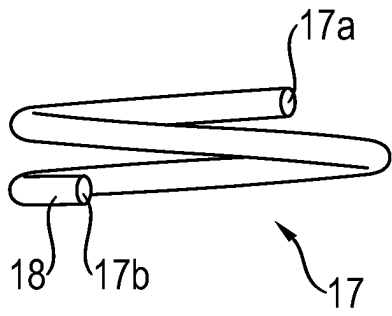


Fig. 6

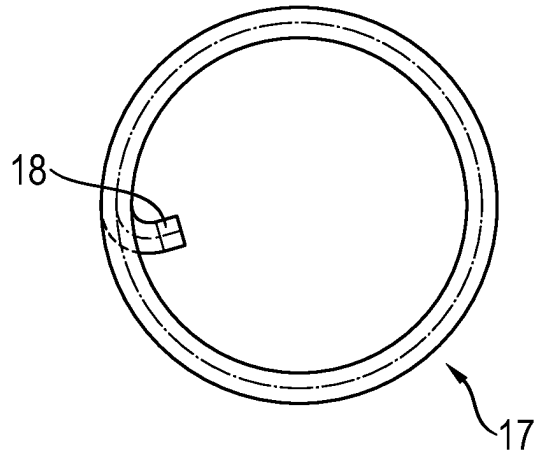


Fig. 7

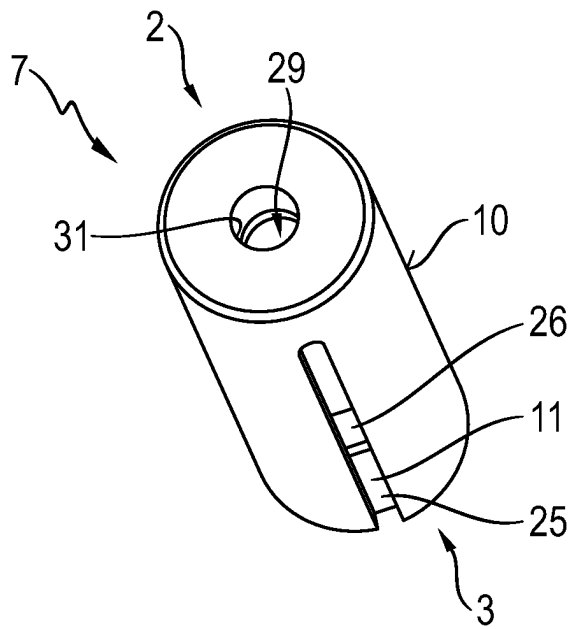


Fig. 8

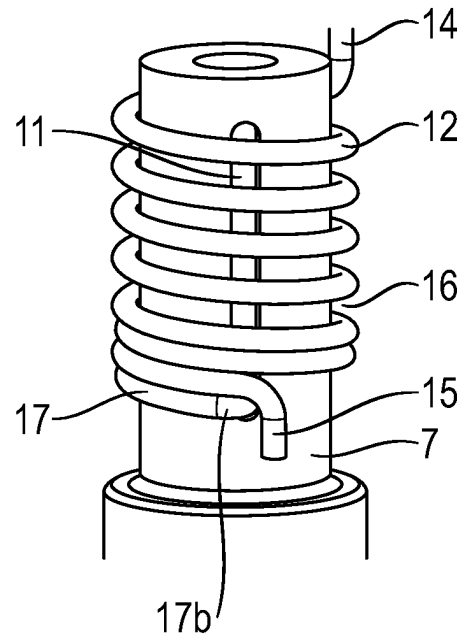


Fig. 9

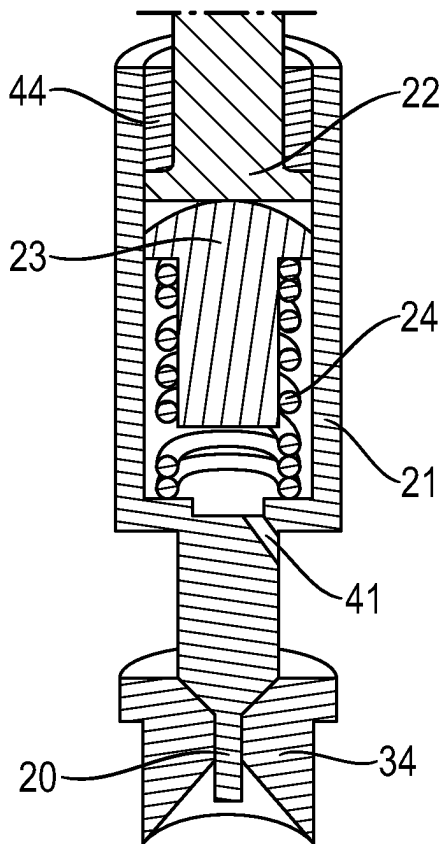


Fig. 10

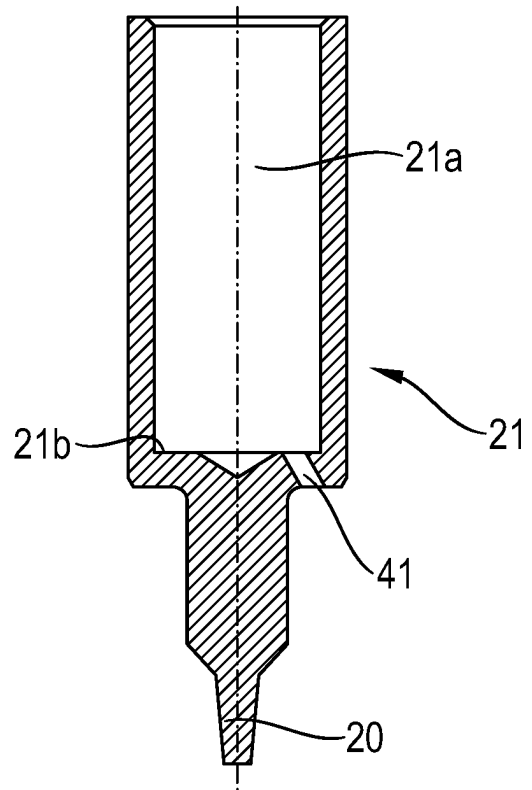


Fig. 11

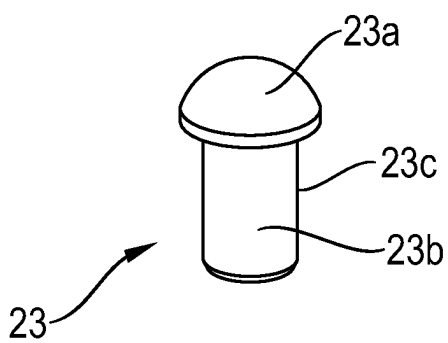


Fig. 12

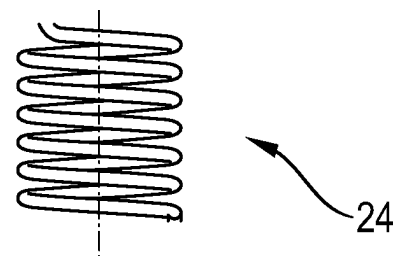


Fig. 13

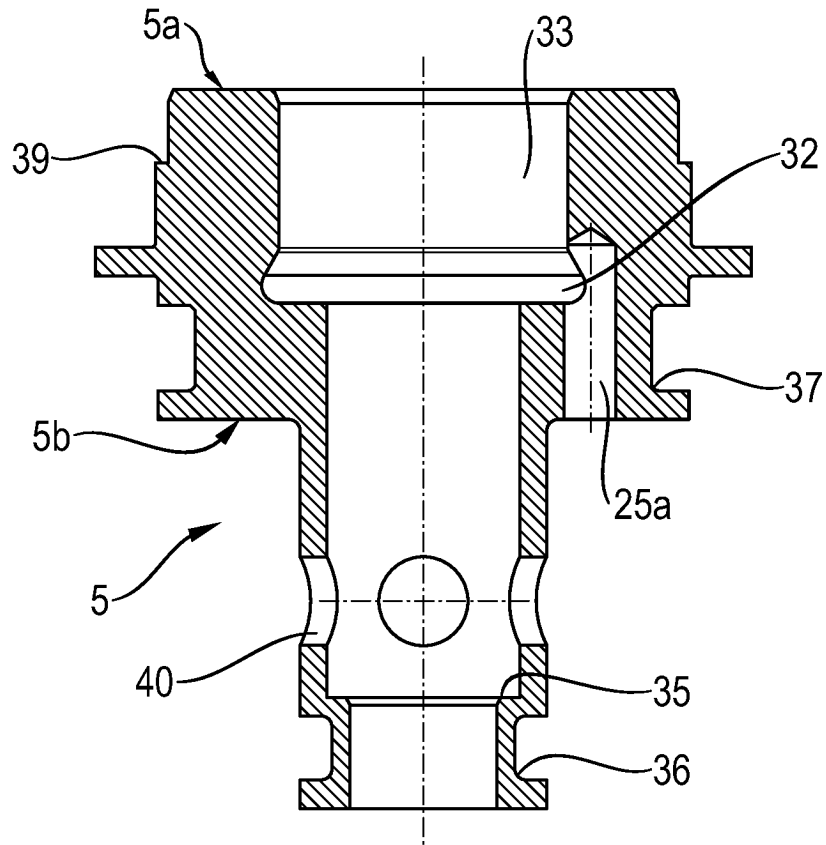


Fig. 14

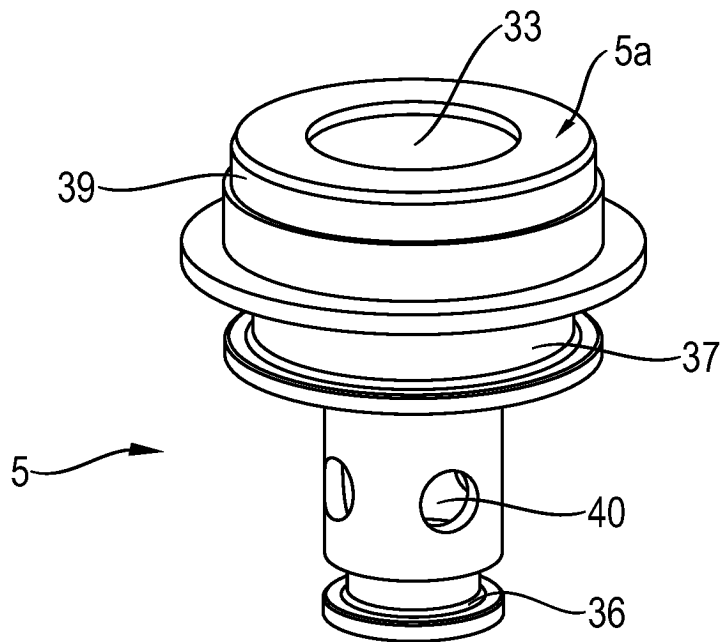


Fig. 15

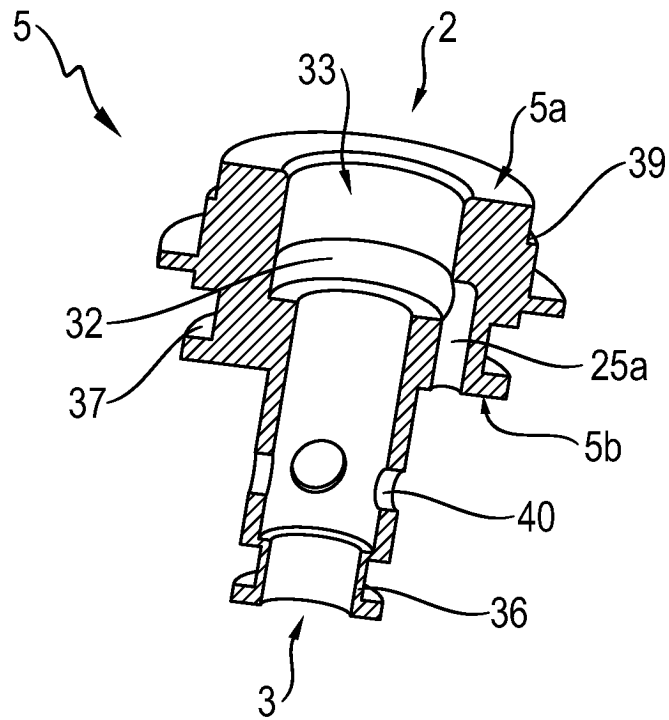


Fig. 16

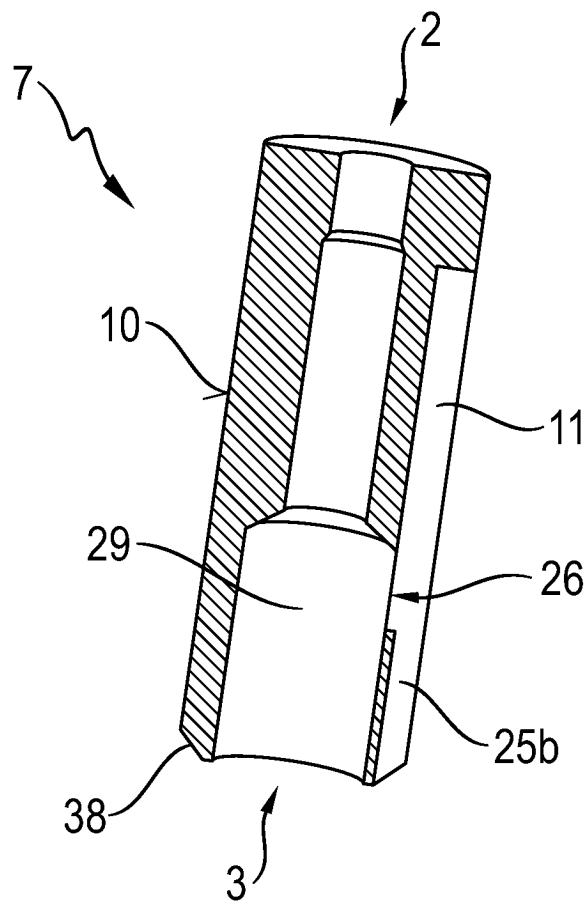


Fig. 17