



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.09.2011 Patentblatt 2011/38

(51) Int Cl.:
F15B 15/06 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11150392.6**

(22) Anmeldetag: **07.01.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(30) Priorität: **05.03.2010 DE 102010002621**

(71) Anmelder: **Krones AG**
93073 Neutraubling (DE)

(72) Erfinder:
• **Wiedenmann, Willi**
73469, Riesbürg (DE)
• **Mannl, Stephan**
95652, Walsassen (DE)
• **Sauer, Martin**
86687, Altisheim (DE)

(74) Vertreter: **Grünecker, Kinkeldey,**
Stockmair & Schwanhäusser
Anwaltssozietät
Leopoldstrasse 4
80802 München (DE)

(54) **Aktor**

(57) In einem Aktor (A) für ein drehbares Funktions-
element, mit einem wenigstens einen Druckmittelan-
schluss (11) aufweisenden, beidseitig durch Deckel (3,
4) verschlossenen Gehäuse (1), in welchem ein Kolben
(2) abgedichtet und linear hin- und herbewegbar geführt
ist, der diametral gegenüberliegende schraubengangar-
tige Kulissen (13) für eine Quereachse (8) einer in einem
Deckel (4) drehbar gelagerten Aktorwelle (25) enthält,
und mit zwei nur einseitig gehäusefest verankerten Füh-
rungsstangen (6a, 6b), die in Führungen (18a, 18b) im
Kolben (2) eingreifen, ist die eine Führungsstange (6a)
in einem Deckel (3), hingegen die andere Führungsstan-
ge (6b) im anderen Deckel (4) verankert, und enden die
beiden Führungen im Kolben (2) in zueinander entge-
gensetzten Richtungen blind.

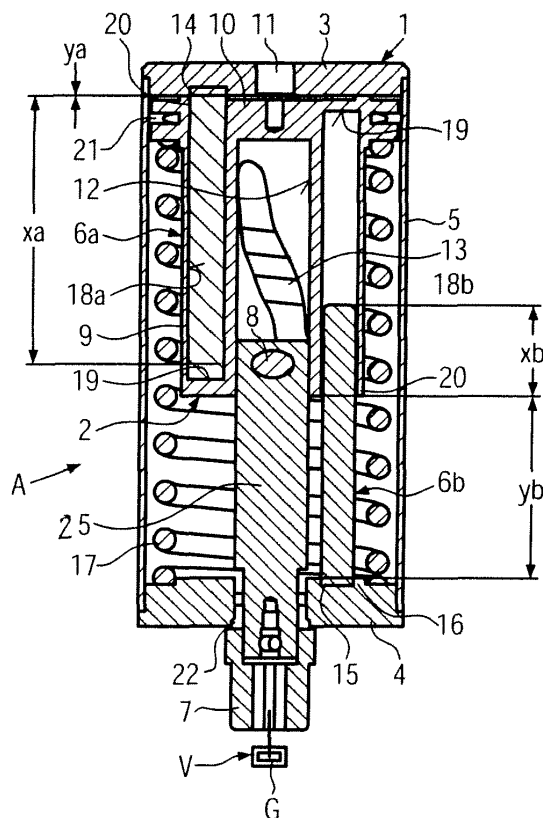


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Aktor gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Bevorzugtes, jedoch nicht einschränkendes, Anwendungsgebiet solcher Aktoren sind z.B. Scheibenventile oder Kugelhähne in der Getränkeabfüllindustrie. In solchen Scheibenventilen oder Kugelhähnen ist häufig in zumindest einer Endstellung bzw. bei Bewegungen des Verschlusselementes in die oder aus der Endstellung ein sehr großes bzw. das maximale Schaltdrehmoment vom Aktor zu erzeugen, der einseitig gegen Federkraft oder doppelseitig mit Druckmittel, z.B. Druckluft, beaufschlagbar ist.

[0003] Bei dem aus EP 1 222 403 A bekannten, gattungsgemäßen Aktor werden beide Führungsstangen gleichzeitig und gleichartig vom Kolben belastet, um das Reaktionsdrehmoment aus dem Schaltdrehmoment in das Gehäuse zu übertragen, unabhängig von der jeweiligen, von der Hubrichtung des Kolbens abhängenden Richtung des Reaktionsdrehmomentes. Beide gleich langen Führungsstangen sind im selben Deckel verankert, z.B. verschweißt. Bei der Hubbewegung des Kolbens verändern sich die freien Biegewirklängen der Führungsstangen umgekehrt wie die Führungslängen. Die freie Biegewirklänge ist der maßgebliche Parameter für die Biegebelastungen oder Biegespannungen, denen die Führungsstange hauptsächlich im Bereich der Verankerung im Deckel aber auch im Eindringbereich in die Führung unterworfen wird. Unabhängig von der Größe des Reaktionsdrehmomentes sind die Biegebelastungen an jeder Führungsstange dann am größten, wenn die freie Biegewirklänge am größten ist. Da es sich nicht ausschließen lässt, abhängig von der Bauweise und der Funktion des vom Aktor geschalteten Ventils, dass das Reaktionsdrehmoment am Kolben dann am höchsten ist, wenn die freien Biegewirklängen an beiden Führungsstangen am größten sind, ist die Gefahr von Verschleiß im Bereich der Verankerungen und auch in den Mündungsbereichen der Führungen sowie dort an den Führungsstangen hoch. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, sind ferner bei dem bekannten Aktor die Führungsstangen aus extrem hochbelastbarem und teurem Material hergestellt. Zusätzlich ist die Kolbenschräge durch ein metallisches äußeres Stützrohr verstärkt, wodurch die Teileanzahl des Aktors unzweckmäßig erhöht ist. Da ferner aus Kostengründen der Deckel, in welchem die beiden Führungsstangen verankert sind, nicht aus demselben teuren Material gefertigt wird wie die Führungsstangen selbst, ist die Verschweißung zweier unterschiedlicher Materialien problematisch, gegebenenfalls derart, dass ein automatisierter Schweißvorgang nicht durchgeführt werden kann. Dennoch bleibt die Gefahr eines Bruchs in der jeweiligen Schweißstelle akut, und zwar gleichzeitig bei beiden Führungsstangen, da beide Führungsstangen im selben Deckel verankert sind und im Betrieb des Aktors gleichzeitig den höchsten Biegekräften unterliegen, wenn ihre freien Biegewirklängen

gemeinsam anwachsen. Häufig müssen auch die Führungsstangen nach dem Verschweißen zeitaufwändig nachgerichtet werden, damit sie ordnungsgemäß in den Führungen laufen.

[0004] Bei dem aus EP 1 613 848 B1 (DE 60 2004 001 988 T2) bekannten Aktor sind vier Führungsstangen im Gehäuse verankert. Ein Paar Führungsstangen ist einendig im einen Deckel verankert, das andere Paar einendig im anderen Deckel, wobei die freien Enden der Führungsstangen in Hubrichtung des Kolbens einander nicht überlappen. In den Mündungen der Führungen sind Kunststoff-Gleitbuchsen angeordnet. Abhängig von der Richtung des Reaktionsdrehmomentes, die von der Hubrichtung des Kolbens abhängt, überträgt beim Vorwärtshub nur ein Paar das Reaktionsdrehmoment, während das andere Paar das entgegengesetzte Reaktionsdrehmoment beim Rückwärtshub des Kolbens in das Gehäuse übertragen. Während die zwei Führungsstangen des einen Paares das Reaktionsdrehmoment gemeinsam aufnehmen, verändern sich über die Hubbewegung ihre freien Biegewirklängen und umgekehrt die Führungslängen gleichartig, d.h., die Summe der freien Biegewirklängen und die Summe der beiden Führungslängen dieser das Reaktionsdrehmoment übertragenden Führungsstangen variieren abhängig vom Hub des Kolbens. Damit sind die Biegebelastungen der Führungsstangen dann am größten, wenn deren freie Biegewirklängen ebenfalls am größten sind. Dies erfordert eine sehr stabile Auslegung der Verankerungen der Führungsstangen. Die vier Führungsstangen, die radial gleiche Abstände von der Kolbenachse haben, jeweils paarweise diametral einander gegenüberliegen, wobei jeweils eine Führungsstange eines Paares in Umfangsrichtung relativ eng benachbart zu einer Führungsstange des anderen Paares platziert ist, beschränken ferner das für die Kulissen nutzbare Bogenmaß in der Kolbenschräge unzweckmäßig. Der Aktor ist, hauptsächlich wegen der vier Führungsstangen vierteilig und bedingt eine zeit- und kostenintensive Herstellung.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Aktor der eingangs genannten Art anzugeben, der sehr funktionssicher, baulich einfach und dennoch kostengünstig ist.

[0006] Die gestellte Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0007] Da das Ende der einen Führungsstange in einem Deckel und das Ende der anderen Führungsstange im anderen Deckel des Gehäuses verankert sind, ist in jeder Endstellung des Kolbens die freie Biegewirklänge einer Führungsstange ein Minimum, so dass die Biegebelastungen und Biegespannungen dieser Führungsstange ebenfalls minimal sind, während gleichzeitig seine Führungslänge ein Maximum ist, so dass die spezifische Flächenpressung zwischen der Führung und der Führungsstange gering bleibt, selbst wenn dann das zu übertragende Reaktionsmoment ein Maximum ist. Die Führungsstange, deren freie Biegewirklänge ein Minimum ist, entlastet somit die andere Führungsstange, de-

ren freie Biegewirklänge dann ein Maximum ist. Dies reduziert insgesamt die Biegebelastungen und Biegespannungen für die beiden Führungsstangen, und zwar sowohl in den Verankerungsbereichen als auch in den Mündungen der Führungen. Damit geht eine Minderung des Verschleißes der Führungsstangen in den Führungen einher. Bei der Hubbewegung des Kolbens aus der jeweiligen Endstellung nimmt zwar die freie Biegewirklänge der Führungsstange zu, deren freie Biegewirklänge zunächst ein Minimum betrug, jedoch nimmt gleichzeitig die freie Biegewirklänge der anderen Führungsstange ab, so dass über den Hubweg des Kolbens das Reaktionsdrehmoment unter Reduzierung der Biegekräfte für beide Führungsstangen problemlos übertragen wird. Die Verankerungsbereiche, z.B. Schweißbereiche, werden weniger stark belastet, was die Gefahr von Schäden reduziert und gleichzeitig die Betriebssicherheit bzw. Prozesssicherheit spürbar erhöht. Aufgrund der geringeren Biegebelastungen der Führungsstangen können diese aus einem kostengünstigen Material hergestellt werden, gegebenenfalls aus dem gleichen Material wie die Dekkel. Dies vereinfacht die Verankerung beispielsweise durch Schweißen. Der Aktor besteht nur aus einer geringen Anzahl Teilen und lässt sich kostengünstig herstellen, da beispielsweise die Herstellung der Verankerungsbereich automatisiert erfolgen kann, und die Führungsstangen gegebenenfalls kein Nachrichten benötigen. Da in beiden Hubendstellungen des Kolbens das jeweilige Reaktionsdrehmoment besonders stabil in das Gehäuse eingeleitet wird, lassen sich die dann vom Aktor auf das Funktionselement, z.B. das Verschlussorgan eines Scheibenventils, zu übertragenden Drehmomente in ihren Werten und Verläufen sehr präzise vorherbestimmen und auf das Schaltverhalten des Scheibenventils abstimmen, beispielsweise so, dass diese Drehmomente ihre, vorzugsweise plateauähnlichen, Maxima bei den Hubendstellungen des Kolbens haben.

[0008] Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform überlappen sich die freien Enden der beiden Führungsstangen in Hubrichtung. Die Überlappung kann, vorzugsweise, etwa einem Drittel des Kolbenaußendurchmessers entsprechen bzw. einem Mehrfachen der Stärke der Führungsstangen. Dadurch ist die Führungslänge auch der Führungsstange relativ groß und damit tragfähig, deren freie Biegewirklänge ein Maximum ist.

[0009] Günstig ist es, wenn die in einer jeweiligen Kolbenendstellung im Gehäuse gegebene freie maximale Biegewirklänge der einen Führungsstange zwischen etwa der Hälfte bis zu zwei Drittel des Kolbenaußendurchmessers und/oder etwa dem Zweifachen der Überlappung der freien Enden der beiden Führungsstangen entspricht. Diese relativ kurze freie Biegewirklänge reduziert die Biegebelastungen dieser Führungsstange auf ein moderates Maß, ohnedies unterstützt durch die dann mit minimaler freier Biegewirklänge sehr stabil lastaufnehmende andere Führungsstange.

[0010] Besonders wichtig ist die Summe der Führungslängen und die Summe der freien Biegewirklängen

von beiden Führungsstangen in den bzw. außerhalb der Führungen unabhängig von der Richtung des Reaktionsdrehmomentes am Kolben bzw. der Hubrichtung des Kolbens über den gesamten Kolbenhub konstant. Dies ist besonders wichtig im Hinblick auf einen möglichst gleichmäßigen und nicht lokal konzentrierten Verschleiß in den Führungen bzw. an den Führungsstangen.

[0011] Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform sind die Führungsstangen in Bezug auf die Kolbenachse achssymmetrisch und diametral gegenüberliegend platziert. Auf diese Weise wird das Reaktionsdrehmoment symmetrisch aufgenommen und in das Gehäuse übertragen.

[0012] Ferner ist es günstig, wenn der Kolben eine Kolbenplatte und eine die Kulissen und die Führungen enthaltende Kolbenschürze aufweist, wobei eine Führung ihre offene Mündung in der Kolbenplatte und ihr blindes Ende in der Kolbenschürze, hingegen die andere Führung ihre offene Mündung in der Kolbenschürze und ihr blindes Ende in der Kolbenplatte aufweist. Obwohl die beiden Führungsstangen von verschiedenen Seiten in den Kolben eintauchen, ist durch die Ausbildung der Führungen sichergestellt, dass über die Führungen bzw. Kulissen Druck nicht von einer Seite des Kolbens zur anderen gelangen kann. Außerdem resultiert daraus eine weitgehend symmetrische Kolbenausbildung mit ausreichend viel Fleisch um diejenigen Bereiche, in denen Kräfte übertragen werden.

[0013] Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform ist der Kolben über einen Druckmittelanschluss und gegen eine Rückstellfeder und/oder doppelseitig über entgegengesetzte Druckmittelanschlüsse durch Druckmittel beaufschlagbar. In der einen Variante erfolgt die Kolbenbewegung in einer Hubrichtung durch den Druckimpuls aus dem Druckmittelanschluss, und in der entgegengesetzten Richtung durch die Rückstellfeder, gegebenenfalls abhängig von entweder vollkommener Druckentlastung im Druckmittelanschluss oder einer gesteuerten Druckentlastung. Dabei kann der Aktor so eingesetzt werden, dass, z.B. ein betätigtes Scheibenventil durch Druckbeaufschlagung des Kolbens geöffnet und durch die Rückstellfeder geschlossen wird (normal geschlossen = NC), oder umgekehrt (normal offen = NO). Im anderen Fall wird der Kolben in jeder Hubrichtung durch einen Druckimpuls eines Druckmittels, z.B. Druckluft, betätigt.

[0014] Abhängig vom Öffnungsgrad, z.B. eines Scheibenventils, ist das zu übertragende Drehmoment abhängig von der Winkelstellung gegenüber einer Nulllage. Dabei ist das Drehmoment in der Regel innerhalb beispielsweise einer 90°-Drehverstellung zwischen etwa 22° und 68° am geringsten. Hierfür wird die Steigung jeder Kulisse normalerweise in beiden Anfangsbereichen steiler aber gleich gewählt als in einem Zwischenbereich der Kulisse. Die Praxis zeigt jedoch, dass beispielsweise bei Druckluftbeaufschlagung des Kolbens gegen eine Rückstellfeder, und Rückstellung des Kolbens mit der Rückstellfeder, die Drehmomente aus der Verlagerung der

Querachse in beiden Anfangsbereichen der Kulissen unterschiedlich ausfallen. Um dies zu vermeiden, werden zweckmäßig die Steigungen der Kulissee in den Anfangsbereichen steiler als im Zwischenbereich und verschiedenen gewählt, so dass das bei der Federrückstellung erzeugte Drehmoment und das bei Beaufschlagung mit Druckluft erzeugte Drehmoment zumindest weitestgehend gleich groß ausfallen. So lassen sich vorteilhaft Überlastungen in den Kulissen, der Lagerung des Funktionselementes und der Aktorwelle und den Verbindungen des Funktionselementes im Ventil vermeiden. Außerdem stellen sich jeweils gleiche Schaltwerte bzw. Schaltverhalten bei unterschiedlichen Arbeitsweisen ein, z.B. des vom Aktor betätigten Schaltventils, z.B. wenn das Scheibenventil durch den Aktor luftöffnend aber federschließend oder luftschließend aber federöffnend ausgelegt ist.

[0015] Bei einer zweckmäßigen Ausführungsform differieren die Steigungswinkel in den Anfangsbereichen um ca. 2 % bis 10 %, vorzugsweise etwa 5 %, und beträgt der Steigungswinkel im Zwischenabschnitt etwa 60 % der Steigungswinkel in den Anfangsbereichen. Vorzugsweise beträgt der steilste Steigungswinkel etwa 66°, der Steigungswinkel im Zwischenbereich etwa 38,9° und der weniger steile Steigungswinkel etwa 63°. Mit dieser Differenz der Steigungswinkel in den beiden Anfangsbereichen lassen sich bei Druckluftbeaufschlagung und Federrückstellung zumindest weitestgehend gleiche Drehmomente erzeugen.

[0016] Dabei kann der größte Steigungswinkel in einem Anfangsbereich dort vorgesehen sein, wo in der Hubendstellung des Kolbens und bei geringster Kraft der Rückstellfeder die Querachse in die Kulissee eingreift.

[0017] Da auch die bei der Kraftübertragung im Kolben entstehenden Kräfte großflächig verteilt und nur moderat sind, kann bei einer zweckmäßigen Ausführungsform der Kolben aus kostengünstigem und gut verarbeitbarem hochdichtem Polyamid hergestellt sein. Das Polyamid benötigt keine Faserverstärkung, wodurch jedoch nicht ausgeschlossen sein soll, z.B. eine Glasfaserverstärkung im Kolben vorzusehen.

[0018] Zweckmäßig weist jeder Deckel eine einzige Aufnahme für ein Führungsstangenende auf. Die Führungsstange ist mit ihrem Ende in der Aufnahme durch Schweißen, Schrauben, Schrumpfen, Kleben oder Verstemmen verankert. Die Verankerung kann in einem automatisierten Arbeitsablauf hergestellt werden, und dadurch mit hoher Präzision, so dass ein Nachrücken der verankerten Führungsstangen entbehrlich wird.

[0019] Besonders zweckmäßig, kostengünstig und hinsichtlich der Qualität der Verankerung optimal wird die Führungsstange mit ihrem Ende in der Aufnahme des Deckels durch Reibschweißen, vorzugsweise automatisiertes Reibschweißen, verankert. Der Reibschweißvorgang führt zu einer nahezu monolithischen Verankerung und ermöglicht es, beim Reibschweißen eine exakte Positionierung und Ausrichtung der Führungsstange im Deckel vorzunehmen, so dass ein Nachrücken der Füh-

rungsstange entfallen kann.

[0020] Dank der als Folge der Bauweise reduzierten Biegebelastungen oder Biegespannungen der Führungsstangen können diese aus einem kostengünstigen Material hergestellt werden, z.B. aus einem Stahl der Spezifikation 1.4301 oder einem zumindest im Wesentlichen gleichartigen Material.

[0021] Im Hinblick auf einfache Herstellbarkeit kann es zweckmäßig sein, als Führungsstangen kreiszylindrische Vollmaterialstäbe zu verwenden, und die Führungen als Blindbohrungen im Kolben auszubilden. Dies soll jedoch nicht ausschließen, als Führungsstangen auch Hohlprofile oder Rohre zu verwenden und letztere auf an den Deckeln vorgesehene Zapfen aufzustecken und z.B. durch Reibschweißen zu verankern.

[0022] Eine Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes wird anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen Achsschnitt eines Aktors in einer Endstellung,

Fig. 2 eine Abwicklung des Außendurchmessers eines Kolbens des Aktors mit einem charakteristischen Verlauf einer Kulissee, und

Fig. 3 ein Diagramm zum vom Aktor erzeugten Drehmomentverlauf über einen nur beispielhaft mit 90° gewählten Schaltwinkel.

[0023] Der Aktor A dient beispielsweise zum Drehverstellen eines drehbaren Funktionselementes G, beispielsweise eines Verschlusselementes eines Scheibenventils V oder Kugelhahns, beispielsweise in der Getränkeabfüllindustrie, wobei das Funktionselement G zur Drehverstellung über einen bestimmten Drehwinkel (z.B. 90°) eines bestimmten Drehmoments und Drehmomentverlaufs bedarf, das bzw. den der Aktor A erzeugt und aufbringt. Das erforderliche Schaltdrehmoment kann beispielsweise bei der Bewegung des Funktionselementes G in oder aus eine Endstellung ein Maximum sein. Der Aktor ist in der Ausführungsform in Fig. 1 druckmittelbetätigt, beispielsweise mittels Druckluft, und zwar in einer Hubrichtung gegen eine Rückstellfeder, könnte jedoch auch doppelseitig druckmittelbeaufschlagbar sein, oder durch ein anderes, eine lineare Bewegung erzeugendes Antriebselement angetrieben werden, und erzeugt aus der linearen Antriebsbewegung die Drehbewegung für das Funktionselement G. Bei der Betätigung des Aktors A in einer Hubrichtung durch Druckluft gegen die Rückstellfeder und in der anderen Richtung durch die Rückstellfeder kann das geschaltete Ventil, z.B. ein Scheibenventil, entweder druckluftschließend und federöffnend oder federschließend und druckluftöffnend ausgelegt sein (NC = normal geschlossen; oder NO = normal geöffnet).

[0024] Der Aktor A weist ein in der gezeigten Ausführungsform beispielsweise kreiszylindrisches Gehäuse 1

auf, das aus einer zylindrischen Hülse 5, z.B. aus Metall, und oberen und unteren, die Hülse 5 verschließenden Deckeln 3, 4, z.B. aus einem Metall wie Stahl, verschlossen ist. Die beiden Deckel 3, 4 sind in die Hülse 5 eingesetzt und beispielsweise durch Laserschweißen fixiert.

[0025] In dem Gehäuse 1 ist ein Kolben 2 linear hin- und herstellbar, in der gezeigten Ausführungsform beispielsweise durch Druckluftbeaufschlagung über einen Druckmittelanschluss 11 im Deckel 3 in einer Hubrichtung gegen die Kraft einer Rückstellfeder 17 erstellbar, die zwischen dem Kolben 2 und dem anderen Deckel 4 angeordnet ist, in der entgegengesetzten Hubrichtung durch die Rückstellfeder 17 zurückstellbar, sobald die Druckbeaufschlagung aufgehoben oder reduziert wird.

[0026] Der Kolben 2 kann aus Metall oder Metall und Kunststoff oder nur aus Kunststoff bestehen, und ist zweckmäßig aus einem Polyamid in hochdichter Einstellung und ohne Faserverstärkung hergestellt. Der Kolben 2 weist eine Kolbenplatte 10 und eine damit einstückigen Kolbenschräge 9 auf, die einen inneren Hohlraum 12 umgibt, in welchen das obere Ende einer Aktorwelle 25 eintaucht, die beispielsweise mittels eines Lagers 22, und gegebenenfalls Abdichtungen, im Deckel 4 drehbar gelagert ist. In der Kolbenschräge 9 sind zwei in Bezug auf die Kolbenachse diametral gegenüberliegende, gegensinnige, z.B. schraubengangartige Kulissen 13 eingeformt, in die die Enden einer in der Aktorwelle 25 fixierten Querachse 8 eingreifen. Die Kulissen 13 können sich in Umfangsrichtung über ein Bogenmaß z.B. von 90° oder mehr oder weniger erstrecken. Ihre Steigung kann gleichförmig oder variabel sein. Ihre axiale Länge ist beispielsweise größer als der Gesamthub des Kolbens 2 im Gehäuse 1.

[0027] Über den Eingriff der Querachse 8 in die Kulissen 13 wandelt der Kolben 2 seine lineare Hubbewegung in eine Drehbewegung der Aktorwelle 25 um, wobei von der Aktorwelle 25 ein konstantes oder variierendes Drehmoment über den Drehwinkel generiert wird, vorausgesetzt, dass der Kolben 2 während seiner Hubbewegungen an einer relativen Drehung um die Kolbenachse gehindert wird.

[0028] Zum letztgenannten Zweck sind in den Aktor A zwei Führungsstangen 6a, 6b eingebaut, die in Führungen 18a, 18b des Kolbens 2 verschiebbar eingreifen. Die Führungsstangen 6a, 6b, z.B. Vollmaterialstäbe mit kreiszylindrischem Querschnitt, z.B. aus einem Stahl der Spezifikation 1.4301, oder einem gleichwertigen Material, sind zueinander parallel und wie auch die Führungen 18a, 18b parallel zur Achse des Kolbens 2 und zu dessen Hubrichtung. Die Führungsstangen 6a, 6b sind z.B. in Bezug auf die Kolbenachse symmetrisch und diametral gegenüberliegend platziert und jeweils an einem Ende verankert.

[0029] Die eine Führungsstange 6a ist mit ihrem oberen Ende beispielsweise in einer vertieften Aufnahme 14 im oberen Deckel 3 verankert und kragt mit ihrem anderen Ende frei aus. Die andere Führungsstange 6b ist hin-

gegen mit einem Ende in beispielsweise einer Aufnahme 15 des unteren Deckels 4 verankert und kragt mit ihrem freien Ende entgegengesetzt zur einen Führungsstange 6a aus. Die freien Enden beider Führungsstangen 6a, 6b überlappen sich in einem Mittelbereich des Aktors A, beispielsweise mit einer Überlappung, die etwas kürzer sein kann als eine Führungslänge x_b , mit der in der gezeigten oberen Endstellung des Kolbens 2 das freie Ende der Führungsstange 6b in der Führung 18b geführt ist. In der gleichen Betriebsposition ist hingegen die Führungslänge x_a der einen Führungsstange 6a in der Führung 18a im Wesentlichen gleich der Auskraglänge der Führungsstange 6a.

[0030] Die beiden Führungen 18a, 18b sind beispielsweise formgleiche Blindbohrungen, wobei die Führung 18a ihre Mündung 20 in der Oberseite der Kolbenplatte 10 und ein blindes Ende 19 beim unteren Ende der Kolbenschräge 9 besitzt. Hingegen hat die Führung 18b ihre offene Mündung 20 an der unteren Seite der Kolbenschräge 9 und ihr blindes Ende 19 benachbart zur Oberseite der Kolbenplatte 10, derart, dass durch die Führungen 18a, 18b keine druckübertragende Kommunikation zwischen der Unterseite der Kolbenplatte 10 und deren Oberseite stattfinden kann. Zusätzlich ist die Kolbenplatte 10 durch eine umfangsseitige Ringdichtung 21 an der Innenwand der Hülse 5 abgedichtet. In der gezeigten Ausführungsform kann der Raum unterhalb der Kolbenplatte 10, in welchem die Rückstellfeder 17 angeordnet ist, eine Entlüftungsöffnung aufweisen.

[0031] Bei der Beaufschlagung des Kolbens 2 aus der in Fig. 1 gezeigten Endstellung in Richtung zur anderen Endstellung erzeugt die Umwandlung der linearen Bewegung in die Drehbewegung für das Funktionselement G, die mit einem Drehmoment über ein Kupplungsende 7 der Aktorwelle 25 übertragen wird, über die Kulissen 13 und die Querachse 8 ein Reaktionsdrehmoment am Kolben 2, dessen Richtung von der Hubrichtung abhängt. Dieses Reaktionsdrehmoment wird von den beiden Führungsstangen 6a, 6b in das Gehäuse 1, genauer die Deckel 3, 4 abgetragen. Dabei werden die Führungsstangen 6a, 6b Biegebelastungen unterworfen, die hauptsächlich von den Verankerungen 16 in den Aufnahmen 14, 15 zu übertragen sind, und zum Teil auch dort entstehen, wo die Führungsstangen 6a, 6b in die Führungen 18a, 18b eintreten.

[0032] Eine die Höhe der Biegebelastungen der Führungsstangen 6a, 6b bestimmende Variable ist die sogenannte freie Biegewirklänge jeder Führungsstange, d.h. diejenige Länge, die bei der Übertragung des Reaktionsdrehmomentes zwischen der Mündung der jeweiligen Führung 18a, 18b und der jeweiligen Verankerung 16 vorliegt. In der gezeigten einen Endstellung in Fig. 1 ist die freie Biegewirklänge y_a der Führungsstange 6a minimal bzw. sogar Null, wohingegen die freie Biegewirklänge y_b der anderen Führungsstange 6b ein Ausmaß hat, das beispielsweise der Hälfte bis zwei Drittel des Außendurchmessers des Kolbens 2 oder in etwa dem Zweifachen der Führungslänge x_b entspricht. Die Füh-

rungslänge x_b kann beispielsweise etwa einem Drittel des Kolbenaußendurchmessers entsprechen, oder einem Mehrfachen der Stärke der Führungsstangen 6a, 6b, z.B. etwa dem Dreifachen der Stärke.

[0033] Da in der gezeigten Endstellung die freie Biege wirklänge y_a ein Minimum bzw. Null ist, entsteht beim Erzeugen des Drehmomentes für das Funktionselement G aus dem Reaktionsdrehmoment am Kolben 2 nur eine minimale Biegebelastung für die Führungsstange 6a, eigentlich nur eine Scherbelastung quer zur Längsrichtung der Führungsstange 6a im Zwischenraum zwischen der Oberseite der Kolbenplatte 10 und der Unterseite des Deckels 3. Die Führungsstange 6a überträgt demzufolge einen überwiegenden Teil des Reaktionsdrehmomentes in den Deckel 3. Allerdings assistiert auch die andere Führungsstange 6b, in dem sie zwar Biegebelastungen aufgrund der freien Biege wirklänge y_b unterliegt, wegen der Führungslänge x_b jedoch auch einen Anteil des Reaktionsdrehmomentes in den anderen Deckel 4 einleitet.

[0034] Die Summe der Führungslängen $x_a + x_b$ der beiden Führungsstangen 6a, 6b in den Führungen 18a, 18b hat einen bestimmten Wert, der über den Hubweg des Kolbens 2 jedoch konstant bleibt, da die Führungslänge x_b im gleichen Ausmaß zunimmt wie die Führungslänge x_a der Führungsstange 6a abnimmt, und umgekehrt. Genauso verhält es sich mit den freien Biege wirk längen y_a , y_b , deren Summe $y_a + y_b$ über den Hubweg des Kolbens 2 ebenfalls konstant bleibt.

[0035] Insgesamt bedeutet dies, dass durch die ge sinnige Verankerung der Enden der beiden Führungsstangen 6a, 6b in den Deckeln 3, 4 die aus dem Reaktionsdrehmoment des Kolbens resultierenden Biegebelastungen oder Biegekräfte für die Führungsstangen 6a, 6b reduziert werden, insbesondere für die jeweils die kürzere oder keine freie Biege wirklänge aufweisende Führungsstange 6a oder 6b, die dann einen überwiegenden Teil des Reaktionsmomentes überträgt, wenn ihre Führungslänge x_a bzw. x_b optimal groß ist, was eine geringe spezifische Flächenpressung bei der Übertragung des Hauptteiles des Reaktionsdrehmomentes mit sich bringt, und damit einen verringerten Verschleiß zwischen den Führungsstangen 6a, 6b und den Führungen 18a, 18b. Da über den Hubweg des Kolbens 2 die Summe der Führungslängen und die Summe der freien Biege wirk längen konstant bleibt, variieren die Biegebelastungen der Führungsstangen nicht oder kaum, und wird auch Verschleiß zwischen den Führungsstangen und den Führungen vergleichsmäßig bzw. großflächig verteilt. Dies ermöglicht die Verwendung eines kostengünstigen Materials, beispielsweise eines Stahls der Spezifikation 1.4301 für die Führungsstangen 6a, 6b, das gegebenenfalls auch das Material der Deckel 3, 4 sein kann. Da ferner die Summe der Führungslängen x_a , x_b der beiden Führungsstangen stets konstant bleibt, benötigt der Kolben 2 auch keine Verstärkungen, um lokale Belastungsspitzen besser aufnehmen zu können.

[0036] Die Führungsstangen 6a, 6b können in den Aufnahmen 14, 15 verschweißt, verschraubt, verklebt, ein-

geschrumpft oder verstemmt sein. Eine bevorzugte Verankerungsweise ist Reibschweißen. Zu diesem Zweck (Ausbildung der Schweißbereiche 16 in den Aufnahmen 14, 15) wird jede Führungsstange in einem Werkzeug unter axialem Andruck in der Aufnahme 15 des Deckels 3, 4 rotiert, bis unter reibungsbedingt generierter Wärme ein Verschweißvorgang abläuft, der zu einem nahezu integralen und monolithischen Schweißbereich 16 führt, in welchem zumindest ein erheblicher Teil der Stirnendfläche und auch ein Teil der Umfangsfläche des Endes der jeweiligen Führungsstange 6a, 6b mit dem Material des Deckels 3, 4 verschweißt ist. Dieser Reibschweißvorgang kann automatisiert ablaufen und bietet den zusätzlichen Vorteil, beim Reibschweißen bereits eine präzise Ausrichtung der Führungsstange 6a, 6b in Bezug auf die Achse des Deckels 3, 4 und damit des Gehäuses 1 vorzunehmen, wodurch ein Nachrichten nach dem Verschweißen entbehrlich sein kann. Dies bietet herstellungstechnische Vorteile und führt einerseits aufgrund der hohen Qualität des Schweißbereiches 16, z.B. zwischen sehr ähnlichen oder gleichen Materialien, und der verringerten Biegebelastungen für die Führungsstange 6a, 6b zu einer Erhöhung der Betriebs- oder Prozesssicherheit des Aktors A. Außerdem lässt sich ein automatisierter Schweißvorgang, es könnte alternativ auch lasergeschweißt werden, kostengünstig durchführen.

[0037] Der Durchmesser des Kolbens 2 bzw. dessen Hublänge und die Länge des Gehäuses 1 richten sich nach den Anwendungsfällen und den benötigten Drehmomenten für das Funktionselement G. Unterschiedliche Drehmomente für das Funktionselement G können Aktoren unterschiedlicher Durchmesser (Kolbendurchmesser) erfordern, vorausgesetzt, dass eine Druckmittelbetätigung (mit Druckluft) vorgenommen wird, und zwar entweder eine einseitige Druckmittelbeaufschlagung gegen die Rückstellfeder 17 oder alternativ eine doppelseitig abwechselnde Druckmittelbeaufschlagung.

[0038] Bei einer alternativen Ausführungsform könnten die beiden Führungsstangen 6a, 6b nicht diametral gegenüberliegend angeordnet sein, sondern in willkürlich wählbaren gegenseitigen Winkelversetzungen, z.B. im Hinblick auf einen größeren Drehwinkel. Die Querachse 8 kann in den Kulissen 13 über Gleitschuhe oder Gleitlager oder Wälzlager eingreifen, um hier die Reibungsverhältnisse zu verbessern. Ferner könnten die Führungsstangen 6a, 6b beliebige, in die Führungen passende Außenquerschnitte aufweisen und/oder als Hohlprofile oder Rohre ausgebildet werden. Im Aktor A kann ein Dauerschmierstoffvorrat zum Schmieren der Bereiche enthalten sein, in denen Relativbewegungen bei gleichzeitiger Kraftübertragung stattfinden. Ein Rohr als Führungsstange 6a, 6b könnte bei einer nicht gezeigten Alternative auf einen am Deckel 3, 4 vorgesehenen Zapfen aufgesteckt und z.B. durch Reibschweißen verankert sein. Der Zapfen bildet so eine lokale integrierte Verstärkung im und angrenzend an den Verankerungsbereich, oder könnte sich sogar über einen erheblichen Teil der

oder die gesamte Länge des Rohres erstrecken. Auch dies könnte eine Maßnahme sein, das Nachrücken der Führungsstangen 6a, 6b entbehrlich zu machen.

[0039] Fig. 2 zeigt eine Abwicklung des Außenumfangs des Kolbens 2 mit der beispielsweise nur anhand ihrer Mittellinie 21 angedeuteten Kulisse 13. Die Kulisse 13 weist Anfangsbereiche 21a, 21c und einen Zwischenbereich 21b auf. Die Steigung der Kulisse 13 (der mit einer zur Kolbenachse senkrechten Radialebene eingeschlossene Winkel) ist im Anfangsbereich 21a am größten (Steigungswinkel W_1), ist im Zwischenbereich 21b am kleinsten (Steigungswinkel W_2), und ist im anderen Anfangsbereich 21c größer als im Zwischenbereich 21b, jedoch kleiner als im Anfangsbereich 21a (Steigungswinkel W_3). Bei einer konkreten Ausführungsform können der Steigungswinkel W_1 etwa 66° betragen, der Steigungswinkel W_2 etwa 39° oder $38,9^\circ$, und der Steigungswinkel W_3 etwa 63° . D.h., die Steigungswinkel W_1 und W_3 differieren um etwa 5 %, während der Steigungswinkel W_2 nur etwa 60 % der Steigungswinkel W_1 , W_2 beträgt. Zwischen den Bereichen 21a, 21b und 21c sind saubere gerundete Übergänge vorgesehen.

[0040] In der Ausführungsform in Fig. 1 liegt demzufolge der größte Steigungswinkel W_1 beispielsweise in dem Anfangsbereich 21a vor, in den das Ende der Querachse 8 der Aktorwelle 25 in der gezeigten oberen Hubendstellung des Kolbens 2 eingreift, sobald der Kolben über den Druckmittelanschluss 11 mit Druckmittel beaufschlagt wird. Hingegen läuft die Querachse 8 in den anderen Anfangsbereich 21c mit dem etwas kleineren Steigungswinkel W_3 dann ein, wenn die Rückstellfeder 17 den Kolben 2 gerade wieder in die in Fig. 1 gezeigte obere Hubendstellung bringt.

[0041] Durch den in Fig. 2 angedeuteten Verlauf der Kulisse 13 (zweckmäßig sind zwei diametral gegenüberliegende Kulissen 13 in der Kolbenschürze 9 vorgesehen) wird bei der Betätigung des Aktors A ein Drehmomentverlauf erzielt, wie er in Fig. 3 schematisch angedeutet ist. Auf der vertikalen Achse in Fig. 3 ist das Drehmoment (Nm) angedeutet, während die horizontale Achse den Winkelbereich in Grad darstellt. Es ist ein weitgehend symmetrischer Drehmomentverlauf (Kurve 22) gegeben, bei dem das Drehmoment seinen Maximalwert $M_{\max}$ jeweils bei den beiden Endstellungen des Kolbens erreicht, wobei diese Maxima nahezu plateauartig und auf der gleichen Höhe sind, d.h., die Drehmoment-Maxima sind zumindest in etwa gleich groß. Das Drehmoment $M_{\max}$ beträgt beispielsweise etwa 40 Nm, während das Minimum des Drehmoments $M_{\min}$ etwa nur 10 Nm beträgt. Das vom Kolben 2 auf die Führungsstangen 6a, 6b übertragene Reaktionsmoment verläuft korrespondierend, d.h., beim stärksten Reaktionsmoment wird die dann besonders stabile Abstützung an den Führungsstangen 6a, 6b gewinnbringend genutzt. Das in Fig. 3 schematisch angedeutete $M_{\min}$ könnte flacher sein als gezeigt und z.B. plateauartig.

Patentansprüche

1. Aktor (A) für ein drehbares Funktionselement (G), insbesondere ein Verschlusselement eines Scheibenventils oder Kugelhahns (V), mit einem wenigstens einen Druckmittelanschluss (11) aufweisenden, beidseitig durch Deckel (3, 4) verschlossenen Gehäuse (1), in welchem ein Kolben (2) abgedichtete und linear hin- und herbewegbar geführt ist, der diametral gegenüberliegend schraubengangartige Kulissen (13) für eine Querachse (8) einer in einem Deckel (4) drehbar gelagerten, in den Kolben (2) eintauchenden und vom Kolben (2) mit Drehmomenten entgegengesetzter Richtungen drehantreibbaren Aktorwelle (25) enthält, und mit zwei nur einseitig gehäusefest verankerten, zueinander parallelen Führungsstangen (6a, 6b), die innerhalb des Kolbenhubs in in Hubrichtung verlaufende, jeweils blind endende Führungen (18a, 18b) eingreifen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die eine Führungsstange (6a) in dem einen Deckel (3) und die andere Führungsstange (6b) in dem anderen Deckel (4) verankert ist, und dass die beiden Führungen (18a, 18b) im Kolben (2) in zueinander entgegengesetzten Richtungen blind enden.
2. Aktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die freien Enden der beiden Führungsstangen (6a, 6b) einander in Hubrichtung überlappen, vorzugsweise mit einer etwa einem Drittel des Kolbenaußendurchmessers entsprechenden Überlappung.
3. Aktor nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die in einer jeweiligen Kolbenendstellung vorgesehene freie Biegewirklänge (y_a , y_b) nur einer Führungsstange (6a, 6b) zwischen etwa der Hälfte bis zu annähernd zwei Dritteln des Kolbenaußendurchmessers und/oder etwa dem Zweifachen der Überlappung der freien Enden der beiden Führungsstangen (6a, 6b) beträgt.
4. Aktor nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Summe der Führungslängen (x_a , x_b), vorzugsweise auch die Summe der freien Biegewirklängen (y_a , y_b), beider Führungsstangen (6a, 6b) in den Führungen (18a, 18b) unabhängig von der Richtung des Reaktionsdrehmomentes am Kolben (2) bzw. der Hubrichtung des Kolbens (2) über den Kolbenhub konstant ist.
5. Aktor nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führungsstangen (6a, 6b) in Bezug auf die Kolbenachse achssymmetrisch und diametral gegenüberliegend in den Deckeln (3, 4) platziert sind.

6. Aktor nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (2) eine Kolbenplatte (10) und eine die Kulissen (13) und die Führungen (18a, 18b) enthaltende Kolbenschürze (9) aufweist, wobei eine Führung (18a) ihre offene Mündung (20) in der Kolbenplatte (10) und ihr blindes Ende (19) in der Kolbenschürze (9) und die andere Führung (18b) ihre offene Mündung (20) in der Kolbenschürze (9) und ihr blindes Ende (19) in der Kolbenplatte aufweisen. 5
7. Aktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (2) in einer Hubrichtung aus einem Druckmittelanschluss (11) gegen eine Rückstellfeder (17) und in der anderen Hubrichtung durch die Rückstellfeder (17) und/oder über entgegengesetzt im Gehäuse (1) angeordnete Druckmittelanschlüsse doppelseitig beaufschlagbar ist. 10
8. Aktor nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Kullisse (13) in Anfangsbereichen (21 a, 21 c) unterschiedliche aber größere Steigungswinkel ($W1$, $W3$) - bezogen auf eine die Kolbenachse senkrecht durchsetzende Radialebene - als den Steigungswinkel ($W2$) in einem Zwischenbereich (21 b) zwischen den Anfangsbereichen (21a, 21c) aufweist, vorzugsweise derart, dass die von der Aktorwelle (25) auf das Funktionselement (G) durch den Eingriff der Querachse (8) in die Anfangsbereiche (21 a, 21c) übertragenen Drehmomente unabhängig von der Beaufschlagung des Kolbens (2) durch Druckmittel oder die Rückstellfeder (17) zumindest in etwa gleiche Maxima (M_{max}) aufweisen. 20
9. Aktor nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steigungswinkel ($W1$, $W3$) in den Anfangsbereichen (21 a, 21 c) um ca. 2 % bis 10 %, vorzugsweise um etwa 5 %, differieren, und dass der Steigungswinkel ($W2$) im Zwischenbereich (21 b) etwa 60 % der Steigungswinkel ($W1$, $W3$) beträgt, wobei, vorzugsweise, der Steigungswinkel ($W1$) etwa 66° , der Steigungswinkel ($W2$) etwa 40° oder $38,9^\circ$, und der Steigungswinkel ($W3$) etwa 63° betragen. 25
10. Aktor nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der größte Steigungswinkel ($W1$) in dem Anfangsbereich (21 a) vorgesehen ist, in welchen in der Hubendstellung des Kolbens (2) mit geringster Kraft der Rückstellfeder (17) die Querachse (8) eingreift. 30
11. Aktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (2) aus hochdichtem Polyamid, vorzugsweise ohne Faserverstärkung, hergestellt ist. 35
12. Aktor nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Deckel (3, 4) eine entweder vertiefte oder zapfenförmige Aufnahme (14, 15) für ein Führungsstangenende aufweist, und dass die Führungsstangen (6a, 6b) in die Aufnahmen (14) eingeführt oder auf die Aufnahmen (14) aufgesteckt und verschweißt, verschraubt, festgeschraubt, verklebt oder verstemmt sind. 40
13. Aktor nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die jeweilige Führungsstange (6a, 6b) in oder auf der Aufnahme (14) des Deckels (3 oder 4) durch Reibschweißen, vorzugsweise automatisiertes Reibschweißen, vorzugsweise stirnseitig und außen- oder innenumfangsseitig, in einem Verschweißbereich (16) verankert ist. 45
14. Aktor nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest die Führungsstangen (6a, 6b) vorzugsweise aus einem Stahl der Spezifikation 1.4301 oder einer mit dieser Spezifikation vergleichbaren Metall-Legierung bestehen. 50
15. Aktor nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Führungsstangen (6a, 6b) gleichdimensionierte, kreiszylindrische Vollmaterialstäbe oder Rohre und die Führungen (18a, 18b) Blindbohrungen sind. 55

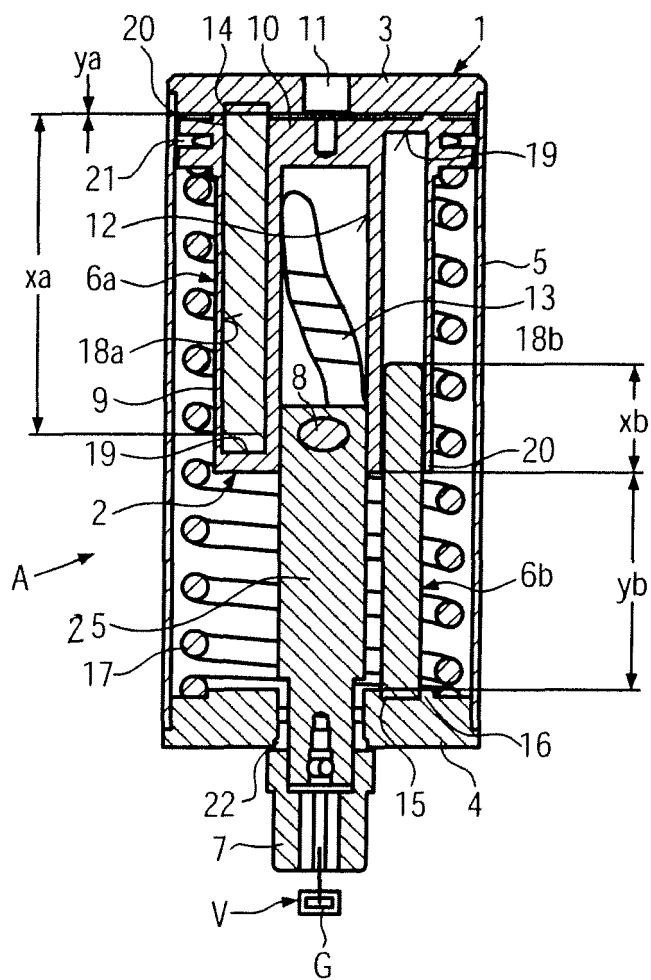


FIG. 1

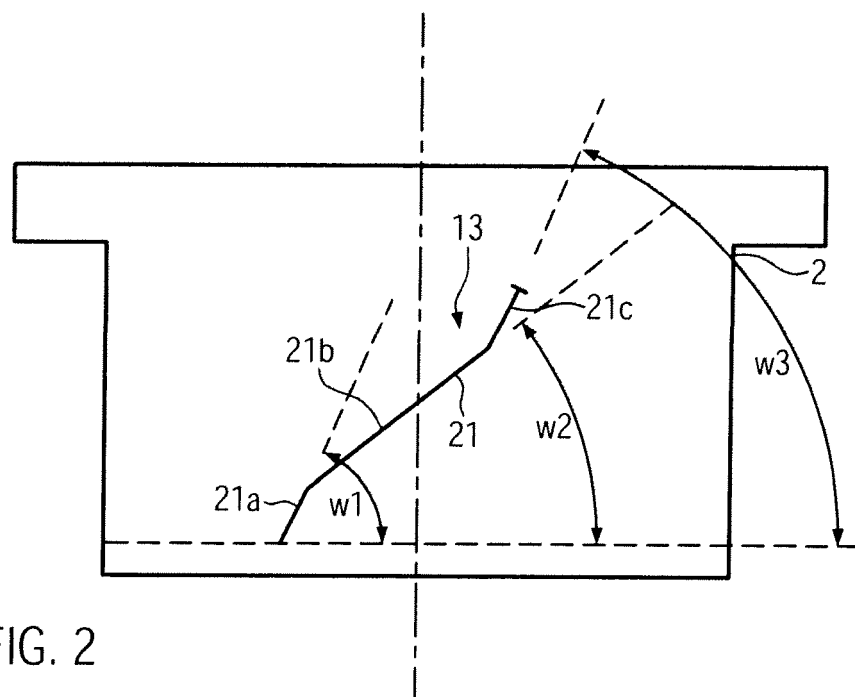


FIG. 2

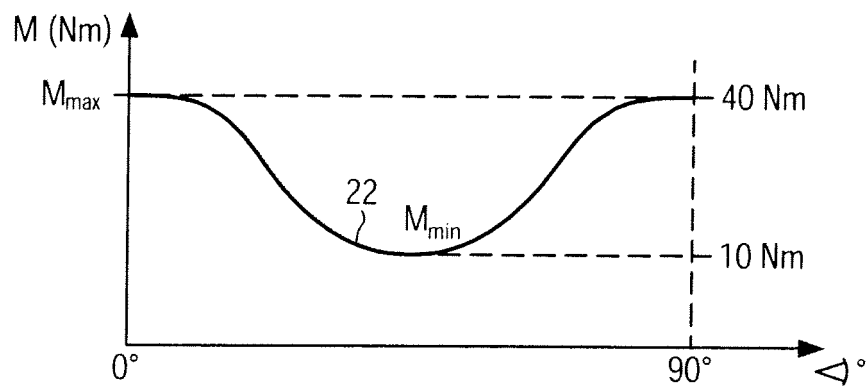


FIG. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1222403 A [0003]
- EP 1613848 B1 [0004]
- DE 602004001988 T2 [0004]