

**(12) NACH DEM VERTRÄG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG**

(19) Weltorganisation für geistiges

Eigentum Internationales Büro

**(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum**

Veröffentlichungsdatum
20. Februar 2014 (20.02.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/026789 A1

- (51) **Internationale Patentklassifikation:**
F01B 3/10 (2006.01) *H01F 7/16* (2006.01)
F04B 1/32 (2006.01) *F04B 49/00* (2006.01)
F16K 31/06 (2006.01)

(21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/063021

(22) **Internationales Anmeldedatum:**
21. Juni 2013 (21.06.2013)

(25) **Einreichungssprache:** Deutsch

(26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**
10 2012 214 622.9
17. August 2012 (17.08.2012) DE

(71) **Anmelder:** ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE];
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) **Erfinder:** SCHNITTGER, Dirk; Baederwiesen 18/1,
71640 Ludwigsburg (DE). VAHLE, Dirk; Thomastr. 7,
71735 Eberdingen (DE).

(74) **Gemeinsamer Vertreter:** ROBERT BOSCH GMBH;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz

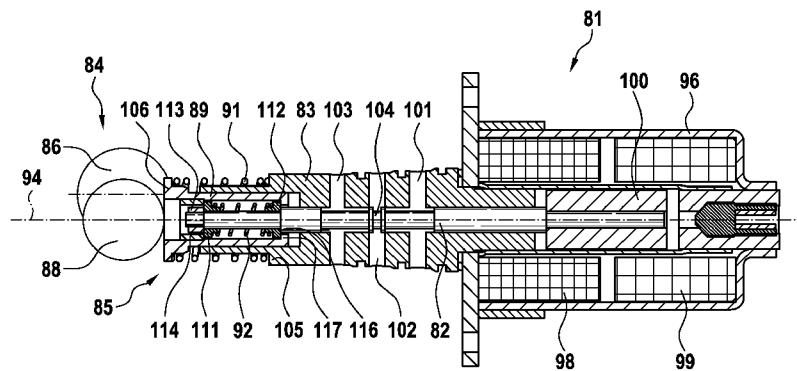
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: ACTUATOR DEVICE AND AXIAL PISTON MACHINE

(54) Bezeichnung : AKTOREINRICHTUNG UND AXIALKOLBENMASCHINE

Fig. 5



(57) Abstract: The invention relates to an actuator device comprising at least one actuator piston (82), with which at least one spring and two electromagnets (98,99) are associated, said device being mechanically coupled to an adjustment device (84). The adjustment device can be hydraulically adjusted by the actuator piston (82) by means of the actuation of the electromagnets (98,99). A pre-tensioned actuator spring (92) is associated with the actuator piston (82), the pre-tensioning force of said spring producing the rigid coupling of the actuator piston (82) to a coupling piston (89) in a force range lying below the pre-tensioning force. An axial piston machine comprising a swashplate is also disclosed, said swashplate being adjustable by means of a control valve comprising an actuator device of this type.

(57) Zusammenfassung: Eine Aktoreinrichtung mit mindestens einem Aktorkolben (82), dem mindestens eine Feder sowie
[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



zwei Elektromagnete (98,99) zugeordnet sind, ist mechanisch mit einer Versteileinrichtung (84) gekoppelt. Durch die Betätigung der Elektromagnete (98,99) über den Aktorkolben (82) ist die Versteileinrichtung hydraulisch verstellbar. Dem Aktorkolben (82) ist eine vorgespannte Aktorfeder (92) zugeordnet, deren Vorspannkraft in einem Kraftbereich unterhalb der Vorspannkraft eine starre Kopplung des Aktorkolbens (82) und eines Kopplungskolbens (89) bewirkt. Weiterhin ist eine Axialkolbenmaschine mit Schwenkwiege offenbart, wobei die Schwenkwiege über ein Regelventil, das eine solche Aktoreinrichtung umfasst, verstellbar ist.

5

Beschreibung**Titel**Aktoreinrichtung und Axialkolbenmaschine

10

Die Erfindung betrifft eine Aktoreinrichtung mit mindestens einem Aktorkolben, dem mindestens eine Feder sowie zwei Elektromagnete zugeordnet sind und der mechanisch mit einer Verstelleinrichtung gekoppelt ist, die durch eine Betätigung der Elektromagnete über den Aktorkolben hydraulisch verstellbar ist. Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Axialkolbenmaschine mit mindestens einem Arbeitskolben und einem Stellkolben, die mit einer Schwenkwiege zusammenwirken, die über ein Regelventil verstellbar ist, dass eine derartige Aktoreinrichtung umfasst.

15

Stand der Technik

20

Aus den europäischen Patentschriften EP 1 217 209 B1 und EP 1 219 831 B1 sind Verstellvorrichtungen zum Verstellen eines auf das Verdrängungsvolumen einer hydrostatischen Maschine einwirkenden Stellkolbens bekannt. Der Stellkolben ist aus einer durch die Kraft zumindest einer Rückstellfeder vorgegebenen Neutralstellung zwischen zwei Endlagen bewegbar. Zur Regelung von Stelldrücken in Stelldruckkammern ist ein Steuerventil mit einem Steuerkolben vorgesehen. Die Auslenkung des Stellkolbens ist über einen starr mit dem Stellkolben verbundenen Rückführhebel als lineare Bewegung auf eine Federhülse übertragbar, die über eine Steuerfeder in Wirkverbindung steht. Der Steuerkolben besteht in axialer Richtung aus einem ersten Steuerkolbenteil und einem zweiten Steuerkolbenteil, die durch einen Steuerkolbenstößel miteinander verbunden sind. Der erste und der zweite Steuerkolbenteil sind an den voneinander abgewandten Enden durch jeweils zumindest eine Zentrierfeder und/oder Einstellfeder mit einer aufeinander zugerichteten Kraft beaufschlagbar. Zwischen zwei Feder- sitzkörpern ist eine Steuerfeder gespannt. Die Vorspannung zumindest einer

25

30

35

Zentrierfeder und/oder Einstellfeder ist zum Erzeugen in Neutralstellung des Steuerventils ausgeglichener Federkräfte einstellbar.

Offenbarung der Erfindung

5

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Aktoreinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, insbesondere im Hinblick auf den benötigten Bauraum und/oder die Funktionalität, vorzugsweise in Kombination mit einer Axialkolbenmaschine, weiter zu verbessern.

10

Die Aufgabe ist bei einer Aktoreinrichtung mit mindestens einem Aktorkolben, dem mindestens eine Feder sowie zwei Elektromagnete zugeordnet sind und der mechanisch mit einer Verstelleinrichtung gekoppelt ist, die durch eine Betätigung der Elektromagnete über den Aktorkolben hydraulisch verstellbar ist, dadurch gelöst, dass dem Aktorkolben eine vorgespannte Aktorfeder zugeordnet ist, deren Vorspannkraft in einem Kraftbereich unterhalb der Vorspannkraft eine starre Kopplung des Aktorkolbens und eines Kopplungskolbens bewirkt. Bei der Aktoreinrichtung handelt es sich zum Beispiel um ein Stellglied in einer steuer- und Regelungstechnischen Anwendung. Die Aktoreinrichtung kann aber auch einen Effektor umfassen, der in der Robotik eingesetzt wird. Die Aktoreinrichtung kann dabei sowohl als Betätigungsseinrichtung als auch als Antriebseinrichtung, zum Beispiel in einer mechatronischen Anwendung, ausgeführt sein. Die Aktoreinrichtung kann zum Beispiel zum Antrieb einer Fluidmaschine, insbesondere einer Fluidpumpe, verwendet werden. Besonders vorteilhaft ist die

20

Aktoreinrichtung einer Axialkolbenmaschine mit einer Schwenkwiege zugeordnet, die von der Schwenkverstelleinrichtung dargestellt wird. Wenn der Aktorkolben aus seiner Aktormittelstellung heraus bewegt wird, muss zunächst die Federvorspannkraft der Aktorfeder überwunden werden. Dadurch wird die Aktoreinrichtung hinsichtlich ihrer Hysterese im stromlosen Zustand der Elektromagnete optimiert. Beim Zurückstellen des Aktorkolbens im unbestromten Zustand der Elektromagnete wirkt die Federvorspannkraft der Aktorfeder auf den Aktorkolben bis dieser wieder seine Aktormittelstellung erreicht hat. Der Kraftbereich unterhalb der Vorspannkraft der Aktorfeder ist zum Beispiel gegeben, wenn die Elektromagneten beziehungsweise Spulen nicht bestromt sind. Bei unbestromten Magneten beziehungsweise Spulen führt die starre Kopplung zu

25

30

35

einem hysteresearmen Zurückstellen der Verstelleinrichtung, insbesondere einem Zurückschwenken einer Schwenkwiege, in ihre Grundstellung.

5 Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Aktoreinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aktorfeder zwischen zwei Federtellern eingespannt ist, die in axialer Richtung aufeinander zu bewegbar an dem Aktorkolben abgestützt sind. Die axiale Richtung wird durch die Längsachse des Aktorkolbens definiert. Dabei ist der Aktorkolben entlang seiner Längsachse in entgegengesetzten Richtungen aus seiner Aktormittelstellung heraus bewegbar. Über die Federteller kann die 10 Vorspannkraft der Aktorfeder auf einfache Art und Weise auf den Aktorkolben übertragen werden, wenn dieser aus seiner Aktormittelstellung heraus bewegt wird.

15 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Aktoreinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass der Aktorkolben unter Zwischenschaltung der Aktorfeder über eine Kopplungseinrichtung mechanisch mit der Verstelleinrichtung gekoppelt ist. Über die Kopplungseinrichtung wird eine Verstellbewegung der Verstell- einrichtung unter Zwischenschaltung der Aktorfeder auf den Aktorkolben übertragen.

20 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Aktoreinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinrichtung über die Federteller mechanisch mit dem Aktorkolben gekoppelt ist. Die Federteller sind zu diesem Zweck in entgegengesetzten axialen Richtungen an der Kopplungseinrichtung abgestützt.

25 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Aktoreinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinrichtung einen Kopplungskolben umfasst, der unter Zwischenschaltung der Aktorfeder mechanisch mit dem Aktorkolben gekoppelt ist. Der Kopplungskolben ist vorzugsweise hülsenartig als Hohlkolben 30 ausgeführt. Dadurch wird auf einfache Art und Weise ermöglicht, einen Ringraum zwischen dem Aktorkolben und dem Kopplungskolben zur Aufnahme der Aktorfeder zu schaffen.

35 Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Aktoreinrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Kopplungseinrichtung einen Exzenter, einen Nocken oder eine Kurvenscheibe umfasst, an welcher der Kopplungskolben anliegt. Über

den Kopplungskolben kann zum Beispiel eine Schwenkbewegung der Verstell-
einrichtung in eine translatorische Bewegung des Kopplungskolbens umgewan-
delt werden. Der Kopplungskolben kann vorteilhaft mit einer Kopplungsfeder in
Anlage an dem Exzenter, dem Nocken oder der Kurvenscheibe gehalten werden.

5

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Aktoreinrichtung ist dadurch
gekennzeichnet, dass die Verstelleinrichtung als Schwenkverstelleinrichtung
ausgeführt ist. Die Schwenkverstelleinrichtung ist zum Beispiel als Schwenkwie-
ge einer Axialkolbenmaschine ausgeführt. Die Schwenkwiege der Schwenkvers-
telleinrichtung ist vorzugsweise um eine Schwenkachse verschwenkbar, wenn
einer der Elektromagnete bestromt wird.

10

Ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Aktoreinrichtung ist dadurch
gekennzeichnet, dass der Aktorkolben einen Anker und einen Ventilkörper um-
fasst, der Verbindungen zwischen Hydraulikanschlüssen unterbricht oder freigibt.
Der Ventilkörper ist vorzugsweise so angeordnet und ausgeführt, dass die Ver-
bindungen zwischen den Hydraulikanschlüssen unterbrochen werden, wenn sich
der Aktorkolben in seiner Mittelstellung befindet. Wenn der Aktorkolben durch
Betätigung der Elektromagnete in die eine oder andere Richtung gezogen wird,
dann werden unterschiedliche Verbindungen zwischen den Hydraulikanschlüs-
sen freigegeben.

15

Die Erfindung betrifft des Weiteren eine Axialkolbenmaschine mit mindestens ei-
nem Arbeitskolben und einem Stellkolben, die mit einer Schwenkwiege zusam-
menwirken, die über ein Regelventil verstellbar ist, dass eine vorab beschriebene
Aktoreinrichtung umfasst. Dabei stellt die Schwenkverstelleinrichtung eine
Schwenkwiege der Axialkolbenmaschine dar. Der Schwenkwiege ist zusätzlich
zu dem Stellkolben vorzugsweise ein Gegenkolben zugeordnet, der permanent
gegen die Schwenkwiege drückt, um ein unerwünschtes Spiel auszugleichen.
Bei einem Verstellen der Schwenkwiege wird der Gegenkolben durch den Stell-
kolben überdrückt. Der Stellkolben kann mit Hilfe des Regelventils mit einem
Hochdruckniveau oder mit einem Niederdruckniveau der Axialkolbenmaschine
verbunden werden.

20

25

30

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Axialkolbenmaschine ist dadurch gekennzeichnet, dass das Regelventil als 3/3-Wegeventil ausgeführt ist. Das Regelventil ist vorzugsweise als Proportionalventil ausgeführt.

5 Die Axialkolbenmaschine ist vorzugsweise in einem mobilen Hydraulikantrieb zusätzlich zu einer primären Antriebseinheit, zum Beispiel einer Brennkraftmaschine, angeordnet. Der mobile Hydraulikantrieb ist vorzugsweise in einem Hydraulikhybridantriebsstrang eines Hybridfahrzeugs angeordnet. Bei dem Hybridfahrzeug handelt es sich vorzugsweise um einen Personenkraftwagen oder um ein
10 Nutzfahrzeug.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnung verschiedene Ausführungsbeispiele im Einzelnen beschrieben sind.

15 Kurze Beschreibung der Zeichnung

Es zeigen:

20 Figur 1 eine vereinfachte Darstellung einer Axialkolbenmaschine mit einer erfindungsgemäßen Aktoreinrichtung und einer Schwenkverstelleinrichtung in einer Mittelstellung;

25 Figur 2 die Axialkolbenmaschine aus Figur 1 mit einer entgegen dem Uhrzeigersinn ausgeschwenkten Schwenkwiege;

Figur 3 eine vergrößerte Darstellung der Aktoreinrichtung aus Figur 1;

30 Figur 4A ein kartesisches Koordinatendiagramm mit einer Federkennlinie zu der Aktoreinrichtung aus Figur 3;

Figur 4B ein kartesisches Koordinatendiagramm mit einer Federkennlinie zu der Aktoreinrichtung aus den Figur 5-13;

35 Figur 5 eine erfindungsgemäße Aktoreinrichtung im Längsschnitt und die

Figuren die Aktoreinrichtung aus Figur 5 in verschiedenen Schaltstellungen und 6 bis 13 Zuständen.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

5

In den Figuren 1 bis 3 ist eine erfindungsgemäße Aktoreinrichtung 1 in Kombination mit einer Axialkolbenmaschine in verschiedenen Zuständen und Ansichten dargestellt. Die Aktoreinrichtung 1 stellt im dargestellten Ausführungsbeispiel ein Regelventil der Axialkolbenmaschine dar. Zu diesem Zweck umfasst die 10 Aktoreinrichtung 1 einen Aktorkolben 2, der in einem Führungskörper 3 hin und her bewegbar geführt ist.

10

Die Axialkolbenmaschine umfasst des Weiteren eine Schwenkverstelleinrichtung 4, die mit Hilfe einer Kopplungseinrichtung 5 mechanisch mit der Aktoreinrichtung 15 1 gekoppelt ist. Die Kopplungseinrichtung 5 umfasst einen Exzenter 8, an dem ein in den Figuren 1 bis 3 oberes Ende eines Kopplungskolbens 9 anliegt. Der Kopplungskolben 9 ist, wie durch einen Doppelpfeil 10 angedeutet ist, in Längsrichtung von unten nach oben in Richtung einer Aktorachse 14 translatorisch hin und her bewegbar.

20

Der Aktorkolben 2 ist in Längsrichtung, das heißt in Richtung der Aktorachse 14, zwischen einer Kopplungsfeder 11 und einer Aktorfeder 12 eingespannt. Die 25 Kopplungsfeder 11 ist zwischen dem Kopplungskolben 9 und dem in den Figuren 1 bis 3 oberen Ende des Aktorkolbens 2 angeordnet. Die Aktorfeder 12 ist zwischen dem in den Figuren 1 bis 3 unteren Ende des Aktorkolbens 2 beziehungsweise einem Anker 40 und einem Einstellelement 13 angeordnet. Das Einstellelement 13 ist in ein Aktorgehäuse 16 eingeschraubt oder eingepresst.

25

Das Aktorgehäuse 16 ist an ein Maschinengehäuse 17 der Axialkolbenmaschine 30 angebaut und umfasst zwei elektromagnetische Spulen 18, 19. Die elektromagnetischen Spulen 18, 19 stellen zwei Elektromagneten dar, die zur Betätigung der Aktoreinrichtung 1 bestromt werden.

30

Wenn die elektromagnetische Spule 18 bestromt wird, dann wird der Aktorkolben 35 2 in den Figuren 1 bis 3 nach oben gezogen, das heißt, auf den Exzenter 8 zu. Wenn die elektromagnetische Spule 19 bestromt wird, dann wird der Aktorkolben

2 in den Figuren 1 bis 3 nach unten gezogen, das heißt, von dem Exzenter 8 weg auf das Einstellelement 13 zu.

5 Die Schwenkverstelleinrichtung 4 der Axialkolbenmaschine ist als Schwenkwiege 20 ausgeführt, die, wie durch einen Doppelpfeil 21 angedeutet ist, um eine Schwenkachse 22 schwenkbar ist. Die Schwenkachse 22 ist in den Figuren 1 bis 3 senkrecht zur Zeichenebene angeordnet.

10 Die Arbeitskolben 25, 26 sind in einer Trommel geführt, die um eine Drehachse 24 drehbar ist. Die Trommel mit den Arbeitskolben wird auch als Triebwerk bezeichnet. Demzufolge wird die Drehachse 24 auch als Triebwerktdrehachse 24 bezeichnet. Die Triebwerktdrehachse 24 verläuft senkrecht zur Aktorachse 14. Der Mittelpunkt des Exzentrers 8 ist von einem Schnittpunkt beabstandet, in welchem sich die Schwenkachse 22 und die Triebwerktdrehachse 24 der Trommel 15 schneiden.

20 Die Axialkolbenmaschine umfasst mindestens zwei, vorzugsweise mehr als zwei, Arbeitskolben 25, 26, die mit ihren in den Figuren 1 bis 3 linken Enden an der Schwenkwiege 20 anliegen. Die in den Figuren 1 bis 3 rechten Enden der Arbeitskolben 25, 26 begrenzen Arbeitsdruckräume der Axialkolbenmaschine, die mit einem Hydraulikmedium, wie Hydrauliköl, gefüllt sind. Der Aufbau und die Funktion einer Axialkolbenmaschine werden als bekannt vorausgesetzt.

25 Wie durch den Doppelpfeil 21 angedeutet ist, kann die Schwenkwiege 20 um begrenzte Schwenkwinkel um die Schwenkachse 22 verschwenkt werden, um den Hub der Arbeitskolben 25, 26 zu verstehen. In den Figuren 1 und 3 ist die Schwenkwiege 20 in ihrer Mittelstellung dargestellt. In der Mittelstellung ist die Schwenkwiege 20 mit einer Schwenkwiegenachse 27 senkrecht zu der Drehachse 24 der Trommel und parallel zu der Aktorachse 14 angeordnet.

30 In Figur 2 ist die Schwenkwiege 20 entgegen dem Uhrzeigersinn ausgeschwenkt. Das Verschwenken der Schwenkwiege 20 wird durch einen Stellkolben 28 bewirkt, der radial außerhalb der Arbeitskolben 25, 26 an der Schwenkwiege 20 angreift. Der Stellkolben 28 ist in den Figuren 1 und 2 oben angeordnet. An seinem der Schwenkwiege 20 abgewandten Ende ist der Stellkolben 28 mit einem

Stelldruck beaufschlagbar, der über die als Regelventil ausgeführte Aktoreinrichtung 1 eingestellt beziehungsweise geregelt wird.

Die Schwenkwiege 20 ist in den Figuren 1 und 2 unten des Weiteren mit einem Gegenkolben 29 beaufschlagt, der mit seinem in den Figuren 1 und 2 linken Ende an der Schwenkwiege 20 anliegt. Der Gegenkolben 29 ist an seinem der Schwenkwiege 20 abgewandten Ende mit einem Hochdruck beaufschlagt, der durch die Axialkolbenmaschine erzeugt wird.

5 Der Stellkolben 28 und der Gegenkolben 29 sind, ebenso wie die Arbeitskolben 25, 26 parallel zur der Drehachse 24 der Axialkolbenmaschine translatorisch hin und her bewegbar. Dem Stellkolben 28 ist eine Stellfeder 30 zugeordnet. Dem Gegenkolben 29 ist eine Gegenfeder 31 zugeordnet. Durch die beiden Federn 30, 31 werden die beiden Kolben 28, 29 in Anlage an der Schwenkwiege 20 gehalten.

10 Der Stellkolben 28 und der Gegenkolben 29 sind, ebenso wie die Arbeitskolben 25, 26 parallel zur der Drehachse 24 der Axialkolbenmaschine translatorisch hin und her bewegbar. Dem Stellkolben 28 ist eine Stellfeder 30 zugeordnet. Dem Gegenkolben 29 ist eine Gegenfeder 31 zugeordnet. Durch die beiden Federn 30, 31 werden die beiden Kolben 28, 29 in Anlage an der Schwenkwiege 20 gehalten.

15 Die in den Figuren 1 und 2 dargestellte Axialkolbenmaschine kann besonders vorteilhaft sowohl als Axialkolbenpumpe als auch als Axialkolbenmotor arbeiten. Wenn sich die Schwenkwiege in ihrer in Figur 1 dargestellten Mittelstellung befindet, führen die Arbeitskolben 25, 26 im Betrieb der Axialkolbenmaschine keinen Hub aus. Wenn die Schwenkwiege 20, wie in Figur 2 dargestellt ist, um etwa zwanzig Grad um ihre Schwenkachse 22 ausgeschwenkt ist, dann führen die Arbeitskolben 25, 26 einen maximalen Hub aus.

20 25 An Axialkolbenmotoren wird der Schwenkwiegenwinkel als Stellgröße für die Drehzahl und das erzeugte Drehmoment an einer Abtriebswelle der Axialkolbenmaschine genutzt. An Axialkolbenpumpen hingegen wird der Schwenkwiegenwinkel als Stellgröße für das Fördervolumen und den Druck genutzt.

30 Bei der in den Figuren 1 und 2 dargestellten Axialkolbenmaschine wird die Verstellung der Schwenkwiege 20 bei stromlosen Spulen 18, 19 anhand der Position des Exzentrers 8 durchgeführt, der an der Schwenkwiege 20 angebracht ist. Der Kopplungskolben 9, der auf die Kopplungsfeder 11 wirkt, folgt einer Bewegung des Exzentrers 8.

35

Der Weg, den der Kopplungskolben 9 beim Verschwenken der Schwenkwiege 20 von dem in Figur 1 dargestellten minimalen Schwenkwinkel bis zu dem in Figur 2 dargestellten maximalen Schwenkwinkel zurücklegt, kann durch den Exzenter 8 im Vergleich zu herkömmlichen Axialkolbenmaschinen reduziert werden. Da-
5 durch kann die axiale Ausdehnung der Axialkolbenmaschine in Richtung der Drehachse 24 reduziert werden. Die axiale Ausdehnung der Axialkolbenmaschi-
ne in Richtung der Drehachse 24 wird auch als Axialkolbenmaschinenbaulänge bezeichnet.

10 Darüber hinaus ist die als Regelventil ausgeführte Aktoreinrichtung 1 radial zur Drehachse 24 der Axialkolbenmaschine angeordnet. Radial bedeutet quer zur Drehachse 24, das heißt, die Aktorachse 14 ist senkrecht zur Drehachse 24 angeordnet. Durch die radiale Anordnung der Aktoreinrichtung 1 kann die Axialkol-
benmaschinenbaulänge in Richtung der Drehachse 24 weiter reduziert werden.

15 20 Die Verstellung des Schwenkwinkels erfolgt mit Hilfe des Stellkolbens 28 und des Gegenkolbens 29, die jeweils ein entgegengesetztes Moment an der Schwenkwiege 20 erzeugen. Der Stellkolben 28 kann mit Hilfe der als Regelventil ausgeführten Aktoreinrichtung 1 mit dem Hochdruckniveau oder mit einem Niederdruckniveau der Axialkolbenmaschine verbunden werden. Als Hochdruck wird der Druck bezeichnet, der mit Hilfe der Arbeitskolben 25, 26 im Betrieb der Axial-
kolbenmaschine erzeugt wird. Als Niederdruck wird zum Beispiel ein Tankdruck bezeichnet, der dem Umgebungsdruck entsprechen kann.

25 30 Das durch die Aktoreinrichtung 1 dargestellte Regelventil entspricht einem 3/3-Wegeventil mit einem Niederdruckanschluss oder Tankdruckanschluss 34, einem Hochdruckanschluss oder Pumpendruckanschluss 35 und einem Steuerdruckanschluss oder Arbeitsdruckanschluss 36. An dem Aktorkolben 2 ist ein Ventilkörper 38 ausgebildet. Der Ventilkörper 38 ist einstückig mit dem Aktorkolben 2 ver-
bunden. Der Aktorkolben 2 mit dem Ventilkörper 38 ist zwischen zwei Endstel-
lungen in Richtung der Aktorachse 14 translatorisch hin und her bewegbar. In ei-
ner in Figur 1 dargestellten Mittelstellung des Aktorkolbens 2 verschließt der Ven-
tilkörper 38 des Aktorkolbens 2 den Steuerdruckanschluss 36.

35 Wenn die Spule 18 bestromt wird, dann wird der mit dem Aktorkolben 2 gekop-
pelte Anker 40 in den Figuren 1 bis 3 nach oben, das heißt von dem Einstellele-

ment 13 weg auf den Exzenter 8 zu gezogen. Der Anker 40 ist im dargestellten Ausführungsbeispiel als separates Teil ausgeführt und wird durch die Vorspannkraft der Federn 11 und 12 in Anlage an dem Aktorkolben 2 gehalten. Der Anker 40 kann aber auch einstückig mit dem Aktorkolben 2 verbunden sein. Dabei gibt der Ventilkörper 38 eine Verbindung zwischen Druckanschluss oder Pumpenanschluss 35 und dem Steuerdruckanschluss oder Arbeitsdruckanschluss 36 des Regelventils zum Stellkolben 28 frei. Als Folge dessen wird die Schwenkwiege 20, wie man in Figur 2 sieht, gegen den Uhrzeigersinn bis in ihre Endlage verschwenkt. Die Kopplungsfeder 11 und die Aktorfeder 12 sind so ausgelegt, dass der Aktorkolben 2 bei bestromter Spule 18 seine Mittelstellung erreicht, wenn die Schwenkwiege 20 gegen den Uhrzeigersinn in ihre Schwenkwiegenendlage verschwenkt ist.

Wenn die Spule 18 stromlos ist und die Spule 19 bestromt wird, dann wird der Anker 40 in den Figuren 1 bis 3 nach unten, das heißt von dem Exzenter 8 weg auf das Einstellelement 13 zu gezogen. Dabei gibt der Ventilkörper 38 eine Verbindung zwischen dem Niederdruckanschluss oder Tankdruckanschluss 34 und dem Steuerdruckanschluss oder Arbeitsdruckanschluss 36 zum Stellkolben 28 frei. Als Folge dessen wird die Schwenkwiege 20 im Uhrzeigersinn bis in ihre (nicht dargestellte) Endlage verschwenkt. Die Kopplungsfeder 11 und die Aktorfeder 12 sind so ausgelegt, dass der Aktorkolben 2 bei bestromter Spule 19 seine Mittelstellung erreicht, wenn die Schwenkwiege 20 im Uhrzeigersinn in ihre Schwenkwiegenendlage verschwenkt ist.

Wenn die beiden Spulen 18, 19 stromlos sind, wird die Lage des Aktorkolbens 2 von der Kopplungsfeder 11 und der Aktorfeder 12 vorgegeben. Dabei ist die Kopplungsfeder 11 an ihrem in den Figuren 1 bis 3 oben Ende über den Kopplungskolben 9 mit dem Exzenter 8 verbunden und folgt somit dessen Bewegungen, die durch den Doppelpfeil 10 angedeutet sind.

Wenn die Schwenkwiege 20, wie man in Figur 2 sieht, bei stromlosen Spulen 18, 19 gegen den Uhrzeigersinn verschwenkt ist, wird der Aktorkolben 2 von der Kopplungsfeder 11 nach unten gedrückt, und der Stellkolben 28 wird über den Arbeitsdruckanschluss 36 mit dem Niederdruckanschluss 34 verbunden. Als Folge dessen wird die Schwenkwiege 20 im Uhrzeigersinn in Richtung Mittelstellung geschwenkt, was als Mittenzentrierung der Schwenkwiege 20 bezeichnet wird.

Die Kopplungsfeder 11 und die Aktorfeder 12 sind vorteilhaft so ausgelegt, dass bei stromlosen Spulen 18, 19 mit Erreichen der Schwenkwiegenmittelstellung auch der Aktorkolben 2 seine Mittelstellung erreicht, wodurch die Verbindung zum Stellkolben 28 durch den Ventilkörper 38 geschlossen wird.

5

Ist die Schwenkwiege 20 bei stromlosen Spulen 18, 19 im Uhrzeigersinn ausgeschwenkt (nicht dargestellt), wird der Aktorkolben 2, der auch als Ventilkolben bezeichnet wird, von der Aktorfeder 12 von dem Einstellelement 13 weg in den Figuren 1 bis 3 nach oben gedrückt, wodurch der Stellkolben 28 mit dem Druckanschluss oder Pumpendruckanschluss 35 verbunden und mit Hochdruck beaufschlagt wird. Als Folge dessen wird die Schwenkwiege 20 entgegen dem Uhrzeigersinn verschwenkt. Dabei sind die Kopplungsfeder 11 und die Aktorfeder 12 vorteilhaft so ausgelegt, dass mit Erreichen der Schwenkwiegenmittelstellung auch der Ventilkolben oder Aktorkolben 2 seine Mittelstellung erreicht und somit die Verbindung vom Druckanschluss oder Pumpendruckanschluss 35 zum Stellkolben 28 geschlossen wird.

10

15

20

25

Mit der in Figur 3 dargestellten Aktoreinrichtung 1 wird die Schwenkwiege 20 bei stromlosen Spulen 18, 19 hydraulisch in ihre Mittenstellung oder Mittelstellung beziehungsweise Grundstellung zurückgestellt. Wenn sich der Aktorkolben 2 in seiner Mittenstellung oder Mittelstellung befindet und die Schwenkwiege ihre Mittenstellung, Mittelstellung oder Grundstellung einnimmt, das heißt nicht angeschwenkt oder verschwenkt ist, heben sich die Stellkräfte der Kopplungsfeder 11 und der Aktorfeder 12 auf. Somit wirkt in der Mittenstellung oder Mittelstellung des Ventilkolbens oder Aktorkolbens 2 im stromlosen Zustand der Spulen 18, 19 keine Stellkraft auf den Aktorkolben 2.

30

Wenn der Aktorkolben 2 aus der Mittenstellung oder Mittelstellung heraus bewegt wird, dann steigt die Kraft, die auf den Aktorkolben 2 wirkt annähernd linear an. Durch das Einstellelement 13 kann die Schwenkwiegenmittelstellung von außen eingestellt werden. Neben der Mittenzentrierung der Schwenkwiege 20 bei stromlosen Spulen 18, 19 führt die Kopplung der Schwenkwiegenstellung mit der Aktoreinrichtung 1 zu einer positiven Beeinflussung der Regelcharakteristik.

35

Die in Figur 3 dargestellte Aktoreinrichtung 1 funktioniert wie folgt. Die Schwenkwiege 20 befindet sich in der dargestellten Grundstellung, solange die Elektro-

magneten beziehungsweise elektromagnetischen Spulen 18,19 nicht bestromt sind. Die Grundstellung wird auch als Nullstellung oder Nullförderstellung bezeichnet, weil in der Grundstellung keine Förderung stattfindet. Die Grundstellung kann auch geringfügig von der Nullförderstellung abweichen, das heißt, die Schwenkwiege 20 kann in ihrer Grundstellung geringfügig, zum Beispiel bis zu 5 10 Prozent Fördervolumen, ausgeschwenkt sein.

Der Aktorkolben 2 befindet sich in seiner Mittelstellung oder Grundstellung, wenn der Ventilkörper 38 den Steuerdruckanschluss 36 verschließt. Wenn die Spule 18 bestromt wird, dann bewegt sich der Anker 40 in Figur 3 nach oben. Dabei gibt 10 der Ventilkörper 38 die Verbindung zwischen dem Pumpendruckanschluss 35 und dem Steuerdruckanschluss 36 frei. Dadurch wird der Stellkolben der Schwenkwiege 20 mit dem Pumpendruck beaufschlagt, so dass der Stellkolben die Schwenkwiege 20 im Gegenuhrzeigersinn verschwenkt.

15 Durch das Verschwenken der Schwenkwiege 20 wird der Kopplungskolben 9 in Figur 3 nach unten bewegt. Diese Bewegung des Kopplungskolbens 9 wird über die Kopplungsfeder 11 auf den Aktorkolben 2 übertragen, der sich wiederum gegen die Vorspannkraft der Aktorfeder 12 nach unten bewegt, bis der Ventilkörper 20 38 den Steuerdruckanschluss 36 verschließt. In diesem Zustand bilden die Federkräfte der Federn 11, 12 und die Magnetkraft ein Kräftegleichgewicht.

25 So kann durch ein definiertes Bestromen der Spulen 18, 19 ein Verschwenken der Schwenkwiege 20 um einen definierten Schwenkwinkel erreicht werden. Wenn die Spule 18 stromlos geschaltet wird, dann bewegt sich der Anker 4 durch die Federkräfte der Federn 11, 12 und im Zusammenspiel des Ventilkörpers 38 mit den Anschlüssen 34 bis 36 wieder in seine Ausgangsstellung zurück und die Schwenkwiege 20 nimmt wieder ihre Grundstellung ein.

30 In Figur 4A ist ein kartesisches Koordinatendiagramm mit einer x-Achse 41 und einer y-Achse 42 dargestellt. Auf der x-Achse 41 ist der Weg des Aktorkolbens 2 in einer geeigneten Wegeinheit aufgetragen. Auf der y-Achse 42 ist die kombinierte Federkraft der Kopplungsfeder 11 und der Aktorfeder 12 in einer geeigneten Krafteinheit aufgetragen, wobei sich der Kopplungskolben in seiner Nullstellung befindet. Durch eine Linie 44 ist eine kombinierte Federkennlinie für die 35 Kopplungsfeder 11 und die Aktorfeder 12 aufgetragen. Durch Punkte 45, 46 sind

die maximalen Verstellwege des Aktorkolbens 2 angedeutet. Der Koordinatenursprung entspricht der Mittelstellung des Aktorkolbens 2.

In Figur 4b ist ein kartesisches Koordinatendiagramm mit einer x-Achse 241 und einer y-Achse 242 dargestellt. Auf der x-Achse 241 ist der Weg eines Aktorkolbens 82 einer erfindungsgemäßen Aktoreinrichtung 81, die in den Figuren 5-13 dargestellt ist, in einer geeigneten Wegeinheit aufgetragen. Auf der y-Achse 242 ist die kombinierte Federkraft einer Kopplungsfeder 91 und einer Aktorfeder 92 in einer geeigneten Krafteinheit aufgetragen, wobei sich der Kopplungskolben in seiner Nullstellung befindet. Durch eine Linie 244 ist eine kombinierte Federkennlinie für die Kopplungsfeder 91 und die Aktorfeder 92 aufgetragen. Durch Punkte 245, 246 sind die maximalen Verstellwege des Aktorkolbens 82 angedeutet. Der Koordinatenursprung entspricht der Mittelstellung des Aktorkolbens 92.

Die Aktorfeder 92 ist vorgespannt. Wenn der Aktorkolben 82 aus seiner Mittenstellung oder Mittelstellung bewegt wird, muss zunächst die Federvorspannkraft überwunden werden. Beim Zurückstellen des Aktorkolbens 82 im unbestromten Zustand wirkt diese Federvorspannkraft bis zum Erreichen der Mittenstellung. Hierdurch wird eine geringere Hysterese erreicht.

In den Figuren 5 bis 13 ist die Aktoreinrichtung 81 in verschiedenen Schaltstellungen und Zuständen im Längsschnitt dargestellt. Die Aktoreinrichtung 81 dient vorzugsweise, ebenso wie die Aktoreinrichtung 1 in den Figuren 1 bis 3, als Regelventil einer (in den Figuren 5 bis 13 nicht dargestellten) Axialkolbenmaschine. Zu diesem Zweck umfasst die Aktoreinrichtung 81 den Aktorkolben 82, der in einem Führungskörper 83 hin und her bewegbar geführt ist. Von der Axialkolbenmaschine ist in den Figuren 5 bis 13 nur eine Schwenkverstelleinrichtung 84 angedeutet, die eine Schwenkwiege 86 umfasst.

Die Schwenkverstelleinrichtung 84 ist mit Hilfe einer Kopplungseinrichtung 85 mechanisch mit der Aktoreinrichtung 81 gekoppelt. Die Kopplungseinrichtung 85 umfasst einen Exzenter 88, der an der Schwenkwiege 86 angebracht ist. An dem Exzenter 88 liegt ein Kopplungskolben 89 mit seinem in den Figuren 6 bis 13 linken Ende an. Dabei wird der Kopplungskolben 89 durch die Kopplungsfeder 91 in Anlage an dem Exzenter 88 gehalten.

5 Der Kopplungskolben 89 ist als Hohlkolben ausgeführt. Dabei ist der Innen- durchmesser des als Hohlkolben ausgeführten Kopplungskolbens 89 größer als der Außendurchmesser des Aktorkolbens 82 im Bereich des Kopplungskolbens 89. Dadurch wird in radialer Richtung zwischen dem Aktorkolben 82 und dem Kopplungskolben 89 ein Ringraum geschaffen, in welchem die Aktorfeder 92 angeordnet ist. Über die Aktorfeder 92 ist, wie im Folgenden noch erläutert wird, der Aktorkolben 82 mit dem Kopplungskolben 89 gekoppelt.

10 Der Aktorkolben 82 ist, ebenso wie der Kopplungskolben 89, entlang einer Aktorachse 94 translatorisch hin und her bewegbar. Die Aktorachse 94 entspricht der Längsachse des Aktorkolbens 82.

15 Die Aktoreinrichtung 81 umfasst des Weiteren ein Aktorgehäuse 96, in dem zwei elektromagnetische Spulen angeordnet sind, die zur Darstellung von zwei Elektromagneten 98, 99 dienen. Die Elektromagnete 98, 99 wirken mit einem Anker 100 zusammen, der an dem dem Exzenter 88 abgewandten Ende des Aktorkolbens 82 angebracht ist.

20 Wenn der in den Figuren 5 bis 13 links angeordnete Elektromagnet 98 bestromt wird, dann wird der Anker 100 des Aktorkolbens 82 nach links, das heißt auf den Exzenter 88 zu, bewegt oder gezogen. Wenn der in den Figuren 5 bis 13 rechts angeordnete Elektromagnet 99 bestromt wird, dann wird der Anker 100 des Aktorkolbens 82 von dem Exzenter 88 weg nach rechts gezogen oder bewegt.

25 Der Aktorkolben 82 dient dazu, Fluidverbindungen zwischen Hydraulikanschlüssen 101, 102, 103 freizugeben oder zu unterbrechen. Bei dem Hydraulikan schluss 101 handelt es sich um einen Druckversorgungsanschluss oder Pumpenanschluss oder Hochdruckanschluss. Bei dem Hydraulikanschluss 102 handelt es sich um einen Steuerdruckanschluss oder Arbeitsdruckanschluss oder Ansteueranschluss. Bei dem Hydraulikanschluss 103 handelt es sich um einen Niederdruckanschluss oder Tankdruckanschluss oder Absteueranschluss.

30 An dem Aktorkolben 82 ist ein Ventilkörper 104 ausgebildet, der in einer in Figur 5 dargestellten Grundstellung der Aktoreinrichtung 81 axial überlappend zu dem Steuerdruckanschluss 102 angeordnet ist. In der Grundstellung der

Aktoreinrichtung 81 ist der Steuerdruckanschluss 102 weder mit dem Druckversorgungsanschluss 101 noch mit dem Niederdruckanschluss 103 verbunden.

5 Die Kopplungsfeder 91 ist mit ihrem in den Figuren 5 bis 13 rechten Ende an einem Absatz 105 abgestützt, der an dem Führungskörper 83 ausgebildet ist. Mit ihrem in den Figuren 5 bis 13 linken Ende ist die Kopplungsfeder 91 an einem Bund 106 abgestützt, der an dem Kopplungskolben 89 ausgebildet ist. Dabei ist die Kopplungsfeder 91 auf Druck so zwischen dem Absatz 105 und dem Bund 106 vorgespannt, dass der Kopplungskolben 89 mit seinem in den Figuren 5 bis 10 13 linken Ende stabil in Anlage an dem Exzenter 88 der Kopplungseinrichtung 85 beziehungsweise der Schwenkverstelleinrichtung 84 gehalten wird.

15 Die Aktorfeder 92 ist in axialer Richtung zwischen zwei Federtellern 111, 112 eingespannt. Der Federteller 111 ist in axialer Richtung an einer Hülse 113 abgestützt, die, zum Beispiel durch einen Presssitz, fest mit dem in den Figuren 5 bis 13 linken Ende des Aktorkolbens 82 verbunden ist. Radial außerhalb der Hülse 113 ist der Federteller 111 des Weiteren an einer Anschlaghülse 114 abgestützt, die, zum Beispiel durch einen Presssitz, fest mit dem Kopplungskolben 89 verbunden ist.

20 25 Der Federteller 112 ist in axialer Richtung an einem Absatz 116 des Aktorkolbens 82 abgestützt. Radial außerhalb des Absatzes 116 ist der Federteller 112 an einem radial nach innen abgewinkelten Kragen 117 des Kopplungskolbens 89 abgestützt.

30 Mit der in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Aktoreinrichtung 1 wird die Schwenkwiege 20 bei stromlosen Spulen 18, 19 hydraulisch in ihre Mittelstellung zurückgestellt. Wenn sich der Aktorkolben 2 in seiner Mittelstellung befindet, heben sich die Stellkräfte der Kopplungsfeder 11 und der Aktorfeder 12 auf. Somit wirkt in der Mittelstellung oder Mittenstellung des Aktorkolbens 2 im stromlosen Zustand der Spulen 18, 19 keine Stellkraft auf den Aktorkolben 2. Wird der Aktorkolben 2 aus der Mittelstellung heraus bewegt, steigt die Kraft, die auf den Aktorkolben 2 wirkt, annähernd linear an. Das führt dazu, dass in der Nähe der Mittelstellung nur eine geringe Rückstellkraft auf den Aktorkolben 2 wirkt. Das kann zu einer großen Hysterese führen.

Durch die in den Figuren 5 bis 13 dargestellte Aktoreinrichtung 81 kann die Hysterese im stromlosen Zustand der Spulen beziehungsweise Elektromagnete 98, 99 deutlich reduziert werden. Wenn der Aktorkolben 82 aus seiner in Figur 5 dargestellten Mittelstellung heraus bewegt wird, muss zunächst die Federvorspannkraft der vorgespannten Aktorfeder 92 überwunden werden. Beim Zurückstellen des Aktorkolbens 82 im unbestromten Zustand der Elektromagnete 98, 99 bewirkt die Federvorspannkraft der Aktorfeder 92 eine starre Kopplung des Kopplungskolbens 89 und des Aktorkolbens 82. Dadurch wird eine sehr geringe Hysterese erreicht.

5

Durch die Aktoreinrichtung 81 mit der vorgespannten Aktorfeder 92 kann auf einfache Art und Weise ein Regelventil mit Kraftüberschuss zur Mittenzentrierung der Schwenkwiege einer Axialkolbenmaschine dargestellt werden. Die Funktion der Schwenkwiegenmittenzentrierung wird im Folgenden anhand der Figuren 6 bis 13 erläutert.

15

In Figur 6 ist durch einen Pfeil 121 angedeutet, dass der Aktorkolben 82, der auch als Ventilkolben bezeichnet wird, durch den Elektromagneten 98 nach links, das heißt auf den Exzenter 88 zu, gezogen wird. Dabei wird durch den Ventilkörper 104 des Aktorkolbens 82 eine hydraulische Verbindung zwischen dem Druckversorgungsanschluss 101 und dem Steuerdruckanschluss 102 freigegeben, wie durch Pfeile 122 und 123 angedeutet ist.

20

In Figur 7 ist durch einen Pfeil 124 angedeutet, dass die Schwenkwiege 86 mit dem Exzenter 88 gegen den Uhrzeigersinn verschwenkt wird. Dabei wird der Aktorkolben 82 über den Exzenter 88 und den Kopplungskolben 89 in Richtung seiner Mittelstellung zurückgedrückt, wie durch Pfeile 125 und 126 angedeutet ist.

25

In Figur 8 ist die Schwenkwiege 86 in ihrem voll ausgeschwenkten Zustand dargestellt. Der Aktorkolben 82 hat seine Mittelstellung eingenommen, weil ein Kräftegleichgewicht zwischen Aktorfeder 92 und dem bestromten Elektromagneten 98 herrscht.

30

In Figur 9 ist durch einen Pfeil 131 angedeutet, dass der Aktorkolben 82 von der Aktorfeder 92 nach rechts, das heißt von dem Exzenter 88 weg gedrückt wird,

35

wenn der Elektromagnet 98 nicht mehr bestromt ist. Dabei wird durch den Ventilkörper 104 des Aktorkolbens 82 eine hydraulische Verbindung zwischen dem Steuerdruckanschluss 102 und dem Niederdruckanschluss 103 freigegeben, wie durch Pfeile 132 und 133 angedeutet ist. Die hydraulische Verbindung zwischen der Steuerleitung und der Absteuerleitung führt dazu, dass die Schwenkwiege 86 zurückschwenkt, wie durch einen Pfeil 134 angedeutet ist, wobei die Schwenkwiege 86 noch ausgeschwenkt dargestellt ist.

5

Durch einen Pfeil 135 ist angedeutet, dass der Kopplungskolben 89 und der Aktorkolben 82 zurückfährt. Beim Zurückschwenken der Schwenkwiege 86 wird der Aktorkolben 82 von der Aktorfeder 92 in seine Mittelstellung gedrückt. Wenn das Zurückschwenken der Schwenkwiege 86 und das Zurückfahren des Aktorkolbens 82 abgeschlossen ist, nimmt die Aktoreinrichtung 81 wieder ihre in Figur 5 dargestellte Grundstellung ein.

10

15

In Figur 10 ist durch einen Pfeil 141 angedeutet, dass der Aktorkolben 82 durch den Elektromagneten 99 nach rechts gezogen wird, das heißt von dem Exzenter 88 weg. Dabei wird, wie durch Pfeile 142 und 143 angedeutet ist, der Steuerdruckanschluss 102 beziehungsweise die Steuerleitung mit der Absteuerleitung beziehungsweise dem Niederdruckanschluss 103 verbunden.

20

25

In Figur 11 ist durch einen Pfeil 144 angedeutet, dass die Schwenkwiege 86 mit dem Exzenter 88 im Uhrzeigersinn ausschwenkt. Durch einen Pfeil 145 ist angedeutet, dass der Kopplungskolben 89 der Exzenterbewegung folgt, wodurch der Aktorkolben 82 in seine Mittelstellung zurück bewegt wird.

30

35

In Figur 12 ist die Schwenkwiege 86 in ihrem voll ausgeschwenkten Zustand dargestellt. Der Aktorkolben 82 nimmt seine Mittelstellung ein, weil zwischen der Aktorfeder 92 und dem Elektromagneten 99 ein Kräftegleichgewicht herrscht.

In Figur 13 ist der Elektromagnet 99 nicht mehr bestromt und der Aktorkolben 82 wird von der vorgespannten Aktorfeder 92 nach links, das heißt von dem Exzenter 88 weg, gedrückt, wie durch einen Pfeil 151 angedeutet ist. Dabei wird, wie durch Pfeile 152, 153 angedeutet ist, die Steuerleitung beziehungsweise der Steuerdruckanschluss 102 mit dem Druckversorgungsanschluss 101 verbunden.

5

Das führt dazu, dass die Schwenkwiege 86 zurückschwenkt, wie durch einen Pfeil 154 angedeutet ist, wobei die Schwenkwiege 86 in Figur 13 noch ausgeschwenkt dargestellt ist. Durch einen Pfeil 155 ist angedeutet, dass der Aktorkolben 82 wieder in seine Mittelstellung zurückfährt. Nach dem Zurückschwenken der Schwenkwiege 86 und dem Zurückfahren des Aktorkolbens 82 nimmt die Aktoreinrichtung 81 wieder ihre in Figur 5 dargestellte Grundstellung ein.

5

Ansprüche

10

1. Aktoreinrichtung mit mindestens einem Aktorkolben (82), dem mindestens eine Feder sowie zwei Elektromagnete (98,99) zugeordnet sind und der mechanisch mit einer Verstelleinrichtung (84) gekoppelt ist, die durch eine Betätigung der Elektromagnete (98,99) über den Aktorkolben (82) hydraulisch verstellbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Aktorkolben (82) eine vorgespannte Aktorfeder (92) zugeordnet ist, deren Vorspannkraft in einem Kraftbereich unterhalb der Vorspannkraft eine starre Kopplung des Aktorkolbens (82) und eines Kopplungskolbens (89) bewirkt.

15

2. Aktoreinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktorfeder (92) zwischen zwei Federtellern (111,112) eingespannt ist, die in axialer Richtung aufeinander zu bewegbar an dem Aktorkolben (82) abgestützt sind.

20

3. Aktoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktorkolben (82) unter Zwischenschaltung der Aktorfeder (92) über eine Kopplungseinrichtung (85) mechanisch mit der Verstelleinrichtung (84) gekoppelt ist.

25

4. Aktoreinrichtung nach Anspruch 2 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kopplungseinrichtung (85) über die Federteller (111,112) mechanisch mit dem Aktorkolben (82) gekoppelt ist.

30

5. Aktoreinrichtung nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kopplungseinrichtung (85) den Kopplungskolben (89) umfasst, der unter Zwischenschaltung der Aktorfeder (92) mechanisch mit dem Aktorkolben gekoppelt ist.

6. Aktoreinrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kopplungseinrichtung (85) einen Exzenter (88), einen Nocken oder eine Kurvenscheibe umfasst, an welcher der Kopplungskolben (89) anliegt.
- 5 7. Aktoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verstelleinrichtung (84) als Schwenkverstelleinrichtung ausgeführt ist.
- 10 8. Aktoreinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktorkolben (82) einen Anker (100) und einen Ventilkörper (104) umfasst, der Verbindungen zwischen Hydraulikanschlüssen (101-103) unterbricht oder freigibt.
- 15 9. Axialkolbenmaschine mit mindestens einem Arbeitskolben (25,26) und einem Stellkolben (28), die mit einer Schwenkwiege (86) zusammenwirken, die über ein Regelventil verstellbar ist, das eine Aktoreinrichtung (81) nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.
- 20 10. Axialkolbenmaschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Regelventil als 3/3-Wegeventil oder 3/2-Wegeventil ausgeführt ist.

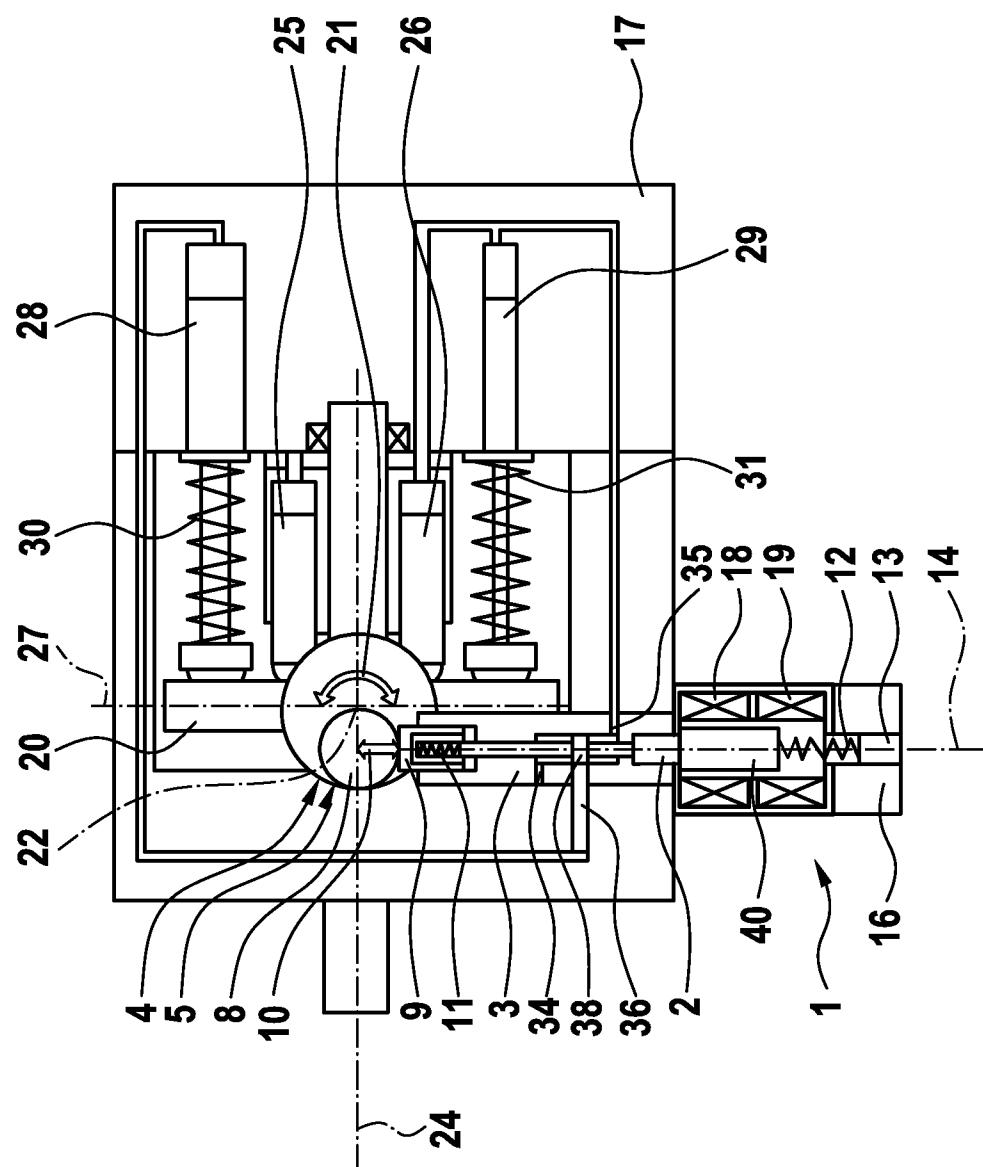


Fig. 1

2 / 13

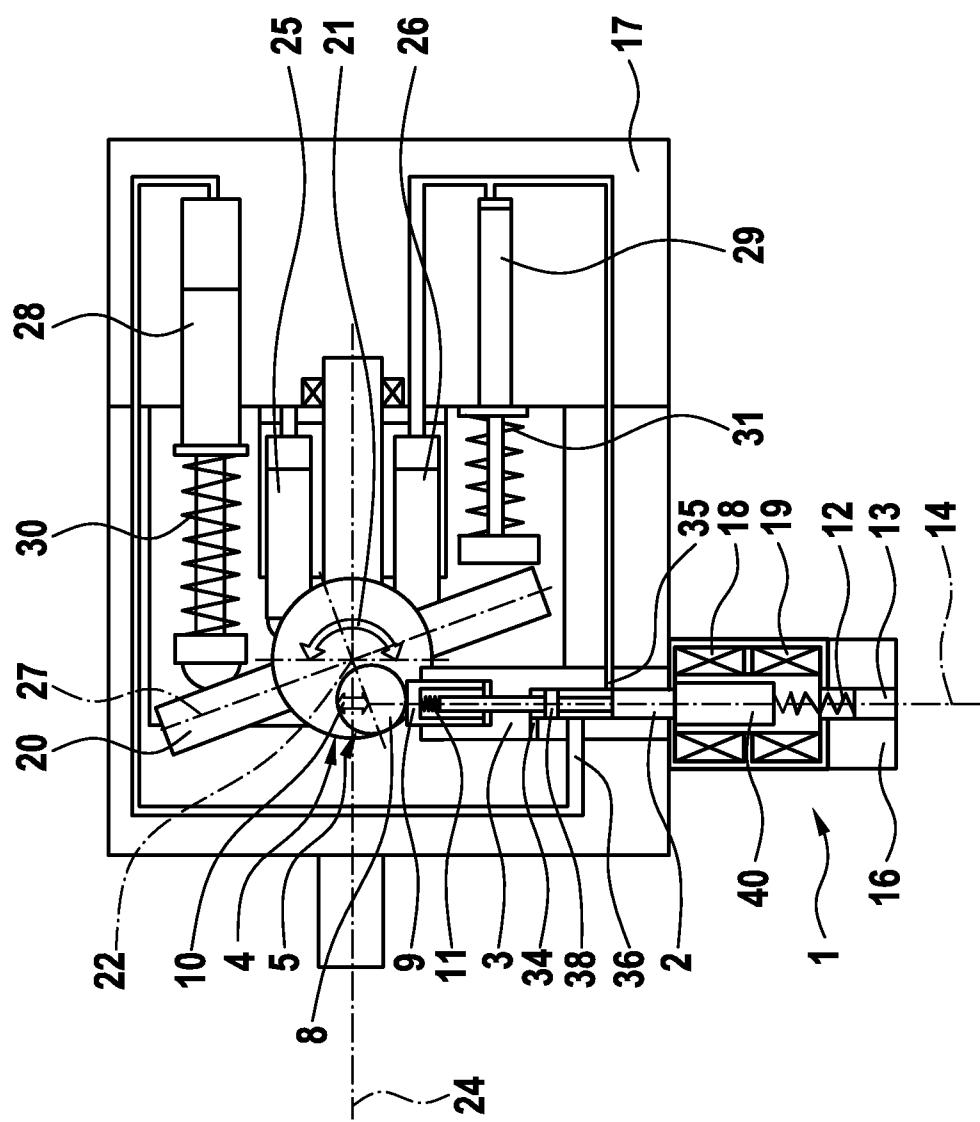
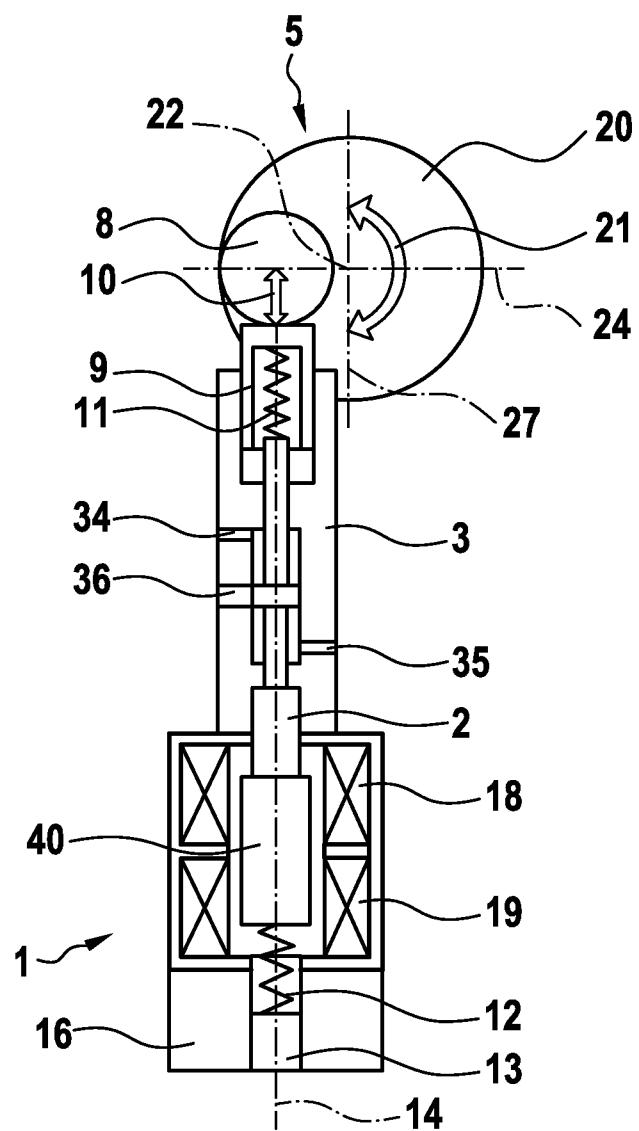


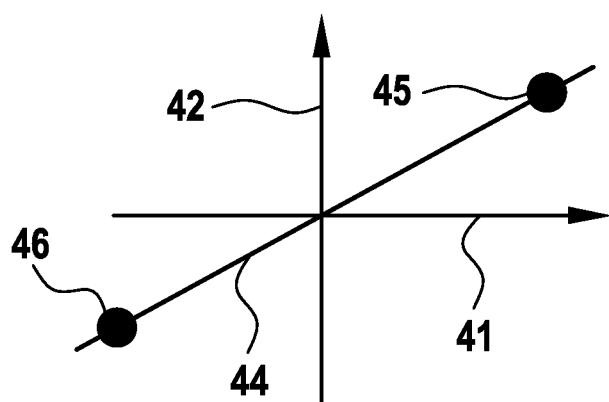
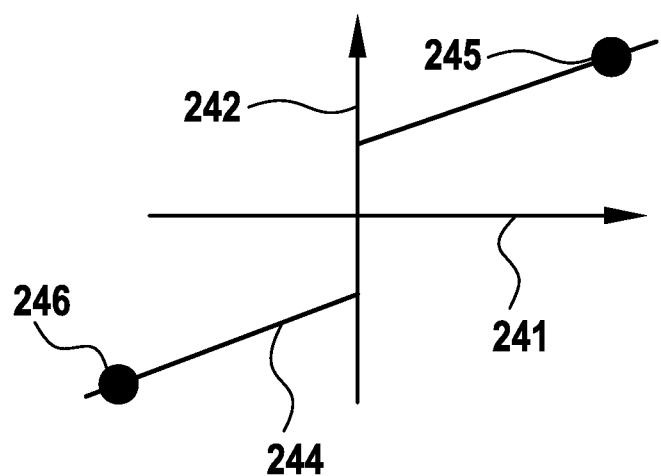
Fig. 2

3 / 13

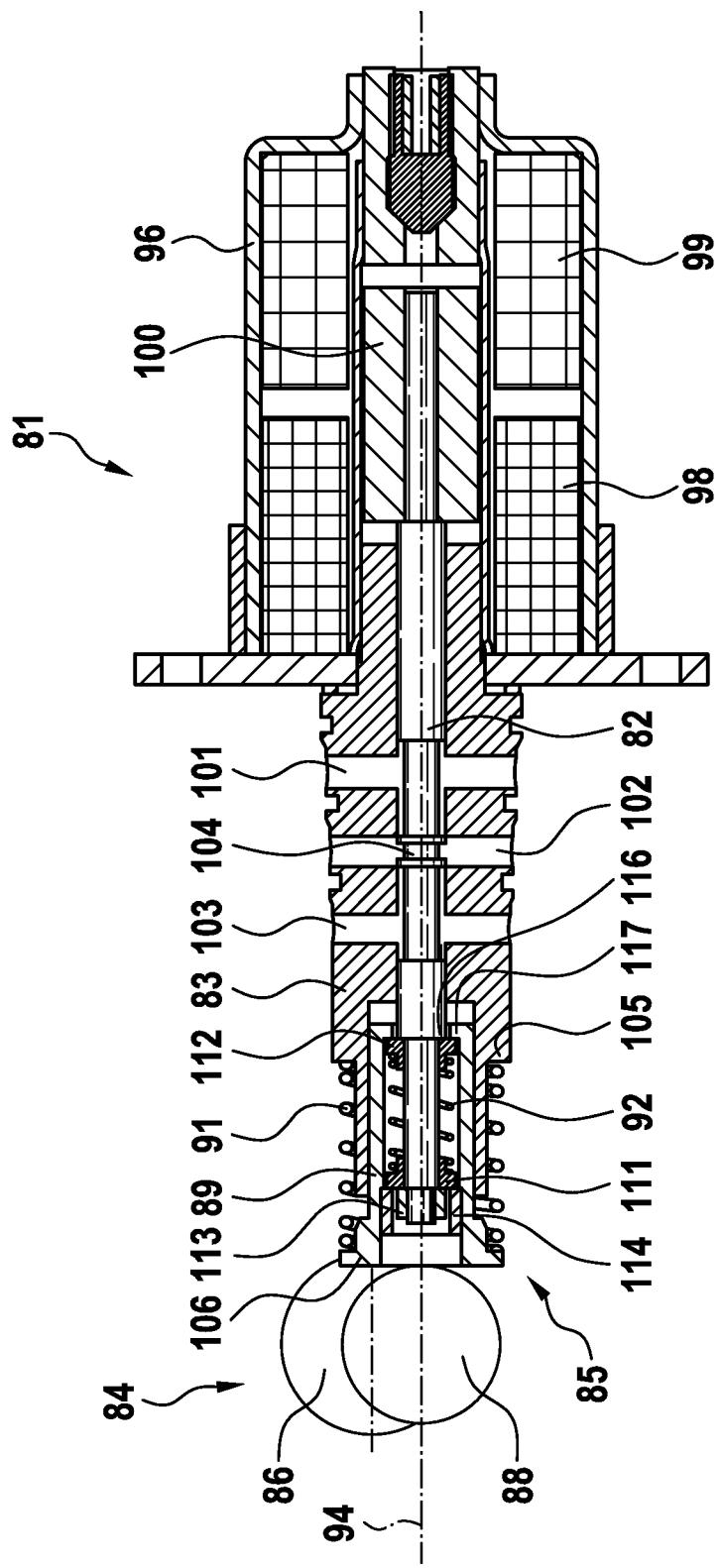
Fig. 3



4 / 13

Fig. 4A**Fig. 4B**

5 / 13

Fig. 5

6 / 13

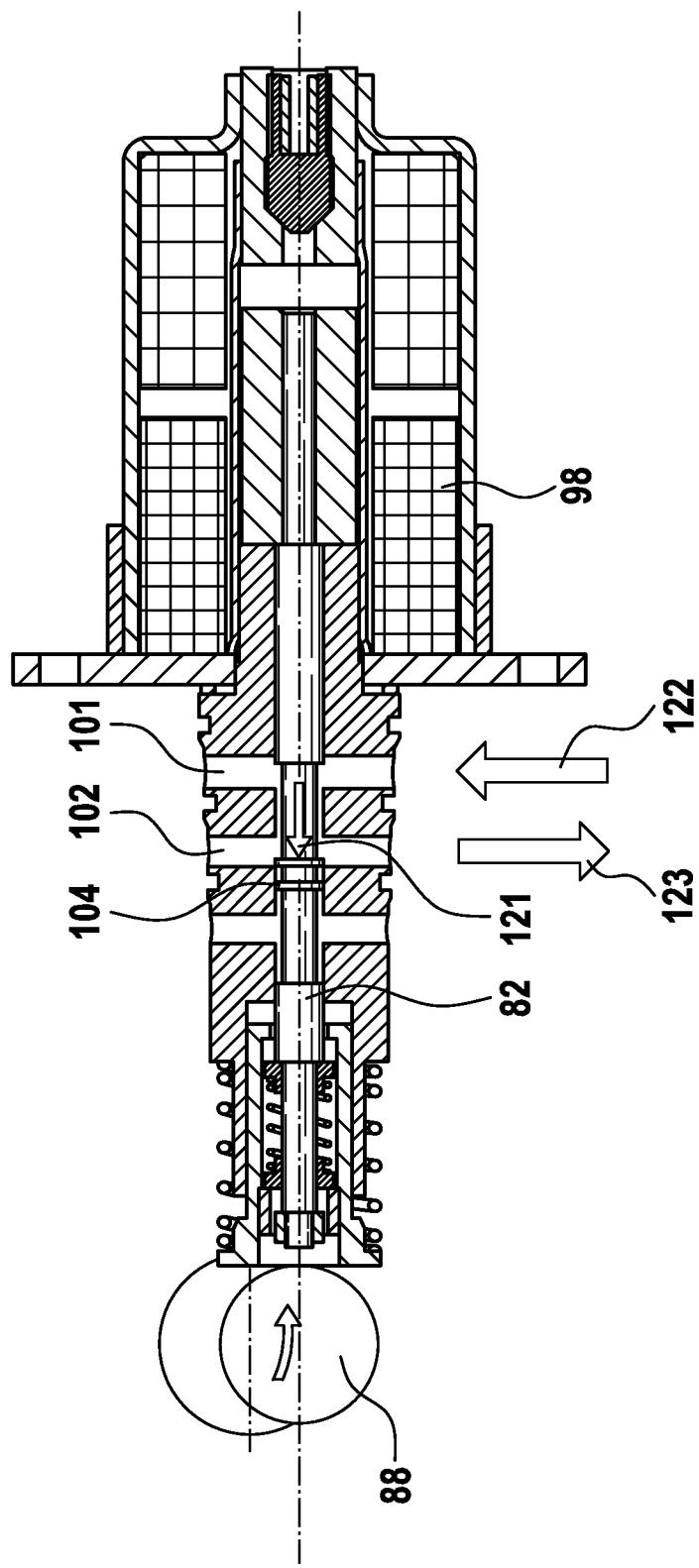


Fig. 6

7 / 13

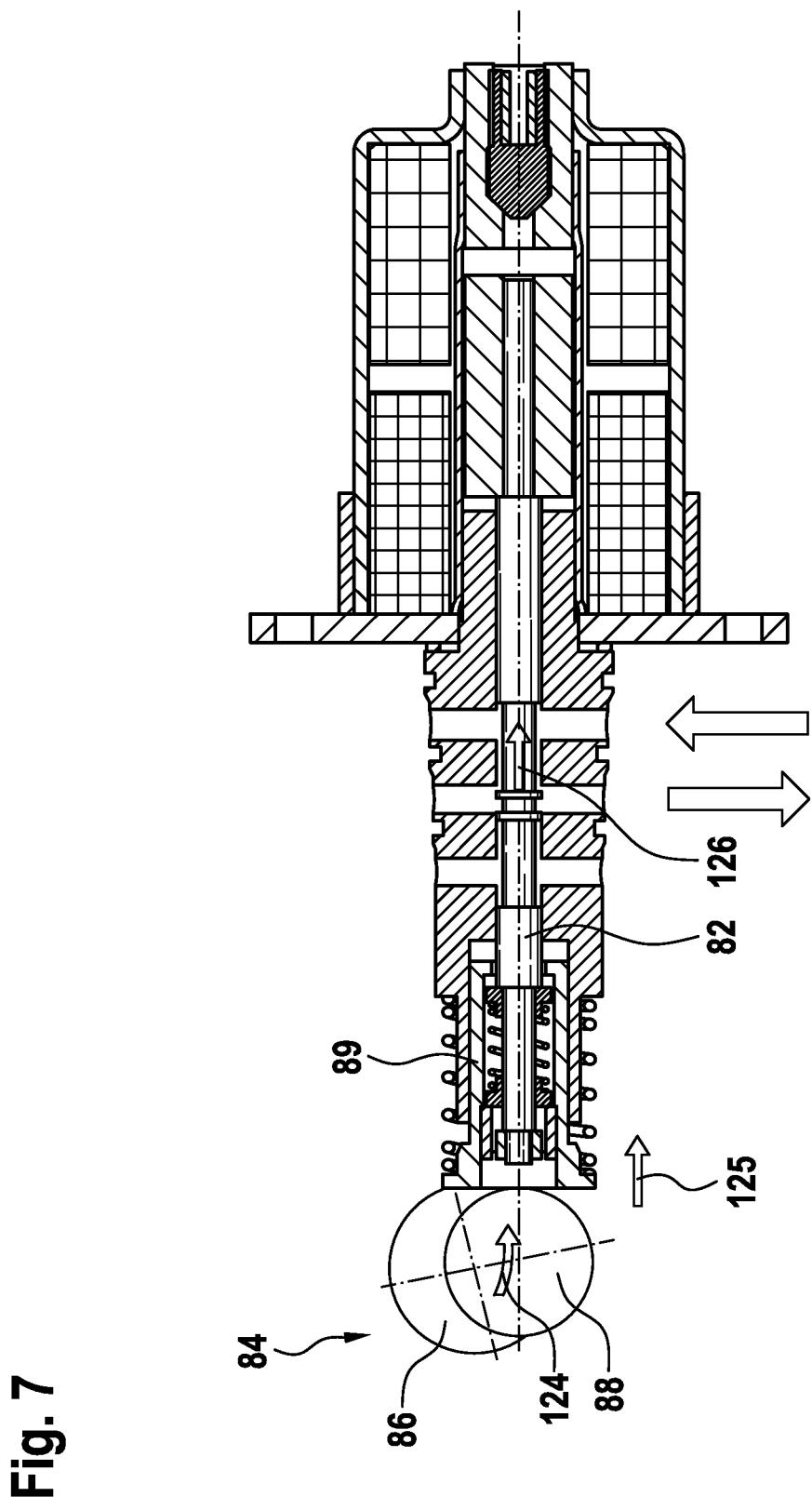


Fig. 7

8 / 13

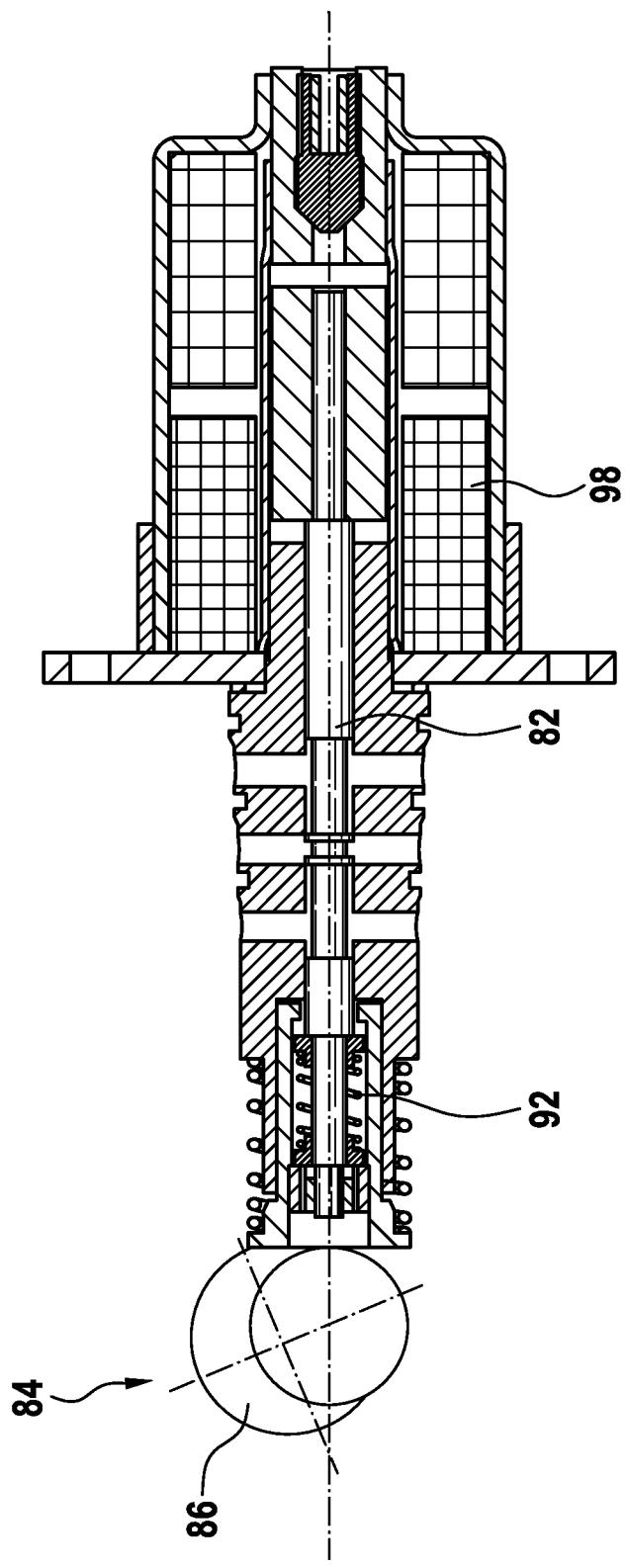


Fig. 8

9 / 13

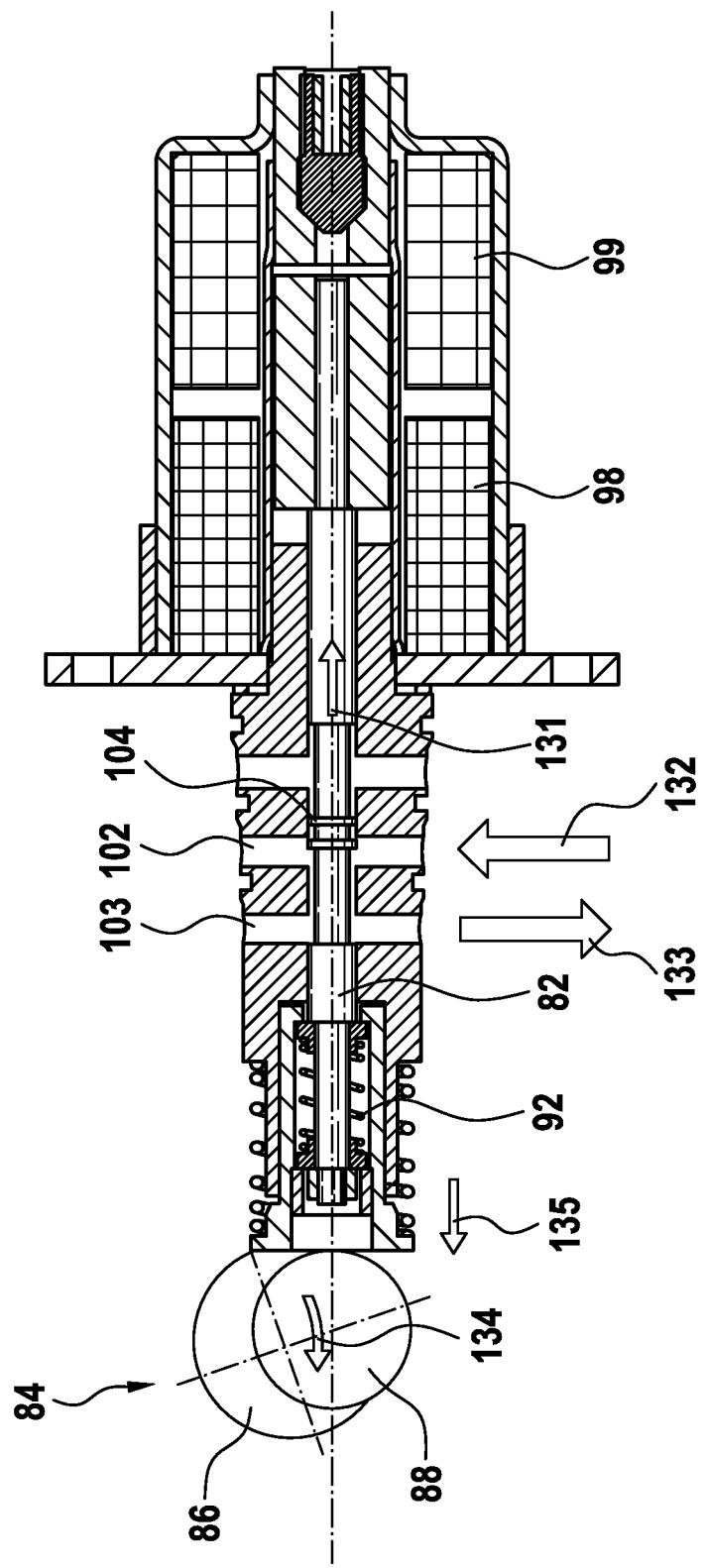


Fig. 9

10 / 13

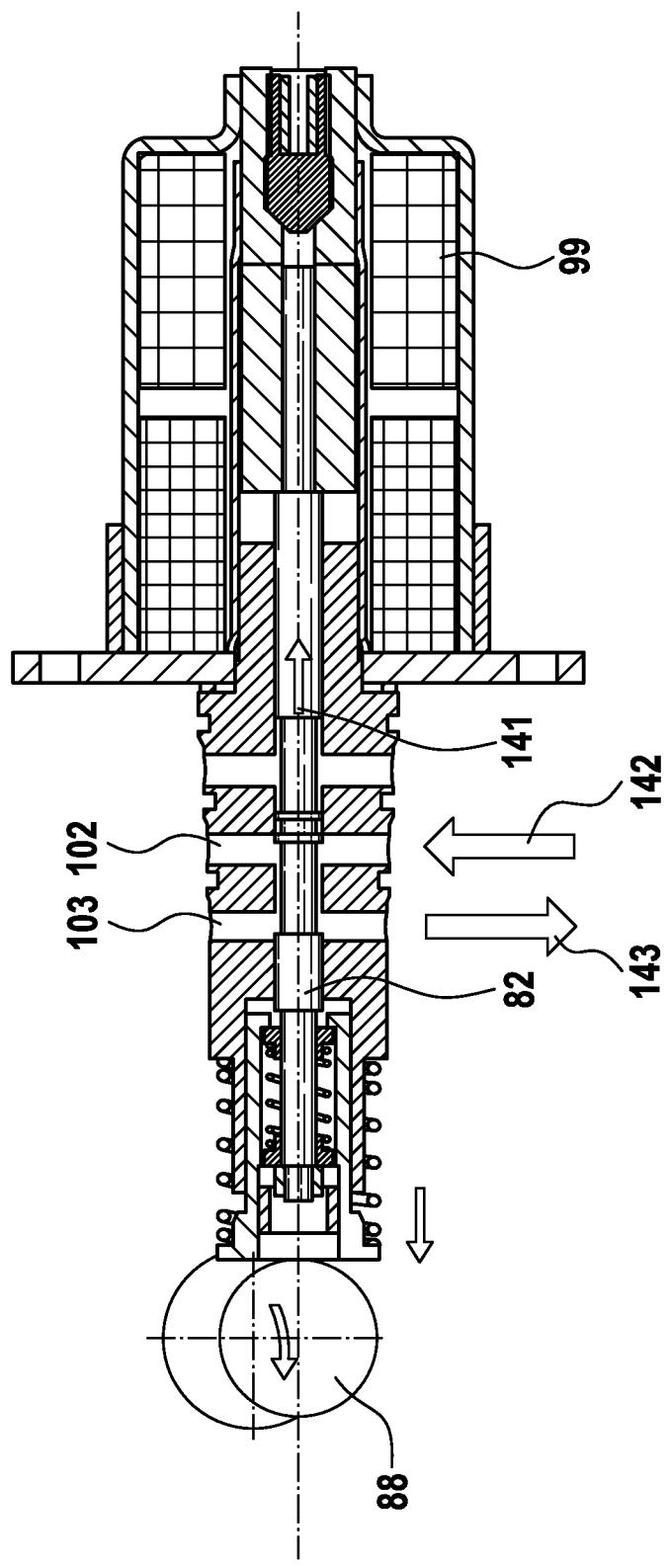


Fig. 10

11 / 13

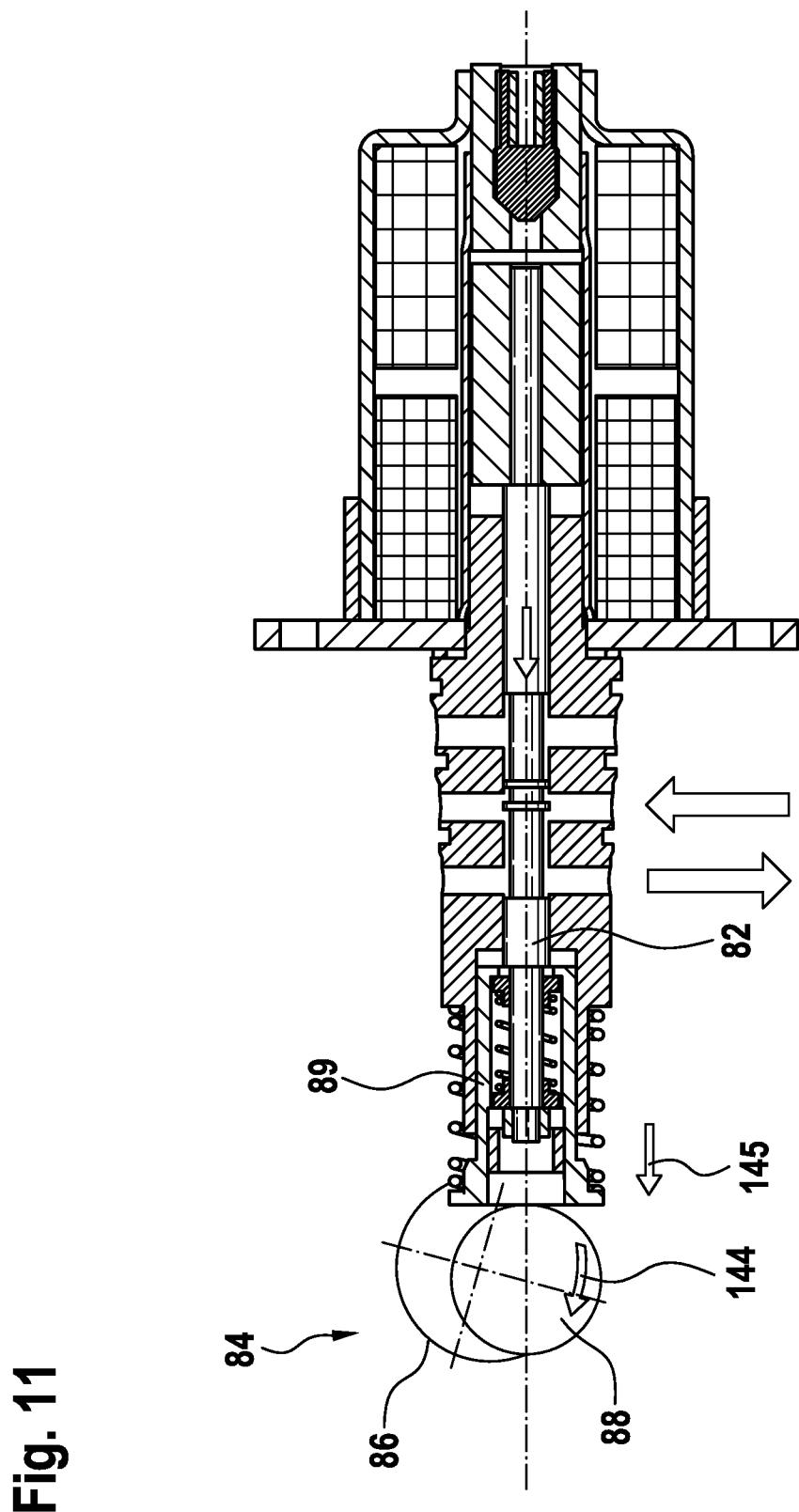
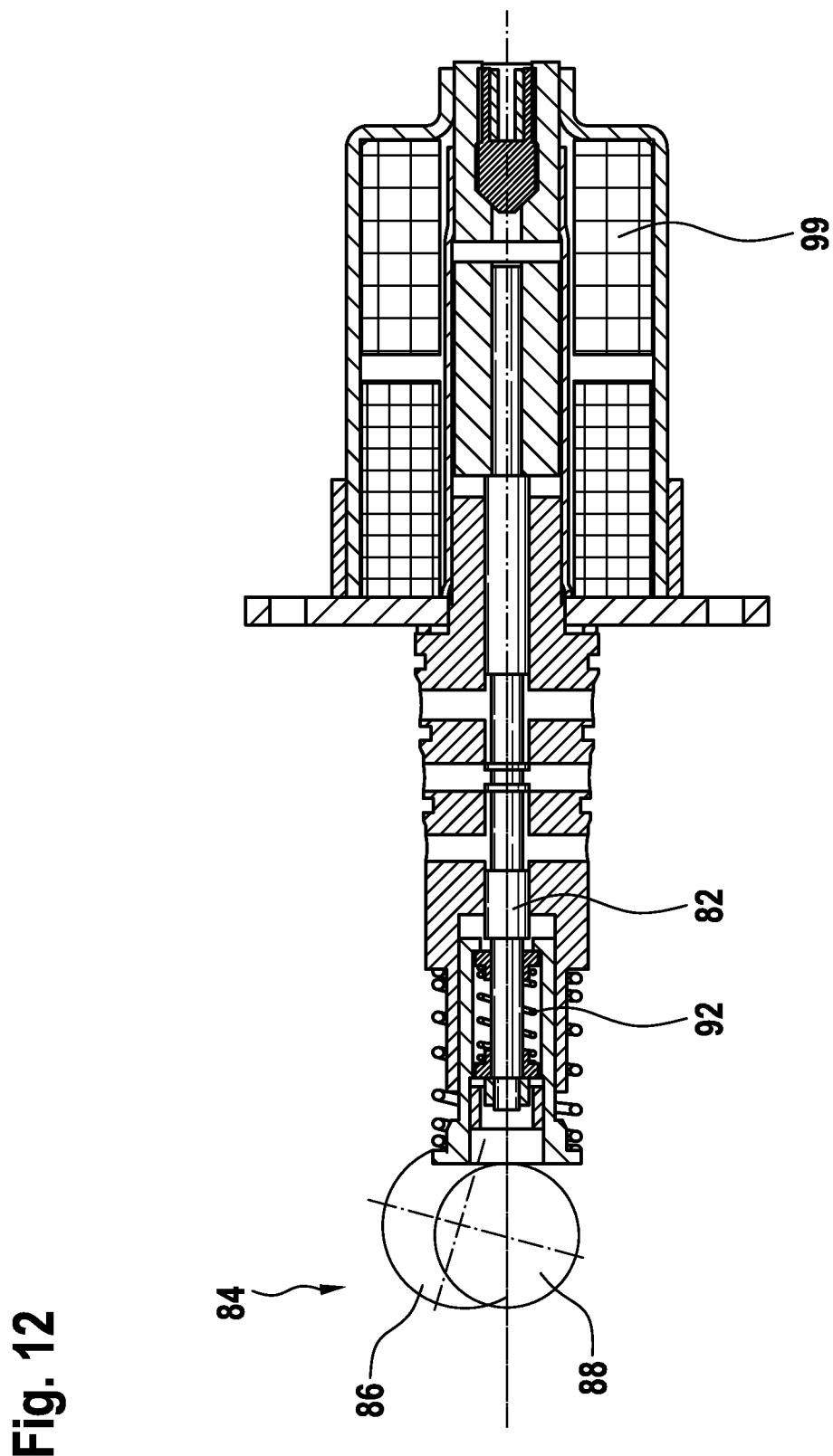


Fig. 11

12 / 13



13 / 13

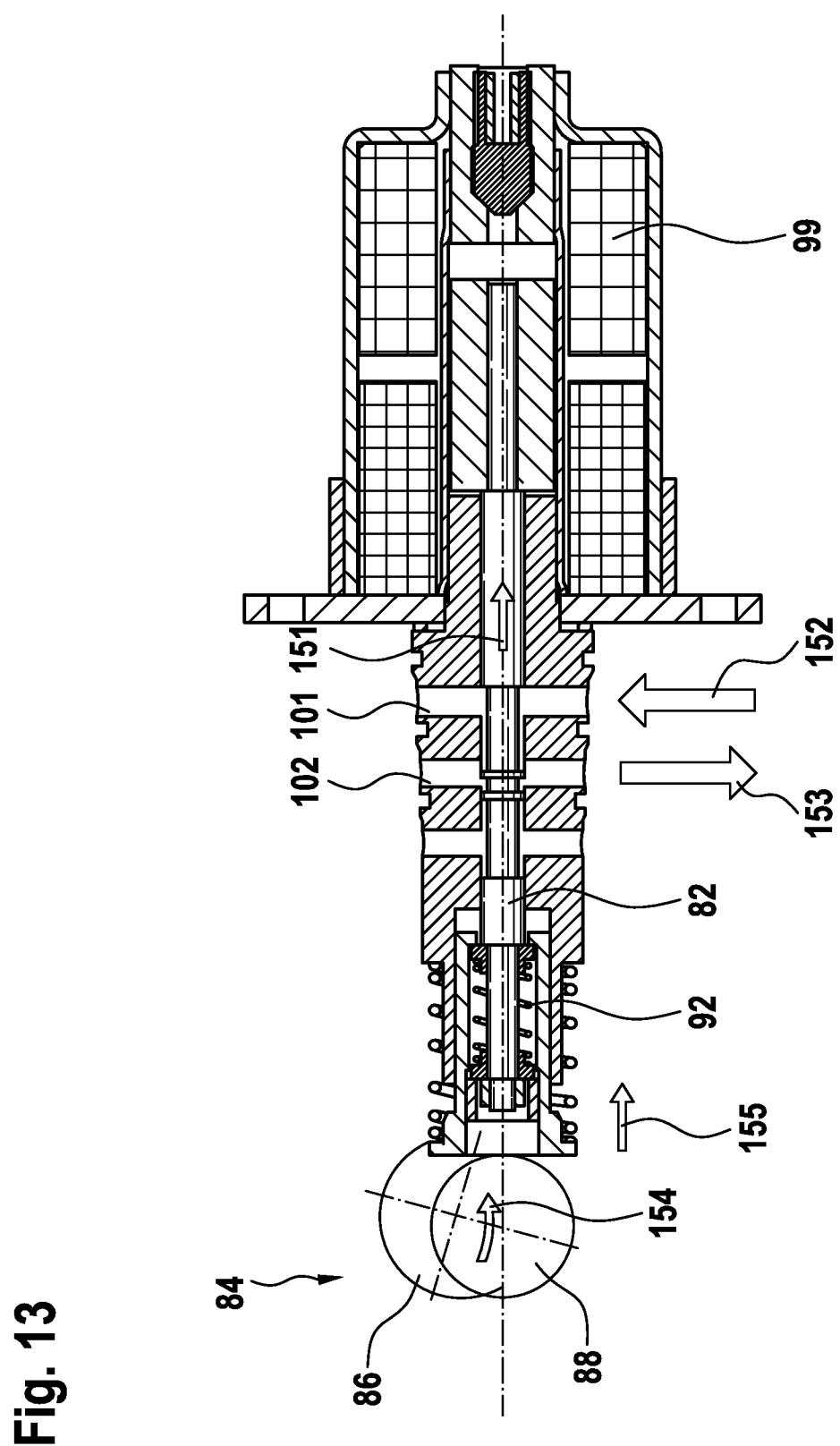


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/063021

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F01B3/10 F04B1/32 F16K31/06 H01F7/16 F04B49/00
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 F16K F04B F01B H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A | EP 1 217 209 B1 (BRUENINGHAUS HYDROMATIK GMBH [DE]) 6 June 2007 (2007-06-06) cited in the application the whole document ----- | 1-10 |
| A | US 2006/086396 A1 (ANDO MOTOYOSHI [JP]) 27 April 2006 (2006-04-27) the whole document ----- | 1-10 |
| A | DE 102 39 823 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 3 April 2003 (2003-04-03) the whole document ----- | 1-10 |



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

| | |
|--|--|
| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
| 20 September 2013 | 30/09/2013 |
| Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 | Authorized officer Olona Laglera, C |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/063021

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | | | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|----|---------------|------------------|
| EP 1217209 | B1 | 06-06-2007 | DE | 10063526 C1 | 11-07-2002 |
| | | | EP | 1217209 A2 | 26-06-2002 |
| ----- | | | | | |
| US 2006086396 | A1 | 27-04-2006 | JP | 2006118682 A | 11-05-2006 |
| | | | US | 2006086396 A1 | 27-04-2006 |
| ----- | | | | | |
| DE 10239823 | A1 | 03-04-2003 | DE | 10239823 A1 | 03-04-2003 |
| | | | JP | 2003106472 A | 09-04-2003 |
| | | | KR | 20030023016 A | 19-03-2003 |
| | | | US | 2003047698 A1 | 13-03-2003 |
| ----- | | | | | |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/063021

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01B3/10 F04B1/32 F16K31/06 H01F7/16 F04B49/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F16K F04B F01B H01F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|--|--------------------|
| A | EP 1 217 209 B1 (BRUENINGHAUS HYDROMATIK GMBH [DE]) 6. Juni 2007 (2007-06-06) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument ----- | 1-10 |
| A | US 2006/086396 A1 (ANDO MOTOYOSHI [JP]) 27. April 2006 (2006-04-27) das ganze Dokument ----- | 1-10 |
| A | DE 102 39 823 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 3. April 2003 (2003-04-03) das ganze Dokument ----- | 1-10 |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

20. September 2013

30/09/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Olona Laglera, C

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/063021

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | | Datum der Veröffentlichung | | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|----|----------------------------|----------------------|---|--|--|
| EP 1217209 | B1 | 06-06-2007 | DE EP | 10063526 C1 1217209 A2 | | 11-07-2002 26-06-2002 |
| US 2006086396 | A1 | 27-04-2006 | JP US | 2006118682 A 2006086396 A1 | | 11-05-2006 27-04-2006 |
| DE 10239823 | A1 | 03-04-2003 | DE JP KR US | 10239823 A1 2003106472 A 20030023016 A 2003047698 A1 | | 03-04-2003 09-04-2003 19-03-2003 13-03-2003 |