

(19)



(11)

EP 3 171 021 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
24.05.2017 Patentblatt 2017/21

(51) Int Cl.:
F04B 1/12 (2006.01) F01B 3/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16195300.5**

(22) Anmeldetag: **24.10.2016**

(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
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **19.11.2015 DE 102015120040**
15.12.2015 DE 102015121882

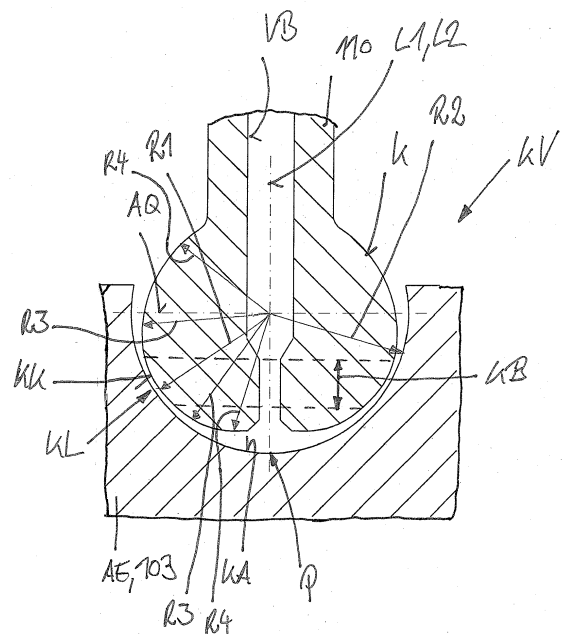
(71) Anmelder: **Linde Hydraulics GmbH & Co. KG**
63743 Aschaffenburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Bergmann, Martin**
64850 Schaafheim (DE)
• **Krittian, Lukas**
63739 Aschaffenburg (DE)

(74) Vertreter: **Patentship**
Patentanwalts-gesellschaft mbH
Elsenheimerstraße 65
80687 München (DE)

(54) HYDROSTATISCHE AXIALKOLBENMASCHINE

(57) Die Erfindung betrifft eine hydrostatische Axialkolbenmaschine (1; 100) mit mindestens einem in einer Aufnahmebohrung (3; 109) einer Zylindertrommel (2; 107) längverschiebbaren Kolben (4; 110), wobei der Kolben (4; 110) mittels einer von einer Kugel (K) und einer kalottenförmigen Ausnehmung (KA) gebildeten Kugelgelenkverbindung (KV) an einem Abstützelement (AE) gelenkig befestigt ist, wobei zwischen dem Kolben (4; 110) und dem Abstützelement (AE) eine hydrostatische Entlastung ausgebildet ist. Erfindungsgemäß ist die kalottenförmige Ausnehmung (KA) als sphärische Ausnehmung mit einem Ausnehmungsradius (R2) ausgebildet. Die Kugel (K) ist lediglich in einem Kontaktbereich (KB) der Kugelgelenkverbindung (KV), der zwischen dem Äquator (AQ) und dem Pol (P) der sphärischen Ausnehmung (KA) angeordnet ist, als Kugelkalotte (KK) mit einem Kugelradius (R1) ausgebildet und die Oberfläche der Kugel (K) ist in Richtung des Pols (P) und des Äquators (AQ) der sphärischen Ausnehmung (KA) gegenüber der Kugelkalotte (KK) zurückgenommen.

**Fig. 4****EP 3 171 021 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine hydrostatische Axialkolbenmaschine mit mindestens einem in einer Aufnahmebohrung einer Zylindertrommel längsverschiebbaren Kolben, wobei der Kolben mittels einer von einer Kugel und einer kalottenförmigen Ausnehmung gebildeten Kugelgelenkverbindung an einem Abstützelement gelenkig befestigt ist, wobei zwischen dem Kolben und dem Abstützelement eine hydrostatische Entlastung ausgebildet ist.

[0002] Bekannte hydrostatische Axialkolbenmaschinen verwenden zwischen einem Kolben und einem Abstützelement und somit zwischen den leistungswandelnden Bauteilen Kugelgelenkverbindungen. Bei einer als Schrägscheibenmaschine ausgebildeten Axialkolbenmaschine werden derartige Kugelgelenkverbindungen zwischen dem Kolben und einem Gleitschuh als Abstützelement verwendet. Bei einer als Schrägachsenmaschine ausgebildeten Axialkolbenmaschine werden derartige Kugelgelenkverbindungen zwischen dem Kolben und einem Triebflansch als Abstützelement verwendet.

[0003] Der Kolben ist hierbei in einer Aufnahmebohrung der Zylindertrommel der Axialkolbenmaschine längsverschiebbar angeordnet, wobei der Kolben und die Aufnahmebohrung einen druckbeaufschlagten Verdrängerraum bilden. Die durch den Druck im Verdrängerraum an dem Kolben aufgeprägten Kolbenkräfte führen zu hohen Pressungen und Belastungen in der Kugelgelenkverbindung. Um diese Belastungen zu kompensieren, ist es bekannt, zwischen dem Kolben und dem Abstützelement in der Kugelgelenkverbindung eine hydrostatische Entlastung vorzusehen. Hierzu wird der Kolben mit einer Verbindungsbohrung versehen, die den Verdrängerraum des Kolbens mit dem sphärischen Spalt zwischen der Kugel und der kalottenförmigen Ausnehmung der Kugelgelenkverbindung verbindet, so dass der Druck des Verdrängerraums in den sphärischen Spalt der Kugelgelenkverbindung geleitet wird. In dem sphärischen Spalt der Kugelgelenkverbindung baut sich daher ein hydrostatisches Entlastungsdruckfeld mit einer hydrostatischen Entlastungskraft auf, das die Kolbenkräfte kompensiert.

[0004] Um die Kugel in die kalottenförmige Ausnehmung stecken zu können, ist es erforderlich, dass die Kugel mit einem kleineren Kugelradius hergestellt wird wie der Ausnehmungsradius der kalottenförmigen Ausnehmung. Sofern hierbei die Kugel und die kalottenförmige Ausnehmung jeweils idealgeometrisch hergestellt sind, d.h. die Kugel und die kalottenförmige Ausnehmung jeweils mit einer kugelförmigen Oberfläche ausgebildet sind, trägt die Kugel nur im Pol bzw. auf der Kontaktlinie zwischen der Bohrungsspitze der Verbindungsbohrung und der kalottenförmigen Ausnehmung, die fertigungsbedingt in der Oberfläche der Kugel ausgebildet ist. Ausgehend von dem tragenden Pol bzw. der tragenden Kontaktlinie vergrößert sich der sphärische Spalt in der Kugelgelenkverbindung stetig, so dass kein nennenswertes

hydrostatisches Entlastungsdruckfeld für die hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte in der Kugelgelenkverbindung aufgebaut werden kann und sich hohe Leckageverluste an dem sphärischen Spalt der Kugelgelenkverbindung ergeben. Bei einer idealgeometrisch hergestellten Kugel und kalottenförmigen Ausnehmung ergibt sich somit eine geringe hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte, die zu hohen Pressungen an der tragenden Kontaktlinie zwischen der Kugel und der kalottenförmigen Ausnehmung führt, woraus eine hohe Reibung in der Kugelgelenkverbindung, ein hoher Verschleiß der Kugelgelenkverbindung und hohe Verluste der Axialkolbenmaschine resultieren.

[0005] Um ein vergrößertes hydrostatisches Entlastungsdruckfeld und somit eine vergrößerte hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte zu erzielen, ist es bereits bekannt, die Kontaktlinie, mit der die Kugel in der kalottenförmigen Ausnehmung abgestützt ist und mit der die Kugel trägt, in Richtung zum Äquator der kalottenförmigen Ausnehmung zu verschieben und hierzu die Form der kalottenförmigen Ausnehmung entsprechend anzupassen, indem die Ausnehmungsradien der kalottenförmigen Ausnehmung zur Längsachse der kalottenförmigen Ausnehmung seitlich versetzt sind. Die Herstellung und Fertigung einer derartigen kalottenförmigen Ausnehmung kann auf einer Drehmaschine erfolgen, wenn der seitlich verschobene Ausnehmungsradius relativ zu der Längsachse und somit der Mittelachse der kalottenförmigen Ausnehmung rotiert wird. Mit einer derartigen in der Form angepassten kalottenförmigen Ausnehmung kann ein vergrößertes hydrostatisches Entlastungsdruckfeld und somit eine vergrößerte hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte erzielt werden sowie die leckagebedingten Verluste verringert werden können. Die Herstellung und Fertigung der Oberfläche einer derartigen kalottenförmigen Ausnehmung ist jedoch aufwändig und schwierig, so dass sich eine aufwändige Herstellung und ein hoher Herstellaufwand der Kugelgelenkverbindung ergibt. Zudem ist bei einer derartigen kalottenförmigen Ausnehmung das sich aufbauende hydrostatische Entlastungsdruckfeld der hydrostatischen Entlastung fixiert. Sofern sich der Kolben mit seiner Längsachse zur Längsachse der Ausnehmung neigt - was im Betrieb der Axialkolbenmaschine prinzipbedingt auftritt - wandert die aus dem Druck im Verdrängerraum herrührende Kolbennormalkraft mit zunehmendem Neigungswinkel aus der Richtung der hydrostatischen Entlastungskraft des Entlastungsdruckfeldes, wodurch sich die prozentuale Entlastung der Kolbennormalkräfte durch die hydrostatische Entlastungskraft verringert. Bei einer derartigen kalottenförmigen Ausnehmung hat somit die Neigung und somit die Schiefstellung des Kolbens zur Längsachse der kalottenförmigen Ausnehmung einen Einfluss auf den Entlastungsgrad der Kolbennormalkraft durch die hydrostatische Entlastung.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Axialkolbenmaschine der eingangs genannten Gattung zur Verfügung zu stellen, bei der die

Kugelgelenkverbindung mit geringem Herstellaufwand hergestellt werden kann und bei der die Neigung und somit die Schiefstellung des Kolbens zur Längsachse der kalottenförmigen Ausnehmung keinen Einfluss auf den Entlastungsgrad der Kolbennormalkraft durch die hydrostatische Entlastung hat.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die kalottenförmige Ausnehmung als sphärische Ausnehmung mit einem Ausnehmungsradius ausgebildet ist und die Kugel lediglich in einem Kontaktbereich der Kugelgelenkverbindung, der zwischen dem Äquator und dem Pol der sphärischen Ausnehmung angeordnet ist, als Kugelkalotte mit einem Kugelradius ausgebildet ist und die Oberfläche der Kugel in Richtung des Pols und des Äquators der sphärischen Ausnehmung gegenüber der Kugelkalotte zurückgenommen ist. Erfindungsgemäß ist somit die kalottenförmige Ausnehmung idealgeometrisch ausgeführt und weist eine kugelförmige, sphärische Oberfläche mit einem Ausnehmungsradius auf. Um die Kontaktlinie, mit der die Kugel in der kalottenförmigen Ausnehmung abgestützt ist und mit der die Kugel trägt, in Richtung zum Äquator der kalottenförmigen Ausnehmung zu verschieben, um ein vergrößertes hydrostatisches Entlastungsdruckfeld und somit eine vergrößerte hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte zu erzielen, wird erfindungsgemäß die Form der Kugel angepasst. Erfindungsgemäß wird somit durch eine angepasste Form der Kugel die Kontaktlinie, mit der die Kugel in der kalottenförmigen Ausnehmung abgestützt ist und mit der die Kugel trägt, in Richtung zum Äquator der kalottenförmigen Ausnehmung verschoben. Die Kugel ist hierzu erfindungsgemäß lediglich in dem Kontaktbereich der Kugelgelenkverbindung, der zwischen dem Äquator und dem Pol der sphärischen Ausnehmung angeordnet ist, als Kugelkalotte mit einem Kugelradius ausgebildet und die Oberfläche der Kugel in Richtung des Pols und des Äquators der sphärischen Ausnehmung gegenüber der Kugelkalotte zurückgenommen ist. Die Kugel ist somit nur in dem Kontaktbereich idealgeometrisch ausgeführt und weist nur in dem Kontaktbereich eine kugelförmige, sphärische Oberfläche mit dem Kugelradius auf. Die Kugel ist somit nur in dem Kontaktbereich als Kugelschicht mit einer kugelförmigen Oberfläche ausgeführt. In Richtung zu dem Pol und zu dem Äquator der sphärischen Ausnehmung ist die Kugel relativ zu der idealgeometrischen Kugelform zurückgenommen. Bei der erfindungsgemäßen Kugelgelenkverbindung ergibt sich ein geringer Herstellaufwand, da die kalottenförmige Ausnehmung, die idealgeometrisch als Kugelfläche ausgeführt ist, einfach herzustellen und zu fertigen ist, und die Verschiebung der Kontaktlinie durch die spezielle Form der Kugel hergestellt werden kann. Die spezielle Form der Kugel kann hierbei auf einfache Weise hergestellt und gefertigt werden, beispielsweise durch eine Drehbearbeitung, wodurch die erfindungsgemäße Kugelgelenkverbindung eine einfache Herstellung mit geringem Herstellaufwand der Kugelgelenkverbindung aufweist. Bei der erfindungsgemäßen Kugelge-

lenkverbindung ist das hydrostatische Entlastungsdruckfeld zudem symmetrisch zur Längsachse des Kolbens. Sofern sich der Kolben mit seiner Längsachse zur Längsachse der Ausnehmung neigt - was bei Axialkolbenmaschine im Betrieb der Axialkolbenmaschine prinzipbedingt auftritt - wird hierdurch erzielt, dass die Neigung und somit die Schiefstellung des Kolbens zur Längsachse der kalottenförmigen Ausnehmung keinen Einfluss auf den Entlastungsgrad der Kolbennormalkraft durch die hydrostatische Entlastung hat.

[0008] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltungsform der Erfindung ist die Kugel in Richtung des Pols und des Äquators der sphärischen Ausnehmung mit reduzierten Kugelradien und tangentialen Übergängen versehen. Hierdurch kann auf einfache Weise die Form der Kugel im Bereich des Pols und des Äquators gegenüber der idealgeometrischen Kugelform, die in dem Kontaktbereich ausgebildet ist, zurückgenommen werden.

[0009] Zweckmäßigerweise ist der Kolben zur hydrostatischen Entlastung der Kugelgelenkverbindung mit einer Verbindungsbohrung versehen, die den Verdrängerraum, der von der Aufnahmebohrung der Zylindertrommel und dem darin längsverschiebbaren Kolben gebildet ist, mit der Kugelgelenkverbindung verbindet. Hierdurch kann auf einfache Weise der Druck aus dem Verdrängerraum in den sphärischen Spalt der Kugelgelenkverbindung geleitet werden, um ein hydrostatisches Entlastungsdruckfeld und eine hydrostatische Entlastungskraft in der Kugelgelenkverbindung aufbauen zu können.

[0010] Die erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine kann gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltungsform der Erfindung als Schrägscheibenmaschine ausgebildet sein, wobei das Abstützelement als Gleitschuh ausgebildet ist.

[0011] Hierbei kann die Kugel an dem Kolben und die kalottenförmige Ausnehmung an dem Gleitschuh angeordnet sein.

[0012] Alternativ kann die Kugel an dem Gleitschuh und die kalottenförmige Ausnehmung an dem Kolben angeordnet sein.

[0013] Die erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine kann gemäß einer alternativen und ebenfalls vorteilhaften Ausgestaltungsform der Erfindung als Schrägachsenmaschine ausgebildet sein, wobei das Abstützelement als Triebflansch ausgebildet ist.

[0014] Die Kugel ist hierbei zweckmäßigerweise an dem Kolben und die kalottenförmige Ausnehmung an dem Triebflansch angeordnet.

[0015] Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand des in den schematischen Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Hierbei zeigt

Figur 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen hydrostatischen Axialkolbenmaschine in einem Längsschnitt,

Figur 2 eine zweite Ausführungsform einer erfin-

- dungsgemäßen hydrostatischen Axialkolbenmaschine in einem Längsschnitt,
- Figur 3 eine Kugelgelenkverbindung einer Axialkolbenmaschine des Standes der Technik,
- Figur 4 eine Kugelgelenkverbindung der erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine,
- Figur 5a die Kugelgelenkverbindung der Figur 4 mit der Kolbennormalkraft und der hydrostatischen Entlastungskraft bei nicht geneigtem Kolben und
- Figur 5b die Kugelgelenkverbindung der Figur 4 mit der Kolbennormalkraft und der hydrostatischen Entlastungskraft bei geneigtem Kolben.

[0016] In der Figur 1 ist eine erfindungsgemäße hydrostatische Axialkolbenmaschine 1 in Schrägscheibenbauweise in einem Längsschnitt dargestellt.

[0017] Das Axialkolbentriebwerk 1 weist eine um eine Drehachse D drehbar angeordnete Zylindertrommel 2 auf, die mit mehreren konzentrisch zur Drehachse D angeordneten Aufnahmebohrung 3 versehen ist, die bevorzugt von Zylinderbohrungen gebildet sind und in denen jeweils ein Kolben 4 längsverschiebbar angeordnet ist.

[0018] Die Zylindertrommel 2 stützt sich in axialer Richtung mit einer Stirnfläche an einer gehäusefesten Steuerfläche 5 ab, die an einem scheibenförmigen Steuerboden 6 ausgebildet ist, der an einem Gehäuse 7 oder einem entsprechenden Gehäusedeckel 7a des Gehäuses 7 drehfest befestigt ist. Der Steuerboden 6 ist zur Steuerung der Zu- und Abfuhr von Druckmittel in den von den Aufnahmebohrungen 3 und den Kolben 4 gebildeten Verdrängerräumen V mit nierenförmigen Steuerausnehmungen versehen, die einen Einlassanschluss 8 und einen Auslassanschluss 9 bilden. Der Einlassanschluss 8 steht mit einem Kanal 10 im Gehäuse 7 bzw. dem Gehäusedeckel 7a in Verbindung. An den Auslassanschluss 9 ist ein im Gehäuse 7 bzw. dem Gehäusedeckel 7a ausgebildeter Kanal 11 angeschlossen. Die Aufnahmebohrungen 3 sind an der Stirnseite der Zylindertrommel 2 mit jeweils einem bevorzugt nierenförmigen Verbindungskanal 12 versehen, um die von den Kolben 4 und den Aufnahmebohrungen 3 gebildeten Verdrängerräume V bei einer Rotation der Zylindertrommel 2 um die Drehachse D abwechselnd mit dem Einlassanschluss 8 und dem Auslassanschluss 9 zu verbinden.

[0019] Die Zylindertrommel 2 ist von einer zentrischen Bohrung durchsetzt, die eine konzentrisch zur Drehachse D angeordnete Ausnehmung 14 bildet, durch die eine konzentrisch zur Drehachse D angeordnete Triebwelle 15 durch die Zylindertrommel 2 geführt ist. Die Triebwelle 15 ist mittels Lagerungen 16, 17 im Gehäuse 7 drehbar gelagert. Die Zylindertrommel 2 ist mit der Triebwelle 15 dreh synchron, jedoch axial verschiebbar verbunden, bei-

spielweise mittels einer Verzahnung 18. Eine in der Ausnehmung 14 angeordnete Feder 19 dient zur Anpressung der Zylindertrommel 2 an die Steuerfläche 5.

[0020] Die Triebwerkskolben 4 stützen sich in dem aus dem Zylindertrommel 2 herausragenden Bereich mittels jeweils eines als Gleitschuh 21 ausgebildeten Abstützelements AE auf der huberzeugenden, zur Drehachse D geneigt angeordneten Hubscheibe 20, beispielsweise einer Schrägscheibe, ab. Die Hubscheibe 20 kann an dem Gehäuse 7 angeformt oder befestigt sein, wobei das Axialkolbentriebwerk 1 ein festes Verdrängungsvolumen aufweist. Es ist jedoch ebenfalls möglich, die Hubscheibe 20 mittels einer Verstelleinrichtung, beispielsweise einer Schwenkwiege, in der Neigung verstellbar auszubilden, wodurch das Axialkolbentriebwerk 1 ein veränderbares Verdrängungsvolumen aufweist.

[0021] Die Gleitschuhe 21 sind an dem jeweiligen Kolben 4 mittels einer als sphärisches Gelenk ausgebildeten Kugelgelenkverbindung KV gelenkig befestigt. Die Kugelgelenkverbindung KV ist von einer Kugel K und einer hohlkugelförmigen, kalottenförmigen Ausnehmung KA gebildet. Im dem Ausführungsbeispiel der Figur 1 ist die Kugel K an dem von dem Gleitschuh 21 gebildeten Abstützelement AE und die kalottenförmige Ausnehmung KA an dem Kolben 4 angeordnet.

[0022] Zwischen dem Kolben 4 und dem Abstützelement AE ist eine hydrostatische Entlastung ausgebildet. Zur hydrostatischen Entlastung der Kugelgelenkverbindung KV ist jeder Kolben 4 mit einer Verbindungsbohrung VB versehen ist, die den Verdrängerraum V des Kolbens 4 mit der Kugelgelenkverbindung KV verbindet.

[0023] Die Gleitschuhe 21 stehen mit einer Niederhalteinrichtung 25 in Wirkverbindung, die ein Abheben der Gleitschuhe 21 und somit der Kolben 4 von der Hubscheibe 20 verhindert.

[0024] In der Figur 2 ist eine erfindungsgemäße hydrostatische Axialkolbenmaschine 100 in Schrägachsenbauweise in einem Längsschnitt dargestellt.

[0025] Die als Schrägachsenmaschine ausgebildete Axialkolbenmaschine 100 weist eine Gehäuse 102 auf, in dem eine mit einem Triebflansch 103 versehene Triebwelle 104 mittels einer Lagereinrichtung 105 um eine Drehachse D1 drehbar gelagert ist.

[0026] Axial benachbart zu dem Triebflansch 103 ist eine Zylindertrommel 107 in dem Gehäuse 102 angeordnet, die um eine Drehachse D2 drehbar angeordnet ist mit mehreren konzentrisch zu der Drehachse D2 der Zylindertrommel 107 angeordneten Aufnahmebohrungen 109 versehen ist, die bevorzugt von Zylinderbohrungen gebildet sind und in denen jeweils ein Kolben 110 längsverschiebbar angeordnet ist.

[0027] Die Drehachse D1 der Triebwelle 104 schneidet die Drehachse D2 der Zylindertrommel 107 im Schnittpunkt SP.

[0028] Die Zylindertrommel 107 liegt mit einer Stirnfläche an einem mit einer Steuerfläche 111 versehenen Steuerkörper 112 an, der an dem Gehäuse 102 oder einem entsprechenden Gehäusedeckel 102a des Gehäus-

ses 102 drehfest befestigt ist.

[0029] In der Steuerfläche 111 des Steuerkörpers 112 sind zur Steuerung der Zu- und Abfuhr von Druckmittel in den von den Aufnahmebohrungen 109 und den Kolben 110 gebildeten Verdrängerräumen V nierenförmige Steuerausnehmungen ausgebildet, die einen Einlassanschluss 113 und einen Auslassanschluss 114 der Axialkolbenmaschine 100 bilden. Zur Verbindung der von den Aufnahmebohrungen 109 und den Kolben 110 gebildeten Verdrängerräumen V mit den in dem Steuerkörper 112 angeordneten Steuerausnehmungen ist die Zylindertrommel 107 an jeder Aufnahmebohrung 109 mit einem bevorzugt nierenförmigen Verbindungskanal 115 versehen.

[0030] Die in der Figur 2 dargestellte Axialkolbenmaschine 1 ist als Konstantmaschine mit einem konstanten Verdrängervolumen ausgebildet. Bei der Konstantmaschine ist der Neigungswinkel der Drehachse D2 der Zylindertrommel 107 bezüglich der Drehachse D1 der Triebwelle 104 fest. Es ist jedoch ebenfalls möglich, den Steuerkörper 112 mittels einer Verstellrichtung, beispielsweise eines Schwenkschlittens, in der Neigung verstellbar auszubilden, wodurch das Axialkolbentriebwerk 1 ein veränderbares Verdrängungsvolumen aufweist.

[0031] Die Zylindertrommel 107 ist an einem mit dem Triebflansch 103 durch ein Kugelgelenk gelenkig verbundenen Tragzapfen 120 abgestützt, wobei an dem Tragzapfen 120 weiterhin eine Feder 121 abgestützt ist, die die Zylindertrommel 107 an den mit der Steuerfläche 111 versehenen Steuerkörper 112 anpresst. Der Tragzapfen 120 ist konzentrisch zur Drehachse D2 der Zylindertrommel 107 angeordnet und in einer entsprechenden Aufnahmebohrung 122 der Zylindertrommel 107 angeordnet.

[0032] Die Kolben 110 sind in dem aus der Zylindertrommel 107 herausragenden Bereich jeweils an dem als Triebflansch 103 ausgebildeten Abstützelement AE gelenkig befestigt. Hierzu ist zwischen dem jeweiligen Kolben 110 und dem Triebflansch 103 jeweils eine als sphärisches Gelenk ausgebildete Kugelgelenkverbindung KV ausgebildet. Die Kugelgelenkverbindung KV ist von einem mit einer Kugel K versehenen Kugelkopf 110a des Kolbens 110 und einer hohlkugelförmigen, kalottenförmigen Ausnehmung KA in der der Zylindertrommel 107 zugewandten Stirnfläche des Triebflansch 103 gebildet, in der der Kolben 110 mit dem Kugelkopf 110a befestigt ist.

[0033] Zwischen dem Kolben 110 und dem Abstützelement AE ist eine hydrostatische Entlastung ausgebildet. Zur hydrostatischen Entlastung der Kugelgelenkverbindung KV ist jeder Kolben 110 mit einer Verbindungsbohrung VB versehen ist, die den Verdrängerraum V des Kolbens 110 mit der Kugelgelenkverbindung KV verbindet.

[0034] Um bei der Axialkolbenmaschine 1 der Figur 2 die Kolben 110 im Betrieb der Axialkolbenmaschine 100 gegen ein Herausfallen aus der Aufnahmeschale KA des

Triebflansches 103 zu sichern, ist eine Niederhalteplatte 135 vorgesehen. Die Niederhalteplatte 135 ist mittels Schraubverbindungen 136 an dem Triebflansch 103 befestigt.

[0035] In der Figur 3 ist eine Kugelgelenkverbindung KV einer Axialkolbenmaschine des Standes der Technik dargestellt. In der Figur 3 ist eine Kugelgelenkverbindung KV zwischen einem Kolben 110 und einem Triebflansch 103 als Abstützelement AE einer Schrägachsenmaschine dargestellt.

[0036] Um die an dem Kolben 110 angeordnete Kugel K in die kalottenförmigen Ausnehmung KA des Triebflansches 103 stecken zu können, ist es erforderlich, dass die Kugel K mit einem kleineren Kugelradius R1 hergestellt wird wie der Ausnehmungsradius R2 der kalottenförmigen Ausnehmung KA. In der Figur 3 sind die Kugel K und die kalottenförmige Ausnehmung KA jeweils idealgeometrisch hergestellt, d.h. die Kugel K bzw. die kalottenförmige Ausnehmung KA sind jeweils mit einer kugelförmigen Oberfläche ausgebildet. Durch die idealgeometrische Ausbildung der Kugel K sowie der kalottenförmigen Ausnehmung KA trägt die Kugel K nur im Pol P bzw. auf der Kontaktlinie KL zwischen der Bohrungsspitze der Verbindungsbohrung VB und der kalottenförmigen Ausnehmung KA, die fertigungsbedingt in der Oberfläche der Kugel K ausgebildet ist. Ausgehend von dem tragenden Pol P bzw. der tragenden Kontaktlinie KL vergrößert sich der sphärische Spalt S in der Kugelgelenkverbindung KV stetig, so dass kein nennenswertes hydrostatisches Entlastungsdruckfeld für die hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte in der Kugelgelenkverbindung KV aufgebaut werden kann und sich hohe Leckageverluste an dem sphärischen Spalt S der Kugelgelenkverbindung KV ergeben. Bei einer idealgeometrisch hergestellten Kugel K und idealgeometrisch hergestellten kalottenförmigen Ausnehmung KA ergibt sich somit eine geringe hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte, die zu hohen Pressungen an der tragenden Kontaktlinie KL zwischen der Kugel K und der kalottenförmigen Ausnehmung KA führt, woraus eine hohe Reibung in der Kugelgelenkverbindung KV, ein hoher Verschleiß der Kugelgelenkverbindung und hohe Verluste der Axialkolbenmaschine resultieren.

[0037] In der Figur 4 ist eine Kugelgelenkverbindung KV einer erfindungsgemäßen Axialkolbenmaschine dargestellt. In der Figur 4 ist eine Kugelgelenkverbindung KV zwischen einem Kolben 110 und einem Triebflansch 103 als Abstützelement AE einer Schrägachsenmaschine dargestellt. Es versteht sich, dass die Kugelverbindung KV der Figur 4 auch zwischen einem Kolben 4 und einem Gleitschuh 21 als Abstützelement AE einer Schrägscheibenmaschine eingesetzt werden kann.

[0038] Bei der erfindungsgemäßen Kugelgelenkverbindung KV ist die kalottenförmige Ausnehmung KA idealgeometrisch hergestellt und gefertigt, d.h. die kalottenförmige Ausnehmung KA weist eine kugelförmige, sphärische Oberfläche mit einem Ausnehmungsradius R2 auf. Um ein - im Vergleich zu der Figur 3 - vergrößertes

hydrostatisches Entlastungsdruckfeld DF und somit eine vergrößerte hydrostatische Entlastung der Kolbenkräfte zu erzielen, wird bei der Figur 4 die Kontaktlinie KL, mit der die Kugel K in der kalottenförmigen Ausnehmung KA abgestützt ist und mit der die Kugel K trägt, in Richtung zum Äquator AQ der kalottenförmigen Ausnehmung KA verschoben. Hierzu wird bei der Figur 4 erfindungsgemäß die Form der Kugel K angepasst.

[0039] Die Kugel K ist derart gefertigt und hergestellt, dass die Kugel K lediglich in einem Kontaktbereich KB der Kugelgelenkverbindung KV, in dem sich die Kugel K in der Ausnehmung KA abstützt, d.h. im Bereich der Kontaktlinie KL, der zwischen dem Äquator AQ und dem Pol P der sphärischen Ausnehmung angeordnet ist, als Kugelkalotte KK mit einem Kugelradius R1 ausgebildet. Die Kugel K ist somit nur in dem Kontaktbereich KB als Kugelscheibe mit der Oberfläche einer Kugelkalotte KK ausgebildet und somit nur in dem Kontaktbereich KB idealgeometrisch ausgebildet, d.h. mit einer kugelförmigen Oberfläche ausgebildet. In Richtung des Pols P und des Äquators AQ der sphärischen Ausnehmung KA ist die Form der Kugel K gegenüber der Form der Kugelkalotte KK, die von dem Kugelradius R1 gebildet ist, zurückgenommen. Die Kugel K ist hierzu in Richtung des Pols P und des Äquators AQ der sphärischen Ausnehmung KA mit gegenüber dem Kugelradius R1 reduzierten Kugelradien R3, R4 versehen, die tangentiale Übergänge zu der Kugelkalotte KK aufweisen.

[0040] Mit einer derartigen in der Form angepassten Kugel K kann - wie in der Figur 5a verdeutlicht ist - ein vergrößertes hydrostatisches Entlastungsdruckfeld DF und somit eine vergrößerte hydrostatische Entlastungskraft HE erzielt werden, die der aus dem Druck in dem Verdrängerraum V herrührenden Kolbennormalkraft FK entgegenwirkt, sowie die leakagebedingten Verluste verringert werden.

[0041] Bei der erfindungsgemäßen Kugelgelenkverbindung KV ist das hydrostatische Entlastungsdruckfeld DF - wie in der Figur 5a dargestellt ist - symmetrisch zur Längsachse L2 des Kolbens 110 angeordnet. Sofern sich der Kolben 110 mit seiner Längsachse L2 zur Längsachse L1 der Ausnehmung KA neigt - wie in der Figur 5b dargestellt ist - wird hierdurch erzielt, dass die Neigung und somit der Neigungswinkel α des Kolbens 110 zur Längsachse L1 der kalottenförmigen Ausnehmung KA keinen Einfluss auf den Entlastungsgrad der Kolbennormalkraft FK durch die resultierenden hydrostatischen Entlastungskraft HE des Entlastungsdruckfeldes DF hat. Bei der erfindungsgemäßen Kugelgelenkverbindung KV der Figuren 4, 5a und 5b hat somit die Neigung und somit die Schiefstellung des Kolbens 110 zur Längsachse L1 der kalottenförmigen Ausnehmung KA keinen Einfluss auf den Entlastungsgrad der Kolbennormalkraft FK durch die hydrostatische Entlastung der Kugelgelenkverbindung KV. Hierdurch wird die Pressung in der Kugelgelenkverbindung KV verringert, so dass sich eine verringerte Reibung, verringerter Verschleiß und verringerte Verluste ergeben. Zudem kann die Leistungsdichte der

mit erfindungsgemäßen Kugelgelenkverbindung KV versehenen Axialkolbenmaschine 1, 110 erhöht werden, in dem bei gleichem Durchmesser der Kolben 4, 110 der Durchmesser der Kugelgelenkverbindung KV verringert werden kann.

[0042] Bei der erfindungsgemäßen Kugelgelenkverbindung KV ist kalottenförmige Ausnehmung KA idealgeometrisch als sphärische Ausnehmung ausgebildet und kann auf einfache Weise hergestellt und gefertigt werden. Die Kugel K mit der angepassten Form, um die zum Äquator AQ der Ausnehmung KA verschobene Kontaktlinie KL zu erzeugen, kann ebenfalls auf einfache Weise und mit geringem Herstelleraufwand durch eine einfache Außenbearbeitung, beispielsweise durch eine Drehbearbeitung, hergestellt und gefertigt werden, so dass die erfindungsgemäße Kugelgelenkverbindung KV eine einfache Herstellung mit geringem Herstelleraufwand und geringem Fertigungsaufwand aufweist.

[0043] Die erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine 1, 100 kann als Pumpe oder als Motor ausgebildet sein.

[0044] Die erfindungsgemäße Axialkolbenmaschine 1 kann als Konstantmaschine mit einem konstanten Verdrängervolumen oder als Verstellmaschine mit einem veränderbaren Verdrängervolumen ausgebildet sein.

Patentansprüche

1. Hydrostatische Axialkolbenmaschine (1; 100) mit mindestens einem in einer Aufnahmebohrung (3; 109) einer Zylindertrommel (2; 107) längverschiebbaren Kolben (4; 110), wobei der Kolben (4; 110) mittels einer von einer Kugel (K) und einer kalottenförmigen Ausnehmung (KA) gebildeten Kugelgelenkverbindung (KV) an einem Abstützelement (AE) gelenkig befestigt ist, wobei zwischen dem Kolben (4; 110) und dem Abstützelement (AE) eine hydrostatische Entlastung ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kalottenförmige Ausnehmung (KA) als sphärische Ausnehmung mit einem Ausnehmungsradius (R2) ausgebildet ist und die Kugel (K) lediglich in einem Kontaktbereich (KB) der Kugelgelenkverbindung (KV), der zwischen dem Äquator (AQ) und dem Pol (P) der sphärischen Ausnehmung (KA) angeordnet ist, als Kugelkalotte (KK) mit einem Kugelradius (R1) ausgebildet ist und die Oberfläche der Kugel (K) in Richtung des Pols (P) und des Äquators (AQ) der sphärischen Ausnehmung (KA) gegenüber der Kugelkalotte (KK) zurückgenommen ist.
2. Hydrostatische Axialkolbenmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kugel (K) in Richtung des Pols (P) und des Äquators (AQ) der sphärischen Ausnehmung (KA) mit reduzierten Kugelradien und tangentialen Übergängen versehen ist.

3. Hydrostatische Axialkolbenmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kolben (4; 110) zur hydrostatischen Entlastung der Kugelgelenkverbindung (KV) mit einer Verbindungsbohrung (VB) versehen ist, die den Verdrängerraum (V), der von der Aufnahmebohrung (3; 109) der Zylindertrommel (2; 107) und dem darin längsverschiebbaren Kolben (4; 110) gebildet ist, mit der Kugelgelenkverbindung (KV) verbindet. 5
4. Hydrostatische Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Axialkolbenmaschine (1) als Schrägscheibenmaschine ausgebildet ist, wobei das Abstützelement (AE) als Gleitschuh (21) ausgebildet ist. 10
5. Hydrostatische Axialkolbenmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kugel (K) an dem Kolben (4) und die kalottenförmige Ausnehmung (KA) an dem Gleitschuh (21) angeordnet ist. 15
6. Hydrostatische Axialkolbenmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kugel (K) an dem Gleitschuh (21) und die kalottenförmige Ausnehmung (KA) an dem Kolben (4) angeordnet ist. 20
7. Hydrostatische Axialkolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Axialkolbenmaschine (100) als Schrägachsenmaschine ausgebildet ist, wobei das Abstützelement (AE) als Triebflansch (103) ausgebildet ist. 25
8. Hydrostatische Axialkolbenmaschine nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kugel (K) an dem Kolben (110) und die kalottenförmige Ausnehmung (KA) an dem Triebflansch (103) angeordnet ist. 30

35

40

45

50

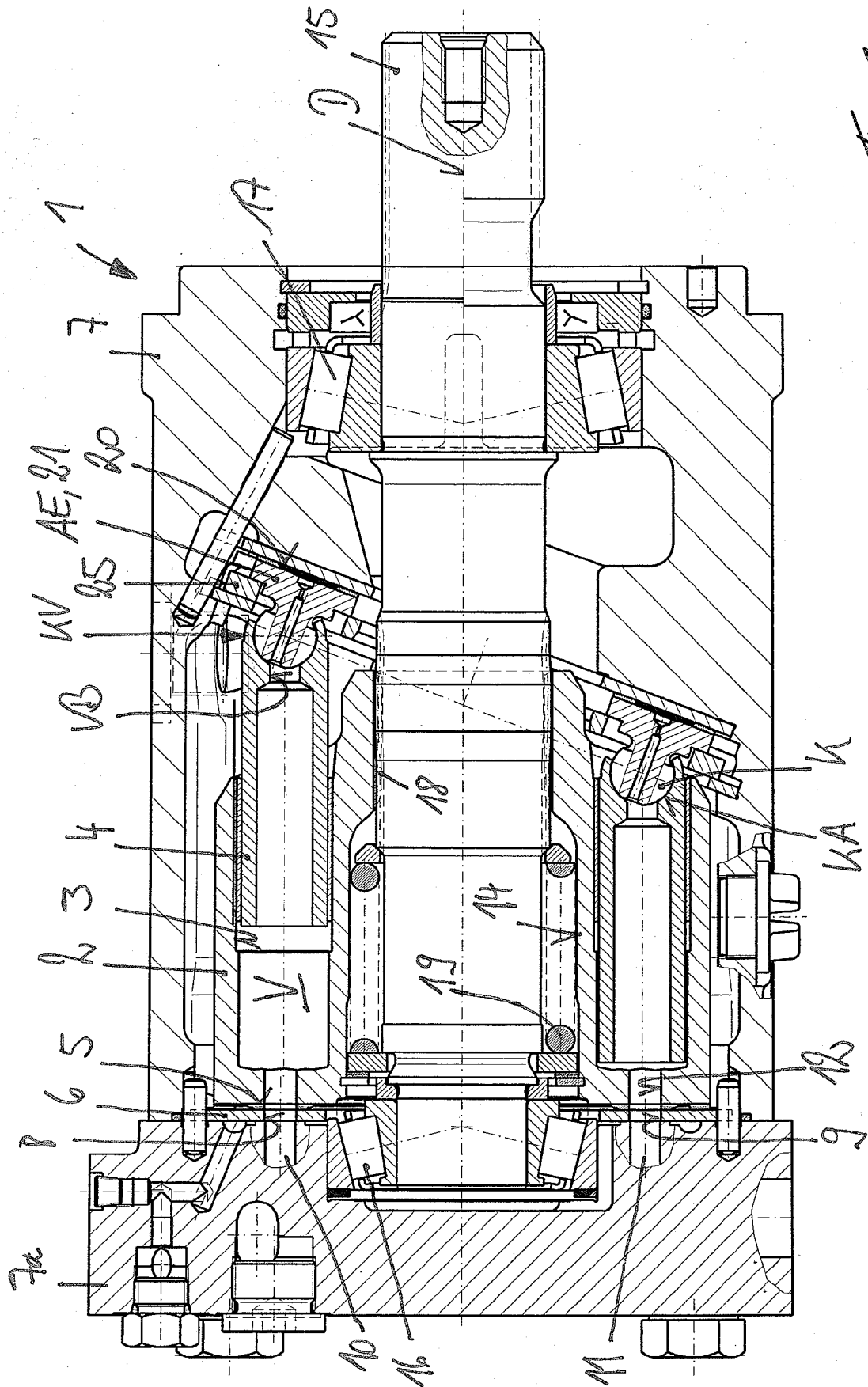
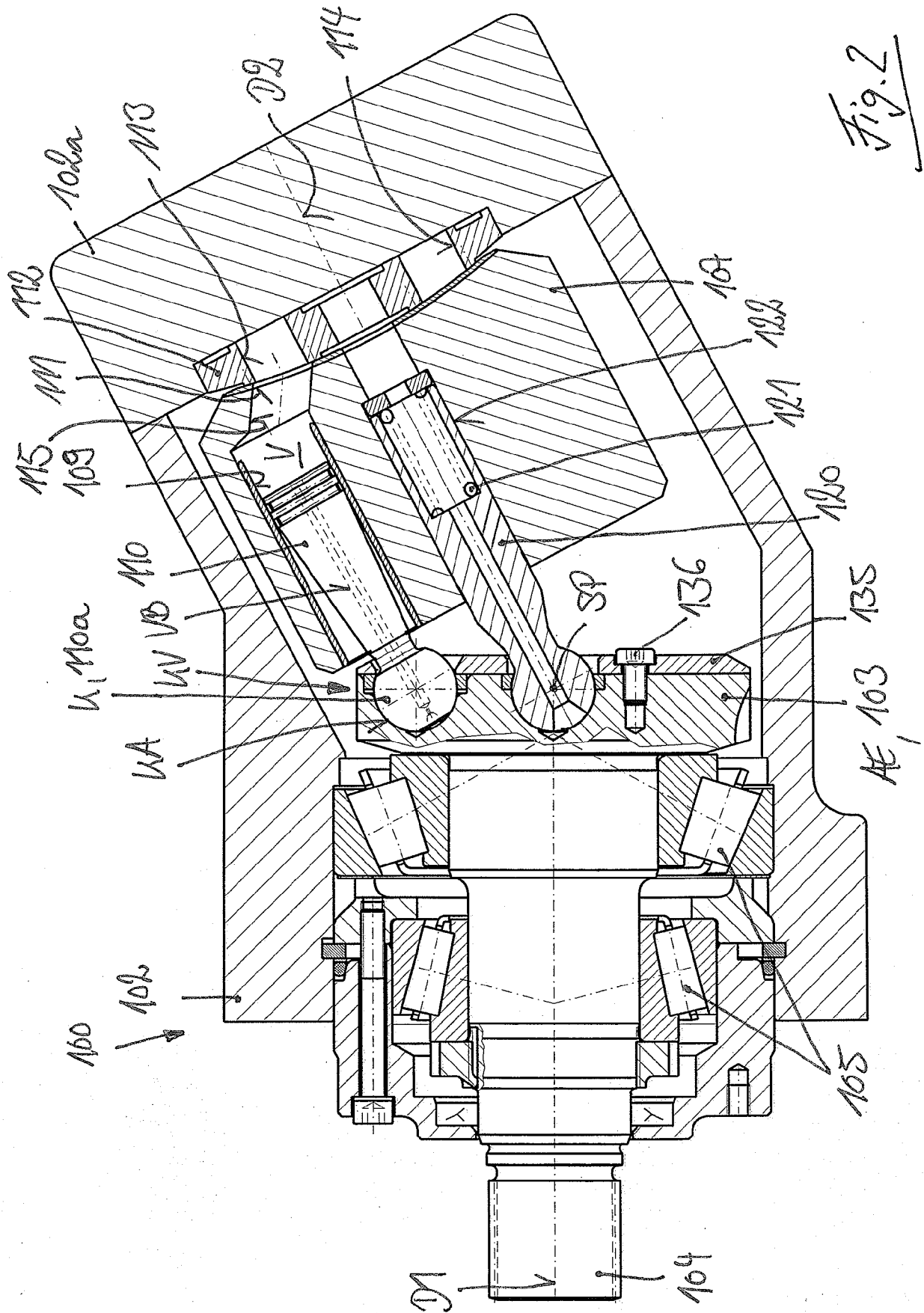


Fig. 1



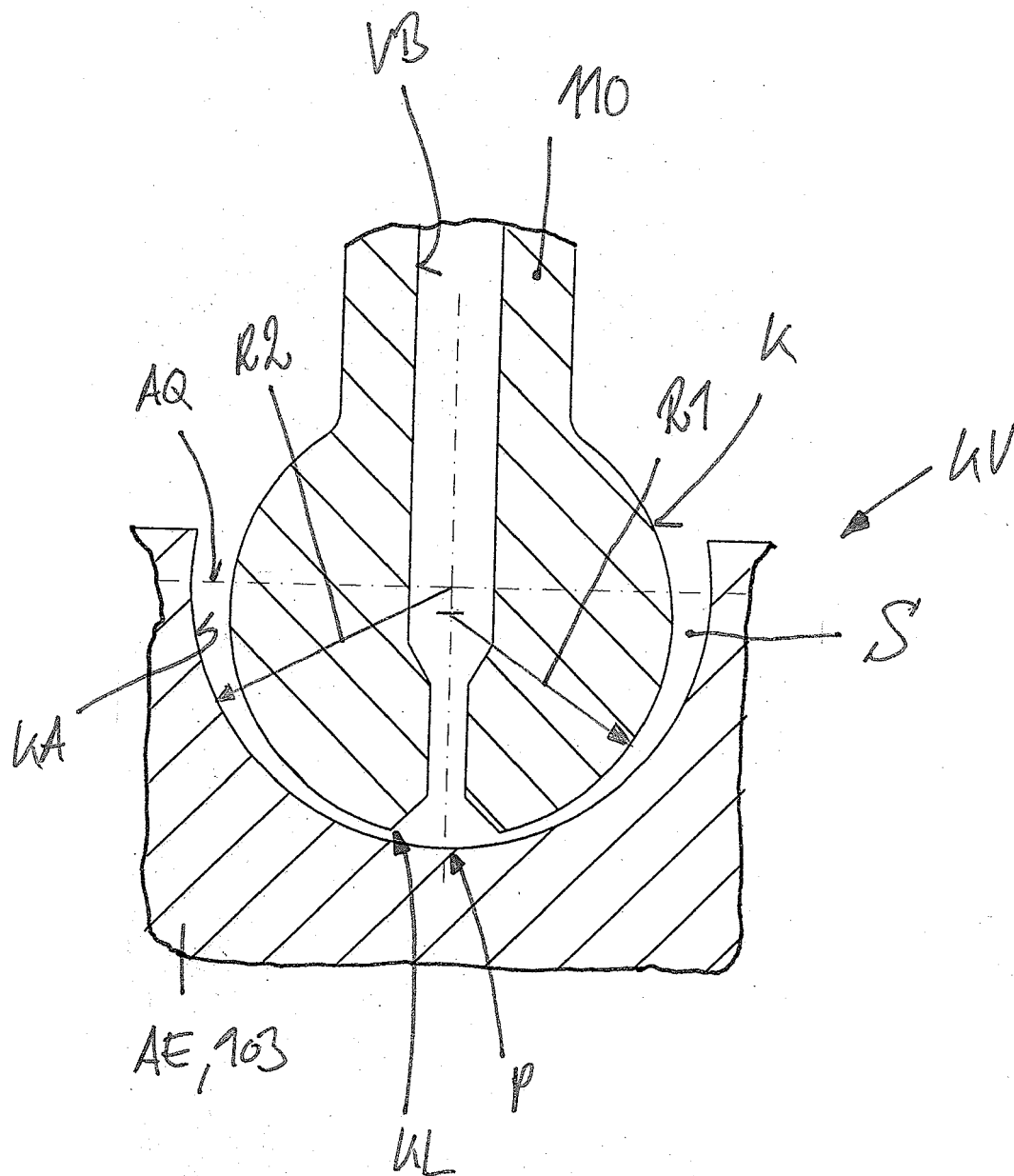
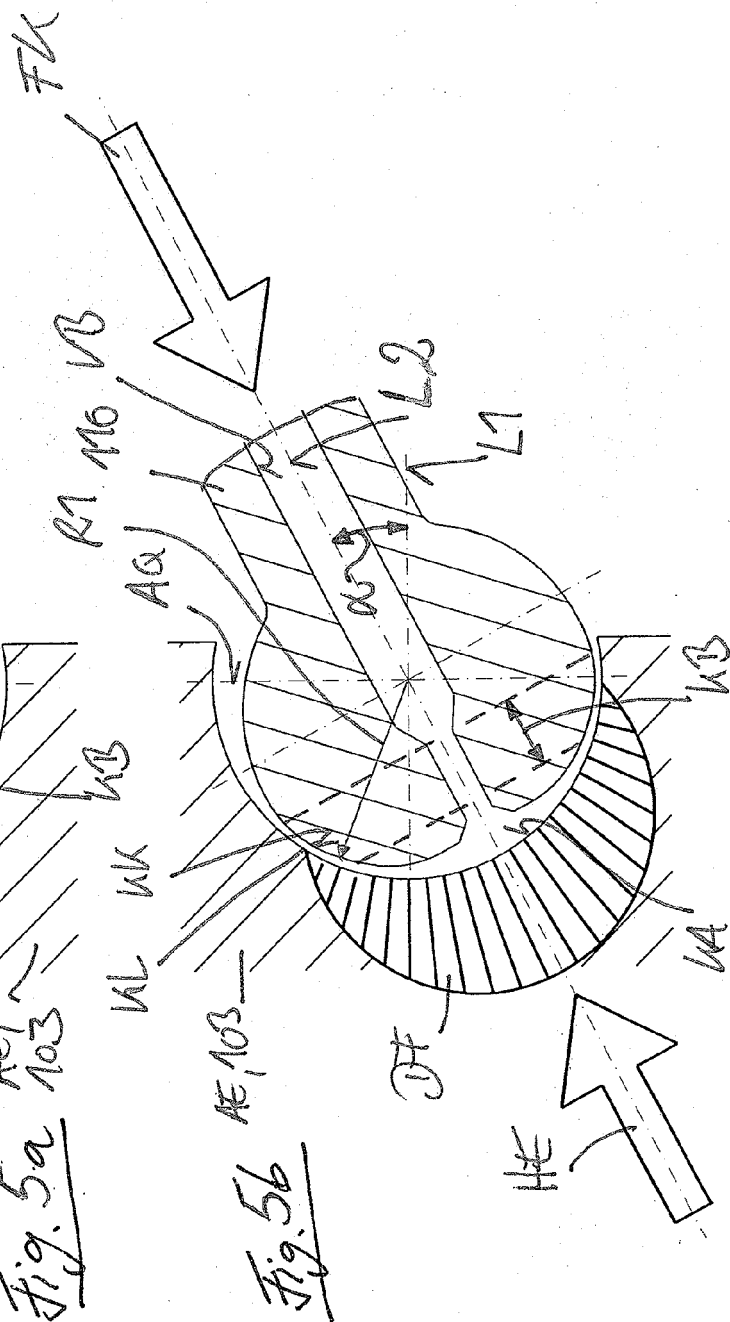
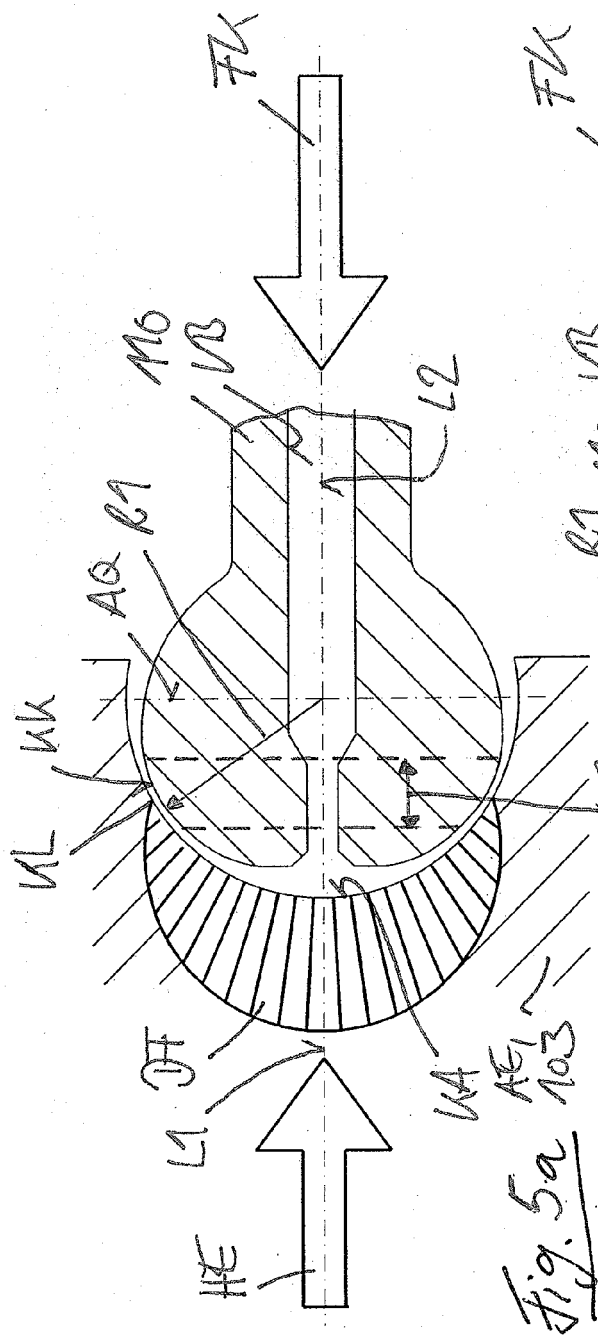


Fig. 3 (St. d. T.)





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 16 19 5300

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	CA 2 116 329 A1 (FENNER CO LTD J H [GB]) 27. Mai 1993 (1993-05-27)	1,3-8	INV. F04B1/12 F01B3/00
Y	* Absätze [0005] - [0007] * * Abbildung 2 *	2	
Y	US 2003/097927 A1 (BOONE NICK [US]) 29. Mai 2003 (2003-05-29)	2	
A	* das ganze Dokument *	1,3-8	
A	DE 10 2012 108014 A1 (LINDE HYDRAULICS GMBH & CO KG [DE]) 6. März 2014 (2014-03-06)	1,3,6	
A	DE 10 2012 110564 A1 (LINDE HYDRAULICS GMBH & CO KG [DE]) 8. Mai 2014 (2014-05-08)	1	
A	GB 2 167 153 A (HONDA MOTOR CO LTD) 21. Mai 1986 (1986-05-21)	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
	* das ganze Dokument *		F04B F01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. April 2017	Prüfer Lange, Christian
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 19 5300

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

05-04-2017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CA 2116329 A1	27-05-1993	CA 2116329 A1	27-05-1993
		EP 0613525 A1	07-09-1994
		JP H07501118 A	02-02-1995
		WO 9310349 A1	27-05-1993
		ZA 9209007 B	14-07-1993

US 2003097927 A1	29-05-2003	CN 1421606 A	04-06-2003
		DE 10253902 A1	24-07-2003
		JP 4234987 B2	04-03-2009
		JP 2003214329 A	30-07-2003
		US 2003097927 A1	29-05-2003

DE 102012108014 A1	06-03-2014	KEINE	

DE 102012110564 A1	08-05-2014	KEINE	

GB 2167153 A	21-05-1986	CA 1254523 A	23-05-1989
		DE 3539535 A1	22-05-1986
		GB 2167153 A	21-05-1986
		JP H0318038 B2	11-03-1991
		JP S61118566 A	05-06-1986
		US 4637293 A	20-01-1987

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82