

(19)



(11)

EP 3 622 167 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

07.06.2023 Patentblatt 2023/23

(21) Anmeldenummer: **18722503.2**

(22) Anmeldetag: **03.05.2018**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F02G 1/053^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F02G 1/053; F02G 2270/40

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2018/061441

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2018/206412 (15.11.2018 Gazette 2018/46)

(54) **HEISSGASMASCHINE MIT STUFENKOLBEN**

HOT GAS ENGINE HAVING A STEP PISTON

MACHINE À GAZ CHAUD À PISTON ÉTAGÉ

(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**

(30) Priorität: **09.05.2017 DE 102017109967**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

18.03.2020 Patentblatt 2020/12

(73) Patentinhaber: **Frauscher Holding GmbH**

4774 St. Marienkirchen (AT)

(72) Erfinder: **FRAUSCHER, Josef**

4774 Marienkirchen (AT)

(74) Vertreter: **Westphal, Mussnug & Partner,**

Patentanwälte mbB

Werinherstraße 79

81541 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

WO-A1-91/16533 DE-U1- 8 004 988

GB-A- 1 315 889 US-A- 3 839 858

US-A- 5 103 643

EP 3 622 167 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Beschreibung betrifft eine Heißgasmaschine mit zumindest einem doppelt wirkenden Verdränger- oder Arbeitskolben, beispielsweise eine Stirlingmaschine.

HINTERGRUND

[0002] Stirlingmaschinen sind vermutlich die bekanntesten Vertreter von Heißgasmaschinen. Sofern Luft als Arbeitsgas verwendet wird, ist auch der Begriff Heißluftmaschine gebräuchlich. Einige solcher Maschinen können sowohl als Motor mit externer Verbrennung, als auch als Wärmepumpe oder Kältemaschine betrieben werden. Andere bekannte Typen von Heißgasmaschinen sind z.B. der Manson-Motor, der Ericsson-Motor, etc. Heutzutage wird der Begriff "Stirlingmaschine" als Sammelbegriff für unterschiedliche Heißgasmaschinen mit einem abgeschlossenen Gaskreislauf (d.h. das Arbeitsgas zirkuliert ausschließlich innerhalb der Maschine ohne Kontakt zur umgebenden Atmosphäre) verwendet. Bei Stirlingmaschinen können drei grundlegende Typen unterschieden werden, die als Alpha-Typ, Beta-Typ und Gamma-Typ bezeichnet werden, wobei wiederum verschiedener Varianten der einzelnen Typen, teilweise unter speziellen Namen bekannt geworden sind (z.B. Rider-Motor, Siemens-Motor, etc.). Darüber hinaus wird beim Alpha-Typ noch zwischen einfachwirkenden und doppeltwirkenden Maschinen unterschieden. Von allen diesen Typen ist eine Vielzahl spezifischer Bauweisen bekannt. Die verschiedenen Typen und Bauweisen von Stirlingmaschinen haben unter verschiedenen Gesichtspunkten jeweils Vor- und Nachteile. Der Erfinder hat es sich zur Aufgabe gemacht, eine verbesserte Heißgasmaschine zu schaffen, welche gewisse Nachteile von Stirlingmaschinen mit Verdrängerkolben (Beta- und Gamma-Typ) oder mit doppeltwirkenden Arbeitskolben (doppeltwirkender Alpha-Typ) und anderen Typen von Heißgasmaschinen vermeidet. Die Publikation US 5,103,64 beschreibt eine Stirlingmaschine mit einem sogenannten Ross-Yoke. Die Publikation US 3,839,858 beschreibt einen anderen Typ von Heißgasmaschine, in der Stufenkolben verwendet werden. Eine alternative Heißgasmaschine ist aus WO 91/16533 bekannt.

ZUSAMMENFASSUNG

[0003] Die oben genannte Aufgabe wird durch die Stirlingmaschine gemäß Anspruch 1 gelöst. Verschiedene Ausführungsbeispiele und Weiterentwicklungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0004] Erfindungsgemäß weist die Heißgasmaschine, ein Getriebe mit einem Pleuel, einen Zylinder sowie ein Rohr auf, das zumindest teilweise im Inneren des Zylinders angeordnet ist. Ein Ende eines zumindest teilweise

hohlen Differentialkolbens ist zwischen Rohr und der Innenwand des Zylinders angeordnet, sodass ein ringförmiger Zylinderraum gebildet wird. Das Pleuel verläuft durch das Rohr hindurch und ist im Inneren des Differentialkolbens an diesem angelenkt.

[0005] Gemäß einem weiteren Beispiel weist die Heißgasmaschine ein Getriebe auf, das in einem Getrieberaum angeordnet ist, in dem Umgebungsdruck herrscht. Die Stirlingmaschine weist weiter einen in einem Zylinder angeordneten doppeltwirkenden Stufenkolben auf, der einen ersten Abschnitt mit einem größeren Durchmesser und einen zweiten Abschnitt mit einem kleineren Durchmesser hat. Der Stufenkolben ist zumindest teilweise hohl und weist im Inneren eine Kolbenstange auf, die mechanisch mit dem Getriebe gekoppelt ist. Der dem Getriebe zugewandte zweite Abschnitt des Stufenkolbens mündet in einen Pufferraum für das Arbeitsgas der Stirlingmaschine, und im Inneren des Stufenkolbens ist zumindest ein Teil einer Dichtungsvorrichtung angeordnet, die eine Durchführung der Kolbenstange zwischen Pufferraum und Getrieberaum abdichtet.

KURZE BESCHREIBUNG DER ABBILDUNGEN

[0006] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von den in den Abbildungen dargestellten Beispielen näher erläutert. Die Darstellungen sind nicht zwangsläufig maßstabsgetreu und die Erfindung beschränkt sich nicht nur auf die dargestellten Aspekte. Vielmehr wird Wert darauf gelegt, die der Erfindung zugrunde liegenden Prinzipien darzustellen. Zu den Abbildungen:

Figur 1 zeigt einen schematischen Aufbau einer Stirlingmaschine vom Gamma-Typ.

Figur 2 zeigt einen schematischen Aufbau einer Stirlingmaschine vom doppelt wirkenden Alpha-Typ.

Figur 3 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Stirlingmaschine vom Gamma-Typ mit einem als Stufenkolben ausgebildeten Verdrängerkolben.

Figur 4 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Kolben-Zylindereinheit einer Stirlingmaschine vom doppelt wirkenden Alpha-Typ mit einem als Stufenkolben ausgebildeten Arbeitskolben.

Figur 5 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Stirlingmaschine vom Gamma-Typähnlich wie Fig. 3, wobei der Arbeitskolben als (einfach wirkender) Stufenkolben ausgebildet ist..

Figur 6 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Stirlingmaschine vom Gamma-Typ, die, was die Funktion betrifft, ähnlich zu dem Beispiel aus Fig. 5 ist, jedoch parallel angeordnete Kolben und Zylinder aufweist.

Figur 7 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Stirlingmaschine vom Gamma-Typ, die, was die Funktion betrifft, ähnlich zu dem Beispiel aus Fig. 6 ist, jedoch als Kurbeltrieb eine sogenannte *Ross-Yoke-Getriebe* aufweist.

Figur 8 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Kolben-Zylindereinheit einer Stirlingmaschine vom doppelt wirkenden Alpha-Typ als Stufenkolben ausgebildeten Arbeitskolben, die über ein Taumelscheibengetriebe mit einer Welle gekoppelt sind.

Figur 9 zeigt ein nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Stirlingmaschine vom Beta-Typ mit einem als Stufenkolben ausgebildeten Verdrängerkolben.

Figur 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel, welches, was die Funktion und die Kinematik betrifft, praktisch äquivalent zu dem Beispiel aus Fig. 3 ist; als Verdrängerkolben wird allerdings statt eines Stufenkolbens ein zumindest teilweise hohler Differentialkolben verwendet, der zwischen einem Rohr, das in den Zylinder hineinragt, und der Zylinderinnenwand angeordnet ist.

Figur 11 zeigt ein Ausführungsbeispiel, welches, was die Funktion und die Kinematik betrifft, praktisch äquivalent zu dem Beispiel aus Fig. 5 ist, wobei als Verdrängerkolben statt eines Stufenkolbens ein zumindest teilweise hohler Differentialkolben und als Arbeitskolben ein Ringkolben verwendet wird, wobei sowohl der Differentialkolben als auch der Ringkolben jeweils zwischen einem Rohr, das in den jeweiligen Zylinder hineinragt, und der Zylinderinnenwand angeordnet sind.

Figur 12 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Kolben-Zylindereinheit einer Stirlingmaschine vom doppelt wirkenden Alpha-Typ (ähnlich wie in Fig. 4) mit einem Arbeitskolben, der als Differentialkolben ausgebildet ist, der zwischen einem Rohr, das in den Zylinder hineinragt, und der Zylinderinnenwand angeordnet ist.

Figur 13 illustriert zeigt ein Beispiel eines Manson-Motors mit einem Stufenkolben gemäß der hier beschriebenen nicht erfindungsgemäßen Beispiele.

Figur 14 zeigt eine alternative Kopplung zwischen Stufenkolben und Kurbeltrieb einer Stirlingmaschine gemäß Fig. 4.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0007] Die hier beschriebenen Beispiele betreffen hauptsächlich unterschiedliche Typen von Stirlingmaschinen. Die hier beschriebenen Konzepte (insbesondere die die Grundform der Kolben und dessen mechani-

sche Kopplung mit dem Getriebe) sind jedoch zumindest teilweise auf andere Typen von Heißgasmaschinen übertragbar. Zudem können die anhand der verschiedenen hier beschriebenen Beispiele erläuterte Bauformen von Zylinder und Kolben bei mehrzylindrigen Maschinen beliebig kombiniert werden. Fig. 1 zeigt exemplarisch den Aufbau einer Stirlingmaschine vom Gamma-Typ. Die Wirkungsweise einer solchen Stirlingmaschine vom Gamma-Typ beruht darauf, dass beispielsweise ein über einen Kurbeltrieb (z.B. mit Kurbelwelle 10 und Pleuel 12) betätigter Verdrängerkolben VK in einem Verdrängerzylinder VZ das Arbeitsgas wechselweise über Wärmetauscher (Erhitzer E), Regenerator R und Kühler K zwischen einer "heißen" Seite H und einer "kühlen" Seite C des Verdrängerzylinders VZ hin und her befördert. Die dabei entstehenden Druckänderungen wirken auf einen Arbeitskolben AK (rechts in Fig. 1), der die resultierenden Kräfte auf die Kurbelwelle 10 überträgt und dort ein Drehmoment erzeugt. Die Kolbenstange 13 des Verdrängerkolbens VK ist über eine Durchführung aus dem Verdrängerzylinder VZ herausgeführt (Dichtung 30) und über ein kurzes Pleuel 12 mit der Kurbelwelle 10 verbunden. Der mit beispielsweise 90 Grad hinter dem Verdrängerkolben VK nachlaufende Arbeitskolben AK ist über eine Leitung L mit dem Verdrängerzylinder VZ verbunden. Nicht dargestellt sind Einrichtungen zur Führung des Pleuelkopfes zwecks Aufnahme der Seitenkraft. Verschiedene Beispiele sind in den Publikationen WO 2009/082997A2 und DE 102 29 442 A1 beschrieben.

[0008] Eine mit dem im Verdrängerzylinder VZ angeordneten Verdrängerkolben VK beim Gamma-Typ (siehe Fig. 1) vergleichbare Konstruktion wird bei einer doppeltwirkenden Stirlingmaschine vom Alpha-Typ (auch Siemens-Typ genannt) verwendet, die in Fig. 2 exemplarisch dargestellt ist. Anders als der Gamma-Typ aus Fig. 1 weist eine doppeltwirkende Stirlingmaschine vom Alpha-Typ allerdings keinen separaten Verdrängerkolben bzw. Verdrängerzylinder, sondern mehrere miteinander verbundene Arbeitskolben-Arbeitszylindereinheiten. Dabei ist - wie in Fig. 2 dargestellt - das heiße Ende H eines Arbeitszylinders AZ jeweils über Erhitzer E, Regenerator R und Kühler K mit dem kalten Ende C des nächsten Arbeitszylinders AZ' verbunden. Insofern funktioniert dieser Typ nur bei Maschinen mit mehreren Zylindern. Häufig werden - wie in Fig. 2 gezeigt - vier Kolben-Zylindereinheiten eingesetzt, die jeweils gleich aufgebaut sind und deren Kolben um jeweils 90 Grad (bezogen auf eine volle Umdrehung der Kurbelwelle) phasenversetzt arbeiten. Die Winkelpositionen der einzelnen Arbeitskolben sind in Fig. 2 eingezeichnet. Es sind auch Maschinen mit mehr als vier Kolben-Zylindereinheiten möglich. Nicht dargestellt sind Einrichtungen zur Führung des Pleuelkopfes zwecks Aufnahme der Seitenkraft. Die dargestellte doppeltwirkende Stirlingmaschine wird auch als Siemens-Heißgasmotor bezeichnet. Verschiedene weitere Beispiele sind in den Publikationen US 3,940,934, US 4,069,671 und US 4,195,554 beschrieben.

[0009] Beiden Beispielen aus Fig. 1 und 2 ist gemein-

sam, dass der Kolben (Verdrängerkolben VK beim Gamma-Typ, vgl. Fig. 1, bzw. der Arbeitskolben AK beim doppelt-wirkenden Alpha-Typ, vgl. Fig. 2) innerhalb eines gasdichten, mit Arbeitsgas gefüllten Zylinders (Verdrängerzylinder VZ beim Gamma-Typ bzw. Arbeitszylinder AZ beim doppelt-wirkenden Alpha-Typ) bewegt wird. Die Kolbenkraft wird über eine am Kolben VK bzw. AK befestigte Kolbenstange 13 übertragen. Die Kolbenstange 13 ist in den dargestellten Beispielen am kühlen Ende C des Zylinders VZ bzw. AZ durch eine Öffnung geführt und abgedichtet (siehe Fig. 1, Dichtung 30). Das nach außen geführte Ende der Kolbenstange 13 kann mit einem Pleuel eines Kurbeltriebes (z.B. Pleuel 12, Kurbelwelle 10) verbunden sein, der die oszillierenden Bewegungen vorgibt. Der Begriff Kolbenstange bezeichnet in Bezug auf die hier beschriebenen nicht erfindungsgemäßen Beispiele eine Stange, die mit dem jeweiligen Kolben starr (nicht schwenkbar) verbunden ist, sodass die Kolbenstange sich nur entlang der Kolbenlängsachse S bewegen kann. Im Gegensatz dazu ist ein Pleuel gegenüber der Kolbenlängsachse S schwenkbar gelagert.

[0010] Bei den dargestellten Konstruktionen nimmt die Kolbenstange 13 im Bereich der Durchführung aus dem Zylinder VZ (vgl. Fig. 1) bzw. AZ (vgl. Fig. 2) jene Seitenkräfte auf, welche von der Schrägstellung des Pleuels 12 verursacht werden. Diese Seitenkräfte können in Bezug auf die Lagerung der Kolbenstange 13 problematisch sein. In manchen Konstruktionen werden daher zusätzliche Längsführungen - beispielsweise Kreuzkopfführungen - angebracht, um die Kolbenstange 13 zu entlasten. Derartige Maschinenelemente können jedoch zu einer Vergrößerung der Bauhöhe der gesamten Anordnung führen, weshalb meist relativ kurze Pleuel 12 eingesetzt werden. Diese wiederum bewirken ein ungünstiges Verhältnis von Kurbelradius r_K zu Pleuellänge l_p (Lambda-Wert, siehe Fig. 1), was sich sowohl in Bezug auf hohe Seitenkräfte als auch auf einen hohen Anteil von Massenkräften zweiter Ordnung auswirkt. Darüber hinaus kann es für den thermodynamischen Prozess der Stirlingmaschine ungünstig sein, wenn die Kolbenbewegung stark von einem sinusförmigen Verlauf abweicht.

[0011] Bei ölgeschmiertem Kurbeltrieb kann es erforderlich sein, entlang der Kolbenstange 13 Maßnahmen zu treffen, damit das Öl nicht in den Prozessraum bzw. in das Arbeitsgas gelangen kann. Solche Abdichtungen können zusätzlich zur Verlängerung der Bauhöhe der Stirlingmaschine beitragen. An dieser Stelle sei angemerkt, dass ein Kurbeltrieb im Allgemeinen als eine mechanische Funktionseinheit betrachtet wird, die dazu ausgebildet ist, eine oszillierende translatorische Bewegung der Kolben in eine Rotation umzuwandeln. Ein Kurbeltrieb muss also nicht notwendigerweise so ausgestaltet sein wie in den Beispielen gemäß Fig. 1 oder 2, bei denen die Pleuel direkt an einer Kurbelwelle abgelenkt sind. In einer alternativen Ausgestaltung kann der Kurbeltrieb einen Ross-Yoke-Mechanismus aufweisen. In einer weiteren alternativen Ausgestaltung kann eine Taumelscheibe mit der Welle verbunden sein, um die

oszillierende Bewegung der Kolben in eine Rotation umzuwandeln.

[0012] Fig. 3 zeigt exemplarisch ein verbessertes nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Stirlingmaschine vom Gamma-Typ. Das dargestellte Beispiel ist im Wesentlichen gleich wie das Beispiel aus Fig. 1, jedoch weist der Verdrängerkolben VK an seinem unteren Ende (an der "kühlen" Seite C) statt der Kolbenstange 13 einen Hohlzylinder (Rohr) mit einem Außendurchmesser d auf, der kleiner ist als der Außendurchmesser D des oberen Teils des Kolbens VK. In anderen Worten, der Kolben VK ist ein als (doppeltwirkender) Stufenkolben ausgebildeter Differentialkolben, der einen ersten Abschnitt S_1 mit einem größeren Durchmesser D und einen zweiten Abschnitt S_2 mit einem kleineren Durchmesser d aufweist.

[0013] Der als Stufenkolben ausgebildete Verdrängerkolben VK ist zumindest teilweise hohl, und der Hohlzylinder mit Durchmesser d (Abschnitt S_2 des Stufenkolbens) ermöglicht eine Durchführung für eine ausreichend lange Pleuelstange 12, deren oberes Ende im Inneren des Stufenkolbens VK im Bereich des größeren Durchmessers D (Abschnitt S_1 des Stufenkolbens VK) an diesem angelenkt ist. Die Pleuelstange 12 ist also nicht am unteren Ende des Kolbens VK mit diesem verbunden, sondern reicht weit in den Kolben VK bis in den Abschnitt S_1 hinein. Im Vergleich zu dem Beispiel aus Fig. 1 kann dadurch die Pleuelstange 12 deutlich länger ausgeführt werden. Der Bereich des größeren Durchmessers D (Abschnitt S_1) ist in den hier dargestellten nicht erfindungsgemäßen Beispielen klar abgegrenzt und liegt (in axialer Richtung) oberhalb der Stufe im Stufenkolben, an der sich der Durchmesser vom kleineren Wert d auf den größeren Wert D aufweitet. Wenn der Übergang vom kleineren Durchmesser d auf den größeren Durchmesser D nicht in einer Stufe, sondern graduell erfolgt, ist der Bereich S_1 des größeren Durchmessers jener (axiale) Zylinderabschnitt, in dem der Durchmesser größer ist als der kleine Durchmesser d .

[0014] Die Schwenkachse des Pleuels 12 ist mit A bezeichnet. Das Pleuel 12 kann mittels unterschiedlicher Typen von Lagern im Kolben angelenkt sein. Beispielsweise kann ein zylindrisches Gleitlager oder Wälzlager verwendet werden. Alternativ kann ein sphärisches Gelenklager verwendet werden. Dieses kann z.B. am oberen Ende des Pleuels 12 angeordnet sein. Das Pleuel ist wie erwähnt im ersten Abschnitt S_1 (in dem der Durchmesser des Kolbens VK größer als der kleine Durchmesser d ist) des Stufenkolbens angelenkt. Das bedeutet, dass die Schwenkachse A des Pleuels 12 in dem Abschnitt S_1 liegt.

[0015] Zur Aufnahme der Kolben-Seitenkraft senkrecht zur Mittelachse S des Verdrängerzylinders VZ kann es sinnvoll sein, sowohl im Bereich des großen Durchmessers D (Abschnitt S_1) des Stufenkolbens VK als auch im Bereich des kleinen Durchmessers d (Abschnitt S_2) jeweils ein Führungselement F (Gleitflächen) vorzusehen. Wegen des niedrigen Verhältnisses Kurbelradius/Pleuellänge ist die Kolbenkraft senkrecht zur Kolben-

mittelachse S verhältnismäßig gering. Da sich diese Kraft auf die beiden Führungsflächen F aufteilt, tritt eine äußerst geringe spezifische Flächenbelastung der Gleitflächen auf. Diese Anordnung erlaubt die Verwendung von ölfreien Gleitelementen als Führungselemente F, beispielsweise aus PTFE-Graphit-Compounds mit niedrigem Reibungskoeffizienten. Die beiden Gleitelemente F sorgen darüber hinaus für eine exakte Linearführung des Kolbens VK und verhindern Kippbewegungen, wie sie bei einteiligen oder eng beabstandeten Führungselementen auftreten können.

[0016] Die Dimensionierung der Durchmesser des Stufenkolbens VK kann beispielsweise derart erfolgen, dass der kleinere Durchmesser d des Stufenkolbens (Außendurchmesser Hohlzylinder) etwa 70% vom größeren Durchmesser D des Stufenkolbens aufweist, entsprechend einer Flächenaufteilung der sich bildenden Kreisringfläche $((D^2-d^2) \times \pi/4)$ im Verhältnis zu der vom Hohlzylinder definierten Kreisfläche $(d^2 \times \pi/4)$ von rund 1:1. Zwischen dem zweiten Abschnitt S_2 des Stufenkolbens VK und der Zylinderoberfläche befindet sich ein Ringvolumen, welches im Betrieb mit gekühltem Arbeitsgas gefüllt ist. Der Bereich unterhalb der Stufe des Stufenzylinders ist demnach die "kühle Seite" C des Stufenkolbens VK bzw. des Verdrängerzylinders VZ. Das Zylindervolumen im Verdrängerzylinder VZ oberhalb des Stufenkolbens VK ist im Betrieb mit heißem Arbeitsgas gefüllt. Der Bereich oberhalb des ersten Abschnitts S_1 des Stufenkolbens VK ist demnach die "heiße Seite" H.

[0017] Im zweiten Abschnitt S_2 des Stufenkolbens VK ist ein Dichtring 20 angeordnet. Gleichmaßen ist im ersten Abschnitt S_1 des Stufenkolbens VK ein weiterer Dichtring 21 angeordnet. Der Dichtring 21 dichtet die heiße Seite H gegen die kühle Seite C des Verdrängerzylinders VZ ab, wohingegen der Dichtring 20 die kühle Seite C des Verdrängerzylinders VZ gegen einen darunter liegenden Pufferraum P abdichtet (vgl. auch Fig. 4, wobei dort der Stufenkolben ein Arbeitskolben einer doppelt wirkenden Alpha-Maschine ist und als Dichtringe Kolbenringe vorgesehen sind). Im dargestellten Fall einer Gamma-Maschine sind die heiße Seite H und die kühle Seite C des Verdrängerzylinders VZ über Erhitzer E, Regenerator R und Kühler K verbunden, weswegen auf beiden Seiten im Wesentlichen der gleiche Druck herrscht. Der Dichtring 21 dient also im Wesentlichen dazu, ein Durchströmen (Leckage) von Prozessgas zwischen dem Stufenkolben VK und der Zylinderinnenwand zu verhindern. Im Gegensatz dazu muss der Dichtring 20 den Innenraum des Verdrängerzylinders VZ gegen den Pufferraum P hin abdichten, weshalb der Dichtring 20 in der Regel als Kolbenring ausgebildet sein wird. Gleichmaßen muss die am Arbeitskolben AK angeordnete Dichtung 22 den Arbeitsraum des Arbeitszylinders AZ gegen einen darunter liegenden Pufferraum P abdichten, weshalb die Dichtung 22 in der Regel ebenfalls als Kolbenring ausgebildet sein wird.

[0018] In den hier beschriebenen nicht erfindungsgemäßen Beispielen ist es nicht wichtig, ob die Kolbenfüh-

rungen F und Kolbendichtungen 20, 21 (Kolbenringe) am bzw. im Kolben als sich mit dem Kolben bewegende Elemente montiert sind oder an der Zylinderinnenseite als fixe, sich nicht bewegende Elemente angeordnet sind und entlang des Kolbenschaftes gleiten. Am Beispiel Fig. 3 sind der Kolbenring 21 und das Führungselement F im Bereich des großen Durchmessers D des Stufenkolbens angeordnet und die Elemente gleiten dementsprechend an der Innenwand des Zylinders VZ. Im Gegensatz dazu sind im Bereich des kleinen Durchmessers d des Stufenkolbens das Führungselement F und der Kolbenring 20 feststehend an der Zylinderinnenseite angebracht. Die genannten Montagesituationen keine Auswirkung auf die Funktion der Stirlingmaschine haben, kann eine beliebige, für eine bestimmte Konstruktion am besten geeignete Variante gewählt werden. Daher wird in den weiteren Erläuterungen nicht mehr auf diesen Aspekt eingegangen.

[0019] Fig. 4 zeigt exemplarisch ein verbessertes nicht erfindungsgemäßes Beispiel einer Kolben-Zylindereinheit, einer doppelt wirkenden Stirlingmaschine vom Alpha-Typ. Von dieser Kolben-Zylindereinheit können mehrere (z.B. vier wie in dem Beispiel aus Fig. 2) zu einer doppelt wirkenden Alpha-Maschine gekoppelt werden. Das dargestellte Beispiel ist im Wesentlichen gleich wie die Kolben-Zylindereinheiten in dem Beispiel aus Fig. 2, jedoch weisen die Arbeitskolben AK, AK' an ihrem unteren Ende (an der "kühlen" Seite C) statt der Kolbenstangen 13 jeweils einen Hohlzylinder (Rohr) mit Durchmesser d auf, der kleiner ist als der Durchmesser D des oberen Teils des jeweiligen Kolbens AK, AK'. Für sich genommen können die Arbeitskolben AK im vorliegenden Beispiel im Wesentlichen gleich konstruiert sein wie der als Stufenkolben ausgebildete Verdrängerkolben VK in dem vorherigen Beispiel aus Fig. 3, und auf die dazugehörige obige Beschreibung wird Bezug genommen. Die Funktionsweise der beiden Motortypen in Fig. 3 und 4 ist jedoch unterschiedlich (vgl. obige Beschreibung der Fig. 1 und 2). Die als Stufenkolben ausgebildeten Arbeitskolben AK können sich von dem als Stufenkolben ausgebildeten Verdrängerkolben VK aus dem vorherigen Beispiel jedoch beispielsweise in den Dichtungen unterscheiden. Die Dichtringe 20 und 21 können im vorliegenden Fall beide als (druckbelastete) Kolbenringe ausgebildet sein, da sie den Druckunterschied zwischen der heißen Seite H (Expansionsraum) und der kühlen Seite C (Kompressionsraum) der Arbeitszylinder AZ, AZ' standhalten müssen.

[0020] Bei ölgeschmiertem Kurbeltrieb besteht die Möglichkeit, Ölabstreifelemente A (Ölabstreifringe) im Bereich der Führung des kleinen Kolbendurchmessers (Abschnitt S_2) anzubringen, ohne die Baulänge der Maschine wesentlich zu vergrößern. Ein niedriger Lambda-Wert (r_K/l_P) ermöglicht eine annähernd sinusförmige Kolbenbewegung einhergehend mit geringen Massenkräften zweiter Ordnung und einen günstigen Verlauf der Gasmassenströmung durch Erhitzer E, Regenerator R und Kühler K. In der Darstellung gemäß Fig. 4 befindet sich der Arbeitskolben AK ungefähr in Mittelstellung,

12, welches den Stufenkolben VK mit der Kurbelwelle 10 verbindet, durch den zweiten Abschnitt S_2 des (zumindest teilweise hohlen) Stufenkolbens VK hindurch verläuft und im ersten Abschnitt S_1 des Stufenkolbens VK angelenkt ist. Die dargestellte Ausgestaltung des Verdrängerkolbens VK ermöglicht die Verwendung eines vergleichsweise langen Pleuels 12 und eine Verbesserung des Lambda-Wertes. Zur Aufnahme der Kolben-Seitenkraft senkrecht zur Mittelachse S des Zylinders Z kann im Bereich des großen Durchmessers D (Abschnitt S_1) des Stufenkolbens VK ein Führungselement F (Gleitflächen) vorgesehen sein. In Bezug auf den als Stufenkolben ausgebildeten Verdrängerkolben VK wird im Übrigen auf die Beschreibung zu Fig. 3 verwiesen.

[0028] Der Arbeitskolben AK ist als ringförmiger Kolben (Ringkolben) ausgeführt und bewegt sich coaxial zum Verdrängerkolben VK. Der Außendurchmesser des Ringkolbens AK ist mit D_A bezeichnet und der Innendurchmesser des Ringkolbens entspricht (abgesehen vom Kolbenspiel) dem kleinen Durchmesser d des Stufenkolbens VK. Der Abschnitt S_2 des Stufenkolbens VK mit dem kleineren Durchmesser d ist durch den Ringkolben AK hindurchgeführt. Die Dichtringe (Kolbenringe) können am Ringkolben AK angeordnet sein, einmal außen dichtend (Dichtung 22a) einmal innen dichtend (Dichtung 22b). Gleichmaßen können die Führungs-Gleitflächen F am Ringkolben AK (innen und außen) angeordnet sein. Andere Gestaltungen sind diesbezüglich aber ebenso möglich, z.B. die Anordnung des Kolbenrings 22b am Stufenkolben VK im Abschnitt S_2 oder die Anordnung der Führungs-Gleitflächen F am Zylinder Z.

[0029] Wie in Fig. 9 dargestellt ist der als Ringkolben ausgestaltete Arbeitskolben AK über zwei symmetrisch zur Mittelachse S angeordnete Pleuel 11a, 11b mit der Kurbelwelle 10 gekoppelt. Um mehr Platz für die Anlenkung der oberen Enden der Pleuel 11a, 11b zu erhalten, ist der Zylinder Z stufenförmig ausgebildet, was einen größeren Außendurchmesser D_A des Ringkolbens AK im Vergleich zum Außendurchmesser D des Abschnitts S_1 des Stufenkolbens VK erlaubt. Die durch den größeren Außendurchmesser D_A gewonnene Kolbenfläche (Ringfläche $(D_A^2 - d^2) \times \pi / 4$) kann genutzt werden, den Kolbenhub des Arbeitskolbens entsprechend zu verkleinern. Damit kann man bei den Pleueln 11a, 11b, die zwangsläufig kürzer sind als das Pleuel 12, ein ähnlich günstiges Lambda erreichen wie beim Pleuel 12 des Verdrängerkolbens VK. Die Kolbenflächen (Ringflächen) von Stufenkolben (Verdrängerkolben VK) und Ringkolben (Arbeitskolben AK) und die zugehörigen Kolbenhübe können so gewählt werden, dass das Verhältnis der Hubvolumina ca. 1:1 beträgt. In der Darstellung gemäß Fig. 6 befindet sich der Verdrängerkolben VK ungefähr auf halbem Hub, weshalb an der Kurbelwelle 10 keine Kröpfung sichtbar ist. Wie bei Gamma-Maschinen auch, eilt der Verdrängerkolben VK dem Arbeitskolben AK um etwa 90 Grad (in Bezug auf die Winkelstellung der Kurbelwelle 10) vor. Die Kurbelwelle 10 ist wie im Beispiel gemäß Fig. 3 im Pufferraum P angeordnet.

[0030] Fig. 10 zeigt eine Variante des nicht erfindungsgemäßen Beispiels aus Fig. 3. Die Beispiele aus Fig. 3 und 10 sind funktional und kinematisch äquivalent. Die beiden Beispiele unterscheiden sich lediglich im Aufbau des Verdrängerzylinders VZ und des darin angeordneten Verdrängerkolbens VK, wobei Kolbenhub und Zylindervolumen in beiden Varianten gleich sein können. Gemäß Fig. 10 wird statt eines Stufenkolbens ein etwas anders ausgestalteter Differentialkolben verwendet. Im vorliegenden Beispiel ist der Differentialkolben coaxial zu einem Rohr R geführt, das in den Innenraum des Verdrängerzylinders VZ (und in den Differenzialkolben) hineinragt. Der Differentialkolben ist (zumindest teilweise) hohl und zwischen dem Rohr R und der Zylinderinnenwand angeordnet, sodass unterhalb des Differentialkolbens zwischen der Mantelfläche des Rohrs R und der Innenfläche des Zylinders ein ringförmiger Zylinderraum (Ringraum) entsteht, wie es auch bei der Verwendung eines Stufenkolbens der Fall wäre. Die in Fig. 10 nicht dargestellte Führung kann am Differentialkolben außen oder an der Zylinderinnenwand angeordnet sein. Das Rohr R ist starr mit dem Motorgehäuse verbunden (z.B. verschraubt) und die Dichtung 20 dichtet den Ringraum (d.h. die kühle Seite C des Verdrängerzylinders VZ) zur Innenseite des Differentialkolbens hin ab, wo der gleiche Druck herrscht wie im Pufferraum P. Die durch das Rohr R verlaufenden Pfeile in Fig. 10 deuten wieder die Möglichkeit einer Gasströmung und eines Druckausgleichs an (analog zu Fig. 5). Die Dichtung 21 muss lediglich eine Leckage verhindern, wie bereits in Bezug auf Fig. 3 erläutert. Das Pleuel 12 ist durch das Rohr R hindurchgeführt und im Inneren des Differentialkolbens VK angelenkt. Damit kann dasselbe günstige Verhältnis von Kurbelradius r_K zu Pleuellänge l_p (Lambda-Wert, siehe Fig. 1) erreicht werden wie in dem Beispiel aus Fig. 3. Im Übrigen wird auf die Erläuterungen zu Fig. 3 verwiesen.

[0031] Das Beispiel aus Fig. 11 ist eine Modifikation des Beispiels aus Fig. 5. Beide Beispiele sind funktional und kinematisch äquivalent. Gemäß Fig. 11 sind Verdrängerzylinder VZ und Verdrängerkolben VK gleich aufgebaut wie im vorherigen Beispiel aus Fig. 10. Diese Konstruktion ersetzt den Stufenkolben aus Fig. 5. Der Arbeitskolben AK ist gemäß Fig. 11 als Ringkolben ausgeführt, der ebenfalls zwischen einem Rohr R', das in den Arbeitskolben AK hinein ragt, angeordnet und zur Mantelfläche eines Rohrs R' hin abgedichtet ist (siehe z.B. Kolbenring 23). Das Rohr R' ist - analog zum Rohr R beim Verdrängerzylinder VZ - starr mit dem Motorgehäuse verbunden und ragt wie erwähnt in den Arbeitszylinder AZ hinein. Wie in Fig. 5 ist der Arbeitskolben AK hohl und erlaubt einen Druckausgleich zwischen dem Pufferraum P und dem Zylinderraum P' an der Stirnseite des Arbeitskolbens AK. Der Dichtring 22 ist im Wesentlichen gleich wie in Fig. 5. Der Dichtring 23 dichtet zwischen Arbeitskolben AK und Rohr R'.

[0032] Das Beispiel aus Fig. 12 ist eine Modifikation des Beispiels aus Fig. 4, wobei der Stufenkolben aus Fig. 4 durch einen Differentialkolben ersetzt wurde. Arbeits-

zylinder AZ und Arbeitskolben AK (Differentialkolben) sind im Wesentlichen so aufgebaut wie Verdrängerkolben VK und Verdrängerzylinder in Fig. 11 und es wird auf die obigen Erläuterungen verwiesen. Wie bereits in Bezug auf Fig. 4 erläutert, können analog zu dem Beispiel aus Fig. 2 mehrere (z.B. vier) Zylindereinheiten zu einer doppelt-wirkenden Stirlingmaschine vom Alpha-Typ verbunden werden.

[0033] Fig. 13 zeigt ein Beispiel einer Heißgasmaschine, die unter dem Namen Manson-Motor bekannt geworden ist. Da das Arbeitsgas nicht in einem geschlossenen Kreislauf zirkuliert (sondern über ein Ventil eine Verbindung zum Pufferraum oder zur Atmosphäre besteht), ist der dargestellte Manson-Motor genau genommen keine Stirlingmaschine. Der Stufenkolben fungiert gleichermaßen als Verdränger- und Arbeitskolben und ist im vorliegenden Beispiel mit AK bezeichnet. An den oberen und unteren Totpunkten der Kolbenbewegung wird, beispielsweise über eine mechanische Ventilsteuerung, für kurze Zeit ein Ventil V geöffnet, welches den ringförmigen Zylinderraum (zwischen dem schmalen Abschnitt des Stufenkolbens und der Innenwand des Zylinders AZ) mit dem Umgebungsdruck im Pufferraum P verbindet. Die mechanische Ventilsteuerung kann beispielsweise einen um einen Drehpunkt 40 schwenkbar gelagerten Hebel 41 umfassen, der mittels an der Welle 10 angeordnete Nocken 44a und 44b verkippt wird. Der Hebel 41 überträgt diese Kippbewegung auf den Ventilstößels des Ventils V gegen die Rückstellkraft einer Feder 42. Am unteren Ende des Hebels 41 kann eine Rolle 43 befestigt sein, die an der Welle 10 abrollt. Aufbau und Funktion eines Manson-Motors sind an sich bekannt (z.B. aus den Publikationen DE 199 04 269 A1 und GB 2554458 A) und werden daher hier nicht weiter erläutert. Die in Bezug auf die anderen Beispiele erläuterten Vorteile der Anlenkung des Pleuels 12 im Bereich des großen Durchmessers D des Stufenkolbens gelten auch für den Manson-Motor.

[0034] Bei manchen Konstruktionen von Stirlingmaschinen wird das Getriebe (vgl. Fig. 14, Getrieberraum G) nicht als Pufferraum genutzt, sondern arbeitet unter atmosphärischem Druck. In solchen Fällen muss der Pufferraum (der unter dem Druck des Arbeitsgases steht) gegen den Getrieberraum abgedichtet werden, was mit einer Kolbenstange beispielsweise mittels speziellen Dichtelementen erfolgt. Bewährt hat sich dabei die sog. "Leningrader Dichtung", bei der Dichtelemente mit einer Feder vorgespannt sind. Zwei konisch ausgeführte Scheiben pressen das Dichtelement gegen die Kolbenstange, um die Dichtfunktion einzuleiten. Ein derartiges Dichtelement ist an sich bekannt.

[0035] Ein solches Beispiel ist in Fig. 14 dargestellt. Fig. 14 zeigt eine Kolben-Zylindereinheit einer doppelt wirkenden Stirlingmaschine vom Alpha-Typ. Mehrere dieser Kolben-Zylindereinheiten (z.B. vier wie in dem Beispiel aus Fig. 2) können zu einer doppelt wirkenden Alpha-Maschine gekoppelt werden. Um Bauhöhe einzusparen, ist gemäß dem dargestellten Beispiel ein dop-

peltwirkender Stufenkolben als Arbeitskolben AK vorgesehen. Der Stufenkolben AK weist wie in den vorherigen Beispielen einen ersten Abschnitt S_1 mit einem größeren Durchmesser D und einen zweiten Abschnitt S_2 mit einem kleineren Durchmesser d auf, wobei der Stufenkolben AK zumindest teilweise (zumindest im Bereich des zweiten Abschnitts S_2 mit Durchmesser d) hohl ist. Anders als in dem Beispiel aus Fig. 4 ist jedoch der Stufenkolben AK nicht direkt mit einem Pleuel eines Kurbeltriebs verbunden, sondern weist (wie in dem Beispiel aus Fig. 2) eine Kolbenstange 13 auf. Anders als in dem Beispiel aus Fig. 2 können jedoch die Führungs- und Dichtelemente der Kolbenstange 13 innerhalb des dem Kurbeltrieb zugewandten Kolbenschaftes des Stufenkolbens (Abschnitt S_2 mit Außendurchmesser d) angeordnet sein. In diesem nicht erfindungsgemäßen Beispiel kann die Kolbenstange 13 z.B. über ein Pleuel mit einer Kurbelwelle in gleicher oder ähnlicher Weise verbunden sein wie in dem Beispiel aus Fig. 2 (mit den damit verbundenen Nachteilen). Es kann daher besser sein, die Kolbenstange 13 mit einem Ross-Yoke, einem Schief-scheibentriebwerk oder einem Taumelscheibentriebwerk zu koppeln, da diese Getriebearten bauartbedingt kleinere Pleuelauslenkungen aufweisen oder keine Pleuel benötigen. Derartige Getriebe sind z.B. aus den Publikationen GB 2174457 A oder WO 2010/093666 A2 bekannt.

[0036] Der dem Kurbeltrieb (z.B. Kurbelwelle 10, vgl. z.B. Fig. 2) zugewandte zweite Abschnitt S_2 des Stufenkolbens AK mündet in einem Pufferraum P für das Arbeitsgas der Stirlingmaschine. Eine Trennwand 33 trennt das Kurbelgehäuse zwischen Pufferraum P und Getrieberraum G, in dem das Getriebe angeordnet ist (in Fig. 14 nicht dargestellt, vgl. Fig. 7 und 8). Die mit dem Stufenkolben AK verbundene Kolbenstange 13 ist durch eine Öffnung in der Trennwand 33 durchgeführt. Die Dichtung umfasst eine mit der Trennwand 33 starr verbundene Hülse 31, durch die die Kolbenstange 13 hindurch verläuft. Innerhalb der Hülse 31 ist ein ringförmiges Dichtelement 35 um die Kolbenstange 13 herum angeordnet. Das Dichtelement 35 wird entlang der Längsachse S der Kolbenstange 13 (Zylinderachse S) zwischen zwei konisch ausgebildeten Scheiben 34 geklemmt. Die dafür nötige Vorspannkraft wird von einer Feder 32 erzeugt, die innerhalb der Hülse 31 um die Kolbenstange 13 herum angeordnet sein kann (z.B. im Falle einer Spiralfeder) und die auf die Scheiben 34 eine Kraft entlang der Längsachse S der Kolbenstange 13 ausübt. In den Beispielen gemäß Fig. 2 und 4 erfolgt keine Trennung zwischen Pufferraum P und Getrieberraum G und der Kurbeltrieb ist in dem Pufferraum angeordnet. Das vorliegende Beispiel erlaubt hingegen eine Trennung von Pufferraum P und Getrieberraum G, sodass das Getriebe unter Umgebungsdruck arbeiten kann. Eine Konstruktion gemäß Fig. 2 würde theoretisch keinen Pufferraum benötigen. Bei dem vorliegenden Beispiel gemäß Fig. 5 kann ein separater Pufferraum P von Vorteil sein, da andernfalls der untere Kolbenabschnitt S_2 aufgrund seines

verdrängten Volumens zu hohe Druckschwingungen und folglich zu hohe Kräfte auf das Gehäuse und die Trennwand 33 erzeugen würde.

Patentansprüche

1. Eine Heißgasmaschine, die folgendes aufweist:

ein Getriebe (10) mit einem Pleuel (12);
einen Zylinder (VZ; AZ; Z); und
ein in dem Zylinder (VZ; AZ; Z) angeordneter Differentialkolben (VK; AK), wobei Zylinder (VZ; AZ; Z) und Differentialkolben (VK; AK) so ausgestaltet sind, dass in dem Zylinder ein ringförmiger Zylinderraum gebildet wird, wobei der Differentialkolben (VK; AK) zumindest teilweise hohl ist, und das Pleuel (12) im Inneren des Differentialkolbens (VK; AK) an einer Position angelenkt ist, sodass der ringförmige Zylinderraum um das Pleuel (12) herum verläuft; und
ein Rohr (R, R'), das in den Zylinder (VZ; AZ) hineinragt, wobei ein Ende des Differentialkolbens (VK; AK) zwischen dem Rohr (R, R') und einer Innenwand des Zylinders (VZ; AZ) angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Rohr (R, R') und einer Innenwand des Differentialkolbens (VK; AK) ein erster Dichtring (20) angeordnet ist.

2. Die Heißgasmaschine gemäß Anspruch 1, wobei das Rohr (R, R') soweit in den Zylinder (VZ; AZ) hineinragt, dass es auch ins Innere des Differentialkolbens (VK; AK) hineinragt, wenn dieser an seinem oberen Totpunkt ist.

3. Die Heißgasmaschine gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei Rohr (R, R'), Differentialkolben (VK; AK) und Zylinder (VZ; AZ) koaxial zueinander angeordnet sind.

4. Die Heißgasmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Rohr (R, R') relativ zum Zylinder (VZ; AZ) unbeweglich ist.

5. Die Heißgasmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei zwischen dem Differentialkolben (VK; AK) und der Innenwand des Zylinders (VZ; AZ; Z) ein zweiter Dichtring (21) angeordnet ist, und wobei der ringförmige Zylinderraum zu einem unter dem Zylinder (VZ; AZ; Z) liegenden Pufferraum (P) mittels des ersten Dichtrings (20) abgedichtet ist.

6. Die Heißgasmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, die weiter aufweist:

einen in einem weiteren Zylinder (AZ) angeordneten weiteren Kolben (AK), der mittels eines weiteren Pleuels (11) mit dem Getriebe gekoppelt ist.

7. Die Heißgasmaschine gemäß Anspruch 6,

wobei sowohl in dem Zylinder (VZ) als auch in dem weiteren Zylinder (AZ) jeweils ein ringförmiger Zylinderraum gebildet wird, und wobei der ringförmige Zylinderraum des Zylinders (VZ) und ringförmige Zylinderraum des weiteren Zylinders (AZ) über eine Leitung (L) verbunden sind.

8. Die Heißgasmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei das Pleuel (12) im Inneren des Differentialkolbens (VK; AK) mittels eines Gleitlagers oder eines Wälzlagers oder mittels eines sphärischen Gelenklagers angelenkt ist.

9. Die Heißgasmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, soweit rückbezogen auf Anspruch 5, wobei das Rohr (R) in einem Pufferraum (P) für ein Arbeitsgas der Heißgasmaschine mündet.

10. Die Heißgasmaschine gemäß Anspruch 9, wobei das Getriebe (10) in dem Pufferraum (P) angeordnet ist.

11. Die Heißgasmaschine gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Heißgasmaschine eine Stirlingmaschine ist.

Claims

1. A hot gas engine, having:

a transmission (10) with a connecting rod (12);
a cylinder (VZ; AZ; Z); and
a differential piston (VK; AK) arranged in the cylinder (VZ; AZ; Z), wherein the cylinder (VZ; AZ; Z) and differential piston (VK; AK) are designed such that an annular cylinder space is formed in the cylinder, wherein the differential piston (VK; AK) is at least partially hollow, and the connecting rod (12) is articulated inside the differential piston (VK; AK) in a position such that the annular cylinder space extends around the connecting rod (12); and
a tube (R, R') projecting into the cylinder (VZ; AZ), wherein one end of the differential piston (VK; AK) is arranged between the tube (R, R') and an inner wall of the cylinder (VZ; AZ),

characterized in that

a first sealing ring (20) is arranged between the

tube (R, R') and an inner wall of the differential piston (VK; AK).

2. The hot gas engine according to claim 1, wherein the tube (R, R') protrudes into the cylinder (VZ; AZ) to such an extent that it also protrudes into the interior of the differential piston (VK; AK) when the latter is at its top dead center.
3. The hot gas engine according to claim 1 or 2, wherein the tube (R, R'), differential piston (VK; AK) and cylinder (VZ; AZ) are arranged coaxially to each other.
4. The hot gas engine according to any one of claims 1 to 3, wherein the tube (R, R') is immovable relative to the cylinder (VZ; AZ).
5. The hot gas engine according to any one of claims 1 to 4, wherein a second sealing ring (21) is arranged between the differential piston (VK; AK) and the inner wall of the cylinder (VZ; AZ; Z), and wherein the annular cylinder space is sealed off from a buffer space (P) located underneath the cylinder (VZ; AZ; Z) by means of the first sealing ring (20).
6. The hot gas engine according to any one of claims 1 to 5, further having: a further piston (AK) arranged in a further cylinder (AZ), which is coupled to the transmission by means of a further connecting rod (11).
7. The hot gas engine according to claim 6, wherein an annular cylinder space is formed both in the cylinder (VZ) and in the further cylinder (AZ), and wherein the annular cylinder space of the cylinder (VZ) and the annular cylinder space of the further cylinder (AZ) are connected via a line (L).
8. The hot gas engine according to any one of claims 1 to 7, wherein the connecting rod (12) is articulated inside the differential piston (VK; AK) by means of a plain bearing or a roller bearing or by means of a spherical joint bearing.
9. The hot gas engine according to any one of claims 1 to 8, when dependent on claim 5, wherein the tube (R) opens into a buffer space (P) for a working gas of the hot gas engine.
10. The hot gas engine according to claim 9, wherein the transmission (10) is arranged in the buffer space (P).
11. The hot gas engine according to any one of claims

1 to 10, wherein the hot gas engine is a Stirling engine.

5 Revendications

1. Machine à gaz chaud comprenant :
une transmission (10) avec une bielle (12) ;
un cylindre (VZ ; AZ ; Z) ; et
un piston différentiel (VK ; AK) agencé dans le cylindre (VZ ; AZ ; Z), dans laquelle le cylindre (VZ ; AZ ; Z) et le piston différentiel (VK ; AK) sont conçus de telle sorte qu'une chambre de cylindre annulaire est formée dans le cylindre, dans laquelle le piston différentiel (VK ; AK) est au moins partiellement creux, et la bielle (12) est articulée à l'intérieur du piston différentiel (VK ; AK) en une position telle que la chambre de cylindre annulaire s'étend autour de la bielle (12) ; et
un tube (R, R') qui fait saillie dans le cylindre (VZ ; AZ), dans laquelle une extrémité du piston différentiel (VK ; AK) est agencée entre le tube (R, R') et une paroi intérieure du cylindre (VZ ; AZ), **caractérisée en ce qu'une** première bague d'étanchéité (20) est agencée entre le tube (R, R') et une paroi intérieure du piston différentiel (VK ; AK).
2. Machine à gaz chaud selon la revendication 1, dans laquelle le tube (R, R') fait saillie dans le cylindre (VZ ; AZ) au point de faire également saillie à l'intérieur du piston différentiel (VK ; AK) lorsque celui-ci est à son point mort haut.
3. Machine à gaz chaud selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle le tube (R, R'), le piston différentiel (VK ; AK) et le cylindre (VZ ; AZ) sont agencés coaxialement les uns par rapport aux autres.
4. Machine à gaz chaud selon l'une des revendications 1 à 3, dans laquelle le tube (R, R') est immobile par rapport au cylindre (VZ ; AZ).
5. Machine à gaz chaud selon l'une des revendications 1 à 4, dans laquelle une seconde bague d'étanchéité (21) est agencée entre le piston différentiel (VK ; AK) et la paroi intérieure du cylindre (VZ ; AZ ; Z), et dans laquelle la chambre de cylindre annulaire est étanchéifiée par rapport à un espace tampon (P) situé sous le cylindre (VZ ; AZ ; Z) au moyen de la première bague d'étanchéité (20).
6. Machine à gaz chaud selon l'une des revendications 1 à 5, comprenant en outre :
un autre piston (AK) agencé dans un autre cylindre (AZ), qui est couplé à la transmission au moyen

d'une autre bielle (11).

7. Machine à gaz chaud selon la revendication 6, dans laquelle une chambre de cylindre annulaire est formée à la fois dans le cylindre (VZ) et dans l'autre cylindre (AZ), et dans laquelle la chambre de cylindre annulaire du cylindre (VZ) et la chambre de cylindre annulaire de l'autre cylindre (AZ) sont reliées par une conduite (L). 5 10
8. Machine à gaz chaud selon l'une des revendications 1 à 7, dans laquelle la bielle (12) est articulée à l'intérieur du piston différentiel (VK ; AK) au moyen d'un palier lisse ou d'un palier à roulement ou au moyen d'un palier d'articulation sphérique. 15
9. Machine à gaz chaud selon l'une des revendications 1 à 8, dans la mesure où elles se rapportent à la revendication 5, dans laquelle le tuyau (R) débouche dans un espace tampon (P) pour un gaz process de la machine à gaz chaud. 20
10. Machine à gaz chaud selon la revendication 9, dans laquelle la transmission (10) est agencée dans l'espace tampon (P) . 25
11. Machine à gaz chaud selon l'une des revendications 1 à 10, dans laquelle la machine à gaz chaud est un moteur Stirling. 30

35

40

45

50

55

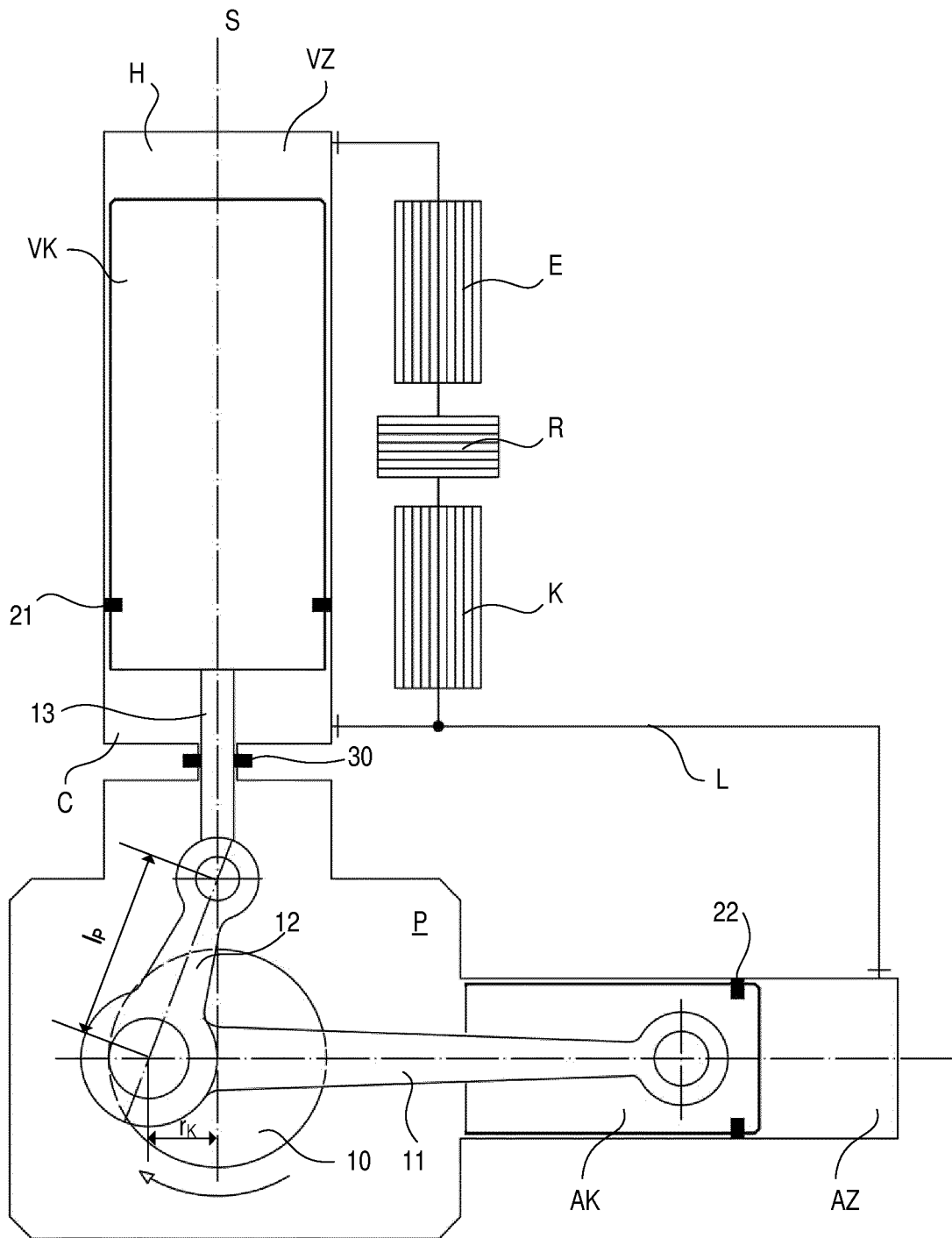


Fig. 1

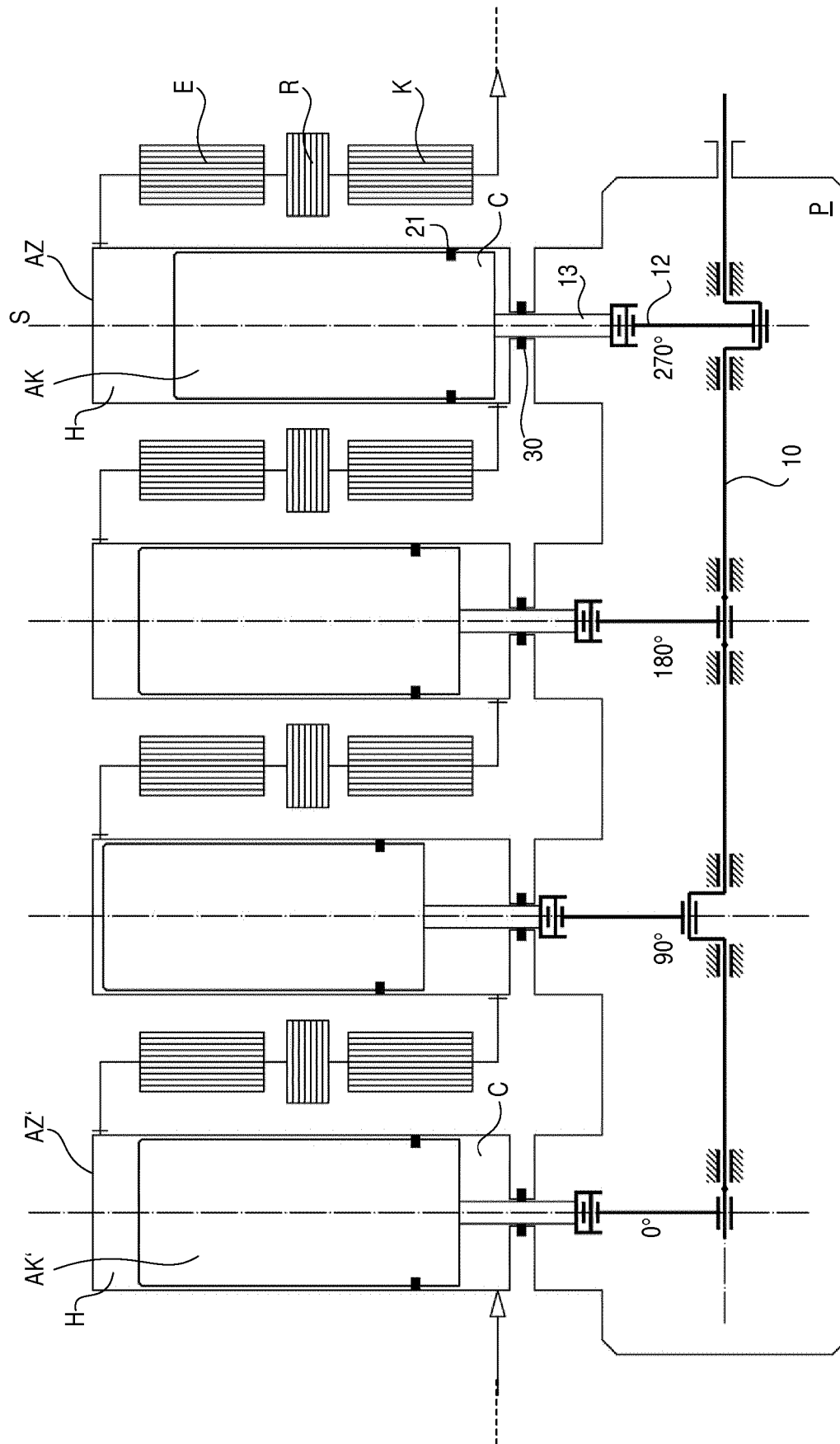


Fig. 2

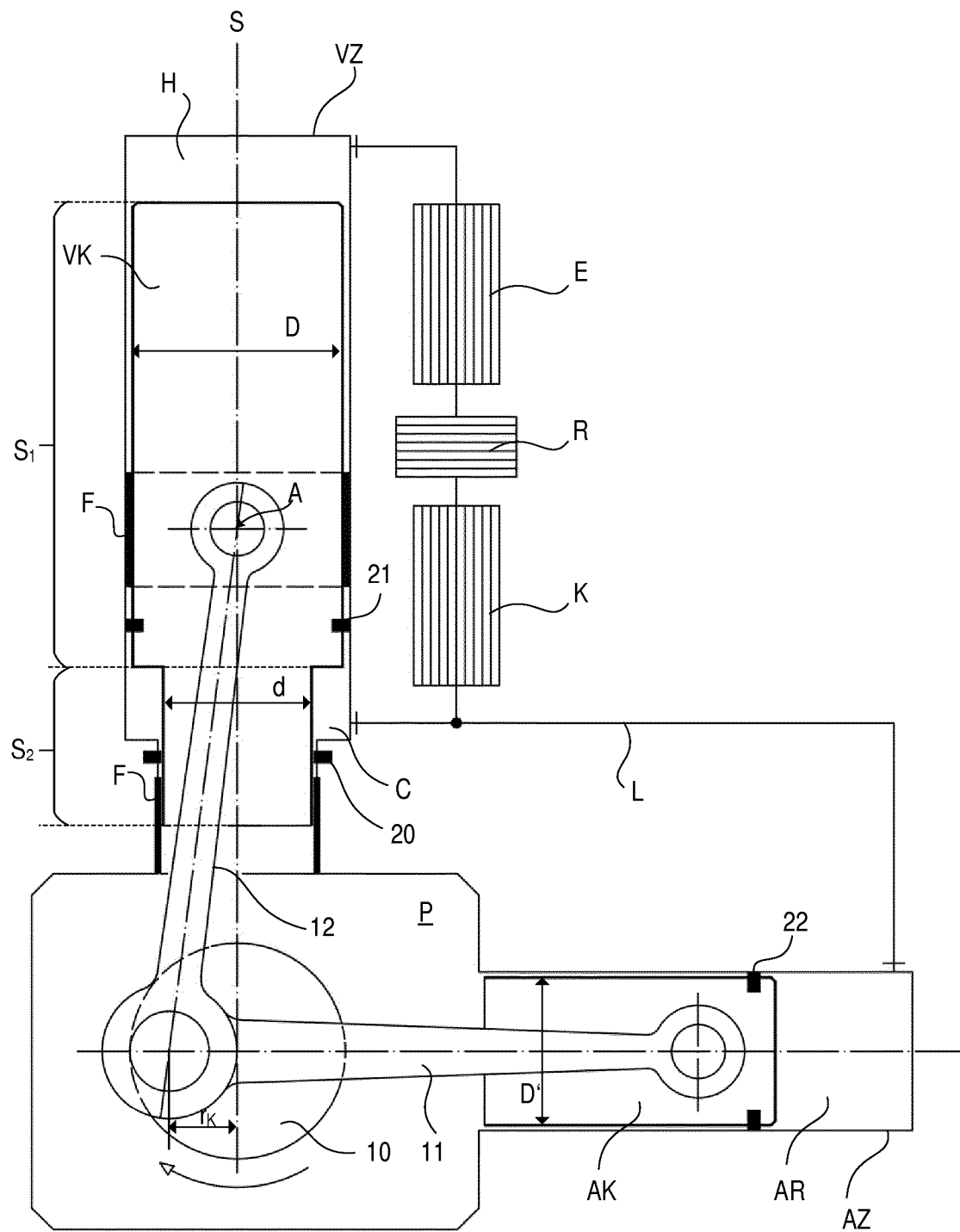


Fig. 3

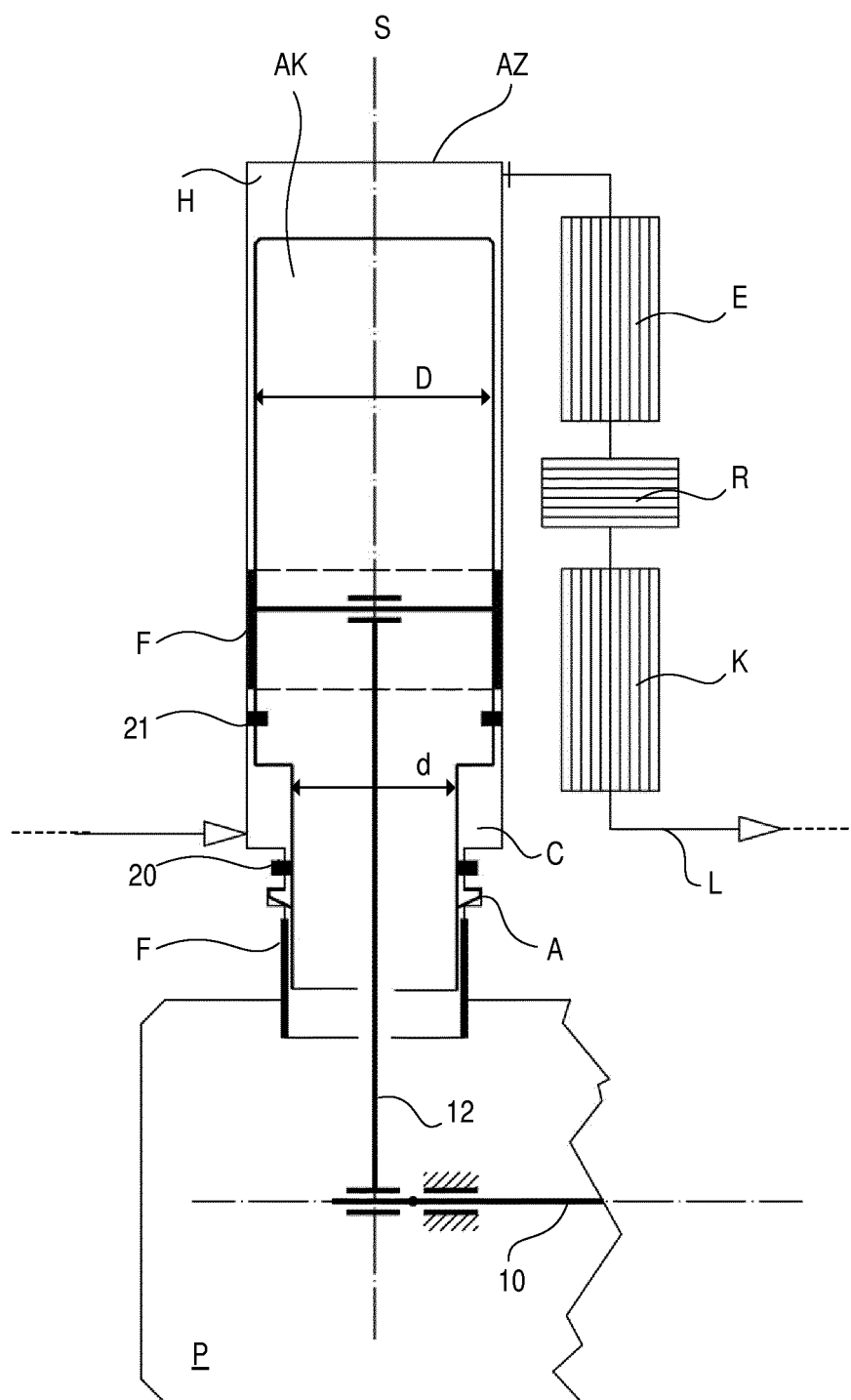


Fig. 4

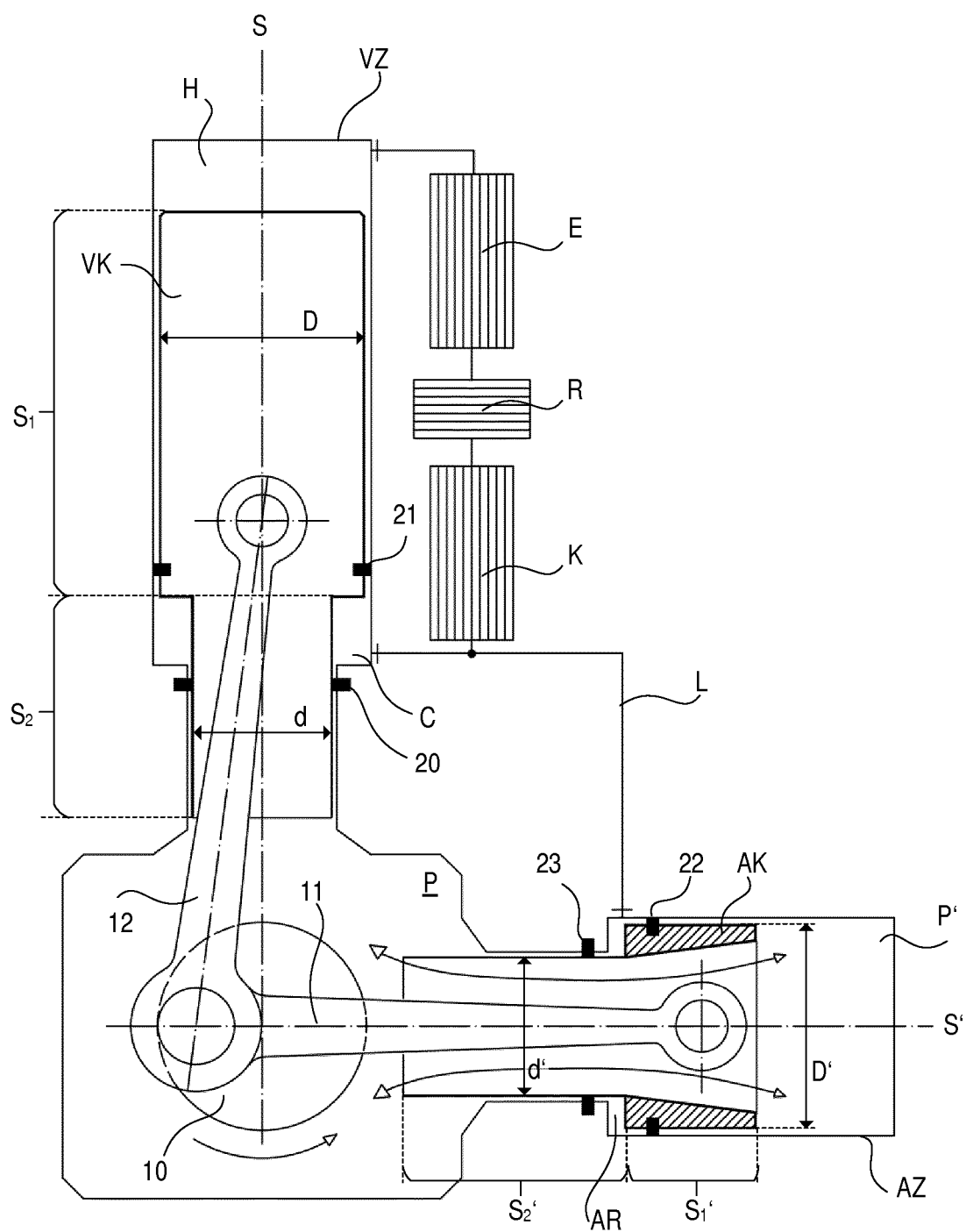


Fig. 5

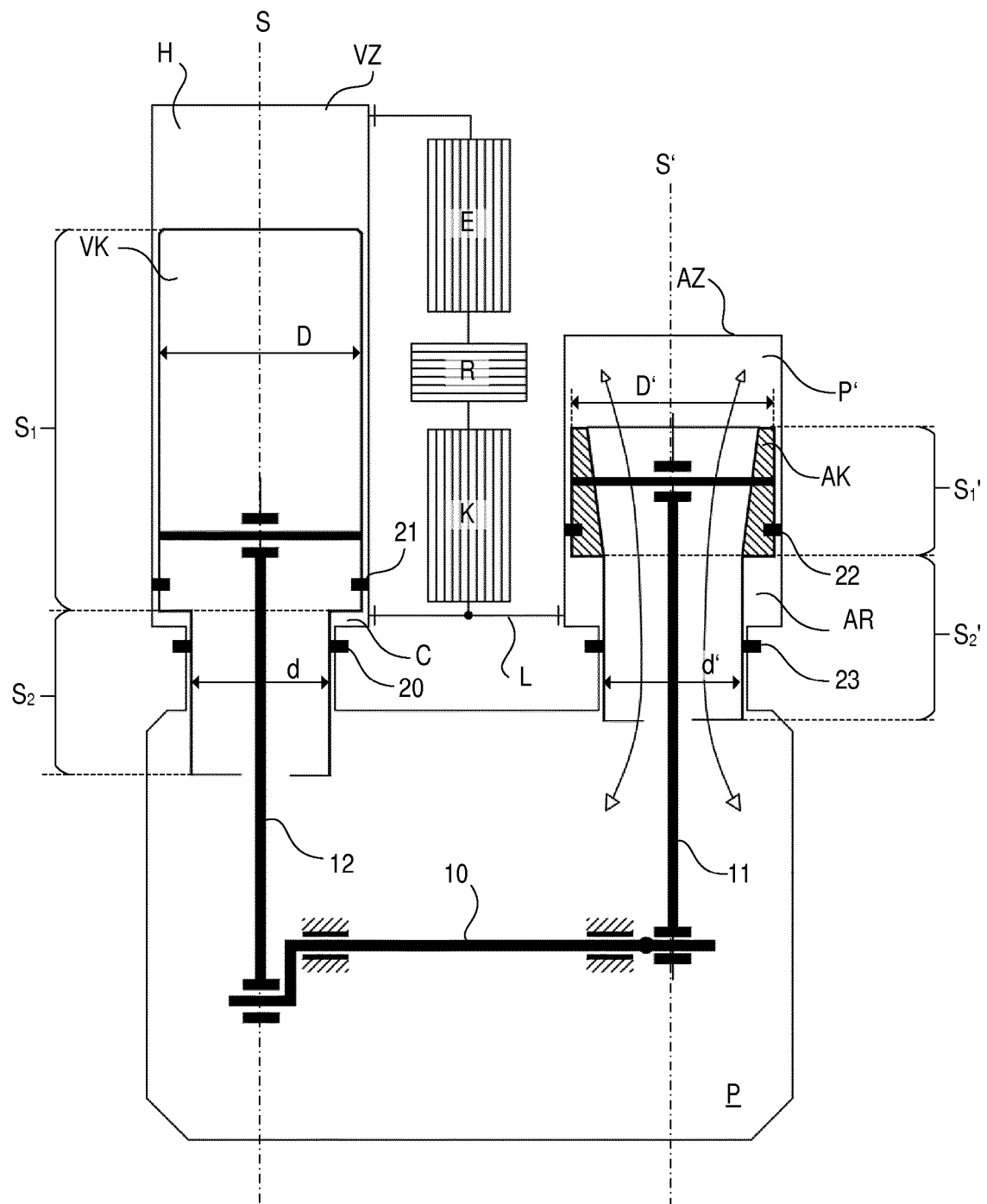


Fig. 6

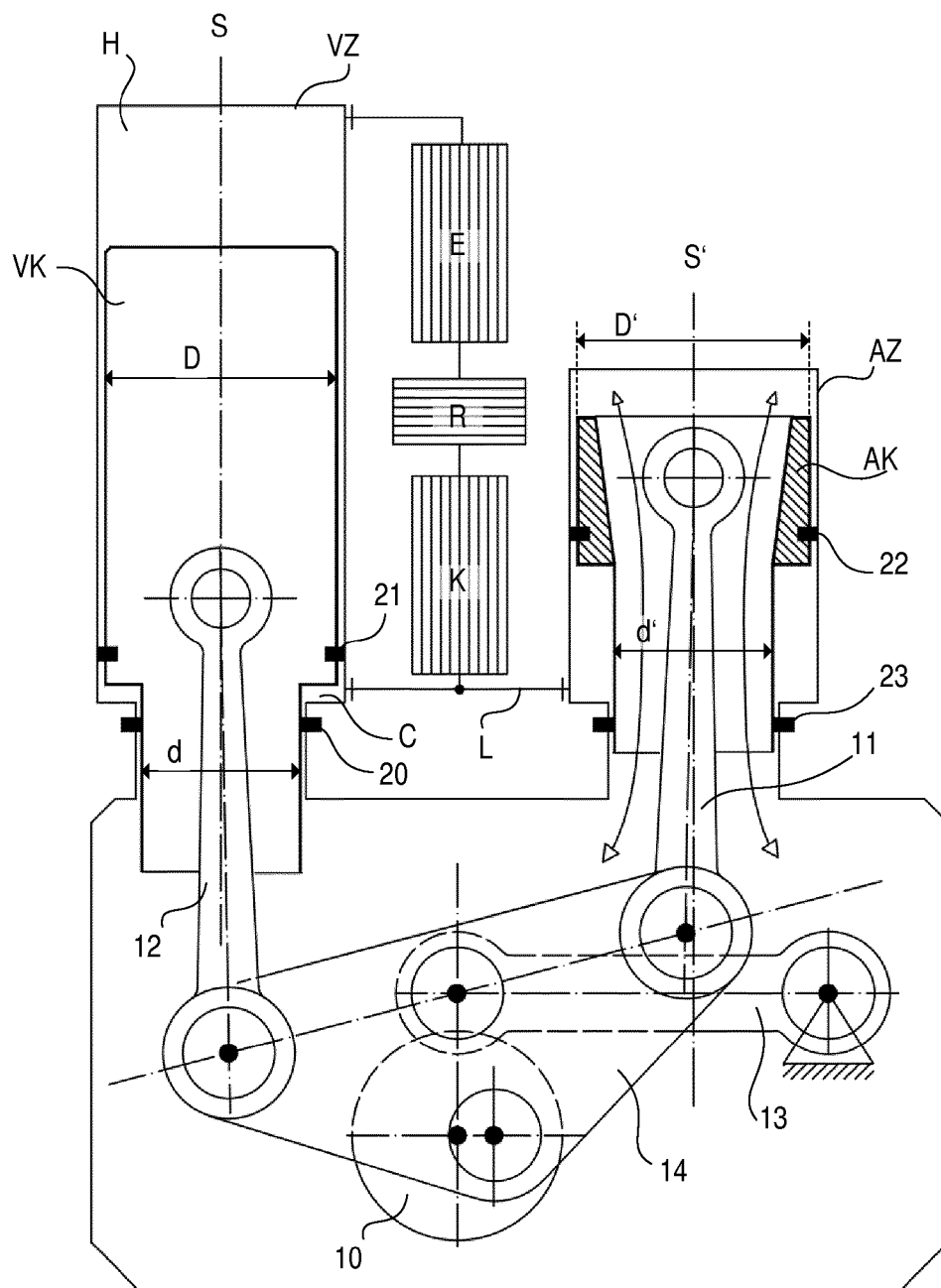
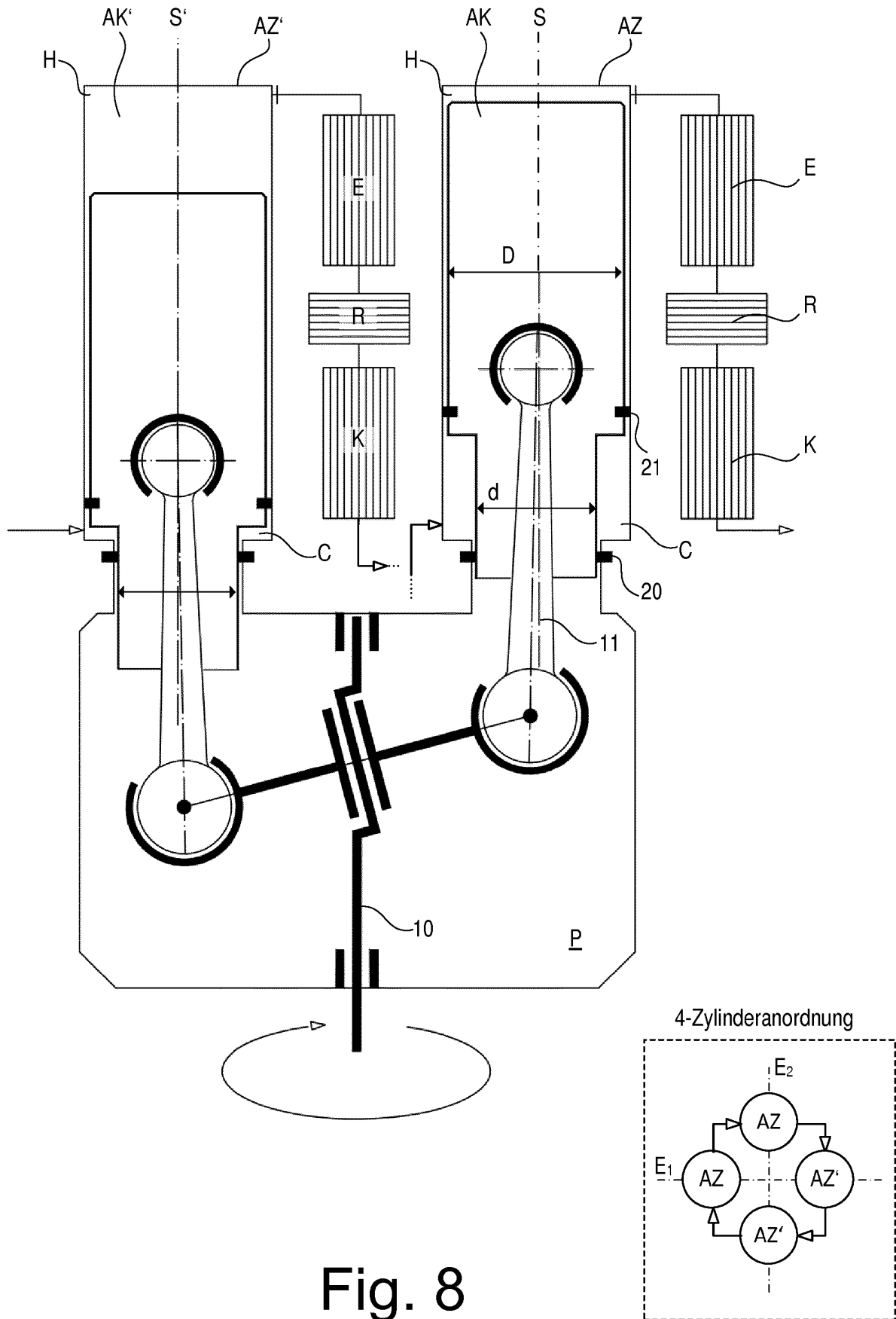


Fig. 7



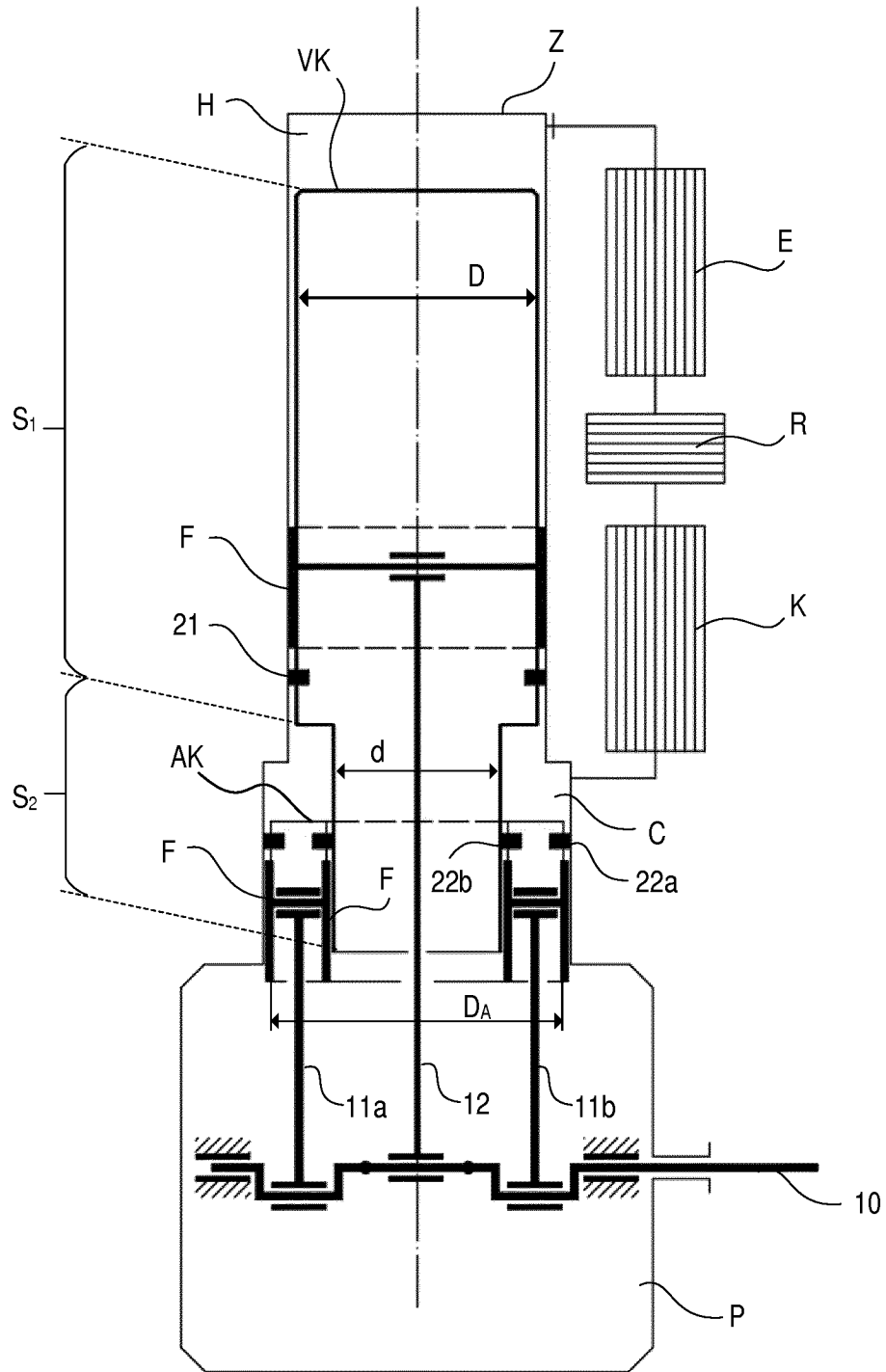


Fig. 9

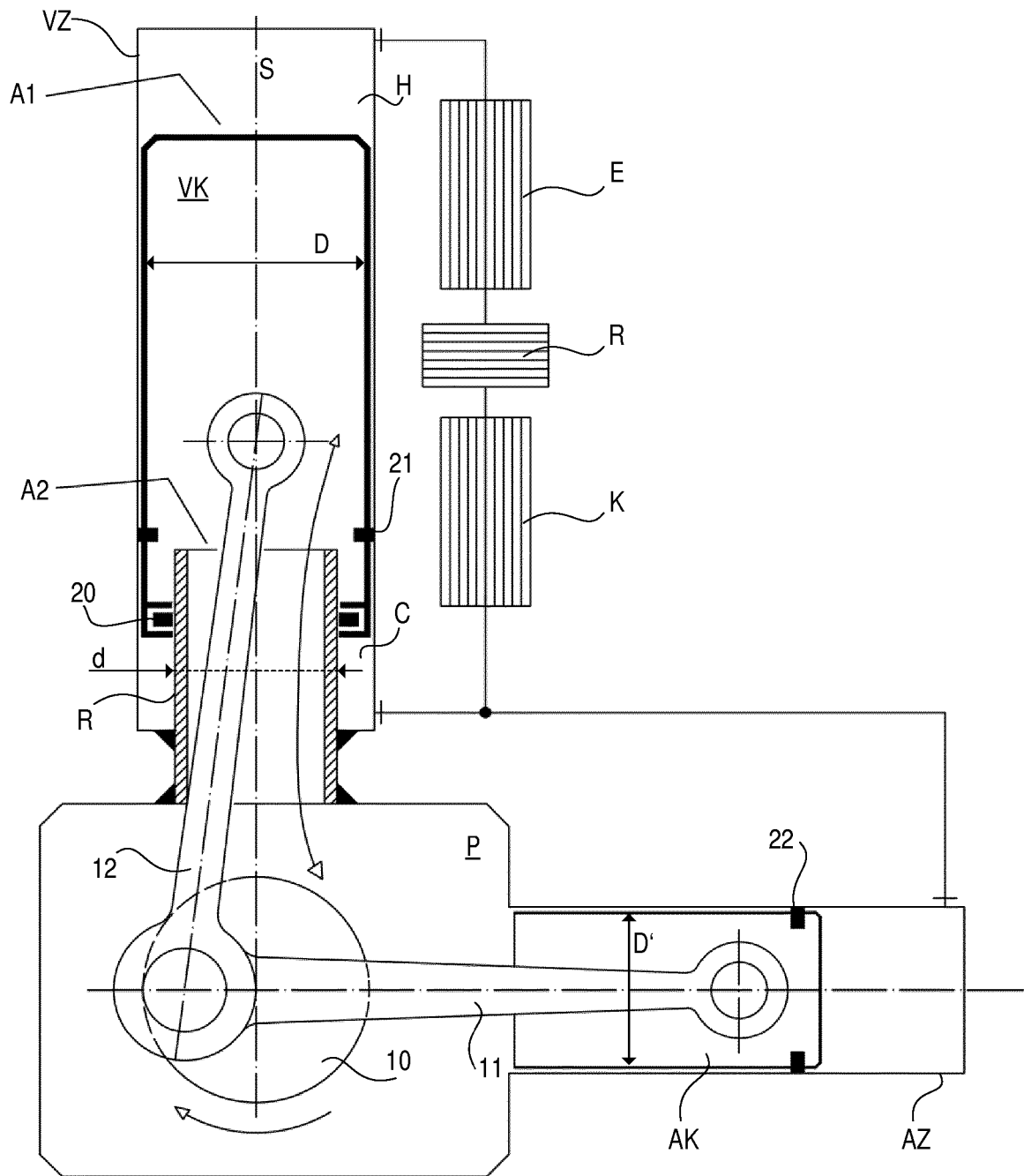


Fig. 10

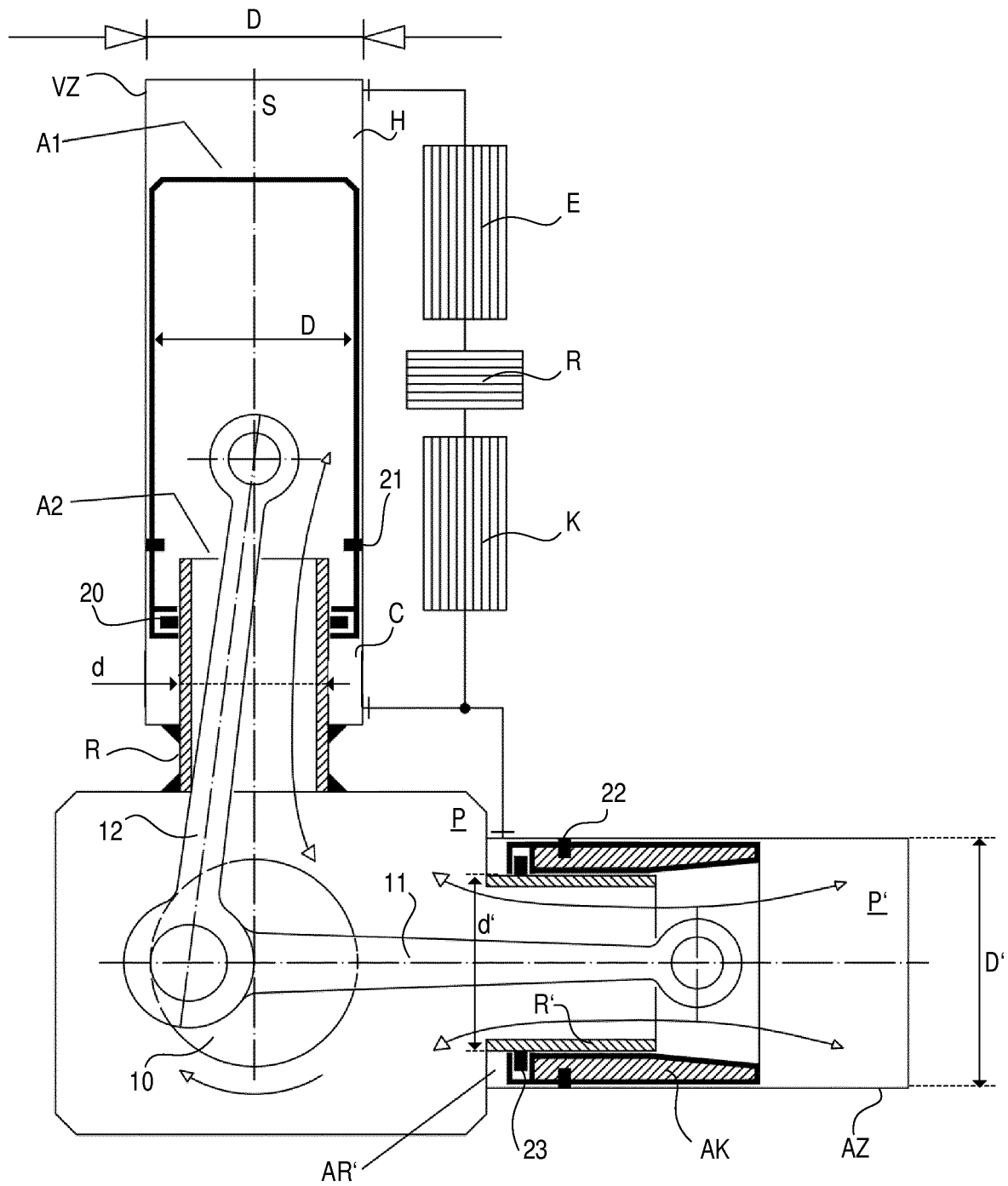


Fig. 11

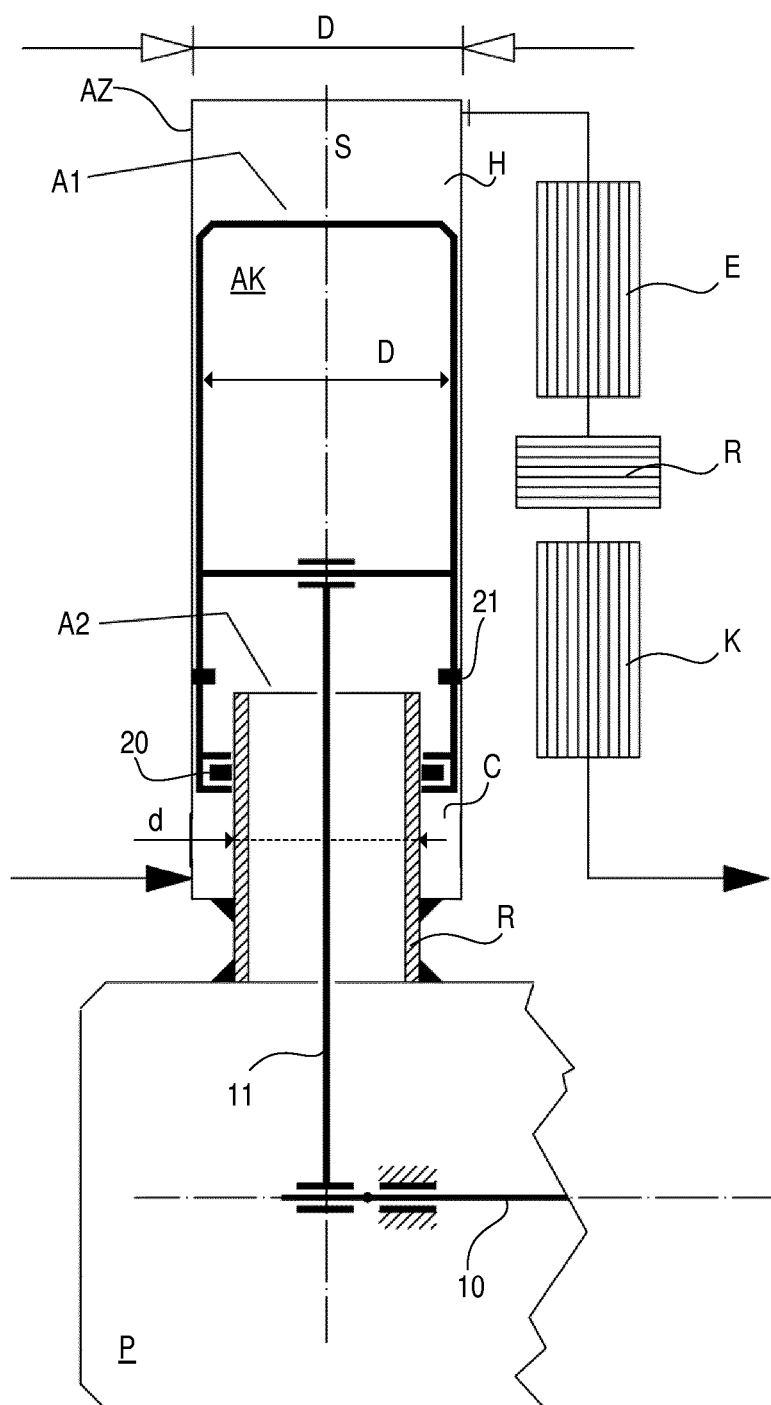


Fig. 12

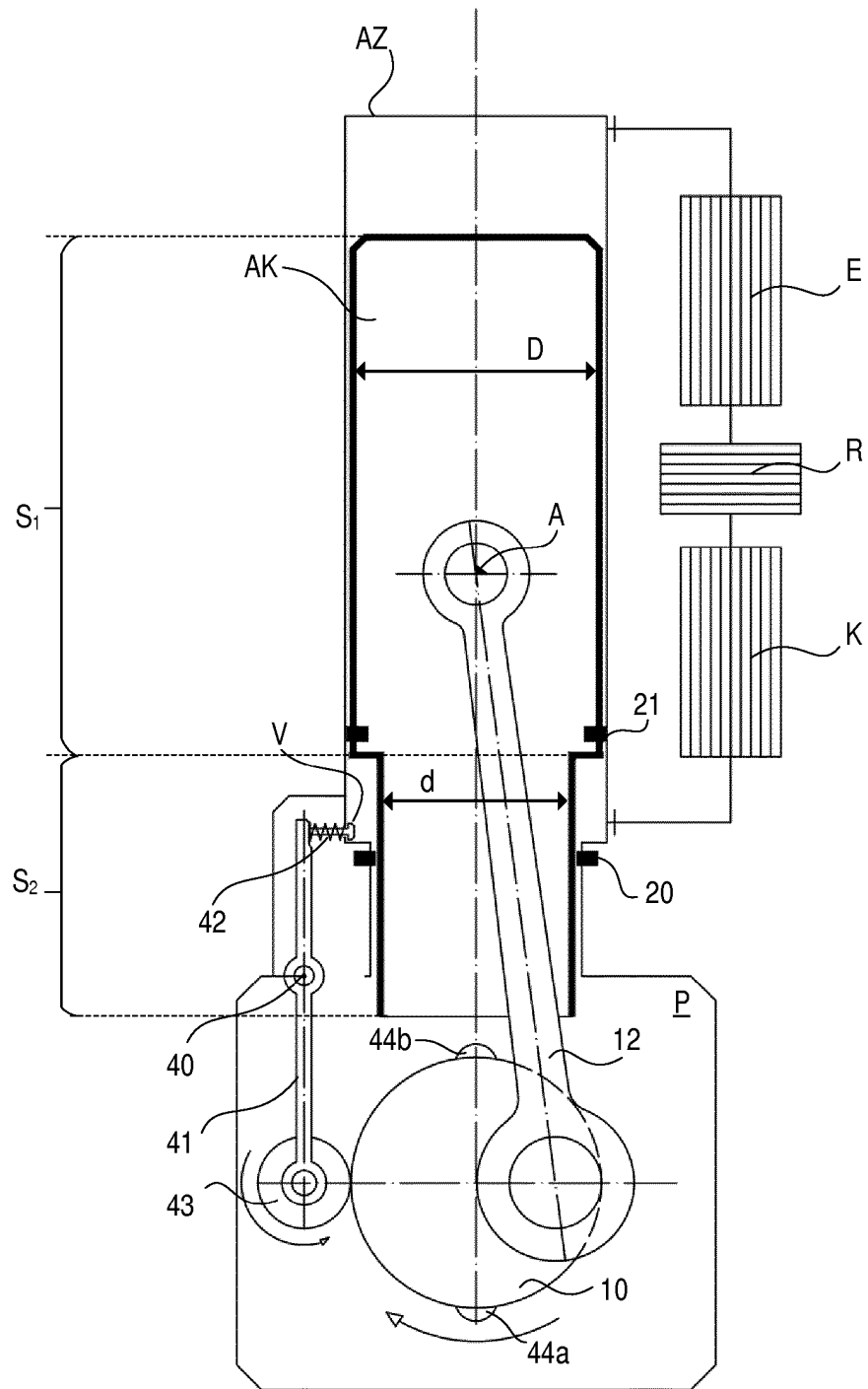


Fig 13

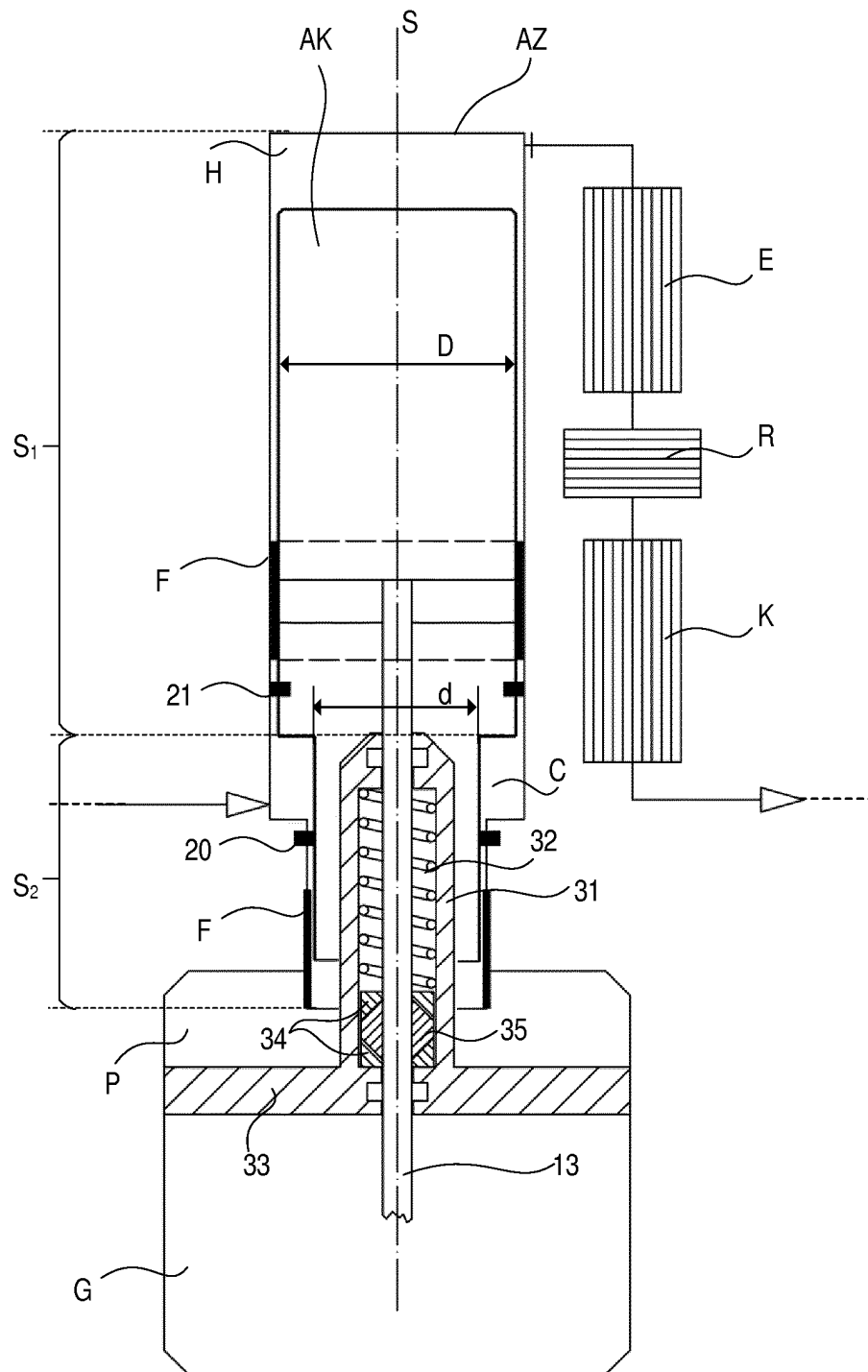


Fig 14

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

- US 510364 A [0002]
- US 3839858 A [0002]
- WO 9116533 A [0002]
- WO 2009082997 A2 [0007]
- DE 10229442 A1 [0007]
- US 3940934 A [0008]
- US 4069671 A [0008]
- US 4195554 A [0008]
- DE 19904269 A1 [0033]
- GB 2554458 A [0033]
- GB 2174457 A [0035]
- WO 2010093666 A2 [0035]