



Republik  
österreich  
Patentamt

(11) Nummer: **AT 398 247 B**

# PATENTCHRIFT

(12)

(21) Anmeldenummer: 144/85

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : **G01M 15/00**

(22) Anmeldetag: 21. 1.1985

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 2.1994

(45) Ausgabetag: 25.10.1994

(56) Entgegenhaltungen:

AT-PS 317580 GB-PS 714/A.D. 1900

(73) Patentinhaber:

AVL GESELLSCHAFT FÜR VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN  
UND MESSTECHNIK MBH. PROF.DR.DR.H.C. HANS LIST  
A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).

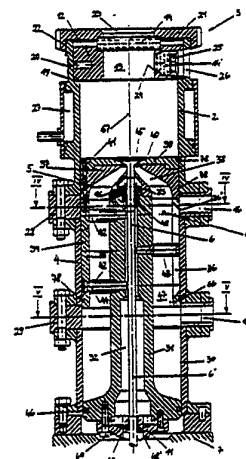
(72) Erfinder:

OBERTH HANS DIPL.ING.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).  
GLANZ REINHARD DIPL.ING.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).  
BRANDSTÄTTER WILHELM DIPL.ING. DR.TECHN.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).  
KILLMANN IROLT DIPL.ING. DR.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).

(54) KOLBENMASCHINE

(57) Bei Kolbenmaschinen ist es bekannt, für Versuchszwecke zur Anwendung optischer Meßmethoden den Zylinderkopf teilweise durch eine Quarz- oder Plexiglasabdeckung zu ersetzen. Von oben wird über einen Spiegel in den Brennraum gefilmt. Da hierbei im Zylinderkopf keine Ventile möglich sind, wird Schlitzsteuerung angewendet, was völlig andere thermodynamische Bedingungen und andere Strömungsverhältnisse wie bei einer Ventilsteuerung bedingt.

Zur Vermeidung dieses Nachteiles wird erfindungsge-  
mäß zumindest ein Ventil (6) zur Steuerung von Gaswechselkanälen (65) im Kolben (5) angeordnet. Durch die Verlegung der für den Gaswechsel erforderlichen Teile, wie Ventile (6) und Gaswechselkanäle (65) in den Kolben (5), können an beliebigen Stellen des Zylinderkopfes (3) bzw. des Arbeitszylinders (2) Fenster (14, 14') angebracht werden, ohne mit Ventilen und/oder Gaswechselkanälen in räumlichen Konflikt zu geraten.



AT 398 247 B

Die Erfindung betrifft eine Kolbenmaschine mit einem im Kolbenführungszyylinder axial geführten, hin- und hergehenden Kolben und Gaswechselorganen sowie mit optisch transparentem Zugang des Brennraumes und/oder des Arbeitszylinders.

Bei einer bekannten Kolbenmaschine mit transparenter Begrenzung des Zylinderraumes zur Anwendung von optischen Meßmethoden, wie Verbrennungsfotografie etc., ist der Zylinderkopf durch eine Quarz- oder Plaxiglasabdeckung, die eine Bohrung für die Einspritzdüse aufweist, ersetzt. Von oben wird über einen Spiegel in den Brennraum gefilmt. Da Ventile im Zylinderkopf störend wären, wird Schlitzsteuerung angewendet. Dies bedingt natürlich, abgesehen von den völlig anderen thermodynamischen Bedingungen durch den transparenten Zylinderkopf, völlig andere Strömungsverhältnisse im Brennraum wie bei einer Ventilsteuerung.

Vielfache Verwendung findet auch eine von diesem Typ etwas abgewandelte Ausführung, bei der die transparente Abdeckung kleiner gestaltet ist und dadurch die seitliche Anordnung von kleinen Ventilen gestattet.

Eine andere bekannte Ausführung einer Kolbenmaschine weist einen Kolben mit durchsichtigem Kolbenboden auf. Im verlängerten Schaft des Kolbens befinden sich offene Schlitze, die mit seitlichen Öffnungen der verlängerten Zylinderbüchse zusammenwirken und den optischen Zugang über Spiegel ermöglichen, was relativ kompliziert und aufwendig ist. Die Zylinderbüchse trägt den nur wenig modifizierten Zylinderkopf. Um eine möglichst unverzerrte Abbildung zu bekommen, ist die Verwendung von scheibenförmigen, ebenen Brennraumformen unerlässlich. Wegen der Verschmutzungsgefahr der Spiegel muß von einer Ölschmierung abgesehen werden. Dies erfordert die Abdichtung mit Teflonringen und hat zur Folge, daß die Höchstdrehzahl bei ~1500 U/min liegt.

Aus der GB-PS 714 A.D.1900 ist eine Kolbenmaschine bekannt, bei der für den Gaswechsel ein Auslaßventil im Kolben und ein Einlaßventil im Zylinderkopf vorgesehen ist. Dies hat allerdings den Nachteil, daß die optische Zugänglichkeit des Brennraumes für Beobachtungszwecke sehr beschränkt ist. Überdies öffnet das Einlaßventil infolge des beim Abwärtsbewegen des Kolbens entstehenden Unterdruckes ähnlich wie bei einem üblichen Kolbenkompressor, d.h., eine druckunabhängige Steuerung der Öffnungszeiten, wie bei einemnockengesteuerten Ventil, ist nicht möglich.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Kolbenmaschine zu entwickeln, bei der bei größtmöglichem optischem Zutritt in den Zylinderraum bzw. den Brennraum eine möglichst geringe Beeinflussung der thermodynamischen Parameter sowie der Strömungsverhältnisse gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Kolben ein einziges Ventil zur Steuerung des Gaseinlasses sowie des Gasauslasses in den bzw. aus dem Zylinder angeordnet ist und der Kolbenführungszyylinder je eine Gaszuführöffnung und eine Gasabführöffnung aufweisen und der Mantel des Kolbens einen korrespondierenden Axialschlitz besitzt, sodaß das Ventil abwechselnd mit der Gaszuführöffnung und der Gasabführöffnung in Strömungsverbindung bringbar sind. Es ist somit auf einfache Weise über den gesamten Motorzyklus eine Beobachtung und Erfassung der Vorgänge im Arbeitszylinder bzw. im Brennraum gegeben, da mit dem Wegfall der (des) Ventile(s) und der Gaswechselkanäle im Zylinderkopf, die Anordnung von Fenstern an beliebigen Stellen des Zylinderkopfes bzw. des Arbeitszylinders ermöglicht wird.

In einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der das Ventil aufnehmende Kolben über eine mit dem hohlen Kolbeninnenteil fest verbundenen hohlen Kolbenstange, welche vom Ventilschaft durchsetzt ist, und einem Kreuzkopf mit der Kurbelwelle der Maschine in Antriebsverbindung steht. Für den Kurbeltrieb der Kolbenmaschine kann ein beliebiger Motor bekannter Bauart, nachstehend Basiseinheit genannt, Verwendung finden, dessen Kolben so umgebildet wird, daß er als Kreuzkopf für den Kolben der Kolbenmaschine verwendet werden kann.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß eine in der hohlen Kolbenstange angebrachte Ventiloncke über einen Rollenstößel mit dem Schaft des Ventiles zusammenwirkt und mittels eines am Gehäuse der Maschine angelenkten Schwinghebels, der seinerseits von einer parallel zur Kurbelwelle liegenden und von dieser mit definierter Übersetzung angetriebenen Nockenwelle - vorzugsweise über eine am Schwinghebel gelagerte Rolle - um definierte Winkel drehbar ist. Durch diese Konstruktion wird erreicht, daß das Ventil, welches sich zum Unterschied von hekömmlichen Kolbenmaschinen in einem bewegten Kolben befindet, mit einer Frequenz betätigt werden kann, die mit der Drehzahl der Kurbelwelle der Kolbenmaschine in einem vorbestimmbaren Verhältnis steht.

Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß der Durchströmquerschnitt des Ventiles mit dem vom Kolbeninnenteil einerseits und vom, nur über im wesentlichen senkrecht zur Achse des Kolbeninnenteils über Abstandselemente mit diesem verbundenen Kolbenmantel andererseits begrenzten Gaswechselzylinderraum in Verbindung steht, daß der Kolbeninnenteil in einem Abstand von der Kolbenunterkante, der größer als der Hub ist, innen am Zylinder abdichtet, und daß der so zwischen Kolbenmantel,

Kolbeninnenteil und Kolbenführungszyylinder gebildete Raum über seitlich am Kolbenführungszyylinder angeordnete Gaszuführöffnungen und Gasabführöffnungen füll- und entleerbar bzw. spülbar ist. Der beschriebene Aufbau des Gaswechselzylinderraumes sorgt für günstige Strömungsverhältnisse für die zu- bzw. abgeführten Gase und entspricht in seiner Funktion einem Einlaß- oder Auslaßkanal üblicher Bauart.

5 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung können die seitlichen Gaswechselöffnungen während des Kolbenhubes ständig geöffnet und mit Frischgas spülbar sein. Der Gaswechselzylinderraum kann durch diese Maßnahme durch das ständig durchströmende Gas bzw. Gas-Luft-Gemisch gespült werden, wobei vor allem beim Betrieb nach dem 6-Taktverfahren, die aus dem Arbeitszyylinder während des Ausschubtaktes ausgetretenen Restgase während der zwei Leertakte vom Gasstrom mitgerissen werden.

10 Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, daß die Gaswechselöffnung bzw.-öffnungen zur Zufuhr von Frischgas unterhalb der Kolbenunterkante und zur Abfuhr im Bereich der oberen Hälfte des Kolbens - bezogen jeweils auf den unteren Totpunkt des Kolbens - angeordnet ist bzw. sind und daß der zylindrische Teil des Kolbenmantels im Bereich der bzw. jeder überschliffenen Abfuhr-Gaswechselöffnung seitlich einen Schlitz aufweist. Der beschriebene Schlitz kann eine Drosselstelle bilden, sodaß 15 zwischen Gaszufuhr und Gasabfuhr eine Druckdifferenz entsteht, wodurch auch im Gaswechselzylinderraum ein bestimmter Druck herrscht.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der das Ventil in einer zentralen Bohrung aufnehmende Kolbeninnenteil außerhalb der Zylinderachse liegt. Durch diese Anordnung ist es möglich, Strömungsverhältnisse und Verbrennungsparameter, die bei exzentrischer Anordnung von 20 Ventilen auftreten, zu studieren. Im Falle einer nicht rotationssymmetrischen Anordnung des Ventiles oder auch des Brennraumes müssen die Vorgänge im Zylinder optisch dreidimensional erfaßt werden, um Aussagen über den ganzen Zylinderraum machen zu können.

Schließlich kann gemäß einer weiteren Ausbildung der Erfindung im Bereich des Ventilsitzes des Ventils auf der Oberfläche des Kolbens ein Spiegel angebracht sein, der einen vorzugsweise zur Zylinderachse parallelen Sehstrahl auf den Ventilsitz bzw. den Ventilteller richtet. Dadurch ist während der 25 Hubbewegung des Kolbens der Öffnungs- bzw. Schließvorgang des Ventils beobachtbar bzw. fotografisch festhaltbar.

Die Erfindung wird mit weiteren vorteilhaften Ausgestaltungen anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 einen teilweisen Schnitt senkrecht zur Kurbelwellenachse durch eine Kolbenmaschine nach 30 der Erfindung, Fig. 2, 2a und 3 Details aus Fig. 1 gleicher Schnittdarstellung in vergrößertem Maßstab, Fig. 4a, 4b und 5a, 5b Schnitte nach den Linien IV-IV bzw. V-V in Fig. 2, Fig. 6 einen Schnitt nach Linie VI-VI in Fig. 3, Fig. 7 eine Variante der in Fig. 6 dargestellten Ausführung, Fig. 8 bis 12 Varianten des Zylinderkopfes im Detail und Fig. 13 und 13a Varianten der in Fig. 2 dargestellten Ausführung.

Die in Fig. 1 vereinfacht dargestellte Kolbenmaschine 1 weist einen Arbeitszyylinder 2 mit einem 35 Zylinderkopf 3 auf, wobei der Arbeitszyylinder 2 mit einem Kolbenführungszyylinder 4 verbunden ist. Letzterer beinhaltet einen Kolben 5, in dem zentrisch ein Ventil 6 eingebaut ist, das von einem im Gehäuse 7 untergebrachten Ventilbetätigungsmechanismus 8 steuerbar ist. Das Gehäuse 7 wird auf einer Basiseinheit 9 montiert. Als Basiseinheit 9 kann eine beliebige Kolbenmaschine bekannter Bauart verwendet werden, deren Kolben so umgestaltet wird, daß er als Kreuzkopf 10 für die Kolbenstange 11 der gegenständlichen 40 speziellen Kolbenmaschine 1 verwendet werden kann.

Die Kolbenmaschine 1 kann entweder fremdangetrieben oder als Brennkraftmaschine arbeiten. Beim geschleppten Betrieb der Kolbenmaschine 1 wird der Kolben 5 von der Kurbelwelle 64 der in hier nicht dargestellter Weise fremdangetriebenen, Basiseinheit 9 über deren als Kreuzkopf 10 ausgebildeten Kolben mittels der Kolbenstange 11 hin- und herbewegt.

45 Über Gaszuführöffnungen 15 gelangt Gas bzw. Luft in den Gaswechselzylinderraum 47 und verläßt diesen über einen Axialschlitz 34' des Mantels 34 des Kolbens 5 und die Gasabführöffnungen 16, sodaß der Raum 47 ständig gespült wird. Das Ventil 6 im Kolben 5 steuert den Gasaustausch zwischen Gaswechselzylinderraum 47 und dem Inneren des Arbeitszylinders 2 bzw. des Brennraumes 13, der durch einen zylindrischen Teil 12 im Zylinderkopf 3 gebildet wird. Dieser zylindrische Teil 12 weist nach oben 50 eine Öffnung auf, die durch eine durchsichtige, scheibenförmige Platte 14 aus Quarzglas abgeschlossen ist und so den gewünschten optischen Zutritt in den Brennraum 13 bzw. in das Innere des Arbeitszylinders 2 ermöglicht.

Der Ventilbetätigungsmechanismus 8, der das Ventil 6 über eine Ventiloncke 55 bewegt, wird mittels der Nocke 18 einer Nockenwelle 17, die in nicht dargestellter Weise von der Kurbel- 64 bzw. Nockenwelle 55 63 der Basiseinheit 9 angetrieben wird, betrieben. Nähere Details der Ventilsteuerung sind aus der Beschreibung der Fig. 3 ersichtlich.

Die Fig. 2 zeigt ein Detail aus einer Ausführung ähnlich wie in der Fig. 1, und zwar den einen Zylinderkopf 3 aufweisenden Arbeitszyylinder 2 mit anschließendem Kolbenführungszyylinder 4. Der zentrale

Teil 12, der den Brennraum 13 begrenzt, sitzt in einer zylindrischen Ausnehmung 19 des nach oben verlängerten Kragenteiles 20 des Arbeitszylinders 2 und wird über die scheibenförmige Platte 14 mittels der Halteplatte 21 auf dem Arbeitszylinder 2 befestigt. Dies kann vorzugsweise so erfolgen, daß - wie gezeichnet - die Halteplatte 21 am Außenrand in der Art einer Überwurfmutter ausgebildet wird und so  
 5 mittels des Gewindes 22 auf den mit einem entsprechenden Außengewinde versehenen Kragenteil 20 des Arbeitszylinders 2 festgeschraubt wird, was einen besonders einfachen und raschen Austausch der durchsichtigen Platte 14 ermöglicht.

Die Halteplatte 21 weist in der Mitte eine Öffnung 23 auf, durch welche der erwünschte optische Zugang zum Brennraum 13 und in das Innere des Arbeitszylinders 2 ermöglicht wird.

10 Es ist möglich, noch ein oder mehrere, am Umfang des zentralen Teiles 12 beliebig verteilte Öffnungen 24 vorzusehen, welche durch durchsichtige, vorzugsweise ebenfalls aus Quarzglas bestehende Plättchen 14' verschlossen werden, wie auch in den Fig. 8 bis 12 dargestellt. Diese Plättchen 14 bzw. 14' werden mittels Schrauben 25, die eine axiale Ausnehmung aufweisen, im zentralen Teil 12 des Zylinderkopfes 3 befestigt.

15 Im Kragenteil 20 befinden sich korrespondierende Öffnungen 26, durch die einerseits die Plättchen 14' mittels der hohlen Schrauben 25 leicht und rasch montiert bzw. demontiert werden können und durch die andererseits die optische Zugänglichkeit zum Brennraum 13 und in den oberen Teil des Arbeitszylinders 2 den Erfordernissen entsprechend gegeben ist.

Der Arbeitszylinder 2 wird vorzugsweise wie in Fig. 1 und 2 dargestellt, in wassergekühlter Bauart, mit  
 20 Kühlwassermantel 27, ausgeführt, kann aber auch in luftgekühlter Bauart mit Kühlrippen versehen werden.

Der Kolbenführungszyylinder 4 besteht - beginnend mit seinem der Basiseinheit 9 zugewandten Ende - aus einem zylindrischen Teil 30, der in hier nicht dargestellter Weise am Gehäuse 7 befestigt ist, daran anschließend aus einem Zwischenstück 29 mit Öffnungen 15 für die Zuführung von Luft bzw. Gas und an seinem oberen Ende aus einem weiteren Zwischenstück 28, in welchem sich die Luft- bzw. Gasabführöff-  
 25 nungen 16 befinden.

Die Öffnungen 15, welche als runde Bohrungen oder als Schlitz mit ovalem oder sonst beliebig geformtem Querschnitt ausführbar sind, können je nach den Erfordernissen der zu untersuchenden Strömung radial zur Zylinderachse 67 oder tangential zum Zylindermantel oder in einer Zwischenstellung zwischen diesen beiden Richtungen angeordnet werden, um mehr oder weniger Drehbewegung im  
 30 Gaswechselzylinderraum 47 zu erzeugen. Das gleiche gilt für die Gasabführöffnungen 16, welche je nach der Anordnung der Öffnungen, die mehr oder weniger in Drehbewegung befindliche Luft aus dem Zylinder möglichst verlustfrei abführen, was auch aus den Fig. 4b und 5b hervorgeht.

Der Kolbeninnenteil 31 des Kolbens 5 weist eine mehrfach abgesetzte zentrale Bohrung 32 auf, die den Schaft 6' des Ventils 6 beinhaltet, das mit seinem kegeligen Ventilteller 45 im Ventilsitz 40 aufliegt und von  
 35 unten, so wie in Fig. 3 detailliert dargestellt, betätigt wird.

Im Kolbeninnenteil 31, dessen oberes Ende einen strömungsgünstig gestalteten, kegelähnlichen Teil 33 trägt, befinden sich die Ventilfehrungsbüchsen 48 und 48' sowie die Gummibalgdichtung 96 zur Abdichtung des Ventilschaftes 6' zum Kolbeninnenteil 31. An seinem unteren Ende ist der Kolbeninnenteil 31 flanschförmig ausgebildet, wobei der Außendurchmesser des Flansches gleich dem Durchmesser des  
 40 Kolbens 5 ist und so den Kolben unten im zylindrischen Teil 30 des Kolbenführungszyinders 4 führt und mittels des Dichtungsringes 46 den Gaswechselzylinderraum 47 nach unten abdichtet. Kolbeninnenteil 31 und Kolbenstange 11 werden mittels Schrauben 49 verschraubt.

Der Kolbenmantel 34 wird zweckmäßigerweise - um die Teile leichter herstellen und leichter ganz oder zum Teil auswechseln zu können - aus drei Teilen zusammengebaut: dem zylindrischen Teil 35, welcher  
 45 die Schlitz 36 für den Gasaustausch beinhaltet, dem mittleren Teil 37, welcher innen strömungsgünstig hohlkegelartig ausgebildet ist, und so mit dem Teil 33 einen strömungsgünstigen, ringförmigen Raum 38 bildet, welcher in der Funktion einem normalen Einlaß- oder Auslaßkanal üblicher Bauart entspricht, und dem plattenförmigen oberen Abschlußteil 39, welcher den Ventilsitz 40 beinhaltet.

Die genannten Teile 35, 37 und 39 werden mittels Schrauben 41 zu einer Einheit, dem Kolbenmantel 34  
 50 des Kolbens 5 zusammengeschraubt. Es ist aber auch ein Kolbenmantel aus einem Stück, gegossen oder aus dem Vollen herausgearbeitet, möglich. Der Kolbenmantel 34 und der Kolbeninnenteil 31 werden über Abstandselemente 42 gegeneinander abgestützt, zentrisch ausgerichtet und mittels Schrauben 44 miteinander verschraubt, sodaß nun der Kolbenmantel 34 und der Kolbeninnenteil 31 eine Einheit - den Kolben 5 - bilden. Der Kolbenmantel 34 wird mittels Dichtungsringen 78 gegen den Kolbenführungszyylinder 4 abge-  
 55 dichtet. Die zwischen den Abstützelementen 42 befindlichen Elemente 43 dienen zu einer Vergleichmäßigung der Strömung im Gaswechselzylinderraum 47.

In Fig. 1 und Fig. 2 ist das Ventil 6 und ebenso der Brennraum 13 in der Achse 67 des Zylinders 2 angeordnet dargestellt, wodurch im Bereich des Ventilsitzes 40 beim Öffnen des Ventiles und folglich auch

im Zylinder 2 und im Brennraum 13 ein rotationssymmetrischer Vorgang abläuft, welcher zweidimensional erfaßt werden kann.

Die Fig. 3 beschreibt ein weiteres Detail gemäß Fig. 1 und zwar den Ventilbetätigungsmechanismus 8 im Gehäuse 7 und Teile der Basiseinheit 9. Der Ventilbetätigungsmechanismus 8 besteht im wesentlichen aus der Nockenwelle 17 mit der Nocke 18, der Schwinghebellagerung 50, welche den Schwinghebel 51 mit der Rolle 52 trägt, der Rückholfeder 53 und der einstellbaren Schubstange 54, über welche die Ventiloncke 55 betätigt wird.

Die Kolbenstange 11 nimmt in ihrer zentrischen Bohrung 58 die Ventiloncke 55 mit deren Lagerung 56 auf. Der mit der Ventiloncke 55 verbundene, hier nur durch seine Mittellinie dargestellte Betätigungshebel 57, ist mit der Schubstange 54 des Ventilbetätigungsmechanismus 8 gelenkig verbunden, wie dies auch in Fig. 7 und 8 detailliert dargestellt ist.

Ferner befindet sich in der zentrischen Bohrung 58 der Kolbenstange 11 ein Rollenstößel 59 üblicher Bauart, der über seine Rolle 60 mit der Ventiloncke 55 zusammenwirkt. Die Ventolfeder 61 stützt sich an der in Fig. 2 ersichtlichen Platte 62 ab, welche zugleich als Zentrierteil zwischen Kolbenstange 11 und dem hohlgebohrten Kolbeninnenteil 31 dient.

Die Nockenwelle 17 der Kolbenmaschine 1 wird in nicht dargestellter Weise von der Nockenwelle 63 (bzw. vom Nockenwellenantrieb) der Basiseinheit 9 oder direkt von der Kurbelwelle 64 angetrieben. Je nach dem Übersetzungsverhältnis zwischen der Nockenwelle 63 der Basiseinheit 9 und der Nockenwelle 17, kann die Kolbenmaschine 1 nach dem 6-Taktverfahren oder nach dem 4-Taktverfahren betrieben werden, und zwar entweder als "geschleppte Maschine", d.h., die Basiseinheit 9 wird von einem Extramotor angetrieben, oder als "gefeuerte Maschine", in welchem Falle allerdings nach Art einer normalen Brennkraftmaschine in den Zylinderkopf 3 eine Einspritzdüse 68 (siehe Fig. 10) bzw. eine hier nicht gezeigte Zündkerze, montiert werden muß. Durch die entsprechende Gestaltung des Profils der Nocke 18 können die Steuerzeiten des Ventils 6 vorbestimmt werden.

Für spezielle Untersuchungen der Luftströmung im Ventilspace ist auch eine Übersetzung möglich, bei der die Nockenwelle 17 mit gleicher Drehzahl läuft wie die Kurbelwelle 64.

In den Fig. 4a bzw. 5a sind die Gasabführöffnungen 16 bzw. Gaseinführöffnungen 15 dargestellt. Durch die ständig offenen Gaszuführöffnungen 15 wird unter einem vorbestimmten Druck dauernd Luft bzw. Gas-Luftgemisch eingeblasen, welche anschließend - mit mehr oder weniger Drallbewegung, je nach der Richtung der Gaszuführöffnungen 15, 15' deren Achsen nach einer in Fig. 5b dargestellten Variante von der radialen Richtung abweichen - den Gaswechselzylinder 47 durchströmt und über die ebenfalls ständig offenen Gasabführöffnungen 16 entweicht, sodaß sich nur frische Luft im Raum 47 befindet, die unter einem bestimmten Druck steht, entsprechend der Druckdifferenz zwischen Zu- und Abströmdruck, welcher durch eine Drosselstelle 36'' im Schlitz 36 zusätzlich geregelt wird. Es ist auch, wie in Fig. 4b dargestellt, möglich, das Abströmen der Gase durch schräge Schlitz 36' im zylindrischen Teil 35 des Kolbenmantels 34 und anschließenden Gasabführöffnungen 16' im Zwischenstück 28, deren Achsen eine Tangentialkomponente zur Zylinderachse 67 aufweisen, zu erleichtern. Die Zwischenstücke 28 bzw. 29 mit Gasführöffnungen 16, 16' bzw. Gaseinführöffnungen 15, 15' können leicht gegen andere ausgetauscht werden, wenn andere Strömungsverhältnisse untersucht werden sollen.

Die Fig. 6 zeigt in einem vergrößerten Maßstab den Ventilbetätigungsmechanismus 8 nach einem Schnitt nach der Linie VI-VI in Fig. 3. Die Bewegung der Schubstange 54 wird über einen Bolzen 70 auf den mit dem Nockenträger 69 fest verbundenen Betätigungshebel 57 übertragen. Der Nockenträger 69, dessen Achse auf der Zylinderachse 67 normal steht, ist mittels Lager 56 in der Kolbenstange 11 gelagert. Die Nocke 55 des Nockenträgers 69 wirkt mit der Rolle 60 des Rollenstößels 59 zusammen, der die Bewegung auf den Ventilschaft 6' des Ventils 6 überträgt.

Nach einer in der Fig. 7 dargestellten Variante kann der Nockenträger 69' als vertikaler zylindrischer Teil mit nach oben herausragendem Nockenprofil 71 ausgebildet sein, wobei der Rollenstößel 59' ein entsprechendes Gegenprofil 72 hat und über Kugeln 73, die sich zwischen Nockenprofil 71 und Gegenprofil 72 befinden, mit wenig Reibung und minimaler Schmierung betätigt werden kann. Der Nockenträger 69' wird von den Lagern 74 und 75 in der Bohrung 58 der Kolbenstange 11 um seine vertikale Achse drehbar gelagert und über zusammenwirkende Kegelräder 76 und 77 mittels Betätigungshebel 57 von der Verstellkraft der Schubstange 54 beaufschlagt.

Im folgenden wird der Bewegungsablauf der erfindungsgemäßen Kolbenmaschine beschrieben.

Wenn die Kurbelwelle 64 der Basiseinheit 9 in Drehung versetzt wird, so bewegt sich der als Kreuzkopf wirkende Kolben nach oben und mit ihm der Kolben 5 im Kolbenführungszyylinder 4. Zugleich wird das Ventil 6 mittels des Rollenstößels 59 geöffnet, wobei dieser von der Ventiloncke 55 betätigt wird, welche ihrerseits durch den Ventilbetätigungsmechanismus 8 um einen bestimmten Winkel bis zum vollen Öffnen des Ventils 6 verdreht wird. Das Ventil 6 verbleibt in dieser geöffneten Lage solange die Rolle 52 auf dem

Hubprofilteil der Nocke 18 läuft.

Die Nockenwelle 17 läuft in einem bestimmten Übersetzungsverhältnis zur Nockenwelle 63 bzw. zur Kurbelwelle 64 der Basiseinheit 9, wobei je nach Übersetzung, d. h. Drehzahl der Nockenwelle 17 relativ zur Drehzahl der Welle 63 bzw. der Kurbelwelle 64, nach dem 6-Takt- oder nach dem 4-Taktverfahren gefahren werden kann.

Das Profil der Nocke 18 wird für den Fall des 6-Taktverfahrens so ausgelegt, daß das Ventil 6 während des ganzen Hubes offen ist und erst wenn der Kolben 5 den oberen Totpunkt (OT) erreicht hat, wieder geschlossen wird.

Dadurch wird während des Aufwärtshubes die bzw. das im Inneren des Arbeitszylinders 2 und zum Teil im Brennraum 13 befindliche Luft bzw. Gas durch den Kolben 5 über den offenen Ventilsitz 40 ausgeschoben und durch die eingangs erwähnte, den Gaswechselzylinderraum 47 ständig durchströmende Spülluft mitgerissen und über die Gasabführöffnungen 16 entfernt: AUSLASSTAKT.

Während der folgenden Weiterdrehung der Kurbelwelle 64 um  $360^\circ$  wird der Kolben 5 vom OT zum UT und weiter vom UT zum OT bewegt, wobei das Ventil 6 geschlossen bleibt, weil die Rolle 52 auf dem Grundkreis der Nocke 18 läuft und folglich auch der Rollenstößel 59 auf den Grundkreis der Ventalnocke 55 verbleibt. Das ergibt beim 6-Taktverfahren die zwei LEERTAKTE.

Während dieser Leertakte wird der Gaswechselzylinderraum 47 durch die von den Gaswechselöffnungen 15 nach 16 ständig stattfindende Strömung mittels Frischluft durchgespült, wobei die aus dem Arbeitszylinder 2 während des Ausschubtaktes ausgetretene Restluft bzw. Restgase weitgehendst mitgerissen werden, sodaß im Raum 47 nur mehr Frischluft verbleibt.

Bei Weiterdrehen der Kurbelwelle 64 der Basiseinheit 9 bewegt sich der Kolben 5 wieder vom OT zum UT, wobei zugleich das Ventil 6 neuerlich möglichst rasch geöffnet wird, weil gemäß dem Profil der Nocke 18 und dem Übersetzungsverhältnis von der Nockenwelle 63 bzw. der Kurbelwelle 64 der Basiseinheit 9 und der Nockenwelle 17 der Ventilbetätigungsmechanismus 8 die Ventalnocke 55 im Sinne "Ventil - öffnen" betätigt. Dadurch kann ein Teil der aus den Gaszuführöffnungen 15 unter Druck ankommenden Luft über den nun offenen Ventilsitz 40 in das Innere des Arbeitszylinders 2 strömen (ein Teil der Luft bzw. des Gases entweicht weiterhin über die Gasabführöffnungen 16) und zwar so lange, bis der Kolben 5 den UT erreicht und das Ventil 6 wieder möglichst rasch im UT schließt: ANSAUGTAKT.

Bei anschließender Weiterdrehung der Kurbelwelle 64 geht der Kolben 5 bei geschlossenem Ventil 6 vom UT wieder zum OT und die Ladung im Brennraum 13 und im Arbeitszylinder 2 wird komprimiert: KOMPRESSIONTAKT.

Bei der "geschleppten Maschine" wird durch Weiterdrehen der Kurbelwelle 64 der Basiseinheit 9 bei weiterhin geschlossenem Ventil 6 der Kolben 5 zum UT hin bewegt, wodurch die Luft bzw. das Gas im Brennraum 13 und im Arbeitszylinder 2 expandiert: EXPANSIONSTAKT.

Bei der "gefeuerten Maschine" wird in bekannter Weise nahe der OT-Lage des Kolbens 5, Kraftstoff eingespritzt der dann verbrennt, wodurch der Kolben nach unten bewegt wird: ARBEITSTAKT.

Damit ist ein Arbeitszyklus nach dem 6-Taktverfahren: Auslaßtakt, zwei Leertakte, Ansaugtakt, Kompressionstakt und Expansions- oder Arbeitstakt beendet, und der Vorgang beginnt von Neuem mit dem Auslaßtakt.

Beim Arbeitszyklus nach dem 4-Taktverfahren entfallen die zwei Leertakte und der Ansaugtakt folgt gleich dem Auslaßtakt. Dies ist durch entsprechende Wahl der Übersetzung der Kurbelwelle 64 bzw. der Nockenwelle 63 der Basiseinheit 9 zur Nockenwelle 17 der Kolbenmaschine 1 und Gestaltung der Nocke 18 ohne weiteres möglich. Die Spülung der Kolbenmaschine 1 beim 4-Taktverfahren ist allerdings weniger gründlich, und es verbleiben mehr Restgase im oberen Teil des Gaswechselzylinderraumes 47.

In den Fig. 8 bis 12 sind Varianten in der Ausführung des Zylinderkopfes 3 dargestellt. So zeigt Fig. 8 eine nach Art einer herkömmlichen Flanschverbindung ausgebildeten Halteplatte 79 für die durchsichtige Platte 14, die über mehrere Stift- bzw. Kopfschrauben 80 am Kragenteil 20 des Arbeitszylinders 2 befestigt ist.

In einer in Fig. 9 dargestellten Variante wird die durchsichtige Platte 14 ähnlich der Platte 14' in Fig. 2 von einer als Hohlschraube ausgebildeten Halteplatte 84 gehalten, durch deren Öffnung 23 der optische Zugang zum Brennraum 13 ermöglicht wird. Beim Einschrauben der Halteplatte 84 in das Innengewinde 85 des Kragenteils 20 drückt diese gegen einen Distanzring 86, der auf dem zentralen Teil 12 aufliegt und aufgrund seiner genau kalibrierten Dicke es ermöglicht, daß die Flachdichtungen 86' ausreichend fest zusammengedrückt werden und so richtig abdichten, ohne daß die Platte 14 zerbrochen wird.

In der Fig. 10 ist ein Zylinderkopf 3 dargestellt, bei welchem sich im zentralen Teil 12 der den Brennraum 13 begrenzt, eine Bohrung 82 befindet, die mit einer Bohrung 83 im Kragenteil 20 des Arbeitszylinders 2 fluchtet und zur Aufnahme einer Einspritzdüse 68 dient. Dadurch kann die Kolbenmaschine nach Art eines normalen Dieselmotors betrieben werden.

In den entsprechend gestalteten zentralen Teil 12 des Zylinderkopfes 3 können ein oder mehrere am Umfang beliebig verteilte durchsichtige Platten 81, beispielsweise Quarzplatten ähnlicher Bauart wie 14' in Fig. 2 mittels Hohlschrauben 25 angebracht werden, wobei deren Achsen 87, 88 parallel zur Zylinderachse 67, wie in Fig. 11a dargestellt, oder zu dieser geneigt, wie in Fig. 11b gezeigt, sein können, um den  
5 Brennraum 13 und das Innere des Arbeitszylinders 2 optisch ganz zu erfassen. Im zweiten Fall ist für den Fenstereinbau ein spezieller zentraler Teil 12' notwendig.

In einer in Fig. 12 dargestellten Variante ist es schließlich auch möglich, eine oder mehrere am Umfang des Arbeitszylinders 2 beliebig verteilte Bohrungen 89 für den horizontalen, optimalen Zugang in das Innere des Zylinders 2 vorzusehen. Im dargestellten Fall schließt die Achse 90 der Bohrung 89 mit der  
10 Zylinderachse 67 einen Winkel von 90° ein.

Eine Variante der in Fig. 2 dargestellten Anordnung zeigt die Fig. 13, bei welcher das Ventil 6 und der Kolbeninnenteil 31 des Kolbens 5' nicht in der Zylinderachse 67 liegen, sondern beliebig exzentrisch verschoben sein können. Ebenso kann der Brennraum 13 zusätzlich oder auch nur allein außermittig angeordnet werden bzw. nicht rotationssymmetrisch gestaltet sein. In beiden Fällen sind die Vorgänge im  
15 Zylinder räumlich asymmetrisch und werden dreidimensional erfaßt. Gleiche Teile wie in den übrigen Figuren sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. In dieser Ausführung ist der Arbeitszylinder 2' in seinem unteren Teil 91 aus durchsichtigem Material, vorzugsweise Quarzglas, aufgebaut. Auch der Arbeitszylinder 2 nach Fig. 1 bzw. Fig. 2 kann im unteren Teil ebenfalls aus durchsichtigem Material sein, der obere Teil 92 des Arbeitszylinders 2' wird über Verbindungselemente 93 mit dem Flansch 95 mittels  
20 Schrauben 94 verbunden und fixiert somit auch den unteren durchsichtigen Teil 91 des Arbeitszylinders 2'. Durch das exzentrisch angeordnete Ventil 6 ist es möglich, Strömungsverhältnisse und Verbrennungsparameter zu untersuchen, wie sie bei Brennkraftmaschinen mit ihren exzentrisch angeordneten Ein- und Auslaßventilen anzutreffen sind.

Die Fig. 13a zeigt eine Weiterbildung der in Fig. 13 dargestellten Ausführungsvariante. Dabei ist es  
25 durch einen am Kolbenboden des Kolbens 5' angebrachten Spiegel 97' möglich, aus einer zur Zylinderachse 67 parallelen Blickrichtung, die durch den Sehstrahl 98 angedeutet ist, den Ventil Sitz 40 bzw. das Ventilteller 45 auch während der Hubbewegung des Kolbens 5' zu beobachten. Gleichzeitig ist es möglich, den Ventil Sitz 40 bzw. das Ventilteller 45 von außen über den Spiegel 97' zu beleuchten. Wenn keine kontinuierliche Beobachtung der Ventilbewegung gewünscht ist, sondern nur Momentaufnahmen gemacht  
30 werden, sind auch Sehstrahlrichtungen denkbar, die zur Zylinderachse 67 nicht parallel sind, was einen Spiegel 67' mit entsprechend geneigter Oberfläche erfordert.

Selbstverständlich ist es auch möglich, an einem symmetrisch aufgebauten Kolben einen Spiegel anzubringen. Die Fig. 2a, die eine Variante der Fig. 2 darstellt, zeigt die Anbringung eines Spiegels 97 am plattenförmigen Abschlußteil 39 des Kolbens 5. Für diese Ausführungsvariante gelten sinngemäß die  
35 gleichen Gegebenheiten, wie die oben bei der Beschreibung der Fig. 13a angeführten.

Der Spülluft oder dem Spülgas können verschiedene feinkörnige Pulverteilchen, gleichmäßig verteilt, beigegeben werden. Aufgrund der bei dieser speziellen Kolbenmaschine gegebenen guten optischen Zugänglichkeit in den Brennraum, den Arbeitszylinder und zum Ventil Sitz können mittels geeigneter bekannter optischer Methoden, wie z.B. Laser-Doppler Anemometrie oder Laser-Absorptionsmethode oder  
40 auch mittels Kurzzeit- oder Hochgeschwindigkeitsfotografie die Vorgänge in ihrem Bewegungsablauf in allen Stellen der erwähnten Räume optisch verfolgt und fotografisch festgehalten werden.

## Patentansprüche

- 45 1. Kolbenmaschine mit einem im Kolbenführungszyylinder axial geführten hin- und hergehenden Kolben und Gaswechselorganen sowie mit optisch transparentem Zugang des Brennraumes und/oder des Arbeitszylinders, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Kolben (5) ein einziges Ventil (6) zur Steuerung des Gaseinlasses sowie des Gasauslasses in den bzw. aus dem Zylinder (2) angeordnet ist und der Kolbenführungszyylinder (4) je eine Gaszuführöffnung (15) und eine Gasabführöffnung (16) aufweisen  
50 und der Mantel (34) des Kolbens (5) einen korrespondierenden Axialschlitz (36) besitzt, sodaß das Ventil (6) abwechselnd mit der Gaszuführöffnung (15) und der Gasabführöffnung (16) in Strömungsverbindung bringbar sind.
2. Kolbenmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der das Ventil (6) aufnehmende  
55 Kolben (5) über eine mit dem hohlen Kolbeninnenteil (31) fest verbundenen hohle Kolbenstange (11), welche vom Ventilschaft (6') durchsetzt ist, und einem Kreuzkopf (10) mit der Kurbelwelle (64) der Maschine (1) in Antriebsverbindung steht.

3. Kolbenmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine in der hohlen Kolbenstange (11) angebrachte Ventiloncke (55) über einen Rollenstößel (59) mit dem Schaft (6') des Ventiles (6) zusammenwirkt und mittels eines am Gehäuse (7) der Maschine (1) angelenkten Schwinghebels (51), der seinerseits von einer parallel zur Kurbelwelle (64) liegenden und von dieser mit definierter Übersetzung angetriebenen Nockenwelle (17) - vorzugsweise über eine am Schwinghebel (51) gelagerte Rolle (52) - um definierte Winkel drehbar ist.  
5
4. Kolbenmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Durchströmquerschnitt des Ventiles (6) mit dem vom Kolbeninnenteil (31) einerseits und vom, nur über im wesentlichen senkrecht zur Achse des Kolbeninnenteils (31) über Abstandselemente (42) mit diesem verbundenen Kolbenmantel (34) andererseits begrenzten Gaswechselzylinderraum (47) in Verbindung steht, daß der Kolbeninnenteil (31) in einem Abstand von der Kolbenunterkante (66), der größer als der Hub ist, innen am Zylinder (30) abdichtet, und daß der so zwischen Kolbenmantel (34), Kolbeninnenteil (31) und Kolbenführungszyylinder (4) gebildete Raum (47) über seitlich am Kolbenführungszyylinder (4) angeordnete Gaszuführöffnungen (15) und Gasabführöffnungen (16) füll- und entleerbar bzw. spülbar ist.  
10  
15
5. Kolbenmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die seitliche Gaszuführöffnung (15) und die Gasabführöffnung (16) während des Kolbenhubes ständig geöffnet und mit Frischgas spülbar sind.  
20
6. Kolbenmaschine nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gaszuführöffnung (15) bzw. Gasabführöffnung (16) zur Zufuhr von Frischgas unterhalb der Kolbenunterkante (66) und zur Abfuhr im Bereich der oberen Hälfte des Kolbens (5) - bezogen jeweils auf den unteren Totpunkt des Kolbens (5) - angeordnet sind, und daß der zylindrische Teil des Kolbenmantels (34) im Bereich der bzw. jeder überschliffenen Gasabführöffnung (16) seitlich einen Schlitz (36) aufweist.  
25
7. Kolbenmaschine nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der das Ventil (6) in einer zentralen Bohrung (32) aufnehmende Kolbeninnenteil (31) außerhalb der Zylinderachse (67) liegt (Fig. 13).  
30
8. Kolbenmaschine nach Anspruch 1 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bereich des Ventilsitzes (40) des Ventils (6) auf der Oberfläche des Kolbens (5) ein Spiegel (97; 97') angebracht ist, der einen vorzugsweise zur Zylinderachse (67) parallelen Sehstrahl (98) auf den Ventilsitz (40) bzw. den Ventilteller (45) richtet.  
35

Hiezu 9 Blatt Zeichnungen

40

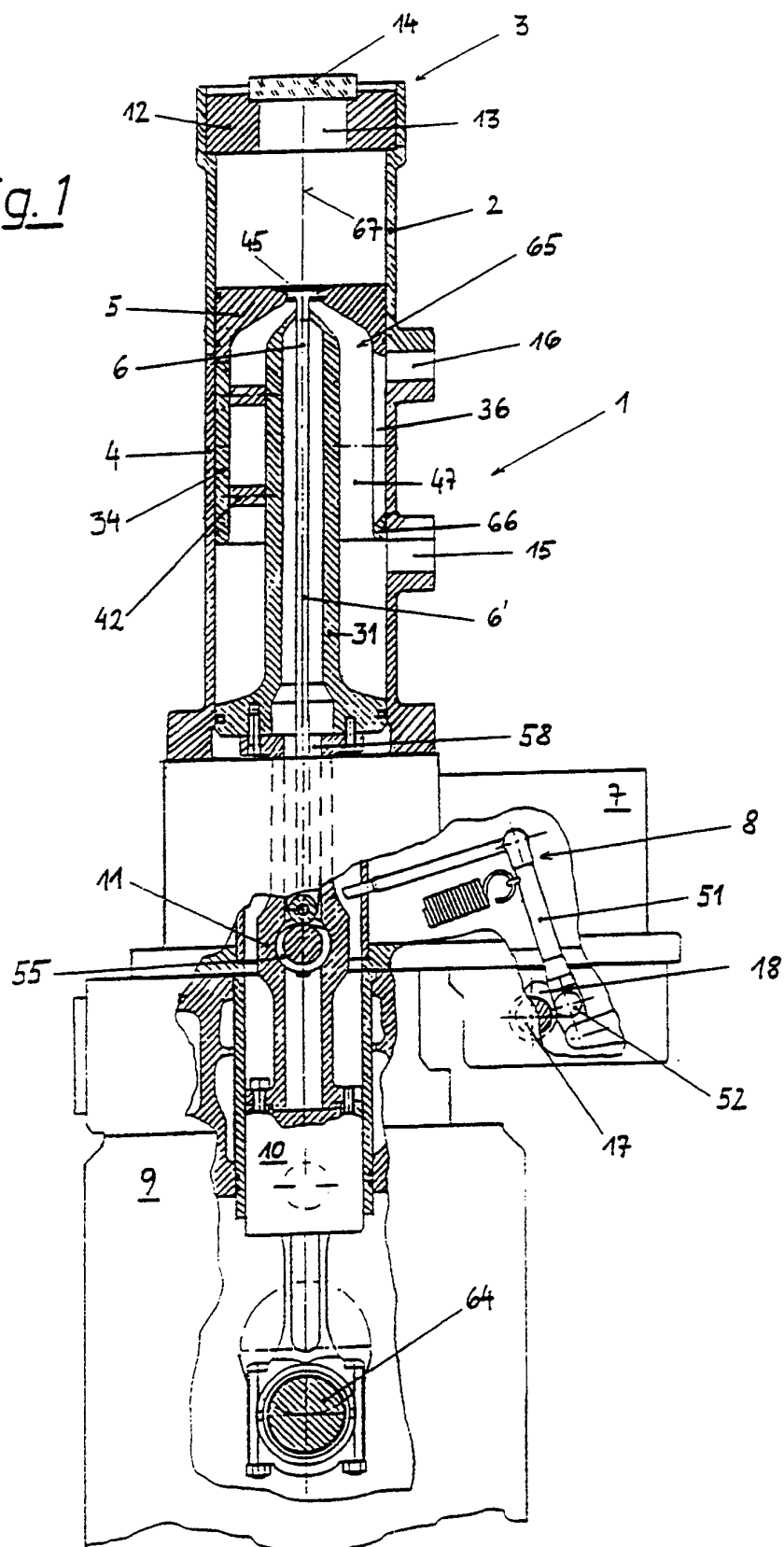
45

50

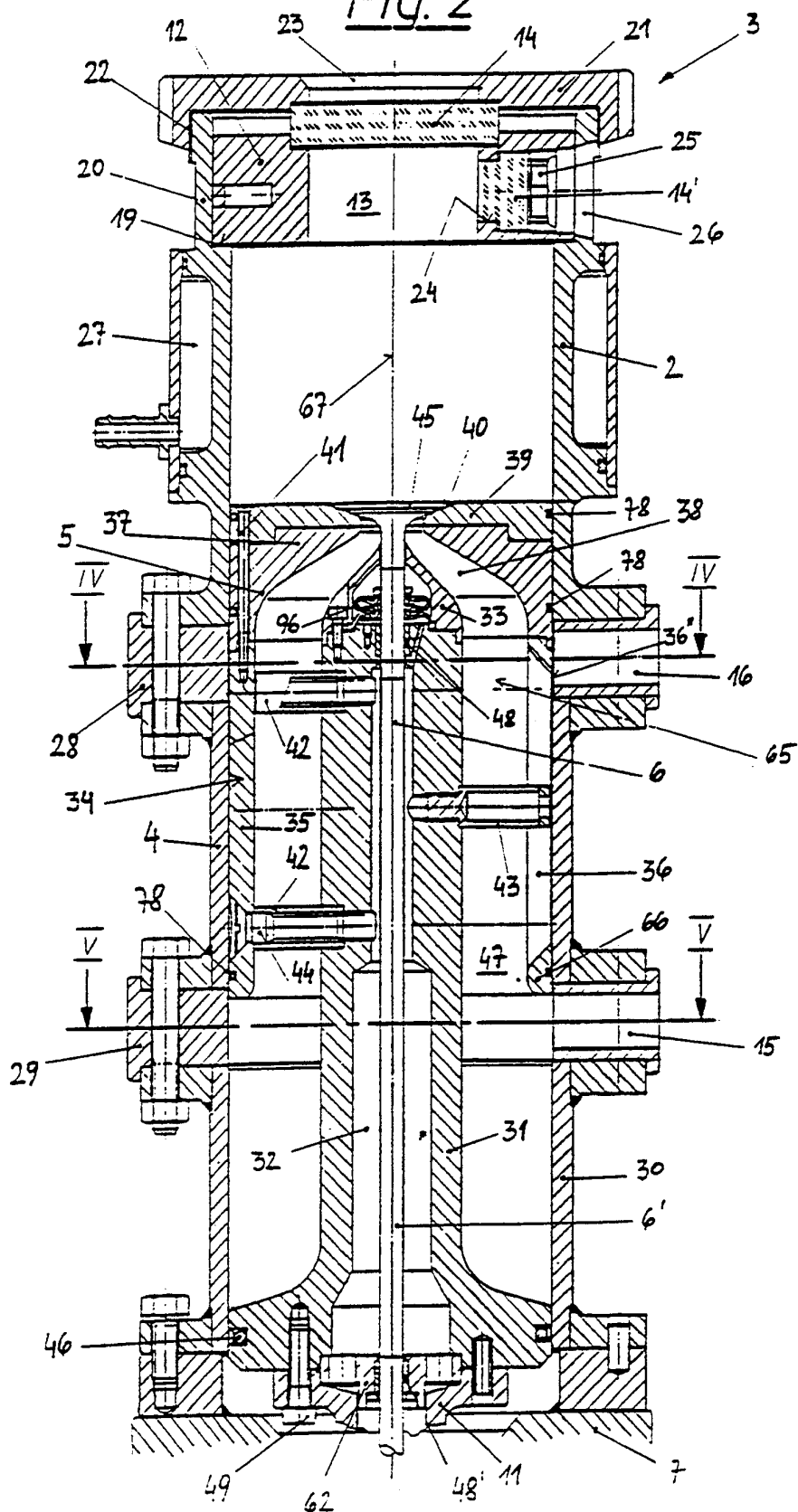
55

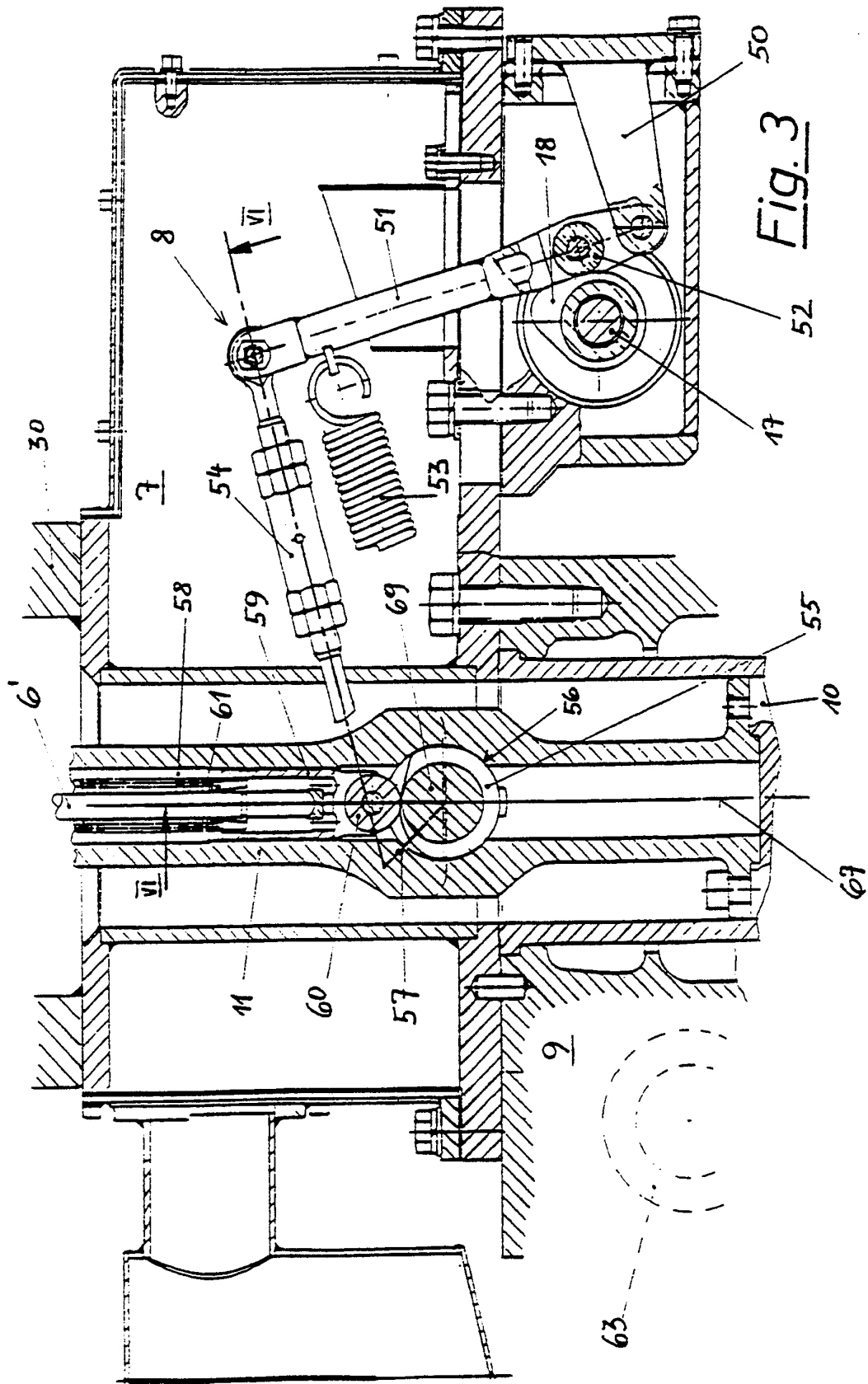


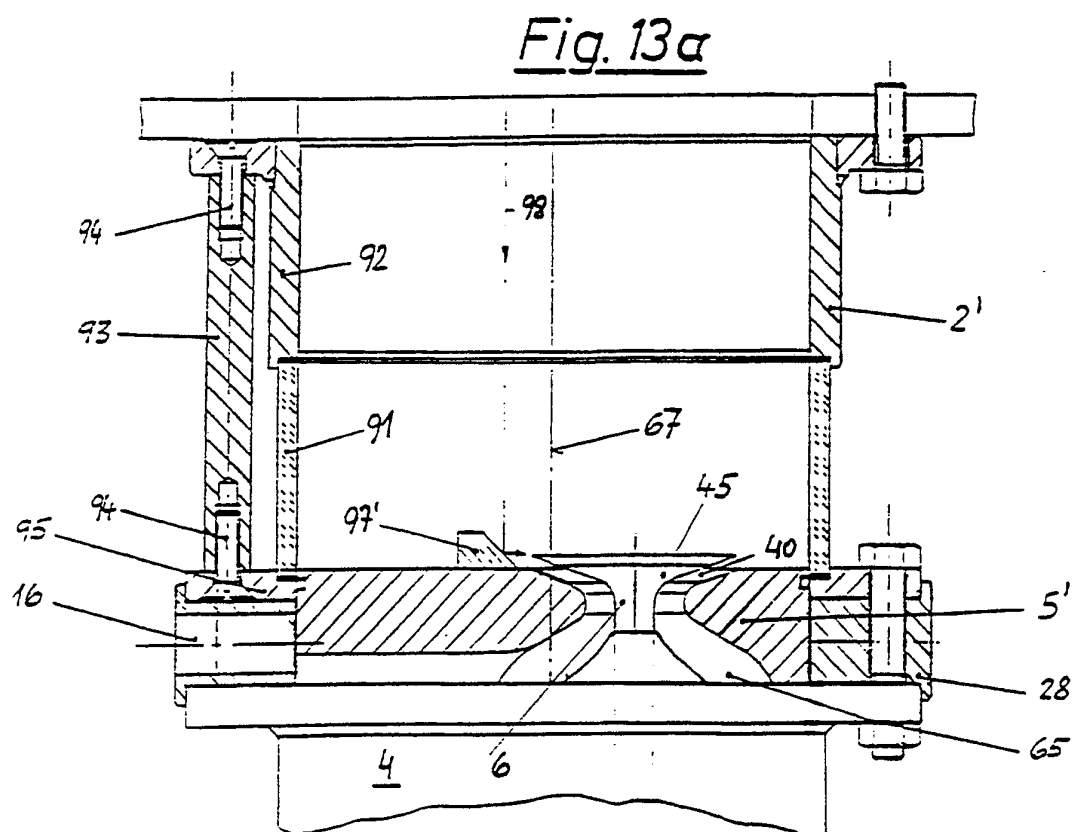
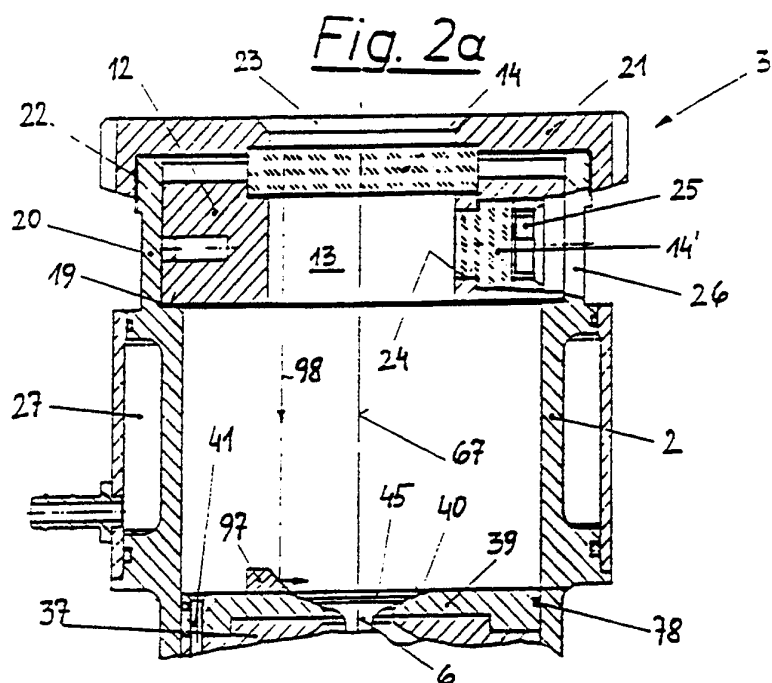
Fig. 1

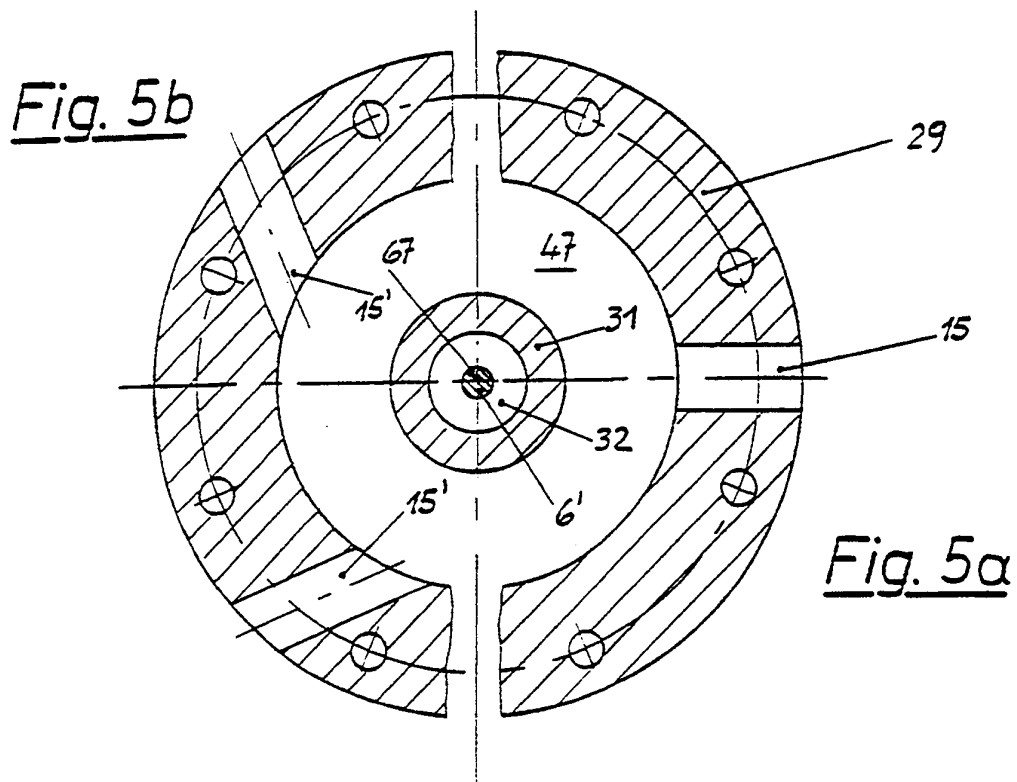
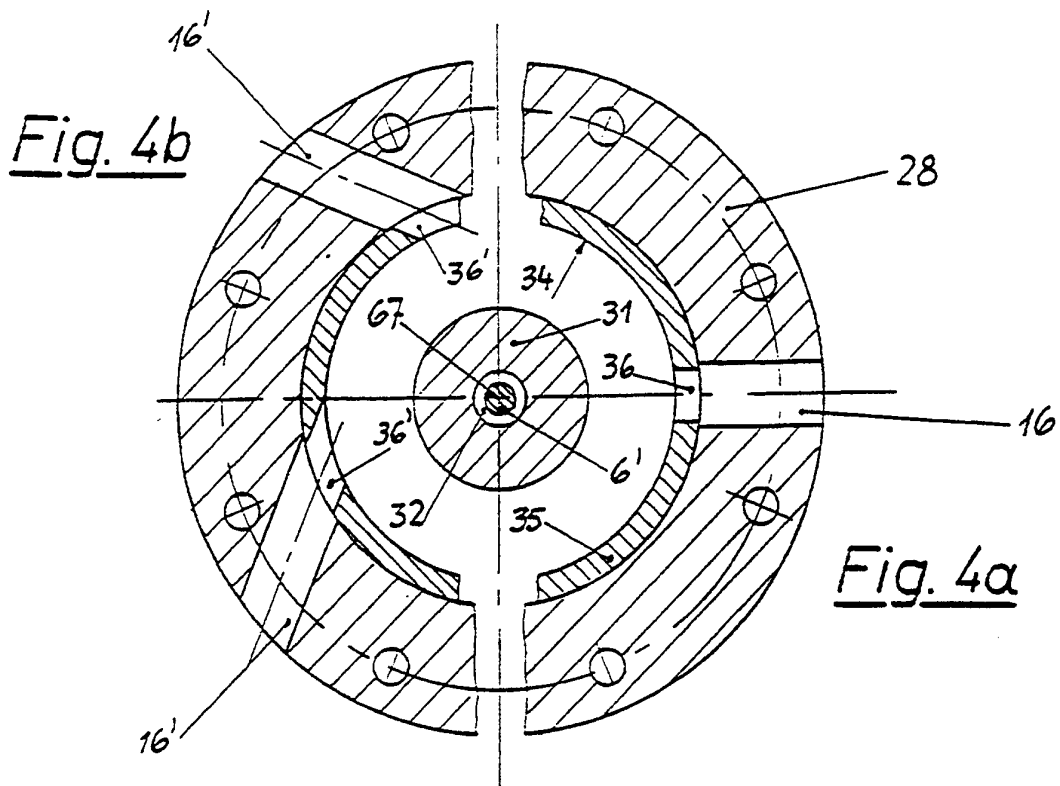


*Fig. 2*









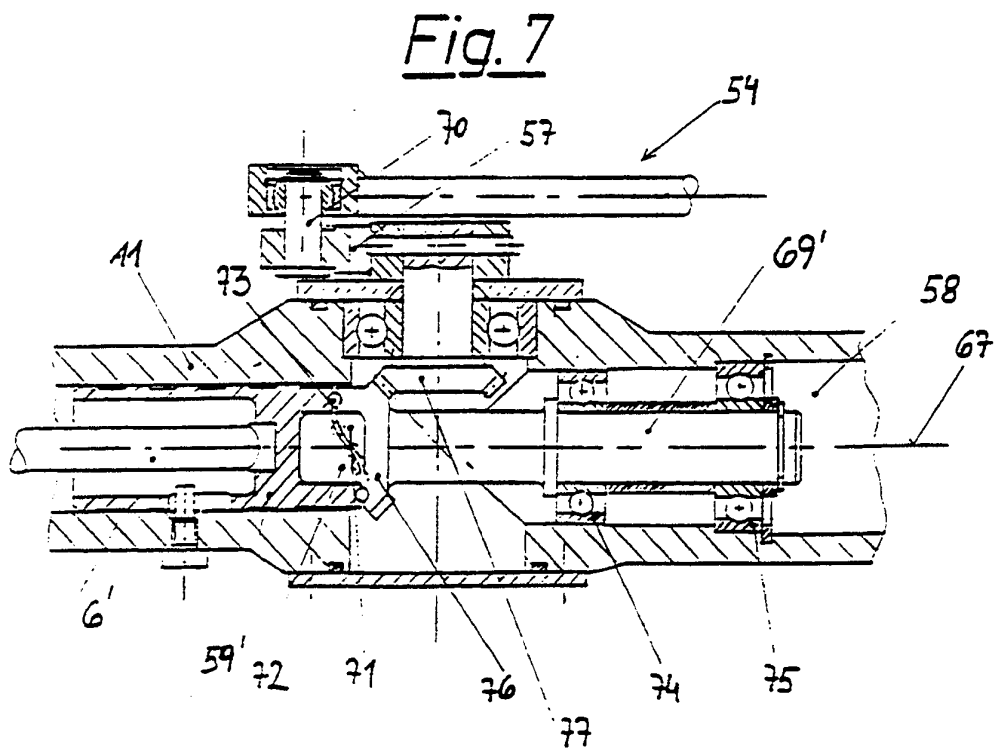
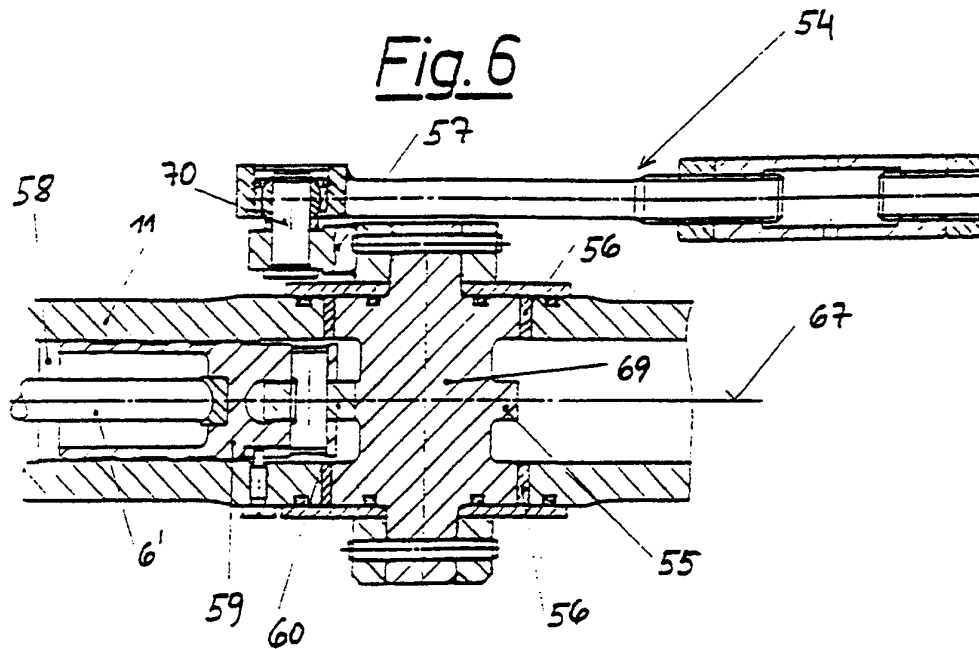


Fig. 8

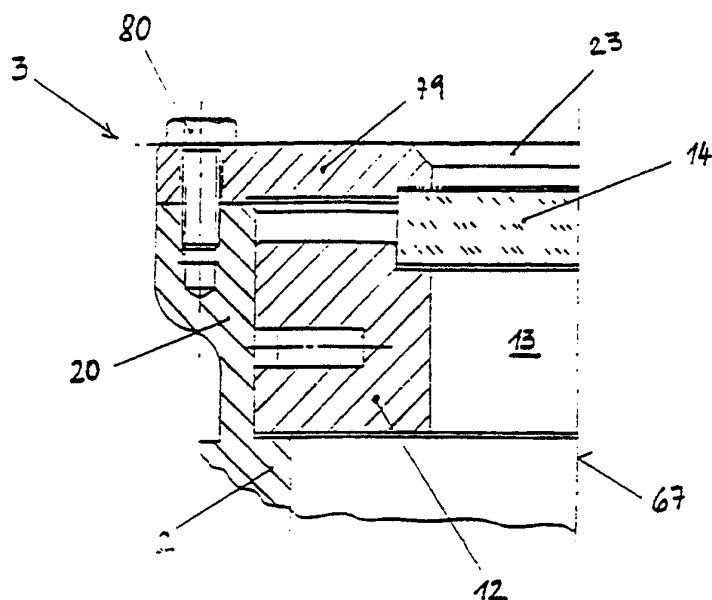


Fig. 10

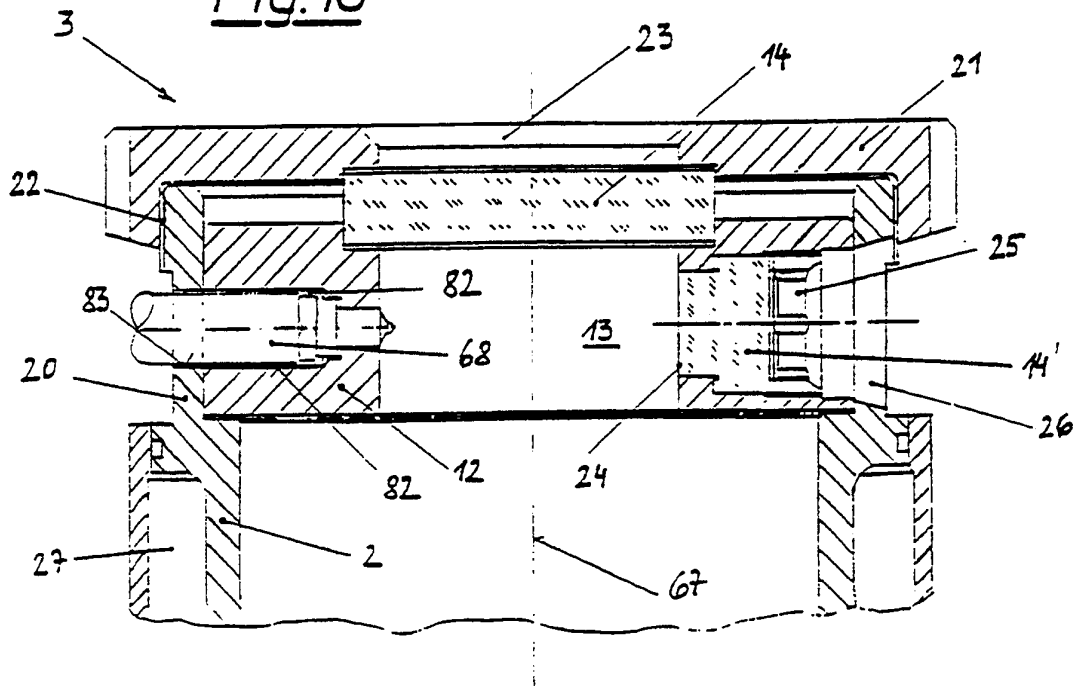






Fig. 13

