



(10) **DE 10 2009 025 404 B4** 2018.01.25

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 025 404.8**
(22) Anmeldetag: **16.06.2009**
(43) Offenlegungstag: **20.01.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.01.2018**

(51) Int Cl.: **F02F 3/28** (2006.01)
F02B 23/06 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
**MTU Friedrichshafen GmbH, 88045
Friedrichshafen, DE**

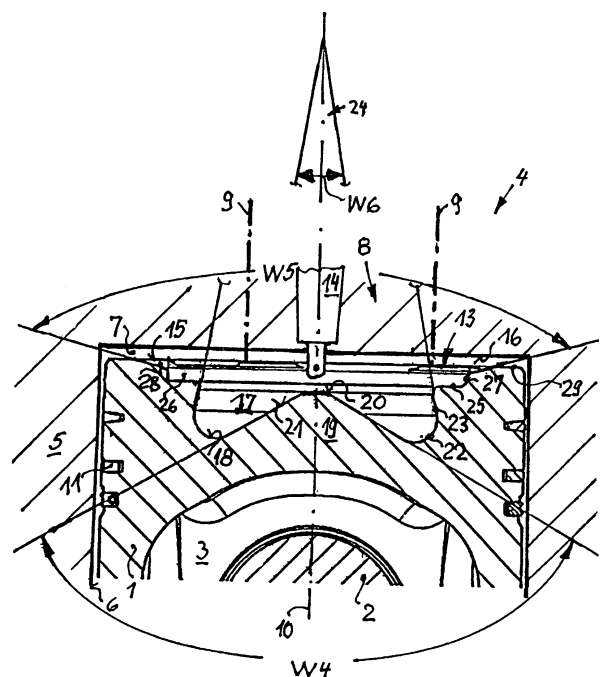
(74) Vertreter:
**Meissner Bolte Patentanwälte Rechtsanwälte
Partnerschaft mbB, 73614 Schorndorf, DE**

(72) Erfinder:
**Baumgarten, Carsten, Dr.-Ing., 88069
Tettngang, DE; Gietzelt, Christof, Dr.-Ing., 88142
Wasserburg, DE; Heiermann, Jörg, Dr.-Ing., 88046
Friedrichshafen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Kolben für ventilgesteuerte Hubkolben-Dieselmotoren**

(57) Hauptanspruch: Kolben (1) für ventilgesteuerte Hubkolben-Dieselmotoren (4), mit einer Kolbenmulde (17), die sich gegen einen Muldenrand verjüngt, mit in der Kolbenmulde (17) liegendem, von einem Muldengrund (18) der Kolbenmulde (17) aufragendem, kegelförmigen Dom (19) und mit einer randseitig umfassend zur Kolbenmulde (17) im Übergang zu einem Kolbenboden (15) liegenden Ringstufe (26), deren radiale Ringfläche (25) in eine gegen den Kolbenboden (15) gerichtete Ringwand (27) übergeht, an den die ein die Ringwand (27) randseitig umgebender, gegen den Kolbenboden (15) auslaufender Ringbereich anschließt, der beabstandet zum Umfang des Kolbens (1) in den Kolbenboden (15) einläuft und zum Umfang des Kolbenbodens (15) eine randseitige Ringzone (29) des Kolbenbodens (15) abgrenzt, dadurch gekennzeichnet, dass der Ringbereich als durch die Mantelfläche eines Kegelringes gebildete Böschung (28) ausgebildet ist und dass der Dom (19) zumindest nahezu bis auf die die Ringfläche (25) der Ringstufe (26) enthaltende Radialebene aufragt und in einer sich in Richtung dieser Ebene erstreckenden Scheitelfläche (20) ausläuft, wobei für das Verhältnis des Durchmessers (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser (D4) der Kolbenmulde (17) $0,06 < D6/D4 < 0,08$ gilt, für das Verhältnis des Durchmessers D6 der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser D5 des Randes der Kolbenmulde (17) $0,06 < D6/D5 < 0,08$ gilt, und wobei das Verhältnis D6 der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser D2 des Übergangs der Böschung (28) in den Kolbenboden (15) bei 0,05 liegt.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	37 42 574	C1
DE	33 25 586	A1
DE	102 61 333	A1
DE	10 2004 057761	A1
DE	10 2006 027338	A1
DE	202 21 786	U1
AT	007 204	U1
US	63 14 933	B1
US	2005/01 15 537	A1
US	2009/00 25 675	A1
EP	08 45 589	A1
WO	09/0 38 044	A1
JP	2000- 145 461	A
JP	2006-2 00 411 A	A

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Kolben für ventilgesteuerte Hubkolben-Dieselmotoren, sowie mit solchen Kolben arbeitende Hubkolben-Dieselmotoren mit den Merkmalen der Oberbegriffe der Patentansprüche 1 oder 15.

[0002] Solche Kolben sind beispielsweise aus der DE 202 21 786 U1, entsprechend der DE 102 61 333 A, sowie auch aus der AT 007 204 U1 bekannt. Diese Kolben weisen randseitig zu ihrer gegen den ebenen Kolbenboden offenen Kolbenmulde eine Ringstufe auf, deren vom Muldenrand ausgehende Ringfläche radial außen in eine gegen den Kolbenboden gerichtete Ringwand übergeht. Die Kolbenmulde ist zentral mit einem von ihrem Boden aufragenden Dom versehen, dessen kegelförmiger Mantel über eine Verrundung in die im Muldenrand auslaufende Ringwand der Kolbenmulde übergeht.

[0003] Im Falle der DE 202 21 786 U1 ist der Scheitel des Domes verrundet, im Falle der AT 007 204 U1 wird der Scheitel des Domes durch die in der Kegelspitze zusammenlaufende Mantelfläche des Domes gebildet, wobei der Dom in beiden Fällen die Grundform eines flachen Kegels aufweist.

[0004] Aus der JP 2000-145461 A ist eine ventilgesteuerte Dieselmotorenmaschine bekannt, deren Hubkolben eine gegen den ebenen Kolbenboden offene und randseitig in diesen übergehende Kolbenmulde aufweist, die kolbenbodenseitig einen aufragenden kegelförmigen Dom aufnimmt, der beabstandet zur Kolbenbodenfläche in einer zu dieser parallelen Scheitelfläche ausläuft.

[0005] Bei der WO 2009/038044 A1 nimmt der Kolben einer mit Einspritzung arbeitenden Dieselmotorenmaschine eine Kolbenmulde auf, die zum Muldenrand hinterschnitten ist. Der zum Muldenrand teilweise überdeckende mündungsseitige Randbereich ist kolbenbodenseitig ringförmig abgesetzt und läuft über eine Böschung radial in eine umfangsseitige Ringzone des Kolbenbodens ein. Die Böschung bildet eine Prallzone für die Spritzstrahlen der zentralen Einspritzdüse, so dass im Einspritztakt eingespritzter Kraftstoff in den Brennraum über den Kolben abgelenkt und eine Vermischung mit an den Zylinderwänden anhaftendem Schmierstoff ebenso wie dessen Verdünnung oder dessen Abwaschen von der Zylinderwandung weitgehend vermieden wird.

[0006] Aus der DE 10 2006 027 338 A1 ist bei ähnlicher Grundkonfiguration der Kolben einer Dieselmotorenmaschine mit einer Kolbenmulde versehen und diese Kolbenmulde ist im Mündungsbereich mit einer Einschnürung versehen, von der kolbenbodenseitig eine ringförmige Vertiefung ausgeht, die auf eine randseitige Ringzone des Kolbenbodens ausläuft.

Die Einschnürung der Kolbenmulde in deren Mündungsbereich in Verbindung mit der Hubbewegung des Kolbens wird genutzt, um eine Voreinspritzung mit Einspritzung in Richtung auf den Kolbenboden und eine Haupteinspritzung mit Einspritzung in die Kolbenmulde zu realisieren.

[0007] Ferner ist es aus der US 2009/0025675 A1 bekannt, für eine Dieselmotorenmaschine mit Muldenkolben die Kolbenmulde randseitig im Übergang auf eine randseitige Ringzone des Kolbenbodens konvex auszuwölben, um so in Abhängigkeit von der Hubstellung des Kolbens den eingespritzten Kraftstoff auf den Brennraum über dem Kolben und auf die Kolbenmulde zu verteilen. Dies mit dem Effekt, durch die Kolbenmulde und durch die randseitig zum Kolbenboden liegende Ringzone als Quetschspalt eine optimierte Aufbereitung des eingespritzten Kraftstoffs und eine verbesserte Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches zu erreichen.

[0008] Aus der im Oberbegriff angesprochenen US 2005/0115537 A1 ist eine Ausgestaltung eines Kolbens für eine ventilgesteuerte Hubkolben-Dieselmotorenmaschine bekannt, bei der zur Kolbenmulde mit zum Muldenrand sich verringernder Querschnittsfläche, insbesondere mit im Bereich des Muldenrandes leichter Einschnürung, randseitig umgreifend radial gestaffelt in einem Ringbereich mehrere Ringstufen vorgesehen sind. Von diesen Ringstufen läuft die zum Kolbenboden benachbarte Ringstufe verrundet auf den Kolbenboden aus und grenzt eine kolbenbodenseitige und vom Außenumfang des Kolbens ausgehende Ringzone ab. Durch eine solche Ausgestaltung soll eine Verminderung der Rußbildung und ein verringerter Ausstoß von Stickoxiden erreicht werden.

[0009] Kolben der genannten Art beeinflussen durch ihre Geometrie die Gemischbildung und den Verbrennungsablauf, somit auch die Emission von Partikeln und Stickoxiden sowie den Verbrauch in hohem Maße, bedingen wegen der komplexen Verhältnisse einen hohen Entwicklungsaufwand und können trotzdem insbesondere in Berücksichtigung der diesbezüglich ständig steigenden Anforderungen in den bislang bekannten Ausgestaltungen nur bedingt befriedigen.

[0010] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, Kolben der eingangs genannten Art insbesondere im Hinblick auf die genannten Kriterien in ihrer Gestaltung zu verbessern, wobei schon die Auslegung der Kolben – auch in Beziehung zu einer jeweiligen Dieselmotorenmaschine – unter Rückgriff auf Vorgaben für solche Kriterien erleichtert werden, insbesondere deren konstruktive Ausbildung auch mit verringertem Aufwand durchführbar sein soll. Des Weiteren betrifft die Erfindung Kolben als solche und

auch Brennkraftmaschinen, die mit erfindungsgemäßen Kolben ausgerüstet sind.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst mit einem Kolben bzw. einer Hubkolben-Dieselmotorenmaschine mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 oder 15.

[0012] Für einen Kolben gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist hierzu zunächst vorgesehen, im Übergang von der Ringwand zum Kolbenboden eine die Ringwand randseitig umschließende, gegen den Kolbenboden auslaufende Böschung vorzusehen. Diese hat, insbesondere in der Expansionsphase, die Ausbildung eines gegen den Kolbenboden gerichteten und in Richtung auf die Kolbenmulde zurückströmenden Wirbels in Form einer Ringwalze zur Folge. Dies trägt zu einer gleichmäßigen Gemischbildung bei und begünstigt die Konzentration der Verbrennung im zentralen Bereich des vom Kolben abgegrenzten Brennraumes. Gleichzeitig wird durch diese Wirbelbildung der Wandauflagerung von Kraftstofftröpfchen an der den Brennraum umgrenzten Zylinderwandung entgegengewirkt. Ferner wirkt sich die Konzentration der Verbrennung auf den zentralen Bereich günstig auf den Wirkungsgrad aus, da die Wärmeübertragung insbesondere über die Zylinderwand auf das Kühlsystem reduziert wird.

[0013] Weiter wird zur Ausbildung der über die Böschung erreichten Wirbelbildung vorgesehen, den Dom mit einer abgeflachten, zumindest in Annäherung zur Ringfläche der Ringstufe parallelen Scheitelfläche zu versehen und in der Dimensionierung so auszulegen, dass der Dom, begrenzt durch die Scheitelfläche, etwa an die die Ringfläche enthaltende radiale Ebene heranreicht. Der Dom kann bei dieser Ausgestaltung für Anteile des in Richtung auf die Kolbenmulde eingespritzten Kraftstoffes eine Prall- und/oder Verdampfungsfläche bilden. Über die Umgrenzung durch die Mulde sowie auch durch die Rückströmung des Gemisches auf die Mulde bleibt im Wesentlichen sichergestellt, dass sich im Wesentlichen kein Kraftstoff an der zum Brennraum umgrenzenden Zylinderwand niederschlägt.

[0014] In Verbindung damit ist anspruchsgemäß vorgesehen, dass der Durchmesser D6 der Scheitelfläche des Domes zum Durchmesser D1 des Kolbens, zum Durchmesser D4 der Kolbenmulde, zum Durchmesser D5 des Randes der Kolbenmulde und/oder zum Durchmesser D2 des Übergangs der Böschung in den Kolbenboden jeweils in einem vorgegebenen Verhältnis ausgebildet wird. Durch diese Verhältnisse ist sowohl einzeln als insbesondere auch in ihrer Kombination eine vorteilhafte Sprayausbildung und Sprayverteilung zu erreichen und durch diese Verhältnisse insbesondere in ihrer Gesamtheit unmittelbar die Gemischaufbereitung zu beeinflussen. Ferner trägt zur angestrebten Optimierung der Gemischbildungsverhältnisse weiter bei, dass der Abstand

H2 der Scheitelfläche des Domes vom Kolbenboden zum Durchmesser D1 des Kolbens ein Verhältnis von $0,05 < H2/D1 < 0,10$ aufweist.

[0015] Weitere zweckmäßige, vorgegebene Verhältniszahlen betreffen den Durchmesser D3 der Ringwand der Ringstufe zum Durchmesser D2 des Übergangs der Böschung in den Kolbenboden sowie den Abstand H3 der Ringfläche der Ringstufe zum Abstand H2 der Scheitelfläche des Domes zum Kolbenboden. Diese Durchmesser-Verhältnisse stehen teilweise wiederum in besonderer Beziehung zueinander.

[0016] In Berücksichtigung der durch die Verhältniszahlen für die jeweiligen Geometrie-Verhältnisse vorgegebenen Bereiche sind auch einzelfallbezogen Schwerpunkte zu setzen. So ist über das Verhältnis des Abstandes H3 des Kolbenbodens zur Ringfläche der Ringstufe zum Abstand H1 des Kolbenbodens zum Kolbenbodengrund insbesondere auf die NOX-Emissionen und die Schwärzung Einfluss zu nehmen, wobei ausgehend vom Verhältnis $0,25 < H3/H1 < 0,30$ bei Überschreiten des dimensionslosen Wertes 0,3 ein überproportionaler Anstieg der NOX-Emissionen zu erwarten ist und bei Unterschreiten des dimensionslosen Wertes 0,25 ein überproportionaler Anstieg der Schwärzung.

[0017] Dies korreliert mit einer Festlegung des Verhältnisses für den Durchmesser D5 des Muldenrandes zum Durchmesser D1 des Kolbens gemäß der Beziehung $0,5 < D5/D1 < 0,6$. Hier lässt sich bei Überschreiten des dimensionslosen Wertes 0,6 ein überproportionaler Anstieg der Schwärzung erwarten, und bei Unterschreiten des dimensionslosen Wertes 0,5 ein überproportionaler Anstieg der NOX-Emissionen.

[0018] Weiter erweisen sich bezüglich der Geometrie des Kolbens insbesondere ergänzend auch Winkelvorgaben als zweckmäßig, um zu angestrebten, im Hinblick auf Partikelemissionen, Stickoxidemissionen und Verbrauch günstigen Werten zu kommen. So ist es zweckmäßig, wenn für den Mantel des kegelförmigen Domes ein zum Kolbenumfang offener Winkel W1 gegenüber dem Kolbenboden in der Größenordnung von 25 bis 35° vorgesehen wird, entsprechend einem Kegelwinkel zwischen etwa 130 und 110°. Für die Böschung erweist sich eine Neigung zum Kolbenboden unter einem zum Kolbenumfang offenen Winkel W2 von 10° bis 25°, insbesondere von 15 bis 20°, als zweckmäßig.

[0019] Die Ausbildung des Hubkolbens entsprechend vorstehenden Vorgaben macht diesen insbesondere für den Einsatz in Brennkraftmaschinen mit Ventilanzordnungen geeignet, bei denen die Ventile symmetrisch zur Kolbenachse gruppiert sind und bei

denen seitens des Kolbens in dessen Bodenbereich vertieft liegende Ventiltaschen ausgebildet werden.

[0020] In Anbetracht der seitens des Kolbens gegebenen Geometrieverhältnisse mit einem Kolbenboden, dessen Bodenebene durch einen verhältnismäßig schmalen, zur Böschung umschließenden Rand bestimmt ist, ergeben sich durch die Ventiltaschen im Wesentlichen nur innerhalb dieses Randbereiches taschenförmige, in der Draufsicht halbmondförmige, sich gegen die Kolbenmulde aufweitende Vertiefungen. Bezogen auf die angesprochenen Geometrieverhältnisse des Kolbens erweist sich eine Auslegung der Ventiltaschen, und eine entsprechende Anordnung der Ventile, als zweckmäßig, bei der für die Tiefe T_{VT} der Ventiltaschen zum Durchmesser D_6 der Scheitelfläche des Domes das Verhältnis $0,05 < T_{VT}/D_6 < 1,0$ gilt und hierzu entsprechend für den Durchmesser D_{VT} der Ventiltaschen zum Durchmesser D_1 des Kolbens das Verhältnis $0,2 < D_{VT}/D_1 < 0,5$. In Berücksichtigung dieser Verhältnisse, einzeln, insbesondere aber in Kombination, führen auch die Ventiltaschen zumindest zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung der für die Gemischbildung angestrebten Strömungsverhältnisse, sondern können diese sogar begünstigen, insbesondere bei auch gegen den Kolbenrand offener Ausbildung.

[0021] Kolben in vorbeschriebener Ausgestaltung sind insbesondere zum Einsatz in Dieselmotoren vorgesehen, die eine zentrale, und damit über der Kolbenmulde stehende Einspritzdüse aufweisen, welche als Sieben-Loch-Einspritzdüse ausgestaltet ist. Diese weist zweckmäßigerweise einen Spritzkegelwinkel von 150° auf, so dass der Spritzkegelwinkel betragsmäßig etwa dem Kegelwinkel eines Kegels entspricht, in dessen Mantelfläche die im Übergang von der Kolbenmulde zum Kolbenboden liegende Böschung verläuft. Eine solche Brennkraftmaschine ist im Hinblick auf die Verbesserung der Emissionsverhältnisse insbesondere für einen Betrieb mit Abgasrückführung ausgerüstet und arbeitet in den mit Abgasrückführung betriebenen Phasen bevorzugt mit Abgasrückführaten von 15 bis 45%.

[0022] Bezogen auf den Einsatz des erfindungsgemäßen Kolbens in einer Brennkraftmaschine, bei der der Kraftstoff über eine zentrale Sieben-Loch-Einspritzdüse in Richtung auf die Kolbenmulde des erfindungsgemäßen Kolbens eingespritzt wird, ergeben sich für einige der angesprochenen Geometrieverhältnisse einander entsprechende Verhältniszahlen, in deren Berücksichtigung sich in Bezug auf die angesprochene Aufgabe optimierte Proportionen für den Kolben erreichen lassen. Dies insbesondere ergänzend und in Berücksichtigung der bereits angesprochenen Winkelverhältnisse.

[0023] Weitere Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Ansprüchen, den Zeichnungen und deren Beschreibung.

[0024] Die Zeichnungen zeigen:

[0025] Fig. 1 stark schematisiert eine Schnittdarstellung durch den Kopfteil eines erfindungsgemäßen Hubkolbens in einem Schnitt gemäß I-I in Fig. 3,

[0026] Fig. 2 eine der Fig. 1 weitgehend entsprechende Darstellung, in der ergänzend zu Fig. 1 die Anordnung des Kolbens im Zylinder einer Brennkraftmaschine veranschaulicht ist,

[0027] Fig. 3 den Kolben gemäß Fig. 1 und Fig. 2 in einer Draufsicht entsprechend Pfeil III in Fig. 1, und

[0028] Fig. 4 einen Ausschnitt aus dem Kolben im Bereich einer kolbenbodenseitig vorgesehenen Ventiltasche entsprechend einer Schnittführung IV-IV in Fig. 3.

[0029] Der in den Figuren teilweise und schematisiert dargestellte sowie für ventilgesteuerte Hubkolben-Dieselmotoren konzipierte Kolben ist mit **1** bezeichnet.

[0030] Wie aus Fig. 1 und Fig. 2 ersichtlich, ist der Kolben **1** über einen Kolbenbolzen **2** und eine Pleuelstange **3** hubbeweglich auf der nicht gezeigten Pleuellwelle der Brennkraftmaschine abgestützt, die mit **4** bezeichnet in Fig. 2 durch einen Zylinder **5** symbolisiert ist, der eine den Kolben **1** aufnehmende Zylinderbohrung **6** aufweist. In der Zylinderbohrung **6** grenzt der Kolben **1** einen in Abhängigkeit von der Hubstellung des Kolbens **1** volumenveränderlichen Brennraum **7** ab, der zum Kolben **1** gegenüberliegend über einen Kopfteil **8** des Zylinders **5** geschlossen ist. Im Kopfteil **8** sind, wie schematisiert veranschaulicht, die Führungen **9** für nicht dargestellte Ventile angeordnet, wobei im Ausführungsbeispiel diese Führungen **9** achsparallel zur Achse/Kolbenachse **10** der Zylinderbohrung **6** verlaufen, die den Kolben **1**, über im Kolben **1** angeordnete Ventilringe **11** dichtend geführt, aufnimmt.

[0031] Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind, wie aus Fig. 3 ersichtlich, vier über ihre Führungen **9** symbolisierte Ventile vorgesehen, denen seitens des Kolbens **1** im Boden **12** eingearbeitete Ventiltaschen **13** zugeordnet sind.

[0032] Auf den zentralen Bereich des durch die Zylinderbohrung **6**, das Kopfteil **8** und den Kolben **1** umgrenzten Brennraumes **7** mündet eine Einspritzdüse **14** aus, die insbesondere koaxial zur Achse **10** und der Zylinderbohrung **6** liegt und die, bezogen auf das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel als

Mehrloch-, bevorzugt insbesondere als Sieben-Loch-Düse ausgebildet ist.

[0033] Der den Brennraum **7** gegenüberliegend zum Kopfteil **8** begrenzende Kolben **1** weist dem Kopfteil **8** zugewandt einen flachen Kolbenboden **15** auf, der sich insbesondere in einer zur Achse **10** senkrechten Ebene erstreckt, bei bevorzugt zumindest in Annäherung ebenenparallel verlaufender, dem Brennraum **7** zugewandter Wandung **16** des Kopfteiles **8**.

[0034] Der Kolben **1** ist ausgehend vom Kolbenboden **15** zentral, bevorzugt zentrisch zur Achse **10** mit einer Kolbenmulde **17** versehen, die symmetrisch zur Achse **10** ausgebildet ist und in der gegen den Kolbenboden **15** aufragend, vom Muldengrund **18** ausgehend, zentral ein kegelförmiger Dom **19** liegt. Der Dom **19** ist gegen seine Spitze auslaufend abgeflacht und weist eine Scheitelfläche **20** auf. Diese Kreisquerschnitt aufweisende Scheitelfläche **20** erstreckt sich bevorzugt zumindest nahezu in einer zur Achse **10** senkrechten, und damit zum Kolbenboden **15** parallelen Ebene.

[0035] Randseitig geht die Scheitelfläche **20** in die ringförmige Mantelfläche **21** des Domes **19** über, die sich gegen den Muldengrund **18** erstreckt und bevorzugt tangential in einem kreisringförmigen Wandungsteil **22** der Kolbenmulde **17** einläuft, dessen Radius R bevorzugt etwa den zehnten Teil des Durchmessers des Randes der Kolbenmulde **17** entspricht. Dieser kreisringförmige Wandungsteil **22** läuft tangential in die Umfangswand **23** der Kolbenmulde **17** ein, welche bei gegen den Kolbenboden **15** sich im Querschnitt verjüngender Kolbenmulde **17** in Richtung auf die Achse **10** geneigt verläuft. Die Umfangswand **23** stellt sich damit als Abschnitt eines gedachten Kegels **24** – siehe **Fig. 2** – dar und läuft auf die radiale Ringfläche **25** einer Ringstufe **26** aus, die umfangsseitig über eine Ringwand **27** begrenzt ist.

[0036] Die Ringwand **27** bildet bevorzugt einen die Achse **10** umschließenden Zylinderabschnitt, der beabstandet zum Kolbenboden **15** endet und über eine Böschung **28** auf den Kolbenboden **15** ausläuft. Die Böschung **28** läuft beabstandet zum Außenumfang des Kolbens **1** in den Kolbenboden **15** ein, so dass zwischen der Böschung **28** und dem Außenumfang des Kolbens **1** eine Ringzone **29** verbleibt. Für den Übergang von der Umfangswand **23** in die Ringfläche **25** ist eine Verrundung vorgesehen, und auch der Übergang von der Ringwand **27** in die Ringzone **29** ist im Sinne einer gebrochenen Kante verlaufend gestaltet.

[0037] Entsprechend der vorgeschilderten Gestaltung des zum Brennraum **7** begrenzenden Teiles des Kolbens **1** ergeben sich – zumindest teilweise auch überlagert zur Gestaltung der Gaswechselsteuerung und des Einspritzsystems, insbesondere

der Einspritzdüse – vielfältige Einflussmöglichkeiten im Hinblick auf das mit der Erfindung verfolgte Ziel, durch eine optimierte Gemischbildung ein Minimum an Partikel- und Stickoxid-Emissionen bei bestmöglichem Verbrauch zu erreichen. Insbesondere seitens der Geometrie und/oder der Geometrieverhältnisse in und um den Kolbenmuldenbereich sind zumindest teilweise Wechselbeziehungen gegeben, die die entsprechenden Ergebnisse in besonderer Weise beeinflussen. Für die Beschreibung dieser Geometrieverhältnisse wird auf die nachfolgenden, in den **Fig. 1** bis **Fig. 4** eingetragenen Kurzbezeichnungen zurückgegriffen. Diese sind nachstehend aufgelistet:

D1	Durchmesser des Kolbens 1
D2	Durchmesser des Überganges zwischen der Böschung 28 und der Ringzone 29 des Kolbenbodens 15
D3	Durchmesser der Ringwand 27
D4	Durchmesser der Umfangswand 23 der Kolbenmulde 17
D5	Durchmesser des Randes der Kolbenmulde 17 im Übergang zur Ringfläche 25
D6	Durchmesser der Scheitelfläche 20
D _{VT}	Durchmesser einer Ventiltasche 13
T _{VT}	Tiefe einer Ventiltasche 13
H1	Abstand des Kolbenbodens 15 zum Muldengrund 18
H2	Abstand des Kolbenbodens 15 zur Scheitelfläche 20
H3	Abstand des Kolbenbodens 15 zur Ringfläche 25
W1	Neigung der Mantelfläche 21 zum Kolbenboden 15
W2	Neigung der Böschung 28 zum Kolbenboden 15
W3	Neigung der Umfangswand 23 zum Mantel eines zum Kolben 1 koaxialen Zylinders
W4	Kegelwinkel eines Kegels 24 mit der Mantelfläche 21 des Domes 19 zusammenfallender Mantelfläche
W5	Kegelwinkel eines Kegels mit der Böschung 28 zusammenfallender Mantelfläche
W6	Kegelwinkel eines Kegels mit der Umfangswand 23 der Kolbenmulde 17 zusammenfallender Mantelfläche

[0038] Im Sinne der genannten Zielsetzung erweisen sich, insbesondere auch in Kombination, die nachgenannten Geometrieverhältnisse und/oder Geometrien als zweckmäßig, wobei auch einzelnen der Geometrieverhältnisse und/oder Geometrien eine bestimmende Bedeutung zukommen kann.

[0039] In Berücksichtigung dessen sind erfindungsgemäß insbesondere folgende Geometrieverhältnisse und/oder Geometrien von Bedeutung:

$$0,05 < H2/D1 < 0,10,$$

wobei insbesondere ein mittlerer Wert um 0,07 von Vorteil ist und sich insbesondere im Hinblick auf die Verteilung des Volumens von Ringfläche und Mulde als vorteilhaft erweist.

[0040] Ferner

$$0,02 < D6/D1 < 0,10,$$

wobei der untere Verhältnisbereich um 0,04 besonders vorteilhaft ist, und/oder

$$0,06 < D6/D4 < 0,08$$

und/oder

$$0,06 < D6/D5 < 0,08,$$

wobei jeweils ein Verhältnis von 0,07 besonders vorteilhaft ist, und/oder

$$0,03 < D6/D2 < 0,06,$$

wobei ein Verhältniswert von 0,05 sich insbesondere vorteilhaft auswirkt und durch diese Verhältniswerte einzeln, insbesondere aber auch in ihrer Kombination eine günstige Gemischaufbereitung mit vorteilhafter Sprayausbildung und/oder Sprayverteilung erreicht werden kann.

$$0,5 < H3/H2 < 1,0,$$

wobei ein mittlerer Verhältniswert von 0,70 sich besonders im Hinblick auf das Rückströmverhalten des ringwalzenförmigen Wirbels von der Böschung zur Ringfläche bzw. Ringstufe besonders günstig auswirkt.

$$0,75 < D3/D2 < 0,9,$$

wobei auch dieser Verhältniswert insbesondere die Ausbildung des ringwalzenförmigen Wirbels vorteilhaft beeinflusst.

$$0,25 < H3/H1 < 0,30;$$

bei Verlassen dieses Bereiches nach oben ergibt sich ein überproportionaler Anstieg der NOX-Emissionen, wird der Bereich nach unten verlassen, so resultiert hieraus ein überproportionaler Anstieg der Schwärzung.

$$0,5 < D5/D1 < 0,6;$$

wird dieser Bereich nach oben verlassen, so folgt daraus ein überproportionaler Anstieg der Schwärzung, bei Verlassen nach unten, ein überproportionaler Anstieg der NOX-Emissionen.

$25^\circ < W1 < 35^\circ$, und korrespondierend hierzu

$$130 > W4 > 110^\circ;$$

über die Größe von W1 bzw. W4 lässt sich insbesondere die Schwärzung beeinflussen, mit größer werdenden W1 bzw. kleiner werdenden W4 ergibt sich tendenziell eine Zunahme der Schwärzung.

$10^\circ < W2 < 25^\circ$, und korrespondierend hierzu

$$160 > W5 > 140^\circ;$$

die Neigung der Böschung beeinflusst insbesondere die Bildung der Ringwalze und die Anlagerung von Kraftstoff an der Zylinderwand.

$5^\circ < W3 < 25^\circ$, und korrespondierend hierzu

$$10^\circ < W6 < 50^\circ;$$

insbesondere im mittleren Bereich liegende Werte für W3 bzw. W6 sind im Hinblick auf eine günstige Sprayaufteilung anzustreben, wobei mit größeren Winkelwerten und zunehmender Einschnürung eine Abnahme des unteren Muldenvolumens einhergeht, die tendenziell erhöhte NOX-Emissionen bedingt, was in Berücksichtigung eines zu realisierenden Gesamtkonzepts gegebenenfalls hinzunehmen ist.

$$0,05 < T_{VT}/D6 < 1,0;$$

über die Ventiltaschentiefe lässt sich insbesondere die Ringwalze beeinflussen und Werte um 0,3 sind diesbezüglich besonders vorteilhaft.

[0041] Die erfindungsgemäß angegebenen Geometrieverhältnisse bzw. Geometrien sind insbesondere in Verbindung mit der Ausbildung der Einspritzdüse **14** als Sieben-Loch-Düse, insbesondere in Verbindung mit einem Spritzkegelwinkel von 150° von Vorteil. Ferner haben sich die angegebenen erfindungsgemäßen Parameter für Kolben im Durchmesserbereich von 100 bis 150 mm als besonders vorteilhaft erwiesen. Die angegebenen Verhältniswerte geben insbesondere schon bei der Auslegung neuer Kolben so weitgehende Optimierungsmöglichkeiten, dass der Auslegungsaufwand und die danach durchzuführende weitere, insbesondere versuchstechnische Optimierung und Abstimmung auf die jeweilige Brennkraftmaschine mit wesentlich geringerem Aufwand durchführbar ist.

Patentansprüche

1. Kolben (**1**) für ventilgesteuerte Hubkolben-Dieselmotoren (**4**), mit einer Kolbenmulde (**17**), die sich gegen einen Muldenrand verjüngt, mit in der Kolbenmulde (**17**) liegendem, von einem Muldengrund (**18**) der Kolbenmulde (**17**) aufragenden, kegel-

förmigen Dom (19) und mit einer randseitig umfassend zur Kolbenmulde (17) im Übergang zu einem Kolbenboden (15) liegenden Ringstufe (26), deren radiale Ringfläche (25) in eine gegen den Kolbenboden (15) gerichtete Ringwand (27) übergeht, an den die ein die Ringwand (27) randseitig umgebender, gegen den Kolbenboden (15) auslaufender Ringbereich anschließt, der beabstandet zum Umfang des Kolbens (1) in den Kolbenboden (15) einläuft und zum Umfang des Kolbenbodens (15) eine randseitige Ringzone (29) des Kolbenbodens (15) abgrenzt, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Ringbereich als durch die Mantelfläche eines Kegelringes gebildete Böschung (28) ausgebildet ist und dass der Dom (19) zumindest nahezu bis auf die die Ringfläche (25) der Ringstufe (26) enthaltende Radialebene aufragt und in einer sich in Richtung dieser Ebene erstreckenden Scheitelfläche (20) ausläuft, wobei für das Verhältnis des Durchmessers (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser (D4) der Kolbenmulde (17) $0,06 < D6/D4 < 0,08$ gilt, für das Verhältnis des Durchmessers D6 der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser D5 des Randes der Kolbenmulde (17) $0,06 < D6/D5 < 0,08$ gilt, und wobei das Verhältnis D6 der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser D2 des Übergangs der Böschung (28) in den Kolbenboden (15) bei 0,05 liegt.

2. Kolben nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kolbenmulde (17) zur Kolbenachse (10) symmetrisch ausgebildet ist.

3. Kolben nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis des Abstandes (H2) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) vom Kolbenboden (15) zum Durchmesser (D1) des Kolbens bei 0,07 liegt.

4. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis des Abstandes (H3) der Ringfläche (25) zum Abstand (H2) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Kolbenboden (15) bei 0,70 liegt.

5. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Durchmesser (D3) der Ringwand (27) der Ringstufe (26) zum Durchmesser (D2) des Übergangs der Böschung (28) in den Kolbenboden (15) das Verhältnis gilt:

$$0,75 < D3/D2 < 0,90.$$

6. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mantelfläche (21) des kegelförmigen Domes (19) zum Kolbenboden (15) unter einem zum Umfang des Kolbens (1) offenen Winkels (W1) von 25 bis 35° verläuft.

7. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Böschung (28) zum Kolbenboden (15) unter einem zum Umfang des Kolbens (1) offenen Winkel (W2) von 15 bis 20° verläuft.

8. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Umfangswand (23) der sich gegen ihren Rand verjüngenden Kolbenmulde (17) unter einem Winkel (W3) von 5 bis 25° zum Mantel eines zum Kolben (1) koaxialen Zylinders verläuft.

9. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Abstand (H3) des Kolbenbodens (15) zur Ringfläche (25) der Ringstufe (26) zum Abstand (H1) des Kolbenbodens (15) zum Muldengrund (18) der Kolbenmulde (17) das Verhältnis gilt:

$$0,25 < H3/H1 < 0,30.$$

10. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Durchmesser (D5) des Randes der Kolbenmulde (17) zum Durchmesser (D1) des Kolbens (1) das Verhältnis gilt:

$$0,5 < D5/D1 < 0,6.$$

11. Kolben nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolben (1) seitens seines Kolbenbodens (15) mit symmetrisch zur Kolbenachse (10) vertieft im Kolbenboden (15) liegenden Ventiltaschen (13) ausgebildet ist.

12. Kolben nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventiltaschen (13) ebenenparallel zum Kolbenboden (15) liegen.

13. Kolben nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Tiefe (T_{VT}) der Ventiltaschen (13) zum Durchmesser (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) das Verhältnis gilt:

$$0,05 < T_{VT}/D6 < 1,0.$$

14. Kolben nach einem der Ansprüche 11 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass für den Durchmesser (D_{VT}) der Ventiltaschen (13) zum Durchmesser (D1) des Kolbens (1) das Verhältnis gilt:

$$0,2 < D_{VT}/D1 < 0,5.$$

15. Hubkolben-Dieselmotoren mit Ventilsteuerung und über eine Einspritzdüse (14) auf eine Kolbenmulde (17) eines Kolbens (1) erfolgender Kraftstoffeinspritzung, **dadurch gekennzeichnet**,

net, dass der Kolben (1) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 14 ausgebildet ist und dass als Einspritzdüse (14) eine 7-Loch-Einspritzdüse vorgesehen ist.

16. Hubkolben-Dieselmotormaschine nach Anspruch 15,

dadurch gekennzeichnet,

dass, bezogen auf einen Kolben (1),

– das Verhältnis des Abstandes (H2) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) vom Kolbenboden (15) zum Durchmesser (D1) des Kolbens (1), und/oder

– das Verhältnis des Durchmessers (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser (D4) der Kolbenmulde (17) und/oder

– das Verhältnis des Abstandes (H3) der die Ringfläche (25) enthaltenden Radialebene zum Abstand (H2) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) vom Kolbenboden (15) und/oder

– das Verhältnis des Durchmessers (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser (D5) des Randes der Kolbenmulde (17)

dem Produkt aus der Lochzahl der Einspritzdüse und einer Zehnerpotenz (10^n) als Faktor entspricht.

17. Hubkolben-Dieselmotormaschine nach Anspruch 16,

dadurch gekennzeichnet,

dass

– das Verhältnis des Abstandes (H2) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) vom Kolbenboden (15) zum Durchmesser (D1) des Kolbens (1), und/oder

– das Verhältnis des Durchmessers (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser (D4) der Kolbenmulde (17) und/oder

– das Verhältnis des Durchmessers (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser (D5) des Randes der Kolbenmulde (17)

dem Produkt der Lochzahl der Einspritzdüse und der 10^2 -Potenz als Faktor entspricht.

18. Hubkolben-Dieselmotormaschine nach Anspruch 16,

dadurch gekennzeichnet,

dass

– das Verhältnis des Durchmessers (D6) der Scheitelfläche (20) des Domes (19) zum Durchmesser (D5) des Randes der Kolbenmulde (17)

dem Produkt aus der Lochzahl der Einspritzdüse und der 10^1 -Potenz als Faktor entspricht.

19. Hubkolben-Dieselmotormaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Spritzkegelwinkel der koaxial zur Kolbenmulde (17) liegenden Einspritzdüse (14) bei 150° liegt.

20. Hubkolben-Dieselmotormaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventilsteuerung der Brennkraft-

maschine vier Ventile je Zylinder (5) aufweist, die symmetrisch um die Einspritzdüse (14) gruppiert sind.

21. Hubkolben-Dieselmotormaschine nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ventile achsparallel zur jeweiligen Zylinderachse (10) liegen.

22. Hubkolben-Dieselmotormaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die mit Abgasrückführung arbeitende Brennkraftmaschine (4) eine Abgasrückführrate im Bereich von 15 bis 45° vorgesehen ist.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

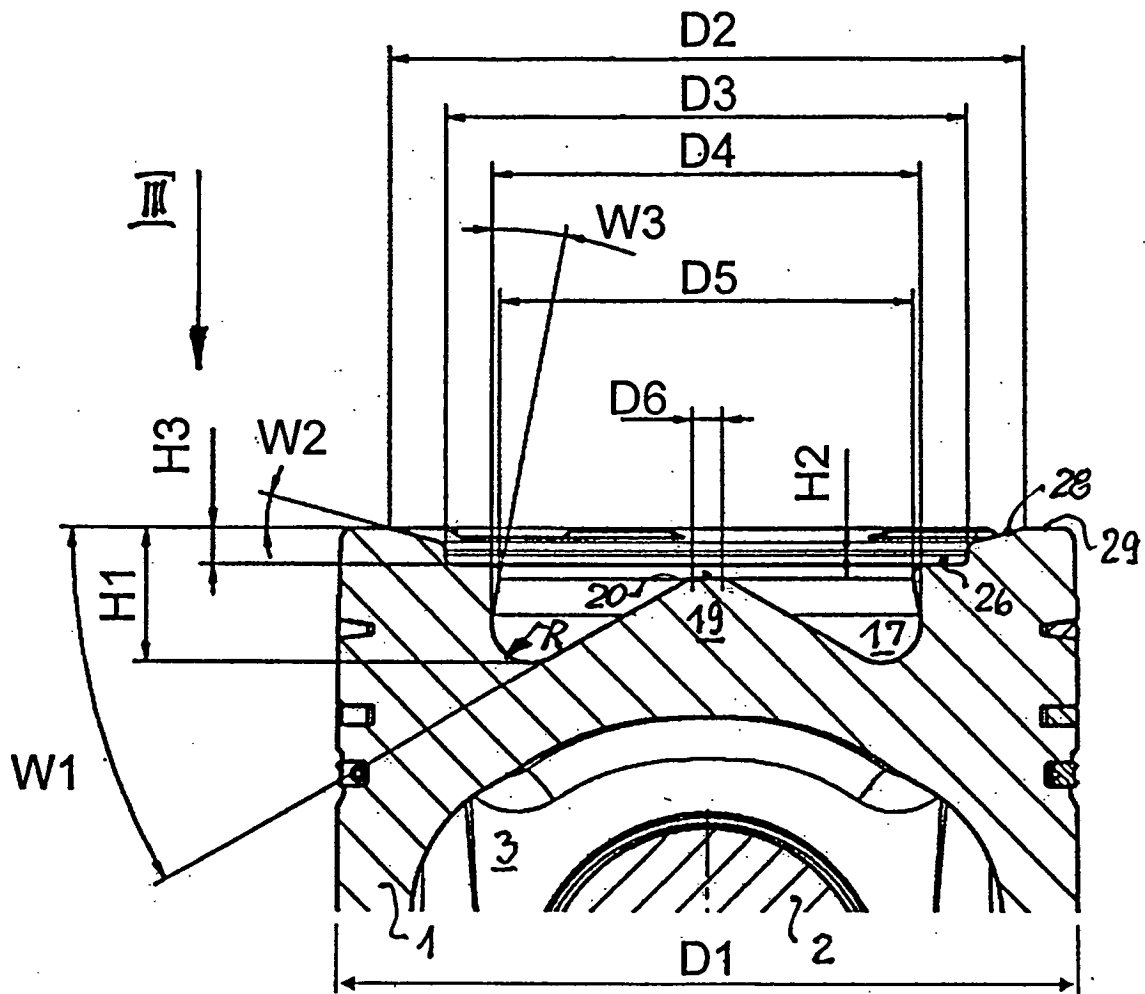


Fig. 1

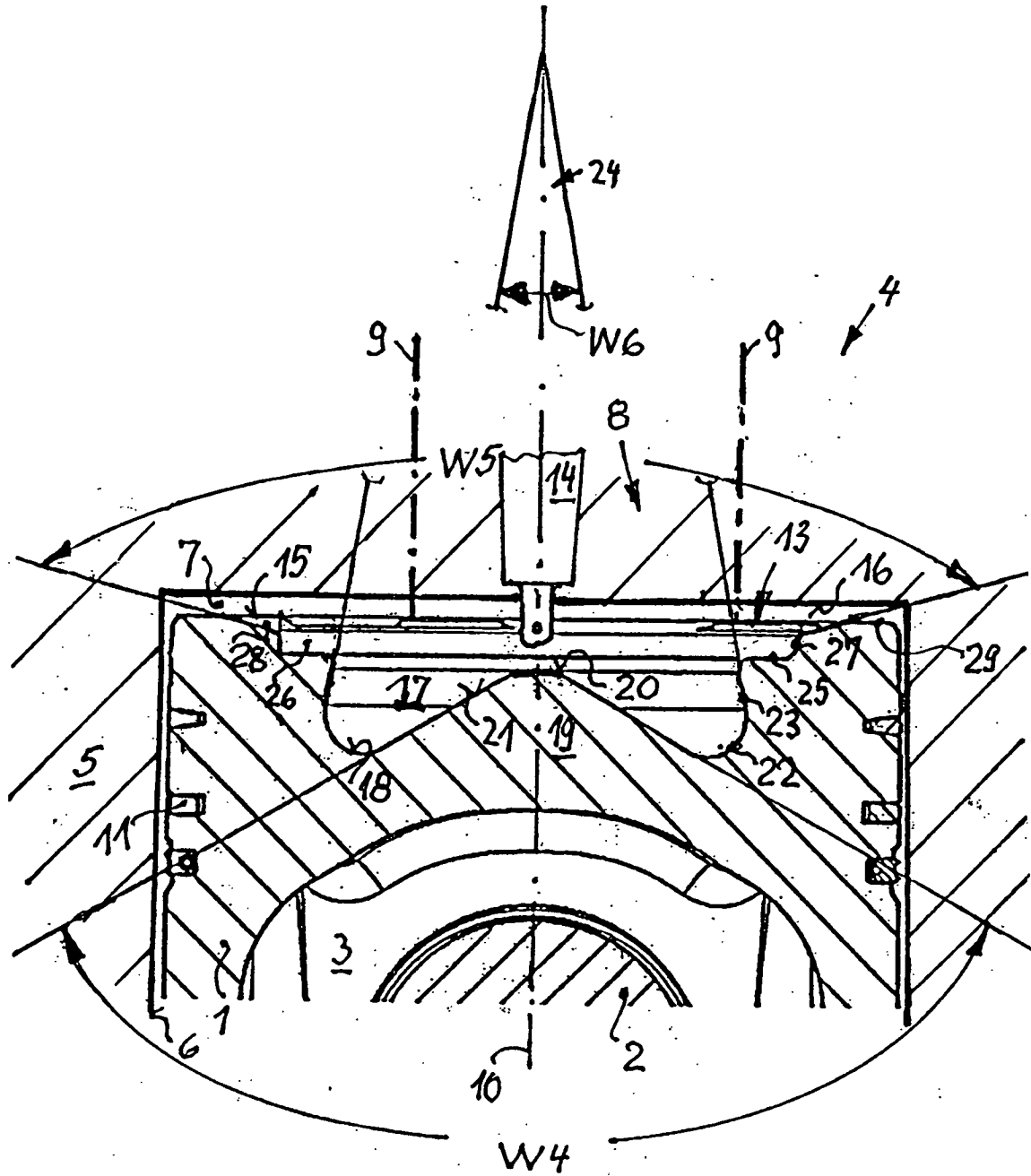


Fig. 2

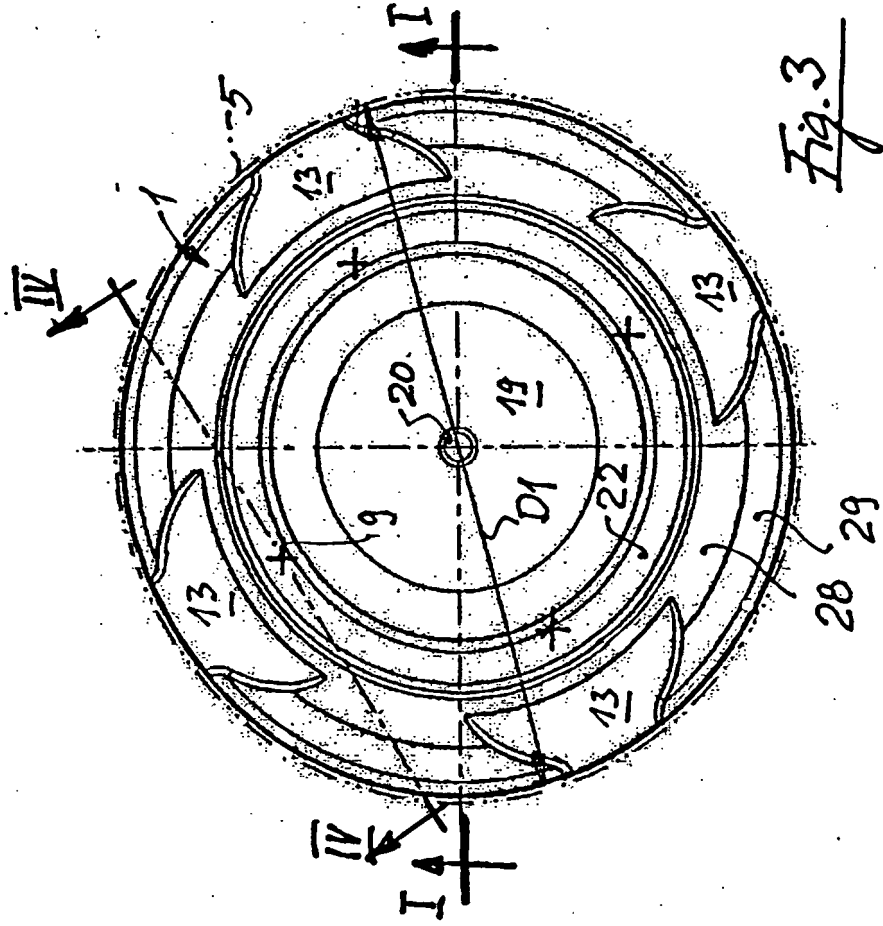


Fig. 3

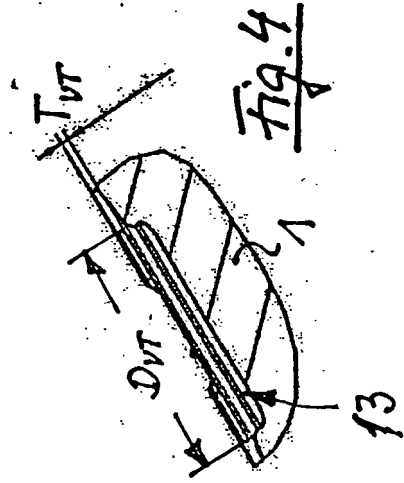


Fig. 4