



Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer: AT 001 392 U1

(12)

# GEbrauchsmusterSchrift

(21) Anmeldenummer: 324/96

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **F02B 23/10**  
F02F 3/28

(22) Anmeldedag: 30. 5.1996

(42) Beginn der Schutzdauer: 15. 3.1997

(45) Ausgabetaq: 25. 4.1997

(73) Gebrauchsmusterinhaber:

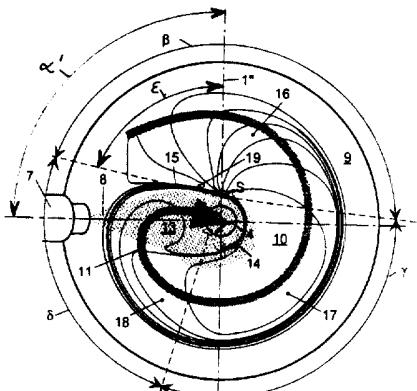
AVL GESELLSCHAFT FÜR VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN  
UND MESSTECHNIK MBH. PROF.DR.DR.H.C. HANS LIST  
A-8020 GRAZ. STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:

WIRTH MARTIN DIPLO. ING. DR.  
HITZENDORF, STEIERMARK (AT).  
PIOCK WALTER DR.  
HITZENDORF, STEIERMARK (AT).

(54) BRENNKRAFTMASCHINE MIT FREMDZÜNDUNG

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit Fremdzündung und zumindest einem hin- und hergehenden, eine Kolbenmulde aufweisenden Kolben (2), mit einer etwa im Bereich der Zylinderachse (1') angeordneten Zündeinrichtung (4) und mindestens einer Kraftstoffeinbringungseinrichtung (7) pro Zylinder (1) zur direkten Kraftstoffeinbringung zur Zylinderachse (1') hin, sowie mit zumindest einem drallerzeugenden Lufteinlaßorgan (6). Um die Zerstäubung und die Entflammung des Kraftstoffes zu verbessern, ist die Kolbenmulde (10) asymmetrisch gestaltet und weist im Bereich seitlich der Kraftstoffeinbringungseinrichtung (7) eine einseitige, im Grundriß gesehen keilförmige Einschnürung (19) auf. Weiters weist die Kolbenmulde (10) - in Rotationsrichtung gesehen - einen Einlaufbereich (16) mit stetig zunehmender Tiefe, einen Zentralbereich (17) mit maximaler Muldentiefe und einen Auslaufbereich (18) mit stetig abnehmender Tiefe auf, wobei sich die Muldenwand (15) im Auslaufbereich (18) stetig bis zur Einschnürung (19) der Zündeinrichtung (4) annähert.



AT 001 392 U1

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit Fremdzündung und zum mindesten einem hin- und hergehenden, einer Kolbenmulde aufweisenden Kolben, mit einer etwa im Bereich der Zylinderachse angeordneten Zündeinrichtung und mindestens einer Kraftstoffeinbringungseinrichtung pro Zylinder zur direkten Kraftstoffeinbringung zur Zylinderachse hin, sowie mit zum mindesten einem eine ausgeprägte Rotation der Zylinderfüllung um die Zylinderachse erzeugenden Lufteinlaßorgan.

Ständig steigende Anforderungen an den Kraftstoffverbrauch und die Reduktion der Abgasemissionen, insbesondere der Kohlenwasserstoffe, erfordern den Einsatz neuer Technologien im Bereich der Verbrennungskraftmaschinen. Durch den heute üblichen Einsatz einer externen Gemischbildung bei Otto-Motoren, wie z.B. durch die Verwendung einer Saugrohreinspritzung oder eines Vergasers, strömt ein Teil des in den Brennraum und Zylinder eingesaugten Gemisches während der Ventilüberschneidungsphase, wenn Auslaß- und Einlaßventil gleichzeitig offen sind, in den Auspufftrakt der Brennkraftmaschine. Ein nicht unerheblicher Teil der meßbaren unverbrannten Kohlenwasserstoffe im Auspufftrakt stammt auch von Gemischteilen, die sich während der Verbrennung in Ringspalten oder wandnahen Bereichen, wo keine Verbrennung stattfindet, aufhalten. Zu diesen genannten Punkten kommt die notwendige Homogenisierung der Zylinderladung bei einem annähernd stöchiometrischen Mischungsverhältnis von Kraftstoff und Luft hinzu, welches eine sichere und aussetzerfreie Verbrennung sicherstellt. Dies bedingt eine Regelung der Motorlast mit Hilfe eines Drosselorganes zur Begrenzung der insgesamt angesaugten Gemischmenge (Quantitätsregelung).

Diese Drosselung der Ansaugströmung führt zu einem thermodynamischen Verlust, der den Kraftstoffverbrauch der Verbrennungskraftmaschine erhöht. Das Potential zur Verbrauchsreduzierung der Verbrennungskraftmaschine bei Umgehung dieser Drosselung kann auf etwa 20 % geschätzt werden.

Um diese Nachteile zu verhindern bzw. zu vermindern, werden schon seit langem Versuche unternommen, fremdgezündete Verbrennungskraftmaschinen ungedrosselt zu betreiben und den Kraftstoff erst nach Beendigung der Luftansaugung wie bei einer selbstzündenden Brennkraftmaschine innerhalb des Brenn-

raums und Zylinders oder einer unmittelbar angeschlossenen Mischkammer einzubringen.

Dabei sind grundsätzlich drei Gemischaufbereitungssysteme zu unterscheiden:

- Flüssigkeitshochdruckeinspritzung
- Luftunterstützte Kraftstoff-Einbringung
- Gemischeinblasung.

Aus SAE 780699 ist ein Verfahren bekannt, bei dem der Kraftstoff mittels einer Hochdruckeinspritzdüse direkt in den Brennraum der Verbrennungskraftmaschine eingespritzt wird. Die notwendige Zeit für die Aufbereitung des Gemisches begrenzt den zeitlichen Minimalabstand zwischen Einspritzzeitpunkt und Zündzeitpunkt. Es ist ein hohes Druckniveau für den Einspritzvorgang notwendig, um einerseits kurze Einspritzzeiten und andererseits eine gute Zerstäubung des Kraftstoffes mit entsprechend kleinem Tropfenspektrum zu erhalten. Die Aufbereitung und Dosierung des Kraftstoffes findet gleichzeitig statt. Um nur ein örtlich begrenztes Gebiet mit brennbarem Kraftstoff-Luftgemisch zu erhalten ist es andererseits notwendig, erst sehr spät im Motorzyklus den Kraftstoff einzubringen (ggf. erst während der Kompression kurz vor der Zündung), um die Zeit für die Ausbreitung und Verdünnung des Gemisches in der Brennraumluft zu begrenzen. Die Forderungen nach genügend früher Einspritzung für vollständige Kraftstoffverdampfung und möglichst später Einspritzung zur Aufrechterhaltung der Gemischschichtung stehen daher im Gegensatz zueinander. Die Entwicklungsbemühungen müssen somit darauf gerichtet sein, einerseits die charakteristische Zeit für die Gemischaufbereitung zu verkürzen und andererseits die charakteristische Zeit der Aufrechterhaltung der gewünschten Gemisch-Schichtung zu verlängern.

Aus SAE 940188 ist das Prinzip eines Einspritzventils bekannt, welches einen kegelförmigen Einspritzstrahl mit hoher Zerstäubungsgüte des Kraftstoffes erzielt. Durch Änderung des Kraftstoffdruckes und des Brennraumgegendruckes kann der Kegelwinkel des Einspritzstrahls beeinflusst werden. Eine charakteristische Eigenschaft derartiger Einspritzdüsen ist die Verbesserung der Zerstäubungsgüte mit steigendem Einspritzdruck. Diese gewünschte Abhängigkeit führt jedoch zu ebenfalls stei-

genden Geschwindigkeiten des Einspritzstrahls von bis zu 100 m/s und somit zu einem hohen Impuls des in den Brennraum ein-tretenden Kraftstoff-Sprays. Demgegenüber weist die Luftströmung im Brennraum, selbst bei starker einlaßgenerierter Drall- oder Tumblebewegung mit maximal ca. 25 - 30 m/s nur einen deutlich geringeren Impuls auf, weshalb der Einspritzstrahl in einer ersten Phase des Eintritts in den Brennraum nur unwe-sentlich von der Brennraumströmung beeinflusst wird.

Es stellt sich unter diesen Voraussetzungen die Auf-gabe, aus dem Einspritzstrahl eine örtlich begrenzte Gemisch-wolke zu erzeugen, diese von der Mündung des Einspritzventiles in die Nähe der Zündkerze zu transportieren und das Gemisch innerhalb der Wolke weiter mit Brennraumluft zu vermischen. Dabei sind folgende Punkte wesentlich :

- Die Gemischwolke muß insbesondere bei niedrigen Motorla-sten deutlich abgegrenzt bleiben und sich aus thermodyna-mischen Gründen sowie zur Reduzierung der Emissionen un-verbrannter Kohlenwasserstoffe möglichst in der Mitte des Brennraumes befinden.
- Die Verdünnung des eingeblasenen Gemisches auf ein vor-zugsweise stöchiometrisches Luftverhältnis muß in der vergleichsweise kurzen Zeitspanne zwischen Einspritzzeit-punkt und Zündzeitpunkt erfolgen.
- An der Zündkerze sollte eine geringe mittlere Strömungs-geschwindigkeit und gleichzeitig ein hohes Turbulenzni-veau herrschen, um die Entflammung der Gemischwolke durch den Zündfunken zu begünstigen.

Bei der Gestaltung eines geeigneten Brennverfahrens für einen direkteinspritzenden Ottomotor sind neben den Cha-rakteristiken der Einspritzstrahlausbreitung auch die zur Ver-fügung stehenden Brennraumabmessungen zu berücksichtigen. Für PKW-Ottomotoren typische Hubräume des Einzelzylinders führen zu Bohrungsdurchmessern von ca. 70 bis 100 mm, wobei sich der Kolbenhub in der gleichen Größenordnung bewegt.

Bei einer Anordnung des Einspritzventils im Zylinder-kopf in einer maximal ca. 60° zur Zylinderachse geneigten Po-sition steht dem Einspritzstrahl im Falle einer späten Ein-spritzung kurz vor dem Zündzeitpunkt eine freie Ausbreitungs-

strecke von max. 50 - 60 mm zu Verfügung, bevor der Einspritzstrahl auf die gegenüberliegende Brennraumwand (zumeist die Kolbenoberfläche) auftrifft. In Anbetracht der genannten Ausbreitungsgeschwindigkeiten des Einspritzstrahls muß daher ein Auftreffen zumindest eines Teils des Kraftstoff-Sprays auf der Kolbenoberfläche erwartet werden. Die Gestaltung der Brennrauminnenströmung sollte daher diesen Vorgang der Wandbenetzung berücksichtigen.

Zur Formung der Gemischwolke und zur Aufbereitung des Kraftstoff-Sprays können folgende Effekte genutzt werden :

- Umlenkung des hohen Impulses des Einspritzstrahls zur Zündkerze mit Hilfe der Kolbenoberfläche.
- Hoher Einspritzdruck zur Verbesserung der Zerstäubung und damit zur Beschleunigung der direkten Verdampfung des Kraftstoff-Sprays vor der Wandberührung.
- Erzeugung eines erhöhten Turbulenzniveaus im Bereich des Einspritzstrahls durch die Brennrauminnenströmung.
- Beschleunigung der Wandfilmverdampfung durch Erzeugung einer hohen Strömungsgeschwindigkeit am benetzten Bereich der Kolbenoberfläche.

Alle durch die Brennrauminnenströmung erzielbaren Maßnahmen setzen die Generierung eines hohen Ladungsbewegungsniveaus beim Einlaßvorgang voraus. Diese hohen Strömungsgeschwindigkeiten sollten möglichst lange während der Ansaug- und Kompressionsphase erhalten bleiben oder sogar während der Kompression verstärkt werden. Diese Forderung lässt sich am sinnvollsten durch eine einlaßgenerierte Drall- oder Tumblebewegung der Brennraumluft erreichen. Eine Drallbewegung (Rotation um die Zylinderachse) stellt die stabilste Strömungsstruktur in Zylinder dar, was zur geringsten Dissipation der Bewegungsenergie während der Kompression führt. Durch Ausbildung einer gegenüber dem Zylinderdurchmesser kleineren Kolbenmulde lässt sich während der Kompression aufgrund der Drallerhaltung eine Zunahme der Rotationsgeschwindigkeit des Drallwirbels erzielen.

Ein einlaßgenerierter Tumblewirbel (Rotation um eine zur Kurbelwelle parallele Achse) zeigt einerseits eine Be-

schleunigung der Rotation durch die Verkleinerung der Querschnittsfläche während der Kompression. Andererseits ist der Tumblewirbel im Vergleich zum Drall instabiler und neigt zum Zerfall in komplexere Sekundärwirbel. In der Endphase der Kompression ist bei genügend flachem Ventilwinkel (eines typischen Vierventil-Brennraums) ein starker Zerfall des Tumblewirbels in kleinere stochastisch verteilte Wirbel zu beobachten.

Aus der EP 0 558 072 A1 ist eine Ausführungsform eines Motors bekannt in welchem durch die Form und Anordnung der Einlaßkanäle eine umgekehrte Tumble-Bewegung der Brennraumströmung erzeugt wird, die durch eine schanzenartige Ausformung der Kolbenoberfläche verstärkt wird. Diese Kolbenoberfläche dient gleichzeitig der Umlenkung des Einspritzstrahls zur Zündkerze, die in Zylindermitte angeordnet ist. Einspritzstrahl und Brennraumströmung streichen so in gleicher Richtung über die Kolbenoberfläche. Der Einspritzstrahl bzw. die daraus nach der Umlenkung am Kolben entstehende Gemischwolke kann sich jedoch nach dem Auftreffen auf die Zylinderkopfwand nahe der Zündkerze in alle Richtungen nahezu ungehindert ausbreiten.

Ein Bemühen um eine möglichst starke Konzentration der Gemischwolke nach der Umlenkung am Kolben ist daher nicht erkennbar.

Aus der EP 0 639 703 A1 ist eine weitere Ausführungsform einer Brennkraftmaschine mit direkter Einspritzung bekannt, bei welcher durch die Ausformung der Einlaßkanäle eine Drallströmung im Zylinderraum erzeugt wird. Die Kolbenoberfläche weist hier eine ausgeprägte Mulde mit umgebender Quetschfläche auf, wobei die Mulde derart exzentrisch angeordnet ist, daß die zentral im Brennraum befindliche Zündkerze und das radial angeordnete Einlaßventil sich jeweils am Muldenrand befinden. Der Kraftstoff wird gezielt gegen den zu diesem Zweck speziell ausgeformten Muldenrand gespritzt. Die Kolbenoberfläche hat hier also die Aufgabe, den Kraftstoffstrahl in erster Linie zu zerstäuben. Der Drallströmung kommt die Aufgabe zu, den zerstäubt von der Muldenkante abprallenden Kraftstoff zur Zündkerze zu transportieren.

Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und die Zerstäubung und Entflammung des

Kraftstoffes bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art zu verbessern.

Erfnungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß die Kolbenmulde asymmetrisch gestaltet ist und im Bereich seitlich der Kraftstoffeinbringungseinrichtung eine einseitige, im Grundriß gesehen keilförmige Einschnürung aufweist, wobei ein durch die im Bereich der Einschnürung in Rotationsrichtung der Zylinderfüllung verlängerte Muldenwand und einer durch die Zylinderachsen aufgespannten Motorlängsebene definierte Schnittpunkt von der Zündeinrichtung maximal in einem Abstand 1/4 mal dem Kolbendurchmesser, vorzugsweise 1/8 mal dem Kolbendurchmesser, entfernt ist, und daß die Kolbenmulde - in Rotationsrichtung gesehen - einen Einlaufbereich mit stetig zunehmender Tiefe, einen Zentralbereich mit maximaler Muldentiefe und einen Auslaufbereich mit stetig abnehmender Tiefe aufweist, wobei sich die Muldenwand im Auslaufbereich stetig bis zur Einschnürung der Zündeinrichtung annähert. Dadurch wird die durch das Lufteinlaßorgan bedingte ausgeprägte Drallbewegung der Zylinderladung während der Kompression derart umgelenkt und beschleunigt, daß im Bereich der Kolbenoberfläche, in welchem der Einspritzstrahl auftrifft und einen Wandfilm erzeugt, eine hohe auf die Zündkerze gerichtete Strömungsgeschwindigkeit erreicht wird. Dies ermöglicht es einerseits die Kraftstoffverdampfung zu verbessern und andererseits im Bereich der Zündkerze eine ausgeprägte Gemischkonzentration zu realisieren.

Dabei kann vorgesehen sein, daß die Verlängerung der Muldenwand im Schnittpunkt mit der Motorlängsebene einen Winkel von 60° bis 100° aufspannt.

Zur Erzielung des gewünschten Beschleunigungseffektes ist es vorteilhaft, wenn der Einlaufbereich sich über einen Winkel um den Schnittpunkt zwischen etwa 90° und 180°, vorzugsweise zwischen 130° und 160°, erstreckt. Der Zentralbereich kann sich dabei in einem Winkel um den Schnittpunkt zwischen 80° und 130° erstrecken. Eine gute beschleunigende Wirkung wird erzielt, wenn der Auslaufbereich sich über einen Winkel von etwa 70° bis 120° erstreckt.

Eine gute Strömungsführung in der Mulde wird realisiert, wenn die Muldenaußenwand zumindest im Zentral- und/oder Auslaufbereich annähernd parallel zur Zylinderachse ausgebildet ist.

In einer bevorzugten Ausführungsvariante ist vorgesehen, daß am Ende des Auslaufbereiches eine rampenartige aufwärtsgerichtete Abströmfläche in Richtung der Zündeinrichtung vorgesehen ist, welche in einer Abrißkante endet. Die Abrißkante ist dabei vorzugsweise an der der Kraftstoffeinrichtungseinrichtung gegenüberliegenden Seite der Motorlängsebene angeordnet. Dadurch wird der Gemischwolke ein Impuls in Richtung der Zündkerze aufgeprägt und die Einleitung der Zündung verbessert.

Zur Erzielung einer guten Zerstäubung und eines günstigen Auftreffens des Strahles auf die Abströmfläche sollte der Abstand zwischen der Mündung der Einspritzeinrichtung und der Zylinderachse etwa 0,3 bis 0,5 mal dem Kolbendurchmesser betragen. Günstig ist es dabei, wenn - im Grundriß betrachtet - die Kraftstoffeinbringungseinrichtung mit der Motorlängsebene einen Winkel zwischen  $70^\circ$  und  $110^\circ$ , vorzugsweise  $90^\circ$ , einschließt, und die Einspritzstrahlachse zur Zylinderachse einen Winkel zwischen etwa  $30^\circ$  und  $70^\circ$ , vorzugsweise  $50^\circ$ , einschließt.

Zusätzlich zu den Strömungsleitflächen in der Kolbenmulde kann vorgesehen sein, daß im Bereich der Einschnürung die auf die Zündeinrichtung zulaufende Muldenwand über die Kolbenstirnfläche hinausragt, soweit das gegenüberliegende Brennraumdach dies zuläßt.

Die Erfindung wird anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen Fig. 1 die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einem Längsschnitt durch den Kolben nach der Linie I-I in Fig. 2, Fig. 2 eine Draufsicht auf den Kolben mit angedeuteten Zylinderströmungen, Fig. 3 eine weitere Draufsicht auf den Kolben, Fig. 3a einen Schnitt durch den Kolben nach der Linie IIIa-IIIa in Fig. 3, Fig. 3b einen Schnitt durch den Kolben nach der Linie IIIb-IIIb in Fig. 3, Fig. 3c einen Schnitt durch den Kolben nach der Linie IIIc-IIIc in Fig. 3 und Fig. 3d einen weiteren Schnitt durch den erfindungsgemäßen Kolben nach der Linie IIId-IIId in Fig. 3.

In Fig. 1 ist schematisch ein Zylinder 1 einer Brennkraftmaschine mit einem Kolben 2 in der Nähe des oberen Totpunktes dargestellt. Die Zylinderachse ist mit 1' und die Motorlängsebene mit 1" bezeichnet. Der Brennraum 3 wird durch den Zylinderkopf 5, den Zylinder 1 und eine Brennraummulde 10 des Kolbens 2 gebildet. Im Bereich der Zylinderachse 1' ist

im Zylinderkopf 5 eine Zündkerze 4 zentral angeordnet. Gaswechselventile sind mit den Bezugszeichen 6 angedeutet. Seitlich ist im Zylinderkopf 5 ein Einspritzventil 7 vorgesehen, welches Kraftstoff in einem Winkel  $\alpha''$  von etwa  $50^\circ$  zur Zylinderachse 1' in die Kolbenmulde 10 einspritzt. Der Einspritzstrahl ist dabei durch Bezugszeichen 8 angedeutet. Im in Fig. 2 gezeigten Grundriß schließt das Einspritzventil 7 mit der Motorlängsebene 1" einen Winkel  $\alpha'$  von  $70^\circ$  bis  $110^\circ$ , vorzugsweise  $90^\circ$ , ein. Die nicht weiter dargestellten Einlaßkanäle des Motors sind in bekannter Weise so geformt, daß eine in Fig. 2 ersichtliche Drallströmung 11 im Zylinder 1 erzeugt wird. Die als Vertiefung in der Kolbenoberfläche 9 ausgebildete, asymmetrisch geformte Kolbenmulde 10 besteht aus einem Einlaufbereich 16 mit zunehmender Muldentiefe, einem Zentralbereich 17 mit maximaler Muldentiefe und einem Auslaufbereich 18 mit abnehmender Muldentiefe. Zwischen Auslaufbereich 18 und Einlaufbereich 16 weist die Kolbenmulde 10 eine einseitige, im Grundriß gesehen keilförmige Einschnürung 19 auf. Der Einlaufbereich 16 erstreckt sich über einen Winkel  $\beta$  zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$ , gemessen von der Muldenwand 15 im Bereich der Einschnürung 19 weg, der Zentralbereich 17 weist einen Winkelbereich  $\gamma$  von etwa  $80^\circ$  bis  $130^\circ$  und der Auslaufbereich 18 einen Winkel  $\delta$  zwischen etwa  $70^\circ$  und  $120^\circ$  auf. Die Winkel  $\beta$ ,  $\gamma$ , und  $\delta$  werden jeweils im Grundriß um den Schnittpunkt S gemessen, welcher durch die verlängerte Muldenwand 15 im Auslaufbereich 18 und die Motorlängsebene 1" definiert ist. Der Winkel  $\varepsilon$  zwischen der Verlängerung der Muldenwand 15 und der Motorlängsebene 1" beträgt etwa zwischen  $60^\circ$  und  $100^\circ$ . Der Abstand zwischen dem Schnittpunkt S und der Zündeinrichtung 4 beträgt maximal ca.  $1/4$ , vorzugsweise  $1/8$  mal dem Kolbendurchmesser D.

Am Ende des Auslaufbereiches 18 ist die Kolbenoberfläche 9 derart geformt, daß ein auftreffender Kraftstoffstrahl 8 in Richtung der Zündkerze 4 umgelenkt wird. Andererseits wird die Drallströmung 11 während der Kompression durch die Kolbenmuldenform derart umgelenkt und beschleunigt, daß im Auftreffbereich 13 der Kolbenoberfläche 9, in welchem der Einspritzstrahl auftrifft und einen Wandfilm erzeugt, eine ebenfalls auf die Zündkerze 4 gerichtete Strömung mit hoher Geschwindigkeit erreicht wird.

Dies wird dadurch erreicht, daß sich die Muldenwand 15 im Auslaufbereich 18 stetig der Zündeinrichtung 4 annähert, wodurch die Wand 15 der Kolbenmulde 10 einen etwa spiralförmigen Verlauf hat. Im Einlaufbereich 16 weist die Wand 15 der Kolbenmulde 10 ihren größten Abstand von der Zündeinrichtung 4 auf. Im Auslaufbereich 18 bildet die Kolbenmulde 10 eine spiralförmig auf die Zündeinrichtung 4 zulauflende Fläche, die die vom Kraftstoffstrahl 8 benetzte Fläche 13 und auf der Muldenaußenseite die annähernd senkrechte und weitestmöglich zum Zylinderkopf 5 reichende Muldenwand 15 enthält. Zum Muldeninnenbereich hin ist die Abströmfläche 13 derart ausgerundet, daß bei Einspritzung des Kraftstoffes aus einer radialen Position eine Umlenkung des Einspritzstrahles 8 zur Zündkerze 4 erfolgt. Unmittelbar vor der Zündkerze 4 endet die spiralförmige Muldenfläche in einer aufwärts zur Zündkerze 4 gerichteten Abströmkante 14.

Beim Durchströmen der Kolbenmulde 10 erfährt die Drallströmung 11 eine leichte Beschleunigung durch den geringfügig sich verringernden Muldenradius. Im spiralförmigen Auslaufbereich 18 der Kolbenmulde 10 erfolgt einerseits die Umlenkung der Strömung zur Zündkerze 4 in Zylindermitte, andererseits eine weitere Beschleunigung durch die Verringerung der Muldentiefe. Nach dem Passieren der Abströmkante 14 am Ende des Auslaufbereiches 18 kollidiert die Strömung mit der senkrecht zu ihr verlaufenden Einströmung in die Mulde 10, was zu einer erhöhten Turbulenzproduktion führt. Zudem bildet sich unterhalb der Abströmkante 14 ein Nachlaufgebiet 12 aus, welches ebenfalls zur Turbulenzsteigerung in Zylindermitte beiträgt und zusätzlich das Einsaugen von Luft in den von der Kante 14 abströmenden Einspritzstrahl 8 begünstigt. Der von der Kante 14 abströmende und verdampfte Kraftstoff wird von der in die Kolbenmulde 10 einströmenden Drallbewegung 11 in den spiralförmigen Teil 18 der Kolbenmulde 10 transportiert und so räumlich gegenüber dem Gesamtbrennraum konzentriert.

In den Fig. 3a bis 3d sind verschiedene Schnitte durch die erfindungsgemäße Kolbenmulde 10 gezeigt, aus der die oben angeführten Merkmale deutlich hervorgehen.

S C H U T Z A N S P R Ü C H E

1. Brennkraftmaschine mit Fremdzündung und zumindest einem hin- und hergehenden, eine Kolbenmulde aufweisenden Kolben, mit einer etwa im Bereich der Zylinderachse angeordneten Zündeinrichtung und mindestens einer Kraftstofffeinbringungseinrichtung pro Zylinder zur direkten Kraftstofffeinbringung zur Zylinderachse hin, sowie mit zumindest einem eine ausgeprägte Rotation der Zylinderfüllung um die Zylinderachse erzeugenden Lufteinlaßorgan, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kolbenmulde (10) asymmetrisch gestaltet ist und im Bereich seitlich der Kraftstofffeinbringungseinrichtung (7) eine einseitige, im Grundriß gesehen keilförmige Einschnürung (19) aufweist, wobei ein durch die im Bereich der Einschnürung (19) in Rotationsrichtung der Zylinderfüllung verlängerte Muldenwand (15) und einer durch die Zylinderachsen (1') aufgespannten Motorlängsebene (1'') definierter Schnittpunkt (S) von der Zündeinrichtung (4) maximal in einem Abstand 1/4 mal dem Kolbendurchmesser (D), vorzugsweise 1/8 mal dem Kolbendurchmesser (D), entfernt ist, und daß die Kolbenmulde (10) - in Rotationsrichtung gesehen - einen Einlaufbereich (16) mit stetig zunehmender Tiefe, einen Zentralbereich (17) mit maximaler Muldentiefe und einen Auslaufbereich (18) mit stetig abnehmender Tiefe aufweist, wobei sich die Muldenwand (15) im Auslaufbereich (18) stetig bis zur Einschnürung (19) der Zündeinrichtung (4) annähert.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verlängerung der Muldenwand (15) im Schnittpunkt (S) mit der Motorlängsebene (1'') einen Winkel ( $\varepsilon$ ) von  $60^\circ$  bis  $100^\circ$  aufspannt.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der Einlaufbereich (16) über einen von der Muldenwand (15) weg gemessenen Winkel ( $\beta$ ) um den Schnittpunkt (S) zwischen etwa  $90^\circ$  und  $180^\circ$ , vorzugsweise zwischen  $130^\circ$  und  $160^\circ$ , erstreckt.
4. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der Zentralbereich (17) in

einem Winkel ( $\gamma$ ) um den Schnittpunkt (S) zwischen  $80^\circ$  und  $130^\circ$ , vorzugsweise um etwa  $110^\circ$  bis  $130^\circ$ , erstreckt.

5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß sich der Auslaufbereich (18) über einen Winkel ( $\delta$ ) von etwa  $70^\circ$  bis  $120^\circ$ , vorzugsweise zwischen  $90^\circ$  und  $110^\circ$  erstreckt.
6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Muldenwand (15) zumindest im Zentral- und/oder Auslaufbereich (17, 18) annähernd parallel zur Zylinderachse (1') ausgebildet ist.
7. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß am Ende des Auslaufbereiches (18) eine rampenartige, zur Zündeinrichtung (4) gerichtete Abströmfläche (13) vorgesehen ist, welche in einer Abrißkante (14) endet.
8. Brennkraftmaschine nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Abrißkante (14) an der der Kraftstoffeinbringungseinrichtung (7) gegenüberliegenden Seite der Motorlängsebene (1'') angeordnet ist.
9. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mündung (7') der Einspritzeinrichtung zwischen 0,3 und 0,5 mal dem Kolbendurchmesser (D) von der Zylinderachse (1') beabstandet ist.
10. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß - im Grundriß betrachtet - die Kraftstoffeinbringungseinrichtung (7) mit der Motorlängsebene (1'') einen Winkel ( $\alpha'$ ) zwischen  $70^\circ$  und  $110^\circ$ , vorzugsweise  $90^\circ$ , einschließt.
11. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einspritzstrahlachse (8') zur Zylinderachse (1') einen Winkel ( $\alpha''$ ) zwischen etwa  $30^\circ$  und  $70^\circ$ , vorzugsweise  $50^\circ$ , einschließt.
12. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bereich der Einschnü-

rung (19) die Muldenwand (15) über die Kolbenstirnfläche (2') hinausragt.

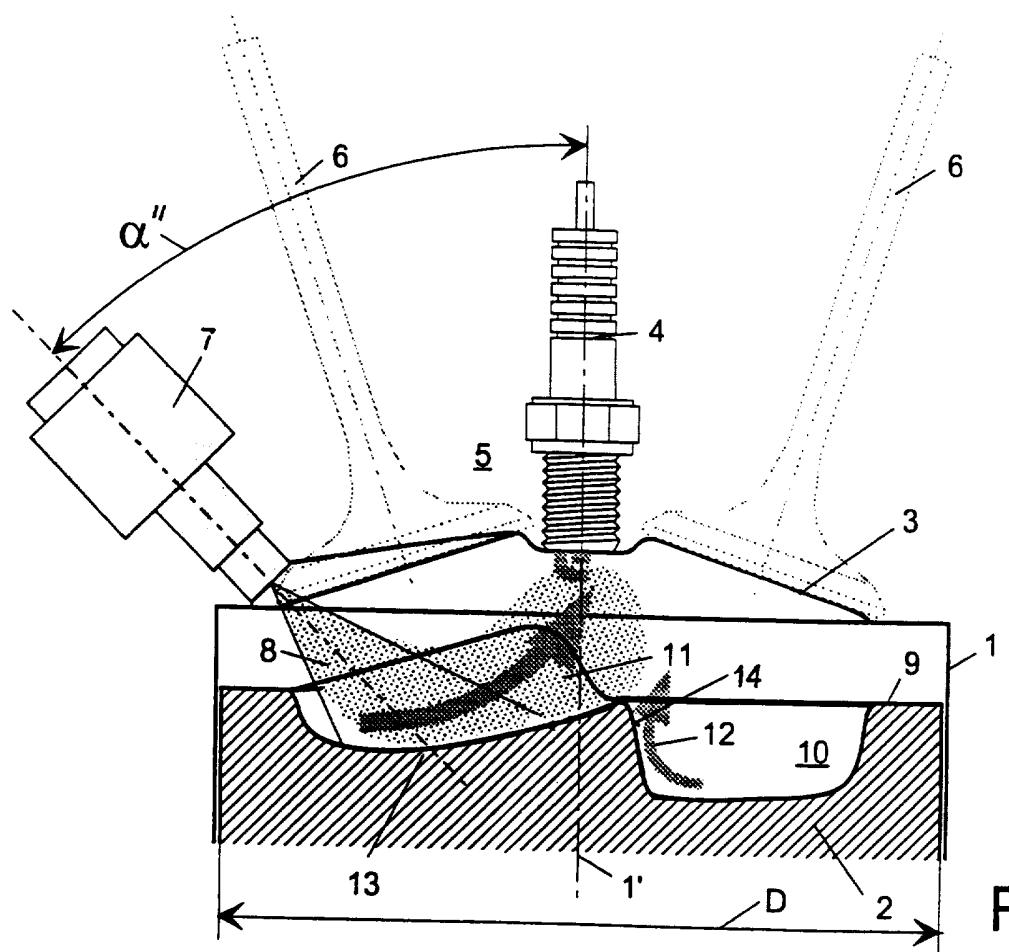


Fig. 1

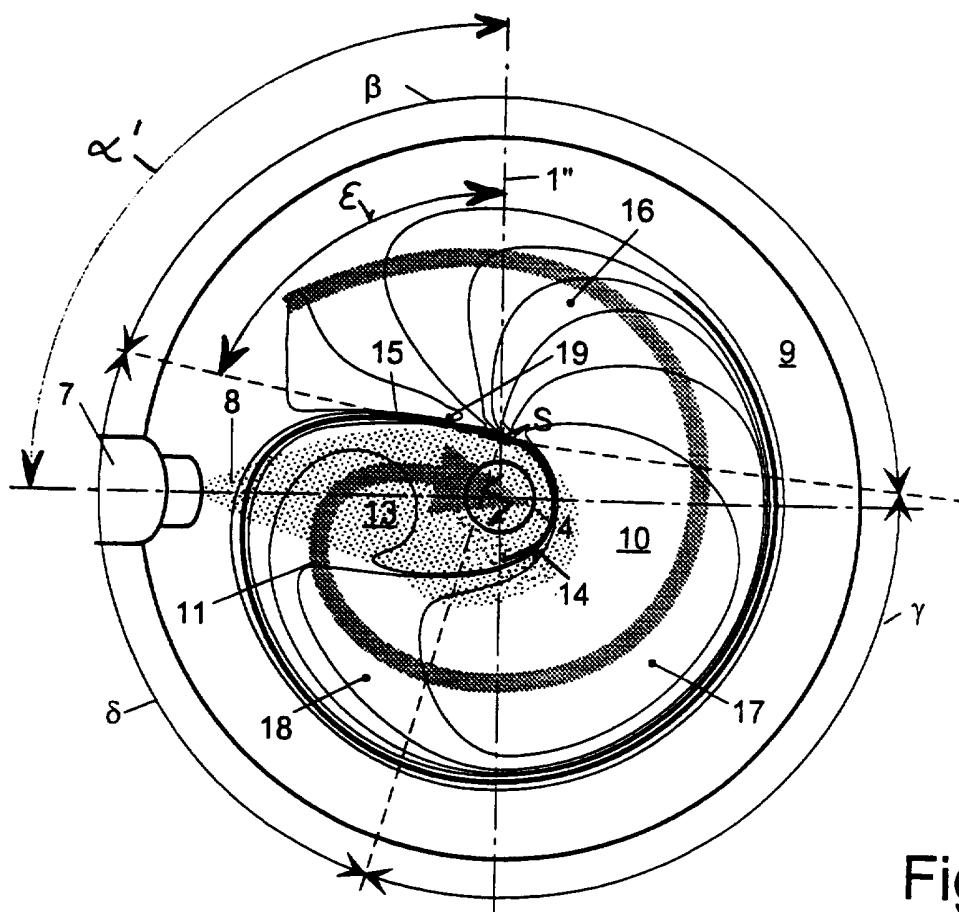


Fig. 2

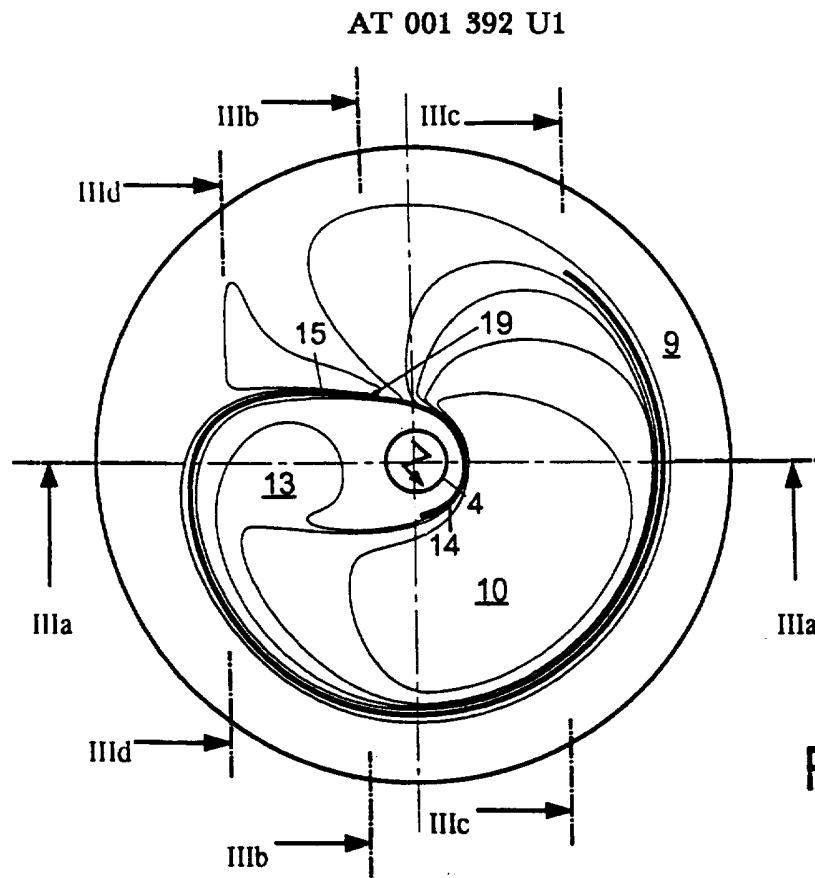


Fig. 3

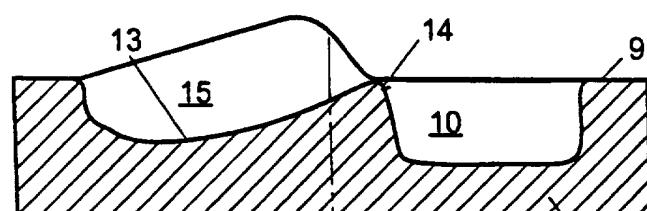


Fig. 3a

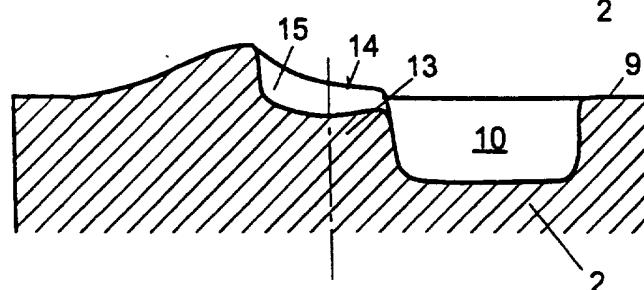


Fig. 3b

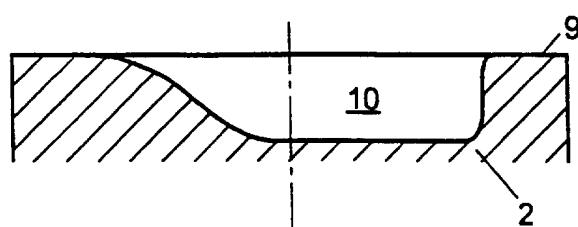


Fig. 3c

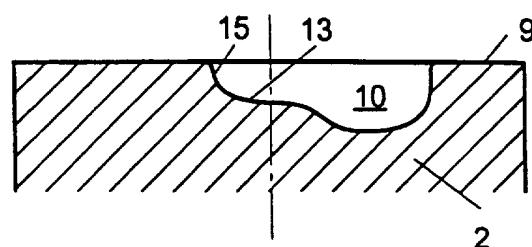


Fig. 3d

**ÖSTERREICHISCHES PATENTAMT**

A-1014 Wien, Kohlmarkt 8-10, Postfach 95

TEL. 0222/53424; FAX 0222/53424-535; TELEX 136847 OEPA A

Postscheckkonto Nr. 5.160.000; DVR: 0078018

AT 001 392 U1

Beilage zu GM 324/96

, Ihr Zeichen: 53 710

Klassifikation des Antragsgegenstandes gemäß IPC<sup>6</sup>: F 02 B 23/10, F 02 F 3/28

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F 02 B 17/00, 23/08, 23/10, 31/00  
F 02 F 3/26 3/28

Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, PAJ

Die nachstehend genannten Druckschriften können in der Bibliothek des Österreichischen Patentamtes während der Öffnungszeiten (Montag bis Freitag von 8 - 14 Uhr) unentgeltlich eingesehen werden. Bei der von der Hochschülerschaft TU Wien Wirtschaftsbetriebe GmbH im Patentamt betriebenen Kopierstelle können schriftlich (auch per Fax. Nr. 0222 / 533 05 54) oder telefonisch (Tel. Nr. 0222 / 534 24 - 153) Kopien der ermittelten Veröffentlichungen bestellt werden.

Auf Anfrage gibt das Patentamt Teilrechtsfähigkeit (TRF) gegen Entgelt zu den im Recherchenbericht genannten Patentdokumenten allfällige veröffentlichte "Patentfamilien" (denselben Gegenstand betreffende Patentveröffentlichungen in anderen Ländern, die über eine gemeinsame Prioritätsanmeldung zusammenhängen) bekannt. Diesbezügliche Auskünfte erhalten Sie unter Telefonnummer 0222 / 534 24 - 132.

Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung (Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich)	Betreffend Anspruch
A	JP 07 102 976 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 18. April 1995 (18.04.95), insbesondere Figuren 2 bis 4 --	1 bis 1
A	US 4 467 752 A (YUNICK) 28. August 1984 (28.08.84), insbesondere Figuren 1,4,7,8 --	1 bis 1
A	DE 29 26 489 A1 (BAYERISCHE MOTOREN WERKE) 22.Jänner 1981 (22.01.81), insbesondere Figuren 2,3 --	1
A	JP 05 179 961 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 20.Juli 1993 (20.07.93), insbesondere Figuren 1,2, 5 bis 11, 14, 17 bis 22. -----	1

Fortsetzung siehe Folgeblatt

Kategorien der angeführten Dokumente (dient in Anlehnung an die Kategorien der Entgegenhaltungen bei EP- bzw. PCT-Recherchenberichten nur zur raschen Einordnung des ermittelten Stands der Technik, stellt keine Beurteilung der Erfingungseigenschaft dar):

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert

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

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die Erfindung kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu (bzw. auf erforderlicher Tätigkeit beruhend) betrachtet werden.

"P" zwischenveröffentlichtes Dokument von besonderer Bedeutung (älteres Recht)

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist.

Ländercodes:

AT = Österreich; AU = Australien; CA = Kanada; CH = Schweiz; DD = ehem. DDR; DE = Deutschland;  
EP = Europäisches Patentamt; FR = Frankreich; GB = Vereinigtes Königreich (UK); JP = Japan; RU = Russische Föderation; SU = Ehem. Sowjetunion; US = Vereinigte Staaten von Amerika (USA); WO = Veröffentlichung gem. PCT (WIPO/OMPI); weitere siehe WIPO-App. Codes.

Erinnerungen und sonstige Anmerkungen zur ermittelten Literatur siehe Rückseite!

Datum der Beendigung der Recherche: 8. November 1996 Bearbeiter: Dipl.-Ing. Fietz  
16