

(12)

# GEBRAUCHSMUSTERSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 389/98

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **F02M 61/14**

(22) Anmeldetag: 10. 6.1998

(42) Beginn der Schutzdauer: 15. 6.1999

(45) Ausgabetag: 26. 7.1999

(73) Gebrauchsmusterinhaber:

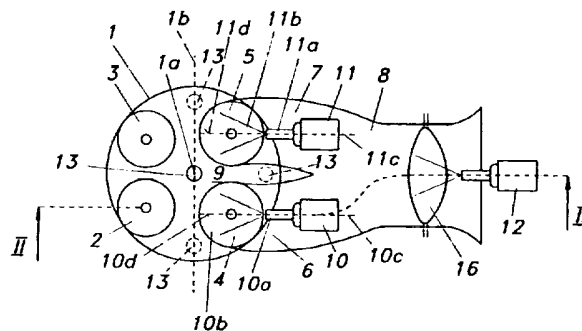
AVL LIST GMBH  
A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:

PIOCK WALTER DR.  
HITZENDORF, STEIERMARK (AT).  
KAPUS PAUL DR.  
GRAZ, STEIERMARK (AT).

## (54) BRENNKRAFTMASCHINE FÜR FREMDGEZÜNDETE KRAFTSTOFFE

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine für fremdgezündete Kraftstoffe mit zumindest einem Einlaßkanal (6, 7, 8), welcher im Bereich zumindest eines Einlaßventiles (4, 5) in einen Brennraum (9) mündet, mit zumindest einer Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) zur Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum (9) und mindestens einer in den Brennraum (9) mündenden Zündquelle. Um bei derartigen Brennkraftmaschinen eine hohe Leistung in jedem Betriebsbereich zu erzielen ist vorgesehen, daß die Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) unmittelbar stromaufwärts eines Einlaßventiles (4, 5) im Einlaßkanal (6, 7, 8) angeordnet ist, wobei bei geöffnetem Einlaßventil (4, 5) die Strahlachse (10d, 11d) des Einspritzstrahles (10b, 11b) in Richtung Brennraum (9) weist.



AT 002 963 U2

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine für fremdgezündete Kraftstoffe mit zumindest einem Einlaßkanal, welcher im Bereich zumindest eines Einlaßventiles in einen Brennraum mündet, mit zumindest einer Hochdruckeinspritzeinrichtung zur Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum und mindestens einer in den Brennraum mündenden Zündquelle.

Es ist bekannt, daß bei einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine mit direkter Einspritzung durch die Einbringung des Kraftstoffes in den Brennraum der Vorteil der inneren Kühlung des Brennraumes mit dem volumetrischen Vorteil des Ansaugens reiner Luft verbunden werden kann. Gegenüber optimierten Saugrohreinspritzmotoren lassen sich durch den direkt einspritzenden Otto-Motor beispielsweise Leistungssteigerungen im Drehzahlfenster konventioneller PKW-Motoren im Bereich von etwa 2 bis 5% verwirklichen. Die Vorteile des direkt einspritzenden Otto-Motors kommen besonders bei niedrigen und mittleren Drehzahlen und Leistungen zur Geltung. Bei sehr hohen Drehzahlen und Leistungen kommt es allerdings beim direkt einspritzenden Otto-Motor zu Problemen bei der Gemischbildung, da die Zeiten zwischen Einspritzung und Verbrennung zu kurz sind.

Es ist bekannt, durch Verwendung von zwei Hochdruckeinspritzeinrichtungen, welche beide in den Brennraum münden, eine effektive Verkürzung der Einspritzdauer und damit eine Verlängerung der Gemischbildungszeit zu erzielen. Zusätzlich kommt es durch die zwei Einspritzorte im Brennraum zu einer besseren Homogenisierung des eingespritzten Kraftstoffanteiles. Nachteilig ist allerdings, daß der Brennraum durch den Einbau von zwei Hochdruckeinspritzeinrichtungen wesentlich verändert werden muß. Darüber hinaus ist die Realisierung einer Ladungsschichtung im unteren Teillastbereich schwierig.

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, diese Nachteile zu vermeiden und eine optimale Gemischbildung bei jedem Betriebspunkt zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß erfolgt dies dadurch daß die Hochdruckeinspritzeinrichtung unmittelbar stromaufwärts eines Einlaßventiles im Einlaßkanal angeordnet ist, wobei bei geöffnetem Einlaßventil die Achse des Einspritzstrahls in Richtung Brennraum weist. Dies hat einerseits den Vorteil, daß der Brennraum durch den Einbau der zumindest einen Hochdruckeinspritzeinrichtung nicht verändert werden muß, was insbesondere Vorteile bei der Kühlung bringt. Andererseits erreicht der über die Hochdruckeinspritzeinrichtung eingebrachte Kraftstoff nahezu unverdampft den Brennraum und steht vollständig zur Innenkühlung zur Verfügung. Insbesondere wenn die Kraftstoffeinspritzung über die Hochdruckeinspritzeinrichtung während der Öffnungsphase des zumindest einen Einlaßventiles erfolgt, wird der Eigenimpuls des Kraftstoffstrahles dazu genutzt, die Einströmgeschwindigkeit durch den Einlaßkanal in den Brennraum zu erhöhen.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, daß stromaufwärts der Hochdruckeinspritzeinrichtung zumindest eine weitere Einspritzeinrichtung in den Einlaßkanal einmündet. Die weitere Einspritzeinrichtung kann als Niederdruck- oder

als Hochdruckeinspritzeinrichtung ausgeführt sein. Eine Niederdruckeinspritzeinrichtung ist zwar konstruktiv einfach, erfordert allerdings ein eigenes Niederdrucksystem. Um dieses zu vermeiden, kann es manchmal vorteilhaft sein, als weitere Einspritzeinrichtung eine weitere Hochdruckeinspritzeinrichtung einzusetzen. Auf diese Weise können die Vorteile des direkt eingebrachten Kraftstoffes und des homogen angesaugten Gemisches so kombiniert werden, daß eine Leistungserhöhung erzielt wird. Dies erfolgt dadurch, daß die zur Erreichung des jeweiligen Wirkungsgradoptimums erforderlichen Daten über die durch die zumindest eine Hochdruckeinspritzeinrichtung eingespritzte Kraftstoffmenge und die durch die weitere Einspritzeinrichtung eingespritzte Kraftstoffmenge als Funktion der Motorbetriebsparameter Drehzahl, Last und/oder Betriebstemperatur in einem Kennfeld abgelegt werden und die Kraftstoffzumessung zu der zumindest einen Hochdruckeinspritzeinrichtung und der weiteren Einspritzeinrichtung für den jeweiligen Betriebspunkt gemäß dieser Daten erfolgt. Da sich der Vorteil der Gemischansaugung bei höheren Drehzahlen verstärkt, ist es vorteilhaft, wenn das Verhältnis zwischen der über die weitere Einspritzeinrichtung eingebrachten Kraftstoffmenge zu der über die zumindest eine Hochdruckeinspritzeinrichtung eingebrachte Kraftstoffmenge mit steigender Drehzahl und/oder steigender Leistung zunimmt.

Durch die Kombination von im Bereich des Einlaßventiles erfolgender Hochdruckeinspritzung in den Brennraum und Einspritzung in den Einlaßkanal wird die Strömungsgeschwindigkeit des in den Brennraum einströmenden Kraftstoffgemisches erhöht. Zudem wird durch die extrem brennraumnahe Anordnung der Hochdruckeinspritzeinrichtung gegenüber der konventionellen Saugkanaleinspritzung mit einer mehr oder weniger starken Wandfilmbildung das transiente Verhalten des Motors stark verbessert. Insbesondere bei mehreren Einlaßventilen und Zweigkanälen ist es vorteilhaft, wenn unmittelbar vor den Einlaßventilen in jedem Zweigkanal eine Hochdruckeinspritzeinrichtung angeordnet ist. Hochdruckeinspritzeinrichtungen haben gegenüber Niederdruckeinspritzeinrichtungen den Vorteil einer sehr kurzen Einspritzzeit, einer guten Zerstäubung und einer starken Penetration. Auf diese Weise können die Vorteile von Hochdruckeinspritzung in den Brennraum und Einspritzung in den Einlaßkanal optimal miteinander kombiniert werden, sodaß in jedem Betriebspunkt des Motors der jeweils optimale Wirkungsgrad erreicht werden kann.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen Fig. 1 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer schematischen Draufsicht auf einen Zylinder, Fig. 2 einen Längsschnitt durch den Einlaßkanal gemäß der Linie II-II in Fig. 1, Fig. 3 ein Detail aus Fig. 2 und Fig. 4 ein Leistungsdiagramm für diese Brennkraftmaschine.

In Fig. 1 ist ein Zylinder 1 einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine schematisch im Grundriß dargestellt, wobei zwei Auslaßventile 2, 3 und zwei Einlaßventile 4, 5 angedeutet sind. Über die Einlaßventile 4, 5 münden Zweigkanäle 6, 7 eines Einlaßkanales 8 in den Brennraum 9 des Zylinders 1 ein. Im Zylinder 1 ist ein hin- und hergehender Kolben 14 angeordnet.

Unmittelbar vor dem entsprechenden Einlaßventil 4, 5, aber außerhalb des Brennraumes 9, ist in jedem Zweigkanal 6, 7, vorzugsweise im Bodenbereich jeweils eine Hochdruckeinspritzeinrichtung 10, 11 vorgesehen, wie aus Fig. 2 hervorgeht. Die Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 können aber auch im Deckenbereich der Zweigkanäle 6, 7 angeordnet sein. Die optimale Anordnung hängt im wesentlichen von der Kanalgestaltung ab. Bei bekannten direkt einspritzenden Brennkraftmaschinen münden derartige Hochdruckeinspritzeinrichtungen bisher direkt in den Brennraum. Die Mündungen 10a, 11a der Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11, befinden sich dagegen im jeweiligen Zweigkanal 6, 7, unmittelbar vor deren Einmündung in den Brennraum 9. Die Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 sind dabei so angeordnet, daß die aus den Mündungen 10a, 11a der Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 austretenden Einspritzstrahlen 10b, 11b ohne Benetzung der Wände der Teilkanäle 6, 7 in den Brennraum gelangen. Die Strahlachse 10d bzw. 11d ist dabei gegenüber der Achse 10c bzw. 11c der Hochdruckeinspritzeinrichtung 10, 11 um einen Winkel  $\alpha$  abgewinkelt, wie aus den Fig. 2 und 3 hervorgeht.

Zusätzlich ist stromaufwärts der Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 und stromaufwärts einer Steuereinrichtung, beispielsweise einer Drosselklappe 16 eine weitere Einspritzeinrichtung 12 im Einlaßkanal 8 angeordnet, über welche eine Saugkanaleinspritzung erfolgt. Die weitere Einspritzeinrichtung 12 kann als Niederdruckeinspritzeinrichtung oder als Hochdruckeinspritzeinrichtung ausgebildet sein.

Zur Zündung des in den Brennraum 9 eingebrachten Kraftstoffes mündet mindestens eine Zündeinrichtung 13 in den Brennraum 9 ein. Die Zündeinrichtung 13 kann sich dabei beispielsweise zentral im Bereich der Zylinderachse 1a befinden. Weitere mögliche Positionen für die Zündeinrichtung bzw. die Zündeinrichtungen 13 sind in Fig. 1 mit strichlierten Linien angedeutet. So kann sich die Zündeinrichtung 13, beispielsweise zwischen den beiden Zweigkanälen 6, 7 des Einlaßkanales 8, auf der Einlaßseite befinden. Die Zündeinrichtung 13 kann aber auch im Bereich einer Motorlängsebene 1b zwischen einem Auslaßventil 2 bzw. 3 und einem Einlaßventil 4 bzw. 5 angeordnet sein.

Durch die Anordnung der Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 im Einlaßkanal 8 unmittelbar vor den Einlaßventilen 4, 5 braucht der Brennraum 9 nicht verändert werden, sodaß mehr Freiheiten für die konstruktive Gestaltung des Zylinderkopfes 15 bei der Anordnung des Brennraumes 9 und der Mündungen der Auslaßventile 2, 3 der Einlaßventile 4, 5 und der Zündeinrichtung 13 zur Verfügung stehen.

Der über die Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 bei geöffneten Einlaßventilen 4, 5 in den Brennraum 9 eingebrachte Kraftstoff erreicht nahezu unverdampft den Brennraum 9.

Bei höheren Drehzahlen bzw. höherer Leistung reichen die Zeiten zwischen Einspritzung und Verbrennung nicht mehr zur optimalen Gemischbildung im Brennraum 9 aus. Deshalb wird zumindest bei höheren Drehzahlen der Kraftstoff nicht nur über die Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11, sondern auch über die weitere Einspritzeinrichtung 12 eingespritzt. Durch die Saugkanaleinspritzung über die weitere Einspritzeinrichtung 12 wird somit die Gemischaufbereitung verbessert und dadurch die Vorteile des direkt eingebrachten Kraftstoffes

und des homogen angesaugten Gemisches miteinander kombiniert, sodaß eine Leistungserhöhung gegenüber konventionellen Lösungen erreicht wird. Durch die Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 wird der Brennraum 9 optimal gekühlt und die Klopfneigungen der Brennkraftmaschine verringert. Die Saugkanaleinspritzung über die weitere Einspritzeinrichtung 12 dagegen bewirkt, daß das Kraftstoff-Luftgemisch optimal homogenisiert wird. Gleichzeitig wird das angesaugte Gemisch abgekühlt und die angesaugte Gasmasse dadurch erhöht. Der Eigenimpuls des über die Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 in den Brennraum 9 eingebrachten Kraftstoffstrahles 10a, 11a wird genutzt, um die Strömungsgeschwindigkeit des einströmenden Gemisches in diesem Bereich zu erhöhen, da die Einspritzung während des Ansaugtaktes erfolgt. Das transiente Verhalten der Brennkraftmaschine wird durch die extrem brennraumnahe Anordnung der Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 gegenüber Brennkraftmaschinen mit konventioneller Einlaßkanaleinspritzung mit einer mehr oder weniger starken Wandfilmbildung stark verbessert.

Durch die brennraumnahen Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 wird eine äußerst kurze Einspritzzeit und eine gute Zerstäubung des Kraftstoffes erreicht.

Fig. 4 zeigt ein Leistungsschaubild, in dem auf der Ordinate die Leistung  $P$  und auf der Abszisse die Menge des flüssig bzw. gasförmig eingebrachten Kraftstoffes aufgetragen ist. Ganz links im Schaubild befindet sich dabei der Bereich einer 100%ig flüssigen Kraftstoffeinbringung  $F_F$ , wie sie von konventionellen Direkteinspritzsystemen mit in den Brennraum mündenden Hochdruckeinspritzeinrichtungen bekannt ist. Ganz rechts auf der Abszisse ist die 100%ig als homogenes Kraftstoffgemisch vorliegende Kraftstoffeinbringung  $F_G$  eingetragen, wie sie von konventionellen Saugrohreinspritzsystemen bekannt ist.

Die 100% flüssige Kraftstoffeinbringung  $F_F$  hat den Vorteil, daß reine Luft angesaugt wird und daß durch den Kraftstoffstrahl 10b, 11b eine optimale Innenkühlung des Brennraumes 9 mit entsprechender Verbesserung der Klopfneigung erfolgt. Durch die Innenkühlung und den volumetrischen Vorteil des Ansaugens reiner Luft lassen sich gegenüber optimierter Saugrohreinspritzung Leistungssteigerungen im Drehzahlfenster konventioneller PKW-Brennkraftmaschinen im Bereich von etwa 2 bis 5% verwirklichen. Die 100%ig als homogenes Gemisch vorliegende Kraftstoffeinbringung  $F_G$  hat dagegen den Vorteil, daß eine optimale Homogenisierung und Gemischbildung vorliegt und daß je nach Ausführung ein unterschiedlicher Abkühlungsgrad des angesaugten Kraftstoffgemisches mit der damit verbundenen Erhöhung der angesaugten Gasmassen im Vergleich zu einer konventionellen Direkteinspritzung erreicht wird. Im Leistungsschaubild sind die beiden Grenzfälle für die Verdampfungswärme eingezeichnet. Die Linie A deutet dabei den Fall an, daß die Verdampfungswärme gänzlich im Gemisch vorliegt. Die gestrichelt dargestellte Linie B zeigt dagegen den Grenzfall, bei der die Verdampfungswärme gänzlich an den Wänden der Einlaßkanäle abgegeben wird.

Bei der vorliegenden Erfindung wird je nach Motorbetriebsbereich zwischen 100%ig flüssiger  $F_F$  und 100%ig gasförmiger Kraftstoffeinbringung  $F_G$  variiert. Im in Fig. 4 mit Bezugszeichen C eingetragenen Beispiel erfolgt die Gemischeinbringung zu etwa 40% direkt über die

Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 und zu etwa 60% homogen über die weitere Einspritzeinrichtung 12, entsprechend dem vorliegenden Leistungsoptimum im aktuellen Betriebspunkt.

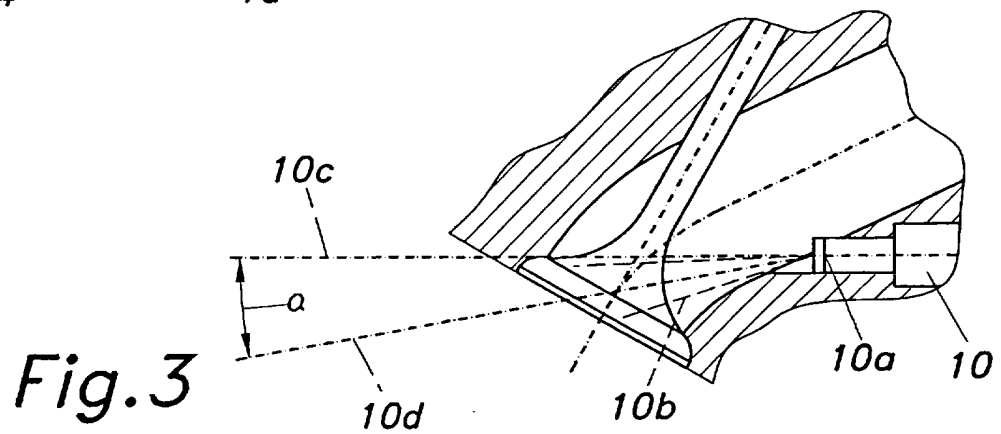
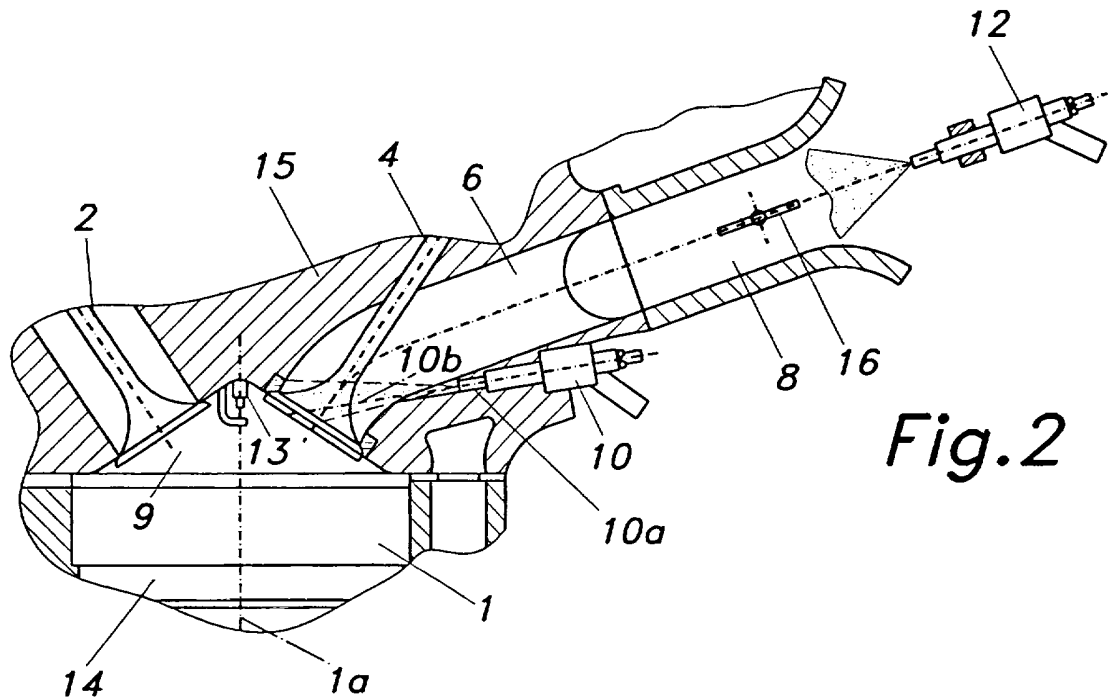
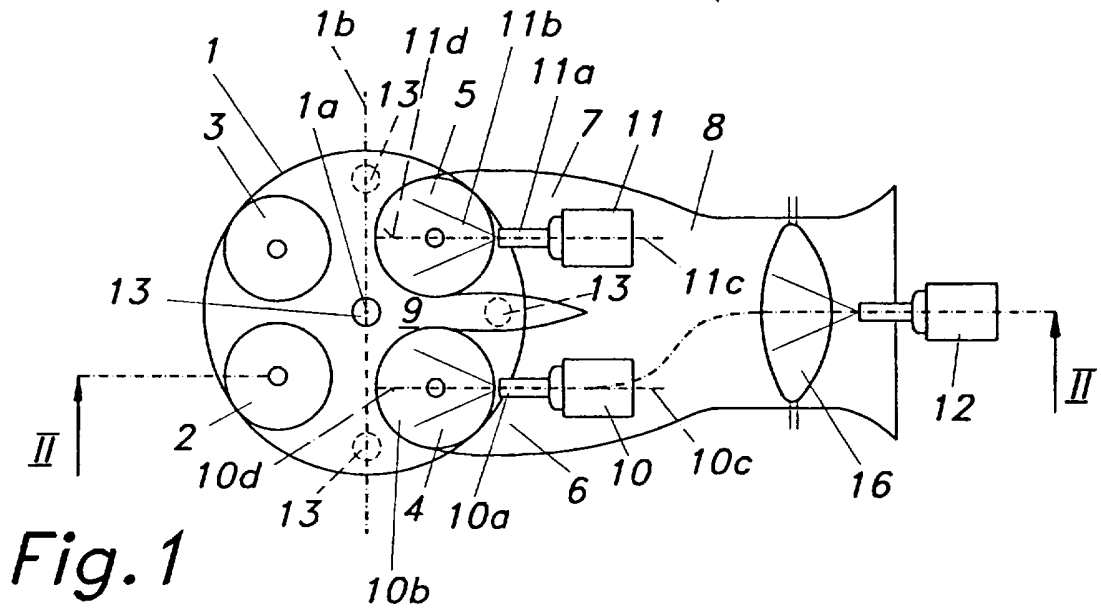
Durch die vorliegende Erfindung können die Vorteile des direkt eingebrachten Kraftstoffes und des homogen angesaugten Gemisches miteinander kombiniert werden, sodaß eine Leistungserhöhung erzielt wird. Dabei erfolgt die Aufteilung der über die Hochdruckeinspritzeinrichtungen 10, 11 und die weitere Einspritzeinrichtung 12 eingebrachten Kraftstoffmengen entsprechend der optimalen Leistungsabgabe.

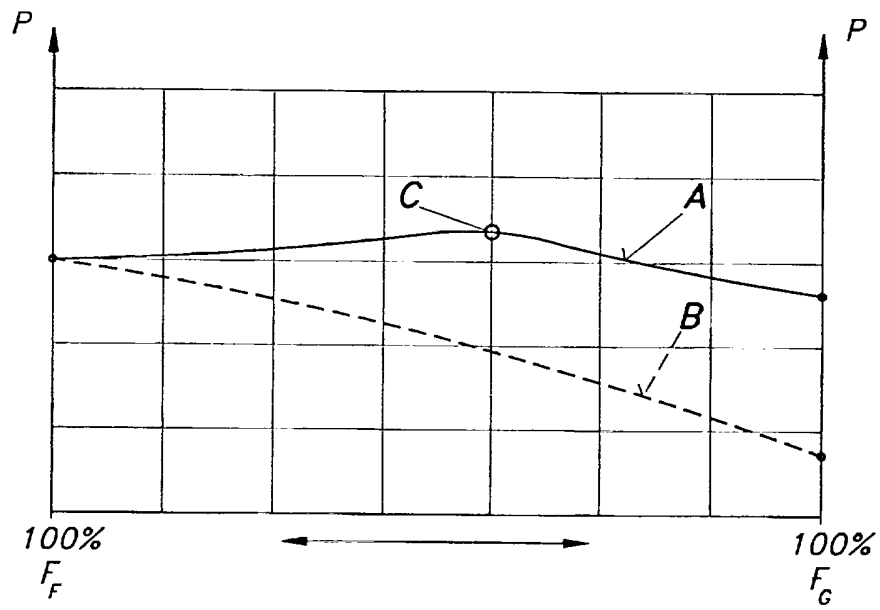
ANSPRÜCHE

1. Brennkraftmaschine für fremdgezündete Kraftstoffe mit zumindest einem Einlaßkanal (6, 7, 8), welcher im Bereich zumindest eines Einlaßventiles (4, 5) in einen Brennraum (9) mündet, mit zumindest einer Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) zur Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum (9) und mindestens einer in den Brennraum (9) mündenden Zündquelle (13), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) unmittelbar stromaufwärts des Einlaßventiles (4, 5) im Einlaßkanal (6, 7, 8) angeordnet ist, wobei bei geöffnetem Einlaßventil (4, 5) die Strahlachse (10d, 11d) des Einspritzstrahles (10b, 11b) in Richtung Brennraum (9) weist.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kraftstoffeinspritzung über die Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) während der Öffnungsphase des zumindest einen Einlaßventiles (4, 5) erfolgt.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß stromaufwärts der Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) zumindest eine weitere Einspritzeinrichtung (12) in den Einlaßkanal (8) einmündet.
4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die weitere Einspritzeinrichtung (12) als Niederdruckeinspritzeinrichtung ausgebildet ist.
5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die weitere Einspritzeinrichtung (12) als weitere Hochdruckeinspritzeinrichtung ausgebildet ist.
6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, mit mehreren Einlaßventilen (4, 5), wobei zu jedem Einlaßventil (4, 5) ein Zweigkanal (6, 7) des Einlaßkanales (8) führt, **dadurch gekennzeichnet**, daß unmittelbar vor den Einlaßventilen (4, 5) in jedem Zweigkanal (6, 7) eine Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) angeordnet ist.
7. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die zur Erreichung des jeweiligen Wirkungsgradoptimums erforderlichen Daten über die durch die zumindest eine Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) eingespritzte Kraftstoffmenge und die durch die weitere Einspritzeinrichtung (12) eingespritzte Kraftstoffmenge als Funktion der Motorbetriebsparameter Drehzahl, Last und/oder Betriebstemperatur in einem Kennfeld abgelegt werden und die Kraftstoffzumessung zu der zumindest einen Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) und der weiteren Einspritzeinrichtung (12) für den jeweiligen Betriebspunkt gemäß dieser Daten erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Verhältnis zwischen der über die weitere Einspritzeinrichtung (12) eingebrachten Kraftstoffmenge zu der über die

zumindest eine Hochdruckeinspritzeinrichtung (10, 11) eingebrachten Kraftstoffmenge mit steigender Drehzahl und/oder steigender Leistung zunimmt.







*Fig.4*