



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **100 48 238.4**
(22) Anmeldetag: **29.09.2000**
(43) Offenlegungstag: **11.04.2002**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.09.2014**

(51) Int Cl.: **F02B 3/08 (2006.01)**
F02B 3/10 (2006.01)
F02B 31/06 (2006.01)
F02D 21/08 (2006.01)
F02D 41/38 (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:
Daimler AG, 70327 Stuttgart, DE

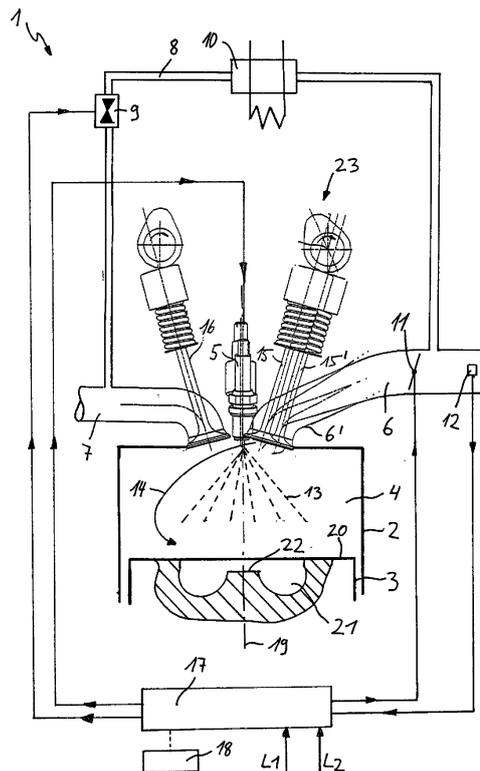
(56) Ermittelter Stand der Technik:

(72) Erfinder:
Flämig-Vetter, Tobias, Prof. Dr., 73732 Esslingen, DE; Heint, Ulrich, Dipl.-Ing., 73760 Ostfildern, DE; Hertweck, Gernot, Dipl.-Ing., 70736 Fellbach, DE; Koyanagi, Katsuyoshi, Dr., 73733 Esslingen, DE; Mühleisen, Thomas, Dipl.-Ing., 73110 Hattenhofen, DE; Öing, Heinz, Dipl.-Ing., 26892 Dörpen, DE; Vent, Guido, Dipl.-Ing., 71570 Oppenweiler, DE; Willand, Jürgen, Dipl.-Ing., 70329 Stuttgart, DE

DE	35 90 834	C2
DE	195 34 770	C2
DE	100 32 232	A1
DE	197 40 229	A1
US	5 186 139	A
EP	1 132 597	B1
EP	0 967 380	A2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorenmaschine**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorenmaschine, wobei mittels eines Injektors (5) Kraftstoff direkt in einen im Zylinder (2) begrenzten Brennraum (4) eingespritzt wird und mit separat zugeführter Verbrennungsluft verbrannt wird, wobei eine Steuereinheit (17) mindestens einen die Bildung des Kraftstoff/Luft-Gemisches beeinflussenden Gemischparameter in Abhängigkeit des jeweils vorliegenden Betriebspunktes der Dieselmotorenmaschine (1) wenigstens in bestimmten Betriebsbereichen der Dieselmotorenmaschine (1) derart einstellt, daß spätestens zum Zeitpunkt der Selbstzündung ein weitgehend homogenes Gemisch im Brennraum (4) gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbrennungsluft in einer bezüglich der Drallstärke über ein Stellglied einstellbaren Drallströmung (14) um eine Längsachse (19) des Zylinders (2) in den Brennraum (4) eingelassen wird, wobei die Steuereinheit (17) Einspritzparameter für den Vorgang der Kraftstoffzumessung und die Drallstärke (14) des Verbrennungsluftstroms aufeinander abgestimmt einstellt und der Einspritzvorgang in einem Zeitfenster zwischen ca. 30–40° KW vor dem oberen Totpunkt des Kurbeltriebes und ca. 10–20° KW nach dem oberen Totpunkt beginnt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorkraftmaschine der im Obergriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

[0002] Es sind Dieselmotorkraftmaschinen bekannt, bei denen jedem Zylinder ein Injektor zugeordnet ist zur direkten Kraftstoffeinspritzung in den im Zylinder gebildeten Brennraum. Der Kraftstoff wird mit separat zugeführter Verbrennungsluft verbrannt, wobei die Verdichtung des Gemisches mittels des Kolbens eine Selbstzündung auslöst. An moderne Dieselmotorkraftmaschinen werden zunehmend höhere Anforderungen an eine geringe Schadstoffemission gestellt. Die gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte für den Schadstoffausstoß können oft nur durch aufwendige Einrichtungen zur Abgasnachbehandlung wie Partikelfilter oder Speicherkatalysatoren unterschritten werden. Insbesondere führt ein Einfluß auf den dieselspezifischen Zündverzug zwar zu einer Reduzierung des Ausstoßes nitroser Gase, wobei jedoch die dadurch begünstigte Schwarzauchentwicklung unbeherrschbar bleibt. Der Partikelausstoß kann zwar beispielsweise durch Optimierung der Kraftstoffeinspritzung reduziert werden, beispielsweise mit einem erhöhten Einspritzdruck, wodurch jedoch die Verbrennungstemperatur angehoben und so die Bildung von Stickoxiden begünstigt wird.

[0003] Die DE 35 90 834 C2 offenbart eine Einlassanordnung mit veränderbarem Wirbel für eine Brennkraftmaschine. Dabei soll die Verwirbelung eines Einlassgases mit den Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine so gesteuert werden, dass eine Stickoxidentwicklung und ein Kraftstoffverbrauch verringert werden.

[0004] Die DE 195 34 770 C2 offenbart ein Verfahren zur Reduzierung eines Partikelausstoßes, bei dem eine Drallströmung mittels eines Stellgliedes einstellbar ist. Drallstärke und Motordrehzahl sind zueinander eingestellt, wobei eine Kraftstoffeinspritzung um den oberen Totpunkt erfolgt.

[0005] Die US 5 186 139 offenbart eine Brennkraftmaschine mit einer Steuerung von Drallstärke, Abgasrückführung und Zeitpunkt einer Kraftstoffeinspritzung in Abhängigkeit von Last und Drehzahl.

[0006] Die DE 197 40 229 A1 offenbart einen Zylinderkopf für eine Brennkraftmaschine mit Ansaugkanal und Zusatzluftkanal. Mit dem Zusatzluftkanal läßt sich eine gezielte Ladungsbewegung im Zylinder erzielen, was einer Gemischbildung förderlich ist.

[0007] Die EP 1 132 597 B1 offenbart ein Verfahren zum Vermeiden von einem Ausstoß von Partikeln beim Umschalten zwischen einer ersten Verbrennung und einer zweiten Verbrennung, indem wäh-

rend des Umschaltens eine Einspritzsteuerzeit nach einem oberen Totpunkt verzögert wird.

[0008] Die DE 100 32 232 A1 betrifft eine Brennkraftmaschine mit Selbstzündung, bei dem die Selbstzündung mittels einer Abgasrückführungsmenge und Zeitpunkt eines Einlass- bzw. Auslassventilöffnens bzw. -schließens gesteuert wird.

[0009] Die EP 0 967 380 A2 offenbart ein Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorkraftmaschine, bei der eine Reduzierung des Schadstoffausstoßes und zugleich der Schwarzauchentwicklung durch homogene Gemischbildung aus Kraftstoff und Verbrennungsluft erreicht werden soll. Bei dieser sogenannten premixed-Gemischbildung wird das Gemisch derart konfiguriert, daß spätestens zum Zeitpunkt der Selbstzündung ein homogenes Gemisch im Brennraum gebildet ist, d. h. im Brennraum weitgehend gleiche Gemischverhältnisse zwischen Brennstoff und Verbrennungsluft vorliegen. Der Kraftstoff wird bei einem frühen Zeitpunkt während des Kompressionshubes des Kolbens in den Brennraum eingespritzt, und das Gemisch entzündet sich am Ende des Kompressionshubes.

[0010] Durch dieses Brennverfahren kann ähnlich wie bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen die Schwarzauchentwicklung verhindert und gleichzeitig die Bildung nitroser Gase unterdrückt werden, wodurch auch der Kraftstoffverbrauch reduziert werden kann. Um die angestrebte homogene Gemischbildung zu erreichen, sieht das bekannte Verfahren eine Voreinspritzung in einem Zeitraum zwischen dem Einlaßhub und dem mittleren Teil des Kompressionshubes des Kolbens vor und eine anschließende Haupteinspritzung. Eine Steuereinheit überwacht den Einspritzvorgang der zweiteiligen Einspritzung in Abhängigkeit von dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine. Schwarzauchbildung soll dabei dadurch verhindert werden, daß die Haupteinspritzung mehrfach in einem Zeitintervall zwischen dem Ende des Kompressionshubes und dem Beginn des Expansionstaktes erfolgt. Die Verbrennung soll stabilisiert werden, indem die Temperatur der angesaugten Frischluft berücksichtigt wird.

[0011] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art zu schaffen, mit dem bei homogenisierter Gemischbildung niedrigste Schadstoffemissionen erreichbar sind.

[0012] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0013] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, die Verbrennungsluft in einer bezüglich Drallstärke einstellbaren Drallströmung um eine Längsachse des Zylinders in den Brennraum einzulassen. Eine Steuer-

einheit stellt die Einspritzparameter des Vorganges der Kraftstoffzumessung und die Drallstärke des Verbrennungsluftstroms aufeinander abgestimmt ein, wodurch die Gemischbildung mit nahezu gleichen Luftverhältnissen im gesamten Brennraum vollständig vor dem Beginn der Entflammung abgeschlossen ist. Eine Diffusionsverbrennung wird hierdurch unterbunden. Die Homogenisierung des Gemisches wird von der Steuereinheit betriebspunktabhängig variabel gestaltet. Das hierzu von der Steuereinheit ansteuerbare Stellglied ist vorzugsweise eine Steuerklappe, welche in einem definierten Einlaßkanal jedes Zylinders angeordnet ist. Durch Drosselung des Einlaßluftstroms in dem einen Einlaßkanal mittels der dort angeordneten Steuerklappe ist die Drallstärke des Verbrennungsluftstroms, der aus den Teilströmen beider Einlaßkanäle besteht, auf den gewünschten variabel einstellbar.

[0014] Die Homogenisierung des Kraftstoff/Luft-Gemisches wird in Kombination mit der Drallsteuerung durch Vorgabe des Einspritzzeitpunktes und der einzuspritzenden Kraftstoffmenge von der Steuereinheit erreicht, vorzugsweise wird die einzuspritzende Kraftstoffmenge im wesentlichen in einem durchgängigen Einspritzvorgang des Injektors abgegeben.

[0015] Eine zeitlich abgesetzt, vor der Haupteinspritzung stattfindende Vor- bzw. Piloteinspritzung ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nicht zielführend, da durch die Kombination der Steuerung der Einspritzparameter mit der Steuerung der Drallstärke die maximale Zündverzugszeit der Dieselmotormaschine bereits erreicht wird. Es wird als besonders zweckmäßig gesehen, wenn der Einspritzvorgang in einem Zeitfenster zwischen ca. 30–40° KW vor dem oberen Totpunkt des Kurbeltriebes und ca. 10–20° KW nach dem oberen Totpunkt beginnt.

[0016] Der Eintrag des zur Verbrennung vorgesehenen Kraftstoffes erfolgt mit einer Haupteinspritzung und wird zweckmäßig in einem durchgehenden Einspritzvorgang des Injektors abgegeben. Zur weiteren Reduzierung der Schadstoffemission, insbesondere der Nachoxidation von HC, CO und Partikeln kann eine zeitlich abgesetzte Nacheinspritzung vorgesehen werden, bei der ein Anteil der Gesamteinspritzmenge gegeben wird, der geringer als der Anteil der Haupteinspritzung ist.

[0017] In vorteilhafter Weiterentwicklung der Erfindung wird ein vorgegebenes Luftverhältnis zwischen Sauerstoffgehalt der Verbrennungsluft und der Kraftstoffmenge durch Rückführung von Abgas mit einer einstellbaren Rückführrate eingestellt. Dabei wird vorteilhaft ein für den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine vorgegebenes Luftverhältnis eingestellt. Derartige Applikationswerte können wie Stellwerte der Drallstärke und der Einspritzparameter im Voraus ermittelt werden und in einem

Kennfeldspeicher der Steuereinheit zur bedarfsweisen Entnahme bereitgestellt sein. Das Luftverhältnis wird dabei wenigstens in bestimmten Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine auf Werte eingestellt, die dem stöchiometrischen Verhältnis naheliegen. Dadurch ergibt sich eine besonders niedrige Stickoxidemission.

[0018] Zur Einstellung der optimalen Rückführrate, d. h. dem Anteil des Rückgeführten und der Frischluft beigemischten Abgase an der Verbrennungsluft wird von der Steuereinheit durch entsprechende Einstellung eines Abgasrückführventils bestimmt, welches in einer Abgasrückführungsleitung zwischen der Abgasleitung und der Einlaßleitung der Brennkraftmaschine angeordnet ist. Durch abgestimmte Einstellung des Einspritzzeitpunktes, der Drallstärke des Verbrennungsluftstroms und des Luftverhältnisses mittels Abgasrückführungsrate auf einen vorgegebenen Wert kann die Steuereinheit den Umsatzzschwerpunkt der Kraftstoffverbrennung optimal einstellen. Auch gibt die Steuereinheit den Brennverlauf und den Druckgradienten im Brennraum auf betriebspunktabhängig definierte Werte mittels zugeordneter Einstellungen des Luftverhältnisses, der Drallstärke des Verbrennungsluftstroms und der Einspritzparameter vor.

[0019] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in der Zündverzugsphase ein weitgehend vollständig homogenisiertes Gemisch bereit gestellt, wobei ein überstöchiometrisches Luftverhältnis zwischen der Verbrennungsluft (Frischluft/Abgas-Gemisch) und dem eingespritzten Kraftstoff einstellbar ist. Dieses Gemisch entzündet sich an örtlich vorhandenen Zonen mit nahezu stöchiometrischem Luftverhältnis. Durch die erfindungsgemäß einstellbaren Parameter, nämlich Einspritzrate, Einspritzzeitpunkt, Frischluft/Abgas-Verhältnis und Drallstärke ist die Länge der Zündverzugsphase entsprechend dem Betriebspunkt optimal einstellbar. Dabei werden die angestrebte Homogenisierung des Gemisches und die Lage und Größe der Zonen mit Zündkernen etwa stöchiometrischen Gemischverhältnisses gesteuert. Die Vormischung des Kraftstoffes mit der Verbrennungsluft, d. h. der Abschluß der Gemischbildung vor der Entflammung, ergibt eine vollständige und rußarme Verbrennung.

[0020] Es kann auch bei Dieselmotormaschinen ähnlich wie bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen ein Luftverhältnis nahe am stöchiometrischen Wert realisiert werden, wodurch der Zielkonflikt zwischen der Reduzierung der Partikel-Emission und der Stickoxidemission entschärft wird.

[0021] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0022] Fig. 1 einen schematischen Querschnitt einer Dieselmotorkraftmaschine,

[0023] Fig. 2 eine graphische Darstellung des Stellwinkels der Steuerklappe mit den entsprechenden Drallstärken,

[0024] Fig. 3 eine graphische Darstellung der Lage der Einspritzungen.

[0025] Die in Fig. 1 dargestellte Dieselmotorkraftmaschine **1** umfaßt mehrere Zylinder **2**, in denen jeweils ein längsbeweglich angeordneter Kolben **3** einen Brennraum **4** begrenzt. Ein Injektor **5** spritzt Kraftstoff direkt in den Brennraum **4** ein, welcher mit separat durch einen Einlaßkanal **6** zugeführter Verbrennungsluft verbrannt wird. Nach der Verbrennung werden die Abgase über einen Auslaßkanal **7** abgeführt. Das Öffnen und das Schließen der Einlaßkanäle **6** und der Auslaßkanäle **7** erfolgt durch Gaswechselventile **15**, **15'**, **16**, die in üblicher Weise von einem hier nicht näher dargestellten Ventiltrieb **23** zwangsgesteuert sind. Der Injektor **5** und die Ventilglieder der Gaswechselventile **15**, **15'**, **16** sind im wesentlichen in einer gemeinsamen Ebene angeordnet, die benachbart oder auf Höhe einer etwa orthogonal zur Zylinderachse **19** ausgebildeten Innenseite eines Zylinderkopfes liegt.

[0026] Der Auslaßkanal **7** und der Einlaßkanal **6** sind durch eine Abgasrückführungsleitung **8** miteinander verbunden, welche durch ein bezüglich des Durchgangsquerschnitts einstellbares Abgasrückführungsventil **9** freigebbar ist. In der Abgasrückführungsleitung **8** ist ein Abgaskühler **10** angeordnet, so daß der rückgeführte Abgasstrom vor der Mischung mit der Frischluft abgekühlt wird. Der Injektor **5** ist Teil eines hier nicht dargestellten Common Rail-Einspritzsystems, bei dem die Injektoren aller Zylinder aus einer gemeinsamen Hochdruckleitung mit Kraftstoff gespeist sind. Der Injektor **5** erzeugt einen Kraftstoffstrahl **13** mit mehreren geometrisch exakt bestimmten Einzelstrahlen. Der in die Verbrennungsluft eingespritzte Kraftstoffstrahl erzeugt im Brennraum eine Kraftstoffwolke mit feinstverteilten Kraftstofftröpfchen.

[0027] Zur Verbesserung der Gemischaufbereitung ist in dem Kolbenboden **20** des Kolbens **3** eine Kolbenmulde **21** ausgebildet, die einen Teil des Brennraums **4** bildet. Die Kolbenmulde **21** ist torusförmig und umgibt eine zentrisch im Kolbenboden **20** angeordnete, aus der Mulde erhöhte Prallfläche **22**.

[0028] Der Injektor **5** wird von einer Steuereinheit **17** angesteuert, welche in Abhängigkeit von dem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine die Einspritzparameter, insbesondere den Einspritzzeitpunkt und die Einspritzrate (Einspritzmenge) bestimmt. Zur Bestimmung des Betriebspunktes der Brennkraftmaschine

werden der Steuereinheit zwei laufend gemessene Parameter L1 und L2, d. h. die Einspritzmenge L1 (oder das elektronische Äquivalent) und auch die Drehzahl L2 der Brennkraftmaschine eingegeben. Als weitere Eingangsgröße empfängt die Steuereinheit **17** das Signal eines Durchflußmessers **12** im Einlaßkanal **6**. Dabei wird zweckmäßig der Massenstrom der in dem Brennraum **4** eintretenden Verbrennungsluft gemessen.

[0029] Erfindungsgemäß ist die Bildung eines homogenen Kraftstoff/Luft-Gemisches im Brennraum vorgesehen, wobei die Homogenisierung vor der Selbstentflammung des Gemisches weitgehend abgeschlossen sein soll. Dies wird dadurch erreicht, daß die Verbrennungsluft in einer bezüglich der Drallstärke einstellbaren Drallströmung **14** um eine Zylinderlängsachse **19** in den Brennraum **4** eingelassen wird. Der Drallimpuls wird der Verbrennungsluft durch Formgebung des Einlaßkanals und/oder der Form und der Lage des Einlaßventils **15** erteilt und ist einstellbar durch ein Stellglied, das im Einlaßkanal **6** auf den Verbrennungsluftstrom einwirkt. Im vorliegenden Fall ist das Stellglied eine Steuerklappe **11**, die um eine Mittelachse schwenkbar im Einlaßkanal **6** angeordnet ist. Es können jedoch auch andere Elemente zur Einstellung des Luftstroms eingesetzt werden, welche der Verbrennungsluft erfindungsgemäß einen einstellbaren Drallimpuls erteilen. Jeder Zylinder **2** umfaßt zwei getrennte Einlaßkanäle **6**, **6'**, wobei nur in einem definierten Einlaßkanal **6** eine Steuerklappe **11** vorgesehen ist, die abhängig von ihrer Stellung auf den Luftstrom im Einlaßkanal **6** drosselnd wirkt.

[0030] Der Steuereinheit **17** ist ein Kennfeldspeicher **18** zugeordnet, in dem im Voraus ermittelte Stellwerte für das Abgasrückführungsventil **9** die Steuerklappe **11** und die Einspritzparameter für den Injektor **5** zur bedarfsweisen Entnahme abgespeichert sind. Die Steuereinheit **17** steuert über die Drallstärke des Verbrennungsluftstroms und der Einspritzparameter die betriebspunktabhängig optimale Homogenisierung des im Brennraum **4** gebildeten Kraftstoff/Luft-Gemisches. In jedem Betriebspunkt wird dabei auch die optimale Abgasrückführungsrate mittels des Abgasrückführungsventils **9** eingestellt, wodurch das Abgas in einem derartigen Verhältnis mit der Frischluft gemischt wird, daß sich ein gewünschtes Kraft-/Luftverhältnis im Brennraum **4** bildet. Durch die gekühlte Abgasrückführung in Kombination mit der Steuerung der Luftbewegung im Brennraum (Drallströmung **14**) und die eingespritzte Kraftstoffmenge wird das Luftverhältnis in jedem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine optimal eingestellt, wobei Luftverhältnisse nahe dem stöchiometrischen Luftverhältnis möglich sind. In Verbindung mit der Homogenisierung des Gemisches ist so eine sehr niedrige Stickoxid- und Partikel-Emission erreichbar.

[0031] Fig. 2 zeigt eine graphische Darstellung des Öffnungswinkels α der Steuerklappe **11** im Einlaßkanal **6** und der Drallstärke D_r , die mit der entsprechenden Einstellung der Steuerklappe **11** erreichbar ist. Bei vollständig geöffneter Steuerklappe (Stellung I) ist der Einfluß der Steuerklappe **11** auf den Verbrennungsluftstrom gering und dem Verbrennungsluftstrom wird beim Eintritt in den Brennraum der Grundimpuls mit geringer Drallstärke erteilt. Mit zunehmendem Anstellwinkel α kann die Drallstärke D_r entsprechend dem vorliegenden Betriebspunkt variabel eingestellt werden nach einer weitgehend linearen Steuerkennlinie. Mit Schließung der Steuerklappe **11** (Stellung III) ergibt sich demgemäß die größtmögliche Drallstärke D_r .

[0032] Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht einen Betrieb der Dieselmotorkraftmaschine nahe dem stöchiometrischen Luftverhältnis, wodurch niedrigste Partikel- und Stickoxid-Emissionen erreichbar sind. Die Dieselmotorkraftmaschine wird wenigstens in bestimmten Bereichen mit homogener Gemischbildung betrieben, wobei ein Umschalten auf herkömmliche Diesel-Brennverfahren mit heterogener Verbrennung möglich ist.

[0033] Anhand der Vorgaben des Kennfeldspeichers **18** steuert die Steuereinheit **17** des Weiteren den Umsatzschwerpunkt der Verbrennung im Brennraum durch betriebspunktabhängige Einstellung des Einspritzzeitpunktes, des Luftverhältnisses und der Drallstärke im Hinblick auf eine Reduzierung der Abgasemissionen. Die vorteilhaften Zeitfenster für die Einspritzung sind in Fig. 3 schematisch gezeigt. Der überwiegende Teil der gesamten pro Arbeitsspiel zuzumessenden Kraftstoffmasse wird in einer Haupteinspritzung HE in den Brennraum eingebracht, wobei der Einspritzbeginn im Bereich etwa zwischen 30–40° KW vor dem oberen Totpunkt der Kolbenbewegung und etwa 10–20° KW nach dem oberen Totpunkt liegt und vor der Selbstzündung abgeschlossen ist. Zur Nachoxidation unverbrannter Abgase wie beispielsweise Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid und Partikel kann eine zeitlich abgesetzte Nacheinspritzung NE nach der Haupteinspritzung HE erfolgen, wobei ein geringerer Anteil der gesamten Einspritzmenge als bei der Haupteinspritzung HE abgegeben wird. Die Nacheinspritzung beginnt zwischen 0° KW und ca. 30–40° KW nach der Beendigung der Haupteinspritzung und setzt eine Nachverbrennung in Gang.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Dieselmotorkraftmaschine, wobei mittels eines Injektors (**5**) Kraftstoff direkt in einen im Zylinder (**2**) begrenzten Brennraum (**4**) eingespritzt wird und mit separat zugeführter Verbrennungsluft verbrannt wird, wobei eine Steuereinheit (**17**) mindestens einen die Bildung des Kraft-

stoff/Luft-Gemisches beeinflussenden Gemischparameter in Abhängigkeit des jeweils vorliegenden Betriebspunktes der Brennkraftmaschine (**1**) wenigstens in bestimmten Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine (**1**) derart einstellt, daß spätestens zum Zeitpunkt der Selbstzündung ein weitgehend homogenes Gemisch im Brennraum (**4**) gebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Verbrennungsluft in einer bezüglich der Drallstärke über ein Stellglied einstellbaren Drallströmung (**14**) um eine Längsachse (**19**) des Zylinders (**2**) in den Brennraum (**4**) eingelassen wird, wobei die Steuereinheit (**17**) Einspritzparameter für den Vorgang der Kraftstoffzumessung und die Drallstärke (**14**) des Verbrennungsluftstroms aufeinander abgestimmt einstellt und der Einspritzvorgang in einem Zeitfenster zwischen ca. 30–40° KW vor dem oberen Totpunkt des Kurbeltriebes und ca. 10–20° KW nach dem oberen Totpunkt beginnt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Eintrag des zur Verbrennung vorgesehenen Kraftstoffes bei jedem Arbeitsspiel des jeweiligen Zylinders (**2**) mit Haupteinspritzung (HE) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuereinheit (**17**) den Einspritzzeitpunkt und die einzuspritzende Kraftstoffmenge bestimmt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die einzuspritzende Kraftstoffmenge im wesentlichen in einem durchgängigen Einspritzvorgang des Injektors (**5**) abgegeben wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Kraftstoffeinspritzung eine zeitlich abgesetzte Nacheinspritzung folgt, bei der ein geringerer Anteil der Einspritzmenge abgegeben wird als bei der Haupteinspritzung.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drallstärke der Drallströmung (**14**) mittels Steuerklappen (**11**) in wenigstens einem Einlaßkanal (**6**) jedes Zylinders (**2**) eingestellt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein vorgegebenes Luftverhältnis des Kraftstoff/Luft-Gemisches im Brennraum (**4**) durch Rückführung von Abgas in den Einlaßkanal (**6**) mit einer einstellbaren Rückführrate eingestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein für den jeweiligen Betriebspunkt vorgegebenes Luftverhältnis eingestellt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß wenigstens in bestimmten Betriebsbe-

reichen der Brennkraftmaschine ein Luftverhältnis in der Nähe des stöchiometrischen Wertes eingestellt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuereinheit den Umsatzzschwerpunkt der Kraftstoffverbrennung durch abgestimmte Einstellung des Einspritzzeitpunktes, der Drallstärke (Dr) der Drallströmung (**14**) und des Luftverhältnisses auf einen betriebspunktabhängig vorgegebenen Wert einstellt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuereinheit (**17**) den Brennverlauf und den Druckgradienten im Brennraum (**4**) auf betriebspunktabhängig vorgegebene Werte mittels zugeordneter Einstellungen des Luftverhältnisses und der Drallstärke (Dr) vorgibt.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

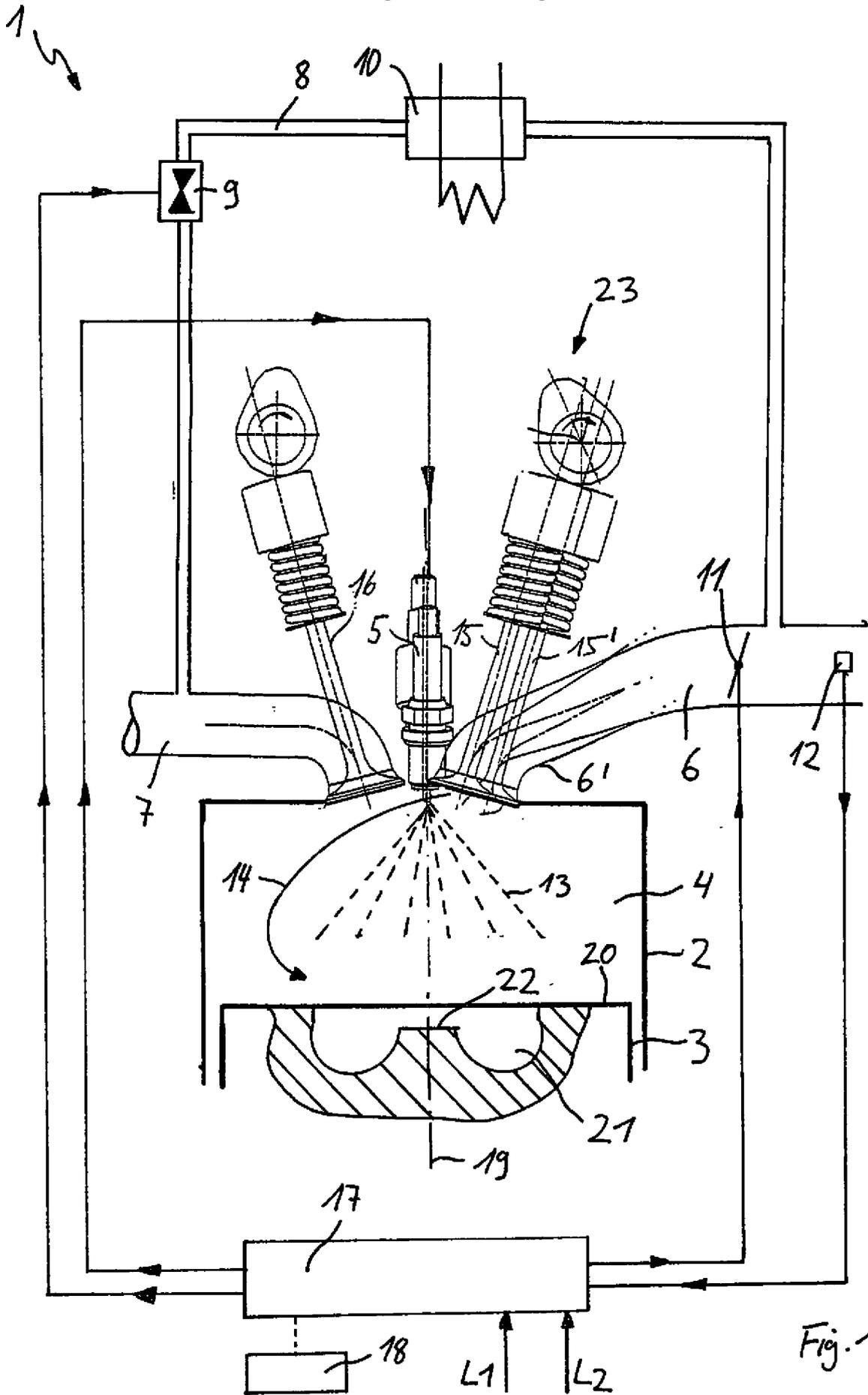


Fig. 1

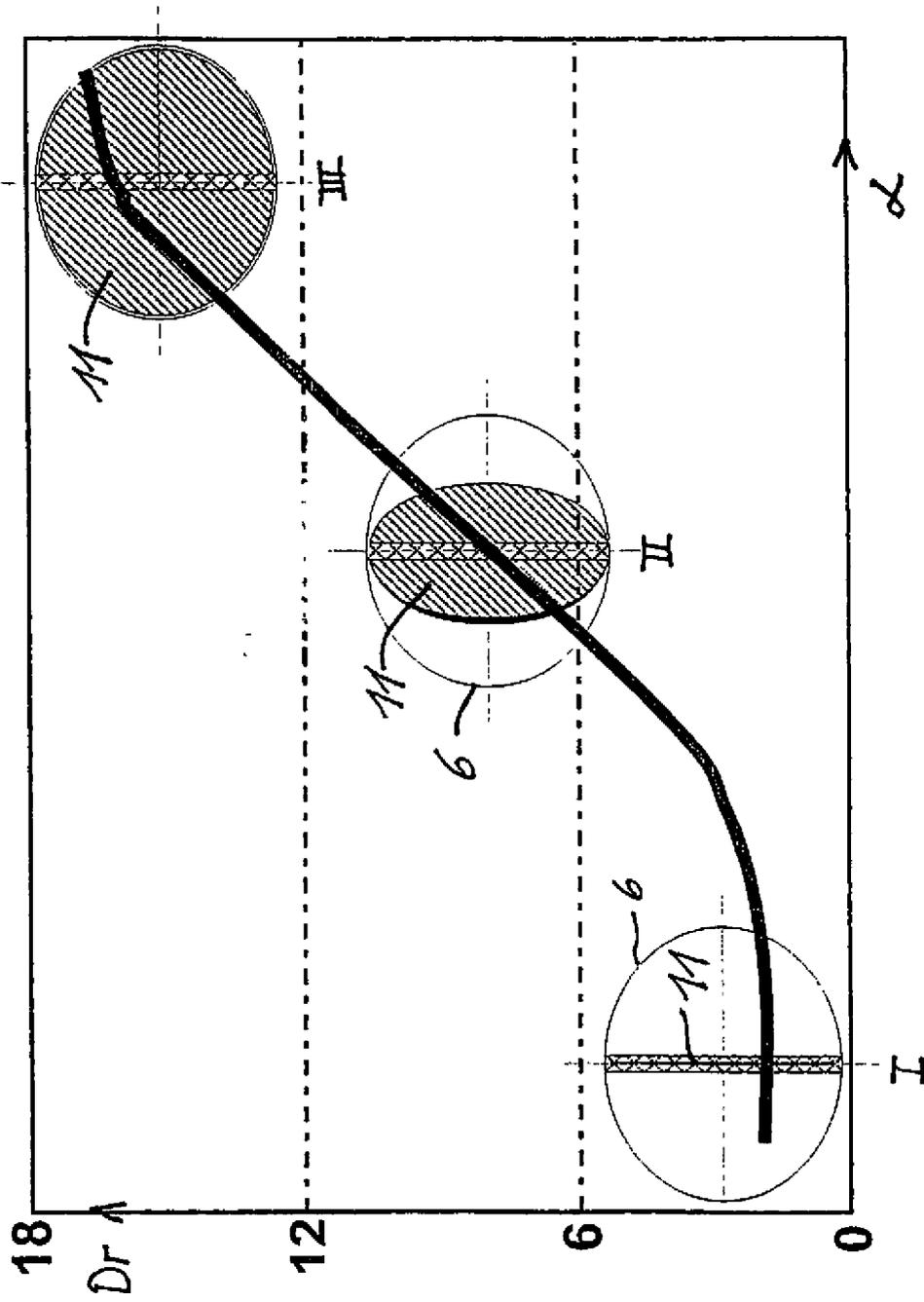


Fig.2

