

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Anmeldenummer: GM 8068/2013
(22) Anmeldetag: 26.09.2012
(24) Beginn der Schutzdauer: 15.10.2013
(45) Veröffentlicht am: 15.12.2013

(51) Int. Cl. : **F02B 19/12** (2006.01)
F02D 21/06 (2006.01)
F02D 21/08 (2006.01)
F02D 19/02 (2006.01)

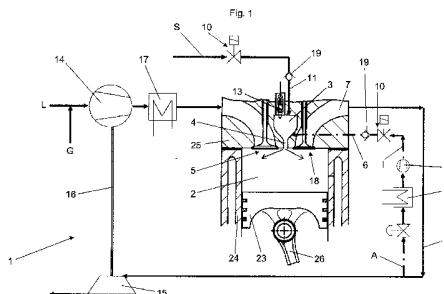
(67) Umwandlung von A 1049/2012

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102008015744 A1
JP 2003314316 A
JP 2002276474 A
JP 2000008899 A JP 9068109 A

(73) Gebrauchsmusterinhaber:
GE JENBACHER GMBH & CO OG
6200 JENBACH (AT)

(54) **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Gasmotors, mit wenigstens einem Hauptbrennraum (2) und wenigstens einer Vorkammer (3), wobei die Vorkammer (3) über einen Überströmkanal (4) mit dem Hauptbrennraum (2) verbunden ist, wobei der Vorkammer (3) von außen ein im Wesentlichen brennbares Gasgemisch als Spülgas (S) zugeführt wird, wobei vorzugsweise das Spülgas (S) ein Treibstoff-Luft-Gemisch umfasst, wobei der Vorkammer (3) zusätzlich von außen ein im Wesentlichen nicht brennbares Inertgas (1) zugeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Gasmotors, mit wenigstens einem Hauptbrennraum und wenigstens einer Vorkammer, wobei die Vorkammer über einen Überströmkanal mit dem Hauptbrennraum verbunden ist, wobei der Vorkammer von außen ein im Wesentlichen brennbares Gasgemisch als Spülgas zugeführt wird, wobei vorzugsweise das Spülgas ein Treibstoff-Luft-Gemisch umfasst.

[0002] Brennkraftmaschinen, insbesondere große, stationäre Gasmotoren, weisen zur zuverlässigen und schnellen Entflammung eines Hauptbrennraums häufig eine dem Hauptbrennraum zugeordnete Vorkammer als Zündverstärker auf, um die Zündenergie einer an oder in der Vorkammer angeordneten Zündvorrichtung zu verstärken. Bei der Zündvorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Elektrodenzündkerze oder eine Laserzündkerze handeln, durch die ein der Vorkammer über eine entsprechende Zuleitung von außen zugeführtes, brennbares Treibstoff-Luft-Gemisch entzündet wird. In Richtung des Hauptbrennraums sind Vorkammern häufig über einen röhrenförmigen Überströmkanal mit dem Hauptbrennraum verbunden. Im Endbereich des Überströmkanals in Richtung des Hauptbrennraums weist der Überströmkanal üblicherweise Überströmbohrungen auf, über die bei einer Durchzündung der Vorkammer Zündfackeln mit hohem Impuls in den Hauptbrennraum eintreten und für die Durchzündung und eine möglichst schnelle Umsetzung des Treibstoff-Luft-Gemischs im Hauptbrennraum sorgen.

[0003] Für eine optimale Verbrennung im Hauptbrennraum muss in der Vorkammer eine bestimmte Energiemenge vorgehalten und gezündet werden. In der Nähe der Zündvorrichtung sollte dabei vorzugsweise ein Treibstoff-Luft-Gemisch mit einem Verbrennungsluftverhältnis von etwa $\lambda = 1$ vorliegen, um gute und stabile Zündbedingungen bereitzustellen. Einer Vorkammer wird daher üblicherweise über eine Spülgasleitung von außen ein brennbares Spülgas zugeführt, welches ein Treibstoff-Luft-Gemisch mit einem Verbrennungsluftverhältnis von im Wesentlichen $\lambda = 1$ umfasst.

[0004] Die Verbrennung eines Treibstoff-Luft-Gemischs im Bereich von $\lambda = 1$ ist jedoch zumeist mit sehr hohen Verbrennungstemperaturen und somit auch mit hoher Stickoxidbildung verbunden.

[0005] Die Emissionen von Stickoxiden (NO_x) sind gesetzlich limitiert, sodass die Motorenhersteller stets bestrebt sind, die NO_x-Emissionen möglichst ohne Einbußen im Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine abzusenken. Brennkraftmaschinen, insbesondere stationäre Großgasmotoren, werden daher häufig im Hauptbrennraum mager betrieben, d.h. das dort eingebrachte Treibstoff-Luft-Verhältnis weist einen Luftüberschuss und somit ein Verbrennungsluftverhältnis von $\lambda > 1$ auf. Insbesondere bei solchen mager betriebenen Gasmotoren wird ein wesentlicher Teil der NO_x-Emissionen in der Vorkammer gebildet. Darüber hinaus begünstigen die aus der Vorkammer austretenden Zündfackeln in der Vermischungszone der Zündfackeln mit dem Treibstoff-Luft-Gemisch aus dem Hauptbrennraum die Stickoxidbildung. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn das Treibstoff-Luft-Gemisch der Vorkammer ein Verbrennungsluftverhältnis in der Nähe von $\lambda = 1$ aufweist und das Treibstoff-Luft-Gemisch im Hauptbrennraum ein sogenanntes Magergemisch ist, d.h. ein Verbrennungsluftverhältnis von $\lambda > 1$ und damit einen Luftüberschuss aufweist. Dieser Luftüberschuss begünstigt dann in der Vermischungszone der Zündfackeln mit dem mageren Gemisch aus dem Hauptbrennraum durch die dabei erfolgte Sauerstoffzufuhr die Stickoxidbildung.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, die vorbeschriebenen Nachteile zu vermeiden und ein gegenüber dem Stand der Technik verbessertes Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine anzugeben. Insbesondere soll die Bildung von Stickoxiden in der Vorkammer bzw. durch die Vorkammer einer Brennkraftmaschine reduziert werden.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

[0008] Gemäß der Erfindung ist also vorgesehen, dass der Vorkammer zusätzlich von außen ein im Wesentlichen nicht brennbares Inertgas zugeführt wird.

[0009] Es ist bekannt, dass die NO_x -Emissionen entscheidend von den bei einer Verbrennung eines Treibstoff-Luft-Gemischs vorherrschenden Verbrennungstemperaturen abhängig sind. Die maximalen Verbrennungstemperaturen werden durch die Gaszusammensetzung am Ort der Verbrennung geprägt. Eine Möglichkeit, um die Verbrennungstemperaturen zu senken, ist die Reduzierung des lokalen Sauerstoffangebots. Diese Reduzierung kann durch eine Verdünnung des Verbrennungsgases mit einem nicht brennbaren inerten Gas erzielt werden. Durch das Zuführen eines an einer späteren Verbrennung in der Vorkammer chemisch im Wesentlichen nicht teilnehmenden Inertgases - beispielsweise über eine entsprechende Intergasleitung - in die Vorkammer umfasst das in der Vorkammer gebildete Gasgemisch einen höheren Anteil von inerten Komponenten, welche dämpfend auf die Verbrennung wirken. Dadurch können bei einem im Wesentlichen gleichbleibendem Verbrennungsluftverhältnis von beispielsweise etwa $\lambda = 1$ die maximalen Verbrennungstemperaturen gesenkt und dementsprechend die Bildung von Stickoxiden reduziert werden. Es kann damit also erreicht werden, dass die NO_x -Bildung möglichst nahe am Ort der Entstehung reduziert werden kann.

[0010] Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass der Vorkammer wenigstens einer der folgenden Stoffe als Inertgas zugeführt wird: Abgas, Stickstoff, Wasserdampf. Bei der Verwendung von Abgas als Inertgas kann vorgesehen sein, dass der Vorkammer als Abgas ein nach der Durchzündung des Hauptbrennraums aus dem Hauptbrennraum ausgeschobenes Verbrennungsabgas zugeführt wird. Hierbei kann ein Teil des Verbrennungsabgases der Brennkraftmaschine in die Vorkammer rückgeführt werden.

[0011] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass das Inertgas vor der Zuführung zur Vorkammer gekühlt und/oder verdichtet wird. Eine zusätzliche Abkühlung des Inertgases vor der Zuführung zur Vorkammer kann eine weitere Absenkung der Verbrennungstemperaturen und somit eine weitere Reduzierung der Stickoxidbildung begünstigen. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn als Inertgas ein Verbrennungsabgas der Brennkraftmaschine zum Einsatz kommt.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass die Vorkammer einen Zündbereich und einen Überströmbereich aufweist, wobei im Zündbereich durch eine Zündvorrichtung eine Durchzündung der Vorkammer ausgelöst wird und wobei im Überströmbereich der Überströmkanal in die Vorkammer mündet, wobei das Spülgas in den Zündbereich der Vorkammer zugeführt wird.

[0013] Bei der Zündvorrichtung kann es sich beispielsweise um eine in die Vorkammer ragende Elektrodenzündkerze oder auch um eine an der Vorkammer angeordnete Laserzündkerze handeln. Die Zündvorrichtung löst im Zündbereich eine Entflammung in der Vorkammer aus.

[0014] Der Zündbereich umgibt somit jenen Bereich, in dem durch die Zündvorrichtung ein Zündfunke bzw. eine Zündung ausgelöst wird. Der Zündbereich stellt somit ein Vorkammervolumen dar, in dem eine Zündkerze mit ihren Zündelektroden ragt oder in dem eine Zündung durch eine Laserzündkerze ausgelöst wird. Es kann sich dabei beispielsweise um den die Zündvorrichtung umgebenden oder der Zündvorrichtung zugewandten Volumensbereich der Vorkammer handeln, wobei dieser Volumensbereich vorzugsweise maximal ein Drittel, besonders bevorzugt maximal ein Fünftel, des gesamten Vorkammervolumens darstellt.

[0015] Eine Vorkammer weist häufig im Bereich der Zündvorrichtung eine kuppelförmige Innenwandung auf, wobei ausgehend vom Kuppelscheitel ein Überströmkanal in Richtung des Hauptbrennraums ausgebildet ist, um die Vorkammer mit dem Hauptbrennraum zu verbinden. Am Ende des Überströmkanals in Richtung des Hauptbrennraums sind zumeist mehrere Überströmbohrungen angeordnet, über die Zündfackeln in den Hauptbrennraum eintreten können. Im Rahmen der Erfindung wird jener Bereich der Vorkammer, in dem der Überströmkanal in die Vorkammer mündet, als Überströmbereich verstanden. Es kann sich also beispielsweise um den Bereich der Vorkammer handeln, in dem der Überströmkanal in die kuppelförmige Vorkammer einmündet. Der Überströmbereich kann ein in Einbaulage dem Hauptbrennraum zuge-

wandter Volumensbereich der Vorkammer sein, der in Bezug auf den Zündbereich am entgegengesetzten Ende der Vorkammer angeordnet ist.

[0016] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Inertgas in den Zündbereich der Vorkammer zugeführt wird.

[0017] Das Spülgas kann über eine Spülgasleitung von außen der Vorkammer zugeführt werden, wobei die Spülgasleitung vorzugsweise im Bereich der Zündvorrichtung in die Vorkammer einmündet. Das Inertgas kann ebenfalls über die Spülgasleitung der Vorkammer zugeführt werden, indem es in die Spülgasleitung eingebracht wird. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass das Inertgas über eine gesonderte Inertgasleitung von außen der Vorkammer zugeführt wird.

[0018] Vorzugsweise kann vorgesehen sein, dass mit der Zufuhr des Inertgases früher begonnen wird als mit der Zufuhr des Spülgases, wobei vorzugsweise mit der Zufuhr des Spülgases begonnen wird bevor die Zufuhr des Inertgases beendet wird.

[0019] Dadurch, dass zuerst mit der Zufuhr des Inertgases und erst später mit der Zufuhr des Spülgases begonnen wird, kann eine günstige Gasschichtung in der Vorkammer erzielt werden. Insbesondere kann dadurch noch vor der Entflammung in der Vorkammer das nicht brennbare Inertgas in den Überströmbereich der Vorkammer und das brennbare Spülgas in den Zündbereich der Vorkammer gebracht werden. Dadurch herrschen einerseits im Bereich der Zündvorrichtung durch das dort vorhandene Spülgas optimale Zündbedingungen und andererseits kann durch das Inertgas im Überströmbereich erreicht werden, dass nach der Entflammung in der Vorkammer in der ersten Phase der Verbrennung sowohl in der Vorkammer als auch beim Übertritt des brennenden Gases von der Vorkammer in den Hauptbrennraum das Inertgas durch seine verbrennungsdämpfende und damit kühlende Wirkung die NO_x-Bildung reduziert. Generell kann die Vorkammer auch konstruktiv entsprechend gestaltet werden, um das Erreichen einer solchen günstigen Gasschichtung zu unterstützen.

[0020] In einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass mit der Zufuhr des Inertgases begonnen wird bevor ein Einlassventil zum Einlassen eines Treibstoff-Luft-Gemischs in den Hauptbrennraum geöffnet wird, wobei vorzugsweise die Zufuhr des Inertgases beendet wird nachdem ein Auslassventil zum Auslassen eines Verbrennungsabgases aus dem Hauptbrennraum geschlossen wird.

[0021] Gemäß einer weiteren Variante kann vorgesehen sein, dass mit der Zufuhr des Spülgases begonnen wird, nachdem ein Auslassventil zum Auslassen eines Verbrennungsabgases aus dem Hauptbrennraum geschlossen wird, vorzugsweise unmittelbar nach dem Schließen des Auslassventils.

[0022] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Inertgas in den Überströmbereich der Vorkammer zugeführt wird. Das Inertgas kann dabei über eine gesonderte Inertgasleitung von außen der Vorkammer zugeführt werden. Dadurch kann wiederum eine günstige Gasschichtung in der Vorkammer erzielt werden, da das brennbare Spülgas direkt in den Zündbereich und das nicht brennbare Inertgas direkt in den Überströmbereich der Vorkammer eingebracht wird.

[0023] Dabei kann vorzugsweise vorgesehen sein, dass mit der Zufuhr des Inertgases später begonnen wird als mit der Zufuhr des Spülgases, wobei vorzugsweise mit der Zufuhr des Inertgases begonnen wird bevor die Zufuhr des Spülgases beendet wird. Dadurch kann sichergestellt werden, dass bei einer Zündung in der Vorkammer im Überströmbereich das verbrennungsdämpfende und damit kühlende Inertgas vorherrscht.

[0024] In einer Ausführungsvariante kann vorgesehen sein, dass mit der Zufuhr des Inertgases begonnen wird nachdem ein Auslassventil zum Auslassen eines Verbrennungsabgases aus dem Hauptbrennraum geschlossen wird.

[0025] Gemäß einer weiteren Variante kann vorgesehen sein, dass mit der Zufuhr des Spülgases begonnen wird bevor ein Einlassventil zum Einlassen eines Treibstoff-Luft-Gemischs in den

Hauptbrennraum geöffnet wird, wobei vorzugsweise die Zufuhr des Spülgases beendet wird nachdem ein Auslassventil zum Auslassen eines Verbrennungsabgases aus dem Hauptbrennraum geschlossen wird.

[0026] Generell kann auch vorgesehen sein, dass ein Volumen des Hauptbrennraums in einer Verdichtungsphase verdichtet wird, wobei das Inertgas in der Verdichtungsphase, vorzugsweise zu Beginn der Verdichtungsphase, der Vorkammer zugeführt wird.

[0027] Durch das Zuführen von Inertgas zur Vorkammer erst zu Beginn der Verdichtungsphase kann eine Gasschichtung in der Vorkammer erzielt werden, da zusätzlich zum Treibstoff-Luft-Gemisch des Hauptbrennraums, das während der Verdichtung über die Überströmbohrungen und den Überströmkanal in die Vorkammer geschoben wird, das von außen zugeführte Inertgas direkt in die Vorkammer eingebracht wird. Nach dem Entzünden des Treibstoff-Luft-Gemischs durch eine Zündvorrichtung in der Vorkammer kann die Flamme das Inertgas in der Vorkammer erfassen, wobei die Verbrennung durch die inerten Bestandteile gedämpft und das brennende Gemisch sowie Inertgas in den Hauptbrennraum übertreten können. Auch hier kann das Inertgas die maximalen Temperaturen in der Vermischungszone zwischen den eher fetten Zündfackeln aus der Vorkammer und dem mageren Gemisch im Hauptbrennraum senken.

[0028] Weitere Einzelheiten und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Figurenbeschreibung erläutert. Dabei zeigt:

[0029] Fig. 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Zuführung von Spülgas und rückgeführtem Abgas als Inertgas zur Ausführung des vorgeschlagenen Verfahrens,

[0030] Fig. 2 eine Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1, bei der eine mit Stickstoff angereicherte Luft als Inertgas zugeführt wird,

[0031] Fig. 3 eine Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1, bei der Wasserdampf als Inertgas zugeführt wird,

[0032] Fig. 4 eine Detaildarstellung einer Vorkammer zur Ausführung des vorgeschlagenen Verfahrens mit einer Zufuhr von Inertgas in den Überströmbereich der Vorkammer,

[0033] Fig. 5 beispielhafte Diagramme der Zufuhr von Spülgas und Inertgas in Abhängigkeit des Kurbelwinkels,

[0034] Fig. 6 eine Detaildarstellung einer Vorkammer gemäß Fig. 4 mit einer Inertgaszufuhr in den Zündbereich der Vorkammer,

[0035] Fig. 7 eine weitere Detaildarstellung einer Vorkammer gemäß Fig. 4 mit einer Inertgaszufuhr in den Zündbereich der Vorkammer und

[0036] Fig. 8 beispielhafte Diagramme der Zufuhr von Spülgas und Inertgas in Abhängigkeit des Kurbelwinkels.

[0037] Fig. 1 zeigt schematisch eine als - vorzugsweise stationärer - Gasmotor ausgebildete Brennkraftmaschine 1 mit einem Hauptbrennraum 2 und einer dem Hauptbrennraum 2 zugeordneten Vorkammer 3. Bei der Brennkraftmaschine 1 handelt es sich um eine Hubkolbenmaschine, bei welcher der wenigstens eine Hauptbrennraum 2 in bekannter Art und Weise durch einen Zylinder 24, einen darauf angeordneten Zylinderkopf 25 und einen im Zylinder 24 sich auf und ab bewegendem Kolben 23 begrenzt ist. Die Vorkammer 3 ist über einen Überströmkanal 4 mit dem Hauptbrennraum 2 verbunden.

[0038] Der Vorkammer 3 wird über eine Spülgasleitung 11 von außen ein Spülgas S zugeführt. Um die Zeitdauer und Menge des in die Vorkammer 3 einzubringenden Spülgases S zu steuern, ist in der Spülgasleitung 11 ein elektronisch oder mechanisch steuerbares Ventil 10 vorgesehen. Das Spülgas S umfasst ein Treibstoff-Luft-Gemisch mit einem Verbrennungsluftverhältnis von etwa $\lambda = 1$. Zur Zündung des Gasgemischs in der Vorkammer 3 ist in diesem Fall eine als Elektrodenzündkerze ausgebildete Zündvorrichtung 13 vorgesehen.

[0039] In den Hauptbrennraum 2 ist über einen Einlasstrakt und ein darin befindliches Einlassventil 5 ein Treibstoff-Luft-Gemisch zuführbar. Dieses umfasst Luft L und ein Treibgas G, welche gemischt und in einem Kompressor 14 eines Turboladers auf Ladedruck gebracht werden. Im gezeigten Beispiel ist darüber hinaus ein Ladeluftkühler 17 vorgesehen, um die Temperatur des Treibstoff-Luft-Gemischs für den Hauptbrennraum 2 zu senken. Alternativ zum Mischen der Luft L und des Treibgases G vor dem Kompressor 14 kann auch einer verdichteten Ladeluft ein Treibgas erst im Einlasstrakt, bspw. im Bereich des Einlassventils 5, beigemischt werden. Das Treibstoff-Luft-Gemisch im Hauptbrennraum 2 kann beispielsweise ein Verbrennungsluftverhältnis von etwa $\lambda = 1,05$ bis etwa $\lambda = 2,8$ aufweisen.

[0040] Der Kompressor 14 des gezeigten Turboladers ist über eine Welle 16 mit einer Turbine 15 verbunden, die über ein Verbrennungsabgas V des Hauptbrennraums 2 angetrieben wird. Das Verbrennungsabgas V wird dabei in der Ausstoßphase über ein Auslassventil 18 aus dem Hauptbrennraum 2 in den Auslasstrakt bzw. die Auslassleitung 7 ausgeschoben.

[0041] Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird nun ein Teil dieses Verbrennungsabgases V als Inertgas I bzw. Abgas A über eine Inertgasleitung 6 der Vorkammer 3 von außen zugeführt. In der Inertgasleitung 6 ist darüber hinaus eine Kühlvorrichtung 8 zum Kühlen dieses rückgeführten Abgases A sowie ein Inertgasverdichter 9 zum Erhöhen des Drucks des rückgeführten Abgases A vorgesehen. Um die Zeitdauer und Menge des in die Vorkammer 3 einzubringenden Inertgases I zu steuern, ist in der Inertgasleitung 6 ein elektronisch oder mechanisch steuerbares Ventil 10 vorgesehen.

[0042] Um ein unerwünschtes Zurückströmen des in die Vorkammer 3 einzubringenden Spülgases S in die Spülgasleitung 11 und des Inertgases I bzw. Abgases A in die Inertgasleitung 6 zu vermeiden, sind in beiden Zufuhrleitungen 11,6 Rückschlagventile 19 angeordnet.

[0043] Es kann auch vorgesehen sein, dass ein Teil des Verbrennungsabgases V auch dem Hauptbrennraum 2 zugeführt wird, um zusätzlich auch im Hauptbrennraum 2 selbst die Bildung von Stickoxiden weiter zu reduzieren.

[0044] Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel ähnlich der Fig. 1 mit dem Unterschied, dass hierbei Stickstoff bzw. eine mit Stickstoff angereicherte Luft N als Inertgas I der Vorkammer 3 über die Inertgasleitung 6 zugeführt wird. Dazu wird im gezeigten Beispiel einem Stickstoffabscheider 20 eine durch einen Luftverdichter 21 verdichtete Luft L zugeführt. Im Stickstoffabscheider 20 können gängige Verfahren zur Schaffung stickstoffreicher Gasströme N aus Luft L zum Einsatz kommen wie beispielsweise die Membrantechnologie oder das PSA (pressure swing absorption) Verfahren. Bei der Membrantechnologie wird Druckluft durch eine selektiv permeable Membran geleitet, die den Luftstrom L in einen mit Stickstoff angereicherten Stoffstrom N und in einen mit Sauerstoff angereicherten Stoffstrom O aufteilt. Im PSA- oder Druckwechseladsorptionsverfahren wird Luft L an ein Kohlenstoffmolekularsieb geleitet, welches den Sauerstoff adsorbiert. So kann zyklisch der Stickstoff abgezogen werden. Der Stickstoffabscheider 20 liefert an seinen Ausgängen Stickstoff bzw. eine mit Stickstoff angereicherte Luft N und eine stickstoffarme Luft O. Die mit Stickstoff angereicherte Luft N wird als Inertgas I in die Inertgasleitung 6 eingebracht und die stickstoffarme Luft O wird dem Treibstoff-Luft-Gemisch für den Hauptbrennraum 2 zugeführt.

[0045] Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel ähnlich der Fig. 1 mit dem Unterschied, dass hierbei Wasserdampf D als Inertgas I der Vorkammer 3 über die Inertgasleitung 6 zugeführt wird. Der Wasserdampf D wird im gezeigten Beispiel in an sich bekannter Art und Weise in einem Wasserdampfgenerator 22 mit Hilfe des Verbrennungsabgases V nach der Turbine 15 des Turboladers der Brennkraftmaschine 1 erzeugt. Im Wasserdampfgenerator 22 wird unter Ausnutzung der Wärme der Verbrennungsabgase V Wasserdampf D erzeugt. Dazu wird von einer Pumpe Wasser durch einen Wärmetauscher geleitet, in dem die Verbrennungsabgase V Wärme abgeben und das Wasser verdampfen. Der Dampf wird an ein Ausgleichsgefäß geleitet und von dort als Wasserdampf D entnommen.

[0046] Bei der Verbrennung in der Vorkammer 3 wird zunächst das zündfähige Gasgemisch im

Bereich der Zündkerze bzw. Zündvorrichtung 13 entzündet. Wenn die Flamme den Wasserdampf D - der an der Verbrennung chemisch nicht teilnimmt - in der Vorkammer 3 erfasst, wird die Verbrennung durch die inerte Wirkung des Wasserdampfs D gedämpft und das brennende Gasgemisch sowie der Wasserdampf D treten in den Hauptbrennraum 2 über. Der Wasserdampf D senkt dabei auch die maximalen Temperaturen in der Vermischungszone zwischen den eher fetten Zündfackeln aus der Vorkammer 3 und dem mageren Gasgemisch im Hauptbrennraum 2.

[0047] Fig. 4 zeigt eine Vorkammer 3 in einer detaillierten Schnittdarstellung. Die Vorkammer 3 ist kuppelförmig ausgebildet, wobei ausgehend vom Kuppelscheitel der kuppelförmigen Vorkammer 3 ein Überströmkanal 4 in Richtung des Hauptbrennraums 2 ausgebildet ist, der die Vorkammer 3 mit dem Hauptbrennraum 2 verbindet. Im dem Hauptbrennraum 2 zugewandten Endbereich des Überströmkanals 4 sind mehrere Überströmbohrungen 4' ausgebildet, über die bei Entflammung in der Vorkammer 3 Zündfackeln in den Hauptbrennraum 2 austreten und eine Entzündung des Gasgemischs im Hauptbrennraum 2 auslösen.

[0048] Im der Zündvorrichtung 13 zugewandten Zündbereich 3a der Vorkammer 3 ragt eine Elektrodenzündkerze in die Vorkammer 3. Der Zündbereich 3a ist jener Bereich der Vorkammer 3, der die Elektroden der Zündkerze 13 umgibt und entspricht im gezeigten Beispiel in etwa dem der Zündkerze 13 zugewandten oberen Fünftel des Vorkammervolumens der Vorkammer 3. In einem Überströmbereich 3b der Vorkammer 3 mündet der Überströmkanal 4 in den kuppelförmigen Bereich der Vorkammer 3, welcher das Vorkammervolumen bildet. Die Spülgasleitung 11 zur Zuführung eines zündfähigen Spülgases S in die Vorkammer 3 mündet in den Zündbereich 3a und die Inertgasleitung 6 zur Zuführung eines die Verbrennung dämpfenden Inertgases I (z.B. Abgas A, Stickstoff bzw. mit Stickstoff angereicherte Luft N, Wasserdampf D) in die Vorkammer 3 mündet in den Überströmbereich 3b der Vorkammer 3.

[0049] Durch eine geeignete zeitliche Steuerung der elektronischen Ventile 10 in der Spülgasleitung 11 und in der Inertgasleitung 6 können die Zeitpunkte bzw. Zeitdauern und Mengen des in die Vorkammer 3 einzubringenden Spülgases S und Inertgases I gesteuert werden.

[0050] Fig. 5 zeigt beispielhaft ein Diagramm von Ventilstellungen von Einlassventil 5 (zum Einlassen von Treibstoff-Luft-Gemisch in den Hauptbrennraum 2) und Auslassventil 18 (zum Auslassen bzw. Ausschleusen von Verbrennungsabgas V aus dem Hauptbrennraum 2) sowie von Stoffmengen des in die Vorkammer 3 eingebrachten Spülgases S und Inertgases I abhängig von der Zeit bzw. des Kurbelwinkels KW einer mit dem entsprechenden Kolben 23 verbundenen Kurbel 26 (siehe Fig. 1). Der obere Totpunkt des entsprechenden Kolbens 23 im Zylinder 24 in Grad Kurbelwinkel KW ist dabei durch TDC bezeichnet und der untere Totpunkt des Kolbens 23 im Zylinder 24 in Grad Kurbelwinkel KW ist durch BDC bezeichnet. Das Diagramm zeigt vorteilhafte Einbringdauern des Spülgases S und des Inertgases I für Fälle gemäß Fig. 4, bei denen das Inertgas I in den Überströmbereich 3b der Vorkammer 3 eingebracht wird.

[0051] Die Kurve 18 zeigt dabei den Verlauf des Auslassventils 18 in Abhängigkeit des Kurbelwinkels KW, wobei der Scheitelpunkt die vollständig geöffnete Stellung des Auslassventils 18 und der Schnittpunkt mit der x-Achse die vollständig geschlossene Stellung des Auslassventils 18 darstellt. Dementsprechend zeigt die Kurve 5 den Verlauf des Einlassventils 5 in Abhängigkeit des Kurbelwinkels KW, wobei der Scheitelpunkt die vollständig geöffnete Stellung des Einlassventils 5 und der Schnittpunkt mit der x-Achse die vollständig geschlossene Stellung des Einlassventils 5 darstellt. Im gezeigten Beispiel ist im oberen Totpunkt TDC des Kolbens 23 das Auslassventil 18 noch nicht ganz geschlossen und das Einlassventil 5 bereits etwas geöffnet.

[0052] Die Kurve S zeigt den Verlauf des Massenstroms des in die Vorkammer 3 eingebrachten Spülgases S in Abhängigkeit des Kurbelwinkels KW. Beim Kurbelwinkel S1 beginnt die Zufuhr von Spülgas S in die Vorkammer 3 und beim Kurbelwinkel S2 endet die Zufuhr des Spülgases S in die Vorkammer 3.

[0053] Die Kurve I zeigt den Verlauf des Massenstroms des in die Vorkammer 3 eingebrachten Inertgases I (z.B. Abgas A, Stickstoff bzw. mit Stickstoff angereicherte Luft N, Wasserdampf D)

in Abhängigkeit des Kurbelwinkels KW. Beim Kurbelwinkel I1 beginnt die Zufuhr von Inertgas I in die Vorkammer 3 und beim Kurbelwinkel I2 endet die Zufuhr des Inertgases I in die Vorkammer 3.

[0054] Im gezeigten Beispiel wird mit der Zufuhr des Inertgases I später begonnen als mit der Zufuhr des Spülgases S, wobei mit der Zufuhr des Inertgases I begonnen wird bevor die Zufuhr des Spülgases S beendet wird. Mit der Zufuhr des Spülgases S wird begonnen bevor das Einlassventil 5 zum Einlassen eines Treibstoff-Luft-Gemischs in den Hauptbrennraum 2 geöffnet wird, wobei die Zufuhr des Spülgases S beendet wird nachdem das Auslassventil 18 zum Auslassen des Verbrennungsabgases V aus dem Hauptbrennraum 2 geschlossen wird. Mit der Zufuhr des Inertgases I wird begonnen nachdem das Auslassventil 18 geschlossen wird und noch bevor die Zufuhr des Spülgases S beendet ist.

[0055] Insgesamt kann damit eine günstige Gasschichtung in der Vorkammer 3 erzielt werden. Insbesondere kann dadurch noch vor der Entflammung in der Vorkammer 3 das brennbare Spülgas S in den Zündbereich 3a der Vorkammer 3 und das nicht brennbare Inertgas I in den Überströmbereich 3b der Vorkammer 3 gebracht werden. Dadurch herrschen einerseits im Bereich der Zündvorrichtung 13 durch das dort vorhandene Spülgas S optimale Zündbedingungen und andererseits kann durch das Inertgas I im Überströmbereich 3b erreicht werden, dass nach der Entflammung in der Vorkammer 3 in der ersten Phase der Verbrennung sowohl in der Vorkammer 3 als auch beim Übertritt des brennenden Gases von der Vorkammer 3 in den Hauptbrennraum 2 das Inertgas I durch seine verbrennungsdämpfende und damit kühlende Wirkung die NO_x-Bildung reduziert.

[0056] Fig. 6 zeigt eine Anordnung gemäß Fig. 4, wobei das Inertgas I über eine Inertgasleitung 6 von außen in den Zündbereich 3a der Vorkammer 3 zugeführt wird.

[0057] Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform ähnlich der Fig. 6, wobei die Inertgasleitung 6 in die Spülgasleitung 11 mündet und somit das Inertgas I ebenfalls in den Zündbereich 3a der Vorkammer 3 zugeführt wird.

[0058] Fig. 8 zeigt beispielhaft geeignete zeitliche bzw. kurbelwinkelabhängige Verläufe für Einbringungen von Spülgas S und Inertgas I ähnlich der Fig. 5 bei Konfigurationen gemäß Fig. 6 und Fig. 7, bei denen sowohl das Spülgas S als auch das Inertgas I in den Zündbereich 3a der Vorkammer 3 eingebracht werden. Hierbei wird beim Kurbelwinkel I1 mit der Zufuhr von Inertgas I und erst zu einem späteren Kurbelwinkel S1 mit der Zufuhr von Spülgas S in den Zündbereich 3a der Vorkammer 3 begonnen. Die Zufuhr von Spülgas S beginnt in diesem Beispiel unmittelbar nach dem Schließen des Auslassventil 18 zum Auslassen des Verbrennungsabgases V aus dem Hauptbrennraum 2 und noch bevor die Zufuhr des Inertgases I beendet ist.

[0059] Insgesamt kann damit wiederum eine günstige Gasschichtung in der Vorkammer 3 erzielt werden. Insbesondere kann durch die zeitliche Abfolge der Einbringung von Inertgas I und Spülgas S - die beide in den Zündbereich 3a der Vorkammer 3 eingebracht werden - dafür gesorgt werden, dass noch vor der Entflammung in der Vorkammer 3 das nicht brennbare Inertgas I in den Überströmbereich 3b der Vorkammer 3 gelangt und sich im Zündbereich 3a der Vorkammer 3 überwiegend das gut brennbare Spülgas S befindet. Dadurch herrschen einerseits im Bereich der Zündvorrichtung 13 durch das dort vorhandene Spülgas S optimale Zündbedingungen und andererseits kann durch das Inertgas I im Überströmbereich 3b erreicht werden, dass nach der Entflammung in der Vorkammer 3 in der ersten Phase der Verbrennung sowohl in der Vorkammer 3 als auch beim Übertritt des brennenden Gases von der Vorkammer 3 in den Hauptbrennraum 2 das Inertgas I durch seine verbrennungsdämpfende und damit kühlende Wirkung die NO_x-Bildung reduziert.

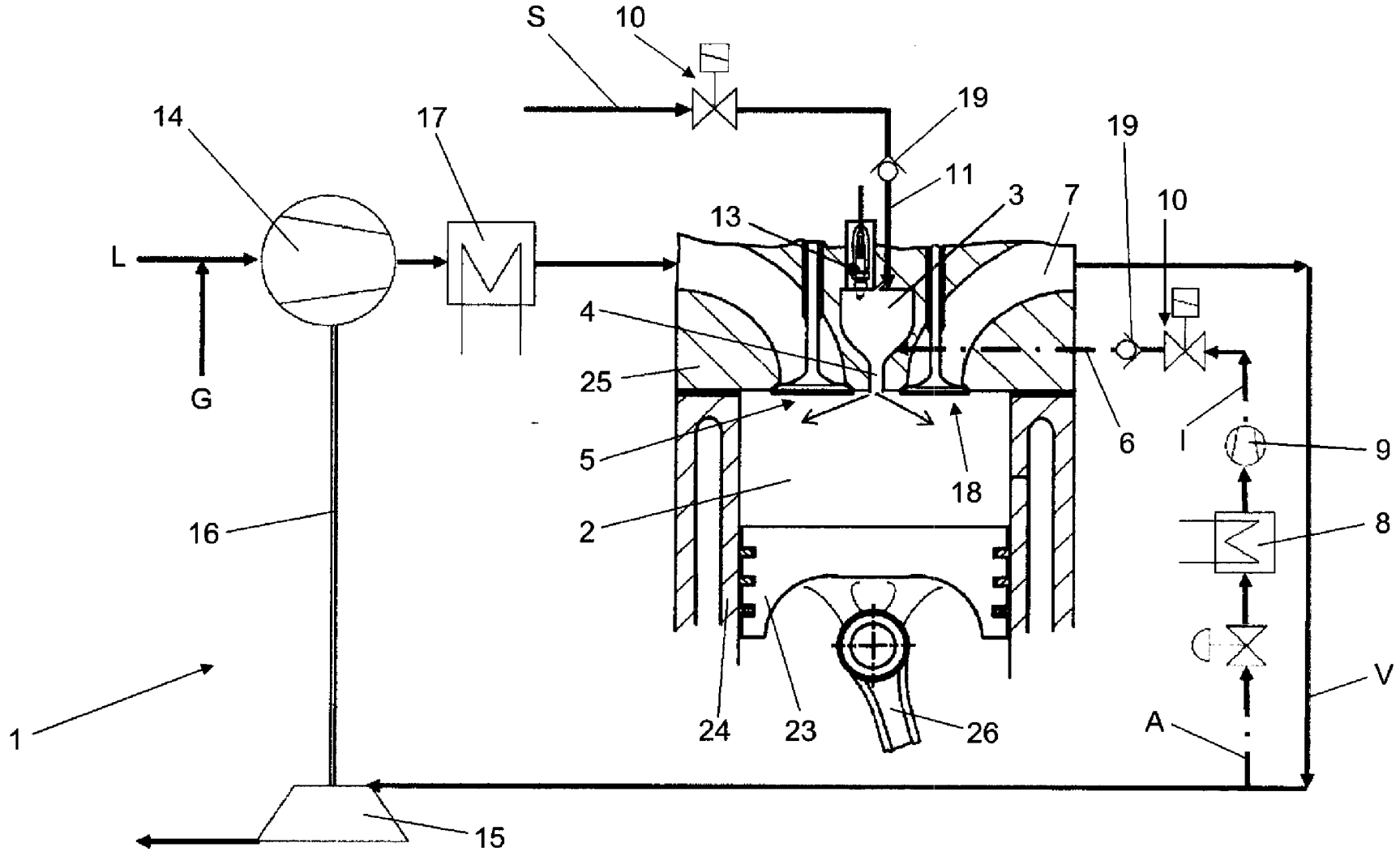
Ansprüche

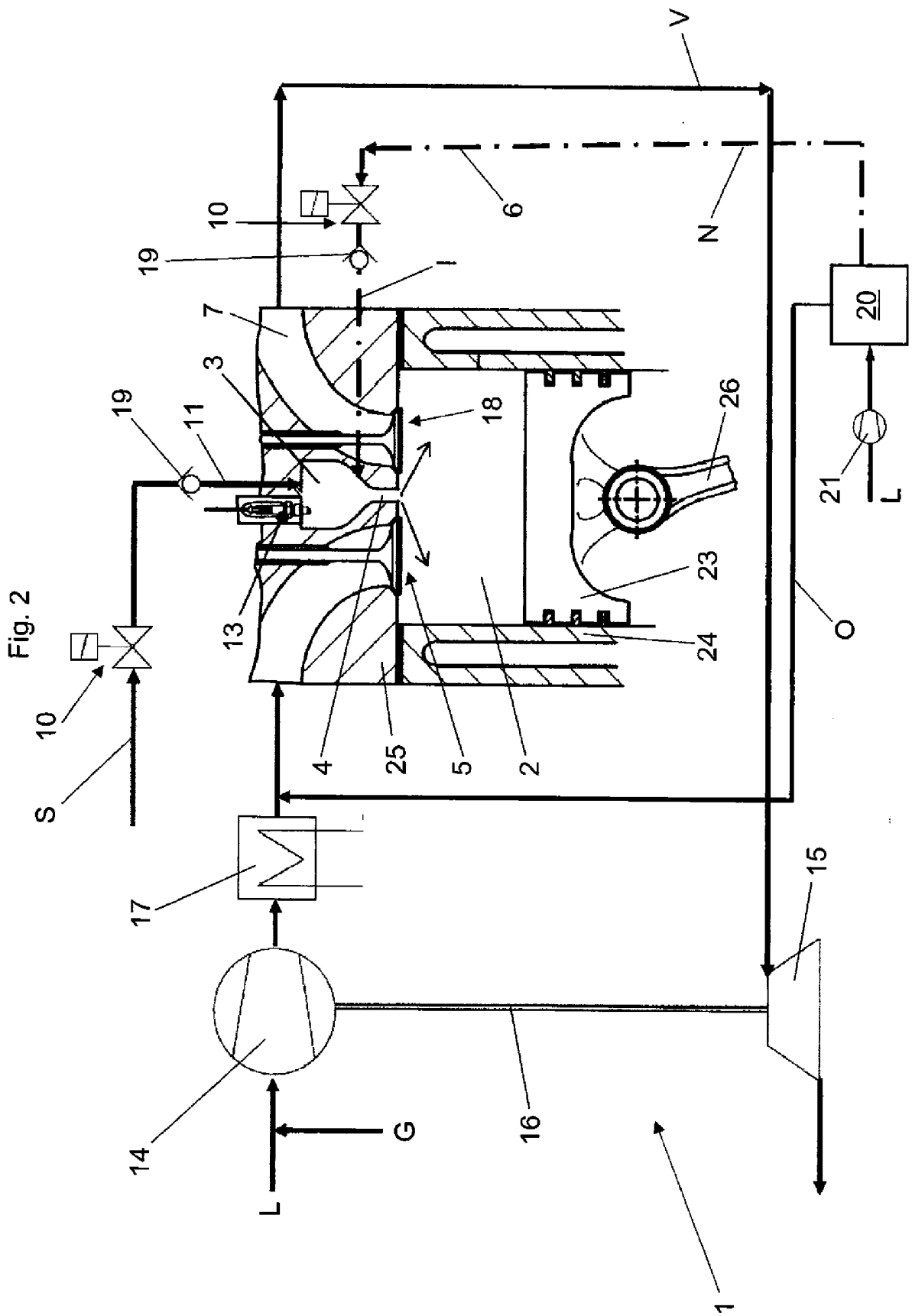
1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Gasmotors, mit wenigstens einem Hauptbrennraum (2) und wenigstens einer Vorkammer (3), wobei die Vorkammer (3) über einen Überströmkanal (4) mit dem Hauptbrennraum (2) verbunden ist, wobei der Vorkammer (3) von außen ein im Wesentlichen brennbares Gasgemisch als Spülgas (S) zugeführt wird, wobei vorzugsweise das Spülgas (S) ein Treibstoff-Luft-Gemisch umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorkammer (3) zusätzlich von außen ein im Wesentlichen nicht brennbares Inertgas (I) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorkammer (3) wenigstens einer der folgenden Stoffe als Inertgas (I) zugeführt wird: Abgas (A), Stickstoff (N), Wasserdampf (D).
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vorkammer (3) als Abgas (A) ein nach der Durchzündung des Hauptbrennraums (2) aus dem Hauptbrennraum (2) ausgeschobenes Verbrennungsabgas (V) zugeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Inertgas (I) vor der Zuführung zur Vorkammer (3) gekühlt und/oder verdichtet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Vorkammer (3) einen Zündbereich (3a) und einen Überströmbereich (3b) aufweist, wobei im Zündbereich (3a) durch eine Zündeinrichtung (13) eine Durchzündung der Vorkammer (3) ausgelöst wird und wobei im Überströmbereich (3b) der Überströmkanal (4) in die Vorkammer (3) mündet, wobei das Spülgas (S) in den Zündbereich (3a) der Vorkammer (3) zugeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Inertgas (I) in den Zündbereich (3a) der Vorkammer (3) zugeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Zufuhr des Inertgases (I) früher begonnen wird als mit der Zufuhr des Spülgases (S), wobei vorzugsweise mit der Zufuhr des Spülgases (S) begonnen wird bevor die Zufuhr des Inertgases (I) beendet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Zufuhr des Inertgases (I) begonnen wird bevor ein Einlassventil (5) zum Einlassen eines Treibstoff-Luft-Gemischs in den Hauptbrennraum (2) geöffnet wird, wobei vorzugsweise die Zufuhr des Inertgases (I) beendet wird nachdem ein Auslassventil (18) zum Auslassen eines Verbrennungsabgases (V) aus dem Hauptbrennraum (2) geschlossen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Zufuhr des Spülgases (S) begonnen wird, nachdem ein Auslassventil (18) zum Auslassen eines Verbrennungsabgases (V) aus dem Hauptbrennraum (2) geschlossen wird, vorzugsweise unmittelbar nach dem Schließen des Auslassventils (18).
10. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Inertgas (I) in den Überströmbereich (3b) der Vorkammer (3) zugeführt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Zufuhr des Inertgases (I) später begonnen wird als mit der Zufuhr des Spülgases (S), wobei vorzugsweise mit der Zufuhr des Inertgases (I) begonnen wird bevor die Zufuhr des Spülgases (S) beendet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Zufuhr des Inertgases (I) begonnen wird nachdem ein Auslassventil (18) zum Auslassen eines Verbrennungsabgases (V) aus dem Hauptbrennraum (2) geschlossen wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Zufuhr des Spülgases (S) begonnen wird bevor ein Einlassventil (5) zum Einlassen eines Treibstoff-Luft-Gemischs in den Hauptbrennraum (2) geöffnet wird, wobei vorzugsweise die Zufuhr des Spülgases (S) beendet wird nachdem ein Auslassventil (18) zum Auslassen eines Verbrennungsabgases (V) aus dem Hauptbrennraum (2) geschlossen wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Volumen des Hauptbrennraums (2) in einer Verdichtungsphase verdichtet wird, wobei das Inertgas (I) in der Verdichtungsphase, vorzugsweise zu Beginn der Verdichtungsphase, der Vorkammer (3) zugeführt wird.

Hierzu 6 Blatt Zeichnungen

Fig. 1





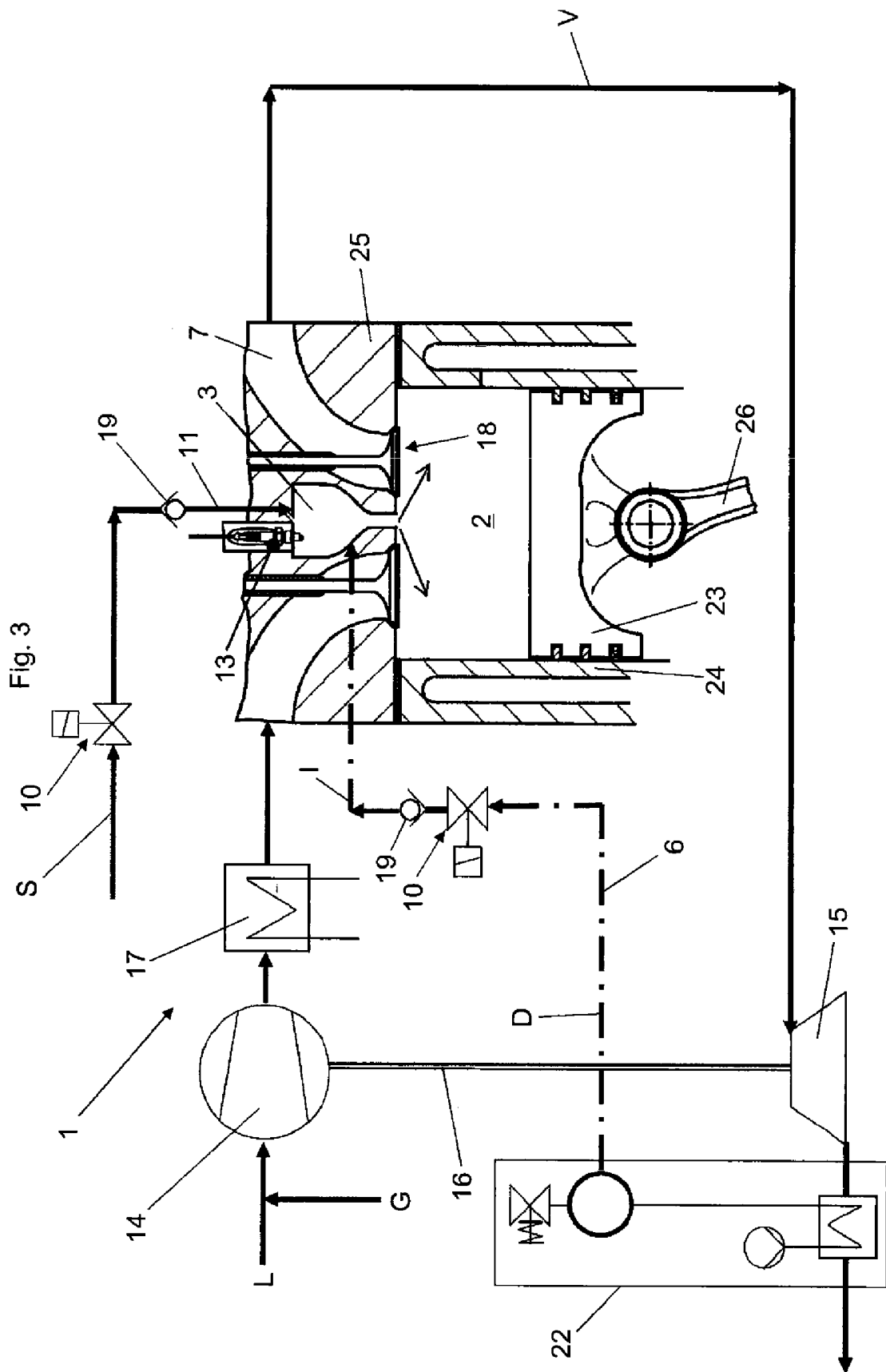


Fig. 5

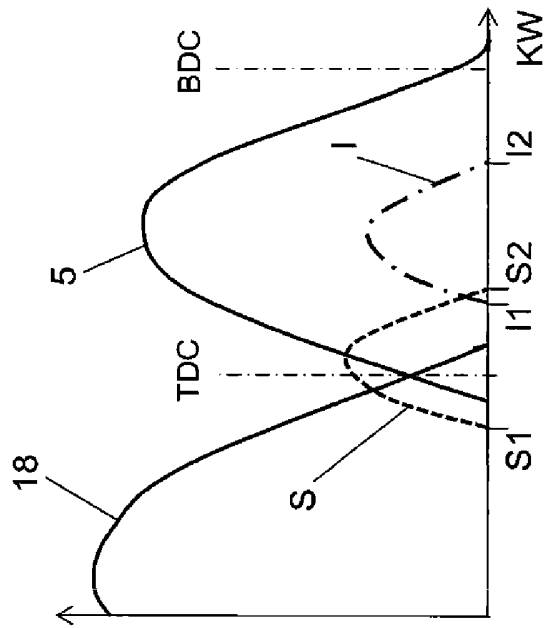
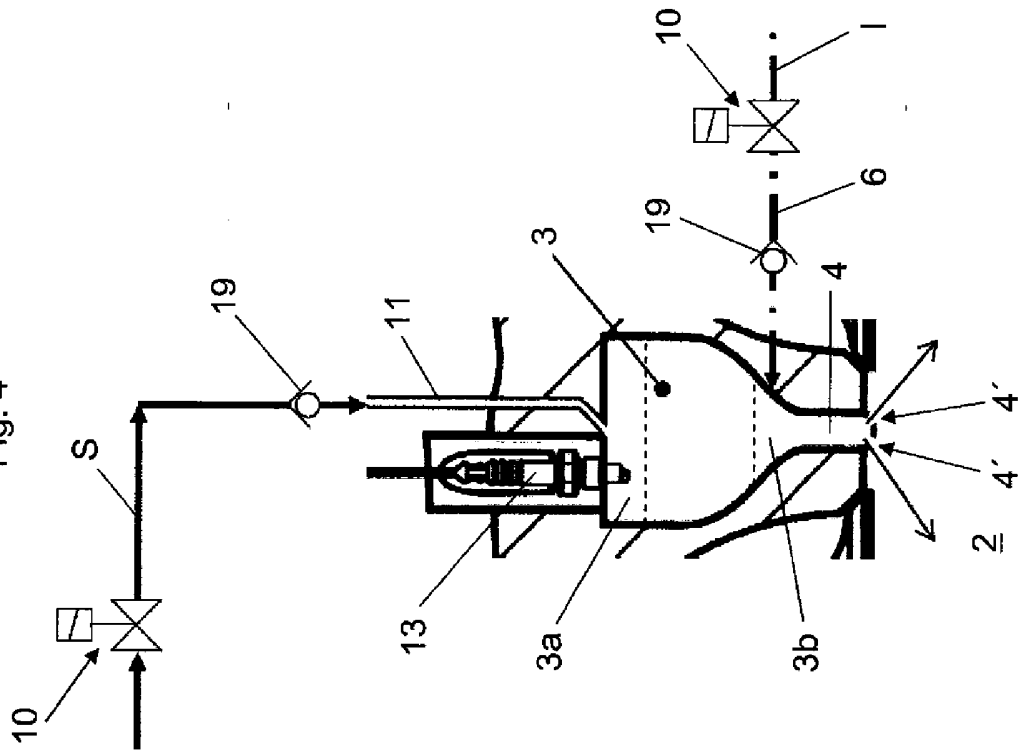


Fig. 4



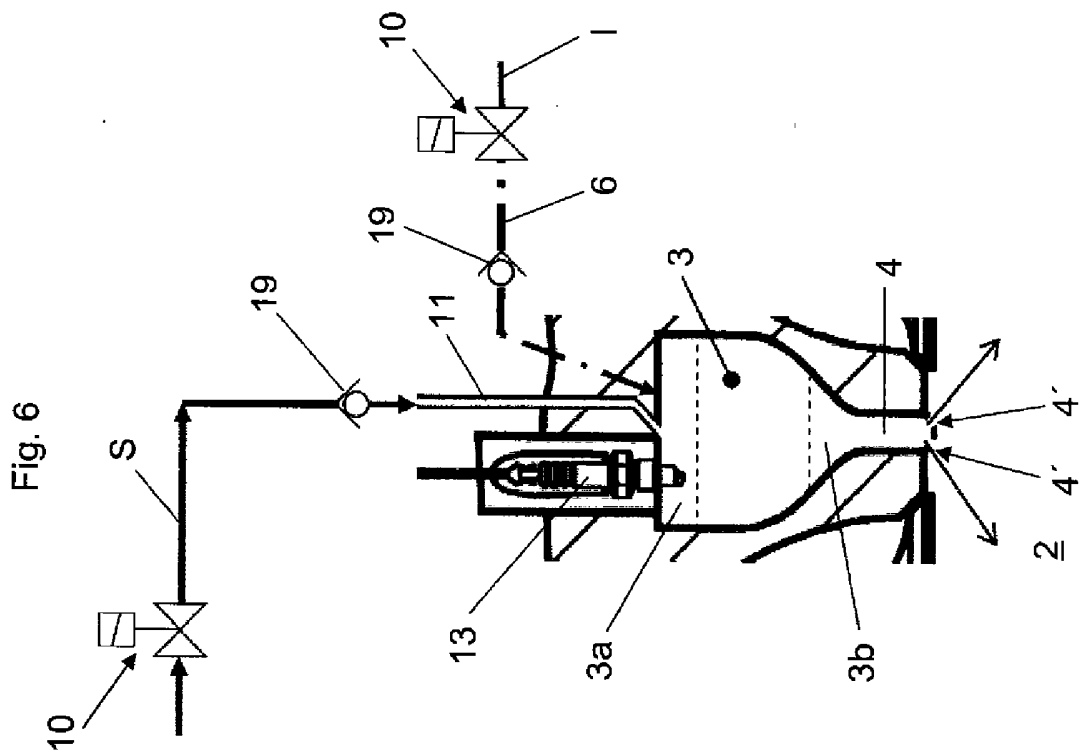
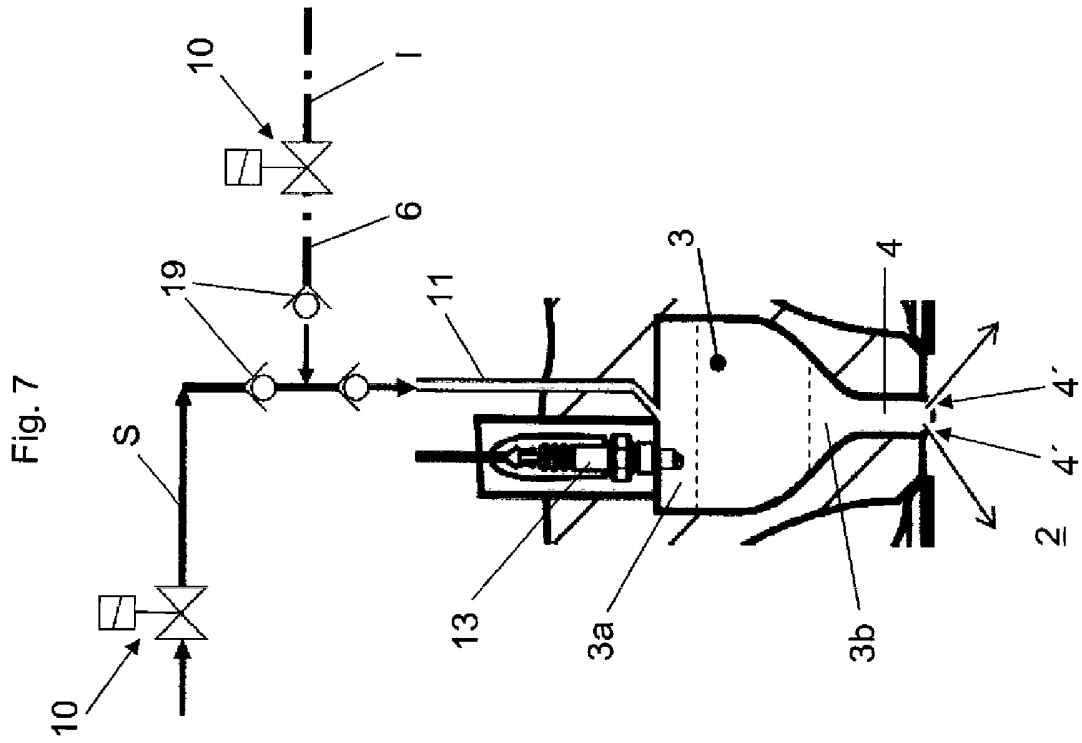
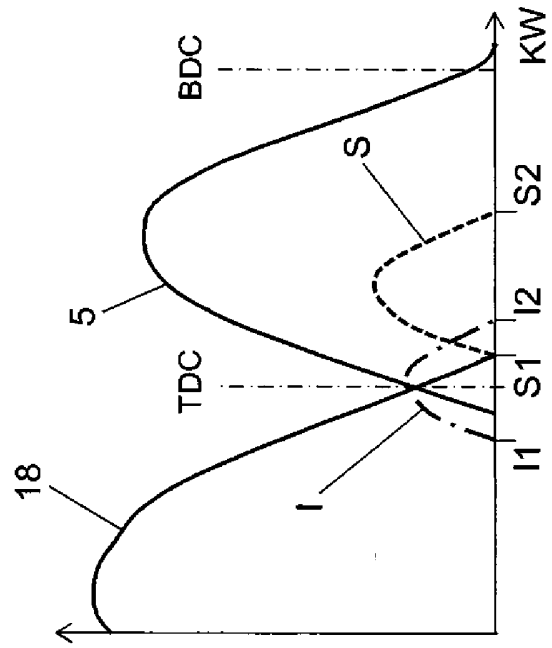


Fig. 8



Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß IPC: F02B 19/12 (2006.01); F02D 21/06 (2006.01); F02D 21/08 (2006.01); F02D 19/02 (2006.01)		
Klassifikation des Anmeldegegenstands gemäß ECLA: F02B 19/12; F02D 21/06; F02D 21/08; F02D 19/02		
Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation): F02B, F02D; FTCLA: 3G092/AB20, 3G092/AB17, FICLA: F02B19/10&M, ...		
Konsultierte Online-Datenbank: EPODOC, WPI, XFULL		
Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 26. September 2012 eingereichten Ansprüchen 1 - 14 erstellt. Die in der Gebrauchsmusterschrift veröffentlichten Ansprüche könnten im Verfahren geändert worden sein (§ 19 Abs. 4 GMG), sodass die Angaben im Recherchenbericht, wie Bezugnahme auf bestimmte Ansprüche, Angabe von Kategorien (X, Y, A), nicht mehr zutreffend sein müssen. In die dem Recherchenbericht zugrundeliegende Fassung der Ansprüche kann beim Österreichischen Patentamt während der Amtsstunden Einsicht genommen werden.		
Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102008015744 A1 (MAN DIESEL SE) 08. Oktober 2009 (08.10.2009) Fig. 1 (Bezugszeichen 7, 10); [0016]	1 - 3, 6 - 9, 14
Y		4, 10 - 13
X	JP 2003314316 A (TOKYO GAS CO LTD) 06. November 2003 (06.11.2003) Fig. 5 (Bezugszeichen 22, 34, 39); Übersetzung der JP 2003314316 A [online aus EPOQUE am 19.03.2013 ermittelt] [0023], [0024], Ansprüche	1 - 3, 5 - 9, 14
X	JP 2002276474 A (OSAKA GAS CO LTD) 25. September 2002 (25.09.2002) Fig. 1	1, 2, 5, 6, 9, 14
Y	JP 2000008899 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 11. Jänner 2000 (11.01.2000) Fig. 2 (Bezugszeichen 25, 28)	4
Datum der Beendigung der Recherche: 10. Juli 2013		<input checked="" type="checkbox"/> Fortsetzung siehe Folgeblatt Prüfer(in): THALHAMMER C.
¹⁾ Kategorien der angeführten Dokumente: X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden. Y Veröffentlichung von Bedeutung : der Anmeldegegenstand kann nicht als auf erfinderischer 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. A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert. P Dokument, das von Bedeutung ist (Kategorien X oder Y), jedoch nach dem Prioritätstag der Anmeldung veröffentlicht wurde. E Dokument, das von besonderer Bedeutung ist (Kategorie X), aus dem ein älteres Recht hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen). & Veröffentlichung, die Mitglied der selben Patentfamilie ist.		

Fortsetzung des Recherchenberichts - Blatt 2/2

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
Y	JP 9068109 A (MITSUBISHI MOTORS CORP) 11. März 1997 (11.03.1997) Fig. 1 und 10 (Bezugszeichen 44)	10 - 13