

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50172/2013
(22) Anmeldetag: 13.03.2013
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2013

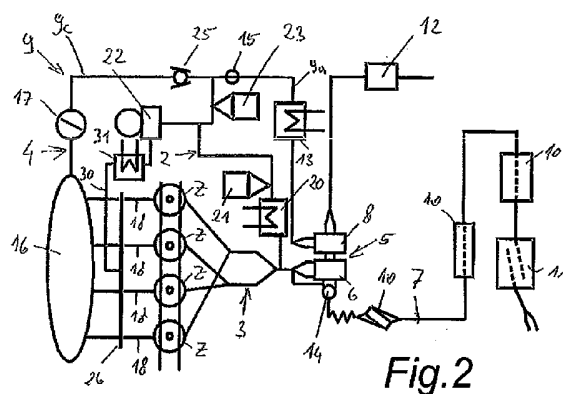
(51) Int. Cl. : **F02B 39/10** (2006.01)
F02M 25/07 (2006.01)
F02B 31/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
WO 2007083131 A1
JP 2005220822 A US 6062026 A
EP 0911502 B1

(73) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)
(72) Erfinder:
Kapus Paul Dr.
Judendorf (AT)
Neubauer Matthias Dipl.Ing. (FH)
Mettersdorf am Saßbach (AT)
Prevedel Kurt Ing.
Graz (AT)

(54) **Brennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit einem eine Abgasrückführleitung (19) zwischen einem Auslasssystem (3) und einem Einlasssystem (4) aufweisenden - insbesondere als Hochdruckabgasrückführsystem ausgebildeten - Abgasrückführsystem (2), mit einem in einem Luft/EGR - Strömungsweg (30) angeordneten, elektrisch betriebenen Verdichter (22), welcher, gesteuert durch zumindest ein Ventil (21), wahlweise mit Frischluft und/oder rückgeführtem Abgas durchströmbar ist, wobei das Einlasssystem (4) zumindest einen mit einem Frischluftströmungsweg (9a, 9b, 9c) strömungsverbundenen Einlasssammler (16) aufweist, von welchem zumindest ein zu mindestens einem Zylinder (Z) führender Einlasskanal (18) ausgeht. Um auf möglichst einfache Weise Kraftstoffverbrauch und/oder Emissionen in allen Betriebsbereichen zu verringern und eine für alle Zylinder gleiche und hohe Ladungsverdünnung zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass der Luft/EGR-Strömungsweg (30) stromabwärts des elektrischen Verdichters (22) in zylinderselektive Zuführkanäle (27) aufgeteilt ist, wobei pro Zylinder (Z) zumindest ein Zuführkanal (27) in einen Einlasskanal (18) einmündet.



ZUSAMMENFASSUNG

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit einem eine Abgasrückführleitung (19) zwischen einem Auslasssystem (3) und einem Einlasssystem (4) aufweisenden - insbesondere als Hochdruckabgasrückführsystem ausgebildeten - Abgasrückführsystem (2), mit einem in einem Luft/EGR - Strömungsweg (30) angeordneten, elektrisch betriebenen Verdichter (22), welcher, gesteuert durch zumindest ein Ventil (21), wahlweise mit Frischluft und/oder rückgeführtem Abgas durchströmbar ist, wobei das Einlasssystem (4) zumindest einen mit einem Frischluftströmungsweg (9a, 9b, 9c) strömungsverbundenen Einlasssammler (16) aufweist, von welchem zumindest ein zu mindestens einem Zylinder (Z) führender Einlasskanal (18) ausgeht. Um auf möglichst einfache Weise Kraftstoffverbrauch und/oder Emissionen in allen Betriebsbereichen zu verringern und eine für alle Zylinder gleiche und hohe Ladungsverdünnung zu ermöglichen, ist vorgesehen, dass der Luft/EGR-Strömungsweg (30) stromabwärts des elektrischen Verdichters (22) in zylinderselektive Zuführkanäle (27) aufgeteilt ist, wobei pro Zylinder (Z) zumindest ein Zuführkanal (27) in einen Einlasskanal (18) einmündet.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einem eine Abgasrückführleitung zwischen einem Auslasssystem und einem Einlasssystem aufweisenden - insbesondere als Hochdruckabgasrückführsystem ausgebildeten - Abgasrückführsystem, mit einem in einem Luft/EGR -Strömungsweg angeordneten, elektrisch betriebenen Verdichter, welcher, gesteuert durch zumindest ein Ventil, wahlweise mit Frischluft und/oder rückgeführtem Abgas durchströmbar ist, wobei das Einlasssystem zumindest einen mit einem Frischluftströmungsweg strömungsverbundenen Einlasssammler aufweist, von welchem zumindest ein zu mindestens einem Zylinder führender Einlasskanal ausgeht.

Aus der US 6,062,026 ist eine Brennkraftmaschine mit einem Abgasrückführsystem bekannt, wobei in einem Luft/EGR-Strömungsweg (EGR= Exhaust Gas Recirculation) ein elektrischer Verdichter angeordnet ist. Der elektrische Verdichter ist über eine ein Bypassventil aufweisende Umgehungsleitung umgehbar. Dabei ist im Bereich einer Zusammenführung der Abgasrückführleitung und eines Frischluftströmungsweges ein Mischventil angeordnet. Der Luft/EGR-Strömungsweg mündet als einzige Einlassleitung in den Einlasssammler. Eine zylinderselektive Abgasrückführung ist somit nicht möglich. Das Mischventil hat den Nachteil, dass es für sowohl für hohe Temperaturen, als auch für hohe Abgas/Luft-Durchsätze ausgelegt werden muss, was sich nachteilig auf den Herstellungsaufwand und die Kosten auswirkt. Da das Mischventil vom Abgas durchströmt wird, ist es starker Verschmutzung ausgesetzt, was sich sehr nachteilig auf die Standzeit auswirkt.

Aus der EP 0 911 502 B1 ist eine Brennkraftmaschine mit einem Abgasrückführsystem, wobei die Abgasrückführleitung in eine Verteilerleiste einmündet, von welcher pro Zylinder jeweils ein in jeweils einen Einlasskanal einmündender Verteilerkanal ausgeht. Dadurch kann für alle Zylinder ein möglichst gleiche und hohe Ladungsverdünnung erreicht werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, auf möglichst einfache Weise bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art mit möglichst geringem Aufwand Kraftstoffverbrauch und Emissionen in allen Betriebsbereichen zu verringern und eine hohe Standzeit zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, dass der Luft/EGR-Strömungsweg stromabwärts des elektrischen Verdichters in zylinderselektive Zuführkanäle

aufgeteilt ist, wobei pro Zylinder zumindest ein Zuführkanal in einen Einlasskanal einmündet.

Hochdruckabgasrückführsystemen sind Abgasrückführsysteme, bei denen die Abgasrückführleitung stromaufwärts der Turbine des Abgasturboladers vom Abgassystem abzweigt und stromabwärts des Verdichters des Abgasturboladers in das Einlasssystem einmündet.

Dadurch, dass der Luft/EGR-Strömungsweg stromabwärts des elektrischen Verdichters in zylinderselektive Zuführkanäle aufgeteilt ist, wobei pro Zylinder zumindest ein Zuführkanal in einen Einlasskanal einmündet, kann insbesondere bei Hochdruckabgasrückführsystemen eine gleichmäßige Aufteilung des rückgeführten Abgases ermöglicht werden. Die zylinderselektive Abgasrückführung hat den Zusatznutzen, dass eine Verschmutzung von Teilen des Einlasssystems, wie Ladeluftkühler, Einlasssammler oder dergleichen, vermieden und darüber hinaus das Transientverhalten wesentlich verbessert werden kann.

Ein besonderer Vorteil ergibt sich, wenn zumindest ein Zuführkanal in Richtung der Einlasskanal-Hauptströmung exzentrisch in den Einlasskanal so einmündet, dass eine Tumble-Strömung im Brennraum generiert oder zumindest unterstützt wird. Die Kanalachse des Zuführkanals kann im Bereich der Auslassöffnung mit der Mittelachse des Einlasskanals einen Winkel von $0^\circ \pm 30^\circ$ einschließen.

Eine effektive Unterstützung der Tumble-Strömung im Zylinder wird erreicht, wenn die Auslassöffnung in der vom Zylinder weiter beabstandeten oberen Kanalabschnitt angeordnet ist.

Die Mündung zumindest eines Zuführkanals kann dabei beispielsweise im Anfangsbereich des Einlasskanals, vorzugsweise im Bereich des Einlasssammlers, oder im Endbereich des Einlasskanals - vorzugsweise unmittelbar vor der Einmündung des Einlasskanals in den Brennraum - angeordnet sein. Durch die exzentrische Einströmung wird im Einlasskanal eine asymmetrische Geschwindigkeitsverteilung erzeugt, wodurch bei der Einströmung in den Zylinder ein Tumble-Impuls initiiert wird. Dadurch kann die Ladungsbewegung im Brennraum erzeugt oder unterstützt werden. Weiters kann über die gerichtete EGR-Zufuhr auch eine EGR-Schichtung im Brennraum erzeugt werden

Eine besonders gute Ladungsbewegung lässt sich generieren, wenn der Einlasskanal zumindest abschnittsweise eine parallel zur Einlasskanal-Hauptströmung ausgebildete Kanaltrennwand aufweist, wobei vorzugsweise die Kanaltrennwand zumindest abschnittsweise im Bereich der Mittelachse bzw. des oberen Drittels des Einlasskanals angeordnet ist, und wobei die Kanaltrennwand den Einlasskanal in einen dem Zylinder abgewandten oberen und einen dem Zylinder zugewandten unteren Kanalabschnitt teilt. Unter dem oberen Drittel des Einlasskanals ist jenes Drittel zu verstehen, welches am weitesten vom Zylinder bzw. der Zylinderkopfdichtebene entfernt ist. Der Einlasskanal ist somit durch die Kanaltrennwand in zumindest zwei Kanalabschnitte aufgeteilt, wobei in den oberen Kanalabschnitt die Abgasrückföhrleitung einmündet. Die Kanaltrennwand trägt dazu bei, dass die Geschwindigkeitsverteilung der Einlassströmung im Einlasskanal bis zum Eintritt in den Zylinder aufrecht erhalten bleibt.

In weiterer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass ein vorzugsweise als einfaches Regelventil ausgebildetes erstes Ventil in der Abgasrückföhrleitung des Abgasrückföhrsystems, vorzugsweise stromaufwärts des elektrischen betriebenen Verdichters, und ein zweites Ventil in einer Frischluftströmungsweg des Einlasssystems, vorzugsweise stromaufwärts des elektrischen Verdichters, angeordnet ist.

Somit kann auf ein fehleranfälliges und kostenintensives hochtemperaturbeständiges Frischluft/EGR-Mischventil verzichtet werden. Eine besonders einfache Variante der Erfindung sieht vor, dass das zweite Ventil als Rückschlagventil - vorzugsweise stromaufwärts der Umgehungsleitung - ausgebildet ist. Dies ermöglicht eine besonders einfache und genaue Regelung der EGR-Raten in allen Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine.

Eine bevorzugte Ausführung der Erfindung sieht vor, dass das zweite Ventil durch ein einfaches Regelventil gebildet ist. Dadurch kann ein besonders weiter Regelbereich für Abgas und Frischluft, sowie einem Gemisch aus Abgas und Frischluft, ermöglicht werden. Das erste Ventil kann auf hohe Abgastemperaturen ausgelegt werden, das zweite Ventil auf die maximale Einlassluftmenge. Im Vergleich zu dem aus dem Stand der Technik bekannten Mischventil ergeben sich nicht nur Vorteile hinsichtlich Kosten, Fertigung, Bauraum und Standzeit, sondern auch im Regelbereich. So ist es möglich das erste und das zweite Ventil vollkommen unabhängig voneinander zwischen einer Schließ- und einer

vollkommenen Öffnungsstellung zu regeln. Somit sind zwischen 100 % Frischluft und 100% EGR-Menge alle Zwischenmischverhältnisse möglich.

Die aus dem Stand der Technik bekannte Funktion des Mischventils ist somit auf zumindest zwei Ventile aufgeteilt. Durch die Aufteilung auf zwei Ventile können diese gegenüber einem Zweiwege-Mischventil besser ausgelegt werden. Das in der Abgasrückführleitung angeordnete erste Ventil kann auf hohe Temperatur und relativ geringem Durchsatz ausgelegt werden, während das zweite Ventil auf niedrigere Temperatur, aber auf höheren Durchsatz ausgelegt werden kann. Bei der Dimensionierung der beiden Ventile braucht somit kein Kompromiss eingegangen werden. Andererseits ist auch eine Überdimensionierung auf hohe Temperaturen und hohe Durchsätze nicht erforderlich. Somit kann der Herstellungsaufwand wesentlich verringert werden. Neben dem Vorteil eines geringeren Herstellungsaufwands ergibt sich auch ein geringerer Regelaufwand, als bei einem Mischventil. Der elektrische Lader kann wahlweise zur Förderung von rückgeführtem Abgas, von Frischluft, oder eines Gemisches aus Abgas und Frischluft eingesetzt werden. Dadurch kann das Transientverhalten wesentlich verbessert werden.

Der elektrische Verdichter ermöglicht es, auch bei ungünstigen Druckverhältnissen hohe Mengen an Abgas in das Einlasssystem rückzuführen. Weiters kann der elektrische Verdichter ergänzend zum Verdichter des Abgasturboladers als zusätzliche Ladestufe für Frischluft oder einem Gemisch aus Frischluft und rückgeführtem Abgas verwendet werden.

In weiterer Ausführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der elektrische Verdichter durch eine Umgehungsleitung umgehbar ist, wobei vorzugsweise in der Umgehungsleitung ein insbesondere als Rückschlagventil ausgebildetes drittes Ventil angeordnet ist.

Weiters kann vorgesehen sein, dass der Luft/EGR-Strömungsweg stromaufwärts der Aufteilung in die Zuführkanäle, vorzugsweise stromabwärts des elektrischen Verdichters, mit dem Frischluftströmungsweg des Einlasssystems strömungsverbunden ist, wobei vorzugsweise in der Strömungsverbindung zwischen dem Frischluftströmungsweg und dem Luft/EGR-Strömungsweg ein, vorzugsweise durch ein Regelventil gebildetes, viertes Ventil angeordnet ist.

Die Strömungsverbindung ermöglicht es, den die Ladungsbewegung unterstützenden Effekt von der Abgasrückführung zu entkoppeln und Abgasrückführrate und Ladungsbewegungsunterstützung weitgehend unabhängig voneinander einzustellen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 bis 4 erfindungsgemäße Brennkraftmaschinen in verschiedenen Ausführungsvarianten

Fig. 5 bis 7 Einlasssysteme von erfindungsgemäßen Brennkraftmaschinen in verschiedenen Ausbildungen.

Funktionsgleiche Teile sind in den Ausführungsvarianten mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die für mehrere Zylinder Z ausgebildete Brennkraftmaschine 1 weist ein Abgasrückführsystem 2 zwischen einem Auslasssystem 3 und einem Einlasssystem 4 auf. Mit Bezugszeichen 5 ist ein Abgasturbolader bezeichnet, dessen Abgasturbine 6 im Auslassstrang 7 des Auslasssystems 3 und dessen Verdichter 8 im Einlassstrang 9 des Einlasssystems 4 angeordnet ist. Stromabwärts der Turbine 6 des Abgasturboladers 5 sind Abgasreinigungseinrichtungen 10 und Schalldämpfer 11 angeordnet.

Im Einlassstrang 4 ist stromaufwärts des Verdichters 8 des Abgasturboladers 5 ein Luftfilter 12 und stromabwärts des Verdichters 8 ein Ladeluftkühler 13 angeordnet. Mit Bezugszeichen 14 ist eine im Abgasstrang 7 stromabwärts der Abgasturbine 6 angeordnete Lambdasonde, mit Bezugszeichen 15 ein im Einlassstrang 9 stromabwärts des Verdichters 8 angeordneter Ladedrucksensor bezeichnet. Vor dem Eintritt des Einlassstranges 9 in den Einlasssammler 16 ist eine Drosselklappe 17 angeordnet. Vom Einlasssammler 16 führen zylinderindividuelle Einlasskanäle 18 zu den einzelnen Zylindern Z.

Das Abgasrückführsystem 2 weist eine Abgasrückführleitung 19 auf, welche vom Abgasstrang 7 ausgeht, und zum Einlasssystem 4 führt. In der

Abgasrückführleitung 19 ist ein Abgasrückführkühler 20 und ein als Regelventil ausgebildetes erstes Ventil 21 angeordnet.

Mit Bezugszeichen 22 ist ein elektrischer Verdichter bezeichnet, welcher in einem Luft/EGR -Strömungsweg 30 so zwischen dem Abgasrückführsystem 2 und dem Einlasssystem 4 positioniert ist, dass er wahlweise rückgeführtes Abgas, Frischluft, oder ein Gemisch aus rückgeführtem Abgas und Frischluft fördern kann.

Frischlufteitig ist im Frischluftströmungsweg 9a, 9b stromaufwärts des elektrischen Verdichters 22 ein zweites Ventil 23 angeordnet, welches als Regelventil oder als Rückschlagventil ausgeführt sein kann. Der elektrische Lader 22 kann frischlufteitig über eine vom Frischluftströmungsweg 9a ausgehende Umgehungsleitung 24 - dem Frischluftströmungsweg 9c -, in welcher ein als Rückschlagventil ausgebildetes drittes Ventil 25 angeordnet ist, umgangen werden.

Das Abgasrückführsystem 2 ist als Hochdruckabgasrückführsystem ausgebildet, wobei die Abgasrückführleitung 19 stromaufwärts der Abgasturbine 6 vom Abgasstrang 7 abzweigt und stromabwärts des Verdichters 8 in das Einlasssystem 4 einmündet. Im Bereich der Einmündung des Luft/EGR -Strömungsweges 30 in das Einlasssystem 4 ist eine Verteilerleiste 26 mit zylinderselektiven Zuführkanälen 27 angeordnet. Die Zuführkanäle 27 münden entweder direkt in zu jedem Zylinder Z führenden Einlasskanälen 18 (Fig. 5) oder in den Einlasssammler 16 (Fig. 6 und 7) ein, wobei die Austrittsöffnungen 27a der Zuführkanäle 27 in die Einlasskanal-Hauptströmung E der Einlasskanäle 18 gerichtet sind. Die Kanalachse 27' des Zuführkanals 27 schließt im Bereich von dessen Austrittsöffnung 27a mit der Mittelachse 28 des Einlasskanals 18 einen Winkel α von $0^\circ \pm 30^\circ$ ein. Die Austrittsöffnung 27a jedes Zuführkanals 27 ist dabei exzentrisch bezüglich des Einlasskanals 18, vorzugsweise in dem vom Zylinder Z weiter beabstandeten oberen Kanalabschnitt, angeordnet, wodurch eine gezielte Ladungsbewegung der Einlassströmung im Zylinder Z initiiert wird, wie in den Fig. 5 bis 6 angedeutet ist. Insbesondere wird eine Tumble-Bewegung T im Zylinderraum Z verstärkt oder verursacht. Die Ladungsbewegung kann weiter verstärkt werden, wenn der Einlasskanal 18 durch eine in Einlasskanal-Hauptströmung E orientierte Kanaltrennwand 29, welche beispielsweise im Bereich der Mittelachse 28 des Einlasskanals 18 angeordnet sein kann, in zumindest zwei Abschnitte - einen dem Zylinder abgewandten oberen Abschnitt 18a und einen dem Zylinder zugewandten unteren Abschnitt 18b - geteilt ist, wobei die Einströmung des rückgeführten Abgases A in den Fig. 5 bis 7 in den oberen Abschnitt 18a des Einlasskanals 18

erfolgt. Beim Eintritt in den Zylinder Z bilden sich somit unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten aus, wie mit den Pfeilen S angedeutet ist. Dadurch entsteht im Zylinderraum Z eine ausgeprägte Tumble-Bewegung T.

Wie in den Fig. 1 und Fig. 2 ersichtlich ist, ist in der Ladeluftleitung 30 stromabwärts des elektrischen Verdichters 22 ein weiterer Ladeluftkühler 31 angeordnet. Durch Ansteuerung des ersten Ventils 21 und des zweiten Ventils 23 fördert der elektrische Verdichter 22 entweder Frischluft aus dem Frischluftstrang 9a des Einlasssystems 4, oder rückgeführtes Abgas aus der Abgasrückführleitung 19, oder ein Gemisch aus rückgeführtem Abgas und Frischluft. Das erste Ventil 21 braucht dabei nur für die höchstzulässige rückgeführte Abgasmenge, aber für hohe Abgastemperaturen ausgelegt werden. Das zweite Ventil 23 dagegen wird thermisch wenig belastet, muss aber große Einlassluftmengen steuern können. Somit kann jedes der beiden Ventile 21, 23 optimal für seinen jeweiligen Verwendungszweck ausgelegt werden.

Wie in den Fig. 3 und Fig. 4 gezeigt ist, kann der Luft/EGR-Strömungsweg 30 des elektrischen Verdichters 22 weiters über eine Verbindungsleitung 32 mit dem Frischluftströmungsweg 9c des Einlassstranges 9 verbunden sein, wobei in der Verbindungsleitung 32 ein als Regelventil ausgebildetes viertes Ventil 33 angeordnet sein kann. Bei der in Fig. 3 abgebildeten Ausführung mündet die Verbindungsleitung 32 zwischen der Drosselklappe 17 und dem Einlasssammler 16 in den Einlassstrang 9 ein.

Fig. 4 zeigt eine Variante, bei der die Verbindungsleitung 32 stromaufwärts der Drosselklappe 17 mit dem Frischluftströmungsweg 9c des Einlassstranges 9 verbunden ist. In diesem Fall kann auf das vierte Ventil 33 verzichtet werden. Die Verbindungsleitung 32 ermöglicht es, Abgasrückführung und Ladebewegung voneinander zu entkoppeln.

In allen Ausführungsvarianten dient der elektrische Verdichter 22 sowohl als zweite Ladestufe, als auch als Pumpe für rückgeführtes Abgas. Dadurch gelingt es, auch bei ungünstigen Druckverhältnissen eine Abgasrückführung mit hohen Abgasrückföhraten durchzuführen. In Bereichen schlechten Ansprechverhaltens wirkt der elektrische Verdichter 22 (der entweder vor oder nach dem Verdichter 8 des Abgasturboladers angeordnet sein kann) als zweite Ladestufe, die das sogenannte "Turboloch" schließen kann. In Bereichen ungünstigen

Druckverhältnisses wirkt der elektrische Verdichter 22 als Pumpe für rückgeführtes Abgas. Die benötigte elektrische Energie wird dabei vorzugsweise über einen verbesserten Generator (z.B. einem Riemen-Starter-Generator) erzeugt – und zwar in Schubphasen oder in Phasen, in denen die Energieerzeugung von der Energiebilanz her positiv ist. Nur in Notfällen wird die Energie zum Zeitpunkt des Verbrauches am elektrischen Verdichter 22 erzeugt.

Die dargestellten Varianten mit zylinderselektiver Abgasrückführung haben den Vorteil, dass übermäßige Verschmutzung des Einlasssystems 4 vermieden und das Transientverhalten verbessert werden kann. Weiters ist bei zylinderselektiver Zufuhr im Zylinderkopf auch die Erzeugung von Ladungsbewegung möglich. Darüber hinaus kann über die gerichtete Zufuhr auch eine Schichtung des rückgeführten Abgases im Brennraum erzeugt werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Brennkraftmaschine (1) mit einem eine Abgasrückführleitung (19) zwischen einem Auslasssystem (3) und einem Einlasssystem (4) aufweisenden - insbesondere als Hochdruckabgasrückführsystem ausgebildeten - Abgasrückführsystem (2), mit einem in einem Luft/EGR -Strömungsweg (30) angeordneten, elektrisch betriebenen Verdichter (22), welcher, gesteuert durch zumindest ein Ventil (21), wahlweise mit Frischluft und/oder rückgeführtem Abgas durchströmbar ist, wobei das Einlasssystem (4) zumindest einen mit einem Frischluftströmungsweg (9a, 9b, 9c) strömungsverbundenen Einlasssammler (16) aufweist, von welchem zumindest ein zu mindestens einem Zylinder (Z) führender Einlasskanal (18) ausgeht, dadurch gekennzeichnet, dass der Luft/EGR-Strömungsweg (30) stromabwärts des elektrischen Verdichters (22) in zylinderselektive Zuführkanäle (27) aufgeteilt ist, wobei pro Zylinder (Z) zumindest ein Zuführkanal (27) in einen Einlasskanal (18) einmündet.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Zuführkanal (27) in Richtung der Einlasskanal-Hauptströmung (E) exzentrisch in den Einlasskanal (18) so einmündet, dass eine Tumble-Strömung (T) im Zylinder (Z) generiert oder zumindest unterstützt wird.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanalachse (27') des Zuführkanals (27) im Bereich dessen Austrittsöffnung (27a) mit der Mittelachse (28) des Einlasskanals (18) einen Winkel (α) von $0^\circ \pm 30^\circ$ einschließt.
4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (27a) in einem vom Zylinder (Z) weiter beabstandeten oberen Kanalabschnitt (18a) des Einlasskanals angeordnet ist.
5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (27a) zumindest eines Zuführkanals (27) im Anfangsbereich des Einlasskanals (18), vorzugsweise im Bereich des Einlasssammlers (16), angeordnet ist.

6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Austrittsöffnung (27a) zumindest eines Zuführkanals (27) im Endbereich des Einlasskanals (18) - vorzugsweise unmittelbar vor der Einmündung des Einlasskanals (18) in den Zylinder (Z) - angeordnet ist.
7. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlasskanal (18) zumindest abschnittsweise eine parallel zur Einlasskanal-Hauptströmung (E) ausgebildete Kanaltrennwand (29) aufweist, wobei vorzugsweise die Kanaltrennwand (29) zumindest abschnittsweise im Bereich der Mittelachse (28) des Einlasskanals (18) angeordnet ist, und wobei die Kanaltrennwand (29) den Einlasskanal (18) in einen dem Zylinder abgewandten oberen und einen dem Zylinder zugewandten unteren Kanalabschnitt (18a, 18b) teilt.
8. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanaltrennwand (29) zumindest abschnittsweise in einem oberen Drittel des Einlasskanals (18) angeordnet ist.
9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein vorzugsweise als einfaches Regelventil ausgebildetes erste Ventil (21) in der Abgasrückführleitung (19) des Abgasrückführsystems (2), vorzugsweise stromaufwärts des elektrisch betriebenen Verdichters (22), und ein zweites Ventil (23) in einem Frischluftströmungsweg (9a, 9b) des Einlasssystems (4), vorzugsweise stromaufwärts des elektrischen Verdichters (22), angeordnet ist, wobei vorzugsweise das zweite Ventil (23) als einfaches Regelventil ausgebildet ist.
10. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der elektrische Verdichter (22) durch eine Umgehungsleitung (24) umgehbar ist, wobei vorzugsweise in der Umgehungsleitung (24) ein insbesondere als Rückschlagventil ausgebildetes drittes Ventil (25) angeordnet ist.
11. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Luft/EGR-Strömungsweg (30) stromaufwärts der Aufteilung in die Zuführkanäle (27), vorzugsweise stromabwärts des

elektrischen Verdichters (22), mit dem Frischluftströmungsweg (9c) des Einlasssystems (4) strömungsverbunden ist.

12. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in der Strömungsverbindung (32) zwischen dem Frischluftströmungsweg (9c) und dem Luft/EGR-Strömungsweg (30) ein, vorzugsweise durch ein Regelventil gebildetes, viertes Ventil (33) angeordnet ist.

2013 03 13

Fu/Bt

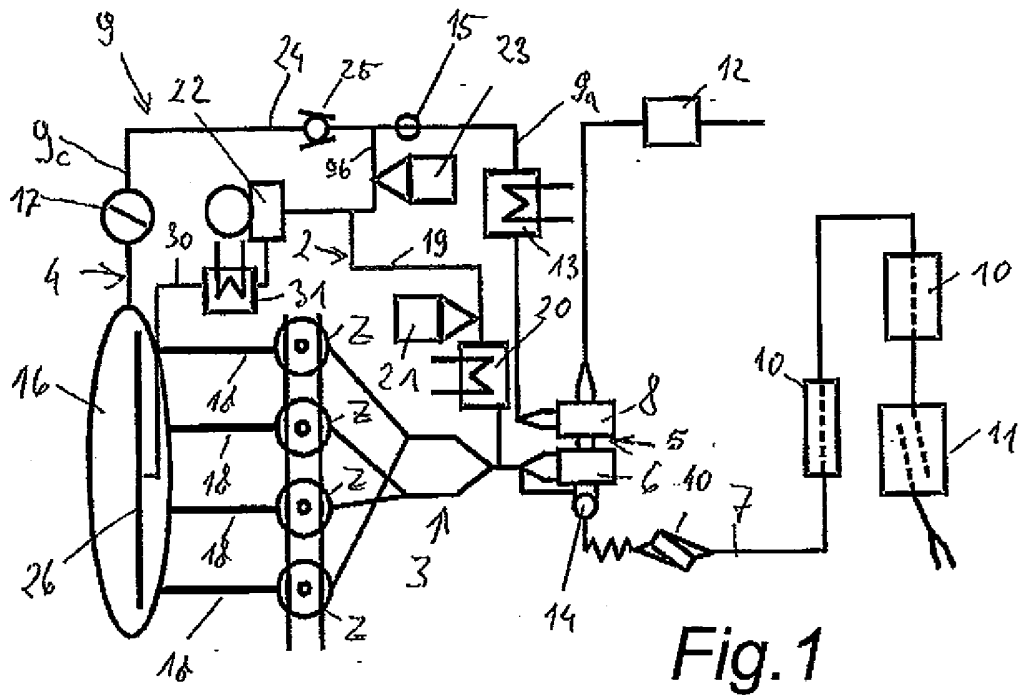


Fig. 1

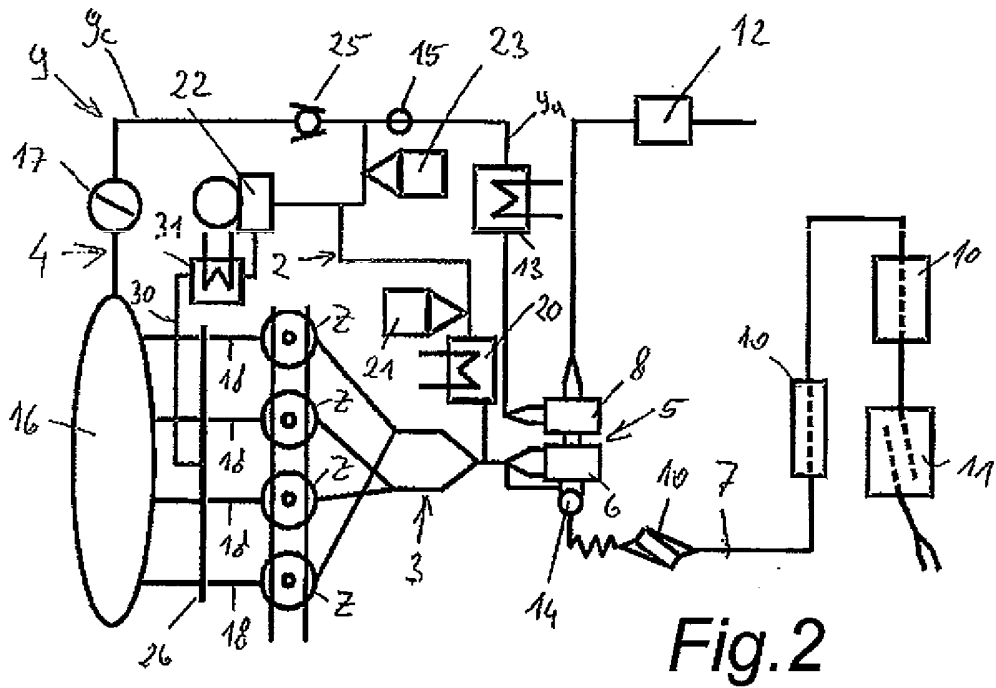
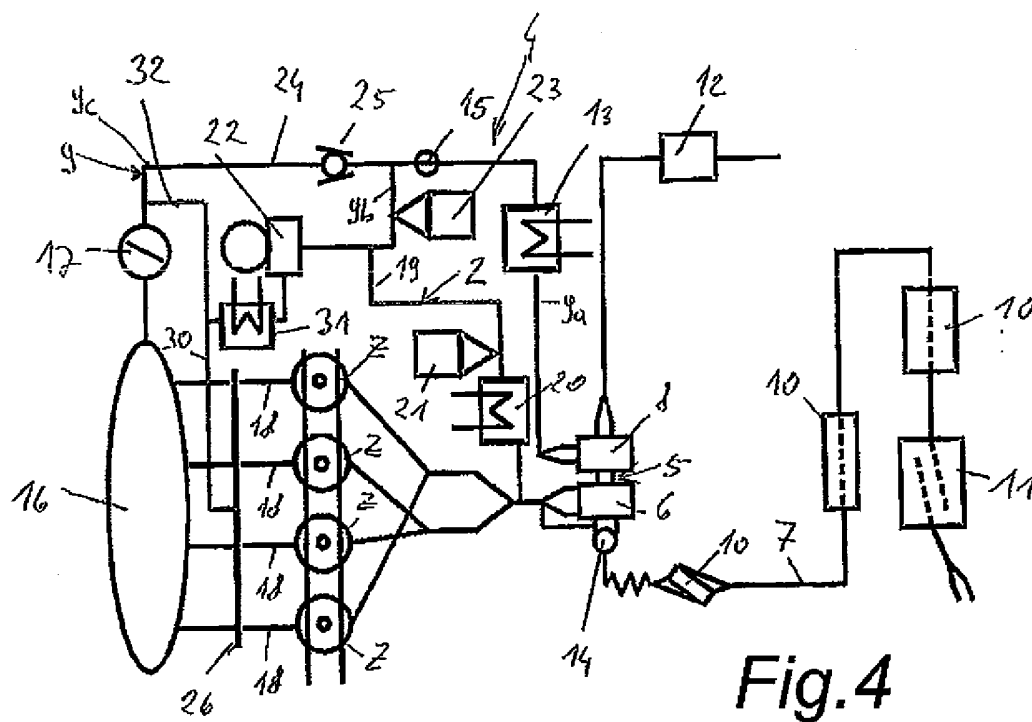
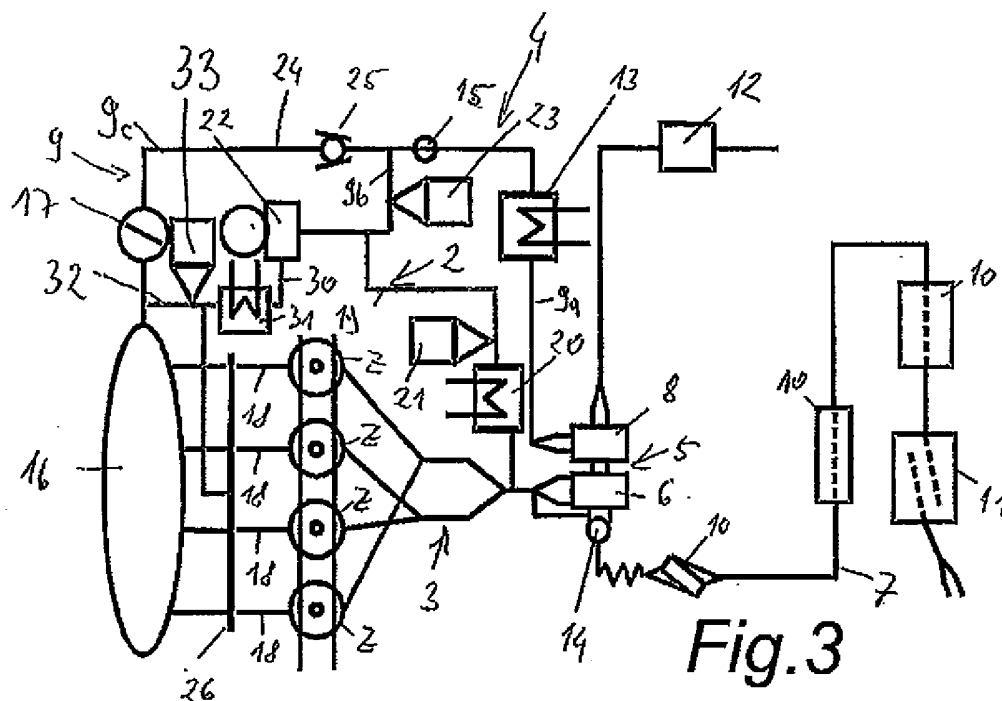


Fig. 2



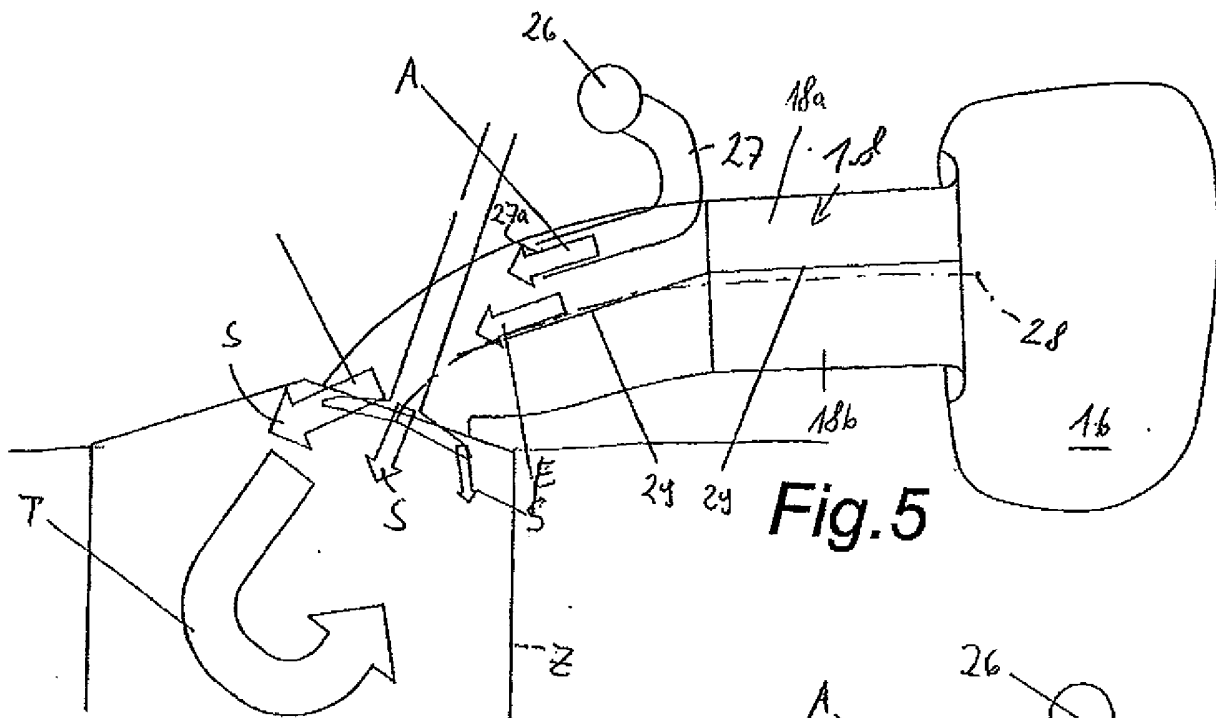


Fig.5

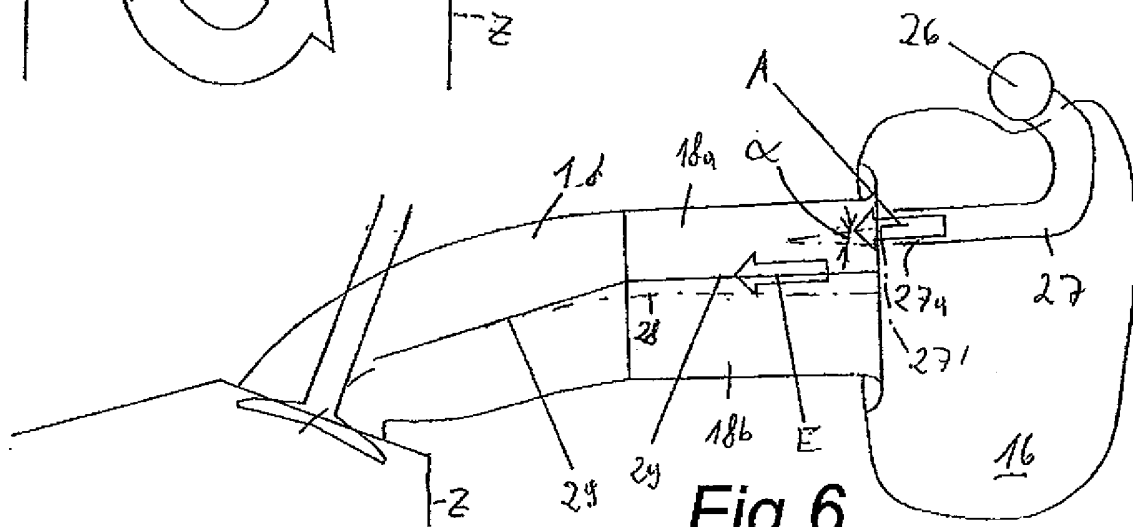


Fig. 6

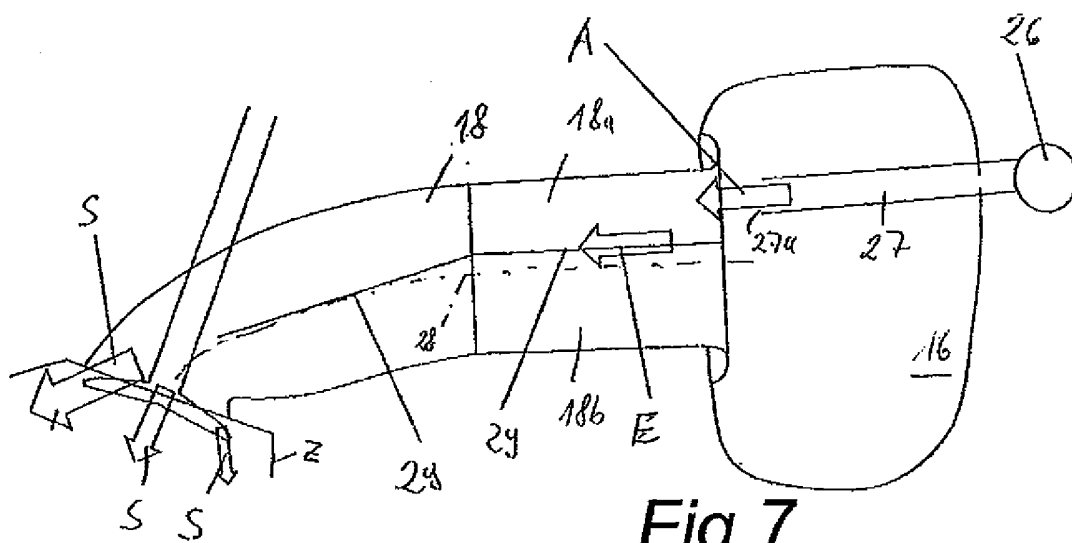


Fig. 7