

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.02.2001 Patentblatt 2001/06

(51) Int. Cl.⁷: **F02B 47/08**

(21) Anmeldenummer: **00115697.5**

(22) Anmeldetag: **21.07.2000**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **04.08.1999 AT 133999**

(71) Anmelder: **STEYR NUTZFAHRZEUGE AG
A-4400 Steyr (AT)**

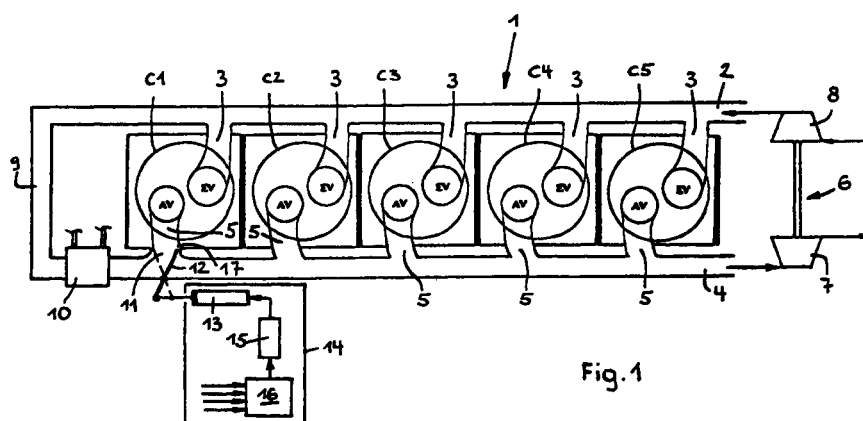
(72) Erfinder:
**Rammer, Franz, Dipl.-Ing.
4493 Wolfers (AT)**

(54) **Verfahren zur Abgasrückführung an einer mittels Abgasturbolader aufgeladenen mehrzylindrigen Hubkolbenbrennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abgasrückführung an einer mittels Abgasturbolader aufgeladenen mehrzylindrigen Hubkolbenbrennkraftmaschine, die je Zylinder wenigstens ein Einlaßventil in einem mit einer Ladeluftsammelleitung verbundenen Einlaßkanal und wenigstens ein Auslaßventil in einem mit einer Abgassammelleitung verbundenen Auslaßkanal sowie eine Abgasrückführleitung zwischen Abgassammelleitung und Ladeluftsammelleitung aufweist.

Dabei sollte aufgabengemäß eine Lösung gefunden werden, die ohne die bisher üblichen AGR-Flutterventile auskommt und auch den Bauaufwand für das gesamte AGR-System wesentlich verringert. Erreicht wird dieses erfindungsgemäß dadurch, daß die Abgas-

rückführung nur während bestimmter Betriebsphasen der Brennkraftmaschine zugelassen wird und während solcher Abgasrückführ-Betriebsphasen nur das aus einem Zylinder (C1 bzw. C1/C7) einer Zylinderreihe (1a, 1b) ausgestoßene Abgas vollständig oder teilweise mit eingestellter Abgasrückführrate über die Abgasrückführleitung (9; 33) zur Ladeluftsammelleitung (2; 27) rückgeführt wird, diese Abgasrückführung dagegen außerhalb dieser Abgasrückführ-Betriebsphasen unterbunden und das aus dem, den Zylinder(n) (C1 bzw. C1, C7) ausgestoßene Abgas ebenso wie jenes der anderen Zylinder vollständig dem Abgasturbolader (6; 36) über die Abgassammelleitung (2; 27) zugeführt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abgasrückführung an einer mittels Abgasturbolader aufgeladenen mehrzylindrigen Hubkolbenbrennkraftmaschine, die je Zylinder wenigstens ein Einlaßventil in einem mit einer Ladeluftsammeleitung verbundenen Einlaßkanal und wenigstens ein Auslaßventil in einem mit einer Abgassammelleitung verbundenen Auslaßkanal sowie eine Abgasrückführleitung zwischen Abgassammelleitung und Ladeluftsammeleitung aufweist.

[0002] Der Erfindung liegt folgende Problematik zugrunde. Es ist bekannt, zur Reduzierung der NO_x-Emission von Verbrennungsmotoren deren Abgas zur Ansaugseite zurückzuführen. Dabei wird Abgas aus einem Abgasrohr entnommen und in den Ansaugtrakt des betreffenden Verbrennungsmotors zurückgeführt. Für eine optimale Wirkung ist es außerdem notwendig, das rückgeführte Abgas zu kühlen. Um aber bei aufgeladenen Brennkraftmaschinen, insbesondere jenen mit Ladeluftkühlung, die Verschmutzung von Verdichter und Ladeluftkühler mit Rückständen des Abgases zu vermeiden, wird das Abgas bevorzugt vor der Turbine entnommen, gekühlt und nach dem Ladeluftkühler in den Ansaugtrakt eingeleitet. Im Betriebskennfeld einer Brennkraftmaschine gibt es aber viele Bereiche, in denen der mittlere Abgasgegendruck vor Turbine niedriger ist als der mittlere Ladedruck nach dem Ladeluftkühler. Dadurch würde in diesem Betriebsbereichen ohne zusätzliche Maßnahmen die Ladeluft in die Abgasleitung strömen und nicht, wie gewünscht, das Abgas zum Ansaugtrakt hin. Es sind nun verschiedene Methoden bekannt, mit denen verhindert wird, daß sich eine Strömung in falscher Richtung ausbildet und die auch gewährleisten, daß eine im Hinblick auf die gewünschte Absenkung der NO_x-Emission ausreichende Abgasmenge gegen das herrschende Druckgefälle zum Ausgangstrakt hin fließen kann. Bekannt ist hierfür der Einsatz spezieller Rückschlagventile, sogenannter AGR-Flutterventile, in der Abgasrückführleitung. Dabei werden die in der Abgasleitung auftretenden Druckspitzen ausgenützt, um das AGR-Flutterventil zu öffnen und das Abgas zur Ansaugseite hin strömen zu lassen. Wenn der Druck im Abgaskanal unter den Ladeluftdruck abfällt, verhindert das dann sperrende AGR-Flutterventil eine entsprechende Strömungsumkehr. Diese Abgasrückführung mittels AGR-Flutterventilen hat jedoch gewisse Nachteile. Je höher der Turboladerwirkungsgrad ist, desto größer ist der mittlere Druckunterschied zwischen Ladeluftdruck und Abgasgegendruck und desto kleiner wird die erzielbare Abgasrückführrate. Dies bedeutet, daß die durch optimale Turboladerauslegungen erreichbaren Verbesserungen im Kraftstoffverbrauch nicht realisiert werden können, weil dann keine optimierten Abgasrückführraten mehr dargestellt werden können. Außerdem sind die AGR-Flutterventile durch das rückgeführte Abgas thermisch hoch belastet, was einen sehr hohen Ent-

wicklungsaufwand bedeutet, um die notwendig hohe Lebensdauer und Zuverlässigkeit für diese AGR-Flutterventile sicherstellen zu können. Nachteilig wirkt sich außerdem aus, daß bei Brüchen der wegen der hohen Dynamik notwendigerweise sehr filigranen AGR-Flutterventile deren wegbrechende Teile von der Brennkraftmaschine angesaugt werden, was eine erhebliche Gefahr von Motorschäden bedeutet. Außer den relativ hohen Entwicklungskosten sind auch die relativ teure und komplizierte Fertigung dieser AGR-Flutterventile als nachteilig zu erwähnen. Ein weiterer Nachteil ist, daß das Abgas vor einem Flutterventil gekühlt werden muß, um dessen Standzeit nicht zu reduzieren, weshalb für jeden Abgasstrang vor der Turbine eine separate Abgasrückführleitung mit eigenem AGR-Kühler, Flutterventil und Absperrorgan notwendig ist, um die gewünschten Abgasrückführraten zu erreichen.

[0003] Zur Abrundung des Standes der Technik sei noch auf die MTZ Motortechnische Zeitschrift 60 (1999) 4 Seiten 240, 242 verwiesen. Im Abschnitt 3.3 ist die Rede von einem Spenderzylinderkonzept. Dieses besteht dann, einen Zylinder ausschließlich für Abgasrückführung zu verwenden und das aus diesem Zylinder ausgestoßene Abgas über eine Abgasrückführleitung mit AGR-Kühler unmittelbar zur Ladeluftsammeleitung rückzuführen. Diese Lösung ist aus verschiedenen Gründen nicht sinnvoll, aber auch nicht praxisgerecht.

[0004] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Abgasrückführung an einer Hubkolbenbrennkraftmaschine der gattungsgemäßen Art anzugeben, das unproblematisch mit einfachen Mitteln durchführbar ist und jene Probleme, die bisher in Verbindung mit AGR-Flutterventilen aufgetreten sind, beseitigt. Im Hinblick auf Lösungen, die die vorbeschriebenen Nachteile und Probleme beseitigen, ist zu beachten, daß die Abgasrückführung abschaltbar sein muß, denn z. B. im Motorbremsbetrieb, aber auch bei Beschleunigungsvorgängen aus niedrigen Drehzahlen heraus ist es zur Partikelreduzierung zwingend notwendig zu verhindern, daß Abgas in die Ansauganlage gelangt. Es müssen daher Vorkehrungen getroffen sein, die ein Rückströmen des Abgases z. B. im Motorbremsbetrieb zuverlässig verhindern.

[0005] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß entsprechend dem Kennzeichen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, daß die Abgasrückführung nur während bestimmter Betriebsphasen der Brennkraftmaschine zugelassen wird und während solcher Abgasrückführ-Betriebsphasen nur das aus einem Zylinder einer Zylinderreihe ausgestoßene Abgas vollständig oder teilweise mit eingestellter Abgasrückführrate über die Abgasrückführleitung zur Ladeluftsammeleitung rückgeführt wird, diese Abgasrückführung dagegen außerhalb dieser Abgasrückführ-Betriebsphasen unterbunden und das aus dem/den Zylinder(n) ausgestoßene Abgas ebenso wie jenes der anderen Zylinder vollständig dem Abgasturbolader über die Abgassam-

melleitung zugeführt wird.

[0006] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Einzelheiten der erfindungsgemäßen Lösung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0007] Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt dabei das Prinzip zugrunde, daß in Abgasrückführ-Betriebsphasen die Ausschleibarbeit des Kolbens eines Zylinders einer Zylinderreihe der Brennkraftmaschine unmittelbar für die Abgasrückführung herangezogen ist. Das erfindungsgemäße Verfahren kommt dabei vollständig ohne die bisher notwendigen, teuren und empfindlichen sowie störanfälligen AGR-Flutterventile aus. Es ist lediglich notwendig, je nach dem, ob der Abgasauslaß der Hubkolbenbrennkraftmaschine ein- oder zwei-ventilig dargestellt ist und wie viele Zylinder die Hubkolbenbrennkraftmaschine hat, wenigstens ein mittels einer Steuervorrichtung verstellbares Steuerorgan vorzusehen, mit dem während Abgasrückführ-Betriebsphasen das nur aus einem Zylinder einer Zylinderreihe ausgestoßene Abgas vollständig oder teilweise mit eingestellter Abgasrückführtrate über die Abgasrückführleitung zum Ansaugtrakt rückgeführt wird. In bestimmten Fällen kann in einfachster Weise eine Lösung mit einem Steuerorgan zur Anwendung kommen, das nur in die Stellungen AGR-auf oder AGR-zu zu bringen ist. In anderen Fällen, in denen das Steuerorgan auch in Zwischenstellungen zwecks Einstellung der Rückführtrate bringbar ist, kann die Regelungstiefe so groß sein, daß sich eine an den jeweiligen Lastzustand der Brennkraftmaschine exakt angepaßt bedarfsoptimierte Abgasrückführtrate einstellt.

[0008] Nachfolgend ist die Erfindung anhand der Zeichnung in Verbindung mit verschiedenen, darin beispielhaft aufgezeigten Arten von mehrzylindrigen Hubkolbenbrennkraftmaschinen und Beispielen von Einzelheiten, mit denen das erfindungsgemäße Verfahren durchführbar ist, noch näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit fünf in Reihe angeordneten Zylindern, je Zylinder einem Einlaßventil und einem Auslaßventil sowie einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Abgasrückführung,

Fig. 2 schematisch eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit sechs in Reihe angeordneten Zylindern, je Zylinder zwei Einlaßventilen in einem gemeinsamen Einlaßkanal und zwei Auslaßventilen in einem gemeinsamen Auslaßkanal sowie einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 3 schematisch eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit zwei V-förmig angeordneten Zylinderreihen mit je fünf Zylindern, je Zylinder

der einem Einlaßventil und einem Auslaßventil sowie einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Abgasrückführung,

Fig. 4 schematisch eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit sechs in Reihe angeordneten Zylindern, zwei Einlaßventilen und zwei Auslaßventilen je Zylinder sowie einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Abgasrückführung,

Fig. 5 schematisch eine weitere sechs-zylindrige Hubkolbenbrennkraftmaschine mit in Reihe angeordneten Zylindern, zwei Einlaßventilen und zwei Auslaßventilen je Zylinder, aber mit einer gegenüber der Version von Fig. 4 anderen Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Abgasrückführung,

Fig. 6 schematisch eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit zwei V-förmig angeordneten Zylinderreihen mit je sechs Zylindern, zwei Auslaßventilen sowie zwei Einlaßventilen je Zylinder und mit je Zylinderreihe einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Abgasrückführung.

[0009] In den Figuren der Zeichnung sind gleiche bzw. einander entsprechende Teile der Übersichtlichkeit wegen mit gleichen Bezugszeichen angezogen.

[0010] In Fig. 1 sind die einzelnen Zylinder der dort dargestellten fünf-zylindrigen Hubkolbenbrennkraftmaschine 1 mit C1, C2, C3, C4, C5 bezeichnet. Jeder dieser Zylinder weist ein am Ende eines mit einer Ladeluftsammelleitung 2 verbundenen Einlaßkanales 3 im Zylinderkopf angeordnetes Einlaßventil EV und ein am Anfang eines mit einer Abgassammelleitung 4 verbundenen Auslaßkanales 5 im Zylinderkopf angeordnetes Auslaßventil AV auf. Ein Abgasturbolader ist mit 6 bezeichnet. Dessen Abgasturbine 7 ist an der Abgassammelleitung 4 angeschlossen und dessen Verdichter 8 fördert Ladeluft vorzugsweise über einen nicht dargestellten Ladeluftkühler in die Ladeluftsammelleitung 2. Mit 9 ist eine Abgasrückführleitung bezeichnet, die eine durchgängige Verbindung zwischen Abgassammelleitung 4 und Ladeluftsammelleitung 2 herstellt und in die lediglich ein AGR-Kühler 10 für Kühlung rückgeführten Abgases eingebaut ist. Im Unterschied zu dieser Brennkraftmaschine 1 gemäß Fig. 1 hat jene gemäß Fig. 2 je Zylinder zwei Einlaßventile EV in einem gemeinsamen Einlaßkanal 3 und zwei Auslaßventile AV in einem gemeinsamen Auslaßkanal 5. Außerdem ist die Brennkraftmaschine gemäß Fig. 2 sechs-zylindrig.

[0011] Beiden Brennkraftmaschinen 1 der Figuren 1 und 2 ist gemeinsam, daß der Zylinder C1 als jener vorgesehen ist, dessen Abgas während bestimmter

Betriebsphasen rückgeführt wird. Dabei ist ausgangs des zugehörigen Auslaßkanals 5 an einem entsprechend gestalteten Übergangsbereich 11 einerseits das Abgassammelrohr 4, andererseits die Abgasrückführung 9 abgehend angeschlossen und außerdem eine Steuerklappe 12 gelagert. Diese Steuerklappe 12 dient in diesem Beispiel sowohl als Steuerorgan, mit dem der Abgasrückfuhrbetrieb durchführbar und die Abgasrückfuhrate einstellbar ist, als auch als Absperrorgan, mit dem der Abgasrückfuhrbetrieb unterbindbar ist. Die Betätigung der Steuerklappe 12 erfolgt unter Zuhilfenahme eines hydraulischen, pneumatischen oder elektrischen Stellmotors 13 als Teil einer Steuereinrichtung 14 mit Motortreiberteil 15 und Elektronikeinheit 16. Letztere enthält einen Mikroprozessor sowie Daten und Programmspeicher mit darin abgelegtem Steuerprogramm und Betriebs- sowie Kennfelddaten, die auf den Typ der Hubkolbenbrennkraftmaschine 1 abgestimmt sind sowie den Regel- bzw. Steueralgorithmus und die Zeitpunkte vorgeben, wann und wie, in welchen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine 1 die Abgasrückführung mit welchen einstellbaren Abgasrückfuhraten durchgeführt oder unterbunden werden soll. Dabei ist die Steuerklappe 12 mittels des von der Elektronikeinheit 16 über den Motortreiberteil 15 her entsprechend befehligten Stellmotors 13

a) in eine erste Endstellung bringbar, in der der Abgaseintritt vom Auslaßkanal 5 des Zylinders C1 her zur Abgasrückfuhrleitung 9 gesperrt, aber zur Abgassammelleitung 4 frei ist, also keine Abgasrückführung möglich ist, außerdem während Abgasrückfuhr-Betriebsphasen

b) im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 in die andere Endstellung bringbar, in der der Abgaseintritt vom Auslaßkanal 5 des Zylinders C1 her zur Abgasrückfuhrleitung 9 vollständig freigegeben, aber zur Abgassammelleitung 4 bzw. zum Abgasturbolader 6 hin vollständig unterbunden ist,

c) zum Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 hin in Zwischenpositionen zwischen den beiden Endstellungen bringbar, in denen das den Auslaßkanal 5 verlassende Abgas in einen in die Abgasrückfuhrleitung 9 eingespeisten, zur Ladeluftsammelleitung 2 rückgeführten Teilstrom und einen in die Abgassammelleitung 4 eintretenden, zum Abgasturbolader 6 hingeführten Teilstrom aufgeteilt wird und sich dadurch eine Abgasrückfuhrate mit gegenüber Teillastbetrieb kleineren Wert ergibt.

[0012] Aufgrund der Zylinderzahl 5 im Fall von Fig. 1 wäre im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 demzufolge eine Abgasrückfuhrate von maximal 20% möglich. Im Fall von Fig. 2 mit sechs Zylindern ergäbe sich eine maximale Abgasrückfuhrate von ca. 16%.

Beide Rückfuhraten sind jedoch in bestimmten Betriebspunkten der Brennkraftmaschine 1, z. B. Vollast, zu hoch und werden daher durch die unter c) vorerwähnte Einflußnahme auf die aus dem Zylinder C1 ausgestoßene Abgasmenge entsprechend erniedrigt, z. B. auf einen Wert $\leq 12\%$. Eine Drosselstelle 17 dient zur Unterstützung dieser Einstellmaßnahmen. Die Ein- bzw. Vorstellung der Steuerklappe 12 erfolgt taktweise oder kontinuierlich durch die Steuereinrichtung 14. Bei großer Regelungstiefe ist es somit möglich, die Abgasrückfuhrate an den jeweiligen Lastzustand der Brennkraftmaschine 1 angepaßt bedarfsoptimiert einzustellen.

[0013] In Fig. 3 sind die Zylinder der einen Reihe 1a der 10-zylindrischen Hubkolbenbrennkraftmaschine 1 mit C1, C2, C3, C4, C5, die Zylinder der anderen Reihe 1b mit C6, C7, C8, C9, C10 bezeichnet. Was die Ladeluftsammelleitung 2, Einlaßkanäle 3, Einlaßventile EV, Auslaßventile AV, den Abgasturbolader 6 mit Abgasturbine 7 und Verdichter 8, die Abgasrückfuhrleitung 9, den AGR-Kühler 10, den Übergangsbereich 11, die Steuerklappe 12 und die Steuereinrichtung 14 mit Stellmotor 13, Motortreiberteil 15 und Elektronikeinheit 16 angeht, so entsprechen diese Bauteile im Bereich der Zylinderreihe 1a denjenigen der Brennkraftmaschine von Fig. 1. Es fehlt hier lediglich die Drosselstelle 17, außerdem ist die Steuerklappe 12 nur in die eine Endstellung "AGR-auf" oder andere Endstellung "AGR-zu" einstellbar. Eine Einstellung der Abgasrückfuhrate ist hier nicht vorgesehen und auch nicht notwendig. Im Bereich der zweiten Zylinderreihe 1b ist ebenfalls ein Abgasturbolader 18 vorgesehen, der normalerweise baugleich mit jenem (6) der ersten Zylinderreihe ist und dessen Abgasturbine 19 mit einer Abgassammelleitung 20 und dessen Verdichter 21 mit einer Ladeluftsammelleitung 22 verbunden ist. Jeder Zylinder C6, C7, C8, C9, C10 der zweiten Zylinderreihe 1b weist ebenfalls am Ende eines jeweils mit der Ladeluftsammelleitung 22 verbundenen Einlaßkanales 23 ein im Zylinderkopf angeordnetes Einlaßventil EV und ein am Anfang eines jeden mit der Abgassammelleitung 20 verbundenen Auslaßkanales 24 ein im Zylinderkopf angeordnetes Auslaßventil AV auf. Die Ladeluftsammelleitung 22 steht mit dem zwischen AGR-Kühler 10 und Ladeluftsammelleitung 2 der ersten Zylinderreihe verlaufenden Abschnitt 9' der Abgasrückfuhrleitung 9 über eine von diesem abzweigende Abgasrückfuhrleitung 25 in Verbindung. Die Ladeluftsammelleitung 22 wird daher im Abgasrückfuhrbetrieb ebenso wie die Ladeluftsammelleitung 2 mit aus dem Zylinder C1 ausgestoßenem und in die Abgasrückfuhrleitung 9 eingeleitetem Abgas versorgt. Die Abgasrückfuhrate kann in diesem Fall maximal 10% der Abgasgesamtmenge betragen. Die Umschaltung der Steuerklappe 12 von Nicht-Abgasrückfuhrbetrieb auf Abgasrückfuhrbetrieb erfolgt durch entsprechende Befehle der Steuereinrichtung 14. Es kann sich gegebenenfalls zur Sicherstellung dessen als zweckmäßig erweisen, daß beiden

Zylinderreihen 1a, 1b die gleiche Menge rückgeführten Abgases zugeführt wird, in der Abgasrückführleitung 25 und dem Abgasrückführleitungsabschnitt 9' Durchflußregelventile vorzusehen, die ebenfalls von der Steuerungseinrichtung 14, ähnlich wie die Steuerklappe 12, einstellbar sind. Gegebenenfalls könnten diese Durchflußregelventile auch als Absperrorgane herangezogen werden, um eine gewisse Redundanz herzustellen und dem Eventualfall eines Ausfalls der Steuerung der Steuerklappe 12 vorzubeugen, in dem diese nicht oder nicht vollständig in ihre die Abgasrückführleitung 9 absperrende Stellung bringbar wäre.

[0014] Alternativ zu der in Fig. 3 gezeigten Ausführungsform wäre es bei einer Brennkraftmaschine mit V-Anordnung der Zylinderreihen 1a, 1b mit jeweils fünf oder mehr als fünf Zylindern auch möglich, jede der beiden Zylinderreihen so wie im Fall gemäß Fig. 1 oder 2 dargestellt auszuführen. In diesem Fall wäre dann auch dem Auslaßkanal 24 des Zylinders C6 eine Steuerklappe 12 sowie eine Drosselstelle 17 zugeordnet, außerdem die Abgasrückführleitung 25 mit der Abgassammelleitung 20 verbunden und diese über einen eigenen AGR-Kühler geführt. Der Steuerklappe 12 der zweiten Zylinderreihe 1b wäre ebenfalls ein Stellmotor 13 sowie ein Motortreiberteil 15 und eine gemeinsame Elektronikeinheit 16 innerhalb der Steuereinrichtung 14 zugeordnet. Solches ließe dann je Zylinderreihe 1a, 1b mit fünf Zylindern eine Abgasrückführrate von maximal 20% zu, die aber im Vollastbetrieb zu hoch wäre und daher regelungstechnisch — wie in Verbindung mit Fig. 1 und 2 aufzeigt — über die beiden Steuerklappen 12 entsprechend niedriger eingestellt wird.

[0015] Den Ausführungsbeispielen gemäß Fig. 4 bis 6 liegen Hubkolbenbrennkraftmaschinen 1 zugrunde, mit je Zylinder C1 bis C6 (Fig. 4, 5) bzw. C1 bis C12 (Fig. 5) zwei Einlaßventilen EV und zwei Auslaßventilen AV. Dabei sind die beiden Einlaßventile EV jedes Zylinders C1 bis C6 und C7 bis C12 jeder Zylinderreihe 1 bzw. 1a, 1b im Zylinderkopf jeweils einem gemeinsamen Einlaßkanal 26 zugeordnet, der von einer Ladeluftsammelleitung 27 abzweigt. Bei den Auslaßventilen AV dagegen sind die Verhältnisse im Falle eines Zylinders je Zylinderreihe, vorzugsweise des Zylinder C1 (Fig. 4, 5) bzw. der Zylinder C1 und C7 (Fig. 6), anders als bei den übrigen Zylindern. Bei diesen übrigen Zylindern C2 bis C6 (Fig. 4, 5) bzw. C2 bis C6 und C8 bis C12 (Fig. 6) sind deren jeweils beide Auslaßventile AV im Zylinderkopf jeweils einem gemeinsamen Auslaßkanal 28 zugeordnet, der in eine Abgassammelleitung 29 ausmündet. Der Bereich am bzw. neben dem Zylinder C1 (Fig. 3, 4) bzw. den Zylindern C1 und C7 (Fig. 6) dagegen ist im Hinblick auf die Erfindung gestaltet. Dabei ist nur eines der beiden Auslaßventile AV dieses Zylinders C1 (Fig. 4, 5) bzw. dieser Zylinder C1, C7 (Fig. 6) im Zylinderkopf einem Auslaßkanal 30 zugeordnet, der in die Abgassammelleitung 29 ausmündet. Das jeweils andere Auslaßventil AV dieses Zylinders C1 (Fig. 4, 5) bzw. dieser Zylinder C1 und C7 (Fig. 6) dage-

gen ist einem Auslaßkanal 31 zugeordnet, der im Zylinderkopf benachbart zum Auslaßkanal 30 angeordnet ist und in einen Übergangsbereich 32 zwischen der Abgassammelleitung 29 und einer dort von dieser abgehenden Abgasrückführleitung 33 ausmündet. Diese Abgasrückführleitung 33 geht über einen AGR-Kühler 34 und ist andernendes an der Ladeluftsammelleitung 27 angeschlossen. Diese wiederum steht mit dem Verdichter 35 eines Abgasturboladers 36 in Verbindung, an dessen Abgasturbine 37 die Abgassammelleitung 29 angeschlossen ist.

[0016] Unterschiedlich zu diesen vorstehend geschilderten Gemeinsamkeiten sind bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 4 bis 6 die Vorrichtungen für die Steuerung des Abgasrückführbetriebs und die Beeinflussung der Abgasrückführrate.

[0017] Im Fall von Fig. 4 ist als Steuerorgan eine im Übergangsbereich 32 zwischen Auslaßkanal 31, Abgasrückführleitung 33 und Abgassammelleitung 29 eingebaute und dort entsprechend gelagerte Steuerklappe 38 vorgesehen, die gleichermaßen wie jene (12) gemäß Fig. 1 und 2 unter Zuhilfenahme eines Stellmotors 13 als Teil der desweiteren ein Motortreiberteil 15 und eine Elektronikeinheit 16 aufweisenden Steuereinrichtung 14 betätigbar und in eine Volldurchlaßstellung, eine Absperrstellung sowie beliebige Zwischenstellungen einstellbar ist. Dabei wird das aus dem Zylinder C1 über dessen Kolben in die Auslaßkanäle 30, 31 ausgestoßene Abgas während der Abgasrückführ-Betriebsphasen der Brennkraftmaschine 1

a) während Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 mit in Volldurchlaßstellung befindlicher Steuerklappe 38 ausschließlich und vollständig in die Abgasrückführleitung 33 eingeleitet und zur Ladeluftsammelleitung 27 zurückgeführt, wodurch sich eine maximale Abgasrückführrate von ca. 16% ergibt, oder

b) zum Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 hin mit in die Abgasrückführrate verkleinernden Zwischenstellungen befindlicher Steuerklappe 38 teils in die Abgassammelleitung 29, teils in die Abgasrückführleitung 33 eingeleitet, wobei sich die Abgasrückführrate auf einen gegenüber dem Maximum von 16,6% kleineren Wert einstellt.

[0018] Falls keine Abgasrückführung notwendig oder erwünscht ist, wird die Steuerklappe 38 in ihre Absperrstellung überführt und das aus dem Zylinder C1 ausgestoßene Abgas ausschließlich und vollständig in die Abgassammelleitung 29 eingeleitet und dem Abgasturbolader 36 zugeführt.

[0019] Für eine Feineinstellung der Abgasrückführrate ist in diesem Beispiel eine Steuerdrossel 39 vorgesehen. Diese ist entweder in den Auslaßkanal 30 oder ausgangs desselben am Übergang zur Abgassammelleitung 29 eingebaut und entweder durch die Steuerklappe 38 betätigbar oder wie die Steuerklappe 38

durch die Steuereinrichtung 14 ein- bzw. verstellbar. Außerhalb von Abgasrückföhrbetriebsphasen der Brennkraftmaschine 1 ist diese Steuerdrossel 39 auf Volldurchlaßquerschnitt eingestellt. Während der Abgasrückföhrbetriebsphasen dagegen wird der Durchlaßquerschnitt der Steuerdrossel 39 auf sein Maximum oder in Zwischenstellungen zwischen Maximum und einem von Null verschiedenen Minimum eingestellt.

[0020] Im Unterschied zur Lösung gemäß Fig. 4 sind bei der Ausführungsform gemäß Fig. 5 eine in den zwischen AGR-Köhrler 34 und Übergangsbereich 32 verlaufenden Abschnitt 33' der Abgasrückföhrleitung 33 eingebautes Absperrorgan 40 und ein im Übergangsbereich 32 gelagertes Steuerorgan 41 vorgesehen. Mit letzterem ist das den Austrittsbereich 42 des Auslaßkanals 30 verlassende Abgas entweder dem Abgasturbolader 36 und/oder der Abgasrückföhrleitung 33 zuteilbar. Jedes der beiden Organe 40, 41 ist mittels eines ein Teil der Steuereinrichtung 14 bildenden Stellmotors 43, 45 mit zugeordneten Motortreiberteil 46, 48, das seine Befehle von einem Elektronikteil 49 erhält, entsprechend seiner Funktion betätigbar. Das Elektronikteil 49 ist hardwaremäösig wie jenes (16) der anderen Ausführungsbeispiele aufgebaut und softwaremäösig sowie daten- bzw. kennfeldmäösig auf diesen Anwendungsfall abgestellt. Das Steuerorgan 41 kann zwei Endstellungen einnehmen, nämlich eine Absperrstellung und eine Durchlaßstellung (wie durchgezogen dargestellt). Während der Abgasrückföhr-Betriebsphasen der Brennkraftmaschine 1, in denen die Abgassammelleitung 29 zum Übergangsbereich 32 bzw. zur Abgasrückföhrleitung 33 hin durch das Steuerorgan 41 abgesperrt und die Abgasrückföhrleitung 33 aufgrund des auf Volldurchlaß geschalteten Absperrorgans 40 freigegeben ist, wird das aus dem Zylinder C1 in die Auslaßkanäle 30, 31 ausgestoöene Abgas ausschlieölich in die Abgasrückföhrleitung 33 eingeleitet, also ein Durchlaß zur Abgassammelleitung 29 hin unterbunden. Dieser Fall ist im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 gegeben, mit der Folge, daß die Abgasrückföhrate ihr Maximum von ca. 16% erreicht. Zum Vollastbereich der Brennkraftmaschine 1 hin wird das Steuerorgan 41 in solche Zwischenstellungen gebracht, in denen der den Auslaßkanal 30 verlassende Abgasstrom in zwei Teilströme unterteilt wird, von denen der eine über die Abgasrückföhrleitung 33 zur Ladeluftsammelleitung 27 rückgeföhrt und der andere in die Abgassammelleitung 29 eingeleitet und dem Abgasturbolader 36 zugeföhrt wird, demzufolge die Abgasrückföhrate dann kleiner als im Teillastbetrieb ist. Außerhalb der Abgasrückföhr-Betriebsphasen der Brennkraftmaschine 1 ist das Steuerorgan 41 in Durchlaßstellung geschaltet und das Absperrorgan 40 in Absperrposition überföhrt, so daß die Auslaßkanäle 30, 31 verlassendes Abgas vollständig in die Abgassammelleitung 29 eingeleitet und den Abgasturbolader 36 zugeföhrt wird.

[0021] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 6 ist je einem Zylinder C1 und C7 einer Zylinderreihe 1a,

1b der 12-zylindrigen V-Brennkraftmaschine 1 ein Steuerorgan 50 zugeordnet, das in den Übergangsbereich 44 eingebaut ist. Jedes dieser beiden Steuerorgane 50 ist unter Zuhilfenahme eines Stellmotors 51, der ebenso wie ein Motortreiberteil 52 und ein Elektronikteil 53 Teil der Steuereinrichtung 14 ist, in zwei Absperrstellungen und verschiedene Zwischenstellungen bringbar. Jedes dieser Steuerorgane 50 besteht aus einer im Übergangsbereich 32 sich senkrecht zwischen dortigen Seitenwänden abgedichtet erstreckenden Trennwand 54, die einenendes in einer Lagerstelle 55 schwenkbar gelagert ist und andernendes eine bogenförmig gekrümmte Steuerplatte 56 trägt, deren Außenkontur einem bestimmten Radius um das Zentrum der Lagerstelle 55 folgt. Der Außenkontur dieser Steuerplatte 56 sind - für entsprechendes Zusammenwirken - angepaöte Gegenflächen am Übergangsbereich 44 zugeordnet, und zwar dort, wo die Abgasrückföhrleitung 33 abgeht, und dort, wo die beiden zueinander benachbarten Abgaskanäle 30, 31 einmünden.

[0022] Aufgrund dieser Ausgestaltung und Anordnung dieser Steuerorgane 50 ist es möglich, daß

- a) in deren erster Absperrstellung die jeweilige Abgasrückföhrleitung 33 abgesperrt, also keine Abgasrückföhrung möglich ist und das aus den Zylindern C1 und C7 durch deren Kolben in jeweils beide Abgaskanäle 30, 31 ausgestoöene Abgas vollständig in die jeweilige Abgassammelleitung 29 eingeleitet wird, dagegen während der Abgasrückföhr-Betriebsphasen
- b) in deren zweiter Absperrstellung, in der die Abgassammelleitung 29 abgesperrt und die während des Teillastbetriebes der Brennkraftmaschine 1 gegeben ist, das aus dem jeweiligen Zylinder C1 bzw. C7 in jeweils beide Auslaßkanäle 30, 31 ausgestoöene Abgas vollständig in die jeweilige Abgasrückföhrleitung 33 eingeleitet, also komplett rückgeföhrt wird, sich demzufolge je Zylinderreihe eine maximale Abgasrückföhrate von ca. 16% einstellt,
- c) in deren gegenüber der zweiten Absperrstellung kleineren Verschwenkpositionen, in denen der Austrittsquerschnitt des jeweiligen Auslaßkanals 30 mehr oder weniger freigegeben ist, zum Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine 1 hin gegenüber Teillastbetrieb geringere Abgasrückföhraten einstellbar sind. Dabei hängt es von der Regelungstiefe der Steuereinrichtung 14 ab, ob die Abgasrückföhrate nur annähernd oder tatsächlich einen bedarfoptimierten Wert annimmt, der exakt auf den jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine 1 abgestimmt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Abgasrückföhrung an einer mittels

Abgasturbolader aufgeladenen mehrzylindrigen Hubkolbenbrennkraftmaschine, die je Zylinder wenigstens ein Einlaßventil in einem mit einer Ladeluftsammelleitung verbundenen Einlaßkanal und wenigstens ein Auslaßventil in einem mit einer Abgassammelleitung verbundenen Auslaßkanal sowie eine Abgasrückführleitung zwischen Abgassammelleitung und Ladeluftsammelleitung aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführung nur während bestimmter Betriebsphasen der Brennkraftmaschine zugelassen wird und während solcher Abgasrückführ-Betriebsphasen nur das aus einem Zylinder (C1 bzw. C1, C7) einer Zylinderreihe (1a, 1b) ausgestoßene Abgas vollständig oder teilweise mit eingestellter Abgasrückführrate über die Abgasrückführleitung (9; 33) zur Ladeluftsammelleitung (2; 27) rückgeführt wird, diese Abgasrückführung dagegen außerhalb dieser Abgasrückführ-Betriebsphasen unterbunden und das aus dem/den Zylinder(n) (C1 bzw. C1, C7) ausgestoßene Abgas ebenso wie jenes der anderen Zylinder vollständig dem Abgasturbolader (6; 36) über die Abgassammelleitung (4; 29) zugeführt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß — bei dessen Anwendung in Verbindung mit acht- oder mehr als acht-zylindrigen Brennkraftmaschinen (1), die ein Auslaßventil (AV) oder zwei, einem gemeinsamen Auslaßkanal (5) zugeordnete Auslaßventile (AV) je Zylinder (C1 bis C_n) aufweisen und bei denen das Abgas eines einzigen Zylinders (C1) rückführbar ist — die Umschaltung zwischen Abgasrückführung und Nichtabgasrückführung durch ein Umschaltorgan (12) erfolgt, das im Übergangsbereich (11) zwischen Auslaßkanal (5) und Abgassammelleitung (4) angeordnet sowie durch eine Steuereinrichtung (14) in zwei feste Endstellungen schaltbar ist, wobei

a) in der einen Endstellung des Umschaltorgans (12), die außerhalb von Abgasrückführ-Betriebsphasen gegeben ist, das aus dem Zylinder (C1) in den Auslaßkanal (5) ausgestoßene Abgas vollständig in die Abgassammelleitung (4) eingeleitet und über diese dem Abgasturbolader (6) zugeführt wird, dagegen, b) in der anderen Endstellung des Umschaltorgans (12), die während der Abgasrückführ-Betriebsphasen gegeben ist, das aus dem Zylinder (C1) in den Auslaßkanal (5) ausgestoßene Abgas vollständig in die Abgasrückführleitung (9) eingeleitet und über diese zur Ladeluftsammelleitung (2; 22) rückgeführt wird, gleichzeitig ein Fluß von aus dem Auslaßkanal (5) in die Abgassammelleitung (4) austretendem Abgas zum Abgasturbolader (6) hin unterbunden ist und sich somit die Abgasrück-

führrate in % ca. aus 100/Zylinderanzahl ergibt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß — bei dessen Anwendung in Verbindung mit Brennkraftmaschinen (1), die entweder eine Zylinderreihe mit sechs oder weniger als sechs Zylindern oder zwei Zylinderreihen mit je sechs oder weniger als sechs Zylindern sowie ein Auslaßventil (AV) oder zwei, einem gemeinsamen Auslaßkanal (5) zugeordnete Auslaßventile (AV) aufweisen und bei denen das Abgas eines Zylinders (C1) je Zylinderreihe rückführbar ist — die Umschaltung zwischen Abgasrückführung und Nichtabgasrückführung durch ein Steuerorgan (12) erfolgt, das im Übergangsbereich (11) zwischen Auslaßkanal (5) und Abgassammelleitung (4) angeordnet sowie durch eine Steuereinrichtung (14) in zwei feste Endstellungen und wenigstens eine Zwischenposition positionierbar ist, wobei in der einen Endstellung des Steuerorgans (12), die außerhalb von Abgasrückführ-Betriebsphasen eingestellt ist, das aus dem einen Zylinder (C1) je Zylinderreihe in den Auslaßkanal (5) ausgestoßene Abgas vollständig in die Abgassammelleitung (4) eingespeist und über diese dem Abgasturbolader (6) zugeführt wird, dagegen während der Abgasrückführ-Betriebsphasen

a) im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine (1) das Steuerorgan (12) in die andere Endstellung überführt ist, in der das aus dem einen Zylinder (C1) je Zylinderreihe in den Auslaßkanal (5) ausgestoßene Abgas vollständig in die Abgasrückführleitung (9) eingeleitet und über diese zur Ladeluftsammelleitung (2) rückgeführt wird, gleichzeitig ein Fluß von aus dem Auslaßkanal (5) in die Abgassammelleitung (4) austretendem Abgas zum Abgasturbolader (6) hin unterbunden ist und die Abgasrückführrate in % sich demzufolge aus ca. 100/Zylinderanzahl je Zylinderreihe ergibt,

b) zum Vollastbereich der Brennkraftmaschine (1) hin das Steuerorgan (12) in einer Zwischenposition positioniert wird, in der das aus dem einen Zylinder (C1) je Zylinderreihe in den Auslaßkanal (5) ausgestoßene Abgas in einen in die Abgasrückführleitung (9) eingespeisten, zur Ladeluftsammelleitung (2) rückgeführten Teilstrom und einen in die Abgassammelleitung (4) eintretenden, zum Abgasturbolader (6) hin geführten Teilstrom aufgeteilt wird und sich dadurch eine Abgasrückführrate mit einem gegenüber Teillastbetrieb kleineren Wert ergibt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß während der Abgasrückführ-Betriebsphasen die Abgasrückführrate zwischen

ihrem möglichen Maximum und einem Minimum an den jeweiligen Lastzustand der Brennkraftmaschine (1) angepaßt bedarfsoptimiert eingestellt wird durch entsprechende taktweise oder kontinuierliche Ein- bzw. Verstellung des Steuerorgans (12) durch die Steuereinrichtung (14). 5

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß — bei dessen Anwendung in Verbindung mit Hubkolbenbrennkraftmaschinen (1) mit zwei Auslaßventilen (AV) je Zylinder (C1 bis C6; C1 bis C12) bei jenem Zylinder (C1; C1, C7), dessen Abgas rückführbar ist, jedes der beiden Auslaßventile (AV) einem eigenen Auslaßkanal (30, 31) zugeordnet ist, von denen der eine (31) direkt in den Übergangsbereich (32) zwischen Abgassammelleitung (29) und Abgasrückführleitung (33) ausmündet und im Zylinderkopf separat zu dem benachbarten anderen (30) ausgebildet ist, der wiederum in die Abgassammelleitung (29) ausmündet — das in die Auslaßkanäle (30, 31) ausgestoßene Abgas 10 15 20

— während der Abgasrückführ-Betriebsphasen mittels eines durch die Steuervorrichtung (14) betätigbaren Steuerorgans (38; 50) 25

a) in dessen während Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine (1) eingenommener Volldurchlaßstellung ausschließlich und vollständig in die Abgasrückführleitung (33) eingeleitet und zur Ladeluftsammelleitung (27) rückgeführt wird, 30

b) in dessen zum Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine (1) hin die Abgasrückführ-rate verkleinernden Zwischenstellungen teils in die Abgasrückführleitung (33), teils in die Abgassammelleitung (29) eingeleitet wird, 35

— außerhalb der Abgasrückführ-Betriebsphasen dagegen aufgrund des in Sperrstellung überführten Steuerorgans (38; 50) vollständig in die Abgassammelleitung (29) eingespeist und über diese dem Abgasturbolader (36) zugeführt wird. 40 45

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß — bei dessen Anwendung in Verbindung mit Hubkolbenbrennkraftmaschinen (1) mit zwei Auslaßventilen (AV) je Zylinder (C1 bis C6) bei jenem Zylinder (C1), dessen Abgas rückführbar ist, jedes der beiden Auslaßventile (AV) einem eigenen Auslaßkanal (30, 31) zugeordnet ist, von denen der eine (31) direkt in den Übergangsbereich (44) zwischen Abgassammelleitung (29) und Abgasrückführleitung (33) ausmündet und im Zylinderkopf separat zu dem 50 55

benachbarten anderen (30) ausgebildet ist, der wiederum in die Abgassammelleitung (29) ausmündet — das in den Auslaßkanal (31) ausgestoßene Abgas

— während der Abgasrückführbetriebsphasen, in denen die Abgassammelleitung (29) zum Übergangsbereich (44) bzw. zur Abgasrückführleitung (33) hin durch ein Steuerorgan (41) abgesperrt ist, außerdem die Abgasrückführleitung (33) mittels eines in sie eingebauten, durch die Steuervorrichtung (14) betätigbaren, auf Volldurchlaß geschalteten Absperrorgans (40) freigegeben ist, vollständig zur Ladeluftsammelleitung (27) durchleitbar ist,

— außerhalb der Abgasrückführ-Betriebsphasen dagegen aufgrund des dann in Sperrstellung überführten Absperrorgans (40) und des in Durchlaßposition überführten Steuerorgans (41) vollständig in die Abgassammelleitung (29) eingespeist und über diese dem Abgasturbolader (36) zugeführt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 und 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführ-rate während der Abgasrückführ-Betriebsphasen auch durch entsprechende Einflußnahme auf das den benachbarten Auslaßkanal (30) verlassende Abgas eingestellt wird, dergestalt, daß dieses Abgas mittels des durch die Steuereinrichtung (14) entsprechend positionierten Steuerorgans (38; 41; 50) 50

a) in Teillastbereichen der Brennkraftmaschine ebenfalls vollständig zur Abgasrückführleitung (33) hin und über diese zur Ladeluftsammelleitung (27) rückgeführt wird, die Abgasrückführ-rate somit ihr Maximum hat, das sich in % demzufolge aus ca. 100/Zylinderanzahl je Zylinderreihe ergibt,

b) zum Vollastbereich der Brennkraftmaschine (1) hin in zwei Teilströme aufgeteilt wird, von denen der eine über die Abgasrückführleitung (33) ebenfalls zur Ladeluftsammelleitung (27) rückgeführt und der andere in die Abgassammelleitung (29) eingeleitet und dem Abgasturbolader (36) zugeführt wird, demzufolge die Abgasrückführ-rate dann kleiner als im Teillastbereich ist.

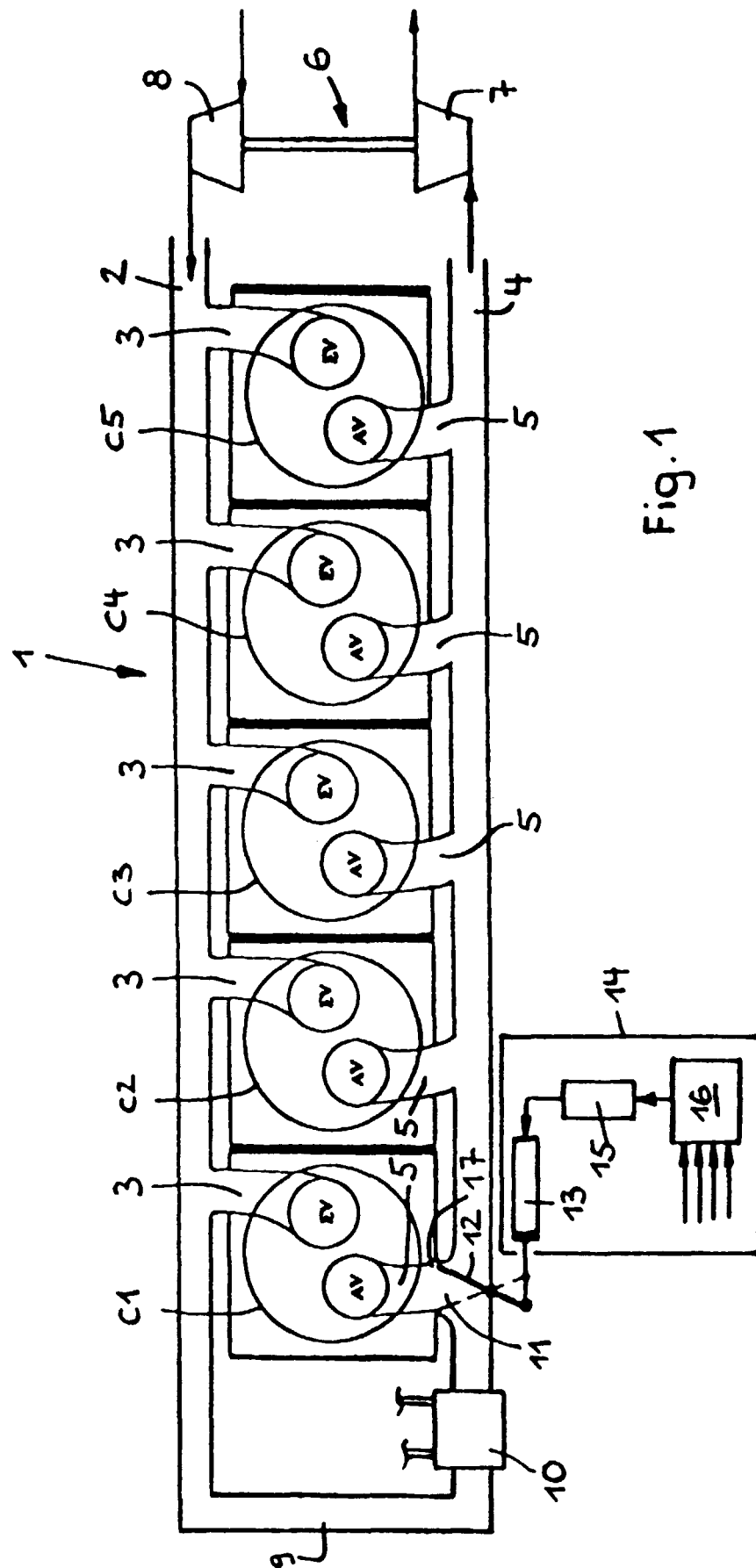


Fig. 1

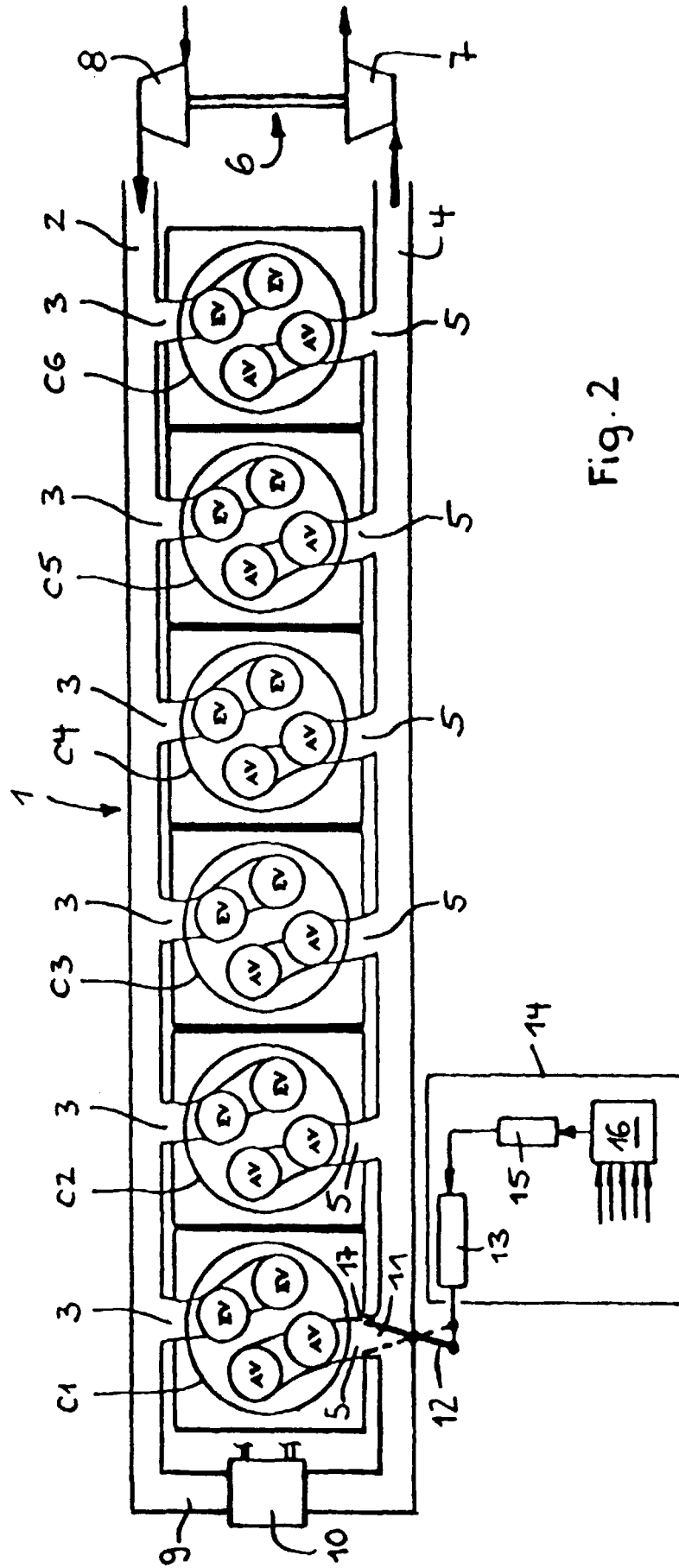


Fig. 2

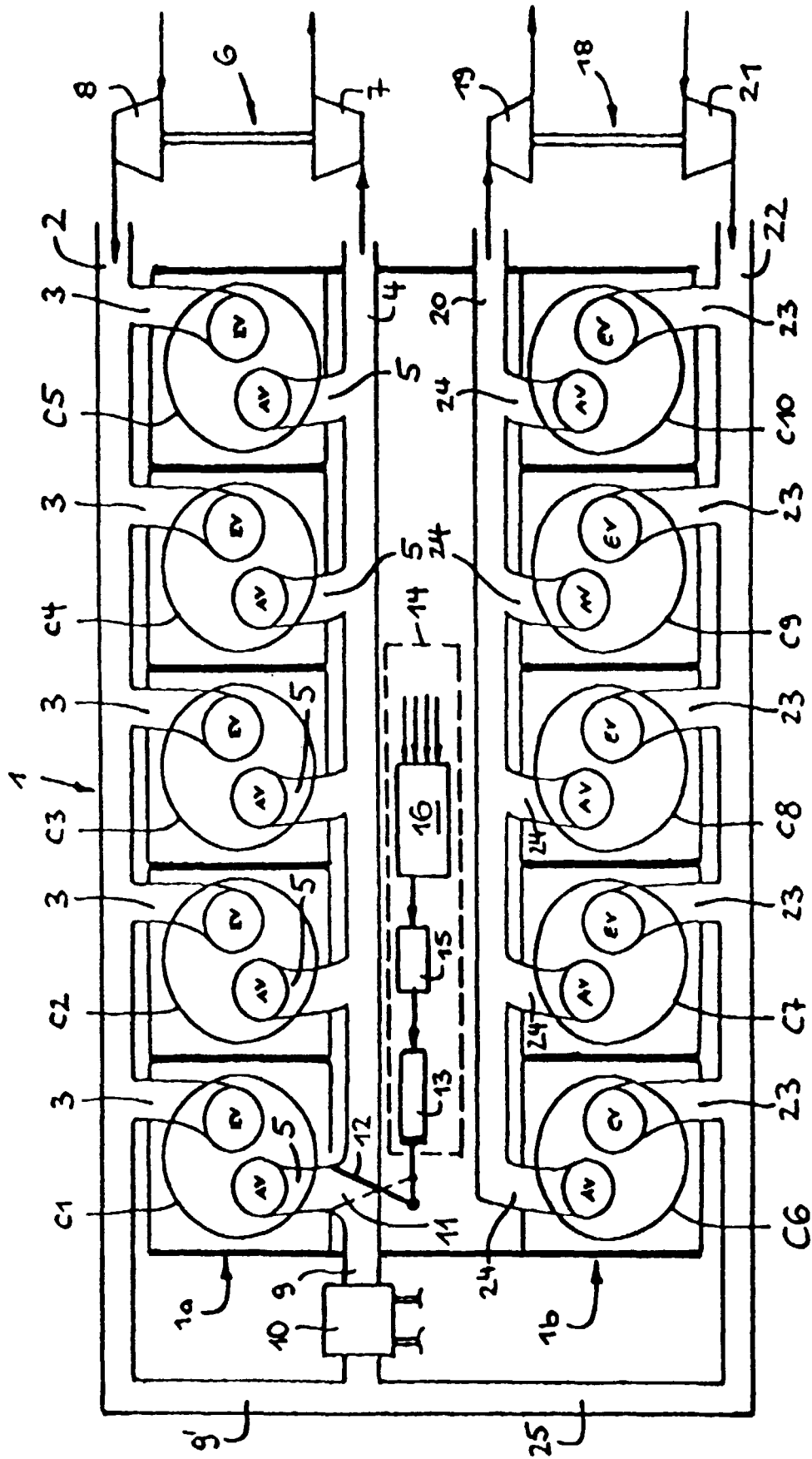


Fig.3

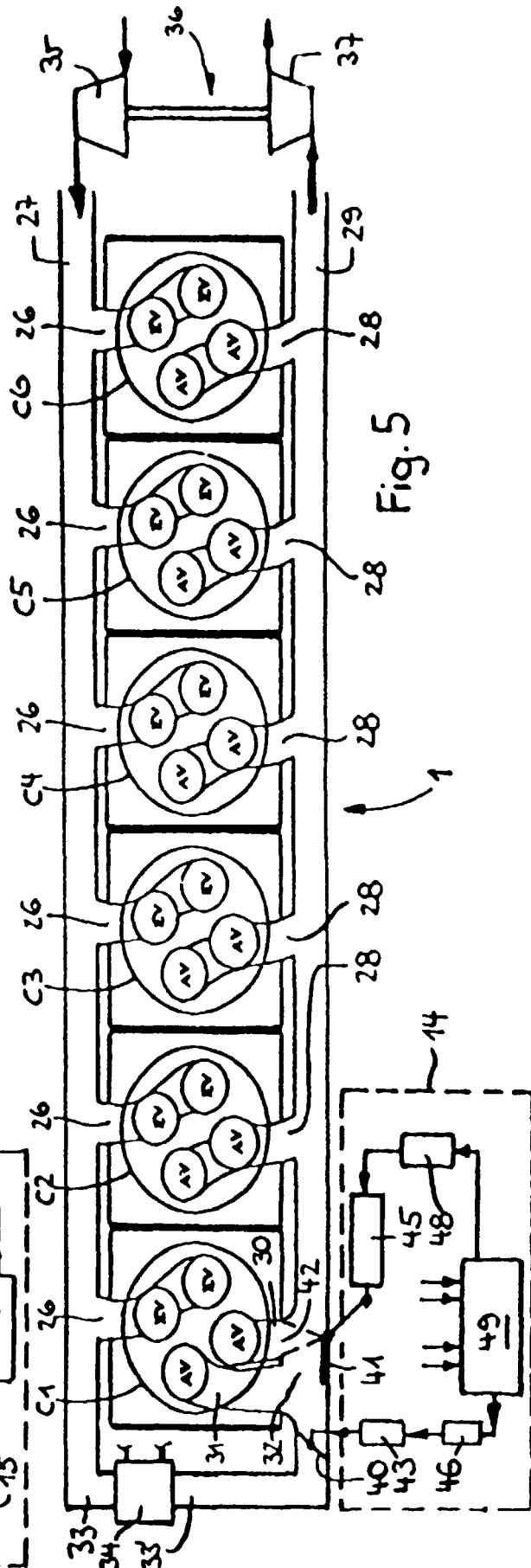
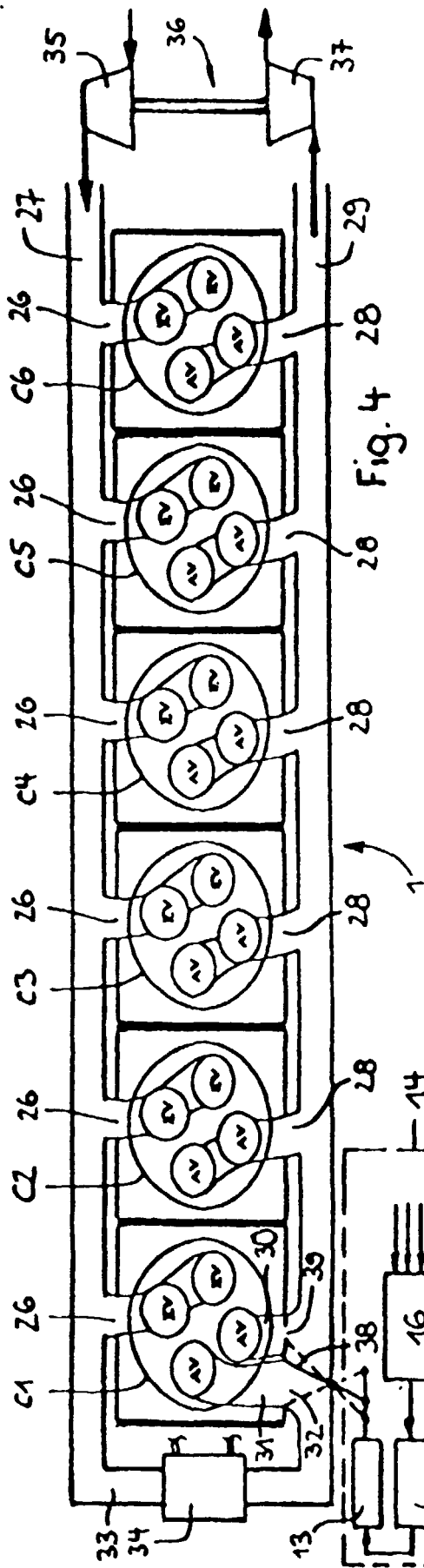


Fig. 6

