



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 028 482 A1** 2005.12.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 028 482.2**

(22) Anmeldetag: **11.06.2004**

(43) Offenlegungstag: **29.12.2005**

(51) Int Cl.7: **F02B 37/007**

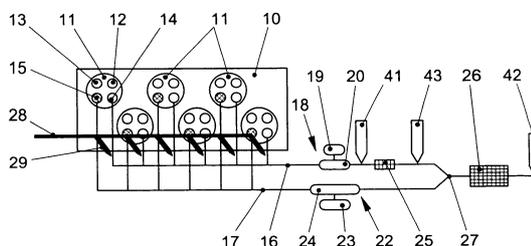
(71) Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

(72) Erfinder:
Pott, Ekkehard, Dr., 38518 Gifhorn, DE; Hagelstein, Dirk, 38110 Braunschweig, DE; Theobald, Jörg, Dr., 38165 Lehre, DE; Kiel, Martin, 39359 Mannhausen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (10) mit einer Turboladervorrichtung mit wenigstens einem ersten und einem zweiten Turbolader (18, 22), deren Verdichter (19, 23) von mit Abgas beaufschlagbaren Turbinen (20, 24) antreibbar sind, wobei der erste Turbolader (18) in einem ersten Abgasstrang (16) einer ersten Gruppe von Auslassventilen (14) der Brennkraftmaschine (10) und ein zweiter Turbolader (22) in einem zweiten Abgasstrang (17) einer zweiten Gruppe von Auslassventilen (15) angeordnet ist. Eine Verbesserung eines Momentenaufbaus eines Turbomotors bei kleinen Drehzahlen ist erreichbar, wenn zumindest ein Teil der Zylinder (11) der Brennkraftmaschine (10) auslassventilseitig mit beiden Turboladern (18, 22) verbunden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Stand der Technik

[0002] Der Einsatz von Abgasturboladern zur Aufladung von Otto- und Dieselmotoren ist bekannt. Bei kleinen Drehzahlen und Abgasmassenströmen erfolgt der Ladedruckaufbau mit einer gewissen Verzögerung, und der daraus resultierende verzögerte Momentenaufbau beim Turbomotor ist als „Turboloch“ spürbar. Grundsätzlich wird bei Turbomotoren eine Leistungssteigerung gegenüber Saugmotoren angestrebt. Mit dem Grad der angestrebten Leistungssteigerung nimmt auch die Größe der erforderlichen Turbinen und Verdichter zu, was jedoch mit einer zunehmenden Verzögerung des Momentenaufbaus bei kleinen Drehzahlen und Abgasmassenströmen einhergeht. Die Forderung nach gleichzeitig hoher Leistungssteigerung und kleinem Turboloch bei kleinen Drehzahlen ist mit einem einzelnen Turbolader nur schwer erfüllbar. Daher ist bereits vorgeschlagen worden, zwei Abgasturbolader pro Motor einzusetzen, die aufgrund der kleineren Turbinen und Verdichter, verglichen mit einer Auslegung für einen einzigen Turbolader, ein verbessertes Ansprechverhalten aufweisen. Eine solche Anordnung mit zwei Turboladern ist beispielsweise in der DE 19743667 A1 beschrieben.

Aufgabenstellung

[0003] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, den Momentenaufbau eines Turbomotors bei kleinen Drehzahlen weiter zu verbessern.

[0004] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

[0005] Bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine mit einer Turboladervorrichtung mit wenigstens einem ersten und einem zweiten Turbolader, deren Verdichter von mit Abgas beaufschlagbaren Turbinen antreibbar ist, ist der erste Turbolader in einem ersten Abgasstrang einer ersten Gruppe von Auslassventilen der Brennkraftmaschine und der zweite Turbolader in einem zweiten Abgasstrang einer zweiten Gruppe von Auslassventilen angeordnet. Der erste Turbolader ist von den Auslassventilen der ersten Gruppe und der zweite Turbolader von den Auslassventilen der zweiten Gruppe beaufschlagt, wobei zumindest ein Teil, vorzugsweise alle, der Zylinder der Brennkraftmaschine auslassseitig mit beiden Turboladern verbunden ist. Dies bedeutet, dass stets nur ein Teil der Auslassventile zumindest eines Teils der Zylinder einen von wenigstens zwei Turboladern beaufschlagt. Es ist sinnvoll, zusätzlich Ventilhub und/oder Steuerzeiten der einzelnen Auslassventile

eines Zylinders unabhängig voneinander einstellbar vorzusehen. Es sind mindestens zwei Auslassventile pro Zylinder vorgesehen. Bevorzugt sind pro Zylinderkopf mindestens zwei Turbolader, insbesondere genau zwei Turbolader, vorgesehen. Bevorzugt ist die Brennkraftmaschine fremdgezündet, besonders bevorzugt direkt einspritzend ausgebildet.

[0006] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0007] Bevorzugt ist der erste Turbolader kleiner ausgelegt als der zweite Turbolader. Sinnvollerweise ist der zweite Turbolader auf die Nennleistung der Brennkraftmaschine ausgelegt. Der erste Turbolader ist insbesondere signifikant kleiner ausgelegt als der zweite Turbolader und so klein dimensioniert, dass ein spontanes Ansprechen und ein zügiger Drehmomentenaufbau im unteren Drehzahlbereich gewährleistet ist. Die Turbine des zweiten Turboladers ist vorzugsweise größer auszulegen ist als bei einer vergleichbaren einstufigen Aufladung. Vorteilhaft ist die Abstimmung zwischen den wenigstens beiden Turboladern so gestaltet, dass sich ein harmonischer Übergang zwischen dem Betrieb mit dem ersten und dem zweiten Turbolader ergibt. Günstig ist, den ersten Turbolader dann mit zweiflutiger Turbine als so genannten „Twin-Scroll“-Lader auszuführen, bei dem ein besonders geringer Abgasgegendruck erzielbar ist, wenn die Steuerzeiten für beide Gruppen von Auslassventilen gleich sind, insbesondere wenn keine kurzen Steuerzeiten für die Auslassventile der ersten Gruppe vorgesehen sind, oder wenn zur Erzielung geringer Schadstoffgehalte im Abgasmassenstrom ein spätes Auslass-Schließen angestrebt wird.

[0008] Vorzugsweise ist wenigstens ein Teil der den zweiten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile abschaltbar ausgebildet, besonders bevorzugt sind alle den zweiten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile im Durchfluss wenigstens reduzierbar, idealerweise abschaltbar. Der Vorteil ist, dass bei kleinen Drehzahlen und Abgasmassenströmen das gesamte Abgas ausschließlich den ersten Turbolader bzw. dessen Turbine durchströmt. Die Abschaltung kann in an sich bekannter Form einer Ventildeaktivierung, beispielsweise als Knickpleuel, oder als vollvariabler Ventiltrieb oder dergleichen ausgeführt werden.

[0009] In einer günstigen Ausgestaltung können die den ersten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile im Durchmesser verschieden von den zweiten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile ausgebildet sein. Vorzugsweise weisen diese den ersten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile einen kleineren Durchmesser auf. Insbesondere wenn die den ersten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile im Durchmesser kleiner ausgebildet sind, kann sich bei Beaufschlagung beider Turbolader eine

Aufteilung des Abgasmassenstroms zugunsten des zweiten Abgasturboladers einstellen. Bevorzugt ist der erste Turbolader ohne Bypass-Schaltung, d.h. ohne so genanntes „Waste-Gate“, ausgeführt.

[0010] In einer weiteren günstigen Ausgestaltung kann eine Ventilhubkurve und/oder eine Dauer der Ventilöffnung und/oder Steuerzeiten der Auslassventile der ersten Gruppe von denen der Auslassventile der zweiten Gruppe verschieden sein. Bevorzugt weisen die der ersten Gruppe angehörenden, den ersten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile kürzere Steuerzeiten auf als die der zweiten Gruppe angehörenden, den zweiten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile.

[0011] In einer günstigen Weiterentwicklung sind zur Beaufschlagung des zweiten Turboladers vorgesehene abgeschaltete Auslassventile bei steigendem Abgasmassenstrom schrittweise aktivierbar. Ist dann bei einem Anstieg des Massenstroms, beispielsweise bei einem Beschleunigungsvorgang aus niedriger Drehzahl, das Zuschalten des zweiten Turboladers erforderlich, kann der dynamische Momentenverlauf des zweiten Turboladers verbessert werden. Eine vorteilhafte Betriebsweise ergibt sich, wenn die abschaltbaren Auslassventile schrittweise aktiviert werden, also z.B. bei einem 6-Zylindermotor durch Zuschaltung in sechs, drei oder zwei Schritten zu je einem, zwei bzw. drei Auslassventilen. Zweckmäßigerweise erfolgt die Aktivierung bei einem N-Zylindermotor in N/m-Schritten, wobei m eine ganze Zahl mit $1 \leq m \leq N$ ist. Sinnvollerweise ist das Verhältnis N/m eine ganze Zahl. Die Zuschaltung kann vorzugsweise zeitabhängig und/oder lastabhängig und/oder drehzahlgesteuert oder drehzahleregelt abhängig von einem Saugrohrdruck stromab der Verdichter erfolgen.

[0012] In einer günstigen Weiterbildung ist die Auslegung einer Abgasreinigung an die Konfiguration der bevorzugten Turboladervorrichtung angepasst. Vorzugsweise ist in dem ersten Abgasstrang ein erster Abgaskatalysator vorgesehen, bevorzugt ein kleinvolumiger, motornaher Vorkatalysator, der in Abgasströmungsrichtung gesehen vor oder hinter dem ersten Turbolader angeordnet sein kann.

[0013] Günstig ist, in Abgasströmungsrichtung hinter dem zweiten Turbolader einen zweiten Katalysator nach einer Zusammenführung des ersten und des zweiten Abgasstrangs vorzusehen. Bevorzugt ist der zweite Katalysator ein Hauptkatalysator. Während einer Aufheizphase der Abgasnachbehandlung wird zunächst nur der erste Turbolader beaufschlagt, bis der zweite Katalysator seine vorgebbare Mindest-Betriebstemperatur erreicht hat. Vorteilhaft ergibt sich, dass die geringen Abgasgedrücke zu Verbesserungen im Brennverfahren führen mit einer daraus resultierenden Verbesserung im Drehmomentanstieg

und Verbrauchsvorteilen im Kraftstoffkonsum. Der zweite Turbolader kann in dieser Phase hilfsweise beaufschlagt werden, um den ersten Turbolader zu entlasten, falls der anfallende Abgasmassenstrom zu einem unzulässigen Betriebszustand des ersten Turboladers führen würde. Zweckmäßigerweise ist der zweite Katalysator im Volumen größer als der erste Katalysator, bevorzugt 1,5 mal so groß, doppelt so groß oder viermal so groß.

[0014] Aufgrund der bevorzugten Anströmung des ersten Turboladers in der Aufwärmphase kann eine Abgassensorik vereinfacht ausgeführt werden. Vorzugsweise ist stromauf des ersten Katalysators und stromab des zweiten Katalysators jeweils eine sauerstoffsensitive Messvorrichtung vorgesehen. Die erste sauerstoffsensitive Messvorrichtung stromauf des ersten Katalysators kann vor oder hinter dem ersten Turbolader angeordnet sein. Es wird vorteilhafterweise eine Breitband-Lambdasonde eingesetzt. Die zweite sauerstoffsensitive Messvorrichtung stromab des zweiten Katalysators kann vorzugsweise zur Trimmregelung als Lambda-Sonde mit einer Sprungantwort ausgebildet sein. Zur Einzelüberwachung der Katalysatoren und/oder einer gesteigerten Abgasüberwachung kann eine dritte sauerstoffsensitive Messvorrichtung stromab des ersten Katalysators und stromauf des zweiten Katalysators vorgesehen sein. Eine günstige Einbauposition der dritten sauerstoffsensitiven Messvorrichtung ist nach der Zusammenführung der beiden Abgasstränge. Stromab des zweiten Turboladers und stromauf der Zusammenführung ist keine sauerstoffsensitive Messvorrichtung erforderlich.

[0015] Ist eine Sekundärluftzuleitung im Abgas notwendig, kann diese vorzugsweise nur im ersten Abgasstrang vorgesehen sein. Eine günstige Einbaulage ist stromab der den ersten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile und stromauf des ersten motornahen Katalysators. Diese Konfiguration zeigt insbesondere bei einem Längseinbau weitere Vorteile, da für einen schnellen Momentenaufbau keine kurzen Wege zu dem ersten und zweiten Turbolader erforderlich sind. Es ist zweckmäßig, eine Abgaszuführung zum ersten Turbolader so kurz wie möglich zu halten, während der zweite Turbolader weiter beabstandet sein kann. In Fahrtrichtung kann der zweite Turbolader somit weiter hinten liegen als der erste Turbolader, was beim Längseinbau deutliche Bauraumvorteile bringt.

[0016] In einer günstigen Ausgestaltung können die Verdichter der Turbolader parallel geschaltet sein, insbesondere fördern diese in die gleiche Druckleitung. Vorteilhaft ist an einer Zusammenführung von verdichterseitigen Leitungen einer Ansaugvorrichtung eine Druckregelvorrichtung vorgesehen, welche gewährleistet, dass ein möglicher unterschiedlicher Ladedruck beider Verdichter in besonderen Betriebs-

zuständen, etwa beim Umschalten der Auslassventile, Störungen verursacht. Die Druckregelvorrichtung kann passiv sein, beispielsweise über ein schwenkbares Element, welches abhängig von den Druckverhältnissen in Strömungsrichtung gesehen vor der Zusammenführung einen gleichen Ladedruck einstellt, oder aktiv über ein oder zwei über Aktoren betätigbare Drosselvorrichtungen, die abhängig von je einem Drucksensor zwischen Verdichter und der Zusammenführung angesteuert werden. Ein weiterer Drucksensor kann stromab der Zusammenführung vorgesehen sein. Vorteilhaft ist, wenn der Druck in den verdichterseitigen Leitungen auf den gleichen Sollwert einregelbar ist.

[0017] In einer günstigen alternativen Ausgestaltung können die Verdichter der Turbolader in Serie geschaltet sein, wobei sich die Druckverhältnisse der Turbolader multiplizieren. Damit ist ein hoher Ladedruck erreichbar. Vorzugsweise ist der erste Turbolader bei Nennleistung abschaltbar, um eine Überlastung des ersten Turboladers zu vermeiden. Zweckmäßigerweise sind die Auslassventile beider Gruppen von Auslassventilen abschaltbar, um zur Schonung des abgeschalteten ersten Turboladers dessen Turbine von Abgas freizuhalten.

[0018] Die erfindungsgemäße Turboladervorrichtung kann sowohl bei Motoren mit gerader als auch mit ungerader Zylinderzahl vorgesehen sein, ebenso können auch mehr als nur ein Zylinderkopf vorgesehen sein. Bevorzugt sind genau zwei Turbolader je Zylinderkopf vorgesehen. So kann auch an einem Motor mit ungerader Zylinderzahl, beispielsweise einem 5-Zylindermotor, eine Anordnung mit zwei Turboladern realisiert werden.

Ausführungsbeispiel

[0019] Weitere Ausbildungsformen und Aspekte der Erfindung werden unabhängig von einer Zusammenfassung in den Patentansprüchen ohne Beschränkung der Allgemeinheit im Folgenden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen

[0020] [Fig. 1](#) eine bevorzugte Turboladervorrichtung nach einem ersten Ausführungsbeispiel mit einem 6-Zylindermotor mit zwei Turboladern mit Ventilabschaltung sowie einer Anordnung von sauerstoffsensitiven Messvorrichtungen und einer Sekundärluftfeinblasung;

[0021] [Fig. 2](#) eine bevorzugte Turboladervorrichtung nach dem ersten Ausführungsbeispiel mit Längseinbau der Turbolader;

[0022] [Fig. 3](#) eine bevorzugte Turboladervorrichtung nach dem ersten Ausführungsbeispiel mit Ansaugvorrichtung;

[0023] [Fig. 4](#) eine bevorzugte Druckregelvorrichtung für die Ansaugvorrichtung in [Fig. 3](#);

[0024] [Fig. 5](#) eine bevorzugte Turboladervorrichtung mit einem 4-Zylindermotor;

[0025] [Fig. 6](#) eine bevorzugte Turboladervorrichtung mit einem 5-Zylindermotor.

[0026] [Fig. 1](#) zeigt zur Veranschaulichung der Erfindung eine Turboladervorrichtung nach einem ersten Ausführungsbeispiel mit einer als 6-Zylindermotor ausgebildeten Brennkraftmaschine **10**, deren Zylinder **11** jeweils zwei Einlassventile **12** und **13** sowie mindestens zwei Auslassventile **14** und **15** aufweisen. Die Brennkraftmaschine **10** weist einen Zylinderkopf auf. Bei einer Brennkraftmaschine **10** mit mehreren Zylinderköpfen sind vorzugsweise pro Zylinderkopf der Brennkraftmaschine **10** zwei Turbolader **18** und **22** vorgesehen, besonders bevorzugt sind genau zwei Turbolader je Zylinderkopf vorgesehen.

[0027] Details zu einer Ansaugvorrichtung, welche die Verdichter **19** und **23** versorgt, sind in dieser Figur nicht dargestellt. Bei mehreren gleichartigen Elementen ist jeweils nur eines mit Bezugszeichen versehen. Weiterhin werden in den verschiedenen Figuren der Zeichnung für gleiche Elemente gleiche Bezugszeichen verwendet.

[0028] Die Auslassventile **14** und **15** bilden zwei Gruppen von Auslassventilen **14**, **15**. Die erste Gruppe von Auslassventilen **14** ist mit einer Sammelleitung eines ersten Abgasstrangs **16** und die zweite Gruppe von Auslassventilen **15** ist mit einer Sammelleitung eines zweiten Abgasstrangs **17** verbunden. In dem ersten Abgasstrang **16** ist ein erster Turbolader **18** mit einem Verdichter **19** und einer Turbine **20** angeordnet. Die Turbine **20** wird von einem Abgasmassenstrom der der ersten Gruppe zugehörigen Auslassventile **14** beaufschlagt und treibt den Verdichter **19** an. In dem zweiten Abgasstrang **17** ist ein zweiter Turbolader **22** mit einem Verdichter **23** und einer Turbine **24** angeordnet. Die Turbine **24** wird von einem Abgasmassenstrom der der zweiten Gruppe zugehörigen Auslassventile **15** beaufschlagt und treibt den Verdichter **23** an.

[0029] Wenigstens ein Teil der den zweiten Turbolader **22** beaufschlagenden Auslassventile **15** ist abschaltbar ausgebildet, vorzugsweise sind alle Auslassventile **15** abschaltbar. Bei kleinen Drehzahlen der Brennkraftmaschine **10** ist im Wesentlichen nur die Turbine **20** des ersten Turboladers **18** von Abgas durchströmt, die von den Auslassventilen **14** beaufschlagt wird. Die zur Beaufschlagung des zweiten Turboladers **22** vorgesehenen abgeschalteten Auslassventile **15** sind bei steigendem Abgasmassenstrom schrittweise aktivierbar. Dies kann beispielsweise über ein nicht dargestelltes Motorsteuergerät

erfolgen. Wird jedes abgeschaltete Auslassventil **15** einzeln aktiviert, erfolgt dies in sechs Schritten. Werden die Auslassventile **15** paarweise aktiviert, sind drei Schritte, werden jeweils drei Auslassventile **15** aktiviert, sind zwei Schritte zur vollständigen Aktivierung aller Auslassventile **15** notwendig. Eine Ventilhubkurve und/oder Steuerzeiten der Auslassventile **14** der ersten Gruppe kann von denen der Auslassventile **15** der zweiten Gruppe verschieden sein.

[0030] Jeder der Zylinder **11** ist über seine Auslassventile **14**, **15** mit beiden Turboladern **18** und **22** verbunden. Der erste Turbolader **18** ist vorzugsweise kleiner ausgelegt als der zweite Turbolader **22**, wobei der zweite Turbolader **22** auf die Nennleistung der Brennkraftmaschine **10** ausgelegt ist. Die Turbine **24** des zweiten Turboladers **22** ist größer ausgelegt als bei einer vergleichbaren einstufigen Aufladung. Die den ersten Turbolader **18** beaufschlagenden Auslassventile **14** sind im Durchmesser verschieden, vorzugsweise kleiner, ausgebildet als die den zweiten Turbolader **22** beaufschlagenden Auslassventile **15**.

[0031] Optional kann eine Sekundärluftzuleitung **28** mit in jede Verbindungsleitung der ersten Gruppe der Auslassventile **14** zur Sammelleitung des ersten Abgasstrangs **16** ragenden Zuführungen **29** vorgesehen sein. In dem ersten Abgasstrang **16** ist ein erster Abgaskatalysator **25** vorgesehen. In Abgasströmungsrichtung hinter dem zweiten Turbolader **22** ist ein zweiter Katalysator **26** nach einer Zusammenführung **27** der Sammelleitungen des ersten und dem zweiten Abgasstrangs **16** und **17** vorgesehen. Stromauf des ersten Katalysators **25** und stromab des zweiten Katalysators **26** jeweils eine sauerstoffsensitive Messvorrichtung **41** und **42** vorgesehen. Die sauerstoffsensitive Messvorrichtung **41** umfasst vorzugsweise eine Breitband-Lambdasonde, während die sauerstoffsensitive Messvorrichtung **42** vorzugsweise eine Lambdasonde mit Sprungantwort umfasst. Es kann auch eine dritte sauerstoffsensitive Messvorrichtung **43** stromab des ersten Katalysators **25** vor oder nach der Zusammenführung **27** vorgesehen sein, insbesondere vor der Zusammenführung **27**.

[0032] Die bevorzugte Ausgestaltung in [Fig. 2](#) zeigt eine Anordnung nach dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#), die von ihrem benötigten geringen Bauraum her gesehen besonders für einen Längseinbau geeignet ist. Details wie eine möglicherweise vorhandene Sekundärluftzuleitung, eine Ansaugvorrichtung oder eine Abgassensorik sind nicht dargestellt.

[0033] In Fahrtrichtung gesehen liegt der zweite Turbolader **22** hinter dem ersten Turbolader **18**. Der Abgasstrang **16** zum ersten Turbolader **18** kann deutlich kürzer ausgeführt werden als zum zweiten Turbolader **22**, dessen Länge des Abgasstrangs **17** unkritisch ist. Der erste Turbolader **18**, der erste Katalysator

25, der zweite Turbolader **22** und der zweite Katalysator **26** sind in dieser Reihenfolge sequentiell angeordnet.

[0034] [Fig. 3](#) verdeutlicht eine Ansaugvorrichtung einer Anordnung nach dem ersten Ausführungsbeispiel. Details wie eine möglicherweise vorhandene Sekundärluftzuleitung oder eine Abgassensorik sind nicht dargestellt. Der Verdichter **19** des ersten Turboladers **18** wird über eine Ansaugleitung **30** mit Zuluft versorgt, die über eine Druckleitung **31** und eine Verteilerleitung **38** an die Einlassventile **12**, **13** geleitet wird. Der Verdichter **23** des zweiten Turboladers **22** wird über eine Ansaugleitung **32** mit Zuluft versorgt, die über eine Druckleitung **33** und eine Verteilerleitung **38** an die Einlassventile **12**, **13** geleitet wird. Die beiden Druckleitungen **31** und **33** münden in einer Zusammenführung **34** in die Verteilerleitung **38**, die über Zuführungen **36**, **37** die komprimierte Luft an die Einlassventile **12**, **13** der Zylinder **11** verteilt.

[0035] Prinzipiell können die Verdichter **19** und **23** der Turbolader **18** und **22** in Serie geschaltet sein, wobei der erste Turbolader **18** bei Nennleistung abschaltbar ausgeführt ist. Dabei ist es zweckmäßig, die Auslassventile **14**, **15** der ersten und der zweiten Gruppe abschaltbar zu gestalten.

[0036] Alternativ können die Verdichter **19** und **23** der Turbolader **18** und **22** parallel geschaltet sein, wobei an der Zusammenführung **34** der verdichterseitigen Druckleitungen **31** und **33** eine Druckregelvorrichtung **40** vorgesehen ist, um mögliche Ladedruckunterschiede der beiden Verdichter **19**, **23** auszugleichen. Diese Schaltung der Verdichter **19** und **23** ist bevorzugt. [Fig. 4](#) verdeutlicht in einer schematischen Darstellung die Druckregelvorrichtung **40**. An der Zusammenführung **34** ist eine Klappe **35** vorgesehen, die stufenlos bewegbar und aktiv oder passiv ansteuerbar ist. Durch teilweise Versperrung der beiden Druckleitungen **31** und **32** werden beide Druckleitungen **31**, **32** auf den höheren der beiden Ladedrücke eingeregelt, wozu in jeder der Druckleitungen **31**, **33** jeweils ein Drucksensor P1 bzw. P2 vorgesehen ist. In der Verteilerleitung **38** kann optional ein dritter Drucksensor P3 vorgesehen sein.

[0037] Die Anordnung in [Fig. 5](#) stellt eine bevorzugte Turboladervorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel für eine als 4-Zylindermotor ausgebildete Brennkraftmaschine **10** dar. Details zu einer Sekundärluftzuleitung oder einer Ansaugvorrichtung oder einer Abgassensorik sind nicht dargestellt. Vorzugsweise ist die Brennkraftmaschine **10** ein Reihomotor oder ein VR-Motor. Die Brennkraftmaschine **10** weist einen Zylinderkopf auf. Zylinder **11** der Brennkraftmaschine **10** weisen jeweils zwei Einlassventile **12** und **13** sowie mindestens zwei Auslassventile **14** und **15** auf. Bei einer Brennkraftmaschine **10** mit mehreren Zylinderköpfen sind vorzugsweise pro Zy-

linderkopf der Brennkraftmaschine **10** zwei Turbolader **18** und **22** vorgesehen, besonders bevorzugt sind genau zwei Turbolader **18**, **22** je Zylinderkopf vorgesehen.

[0038] Die Auslassventile **14** und **15** bilden zwei Gruppen von Auslassventilen **14**, **15**. Die erste Gruppe von Auslassventilen **14** ist mit einer Sammelleitung eines ersten Abgasstrangs **16** und die zweite Gruppe von Auslassventilen **15** ist mit einer Sammelleitung eines zweiten Abgasstrangs **17** verbunden. In dem ersten Abgasstrang **16** ist ein erster Turbolader **18** mit einem Verdichter **19** und einer Turbine **20** angeordnet. Die Turbine **20** wird von einem Abgasmassenstrom der der ersten Gruppe zugehörigen Auslassventile **14** beaufschlagt und treibt den Verdichter **19** an. In dem zweiten Abgasstrang **17** ist ein zweiter Turbolader **22** mit einem Verdichter **23** und einer Turbine **24** angeordnet. Die Turbine **24** wird von einem Abgasmassenstrom der der zweiten Gruppe zugehörigen Auslassventile **15** beaufschlagt und treibt den Verdichter **23** an.

[0039] Wenigstens ein Teil der den zweiten Turbolader **22** beaufschlagenden Auslassventile **15**, vorzugsweise alle, ist abschaltbar ausgebildet. Bei kleinen Drehzahlen der Brennkraftmaschine **10** ist im Wesentlichen nur die Turbine **20** des ersten Turboladers **18** von Abgas durchströmt. Die zur Beaufschlagung des zweiten Turboladers **22** vorgesehenen abgeschalteten Auslassventile **15** sind bei steigendem Abgasmassenstrom schrittweise aktivierbar. Dies kann beispielsweise über ein nicht dargestelltes Motorsteuergerät erfolgen. Wird jedes abgeschaltete Auslassventil **15** einzeln aktiviert, erfolgt dies in vier Schritten. Werden die Auslassventile **15** paarweise aktiviert, sind zwei Schritte notwendig.

[0040] Die für das erste Ausführungsbeispiel genannten Merkmale und Varianten gelten hier entsprechend. Weiterhin gelten die Ausführungen sinngemäß auch für Brennkraftmaschinen **10** mit einem 8-Zylindermotor mit zwei Zylinderköpfen und entsprechend **4** Turboladern **18**, **22** sowie 16-Zylindermotoren mit zwei oder vier Zylinderköpfen und entsprechend vier oder acht Turboladern **18**, **22**.

[0041] Wie aus [Fig. 6](#) ersichtlich, kann gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel eine bevorzugte auslassventilbezogene Turboladervorrichtung mit zwei Turboladern **18**, **22** auch für eine Brennkraftmaschine **10** mit ungerader Zylinderzahl und einem einzigen Zylinderkopf eingesetzt werden.

[0042] Im Ausführungsbeispiel ist die Brennkraftmaschine als 5-Zylindermotor ausgebildet. Zylinder **11** der Brennkraftmaschine **10** weisen jeweils zwei Einlassventile **12** und **13** sowie mindestens zwei Auslassventile **14** und **15** auf. Details zu einer Sekundärluftzuleitung und/oder einer Ansaugvorrichtung

und/oder einer Abgassensorik sind nicht dargestellt. Bei einer Brennkraftmaschine **10** mit mehreren Zylinderköpfen sind vorzugsweise pro Zylinderkopf der Brennkraftmaschine **10** zwei Turbolader **18** und **22** vorgesehen, besonders bevorzugt sind genau zwei Turbolader je Zylinderkopf vorgesehen.

[0043] Die Auslassventile **14** und **15** bilden zwei Gruppen von Auslassventilen **14**, **15**. Die erste Gruppe von Auslassventilen **14** ist mit einer Sammelleitung eines ersten Abgasstrangs **16** und die zweite Gruppe von Auslassventilen **15** ist mit einer Sammelleitung eines zweiten Abgasstrangs **17** verbunden. In dem ersten Abgasstrang **16** ist ein erster Turbolader **18** mit einem Verdichter **19** und einer Turbine **20** angeordnet. Die Turbine **20** wird von einem Abgasmassenstrom der der ersten Gruppe zugehörigen Auslassventile **14** beaufschlagt und treibt den Verdichter **19** an. In dem zweiten Abgasstrang **17** ist ein zweiter Turbolader **22** mit einem Verdichter **23** und einer Turbine **24** angeordnet. Die Turbine **24** wird von einem Abgasmassenstrom der der zweiten Gruppe zugehörigen Auslassventile **15** beaufschlagt und treibt den Verdichter **23** an.

[0044] Die für das erste und zweite Ausführungsbeispiel genannten Merkmale und Varianten gelten hier entsprechend.

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine (**10**) mit einer Turboladervorrichtung mit wenigstens einem ersten und einem zweiten Turbolader (**18**, **22**), deren Verdichter (**19**, **23**) von mit Abgas beaufschlagbaren Turbinen (**20**, **24**) antreibbar sind, wobei der erste Turbolader (**18**) in einem ersten Abgasstrang (**16**) einer ersten Gruppe von Auslassventilen (**14**) der Brennkraftmaschine (**10**) und ein zweiter Turbolader (**22**) in einem zweiten Abgasstrang (**17**) einer zweiten Gruppe von Auslassventilen (**15**) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest ein Teil der Zylinder (**11**) auslassseitig mit beiden Turboladern (**18**, **22**) verbunden ist.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch eine fremdzündende Ausgestaltung, insbesondere eine direkteinspritzende Ausgestaltung.

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Turbolader (**18**) kleiner ausgelegt ist als der zweite Turbolader (**22**).

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Turbolader (**22**) auf die Nennleistung der Brennkraftmaschine (**10**) ausgelegt ist.

5. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbine (24) des zweiten Turboladers (22) größer ausgelegt ist als bei einer einstufigen Aufladung.

6. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Teil der den zweiten Turbolader (22) beaufschlagenden Auslassventile (15) im Durchfluss reduzierbar, insbesondere abschaltbar, ausgebildet ist.

7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Teil der den zweiten Turbolader beaufschlagenden Auslassventile (15) abschaltbar ausgebildet ist.

8. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die den ersten Turbolader (18) beaufschlagenden Auslassventile (14) im Durchmesser verschieden von den den zweiten Turbolader (22) beaufschlagenden Auslassventilen (15) ausgebildet sind.

9. Brennkraftmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die den ersten Turbolader (18) beaufschlagenden Auslassventile (14) im Durchmesser kleiner als die den zweiten Turbolader (22) beaufschlagenden Auslassventilen (15) ausgebildet sind.

10. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Ventilhub und/oder Steuerzeiten der Auslassventile (14) der ersten Gruppe von einem Ventilhub und/oder Steuerzeiten der Auslassventile (15) der zweiten Gruppe verschieden sind.

11. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Beaufschlagung des zweiten Turboladers (22) vorgesehene abgeschaltete Auslassventile (15) bei steigendem Abgasmassenstrom schrittweise aktivierbar sind.

12. Brennkraftmaschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivierung bei einem N-Zylindermotor in N/m-Schritten erfolgt, wobei m eine ganze Zahl mit $1 \leq m \leq N$ ist.

13. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass pro Zylinderkopf zwei Turbolader (18, 22) vorgesehen sind.

14. Brennkraftmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass einer der Turbolader (18, 22) bypassklappenfrei ausgebildet ist.

15. Brennkraftmaschine nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Turbolader (18) bypassklappenfrei ausgebildet ist.

16. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in dem ersten Abgasstrang (16) ein erster Abgaskatalysator (25) vorgesehen ist.

17. Brennkraftmaschine nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Abgaskatalysator (25) stromauf des Turboladers (18) vorgesehen ist.

18. Brennkraftmaschine nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Abgaskatalysator (25) stromab des Turboladers (18) vorgesehen ist.

19. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass in Abgasströmungsrichtung hinter dem zweiten Turbolader (22) ein zweiter Katalysator (26) nach einer Zusammenführung (27) des ersten und dem zweiten Abgasstrangs (16, 17) vorgesehen ist.

20. Brennkraftmaschine nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Katalysator (26) im Volumen größer als der erste Katalysator (25) ausgebildet ist.

21. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass stromauf des ersten Katalysators (25) und stromab des zweiten Katalysators (26) jeweils eine sauerstoffsensitive Messvorrichtung (41, 42) vorgesehen ist.

22. Brennkraftmaschine nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte sauerstoffsensitive Messvorrichtung (43) stromauf des zweiten Katalysators (26) vorgesehen ist.

23. Brennkraftmaschine nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte sauerstoffsensitive Messvorrichtung (43) stromab der Zusammenführung (27) vorgesehen ist.

24. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Sekundärluftzuleitung (28) nur im ersten Abgasstrang (16) vorgesehen ist.

25. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichter (19, 23) der Turbolader (18, 22) strömungstechnisch parallel geschaltet sind.

26. Brennkraftmaschine nach Anspruch 25, da-

durch gekennzeichnet, dass zwischen verdichterseitigen Leitungen (**31, 33**) zur Zuführung von Luft zu Einlassventilen (**12, 13**) der Zylinder (**11**) eine Druckregelvorrichtung (**40**) vorgesehen ist.

27. Brennkraftmaschine nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in den verdichterseitigen Leitungen (**31, 33**) auf den gleichen Sollwert einregelbar ist.

28. Brennkraftmaschine nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Verdichter (**19, 23**) der Turbolader (**18, 22**) in Serie geschaltet sind.

29. Brennkraftmaschine nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Turbolader (**18**) bei Nennleistung abschaltbar ist.

30. Brennkraftmaschine nach Anspruch 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, dass die Auslassventile (**14, 15**) abschaltbar sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

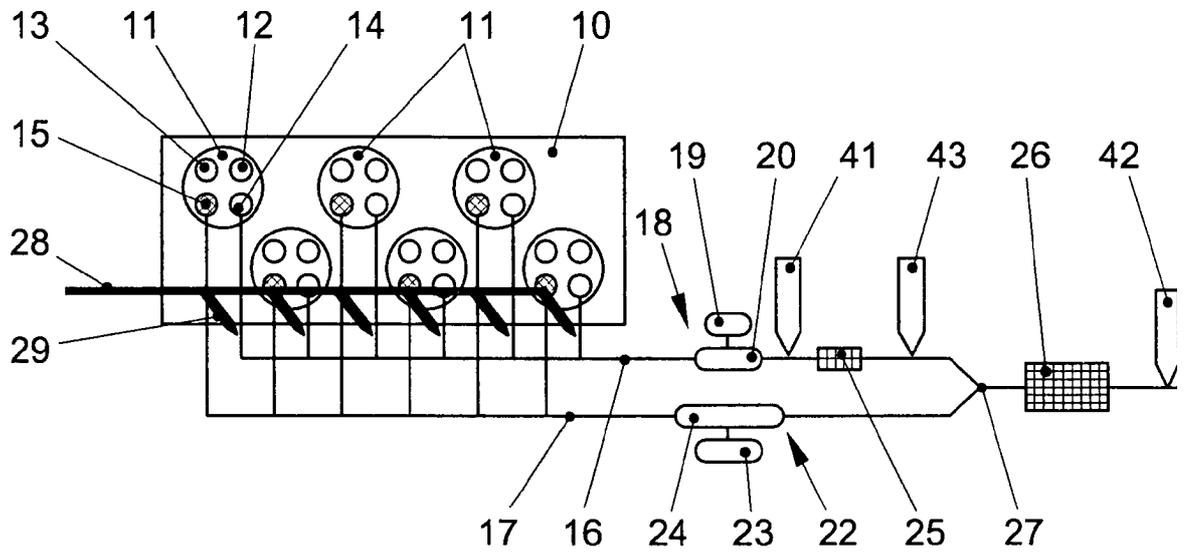


FIG. 1

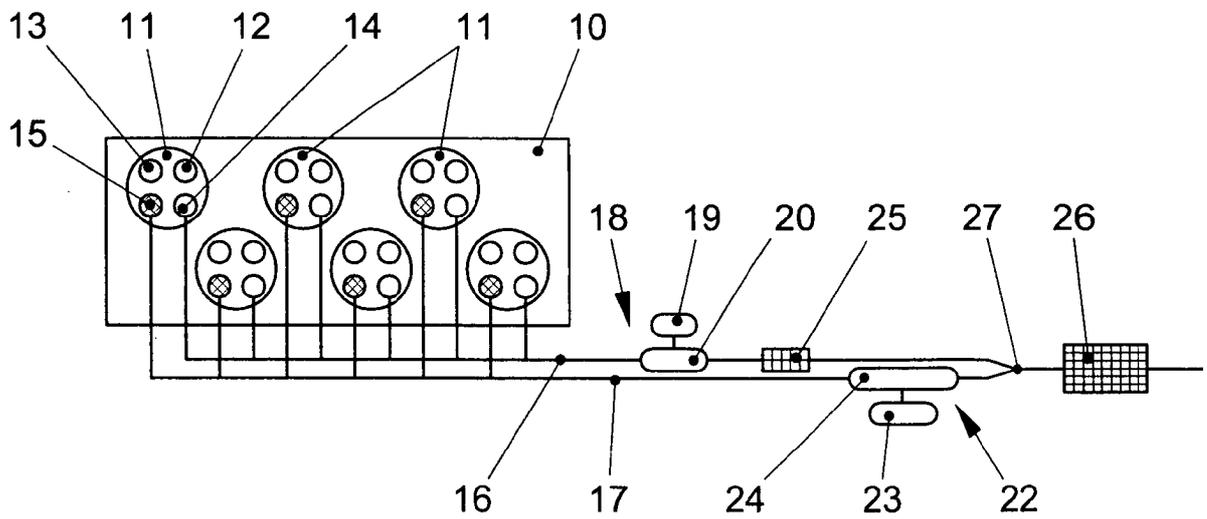


FIG. 2

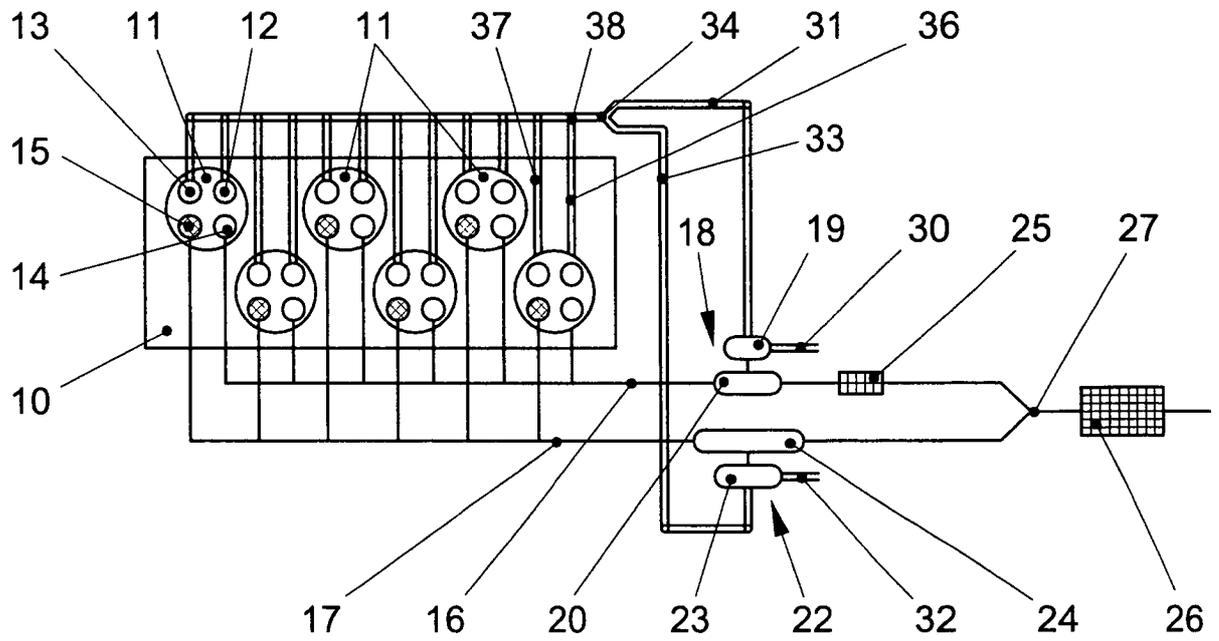


FIG. 3

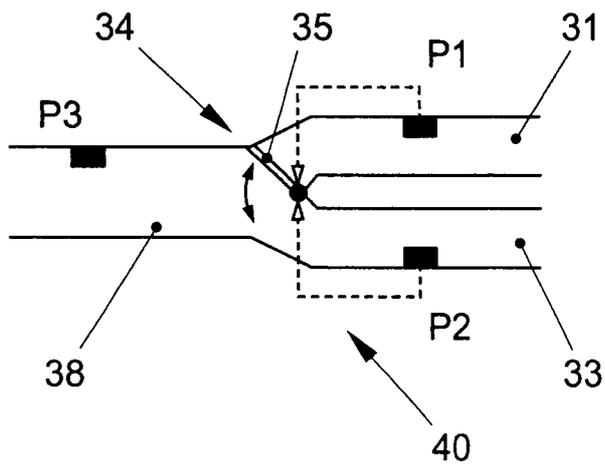


FIG. 4

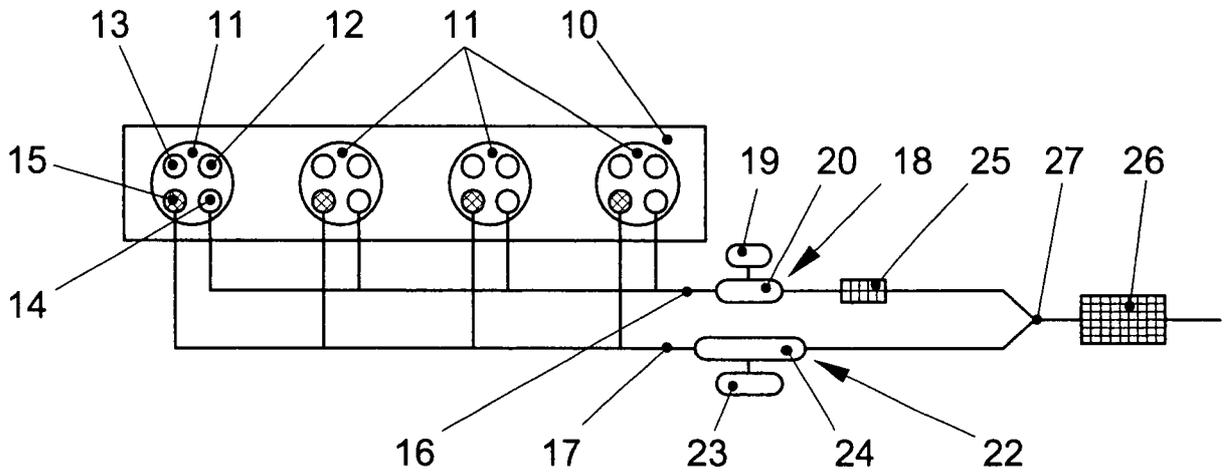


FIG. 5

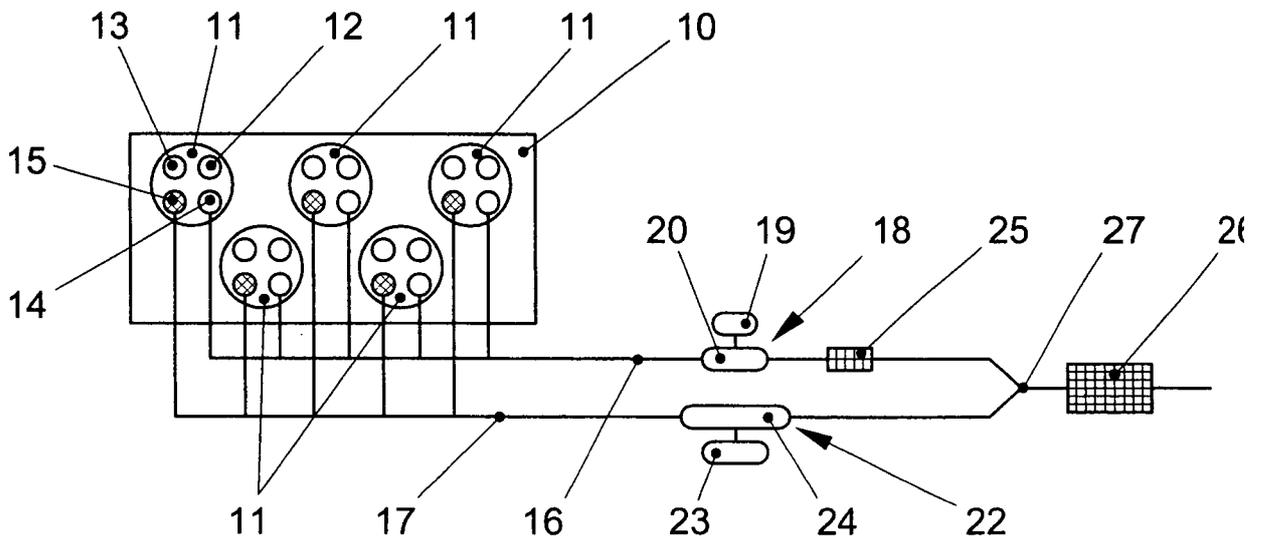


FIG. 6