



(10) **DE 10 2009 060 339 A1** 2011.06.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 060 339.5**

(51) Int Cl.: **F02B 37/00 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: **16.12.2009**

(43) Offenlegungstag: **22.06.2011**

(71) Anmelder:

**Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft, 70435,
Stuttgart, DE**

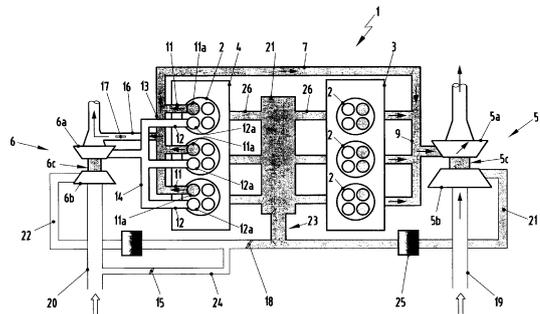
(72) Erfinder:

Hemmerlein, Norbert, 75181, Pforzheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brennkraftmaschine mit Abgasturbolader**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, die in zwei Zylindergruppen aufgeteilt sind, wobei der ersten Zylindergruppe ein Primärturbolader und der zweiten Zylindergruppe ein Sekundärturbolader zugeordnet sind. Ein Abgasstrom der ersten Zylindergruppe wird dem Primärturbolader zugeführt wird, wobei ein Abgasstrom der zweiten Zylindergruppe in einen ersten Abgasteilstrom und einen zweiten Abgasteilstrom derart aufgeteilt wird, dass der erste Abgasteilstrom in eine erste Abgasleitung gelangt, die mit dem Primärturbolader verbunden ist, und der zweite Abgasteilstrom in eine zweite Abgasleitung gelangt, die mit dem Sekundärturbolader verbunden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern und zwei Abgasturboladern gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Der Einsatz eines Abgasturboladers bei modernen fremdgezündeten Brennkraftmaschinen führt zu einer Leistungssteigerung und, insbesondere in einem Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine, zu Kraftstoffverbrauchsvorteilen. Dennoch liegt bei niedrigen und mittleren Drehzahlen der Brennkraftmaschine ein verzögertes Ansprechverhalten des Abgasturboladers vor, da in einem solchen Drehzahlbereich der Turbolader mit einer geringen Abgasmenge beaufschlagt ist.

[0003] Aus der DE 10 2004 028 482 A1 ist eine Brennkraftmaschine bekannt, bei der zwei Abgasturbolader vorgesehen sind, wobei der erste Abgasturbolader kleiner dimensioniert ist als der zweite Abgasturbolader. Zur Verbesserung des Ansprechverhaltens des Abgasturboladers bei kleinen Drehzahlen ist ein Teil der Zylinder der Brennkraftmaschine auslassventilseitig mit beiden Turboladern verbunden. In der DE 10 2005 055 996 A1 ist eine Brennkraftmaschine beschrieben, bei der zwei unterschiedlich dimensionierte Abgasturbolader vorgesehen sind, wobei der kleine Abgasturbolader bei niedrigen Drehzahlen und der große Abgasturbolader bei hohen Drehzahlen betrieben wird. Darüber hinaus ist in der DE 34 39 999 C1 eine Brennkraftmaschine beschrieben, bei der zwei unterschiedlich dimensionierte Abgasturbolader vorgesehen sind, wobei der kleine Abgasturbolader mit weniger Abgas beaufschlagt und bei hohen Drehzahlen abgeschaltet wird.

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine der eingangs genannten Gattung so auszubilden, dass eine Nutzung der Abgasenergie durch einen Abgasturbolader verbessert wird. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0005] Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine zeichnet sich dadurch aus, dass ein Abgasstrom einer zweiten Zylindergruppe in zwei Abgasteilströmen aufteilbar ist, so dass sowohl ein Abgasstrom einer ersten Zylindergruppe als auch ein erster Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe einem Primärturbolader zugeführt werden. Ein zweiter Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe wird einem Sekundärturbolader zugeführt, wobei der Primärturbolader größer ausgeführt ist als der Sekundärturbolader. Vorzugsweise wird der Sekundärturbolader in Abhängigkeit von einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine zugeschaltet, wobei die Zuschaltung des Sekundärturboladers, insbesondere bei höheren Drehzahlen, erfolgt. Insbesondere gelangt der erste

Abgasteilstrom in eine erste Abgasleitung, die mit Primärturbolader verbunden ist, wobei der zweite Abgasteilstrom in eine zweite Abgasleitung gelangt, die mit dem Sekundärturbolader verbunden ist. Demnach wird erfindungsgemäß dem zuschaltbaren Sekundärturbolader in einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine, insbesondere in einem Teillastbereich bzw. in einem Drehzahlbereich mit niedrigen Drehzahlen, kein Abgas zugeführt.

[0006] Die vorliegende Erfindung beruht darauf, dem Primärturbolader während des Gesamtbetriebs der Brennkraftmaschine eine höhere Abgasmenge als dem Sekundärturbolader zu zuführen. Folglich durchströmt in einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine mit niedrigen Drehzahlen die gesamte Abgasmenge der Brennkraftmaschine den Primärturbolader. Vorzugsweise ist der Primärturbolader mit verstellbarer Turbinengeometrie (VTG-Turbolader) zur Ladedruckregelung versehen. Beim Sekundärturbolader erfolgt die Ladedruckregelung vorzugsweise mit Hilfe eines Wastegate-Ventils, das elektronisch bzw. mechanisch-pneumatisch angetrieben wird. Alternativ erfolgt die Ladedruckregelung beim Sekundärturbolader durch eine verstellbare Turbinengeometrie (VTG-Turbolader). Somit lässt sich das Ansprechverhalten der beiden Turbolader je nach Drehzahl der Brennkraftmaschine optimieren. Das führt bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine zu einem schnellen Drehmomentanstieg. Ein so genanntes Turbo-Loch kann somit vermieden werden.

[0007] Vorzugsweise ist der ersten Zylindergruppe ein Abgaskrümmern zugeordnet, in dem die Abgase der ersten Zylindergruppe gesammelt und dem Primärturbolader zugeführt werden. Dabei ist die erste Abgasleitung, in die der erste Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe gelangt, entweder mit dem Abgaskrümmern der ersten Zylindergruppe oder direkt mit dem Primärturbolader verbunden. Somit kann der erste Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe dem Primärturbolader entweder unmittelbar oder über den Abgaskrümmern der ersten Zylindergruppe zugeführt werden. Alternativ weist der Primärturbolader zwei getrennte Abgaseintritte aus, so dass die Anbindung der ersten Abgasleitung unmittelbar an einem der beiden Abgaseintritte des Primärturboladers erfolgen kann. Hierdurch gelangt der erste Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe direkt zum Primärturbolader, ohne vorher mit dem Abgas der ersten Zylindergruppe vermischt zu werden.

[0008] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist eine erste Gruppe von Auslassventilkanälen der zweiten Zylindergruppe zur Bildung des ersten Abgasteilstroms vorgesehen, wobei eine zweite Gruppe von Auslassventilkanälen der zweiten Zylindergruppe zur Bildung des zweiten Abgasteilstroms vorgesehen ist. Vorzugsweise ist zumindest jeder Zylinder der zweiten Zylindergruppe mit zwei Auslass-

ventilen versehen, wobei der ersten Gruppe von Auslassventilkanälen eine erste Gruppe von Auslassventilen zugeordnet ist. Analog ist der zweiten Zylindergruppe eine zweite Gruppe von Auslassventilen zugeordnet. Bei jedem Zylinder der zweiten Zylindergruppe ist ein erstes Auslassventil der ersten Gruppe von Auslassventilkanälen sowie ein zweites Auslassventil der zweiten Gruppe von Auslassventilkanälen zugeordnet. Demnach kann das Abgas von jedem Zylinder der zweiten Zylindergruppe sowohl auf die erste Gruppe als auch auf die zweite Gruppe der Auslassventilkanäle aufgeteilt werden.

[0009] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist die erste Gruppe der Auslassventilkanäle der zweiten Zylindergruppe mit einer dem Sekundärturbolader nachgeschalteten Abgasanlage, vorzugsweise mittels einer absperrbaren Abgasbypassleitung, verbunden. Somit wird die dem Sekundärturbolader nachgeschaltete Abgasanlage mit heißem Abgas durchströmt, das aus der ersten Gruppe der Auslassventilkanäle der zweiten Zylindergruppe stammt. Hierdurch wird insbesondere während einer Aufwärmphase der Brennkraftmaschine sichergestellt, dass z. B. bei Abschaltung des Sekundärturboladers die innerhalb der dem Sekundärturbolader nachgeschalteten Abgasanlage angeordneten Katalysatoren auf Betriebstemperatur gebracht bzw. gehalten werden.

[0010] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der zweiten Zylindergruppe eine Abgaskrümmenanordnung zugeordnet, in der die Abgase der zweiten Zylindergruppe in den ersten und den zweiten Abgasteilstrom aufteilbar sind. Vorzugsweise umfasst die der zweiten Zylindergruppe zugeordnete Abgaskrümmenanordnung zwei Abgaskrümmen, wobei der erste Abgaskrümmen mit der ersten Gruppe der Auslassventilkanäle der zweiten Zylindergruppe verbunden ist. Analog ist der zweite Abgaskrümmen mit der zweiten Gruppe der Auslassventilkanäle der zweiten Zylindergruppe verbunden. Durch diese Anordnung erfolgt eine einfache und vorteilhafte Aufteilung der Abgasmenge der zweiten Zylindergruppe auf beide Abgasturbolader.

[0011] Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sind mindestens der zweiten Gruppe von Auslassventilkanälen der zweiten Zylindergruppe schaltbare Auslassventile zugeordnet, die je nach Betriebspunkt der Brennkraftmaschine deaktivierbar sind. Bei Deaktivierung dieser gelangt in die zweite Gruppe der Auslassventilkanäle der zweiten Zylindergruppe kein Abgas mehr. In diesem Zustand strömt die komplette Abgasmenge der zweiten Zylindergruppe über die erste Gruppe der Auslassventilkanäle hinaus und wird dem Primärturbolader zugeführt. Das führt insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine zu einer Erhöhung der dem Primärturbolader zugeführten Abgasmenge und somit zu einem schnelleren Drehmomentaufbau.

[0012] Erfindungsgemäß wird der Sekundärturbolader in Abhängigkeit von einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine zugeschaltet, wobei die Zuschaltung des Sekundärturboladers, insbesondere bei höheren Drehzahlen, durch Aktivierung der zweiten Gruppe von Auslassventilen der zweiten Zylindergruppe erfolgt. Vorzugsweise wird bei Zuschaltung des Sekundärturboladers die Abgasbypassleitung abgesperrt, so dass das über die erste Gruppe der Auslassventilkanäle strömende Abgas vollständig dem Primärturbolader zugeführt wird.

[0013] Weitere Merkmale und Merkmalskombinationen ergeben sich aus der Beschreibung. Konkrete Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern während einer Aufwärmphase der Brennkraftmaschine,

[0015] [Fig. 2](#) eine weitere Darstellung der Brennkraftmaschine aus [Fig. 1](#) bei niedrigen Drehzahlen nach Ende der Aufwärmphase der Brennkraftmaschine,

[0016] [Fig. 3](#) eine weitere Darstellung der Brennkraftmaschine aus [Fig. 1](#) während einer Übergangsphase von einem Monoturbomodus zu einem Biturbomodus,

[0017] [Fig. 4](#) eine weitere Darstellung der Brennkraftmaschine aus [Fig. 1](#) während eines Betriebs in einem Biturbomodus bei hohen Drehzahlen, und

[0018] [Fig. 5](#) eine schematische Darstellung für die Betriebspunkte der Brennkraftmaschine aus [Fig. 1](#).

[0019] In [Fig. 1](#) ist eine fremdgezündete und aufgeladene Brennkraftmaschine **1** schematisch abgebildet, die aus sechs Zylindern **2** gebildet ist, die in zwei Reihen angeordnet sind. Die vorliegende Erfindung eignet sich auch für Brennkraftmaschinen mit mehreren Zylindern, die in einer Reihe angeordnet sind und in zwei Gruppen aufgeteilt sind. Darüber hinaus eignet sich die vorliegende Erfindung für aufgeladene Brennkraftmaschinen mit Selbstzündung.

[0020] Gemäß [Fig. 1](#) ist die Brennkraftmaschine **1** aus einer ersten Zylindergruppe **3** und aus einer zweiten Zylindergruppe **4** gebildet, die in zwei Zylinderreihen angeordnet sind. Der ersten Zylindergruppe **3** sind ein Primärturbolader **5** und eine dem Primärturbolader **5** nachgeschaltete und nicht dargestellte Abgasanlage zugeordnet. Der zweiten Zylindergruppe **4** sind ein Sekundärturbolader **6** und eine dem Sekundärturbolader **6** nachgeschaltete und nicht dargestellte Abgasanlage zugeordnet. Dabei sind der Primärturbolader **5** und der Sekundärturbolader **6** unter-

schiedlich dimensioniert, so dass der Primärturbolader **5** mit einem höheren Abgasdurchsatz als der Sekundärturbolader **6** betreibbar ist. Sowohl der Primärturbolader **5** als auch der Abgasturbolader **5** und **6** sind mit jeweils einer Turbine **5a** und **6a** sowie mit jeweils einem Verdichter **5b** und **6b** versehen. Der jeweilige Verdichter **5b** bzw. **6b** wird durch die entsprechende Turbine **5a** bzw. **6a** mittels einer Antriebswelle **5c** bzw. **6c** angetrieben. Jeder Verdichter **5b** und **6b** ist mit jeweils einer Frischluftzuleitung **19** bzw. **20** verbunden.

[0021] Die angesaugte Luft wird im jeweiligen Verdichter **5b** bzw. **6b** auf einen bestimmten Aufladendruck verdichtet und über eine Ladeluftleitung **21** bzw. **22** der Luftansauganlage **21** zugeführt. Beide Ladeluftleitungen **21** und **22** münden in einen Sammelbereich **23**, in dem vorzugsweise eine nicht dargestellte Drosselklappe positioniert ist. In der Ladeluftleitung **22** des Verdichters **6b** ist ein Verdichterschaltventil **18** positioniert, dessen Stellung je nach Betriebspunkt variiert wird. Die Ladeluftleitung **22** des Sekundärturboladers **6** ist mit einer Umluftleitung **24** versehen, in der ein Umluftventil **15** positioniert ist. Weiterhin ist in jeder Ladeluftleitung **21** und **22** jeweils ein Ladeluftkühler **25** angeordnet, mit dem die verdichtete Luft gekühlt wird. Die Luftansauganlage **21** ist zwischen den beiden Zylindergruppen **3** und **4** positioniert, wobei diese mit dem jeweiligen Zylinder **2** durch mindestens einen Einlasskanal **26** verbunden ist.

[0022] Der Zylindergruppe **3** ist ein Primärabgaskrümmern **9** zugeordnet, in dem die Abgase aus den Zylindern **2** der Zylindergruppe **3** gesammelt und der Turbine **5a** dem Abgasturbolader **5** zugeführt werden. Der zweiten Zylindergruppe **4** ist eine Abgaskrümmernanordnung **10** zugeordnet, in der die Abgase der zweiten Zylindergruppe **4** in einen ersten und einen zweiten Abgasteilstrom aufgeteilt werden, wobei der erste Abgasteilstrom über eine Abgasleitung **7** dem Sekundärturbolader **5** zugeführt wird. Der zweite Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe **4** wird dem Sekundärturbolader **6** über eine Abgasleitung **8** zugeführt. Weiterhin umfasst die Abgaskrümmernanordnung **10** einen ersten Abgaskrümmern **13** und einen zweiten Abgaskrümmern **14**.

[0023] Die nicht dargestellten Brennräume der zweiten Zylindergruppe **4** sind jeweils mit zwei separat ausgebildeten Auslasskanälen **11** und **12** versehen. Die Abgase einer ersten Gruppe der Auslasskanäle **11** gelangen in den ersten Abgaskrümmern **13**, der mit der Abgasleitung **7** verbunden ist. Die Abgase der zweiten Gruppe der Auslasskanäle **12** gelangen in den zweiten Abgaskrümmern **14**, der mit der Abgasleitung **8** verbunden ist. Demnach ist der erste Abgaskrümmern **13** mit der ersten Gruppe der Auslassventilkanäle **11** verbunden. Analog ist der zweite Abgas-

krümmern **14** mit der zweiten Gruppe der Auslassventilkanäle **12** verbunden.

[0024] Der erste Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe **4** ergibt sich durch die Abgasmenge, die über die erste Gruppe der Auslassventilkanäle **11** aus dem jeweiligen Zylinder **2** hinausströmt. Der zweite Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe **4** ergibt sich durch die Abgasmenge, die über die zweite Gruppe der Auslassventilkanäle **12** aus dem jeweiligen Zylinder **2** hinausströmt. Gemäß [Fig. 1](#) ist bei jedem Zylinder **2** der zweiten Zylindergruppe **4** ein erstes Auslassventil **11a** und ein zweites Auslassventil **12a** vorgesehen. Die ersten Auslassventile **11a** sind der ersten Gruppe der Auslassventilkanäle **11** zugeordnet. Analog sind die zweiten Auslassventile **12a** der zweiten Gruppe der Auslassventilkanäle **12** zugeordnet. Demnach kann das Abgas von jedem Zylinder **2** der zweiten Zylindergruppe **4** sowohl auf die erste Gruppe als auch auf die zweite Gruppe der Auslassventilkanäle **11** bzw. **12** aufgeteilt werden.

[0025] Erfindungsgemäß sind zumindest die Auslassventile **12a** derart schaltbar ausgeführt, dass diese je nach Betriebspunkt der Brennkraftmaschine deaktivierbar sind. Demnach ist der Sekundärturbolader **6** zu- bzw. abschaltbar ausgeführt. Die Aktivierung bzw. Deaktivierung der Auslassventile **12a** kann mit Hilfe einer schaltbaren Tasse, mit Hilfe eines Schiebenockensystems oder durch den Einsatz einer elektromagnetischen Ventilbetätigungseinrichtung bewirkt werden. Dementsprechend erfolgt die Zuschaltung des Sekundärturboladers **6**, insbesondere bei höheren Drehzahlen, durch Aktivierung der zweiten Auslassventile **12a** der zweiten Zylinderreihe. Dem Primärturbolader **5** werden der Abgasstrom der ersten Zylindergruppe **3** und der erste Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe **4** zugeführt. Der Sekundärturbolader **6** wird mit dem zweiten Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe **4** beaufschlagt.

[0026] Durch eine absperrbare Abgasbypassleitung **16** ist der erste Abgaskrümmern **13** mit der dem Sekundärturbolader **6** nachgeschalteten Abgasanlage verbunden. Somit kann ein Teil des Abgases aus der ersten Gruppe der Auslassventilkanäle **11** in die dem Sekundärturbolader **6** nachgeschaltete Abgasanlage gelangen. Hierdurch wird die dem Sekundärturbolader **6** nachgeschaltete Abgasanlage mit heißem Abgas durchströmt, das aus der zweiten Zylindergruppe **4** stammt. Insbesondere während einer Aufwärmphase der Brennkraftmaschine **1** wird demnach sichergestellt, dass z. B. bei Deaktivierung der zweiten Gruppe der Auslassventile **12a** der zweiten Zylindergruppe **4** die innerhalb der dem Sekundärturbolader **6** nachgeschalteten Abgasanlage angeordneten Katalysatoren auf Betriebstemperatur gebracht werden.

[0027] Erfindungsgemäß werden die Auslassventile **12a** der Brennkraftmaschine **1** bei niedrigen und mitt-

leren Drehzahlen deaktiviert. Demnach strömt gemäß [Fig. 2](#) das Abgas aus den Brennräumen der zweiten Zylindergruppe **4** nur über die Auslassventile **11a**, über die das Abgas in die Abgasleitung **7** und dann zum Primärturbolader **5** gelangt. In diesem Drehzahlbereich wird der erste Abgasturbolader **5** mit der Abgasmenge beider Zylindergruppen **3** und **4** beaufschlagt. Dem Primärturbolader **5** steht somit eine größere Abgasmenge zur Verfügung. Entsprechend wird das Ansprechverhalten der Turbine **5a** des Primärturboladers **5** in diesem Drehzahlbereich verbessert.

[0028] Um die dem Sekundärturbolader **6** nachgeschaltete Abgasanlage während der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine bzw. in den Phasen, in denen die Auslassventile **12a** abgeschaltet sind, auf Betriebstemperatur zu bringen bzw. eine bestimmte Betriebstemperatur zu halten, wird gemäß [Fig. 1](#) ein Teil des im Abgaskrümmers **13** vorhandenen Abgasstroms abgezweigt und mittels der Bypassleitung **16** der dem Sekundärturbolader **6** nachgeschalteten Abgasanlage zugeführt. Nach Beendigung der Warmlaufphase der Brennkraftmaschine wird die Bypassleitung **16** mittels eines Schaltventils **17** gemäß [Fig. 2](#) geschlossen.

[0029] Vorzugsweise ist der Primärturbolader **5** zur Ladedruckregelung mit verstellbarer Turbinengeometrie versehen. Beim Sekundärturbolader **6** erfolgt die Ladedruckregelung vorzugsweise mit Hilfe eines Wastegate-Ventils, das elektronisch bzw. mechanisch-pneumatisch angetrieben wird.

[0030] Gemäß der vorliegenden Erfindung erfolgt die Zuschaltung des Sekundärturboladers **6** in Abhängigkeit von einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine **1**. In einem Teillastbereich bzw. bei kleinen und mittleren Drehzahlen der Brennkraftmaschine **1** wird gemäß [Fig. 5](#) dem Sekundärturbolader **6** durch die Deaktivierung der schaltbaren Auslassventile **12a** kein Abgas zugeführt. Demnach wird der Primärturbolader **5** mit der gesamten Abgasmenge der Brennkraftmaschine **1** beaufschlagt. Bei höheren Drehzahlen werden die schaltbaren Auslassventile **12a** der zweiten Zylindergruppe **4** aktiviert, so dass eine Beaufschlagung des Sekundärturboladers **6** mit einem Abgasteilstrom von der zweiten Zylindergruppe **4** erfolgt. Folglich ist Primärturbolader **5** während des Gesamtbetriebs der Brennkraftmaschine **1** mit einem höheren Abgasvolumenstrom als der Sekundärturbolader **6** beaufschlagt. Das führt insbesondere bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine **1** zu einem schnellen Drehmomentanstieg und das so genannte Turbo-Loch kann vermieden werden. Gemäß einer weiteren nicht dargestellten Ausgestaltung der Erfindung ist der erste Abgasturbolader **5** als Twin-Scroll-Lader ausgebildet, so dass die Turbine **5a** mit den Abgasen der beiden Zylindergruppen **3** und **4** getrennt beaufschlagt wird.

[0031] Wird die Brennkraftmaschine **1** mit höheren Drehzahlen gemäß [Fig. 3](#) bzw. [Fig. 5](#) betrieben, werden die Auslassventile **12a** aktiviert, so dass gemäß [Fig. 3](#) bzw. [Fig. 4](#) dem Sekundärturbolader **6** Abgas zur Verfügung gestellt wird. Zwischen einem Monoturbobetrieb und einem Biturbobetrieb ist gemäß [Fig. 5](#) eine Übergangsphase **27** vorgesehen. Demnach liegen gemäß [Fig. 5](#) drei Betriebsbereiche vor.

[0032] Im Monoturbobetrieb, der einem Betriebspunkt mit niedrigen Drehzahlen entspricht, ist ein Auslassventil, das erste Auslassventil **11a**, pro Zylinder **2** der Zylindergruppe **4** aktiv. Das zweite Auslassventil **12a** ist deaktiviert. In diesem Monoturbomodus ist der Primärturbolader **5** aktiv. Da der Primärturbolader **5** in diesem Zustand mit der gesamten Abgasenergie der Brennkraftmaschine **1** gespeist wird, ergeben sich schon bei niedrigen Drehzahlen hohe Ladedrücke und damit ein hohes Drehmoment der Brennkraftmaschine **1**. Auch das instationäre Verhalten von Turbolader und Brennkraftmaschine **1** wird bei diesem Monoturbomodus gegenüber einer konventionellen Turboaufladung verbessert. Das Verdichterzuschaltventil **18** verhindert dabei das Abblasen von Ladeluft über den Verdichter **6b** des Sekundärturboladers **6**. Die Regelung des Ladedrucks geschieht in dieser Phase über die Verstellung der Leitschaufeln des Primärturboladers **5**. Vorzugsweise wird der Monoturbobetrieb für Abgastests eingestellt. Hierdurch wird bei einem Katalysator, welcher hinter der Turbine **5a** platziert ist, schnell eine Betriebstemperatur erreicht als bei einer konventionellen Biturboanordnung, da im eingestellten Monoturbobetrieb die gesamte Abgasenergie der Brennkraftmaschine **1** für das Aufheizen des jeweiligen Katalysators zur Verfügung steht.

[0033] Erfindungsgemäß ist zwischen dem Monoturbobetrieb und dem Biturbobetrieb die Übergangsphase **27** gemäß [Fig. 3](#) vorgesehen, die bei Erreichen der Durchsatzgrenze des Primärturboladers **5**, ca. bei mittlerer Motordrehzahl vorliegt. Zu Beginn der Übergangsphase **27** werden die zweiten Auslassventile **12a** der zweiten Zylindergruppe **4**, beispielsweise über Schalttassen, aktiviert. Dadurch wird der Sekundärturbolader **6** zugeschaltet. In diesem Betriebspunkt bleibt das Verdichterzuschaltventil **18**, also während der Übergangsphase **27**, zunächst geschlossen, da der Sekundärturbolader **6** erst noch beschleunigt werden muss. Hierzu wird gemäß [Fig. 3](#) zeitgleich das Umluftventil **15** geöffnet und damit eine Verbindung zwischen Verdichterdruckseite und -saugseite hergestellt, so dass der Sekundärturbolader **6** in kurzer Zeit auf seine Soll Drehzahl beschleunigt wird. Die Umluftleitung **15** weist einen relativ kleinen Querschnitt bzw. eine Drossel auf, um zu verhindern, dass der Verdichter **6b** in dieser Phase ins „Pumpen“ kommt. Da durch das Zuschalten des Sekundärturboladers **6** weniger Abgasenergie für den Primärturbolader **5** zur Verfügung steht, wird der La-

dedruck am Primärturbolader **5** vorzugsweise durch die verstellbare Turbinengeometrie derart geregelt, dass das Motordrehmoment in dieser Phase konstant gehalten wird.

[0034] Sobald nun der Sekundärturbolader **6** eine ausreichend hohe Drehzahl erreicht hat, typischerweise nach maximal 1 bis 2 sec, wird das Verdichterschaltventil **18** geöffnet und gleichzeitig das Umluftventil **15** gemäß [Fig. 4](#) geschlossen. Die Brennkraftmaschine **1** wird jetzt im Biturbomodus betrieben. Die Ladedruckregelung erfolgt vorzugsweise über die verstellbare Turbinengeometrie des Primärturboladers **5** und/oder eventuell zusätzlich über das Wastegate des Sekundärturboladers **6**. Die Größe des Sekundärturboladers **6** ist so gewählt, dass im Biturbomodus nahezu der gleiche Abgasgegendruck vor der jeweiligen Turbine **5a** bzw. **6a** vorliegt. Um ähnliche Abgasgegendruckverhältnisse vor der jeweiligen Turbine **5a** bzw. **6a** einzustellen, können alternativ bzw. zusätzlich die Wastegate-Regelung des Sekundärturboladers **6** und die verstellbare Turbinengeometrie-Regelung des Primärturboladers **5** verwendet werden. Zusätzlich kann für die zuschaltbaren Auslassventile **12a** noch eine andere Ventilerhebungskurve, welche in Bezug auf Öffnungsdauer und Hub der entsprechenden Auslassventile für den hohen Last- und Drehzahlbereich optimiert sind, eingesetzt werden, mit der Maßgabe, dass die Auslassventile **12a** im hohen Last- und Drehzahlbereich aktiv sind. Gegenüber einer konventionellen Biturboaufladung ergibt sich bei der erfindungsgemäßen Turboladeranordnung bei geeigneter Dimensionierung von beiden Turboladern eine höhere Motorleistung und/oder ein geringerer Kraftstoffverbrauch im hohen Last- und Drehzahlbereich.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102004028482 A1 [\[0003\]](#)
- DE 102005055996 A1 [\[0003\]](#)
- DE 3439999 C1 [\[0003\]](#)

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine (1) mit mehreren Zylindern (2), die in zwei Zylindergruppen (3, 4) aufgeteilt sind, wobei

der ersten Zylindergruppe (3) ein Primärturbolader (5) und eine erste Abgasanlage zugeordnet sind, und der zweiten Zylindergruppe (4) ein Sekundärturbolader (6) und eine zweite Abgasanlage zugeordnet sind, und wobei

ein Abgasstrom der ersten Zylindergruppe (3) dem Primärturbolader (5) zugeführt wird,

ein Abgasstrom der zweiten Zylindergruppe (4) in einen ersten Abgasteilstrom und einen zweiten Abgasteilstrom derart aufteilbar ist, dass dem Primärturbolader (5) sowohl der Abgasstrom der ersten Zylindergruppe (3) als auch der erste Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe (4) zugeführt werden, und der zweite Abgasteilstrom der zweiten Zylindergruppe (4) dem Sekundärturbolader (5) zugeführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass

der Primärturbolader (5) größer als der Sekundärturbolader (6) dimensioniert ist, so dass der Primärturbolader (5) mit einer höheren Abgasmenge als der Sekundärturbolader (6) betreibbar ist, und wobei der Sekundärturbolader (6) in Abhängigkeit von einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine, insbesondere bei höheren Drehzahlen, zuschaltbar ist.

2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Gruppe von Auslassventilkanälen (11) der zweiten Zylindergruppe (4) zur Bildung des ersten Abgasteilstroms vorgesehen ist, wobei eine zweite Gruppe von Auslassventilkanälen (12) der zweiten Zylindergruppe (4) zur Bildung des zweiten Abgasteilstroms vorgesehen ist.

3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Gruppe der Auslassventilkanäle (11) der zweiten Zylindergruppe (4) mit der dem Sekundärturbolader (6) nachgeschalteten zweiten Abgasanlage mittels einer Abgasbypassleitung (16) verbunden ist.

4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweiten Zylindergruppe (4) eine Abgaskrümmernanordnung (10) zugeordnet ist, in der die Abgase der zweiten Zylindergruppe (4) in den ersten Abgasteilstrom und in den zweiten Abgasteilstrom aufteilbar sind.

5. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die der zweiten Zylindergruppe (4) zugeordnete Abgaskrümmernanordnung (10) zwei Abgaskrümmern (13, 14) umfasst.

6. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Abgaskrümmern (13) der Abgaskrümmernanordnung (10) mit der

ersten Gruppe der Auslassventilkanäle (11) der zweiten Zylindergruppe (4) verbunden ist.

7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Abgaskrümmern (14) der Abgaskrümmernanordnung (10) mit der zweiten Gruppe der Auslassventilkanäle (12) der zweiten Zylindergruppe (4) verbunden ist.

8. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zweiten Gruppe von Auslassventilkanälen (12) der zweiten Zylindergruppe (4) schaltbare Auslassventile (12a) zugeordnet sind, die je nach Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (1) deaktivierbar sind.

9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Zuschaltung des Sekundärturboladers (6) durch Aktivierung der zweiten Gruppe von Auslassventilkanälen (12) zugeordneten und schaltbaren Auslassventile (12a) erfolgt.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

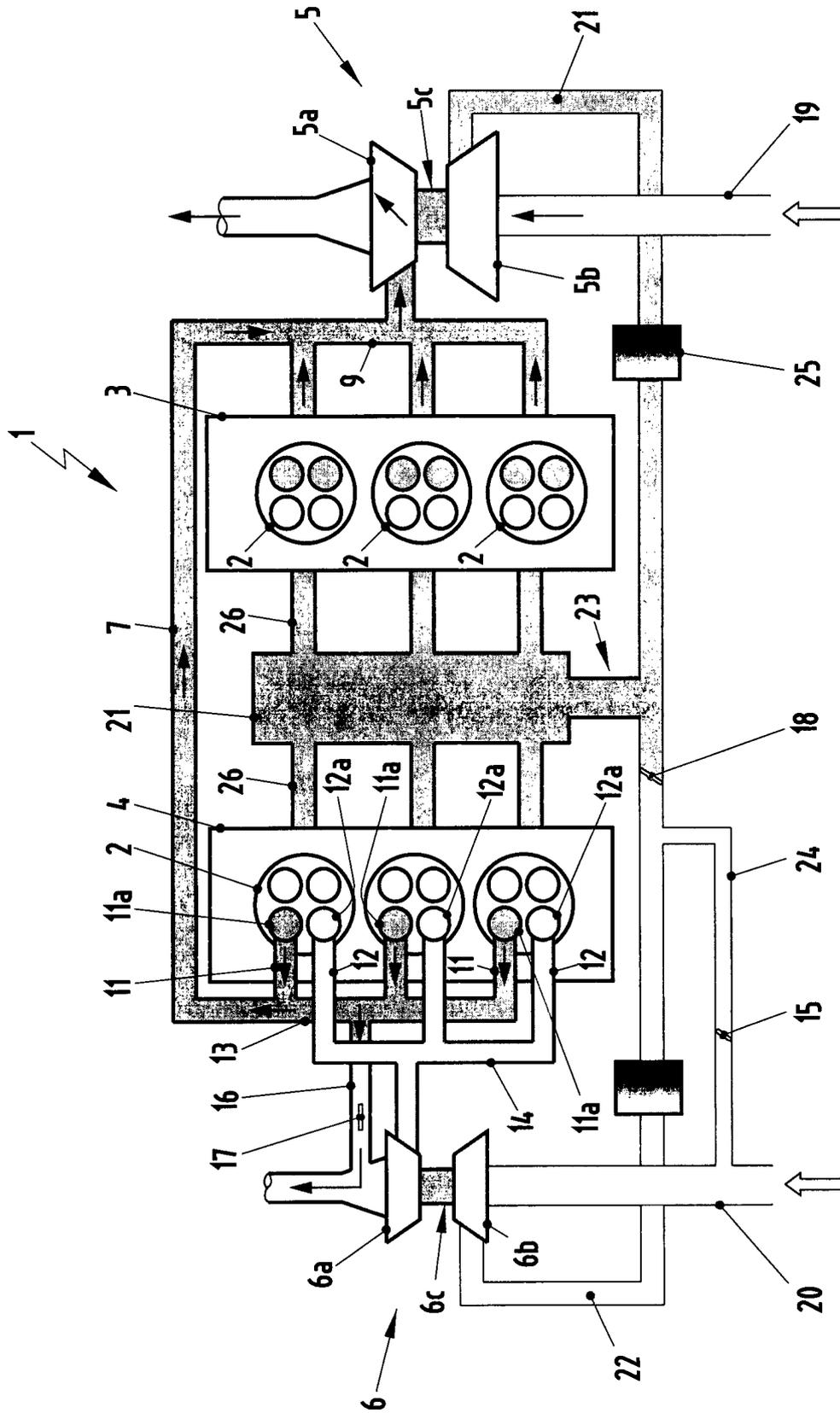


Fig. 1

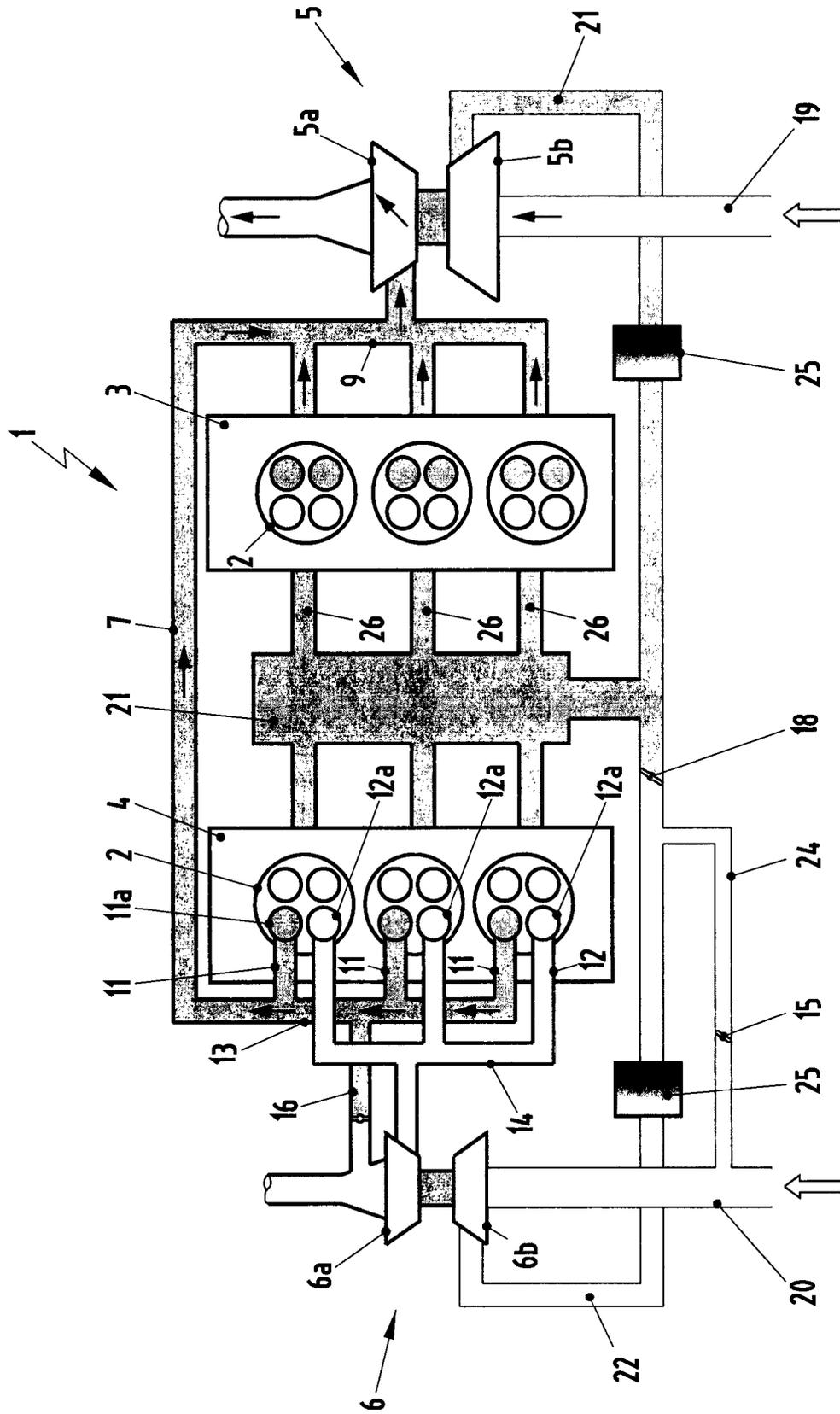


Fig. 2

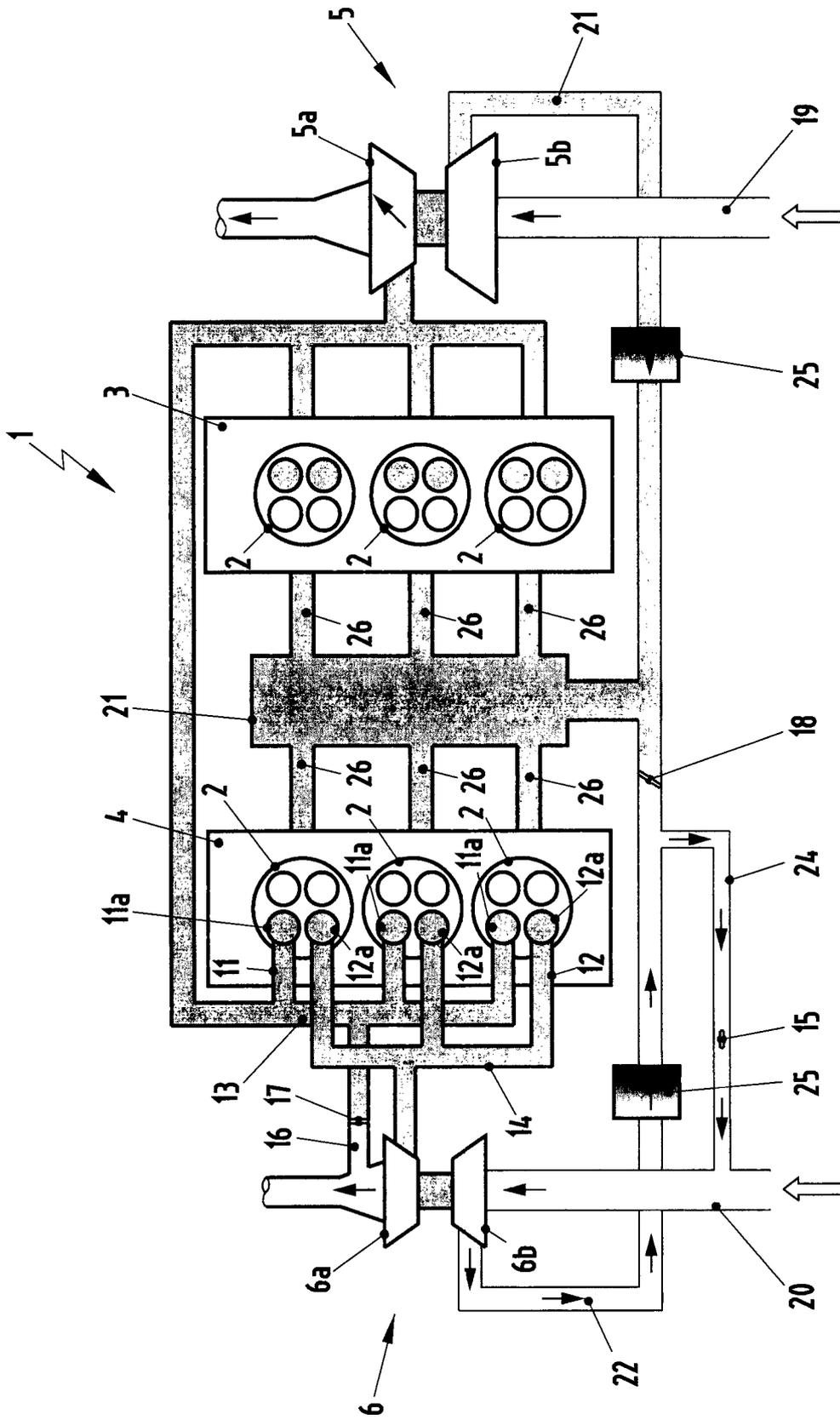


Fig. 3

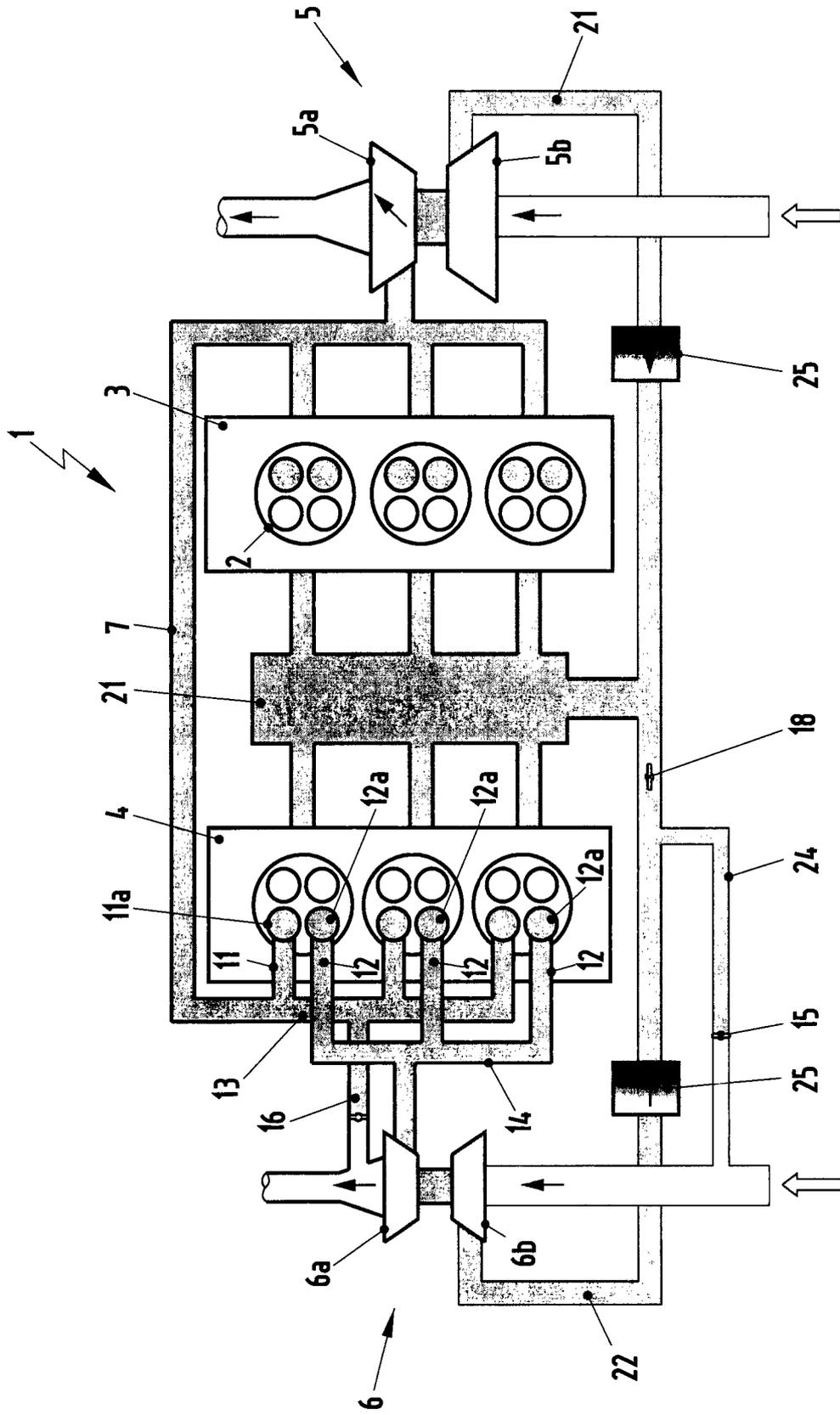


Fig. 4

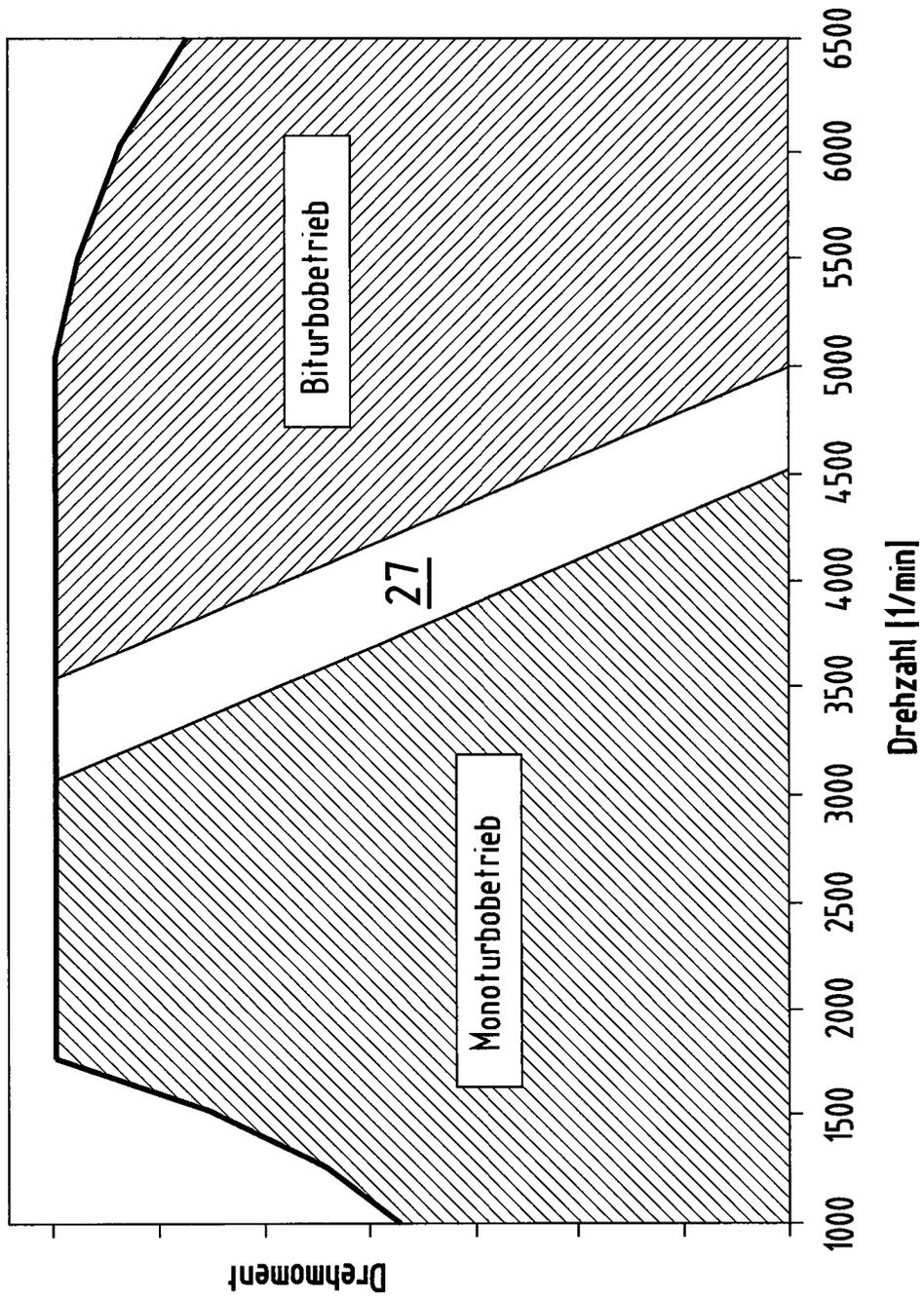


Fig. 5