



(10) **DE 10 2010 024 006 A1** 2011.12.15

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2010 024 006.0**

(22) Anmeldetag: **11.06.2010**

(43) Offenlegungstag: **15.12.2011**

(51) Int Cl.: **F02B 41/08 (2006.01)**

F02B 75/18 (2006.01)

F02B 37/00 (2006.01)

F02B 41/10 (2006.01)

(71) Anmelder:

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

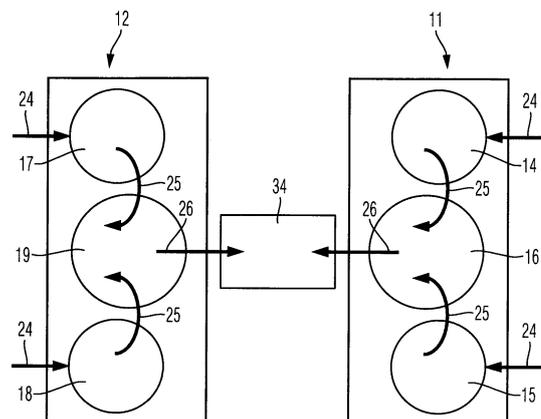
(72) Erfinder:

**Krämer, Thomas, 70199, Stuttgart, DE;
Zücker, Wolfgang, Dr., 71254, Ditzingen, DE;
Moser, Stefan, 71701, Schwieberdingen, DE;
Laudenbach, Thomas, 74385, Pleidelsheim, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Brennkraftmaschine, mit mindestens zwei Zylinderbänken (11, 12), wobei jede Zylinderbank zwei äußere, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitende Hochdruckzylinder (14, 15, 17, 19) und einen mittleren, ohne Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitenden, wechselweise von den Hochdruckzylindern der jeweiligen Zylinderbank mit Abgas befüllten Niederdruckzylinder (16, 19) aufweist, wobei Hubkolben der Zylinder der Zylinderbänke über Pleuel mit Hubzapfen einer Kurbelwelle (13) gekoppelt sind, wobei Ventile, nämlich Einlassventile und Auslassventile, der Zylinder der Zylinderbänke über Nockenwellen ansteuerbar sind, die von der Kurbelwelle aus antreibbar sind, und wobei Abgas, welches die Niederdruckzylinder (16, 19) über Auslassventile (23) derselben verlässt, mindestens einem Abgasturbolader (34) zuführbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Aus der EP 1 961 943 A1 ist eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylinderbänken bekannt, wobei jede Zylinderbank zwei äußere, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitende Hochdruckzylinder sowie einen mittleren, ohne eigene Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitenden Niederdruckzylinder aufweist, welcher von den beiden äußeren Hochdruckzylindern der jeweiligen Zylinderbank mit Abgas befüllt bzw. beaufschlagt wird. Ventile, nämlich Einlassventile und Auslassventile, der Zylinder der Zylinderbänke der in diesem Stand der Technik offenbarten Brennkraftmaschine sind über Nockenwellen ansteuerbar. Hubkolben der Zylinder der Zylinderbänke sind mit Hubzapfen einer Pleuelwelle gekoppelt. Die Nockenwellen der Zylinderbänke sind von der Pleuelwelle aus antreibbar.

[0003] Eine weitere Brennkraftmaschine mit zwei Zylinderbänken, von denen jede Zylinderbank jeweils zwei äußere, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitende Hochdruckzylinder und einen mittleren, ohne eigene Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitenden Niederdruckzylinder aufweist, ist aus der US 2009/0223482 A1 bekannt. So sind auch bei diesem Stand der Technik Hubkolben der Zylinder der Zylinderbänke über Pleuel mit einer Pleuelwelle gekoppelt, wobei solche Hubzapfen der Pleuelwelle, an welchen die Pleuel der Hochdruckzylinder angreifen, in einer gemeinsamen Ebene liegen, wohingegen solche Hubzapfen der Pleuelwelle, an welchen die Pleuel der Niederdruckzylinder angreifen, gegenüber dieser Ebene in Drehrichtung bzw. Umfangsrichtung der Pleuelwelle gesehen versetzt sind, nämlich um einen Kröpfungswinkel von 90°. Hubkolben von sich in Drehrichtung der Pleuelwelle bzw. von sich in Umfangsrichtung der Pleuelwelle gegenüberliegenden Zylindern der unterschiedlichen Zylinderbänke greifen über ihre jeweiligen Pleuel an gemeinsamen Hubzapfen der Pleuelwelle an. So liegen die Hubzapfen der Pleuelwelle, an welcher die Hubkolben sich gegenüberliegender Hochdruckzylinder über ihre Pleuel gemeinsam angreifen, in einer gemeinsamen Ebene, wobei der Hubzapfen der Pleuelwelle, an welcher die Hubkolben der sich in Umfangsrichtung der Pleuelwelle gegenüberliegenden Niederdruckzylinder der beiden Zylinderbänke über ihre Pleuel gemeinsam angreifen, gegenüber dieser Ebene um 90° versetzt ist.

[0004] Aus der DE 31 21 301 A1 ist eine weitere Brennkraftmaschine bekannt, die zwei Zylinderbänke mit jeweils drei Zylindern, nämlich mit jeweils zwei äußeren, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitenden Hochdruckzylindern und einem mittleren, ohne eigene Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitenden Niederdruckzylinder, aufweist, wobei der Niederdruckzylinder der jeweiligen Zylinderbank von den beiden äußeren Hochdruckzylindern der jeweiligen Zylinderbank wechselweise mit Abgas befüllt wird. Aus diesem Stand der Technik ist es bereits bekannt, die beiden Zylinderbänke in Form eines Reihenmotors oder in Form eines V-Motors oder in Form eines Boxermotors zueinander anzuordnen.

[0005] Obwohl es aus dem oben zitierten Stand der Technik bereits bekannt ist, zur Wirkungsgraderhöhung einer Brennkraftmaschine das Abgas der mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitenden Hochdruckzylindern in den Niederdruckzylindern der Zylinderbänke zu nutzen, besteht Bedarf an einer weiteren Erhöhung des Wirkungsgrads solcher Brennkraftmaschinen mit einfachen Mitteln.

[0006] Hiervon ausgehend liegt der hier vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine neuartige Brennkraftmaschine zu schaffen.

[0007] Diese Aufgabe wird nach einem ersten Aspekt der Erfindung durch eine Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist Abgas, welches die Niederdruckzylinder über Auslassventile derselben verlässt, mindestens einem Abgasturbolader zuführbar. Erfindungsgemäß wird demnach das Abgas der im Viertaktverfahren arbeitenden Hochdruckzylinder, nachdem es in den im Zweitaktverfahren arbeitenden Niederdruckzylindern genutzt wurde, weiterhin in der Turbine mindestens eines Abgasturboladers genutzt, wodurch der Wirkungsgrad solcher Brennkraftmaschinen mit einfachen Mitteln weiter gesteigert werden kann.

[0008] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die Hochdruckzylinder der Zylinderbänke in einer definierten Zündfolge mit einem definierten Zündabstand betrieben, wobei ein Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers mit Abgas aus den Niederdruckzylindern dem definierten Zündabstand der Hochdruckzylinder folgt. Dies gewährleistet eine besonders effektive Beaufschlagung des Abgasturboladers mit Abgas aus den Niederdruckzylindern und damit einen hohen Wirkungsgrad solcher Brennkraftmaschinen.

[0009] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

[0010] **Fig. 1:** eine perspektivische Ansicht eines Details eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine mit zwei Zylinderbänken;

[0011] **Fig. 2:** eine perspektivische Ansicht eines Details der Brennkraftmaschine der **Fig. 1** im Bereich einer Zylinderbank und dieser Zylinderbank zugeordneter Nockenwellen;

[0012] **Fig. 3:** eine perspektivische Ansicht eines weiteren Details der Brennkraftmaschine der **Fig. 1** im Bereich einer Kurbelwelle und mit der Kurbelwelle über Pleuel gekoppelter Zylinder;

[0013] **Fig. 4:** das Detail der **Fig. 4** in einer Vorderansicht;

[0014] **Fig. 5:** eine Ansicht auf Ventile einer Zylinderbank der Brennkraftmaschine der **Fig. 1**;

[0015] **Fig. 6:** ein erstes Schema einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine; und

[0016] **Fig. 7:** ein zweites Schema einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine.

[0017] Die hier vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs. **Fig. 1** zeigt eine perspektivische Ansicht eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10**, die zwei in V-Stellung zueinander angeordnete Zylinderbänke **11** und **12** aufweist, wobei jede der Zylinderbänke **11** und **12** jeweils drei Zylinder umfasst. **Fig. 3** zeigt schematisiert die Zylinder der beiden Zylinderbänke **11** und **12** zusammen mit einer Kurbelwelle **13**. Eine erste Zylinderbank **11** umfasst zwei äußere, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitende Hochdruckzylinder **14** und **15** sowie einen mittleren, ohne eigene Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitenden, wechselweise von den Hochdruckzylindern **14**, **15** mit Abgas befüllten Niederdruckzylinder **16**. Ebenso umfasst die zweite Zylinderbank **12** zwei äußere, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitende Hochdruckzylinder **17** und **18** sowie einen mittleren, ohne eigene Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitenden, wechselweise von den Hochdruckzylindern **17** und **18** mit Abgas befüllten Niederdruckzylinder **19**.

[0018] Wie am besten **Fig. 3** entnommen werden kann, sind die Zylinder **14**, **15** und **16** der ersten Zylinderbank **11** sowie die Zylinder **17**, **18** und **19** der zweiten Zylinderbank **12** jeweils in Reihe zueinander positioniert, wobei die Zylinder **14**, **15** und **16** der ersten Zylinderbank **11** den Zylindern **17**, **18** und **19** der zweiten Zylinderbank **12** in Drehrichtung bzw. in Umfangsrichtung der Kurbelwelle **13** gegenüberliegen. Die Zylinder der Zylinderbänke **11** und **12** liegen sich derart gegenüber, dass sich einerseits Hochdruckzylinder **14**, **17** und **15**, **18** und andererseits Niederdruckzylinder **16**, **19** gegenüberliegen. So kann **Fig. 3**, **Fig. 4** entnommen werden, dass sich die Hochdruckzylinder **14** und **17**, die Hochdruckzylinder **15** und **18** sowie die Niederdruckzylinder **16** und **19** der beiden Zylinderbänke **11** und **12** in Drehrichtung **34** der Kurbelwelle **13** bzw. in Umfangsrichtung derselben gegenüberliegen.

[0019] Den Zylindern der beiden Zylinderbänke **11** und **12** sind Ventile zugeordnet. **Fig. 5** zeigt eine Ansicht auf die Ventile einer Zylinderbank **11** bzw. **12** der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine im Bereich sämtlicher Zylinder der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12**, wobei gemäß **Fig. 5** die beiden äußeren, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitenden Hochdruckzylinder **14**, **15** bzw. **17**, **18** jeweils zwei Einlassventile **20** für Kraftstoff und Verbrennungsluft bzw. ein Kraftstoff-Verbrennungsluft-Gemisch und jeweils ein Auslassventil **21** für Abgas umfassen. Dann, wenn die Hochdruckzylinder mit Kraftstoffdirekteinspritzung arbeiten, sind separate Einspritzventile für Kraftstoff bzw. Brennstoff vorhanden. Der mittlere, ohne eigene Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitende Niederdruckzylinder **16** bzw. **19** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** umfasst zwei Einlassventile **22** für Abgas sowie zwei Auslassventile **23** für Abgas. Wie bereits erwähnt, wird der Niederdruckzylinder **16** bzw. **19** jeder Zylinderbank **11** bzw. **12** von den Hochdruckzylindern **14**, **15** bzw. **17**, **18** der jeweiligen Zylinderbank **11**, **12** wechselweise mit Abgas befüllt.

[0020] In **Fig. 5** ist durch Pfeile **24** die Kraftstoff- und Verbrennungsluftzufuhr bzw. die Kraftstoff-Verbrennungsluft-Gemischzufuhr zu den jeweiligen äußeren Hochdruckzylindern der Zylinderbänke gezeigt. Pfeile **25** visualisieren das Überströmen von Abgas aus den äußeren Hochdruckzylindern **14**, **15** bzw. **17**, **18** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** in jeweiligen Niederdruckzylinder **16** bzw. **19** derselben. Pfeile **26** verdeutlichen das Ableiten von Abgas aus dem jeweiligen Niederdruckzylinder **16**, **19** der jeweiligen Zylinderbank **11**, **12**.

[0021] Die oben erwähnten Ventile **20**, **21**, **22** und **23** der Zylinder der Zylinderbänke **11** und **12** sind über Nockenwellen **27** und **28** ansteuerbar, nämlich über sogenannte Einlass-Nockenwellen **27** und sogenannte Auslass-Nockenwelle **28**. Die Einlassventile **20** der Hochdruckzylinder **14**, **15** bzw. **17**, **18** sowie die Einlassventile **22** der Niederdruckzylinder **16** bzw. **19** werden dabei über die jeweilige Einlass-Nockenwelle **27** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** angesteuert, wohingegen die Auslassventile **21** der Hochdruckzylinder **14**, **15** bzw. **17**, **19** sowie die Auslassventile **23** des Niederdruckzylinders **16** bzw. **19** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** von der jeweiligen Auslass-Nockenwelle **28** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** angesteuert werden.

[0022] Wie bereits ausgeführt, arbeiten die Hochdruckzylinder **14**, **15** bzw. **17**, **18** der beiden Zylinderbänke **11** und **12** in Viertaktverfahren, wohingegen die Niederdruckzylinder **16** bzw. **19** der Zylinderbänke **11**, **12** im Zweitaktverfahren arbeiten. Dabei werden die Niederdruckzylinder **16** bzw. **19** von den jeweiligen Hochdruckzylindern **14**, **15** bzw. **17**, **18** wechselweise mit Abgas befüllt, wodurch für die Auslassventile **23** der Niederdruckzylinder **16**, **19** der Zylinderbänke **11**, **12** eine unterschiedliche zeitliche Ansteuerung erforderlich ist wie für die übrigen Ventile der Zylinder der Zylinderbänke. Daher sind gemäß **Fig. 2** zur Ansteuerung der Auslassventile **23** des Niederdruckzylinders **16** bzw. **19** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** auf der Auslass-Nockenwelle **28** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** als Doppelnocken **29** ausgebildete Nocken positioniert, wohingegen die Nocken zur Ansteuerung der übrigen Ventile **20**, **21** und **22** der Zylinder der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** als Einfachnocken **30** ausgeführt sind.

[0023] Zur Gewährleistung des Überströmens des Abgases von den Hochdruckzylindern **14**, **15** bzw. **17**, **18** der Zylinderbänke **11**, **12** in den Niederdruckzylinder **16**, **19** der jeweiligen Zylinderbank sind Überströmkanäle vorhanden, wobei **Fig. 2** einen derartigen Überströmkanal **31** zeigt.

[0024] Die Brennkraftmaschine **10** weist die Pleuelwelle **13** auf, wobei über die Pleuelwelle **13** die Nockenwellen **27**, **28** der Zylinderbänke **11**, **12** antreibbar sind. Hubkolben **33** der Zylinder **14** bis **19** der beiden Zylinderbänke **11** und **12** sind mit der Pleuelwelle **13** über Pleuel **32** gekoppelt (siehe **Fig. 3** und **Fig. 4**), wobei die Pleuel **32** der Hubkolben **33** an sogenannten Hubzapfen der Pleuelwelle **13** angreifen.

[0025] Wie bereits ausgeführt, sind im gezeigten Ausführungsbeispiel die Zylinderbänke **11** und **12** der Brennkraftmaschine **10** unter Gewährleistung einer V-Bauweise zueinander positioniert, nämlich gemäß **Fig. 4** derart, dass die Hochdruckzylinder **14** und **15** der ersten Zylinderbank **11** und die Hochdruckzylinder **17** und **18** der zweiten Zylinderbank **12** in Drehrichtung **34** der Pleuelwelle **13** gesehen einen definierten Zylinderbankversatzwinkel β einschließen. Dieser Zylinderbankversatzwinkel β beträgt gemäß **Fig. 4** beispielsweise 120° . Der definierte Zylinderbankversatzwinkel β kann jedoch auch 90° oder 180° betragen. Ferner sind auch andere Zylinderbankversatzwinkel β denkbar.

[0026] Wie **Fig. 4** weiterhin entnommen werden kann, ist der Niederdruckzylinder **16** der ersten Zylinderbank **11** gegenüber den Hochdruckzylindern **14** und **15** derselben um einen ersten definierten Zylinderversatzoffsetwinkel β_{OF11} versetzt. Der Niederdruckzylinder **19** der zweiten Zylinderbank **12** ist gegenüber den Hochdruckzylindern **17**, **18** derselben um einen zweiten definierten Zylinderversatzoffsetwinkel β_{OF12} versetzt. Dabei sind gemäß **Fig. 4** diese Zylinderversatzoffsetwinkel β_{OF11} und β_{OF12} vorzugsweise betragsmäßig gleich groß, dieselben weisen jedoch unterschiedliche Vorzeichen auf. Es ist jedoch auch möglich, dass sich die Beträge der beiden Zylinderversatzoffsetwinkel β_{OF11} und β_{OF12} voneinander unterscheiden.

[0027] In **Fig. 4** ist der Niederdruckzylinder **16** der Zylinderbank **11** gegenüber den Hochdruckzylindern **14** und **15** derselben in Drehrichtung **34** der Pleuelwelle **13** um den Zylinderversatzoffsetwinkel β_{OF11} versetzt, wohingegen der Niederdruckzylinder **19** der Zylinderbank **12** gegenüber den Hochdruckzylindern **17**, **18** derselben entgegengesetzt zur Drehrichtung **34** der Pleuelwelle **13** um den Zylinderversatzoffsetwinkel β_{OF12} versetzt ist. Die Zylinderversatzoffsetwinkel β_{OF11} und β_{OF12} verfügen über einen Betrag zwischen 1° und 10° .

[0028] Durch den obigen Versatz der Niederdruckzylinder **16** und **19** gegenüber den Hochdruckzylindern **14**, **15** und **17**, **18** der Zylinderbänke **11** und **12** können Überströmkanäle **31** mit relativ kleinen Volumina bereitgestellt werden. Ein kleines Volumen in einem Überströmkanal **31** minimiert Verluste bei der Entspannung des über den jeweiligen Überströmkanal **31** zu überführenden Abgases. Dies hat positive Auswirkungen auf den mit der Brennkraftmaschine realisierbaren Wirkungsgrad.

[0029] Erfindungsgemäß umfasst die Brennkraftmaschine **10** zur Steigerung des Wirkungsgrads derselben mindestens einen Abgasturbolader **34**, dem Abgas ausgehend von den Niederdruckzylindern **16**, **19** der Zylinderbänke **11**, **12** zugeführt werden kann. In den gezeigten Ausführungsbeispielen ist ein einziger Abgastur-

bolader **34** vorhanden, dem Abgas aus den Niederdruckzylindern **16, 19** beider Zylinderbänke **11** und **12** zugeführt werden kann.

[0030] [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) verdeutlichen dabei schematisiert, dass die Positionierung des Abgasturboladers **34** abhängig von der Zuführrichtung **24** des Kraftstoff-Verbrennungsluft-Gemischs zu den Hochdruckzylindern **14, 15, 17** und **18** der Zylinderbänke **11** und **12** sowie abhängig von der Abführrichtung **26** des Abgases aus den Niederdruckzylindern **16, 19** der Zylinderbänke **11** und **12** ist. Gemäß [Fig. 1](#), [Fig. 6](#) ist der Abgasturbolader **34** zwischen den beiden in V-Stellung zueinander positionierten Zylinderbänken **11** und **12** angeordnet. In [Fig. 7](#) ist der Abgasturbolader **34** hingegen vor bzw. hinter den beiden Zylinderbänken **11** und **12** positioniert.

[0031] Erfindungsgemäß wird demnach Abgas, welches die Hochdruckzylinder **14, 15, 17, 18** der Zylinderbänke **11** und **12** verlässt, zunächst den Niederdruckzylindern **16, 19** der jeweiligen Zylinderbank **11** bzw. **12** zugeführt und anschließend hieran ausgehend von den Niederdruckzylindern **16, 19** mindestens einem Abgasturbolader **34**, nämlich einer Turbine desselben, zugeführt, um im Abgas enthaltene Energie weiter zu nutzen. Hierdurch kann ein Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine **10** weiter gesteigert werden.

[0032] Die Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** der Zylinderbänke **11** und **12** werden in einer definierten Zündfolge mit einem definierten Zündabstand betrieben, wobei ein Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers **34** mit Abgas dem definierten Zündabstand folgt bzw. synchron zu demselben ist. Hierdurch ist eine weitere Wirkungsgradsteigerung möglich.

[0033] Vorzugsweise werden die Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** der Zylinderbänke **11** und **12** mit einer definierten Zündfolge derart betrieben, dass zuerst Kraftstoff bzw. ein Kraftstoff-Verbrennungsluft-Gemisch in einem ersten Hochdruckzylinder **14** einer ersten Zylinderbank **11**, anschließend in einem diesem ersten Hochdruckzylinder **11** in Umfangsrichtung der Kurbelwelle **13** gesehen gegenüberliegenden, ersten Hochdruckzylinder **17** einer zweiten Zylinderbank **12**, anschließend in einem zweiten Hochdruckzylinder **15** der ersten Zylinderbank **11**, und anschließend in einem diesem zweiten Hochdruckzylinder **15** der ersten Zylinderbank **11** in Umfangsrichtung der Kurbelwelle **13** gesehen gegenüberliegenden, zweiten Hochdruckzylinder **18** der zweiten Zylinderbank **12** gezündet wird. Die Zündfolge der Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** der Zylinderbänke **11** und **12** der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine lautet demnach: Zylinder **14**-Zylinder **17**-Zylinder **15**-Zylinder **18** bzw. **14-17-15-18**.

[0034] In die obige Zündfolge der Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** der Zylinderbänke **11** und **12** sind Befüllungen der Niederdruckzylinder **16, 19** der Zylinderbänke **11, 12** eingeschoben, nämlich derart, dass nach jeder Zündung in einem Hochdruckzylinder **14, 15, 17, 18** einer Zylinderbank **11, 12** und vor der sich unmittelbar anschließenden Zündung in einem Hochdruckzylinder **14, 15, 17, 18** der jeweils anderen Zylinderbank **11, 12** Abgas aus dem Hochdruckzylinder, in welchem die Zündung abgeschlossen ist, in den Niederdruckzylinder der jeweiligen Zylinderbank **11, 12** überführt wird.

[0035] So wird dann, wenn im Hochdruckzylinder **14** der Zylinderbank **11** die Zündung abgeschlossen ist und bevor die Zündung im Hochdruckzylinder **17** der Zylinderbank **12** erfolgt, Abgas aus dem Hochdruckzylinder **14** der Zylinderbank **11** in den Niederdruckzylinder **16** der Zylinderbank **11** überführt. Ebenso wird nach einer Zündung im Hochdruckzylinder **17** der Zylinderbank **12** und vor der nachfolgenden Zündung im Hochdruckzylinder **15** der Zylinderbank **11** Abgas vom Hochdruckzylinder **17** der Zylinderbank **12** in den Niederdruckzylinder **19** der Zylinderbank **12** überführt. Die um die Befüllungen der Niederdruckzylinder **16** und **19** erweiterte Zündfolge der Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** lautet demnach: **14-16-17-19-15-16-18-19**.

[0036] Der Zündabstand zwischen den Hochdruckzylindern **14, 15, 17** und **18** der Zylinderbänke **11** und **12** in der obigen Zündfolge ist vom Zylinderbankversatzwinkel β , den die Hochdruckzylinder **14** und **15** der ersten Zylinderbank **11** und die Hochdruckzylinder **17** und **18** der zweiten Zylinderbank **12** in Drehrichtung bzw. Umfangsrichtung der Kurbelwelle **13** gesehen einschließen, abhängig.

[0037] Dann, wenn der Zylinderbankversatzwinkel β 120° beträgt, beträgt der Zündabstand der Zündfolge **14-17-15-18** der Hochdruckzylinder 120° - 240° - 120° - 240° . Die Beaufschlagung der Niederdruckzylinder **16, 19** mit Abgas der Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** erfolgt dann bei 90° oder 120° .

[0038] Dann, wenn der Zylinderbankversatzwinkel β 90° beträgt, beträgt der Zündabstand der Zündfolge **14-17-15-18** der Hochdruckzylinder 90° - 270° - 90° - 270° , wobei die Beaufschlagung der Niederdruckzylinder **16, 19** mit Abgas wiederum bei 90° oder 120° erfolgt.

[0039] Dann, wenn der Zylinderbankversatzwinkel β 180° beträgt, beträgt der Zündabstand der Zündfolge **14-17-15-18** der Hochdruckzylinder $180^\circ-180^\circ-180^\circ-180^\circ$, die Beaufschlagung der Niederdruckzylinder **16, 19** mit Abgas der Hochdruckzylinder erfolgt dann vorzugsweise bei 90° .

[0040] Wie bereits ausgeführt, folgt die Beaufschlagung des Abgasturboladers **34**, nämlich der Turbine desselben, mit Abgas aus den Niederdruckzylindern **16, 19** synchron dem definierten Zündabstand.

[0041] Bei einem Zylinderbankversatzwinkel β von 120° beträgt demnach der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers $120^\circ-240^\circ-120^\circ-240^\circ$.

[0042] Bei einem Zylinderbankversatzwinkel β von 90° beträgt der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers **34** $90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$.

[0043] Bei einem Zylinderbankversatzwinkel β von 180° beträgt der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers **34** $180^\circ-180^\circ-180^\circ-180^\circ$.

[0044] Die beiden nachfolgenden Tabellen I und II geben die bevorzugten Kombinationen von Zylinderbankversatzwinkel β , Zündfolge der Hochdruckzylinder, Zündabstand der Hochdruckzylinder **14, 15, 7** und **18**, Beaufschlagung der Niederdruckzylinder **16** und **19** sowie Beaufschlagung des Abgasturboladers **34** wieder.

β	Zündfolge Hochdruckzylinder	Zündabstand Hochdruckzylinder	Beaufschlagung Turbolader
90°	14-17-15-18	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$
90°	14-17-15-18	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$
180°	14-17-15-18	$180^\circ-180^\circ-180^\circ-180^\circ$	$180^\circ-180^\circ-180^\circ-180^\circ$
120°	14-17-15-18	$120^\circ-240^\circ-120^\circ-240^\circ$	$120^\circ-240^\circ-120^\circ-240^\circ$
90°	14-17-15-18	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$
120°	14-17-15-18	$120^\circ-240^\circ-120^\circ-240^\circ$	$120^\circ-240^\circ-120^\circ-240^\circ$

Tabelle I

β	Zündfolge Hochdruckzylinder	Zündabstand Hochdruckzylinder	Beaufschlagung Niederdruckzylinder
90°	14-17-15-18	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$	90°
90°	14-17-15-18	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$	90°
180°	14-17-15-18	$180^\circ-180^\circ-180^\circ-180^\circ$	90°
120°	14-17-15-18	$120^\circ-240^\circ-120^\circ-240^\circ$	90°
90°	14-17-15-18	$90^\circ-270^\circ-90^\circ-270^\circ$	120°
120°	14-17-15-18	$120^\circ-240^\circ-120^\circ-240^\circ$	120°

[0045] Der definierte Zündabstand der Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** sowie der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers **34** sowie vorzugsweise die Beaufschlagung der Niederdruckzylinder **16, 19** sind demnach vom Zylinderbankversatzwinkel β abhängig.

[0046] In der nachfolgenden Tabelle III sind weiterhin für die Kurbelwelle **13** bevorzugte Kröpfungsabstände sowie die bevorzugte Anzahl von je Hubzapfen angreifenden Pleueln wiedergegeben. So liegen solche Hubzapfen der Kurbelwelle **13**, an welchen die Pleuel der Hochdruckzylinder **14, 15, 17** und **18** angreifen, immer in einer gemeinsamen Ebene, wohingegen solche Hubzapfen der Kurbelwelle **13**, an welchen die Pleuel der Niederdruckzylinder **16** und **19** angreifen, gegenüber dieser Ebene in Drehrichtung bzw. Umfangsrichtung der Kurbelwelle gesehen versetzt sind, nämlich um einen Kröpfungswinkel. Dann wenn je Hubzapfen zwei Pleuel angreifen, greifen die Pleuel der Hubkolben der sich gegenüberliegenden Zylinder an einem gemeinsamen Hubzapfen an. Dann, wenn je Hubzapfen ein Pleuel angreift, greifen die Pleuel der Hubkolben der sich gegenüberliegenden Zylinder an einem separaten Hubzapfen an. Die Hubzapfen für die Pleuel der Hubkolben der Hochdruckzylinder liegen dabei immer in einer gemeinsamen Ebene.

β	Zündfolge Hochdruckzylinder	Kurbelwelle Kröpfungsabstand	Kurbelwelle Pleuel je Hubzapfen
90°	14-17-15-18	90°-270°	2
90°	14-17-15-18	90°-90°-90°-90°	1
180°	14-17-15-18	90°-270°	2
120°	14-17-15-18	90°-90°-90°-90°	1
90°	14-17-15-18	120°-240°	2
120°	14-17-15-18	120°-240°	2

Tabelle III

[0047] In den Tabellen I, II und III beziehen sich Angaben in identischen Zeilenpositionen auf jeweils eine gemeinsame Ausführungsvariante.

Bezugszeichenliste

- 10 Brennkraftmaschine
- 11 Zylinderbank
- 12 Zylinderbank
- 13 Kurbelwelle
- 14 Hochdruckzylinder
- 15 Hochdruckzylinder
- 16 Niederdruckzylinder
- 17 Hochdruckzylinder
- 18 Hochdruckzylinder
- 19 Niederdruckzylinder
- 20 Einlassventil
- 21 Auslassventil
- 22 Einlassventil
- 23 Auslassventil
- 24 Kraftstoff- und Verbrennungsluftzufuhr
- 25 Abgasüberströmen
- 26 Abgasabfuhr
- 27 Einlassnockenwelle
- 28 Auslassnockenwelle
- 29 Doppelnocken
- 30 Einfachnocken
- 31 Überströmkanal
- 32 Pleuel
- 33 Hubkolben
- 34 Abgasturbolader

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

- EP 1961943 A1 [[0002](#)]
- US 2009/0223482 A1 [[0003](#)]
- DE 3121301 A1 [[0004](#)]

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine, mit mindestens zwei Zylinderbänken, wobei jede Zylinderbank zwei äußere, mit Brennstoffzufuhr im Viertaktverfahren arbeitende Hochdruckzylinder und einen mittleren, ohne Brennstoffzufuhr im Zweitaktverfahren arbeitenden, wechselweise von den Hochdruckzylindern der jeweiligen Zylinderbank mit Abgas befüllten Niederdruckzylinder aufweist, wobei Hubkolben der Zylinder der Zylinderbänke über Pleuel mit Hubzapfen einer Kurbelwelle gekoppelt sind, und wobei Ventile, nämlich Einlassventile und Auslassventile, der Zylinder der Zylinderbänke über Nockenwellen ansteuerbar sind, die von der Kurbelwelle aus antreibbar sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass Abgas, welches die Niederdruckzylinder (**16, 19**) über Auslassventile (**23**) derselben verlässt, mindestens einem Abgasturbolader (**34**) zuführbar ist.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckzylinder (**14, 15, 17, 18**) der Zylinderbänke (**11, 12**) mit einer definierten Zündfolge derart betrieben werden, dass zuerst Kraftstoff bzw. ein Kraftstoff-Verbrennungsluft-Gemisch in einem ersten Hochdruckzylinder (**14**) einer ersten Zylinderbank (**11**), anschließend in einem diesem ersten Hochdruckzylinder (**14**) der ersten Zylinderbank (**11**) in Drehrichtung bzw. Umfangsrichtung der Kurbelwelle (**13**) gegenüberliegenden, ersten Hochdruckzylinder (**17**) einer zweiten Zylinderbank (**12**), anschließend in einem zweiten Hochdruckzylinder (**15**) der ersten Zylinderbank (**11**) und anschließend in einem diesem zweiten Hochdruckzylinder (**15**) der ersten Zylinderbank (**11**) in Drehrichtung bzw. Umfangsrichtung der Kurbelwelle (**13**) gegenüberliegenden, zweiten Hochdruckzylinder (**18**) der zweiten Zylinderbank (**12**) gezündet wird.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass in die obige Zündfolge Befüllungen der Niederdruckzylinder (**16, 19**) der Zylinderbänke (**11, 12**) derart eingeschoben sind, dass nach jeder Zündung in einem Hochdruckzylinder, einer Zylinderbank und vor der sich unmittelbar anschließenden Zündung in einem Hochdruckzylinder der jeweils anderen Zylinderbank Abgas aus dem Hochdruckzylinder, in welchem die Zündung abgeschlossen ist, in den Niederdruckzylinder der jeweiligen Zylinderbank überführt wird.
4. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckzylinder (**14, 15, 17, 18**) der Zylinderbänke (**11, 12**) in einer definierten Zündfolge mit einem definierten Zündabstand betrieben werden, wobei ein Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers (**34**) mit Abgas aus den Niederdruckzylindern (**16, 19**) dem definierten Zündabstand folgt.
5. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckzylinder (**14, 15**) der ersten Zylinderbank (**11**) und die Hochdruckzylinder (**17, 18**) der zweiten Zylinderbank (**12**) in Drehrichtung der Kurbelwelle (**13**) gesehen einen definierten Zylinderbankversatzwinkel (β) von 90° einschließen, wobei der Zündabstand der Zündfolge und der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers (**34**) 90° - 270° - 90° - 270° beträgt.
6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beaufschlagung der Niederdruckzylinder (**16, 19**) mit Abgas der Hochdruckzylinder bei 90° oder 120° erfolgt.
7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckzylinder (**14, 15**) der ersten Zylinderbank (**11**) und die Hochdruckzylinder (**17, 18**) der zweiten Zylinderbank (**12**) in Drehrichtung der Kurbelwelle (**13**) gesehen einen definierten Zylinderbankversatzwinkel (β) von 120° einschließen, wobei der Zündabstand der Zündfolge und der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers (**34**) 120° - 240° - 120° - 240° beträgt.
8. Brennkraftmaschine nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Beaufschlagung der Niederdruckzylinder (**16, 19**) mit Abgas der Hochdruckzylinder bei 90° oder 120° erfolgt.
9. Brennkraftmaschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckzylinder (**14, 15**) der ersten Zylinderbank (**11**) und die Hochdruckzylinder (**17, 18**) der zweiten Zylinderbank (**12**) in Drehrichtung der Kurbelwelle (**13**) gesehen einen definierten Zylinderbankversatzwinkel (β) von 180° einschließen, wobei der Zündabstand der Zündfolge und der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers (**34**) 180° - 180° - 180° - 180° beträgt.
10. Brennkraftmaschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Beaufschlagung der Niederdruckzylinder (**16, 19**) mit Abgas der Hochdruckzylinder bei 90° erfolgt.

11. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der definierte Zündabstand der Hochdruckzylinder (**14**, **15**, **17**, **18**) und der Beaufschlagungsabstand des Abgasturboladers (**34**) vom Zylinderbankversatzwinkel (β) abhängig ist.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

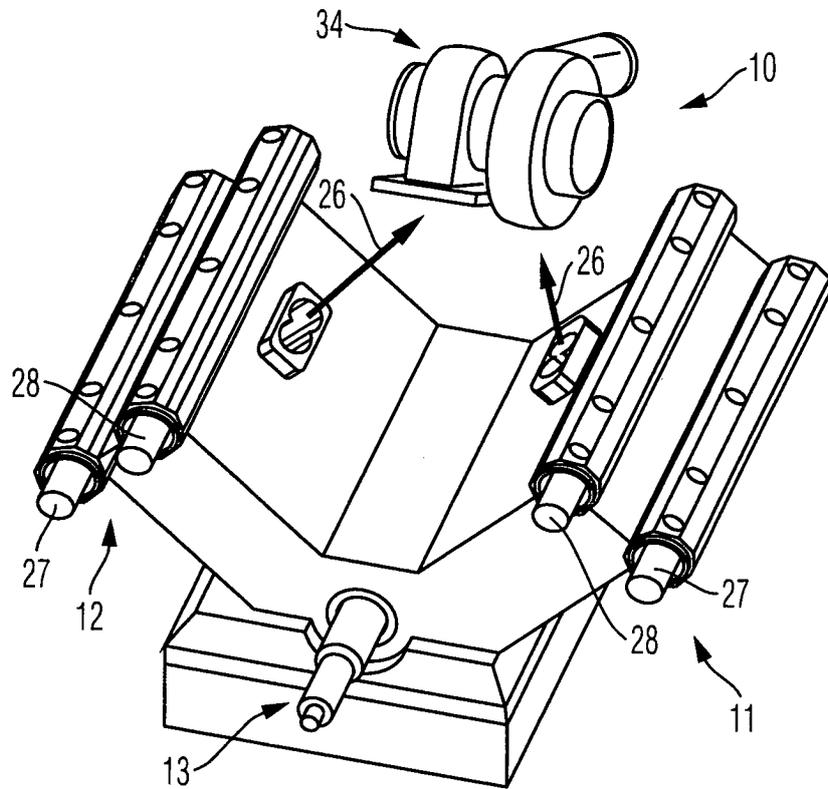


Fig. 1

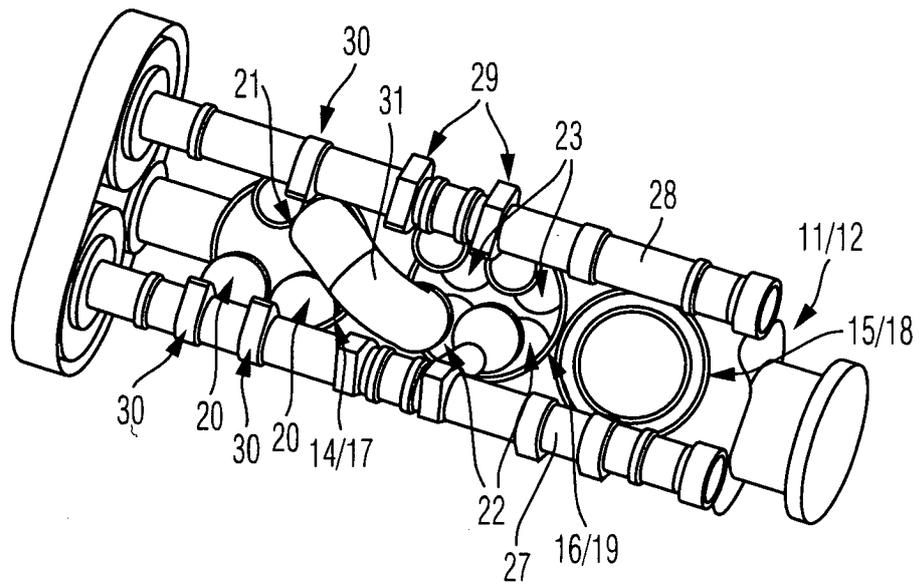


Fig. 2

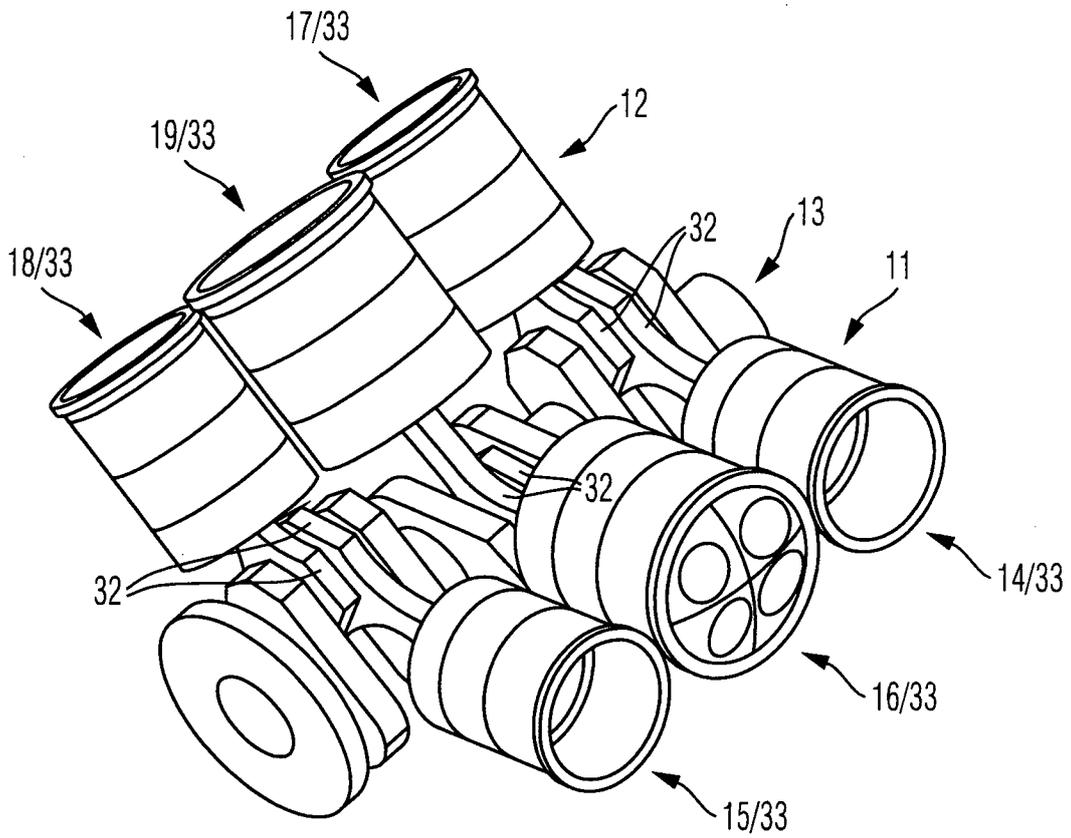


Fig. 3

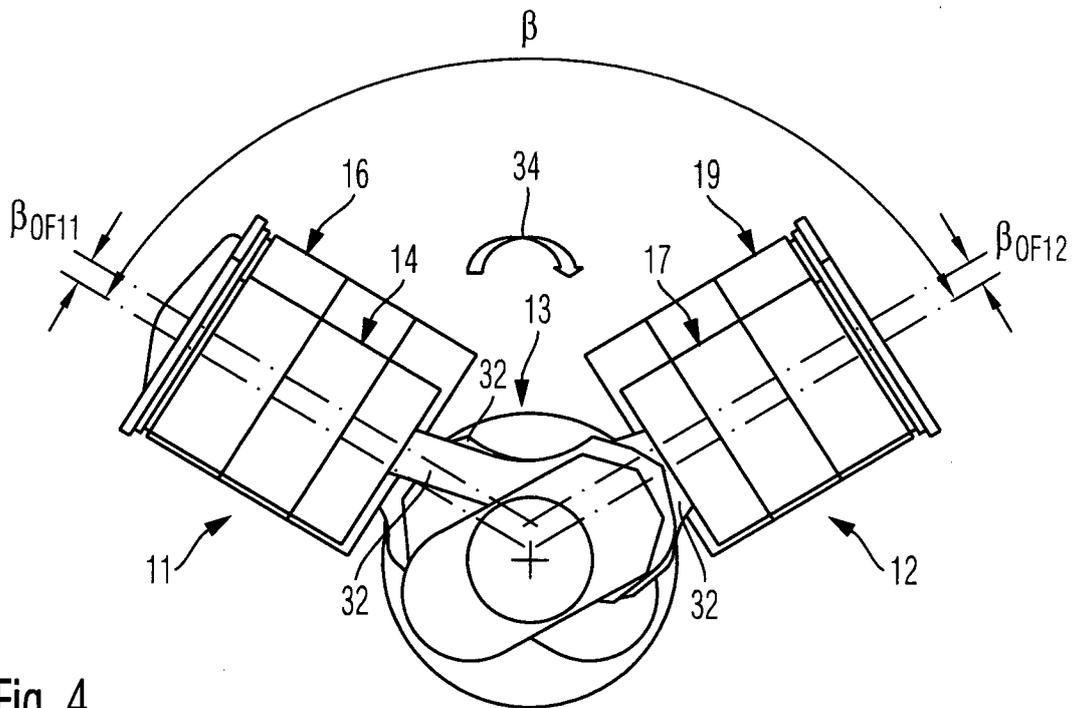


Fig. 4

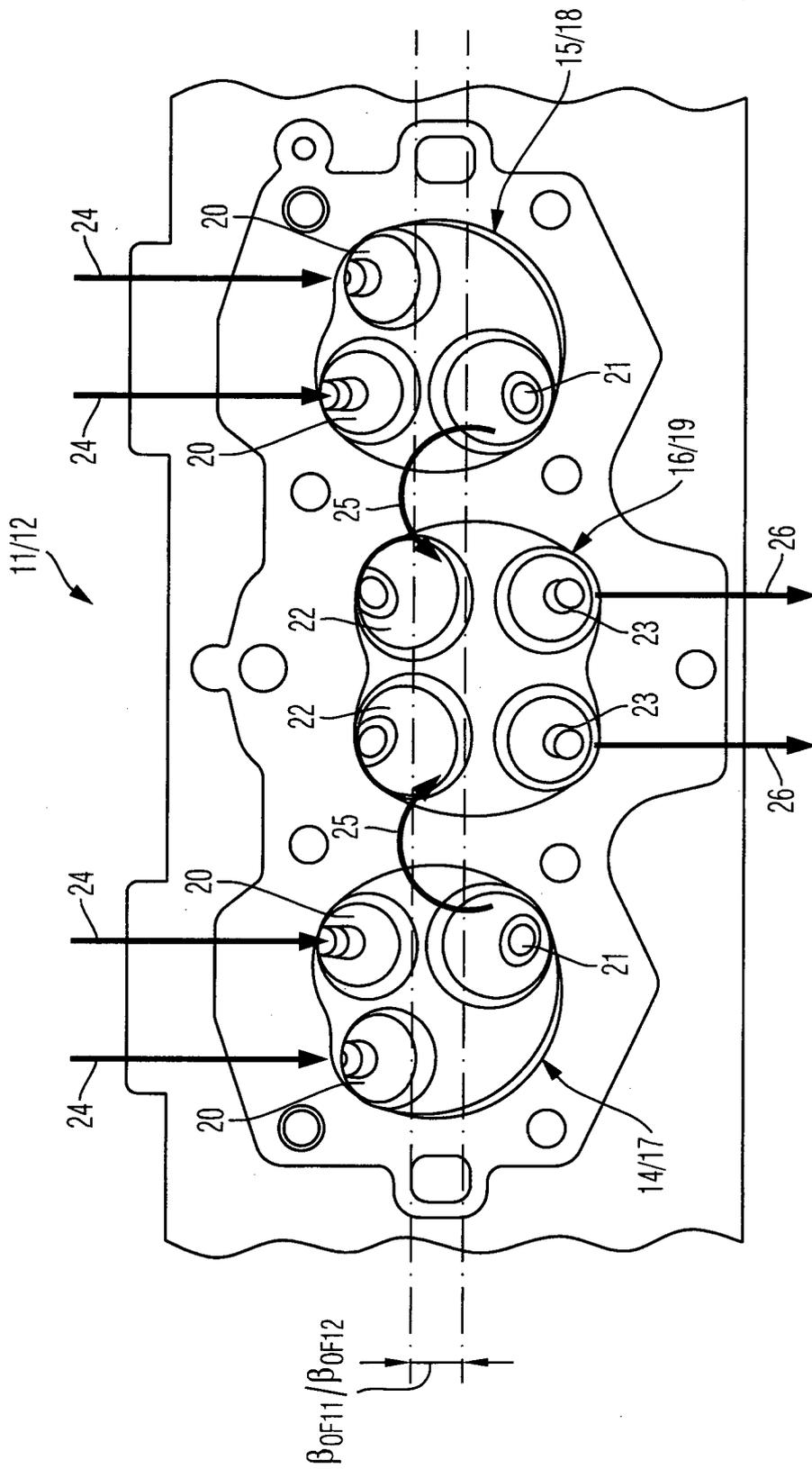


Fig. 5

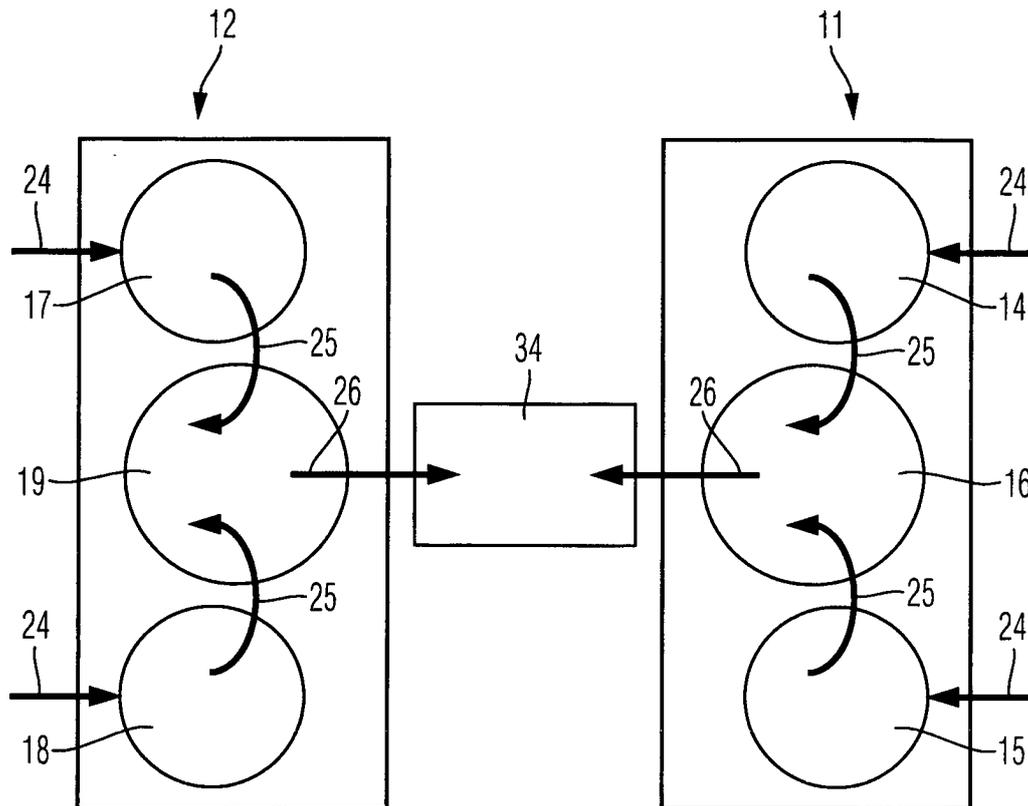


Fig. 6

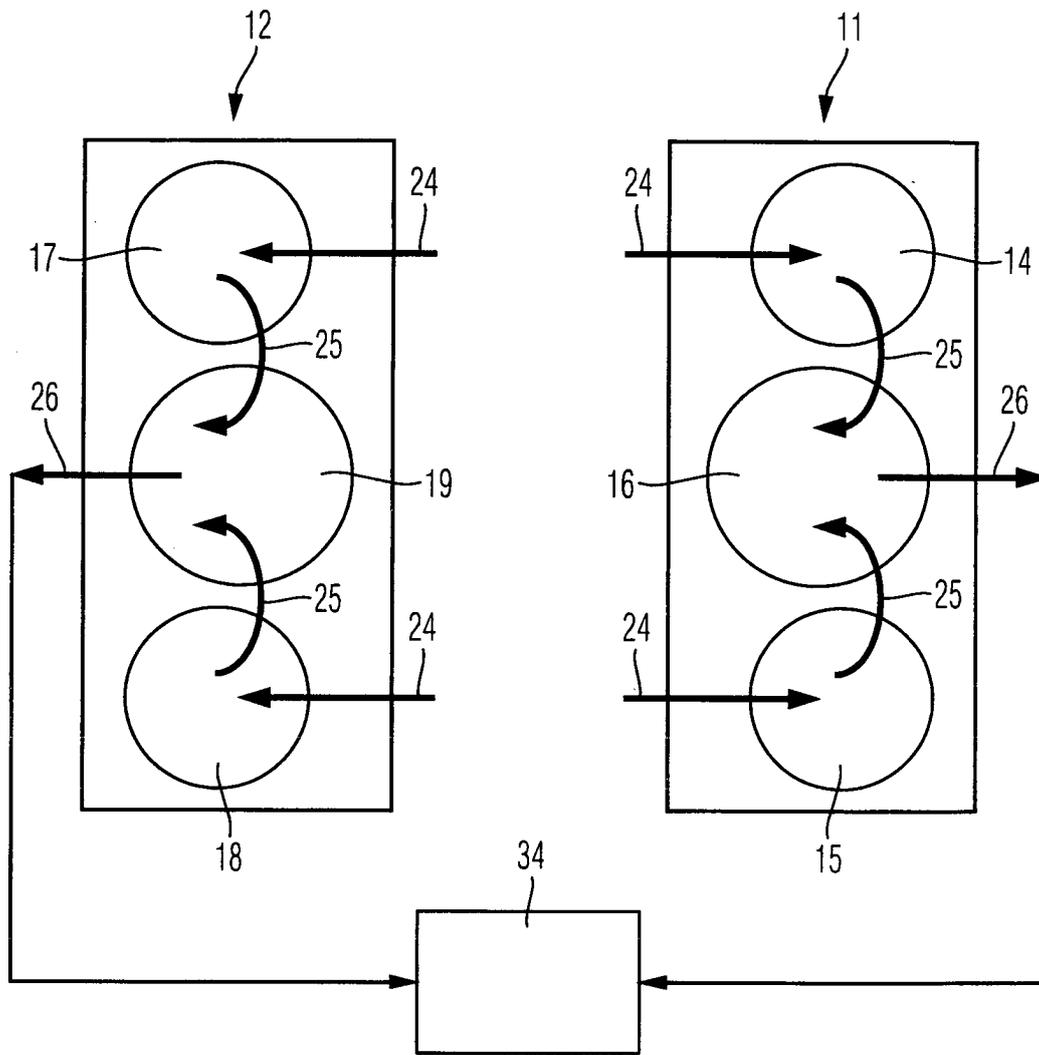


Fig. 7