



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 213 936.2**
(22) Anmeldetag: **07.08.2012**
(43) Offenlegungstag: **15.05.2014**

(51) Int Cl.: **F02F 1/42 (2006.01)**
F01N 13/10 (2010.01)
F02C 6/12 (2006.01)

(71) Anmelder:
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

(74) Vertreter:
**Drömer, Hans-Carsten, Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 50735,
Köln, DE**

(72) Erfinder:
**Weber, Carsten, Dr., 51375, Leverkusen, DE;
Wirth, Martin, 42853, Remscheid, DE; Friedfeldt,
Rainer, 50354, Hürth, DE; Bartsch, Guenther,
51645, Gummersbach, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE 10 2004 035 323 A1
DE 10 2005 054 249 A1
DE 10 2012 220 375 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Aufgeladener Vier-Zylinder-Reihenmotor mit parallel angeordneten Turbinen und Verfahren zum Betreiben eines derartigen Vier-Zylinder-Reihenmotors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine aufgeladene Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf (10) und vier entlang der Längsachse des Zylinderkopfes (10) in Reihe angeordneten Zylindern (1, 2, 3, 4), wobei jeder Zylinder (1, 2, 3, 4) mindestens eine Auslaßöffnung (5a) zum Abführen der Abgase via Abgasabführsystem (6) aus dem Zylinder (1, 2, 3, 4) aufweist und sich an jede Auslaßöffnung (5a) eine Abgasleitung (5) anschließt, bei der

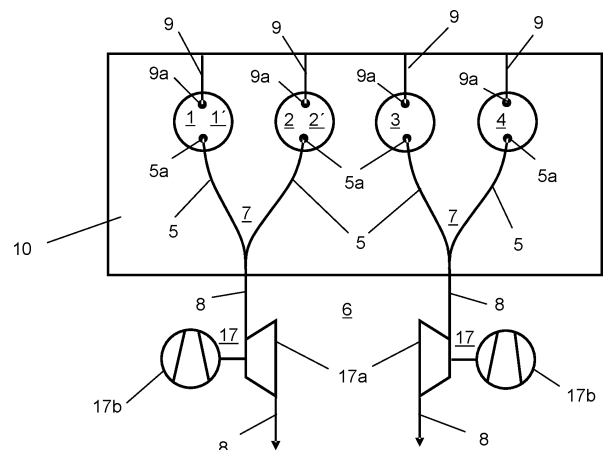
- die vier Zylinder (1, 2, 3, 4) in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils zwei Zylindern (1, 2, 3, 4) bilden,
- die Abgasleitungen (5) der Zylinder (1, 2, 3, 4) jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines Abgaskrümmers (7) jeweils zu einer Gesamtabgasleitung (8) zusammenführen, und
- in jeder Gesamtabgasleitung (8) mindestens eine Turbine (17a) eines Abgasturboladers (17) angeordnet ist.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine.

Es soll eine Brennkraftmaschine bereitgestellt werden, die hinsichtlich des Betriebsverhaltens, insbesondere hinsichtlich der Drehmomentcharakteristik, des Kraftstoffverbrauchs und/oder des Wirkungsgrades verbessert ist.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Brennkraftmaschine der genannten Art, die dadurch gekennzeichnet ist, dass

- die vier Zylinder (1, 2, 3, 4) in der Art konfiguriert sind, dass jeweils ein außenliegender Zylinder (1, 4) und der benachbarte innenliegende Zylinder (2, 3) eine Gruppe bilden, wobei die Zylinder (3, 4) einer ersten Gruppe bei in Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine dauerhaft betriebene Zylinder (3, 4) sind und die Zylinder (1, 2) einer zweiten Gruppe als lastabhängig zuschaltbare Zylinder (1', 2') ausgebildet sind, die bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last im Rahmen einer Teilabschaltung abschaltbar sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine aufgeladene Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf und vier entlang der Längsachse des Zylinderkopfes in Reihe angeordneten Zylindern, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase via Abgasabführsystem aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, bei der

- die vier Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils zwei Zylindern bilden,
- die Abgasleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines Abgaskrümmers jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, und
- in jeder Gesamtabgasleitung mindestens eine Turbine eines Abgasturboladers angeordnet ist.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine.

[0003] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfaßt der Begriff Brennkraftmaschine insbesondere Ottomotoren, aber auch Dieselmotoren und Hybrid-Brennkraftmaschinen, d. h. Brennkraftmaschinen, die mit einem Hybrid-Brennverfahren betrieben werden.

[0004] Brennkraftmaschinen verfügen über einen Zylinderblock und einen Zylinderkopf, die zur Ausbildung der Zylinder miteinander verbunden werden. Der Zylinderkopf dient üblicherweise zur Aufnahme des Ventiltriebs. Um den Ladungswechsel zu steuern, benötigt eine Brennkraftmaschine Steuerorgane und Betätigungseinrichtungen zur Betätigung dieser Steuerorgane. Zur Steuerung des Ladungswechsels werden bei Viertaktmotoren nahezu ausschließlich Hubventile als Steuerorgane verwendet, die während des Betriebs der Brennkraftmaschine eine oszillierende Hubbewegung ausführen und auf diese Weise die Ein- und Auslaßöffnungen freigeben und verschließen. Im Rahmen des Ladungswechsels erfolgt das Ausschleichen der Verbrennungsgase über die Auslaßöffnungen der vier Zylinder und das Füllen der Brennräume, d. h. das Ansaugen des Frischgemisches bzw. der Ladeluft über die Einlaßöffnungen. Der für die Bewegung der Ventile erforderliche Ventilbetätigungsmechanismus einschließlich der Ventile selbst wird als Ventiltrieb bezeichnet.

[0005] Die Ansaugleitungen, die zu den Einlaßöffnungen führen, und die Abgasleitungen, die sich an die Auslaßöffnungen anschließen, sind nach dem Stand der Technik zumindest teilweise im Zylinderkopf integriert. Die Abgasleitungen der Zylinder werden in der Regel zu einer gemeinsamen Gesamtabgasleitung oder aber gruppenweise zu zwei oder mehreren Gesamtabgasleitungen zusammen-

geführt. Die Zusammenführung von Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung wird im Allgemeinen und im Rahmen der vorliegenden Erfindung als Abgaskrümmers bezeichnet.

[0006] Die konkrete Konfiguration des Abgasabführsystems, nämlich auf welche Art und Weise die Abgasleitungen der vier Zylinder im Einzelfall zusammengeführt werden, hängt von der jeweiligen Zielsetzung ab, insbesondere davon, hinsichtlich welcher Betriebsbereiche das Betriebsverhalten der Brennkraftmaschine optimiert werden soll, und insbesondere auch davon, ob die Brennkraftmaschine mittels Abgasturboaufladung aufgeladen ist.

[0007] Moderne Brennkraftmaschinen werden zunehmend häufig mit einer Aufladung ausgestattet. In der Regel wird für die Aufladung ein Abgasturbolader eingesetzt, bei dem ein Verdichter und eine Turbine auf derselben Welle angeordnet sind. Der heiße Abgasstrom wird der Turbine zugeführt, entspannt sich unter Energieabgabe in der Turbine und versetzt dadurch die Welle des Laders in Drehung. Die vom Abgasstrom an die Turbine und schließlich an die Welle abgegebene Energie dient dem Antrieb des ebenfalls auf der Welle angeordneten Verdichters, der die ihm zugeführte Ladeluft fördert und komprimiert, wodurch die Zylinder bzw. die Brennkraftmaschine aufgeladen werden.

[0008] Die Vorteile des Abgasturboladers beispielsweise im Vergleich zu mechanischen Ladern bestehen darin, dass keine mechanische Verbindung zur Leistungsübertragung zwischen Lader und Brennkraftmaschine besteht bzw. erforderlich ist. Während ein mechanischer Lader die für seinen Antrieb benötigte Energie vollständig von der Brennkraftmaschine bezieht und somit die bereitgestellte Leistung mindert und auf diese Weise den Wirkungsgrad nachteilig beeinflusst, nutzt der Abgasturbolader die Abgasenergie der heißen Abgase.

[0009] Die Aufladung dient in erster Linie der Leistungssteigerung der Brennkraftmaschine. Die für den Verbrennungsprozeß benötigte Luft wird verdichtet, wodurch jedem Zylinder pro Arbeitsspiel eine größere Luftmasse zugeführt werden kann. Dadurch können die Kraftstoffmasse und damit der Mitteldruck gesteigert werden. Die Aufladung ist ein geeignetes Mittel, bei unverändertem Hubraum die Leistung einer Brennkraftmaschine zu steigern, oder bei gleicher Leistung den Hubraum zu reduzieren. In jedem Fall führt die Aufladung zu einer Erhöhung der Bauraumleistung und zu einer günstigeren Leistungsmasse. Bei gleichen Fahrzeugrandbedingungen läßt sich so das Lastkollektiv zu höheren Lasten hin verschieben, bei denen der spezifische Kraftstoffverbrauch niedriger ist.

[0010] Die Aufladung unterstützt folglich das ständige Bemühen in der Entwicklung von Verbrennungsmotoren, den Kraftstoffverbrauch zu minimieren, d. h. den Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine zu verbessern. Ein weiteres grundsätzliches Ziel ist es, die Schadstoffemissionen zu reduzieren. Bei der Lösung dieser Aufgabe kann die Aufladung der Brennkraftmaschine ebenfalls zielführend sein. Bei gezielter Auslegung der Aufladung können nämlich sowohl Vorteile im Wirkungsgrad als auch bei den Abgasemissionen erzielt werden.

[0011] Schwierigkeiten bereitet die Auslegung der Abgasturboaufladung, wobei grundsätzlich eine spürbare Leistungssteigerung in allen Drehzahlbereichen angestrebt wird. Bei Einsatz eines einzelnen Abgasturboladers wird ein Drehmomentabfall bei Unterschreiten einer bestimmten Drehzahl beobachtet. Verständlich wird dieser Drehmomentabfall, wenn berücksichtigt wird, dass das Ladedruckverhältnis vom Turbinendruckverhältnis abhängt. Wird die Motordrehzahl verringert, führt dies zu einem kleineren Abgasmassenstrom und damit zu einem kleineren Turbinendruckverhältnis. Dies hat zur Folge, dass zu niedrigeren Drehzahlen hin das Ladedruckverhältnis ebenfalls abnimmt, was gleichbedeutend ist mit einem Drehmomentabfall.

[0012] Grundsätzlich kann dem Abfall des Ladedruckes durch eine Verkleinerung des Turbinenquerschnittes und der damit einhergehenden Steigerung des Turbinendruckverhältnisses entgegengewirkt werden. Letztlich wird damit dem Drehmomentabfall nur in geringem Maße entgegengewirkt und der Drehmomentabfall weiter zu geringeren Drehzahlen hin verschoben. Zudem sind dieser Vorgehensweise, d. h. der Verkleinerung des Turbinenquerschnittes Grenzen gesetzt, da die gewünschte Aufladung und Leistungssteigerung auch bei hohen Drehzahlen uneingeschränkt und in dem gewünschten Maße möglich sein soll.

[0013] Die Drehmomentcharakteristik einer aufgeladenen Brennkraftmaschine wird durch unterschiedliche Maßnahmen zu verbessern versucht.

[0014] Beispielsweise durch eine kleine Auslegung des Turbinenquerschnittes und gleichzeitiger Abgasabbläsung, wobei die Abgasabbläsung mittels Ladedruck oder mittels Abgasdruck gesteuert werden kann. Eine derartige Turbine wird auch als Waste-Gate-Turbine bezeichnet. Überschreitet der Abgasmassenstrom eine kritische Größe wird ein Teil des Abgasstromes im Rahmen der sogenannten Abgasabbläsung mittels einer Bypassleitung an der Turbine vorbei geführt. Diese Vorgehensweise hat aber den Nachteil, dass das Aufladeverhalten bei höheren Drehzahlen unzureichend ist.

[0015] Grundsätzlich ist auch eine kleine Auslegung des Turbinenquerschnittes zusammen mit einer Ladeluftabbläsung möglich, wobei diese Variante aufgrund der energetischen Nachteile der Ladeluftabbläsung, nämlich der Verschlechterung des effektiven Wirkungsgrades, selten zum Einsatz kommt, und die vorhandenen Verdichter an ihre Fördergrenze geraten können und somit die gewünschte Leistung nicht mehr dargestellt werden kann.

[0016] Der Abgasturbolader kann aber auch auf hohe Drehzahlen abgestimmt mit einem großen Turbinenquerschnitt ausgelegt werden. Dabei wird das Ansaugsystem dann in der Weise gestaltet, dass durch Wellenvorgänge bei niedrigen Drehzahlen eine dynamische Aufladung erfolgt. Nachteilig sind dabei der hohe Bauaufwand und das träge Verhalten bei Drehzahländerungen.

[0017] Eine Turbine mit variabler Turbinengeometrie gestattet in einer gewissen Bandbreite eine Anpassung der Turbinengeometrie bzw. des wirksamen Turbinenquerschnittes an den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine, so dass eine Regelung der Turbinengeometrie im Hinblick auf niedrige und hohe Drehzahlen als auch für niedrige und hohe Lasten erfolgen kann.

[0018] Die Drehmomentcharakteristik einer aufgeladenen Brennkraftmaschine kann des Weiteren durch mehrere in Reihe angeordnete Abgasturbolader vorteilhaft beeinflusst werden.

[0019] Schließlich kann die Drehmomentcharakteristik auch mittels mehrerer parallel angeordneter Turbolader mit entsprechend kleinen Turbinenquerschnitten verbessert werden, wie dies bei der Brennkraftmaschine der Fall ist, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist und die über zwei parallel angeordnete Turbinen verfügt. Hinsichtlich der Konfiguration des Abgasabfuhrsystems müssen dabei zwei verschiedene Konzepte unterschieden werden.

[0020] Gemäß einem ersten Ansatz wird bei niedrigen Drehzahlen bzw. im unteren Lastbereich, d. h. bei kleineren Abgasmengen, das gesamte Abgas nur durch eine der beiden Turbinen geführt und die andere zweite Turbine mittels Absperrerelement gesperrt, d. h. abgeschaltet. Dadurch kann auch im unteren Drehzahlbereich ein ausreichend hohes Turbinendruckverhältnis generiert werden. Bei zunehmender Abgasmenge wird dann die zweite Turbine durch Öffnen des Absperrerelementes zugeschaltet.

[0021] Das Absperrerelement ist aber thermisch hochbelastet, weshalb häufig nickelhaltige Werkstoffe zur Herstellung verwendet werden müssen, die vergleichsweise kostenintensiv sind, insbesondere im Vergleich zu dem für den Zylinderkopf verwendeten Werkstoff; beispielsweise Aluminium. Zudem bereitet

neben dem Packaging die Dichtigkeit und die Standhaftigkeit, d. h. die Dauerhaltbarkeit, Probleme.

[0022] Ein Absperrelement wird entbehrlich, wenn das Abgasabführsystem entsprechend der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine konfiguriert wird. Dabei werden die vier Zylinder in der Art konfiguriert, dass sie zwei Gruppen mit jeweils zwei Zylindern bilden. Die Abgasleitungen jeder Zylindergruppe führen unter Ausbildung eines separaten Abgaskrümmers jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammen, wobei in jeder der zwei Gesamtabgasleitungen eine Turbine eines Abgasturboladers angeordnet wird. Infolge der Gruppierung fällt das Abgasvolumen stromaufwärts jeder Turbine kleiner aus, wodurch sich das Ansprechverhalten der Turbinen und damit der Turbolader und die Drehmomentcharakteristik insgesamt verbessert. Des Weiteren führt eine Gruppierung in der Regel zu einer Verkürzung der Gesamtwegstrecke aller Abgasleitungen und auch zu einer Reduzierung der Masse des Abgasabführsystems stromaufwärts der Turbinen. Durch die Reduzierung der Masse verringert sich die thermische Trägheit des relevanten Teilstücks und die Abgasenthalpie, die maßgeblich vom Druck und von der Temperatur mit bestimmt wird, kann turbinenseitig besser genutzt werden.

[0023] Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Gruppierung der Zylinder ist, dass bei niedrigen Lasten bzw. Drehzahlen, d. h. bei geringen Abgasmenigen, der Vorauslaßstoß in vorteilhafter Weise zur Stoßaufladung genutzt werden kann. Mittels Stoßaufladung können hohe Turbinendruckverhältnisse auch bei niedrigen Turbinendrehzahlen erzielt werden. Auf diese Weise können auch hohe Ladedruckverhältnisse, d. h. hohe Ladedrücke, bei nur geringen Abgasmenigen generiert werden.

[0024] Um die im Abgasabführsystem ablaufenden dynamischen Wellenvorgänge, insbesondere die Vorauslaßstöße, für die Aufladung und zur Verbesserung des Betriebsverhaltens der Brennkraftmaschine nutzen zu können, müssen die Druckspitzen bzw. Vorauslaßstöße im Abgassystem erhalten werden. Vorteilhaft ist es insbesondere, wenn sich die Druckschwankungen in den Abgasleitungen verstärken, zumindest aber nicht gegenseitig abschwächen bzw. aufheben.

[0025] Zielführend ist es dabei, die Abgasleitungen bzw. Zylinder in einer Weise zu gruppieren, dass die hohen Drücke, insbesondere die Vorauslaßstöße der einzelnen Zylinder, im Abgasabführsystem erhalten werden. Bei einem Zylinderkopf mit vier in Reihe angeordneten Zylindern ist es diesbezüglich vorteilhaft, zwei Zylinder, die einen Zündabstand von 360° KW aufweisen, jeweils zu einer Zylindergruppe zusammen zu fassen.

[0026] Die Stoßaufladung erweist sich als besonders vorteilhaft bei der Beschleunigung des Turbinenlaufrades, d. h. bei der Erhöhung der Turbinendrehzahl, die im Leerlaufbetrieb der Brennkraftmaschine bzw. bei geringer Last spürbar absinken kann und häufig bei erhöhter Lastanforderung mittels Abgasstrom möglichst verzögerungsfrei wieder angehoben werden soll. Die Trägheit des Laufrades und die Reibung in der Wellenlagerung verzögern in der Regel eine Beschleunigung des Laufrades auf höhere Drehzahlen und damit einen unmittelbaren Anstieg des Ladedrucks.

[0027] Vor dem Hintergrund des Gesagten ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine aufgeladene Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die hinsichtlich des Betriebsverhaltens, insbesondere hinsichtlich der Drehmomentcharakteristik, des Kraftstoffverbrauchs und/oder des Wirkungsgrades verbessert ist.

[0028] Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine aufzuzeigen.

[0029] Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch eine aufgeladene Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf und vier entlang der Längsachse des Zylinderkopfes in Reihe angeordneten Zylindern, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase via Abgasabführsystem aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, bei der

- die vier Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils zwei Zylindern bilden,
- die Abgasleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines Abgaskrümmers jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, und
- in jeder Gesamtabgasleitung mindestens eine Turbine eines Abgasturboladers angeordnet ist, und die dadurch gekennzeichnet ist, dass
- die vier Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass jeweils ein außenliegender Zylinder und der benachbarte innenliegende Zylinder eine Gruppe bilden, wobei die Zylinder einer ersten Gruppe bei in Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine dauerhaft betriebene Zylinder sind und die Zylinder einer zweiten Gruppe als lastabhängig zuschaltbare Zylinder ausgebildet sind, die bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last im Rahmen einer Teilabschaltung abschaltbar sind.

[0030] Bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine sind die Zylinder einer Zylindergruppe als lastabhängig zuschaltbare Zylinder ausgebildet. Diese Gruppe wird im Folgenden zum Zwecke der Unterscheidung als zweite Gruppe bezeichnet, wohingegen

gen die – bei in Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine – dauerhaft betriebene Zylindergruppe als erste Gruppe bezeichnet wird.

[0031] Die Zylinderabschaltung, d. h. die Abschaltung einzelner Zylinder in bestimmten Lastbereichen, ist eine Vorgehensweise zur Entdrosselung eines Ottomotors. Der Wirkungsgrad des Ottomotors im Teillastbereich kann hierdurch verbessert, d. h. erhöht werden, denn die Abschaltung eines Zylinders einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine, erhöht bei konstanter Motorleistung die Belastung der übrigen noch in Betrieb befindlichen Zylinder, so dass die Drosselklappe zum Einbringen einer größeren Luftmasse in diese Zylinder weiter geöffnet werden kann bzw. muß, wodurch insgesamt eine Entdrosselung der Brennkraftmaschine erreicht wird. Die ständig in Betrieb befindlichen Zylinder arbeiten dann auch im Teillastbetrieb des Ottomotors in Bereichen höherer Lasten, in denen der spezifische Kraftstoffverbrauch niedriger ist. Das Lastkollektiv wird zu höheren Lasten hin verschoben.

[0032] Die während der Teilabschaltung weiter betriebenen Zylinder weisen aufgrund der größeren zugeführten Luftmasse zudem eine verbesserte Gemischbildung auf und tolerieren höhere Abgasrückführaten.

[0033] Weitere Wirkungsgradvorteile ergeben sich dadurch, dass ein abgeschalteter Zylinder infolge der fehlenden Verbrennung keine Wandwärmeverluste infolge eines Wärmeüberganges von den Verbrennungsgasen an die Brennraumwände generiert.

[0034] Die Teilabschaltung hat im Zusammenwirken mit einer Abgasturboaufladung weitere Vorteile, wenn die Zylinder in der erfindungsgemäßen Art konfiguriert werden, d. h. zwei Zylindergruppen mit jeweils zwei Zylindern gebildet werden und die Abgasleitungen jeder Zylindergruppe getrennt von den Abgasleitungen der anderen Zylindergruppe unter Ausbildung eines eigenständigen Abgaskrümmers jeweils zu einer separaten Gesamtabgasleitung zusammengeführt werden. Die dadurch realisierten Vorteile gehen weit über die der reinen Teilabschaltung hinaus. Es ergeben sich Synergien, wenn die Teilabschaltung bei der erfindungsgemäß aufgeladenen Brennkraftmaschine angewendet wird.

[0035] Wird im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine die zweite Zylindergruppe bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last abgeschaltet, erhöht sich die der ersten Zylindergruppe zugeführte Ladeluftmasse und damit die aus dieser Zylindergruppe im Rahmen des Ladungswechsels abgeführte Abgasmenge, weshalb der ersten Turbine, die der ersten Zylindergruppe zugeordnet ist und von dieser mit Abgas versorgt wird, im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine mehr Abgas zugeführt, d. h. bereitgestellt, wird als bei Aus-

führungsformen nach dem Stand der Technik. Dadurch verbessern sich das Betriebsverhalten des Laders und damit das Betriebsverhalten der Brennkraftmaschine.

[0036] Obwohl Dieselmotoren, d. h. selbstzündende Brennkraftmaschinen, aufgrund der angewandten Qualitätsregelung einen höheren Wirkungsgrad, d. h. einen niedrigeren Kraftstoffverbrauch, aufweisen als Ottomotoren, bei denen die Last mittels Quantitätsregelung über die Füllung der Zylinder mit Frischgemisch eingestellt wird, kann auch bei Dieselmotoren der Kraftstoffverbrauch mittels Teilabschaltung, d. h. mittels Abschaltung einzelner Zylinder in bestimmten Lastbereichen, verringert werden. Es gilt das im Zusammenhang mit Ottomotoren Gesagte in analoger Weise auch für Dieselmotoren.

[0037] Damit wird die erste der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich eine aufgeladene Brennkraftmaschine bereitgestellt, die hinsichtlich des Betriebsverhaltens, insbesondere hinsichtlich der Drehmomentcharakteristik, des Kraftstoffverbrauchs und/oder des Wirkungsgrades verbessert ist.

[0038] Die erfindungsgemäße Gruppierung der vier Zylinder, bei der jeweils ein außenliegender Zylinder und der benachbarte innenliegende Zylinder eine Gruppe bilden, hat gegenüber der üblichen Zylindergruppierung eines Vier-Zylinder-Reihenmotors den wesentlichen Vorteil, dass die beiden ausgebildeten Abgaskrümmers im Zylinderkopf nebeneinander angeordnet sind, d. h. entlang der Längsachse des Zylinderkopfes benachbart zueinander, wobei die beiden Abgaskrümmers gleichweit beabstandet zur Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes aus dem Zylinderkopf austreten können, d. h. auf gleicher Höhe, wodurch sich ein Zylinderkopf von geringer Bauhöhe realisieren läßt, was vorteilhaft ist hinsichtlich des Packings im Motorraum. Das Anschließen und Anordnen der Abgasturbolader vereinfacht sich ebenfalls. Es läßt sich ohne weiteres eine möglichst motornahe Anordnung der Turbinen realisieren.

[0039] Hingegen sind die zwei Abgaskrümmers bei einer üblichen Zylindergruppierung nach dem Stand der Technik, bei der die innenliegenden Zylinder eine Zylindergruppe und die außenliegenden Zylinder eine Zylindergruppe bilden, im Zylinderkopf zumindest teilweise übereinander angeordnet, weshalb der Zylinderkopf eine entsprechend große Bauhöhe aufweist. Die beiden Abgaskrümmers treten unterschiedlich weit beabstandet zur Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes aus dem Zylinderkopf aus, d. h. nicht auf gleicher Höhe. Das Anschließen und Anordnen der Abgasturbolader gestaltet sich wesentlich schwieriger aufgrund des in der Regel nur geringen Abstandes der Krümmers zueinander.

[0040] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine werden im Zusammenhang mit den Unteransprüchen erörtert.

[0041] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die Gesamtabgasleitungen der zwei Zylindergruppen stromabwärts der Turbinen zu einer gemeinsamen Abgasleitung zusammenführen. Die Zusammenführung der Gesamtabgasleitungen reduziert die Gesamtwegstrecke der Abgasleitungen und hat zudem Vorteile hinsichtlich einer Abgasnachbehandlung, da das gesamte Abgas im Rahmen einer gemeinsamen Abgasnachbehandlung behandelt werden kann, insbesondere von einem Abgasnachbehandlungssystem einer bestimmten Art jeweils nur ein Exemplar vorgeesehen werden muß.

[0042] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die Brennkraftmaschine eine fremdgezündete Brennkraftmaschine ist. Wie bereits dargelegt besteht aufgrund der Quantitätsregelung bei Ottomotoren ein größerer Bedarf für Konzepte zur Verbesserung des Wirkungsgrades, weshalb sich eine fremdgezündete Brennkraftmaschine besonders dafür eignet erfindungsgemäß ausgebildet zu werden.

[0043] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die Abgasleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen.

[0044] Den Abgaskrümmen – wie vorstehend beschrieben – weitestgehend in den Zylinderkopf zu integrieren, d. h. die Zusammenführung der Abgasleitungen der Zylindergruppen zu einer Gesamtabgasleitung möglichst umfänglich bereits im Zylinderkopf vorzunehmen, hat eine Vielzahl von Vorteilen.

[0045] Zum einen führt die Integration der Krümmen zu einer kompakteren Bauweise der Brennkraftmaschine und einem dichteren Packaging der gesamten Antriebseinheit im Motorraum. Zum anderen ergeben sich Kostenvorteile bei der Herstellung und der Montage. Das Gewicht wird ebenfalls reduziert.

[0046] Die kurzen Abgasleitungen wirken sich auch vorteilhaft auf die Anordnung und den Betrieb eines Abgasnachbehandlungssystems aus, welches stromabwärts der Zylinder vorgesehen sein kann. Der Weg der heißen Abgase zu den Abgasnachbehandlungssystemen sollte möglichst kurz sein, damit den Abgasen wenig Zeit zur Abkühlung eingeräumt wird und die Abgasnachbehandlungssysteme möglichst schnell ihre Betriebstemperatur bzw. Anspringtemperatur erreichen, insbesondere nach einem Kaltstart der Brennkraftmaschine. Insofern ist es zielführend, die thermische Trägheit des Teilstücks der Ab-

gasleitungen zwischen Auslaßöffnung am Zylinder und Abgasnachbehandlungssystem zu minimieren, was durch Reduzierung der Masse und der Länge dieses Teilstückes erreicht werden kann, d. h. durch Verkürzung der entsprechenden Abgasleitungen mittels Integration der Krümmen.

[0047] Bei mittels Abgasturbolader aufgeladenen Brennkraftmaschinen wird angestrebt, die Turbinen möglichst nahe am Auslaß, d. h. den Auslaßöffnungen der Zylinder, anzuordnen, um auf diese Weise die Abgasenthalpie der heißen Abgase, die maßgeblich vom Abgasdruck und der Abgastemperatur bestimmt wird, optimal nutzen zu können und ein schnelles Ansprechverhalten der Turbolader zu gewährleisten. Auch dabei sollte die thermische Trägheit und das Volumen des Leitungssystems zwischen den Auslaßöffnungen der Zylinder und der jeweiligen Turbine minimiert werden, weshalb wiederum die Verkürzung der Leitungen durch Integration der Abgaskrümmen in den Zylinderkopf zielführend ist.

[0048] Des Weiteren kann es bei flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschinen vorteilhaft sein, die Abgaskrümmen in den Zylinderkopf zu integrieren, um von einer im Zylinderkopf vorgesehenen Kühlung partizipieren zu können und die Krümmen nicht aus thermisch hoch belastbaren Werkstoffen, die kostenintensiv sind, fertigen zu müssen.

[0049] Häufig führt die Integration der Abgaskrümmen in den Zylinderkopf dazu, dass sich die Zylinder beim Ladungswechsel gegenseitig beeinflussen. Erfindungsgemäß kann dies dadurch vermieden werden, dass eine Gruppe nur zwei Zylinder umfaßt und diese beiden Zylinder mit einem Abstand von 360°KW betrieben werden, d. h. die Verbrennung in den zwei Zylindern einer Gruppe im Abstand von 360°KW initiiert wird.

[0050] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen die Abgaskrümmen der zwei Zylindergruppen stromaufwärts der Turbinen via Verbindungsleitung miteinander verbindbar sind, wobei in der Verbindungsleitung ein Absperrerelement angeordnet ist.

[0051] Das Abgasvolumen stromaufwärts einer Turbine kann dann variiert werden, d. h. unterschiedlichen Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine, insbesondere unterschiedlich großen Abgasmenge, angepaßt werden, wobei es sich für die Stoßaufladung bei kleinen Abgasmenge als vorteilhaft erweist, die Zylinder in einer Weise zu gruppieren, dass die Vorauslaßstöße der einzelnen Zylinder im Abgasabfuhrsystem erhalten werden. Bei einem Zylinderkopf mit vier in Reihe angeordneten Zylindern ist es diesbezüglich vorteilhaft, zwei Zylinder, die einen Zündabstand von 360°KW aufweisen, jeweils zu einer Zylindergruppe zusammen zu fassen und die

beiden Abgaskrümmen durch Verschließen des Absperr-elementes in der Verbindungsleitung voneinander getrennt zu halten.

[0052] Um hingegen eine stromabwärts der Zylinder im Abgassystem vorgesehene Turbine bei großen Abgasmengen optimal betreiben zu können, sollte die Turbine mit einem möglichst konstanten Abgasstrom beaufschlagt werden, weshalb unter diesen Betriebsbedingungen ein sich wenig verändernder Druck stromaufwärts der Turbine bevorzugt wird, um eine sogenannte Stauaufladung zu realisieren.

[0053] Durch ein entsprechend großes Abgasvolumen stromaufwärts der Turbine können die Druckpulsationen in den Abgasleitungen geglättet werden. Insofern kann sich das Verbinden der Abgaskrümmen der zwei Zylindergruppen stromaufwärts der Turbinen via Verbindungsleitung bei größeren Abgas-mengen als vorteilhaft erweisen.

[0054] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen

- jeder Zylinder mindestens eine Einlaßöffnung zum Zuführen von Ladeluft via Ansaugsystem aufweist, wobei sich an jede Einlaßöffnung eine Ansaugleitung anschließt,
- die Ansaugleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines Ansaugkrümmers jeweils zu einer Gesamtansaugleitung zusammenführen, und
- in jeder Gesamtansaugleitung mindestens ein Verdichter eines Abgasturboladers angeordnet ist.

[0055] Wenn die Zylinder in der erfindungsgemäßen Weise gruppiert sind und die Abgaskrümmen der beiden Gruppen in der erfindungsgemäßen Art konfiguriert werden, ist es vorteilhaft, das Ansaugsystem in einer dazu korrespondierenden Weise, nämlich wie vorstehend beschrieben, auszubilden. Dann können die auf der Abgasseite realisierten Vorteile bei der Generierung eines ausreichend hohen Turbinendruckverhältnisses auf der Einlaßseite zur Erzeugung eines zufriedenstellenden Ladedrucks mittels der beiden Verdichter bestens genutzt werden.

[0056] Der Ventiltrieb soll die Einlaßöffnungen und Auslaßöffnungen der Zylinder während des Ladungswechsels rechtzeitig freigeben und verschließen. Dabei wird eine schnelle Freigabe möglichst großer Strömungsquerschnitte angestrebt, um die Drosselverluste in der einströmenden Ladeluftströmung bzw. ausströmenden Abgasströmung möglichst gering zu halten und eine gute Füllung des Brennraumes mit Frischgemisch bzw. ein effektives, d. h. vollständiges Abführen der Abgase zu gewährleisten.

[0057] Aus den vorstehend genannten Gründen sind daher Ausführungsformen der aufgeladenen Brenn-

kraftmaschine vorteilhaft, bei denen jeder Zylinder zwei Auslaßöffnungen zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder via Abgasabfuhrsystem aufweist.

[0058] Aus denselben Gründen sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine vorteilhaft, bei denen jeder Zylinder zwei Einlaßöffnungen zum Zuführen von Ladeluft via Ansaugsystem aufweist.

[0059] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei denen eine zu einem Kurbeltrieb gehörende Kurbelwelle vorgesehen ist, die für jeden Zylinder eine dem Zylinder zugehörige Kurbelwellenkröpfung aufweist, wobei

- die Kurbelwellenkröpfungen entlang der Längsachse der Kurbelwelle beabstandet zueinander angeordnet sind,
- die beiden Kurbelwellenkröpfungen der zwei Zylinder jeder Zylindergruppe in Umfangsrichtung um die Längsachse der Kurbelwelle herum keinen Versatz aufweisen, so dass die beiden Zylinder einer Zylindergruppe mechanisch gleichlaufende Zylinder sind, und
- die Kurbelwellenkröpfungen der einen Zylindergruppe in Umfangsrichtung um 180° verdreht um die Längsachse herum gegenüber den Kurbelwellenkröpfungen der anderen Zylindergruppe auf der Kurbelwelle angeordnet sind.

[0060] Damit sich die Zylinder einer Gruppe beim Ladungswechsel nicht gegenseitig beeinflussen, insbesondere nicht behindern, werden die vier Zylinder vorzugsweise in der Art betrieben, dass die Zylinder einer Zylindergruppe einen möglichst großen Versatz hinsichtlich der Arbeitsprozesse aufweisen. Hierzu wird im normalen Betrieb der Brennkraftmaschine abwechselnd bei einem Zylinder der ersten Zylindergruppe und einem Zylinder der zweiten Zylindergruppe die Verbrennung – beispielweise mittels Fremdzündung – initiiert. Vorteilhaft können dabei Verfahrensvarianten sein, bei denen die Zylinder in der Reihenfolge 1-3-2-4 oder in der Reihenfolge 1-4-2-3 gezündet werden. Die Numerierung der Zylinder einer Brennkraftmaschine ist in der DIN 73021 geregelt. Bei Reihenmotoren werden die Zylinder der Reihe nach durchgezählt.

[0061] Die Zylinder werden im Abstand von jeweils 180°KW gezündet, so dass ausgehend vom ersten Zylinder die Zündzeitpunkte in °KW gemessen die Folgenden sind: 0–180–360–540. Folglich weisen die Zylinder einer Zylindergruppe einen thermodynamischen Versatz von 360°KW auf. Berücksichtigt man weiter, dass die Auslaßventile in der Regel eine Öffnungsdauer zwischen 220°KW und 260°KW haben, wird deutlich, dass sich die Zylinder einer Gruppe bei der gewählten Zündfolge nicht beim Ladungswechsel beeinflussen können, und zwar völlig unabhängig davon, wie zügig die Zusammenführung der Abgaslei-

tungen stromabwärts der Auslaßöffnungen zu einer Gesamtabgasleitung erfolgt.

[0062] Eine von der herkömmlichen Zündfolge 1-3-4-2 abweichende Zündfolge erfordert auch eine von der herkömmlichen Kurbelwelle abweichende Kurbelwelle, d. h. eine von der herkömmlichen Kurbelwellenkröpfung abweichende Kurbelwellenkröpfung.

[0063] Gemäß der in Rede stehenden Ausführungsform wird eine Kurbelwelle eingesetzt, mit der die Zylinder einer Zylindergruppe mechanisch gleichlaufen, d. h. zu demselben Zeitpunkt den oberen und unteren Totpunkt durchlaufen. Die dazugehörigen Kurbelwellenkröpfungen der beiden Zylinder dürfen hierzu in Umfangsrichtung um die Längsachse der Kurbelwelle herum keinen Versatz aufweisen. Der thermodynamische Versatz von 360°KW wird dann durch die Zündfolge realisiert.

[0064] Um im Hinblick auf die Gesamtheit der vier Zylinder einen Zündabstand von jeweils 180°KW zu realisieren, sind die Kurbelwellenkröpfungen der einen Zylindergruppe gegenüber den Kurbelwellenkröpfungen der anderen Zylindergruppe in Umfangsrichtung um 180° verdreht auf der Kurbelwelle angeordnet.

[0065] Die eingesetzten Turbinen können grundsätzlich mit einer variablen Turbinengeometrie ausgestattet werden, die durch Verstellen an den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine angepaßt werden kann. Die Waste-Gate-Bauweise kann im Einzelfall auch vorteilhaft sein.

[0066] Vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen die aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer Flüssigkeitskühlung ausgestattet ist.

[0067] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen, bei denen der Zylinderkopf zur Ausbildung der Flüssigkeitskühlung mit mindestens einem integrierten Kühlmittelmantel ausgestattet ist.

[0068] Insbesondere aufgeladene Brennkraftmaschinen sind thermisch hoch belastet, weshalb höhere Anforderungen an die Kühlung zu stellen sind. Mit einer Flüssigkeitskühlung können große Wärmemengen abgeführt werden, weshalb es vorteilhaft ist, die Brennkraftmaschine mit einer Flüssigkeitskühlung auszustatten.

[0069] Die Flüssigkeitskühlung erfordert die Ausstattung der Brennkraftmaschine, d. h. des Zylinderkopfes bzw. des Zylinderblocks, mit einem integrierten Kühlmittelmantel, d. h. die Anordnung von das Kühlmittel durch den Zylinderkopf bzw. Zylinderblock führenden Kühlmittelkanälen. Die Wärme wird bereits im Inneren des Bauteils an das Kühlmittel abgegeben.

Das Kühlmittel wird dabei mittels einer im Kühlkreislauf angeordneten Pumpe gefördert, so dass es im Kühlmittelmantel zirkuliert. Die an das Kühlmittel abgegebene Wärme wird auf diese Weise aus dem Inneren des Kopfes bzw. Blocks abgeführt und dem Kühlmittel in einem Wärmetauscher wieder entzogen.

[0070] Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe, nämlich ein Verfahren zum Betreiben einer aufgeladenen Brennkraftmaschine gemäß einer zuvor beschriebenen Art aufzuzeigen, wird gelöst durch ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass bei den Zylindern die Verbrennung im Abstand von 180°KW initiiert wird.

[0071] Die Initiierung, d. h. Einleitung der Verbrennung kann sowohl durch eine Fremdzündung, beispielsweise mittels Zündkerze, als auch durch Selbstzündung bzw. Kompressionszündung erfolgen. Insofern lässt sich das Verfahren bei Ottomotoren, aber auch bei Dieselmotoren und Hybrid-Brennkraftmaschinen anwenden.

[0072] Das im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine Gesagte gilt ebenfalls für das erfindungsgemäße Verfahren.

[0073] Vorteilhaft können Verfahrensvarianten sein, die dadurch gekennzeichnet sind, dass bei den Zylindern die Verbrennung in der Reihenfolge 1-3-2-4 und im Abstand von 180°KW initiiert wird, wobei die Zylinder beginnend mit einem außenliegenden Zylinder der Reihe nach entlang der Längsachse des Zylinderkopfes durchgezählt und numeriert werden.

[0074] Vorteilhaft können aber auch Verfahrensvarianten sein, die dadurch gekennzeichnet sind, dass bei den Zylindern die Verbrennung in der Reihenfolge 1-4-2-3 und im Abstand von 180°KW initiiert wird, wobei die Zylinder beginnend mit einem außenliegenden Zylinder der Reihe nach entlang der Längsachse des mindestens einen Zylinderkopfes durchgezählt und numeriert werden.

[0075] Bei Brennkraftmaschinen, deren Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung mit Zündvorrichtungen ausgestattet sind, sind Verfahrensvarianten vorteilhaft, bei denen die Zylinder im Abstand von 180°KW mittels Fremdzündung gezündet werden.

[0076] Bei Brennkraftmaschinen, deren Zylinder mittels Selbstzündung betrieben werden, sind Verfahrensvarianten vorteilhaft, bei denen die Selbstzündung der Zylinder im Abstand von 180°KW eingeleitet wird.

[0077] Vorteilhaft sind Verfahrensvarianten, bei denen die beiden Zylinder der zweiten Gruppe

- bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last T_{down} abgeschaltet werden, und
- bei Überschreiten einer vorgebbaren Last T_{up} zugeschaltet werden.

[0078] Vorteilhaft können dabei Verfahrensvarianten sein, bei denen die vorgebbare Last T_{down} und/oder T_{up} von der Drehzahl n der Brennkraftmaschine abhängig ist.

[0079] Vorteilhaft sind Verfahrensvarianten, bei denen die Kraftstoffversorgung eines abgeschalteten Zylinders und/oder die Fremdzündung eines abgeschalteten Zylinders deaktiviert werden.

[0080] Bei einer nicht aufgeladenen Brennkraftmaschine korrespondiert die Abgasmenge näherungsweise mit der Drehzahl und/oder Last der Brennkraftmaschine und zwar abhängig von der im Einzelfall verwendeten Laststeuerung. Bei einem traditionellen Ottomotor mit Quantitätsregelung steigt die Abgasmenge auch bei konstanter Drehzahl mit zunehmender Last an, wohingegen die Abgasmenge bei traditionellen Dieselmotoren mit Qualitätsregelung lediglich drehzahlabhängig ist, weil bei Laständerung und konstanter Drehzahl die Gemischzusammensetzung, nicht jedoch die Gemischmenge variiert.

[0081] Bei einer mittels Abgasturboaufladung aufgeladenen Brennkraftmaschine muß berücksichtigt werden, dass sich der Ladedruck auf der Ansaugseite mit der Last und/oder der Drehzahl ändern kann und Einfluß auf die Abgasmenge hat. Die vorstehend vereinfacht dargestellten Zusammenhänge zwischen der Abgasmenge und der Last bzw. Drehzahl gelten dann folglich nicht in dieser allgemeinen Form.

[0082] Daher kann es vorteilhaft sein, hinsichtlich der Teilabschaltung auf die Abgasmenge abzustellen und nicht auf die Last. Wenn die Abgasmenge eine vorgebbare Abgasmenge unterschreitet, erfolgt eine Teilabschaltung.

[0083] Vorteilhaft können insofern Verfahrensvarianten sein, bei denen die beiden Zylinder der zweiten Gruppe

- bei Unterschreiten einer vorgebbaren Abgasmenge abgeschaltet werden, und
- bei Überschreiten einer vorgebbaren Abgasmenge zugeschaltet werden.

[0084] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels gemäß den **Fig. 1** bis **Fig. 3** näher beschrieben. Hierbei zeigt:

[0085] **Fig. 1** schematisch das Fragment einer ersten Ausführungsform der Brennkraftmaschine,

[0086] **Fig. 2** schematisch die in den Zylinderkopf integrierten Abgaskrümmern der in **Fig. 1** dargestellten ersten Ausführungsform der Brennkraftmaschine in der Draufsicht, und

[0087] **Fig. 3** eine Ausführungsform der Kurbelwelle der Brennkraftmaschine als Prinzipskizze.

[0088] **Fig. 1** zeigt schematisch das Fragment einer ersten Ausführungsform des Vier-Zylinder-Reihenmotors. Die Zylinder **1, 2, 3, 4** sind entlang der Längsachse des Zylinderkopfes **10** angeordnet. Jeder Zylinder **1, 2, 3, 4** ist mit einer Auslaßöffnung **5a** ausgestattet, an welche sich eine Abgasleitung **5** zum Abführen der Abgase via Abgasabfuhrsystem **6** aus dem Zylinder **1, 2, 3, 4** anschließt.

[0089] Die vier Zylinder **1, 2, 3, 4** bilden zwei Gruppen mit jeweils zwei Zylindern **1, 2, 3, 4**, wobei jeweils ein außenliegender Zylinder **1, 4** und der benachbarte innenliegende Zylinder **2, 3** eine Gruppe bilden. Die Abgasleitungen **5** der Zylinder **1, 2, 3, 4** jeder Zylindergruppe führen jeweils unter Ausbildung eines separaten Abgaskrümmers **7** zu einer Gesamtabgasleitung **8** zusammen. In jeder Gesamtabgasleitung **8** ist die Turbine **17a** eines Abgasturboladers **17** angeordnet, welche einen dazugehörigen im Ansaugsystem angeordneten Verdichter **17b** antreibt. Bei der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform sind die beiden Abgaskrümmern **7** in den Zylinderkopf **10** integriert, d. h. die Abgasleitungen **5** jeder Gruppe führen innerhalb des Zylinderkopfes **10** zu einer Gesamtabgasleitung **8** zusammen.

[0090] Bei in Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine stellen die Zylinder **3, 4** einer ersten Gruppe dauerhaft betriebene Zylinder **3, 4** der Brennkraftmaschine dar, wohingegen die Zylinder **1, 2** einer zweiten Gruppe als lastabhängig zuschaltbare Zylinder **1', 2'** ausgebildet sind, die bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last im Rahmen einer Teilabschaltung abgeschaltet werden.

[0091] **Fig. 2** zeigt schematisch die beiden in den Zylinderkopf **10** integrierten Abgaskrümmern **7** der in **Fig. 1** dargestellten ersten Ausführungsform der Brennkraftmaschine in der Draufsicht. Es soll nur ergänzend zu **Fig. 1** ausgeführt werden, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf **Fig. 1** und die dazugehörige Beschreibung. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0092] Die Abgasleitungen **5** der beiden Zylindergruppen führen getrennt voneinander unter Ausbildung von zwei integrierten Abgaskrümmern **7** innerhalb des Zylinderkopfes zu Gesamtabgasleitungen **8** zusammen.

[0093] **Fig. 3** zeigt eine Ausführungsform der Kurbelwelle **15** der Brennkraftmaschine als Prinzipskizze.

[0094] Die dargestellte Kurbelwelle **15** verfügt über fünf Lager **16** und weist für jeden Zylinder eine dem Zylinder zugehörige Kurbelwellenkröpfung **11, 12, 13, 14** auf. Die Kurbelwellenkröpfungen **11, 12, 13, 14** sind entlang der Längsachse **15a** der Kurbelwelle **15** beabstandet zueinander angeordnet, wobei die beiden Kurbelwellenkröpfungen **11, 12, 13, 14** der zwei Zylinder jeder Zylindergruppe in Umfangsrichtung um die Längsachse **15a** der Kurbelwelle **15** herum keinen Versatz aufweisen, so dass die Zylinder jeder Zylindergruppe mechanisch gleichlaufende Zylinder sind. Die Kurbelwellenkröpfungen **11, 12** der ersten beiden Zylinder, d. h. der ersten Zylindergruppe, sind gegenüber den Kurbelwellenkröpfungen **13, 14** des dritten und vierten Zylinders, d. h. der zweiten Zylindergruppe, in Umfangsrichtung um 180° versetzt auf der Kurbelwelle **15** angeordnet. Das aus den Massenkräften resultierende Massenmoment M ist vorzugsweise mittels Massenausgleich auszugleichen (nicht dargestellt).

Bezugszeichenliste

1	erster Zylinder, außenliegender Zylinder
1'	schaltbarer Zylinder der zweiten Zylindergruppe
2	zweiter Zylinder, innenliegender Zylinder
2'	schaltbarer Zylinder der zweiten Zylindergruppe
3	dritter Zylinder, innenliegender Zylinder
4	vierter Zylinder, außenliegender Zylinder
5	Abgasleitung
5a	Auslaßöffnung
6	Abgasabführsystem
7	Abgaskrümmmer
8	Gesamtabgasleitung
9	Ansaugleitung
9a	Einlaßöffnung
10	Zylinderkopf
11	Kurbelwellenkröpfung des ersten Zylinders
12	Kurbelwellenkröpfung des zweiten Zylinders
13	Kurbelwellenkröpfung des dritten Zylinders
14	Kurbelwellenkröpfung des vierten Zylinders
15	Kurbelwelle
15a	Längsachse der Kurbelwelle
16	Kurbelwellenlager, Lager
17	Abgasturbolader
17a	Turbine
17b	Verdichter
°KW	Grad Kurbelwinkel

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 Nicht-Patentliteratur

- DIN 73021 [0060]

Patentansprüche

1. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf (10) und vier entlang der Längsachse des Zylinderkopfes (10) in Reihe angeordneten Zylindern (1, 2, 3, 4), wobei jeder Zylinder (1, 2, 3, 4) mindestens eine Auslaßöffnung (5a) zum Abführen der Abgase via Abgasabführsystem (6) aus dem Zylinder (1, 2, 3, 4) aufweist und sich an jede Auslaßöffnung (5a) eine Abgasleitung (5) anschließt, bei der

- die vier Zylinder (1, 2, 3, 4) in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils zwei Zylindern (1, 2, 3, 4) bilden,
- die Abgasleitungen (5) der Zylinder (1, 2, 3, 4) jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines Abgaskrümmers (7) jeweils zu einer Gesamtabgasleitung (8) zusammenführen, und
- in jeder Gesamtabgasleitung (8) mindestens eine Turbine (17a) eines Abgasturboladers (17) angeordnet ist,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die vier Zylinder (1, 2, 3, 4) in der Art konfiguriert sind, dass jeweils ein außenliegender Zylinder (1, 4) und der benachbarte innenliegende Zylinder (2, 3) eine Gruppe bilden, wobei die Zylinder (3, 4) einer ersten Gruppe bei in Betrieb befindlicher Brennkraftmaschine dauerhaft betriebene Zylinder (3, 4) sind und die Zylinder (1, 2) einer zweiten Gruppe als lastabhängig zuschaltbare Zylinder (1', 2') ausgebildet sind, die bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last im Rahmen einer Teilabschaltung abschaltbar sind.

2. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtabgasleitungen (8) der zwei Zylindergruppen stromabwärts der Turbinen (17) zu einer gemeinsamen Abgasleitung zusammenführen.

3. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkraftmaschine eine fremdgezündete Brennkraftmaschine ist.

4. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasleitungen (5) der Zylinder (1, 2, 3, 4) jeder Zylindergruppe innerhalb des Zylinderkopfes (10) jeweils zu einer Gesamtabgasleitung (8) zusammenführen.

5. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgaskrümmers (7) der zwei Zylindergruppen stromaufwärts der Turbinen (17a) via Verbindungsleitung miteinander verbindbar sind, wobei in der Verbindungsleitung ein Absperelement angeordnet ist.

6. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- jeder Zylinder (1, 2, 3, 4) mindestens eine Einlaßöffnung (9a) zum Zuführen von Ladeluft via Ansaugsystem aufweist, wobei sich an jede Einlaßöffnung (9a) eine Ansaugleitung (9) anschließt,
- die Ansaugleitungen (9) der Zylinder (1, 2, 3, 4) jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines Ansaugkrümmers jeweils zu einer Gesamtansaugleitung zusammenführen, und
- in jeder Gesamtansaugleitung mindestens ein Verdichter (17b) eines Abgasturboladers (17) angeordnet ist.

7. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Zylinder (1, 2, 3, 4) zwei Auslaßöffnungen (5a) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder (1, 2, 3, 4) via Abgasabführsystem (6) aufweist.

8. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Zylinder (1, 2, 3, 4) zwei Einlaßöffnungen (9a) zum Zuführen von Ladeluft via Ansaugsystem aufweist.

9. Aufgeladene Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine zu einem Kurbeltrieb gehörende Kurbelwelle (15) vorgesehen ist, die für jeden Zylinder (1, 2, 3, 4) eine dem Zylinder (1, 2, 3, 4) zugehörige Kurbelwellenkröpfung (11, 12, 13, 14) aufweist, wobei

- die Kurbelwellenkröpfungen (11, 12, 13, 14) entlang der Längsachse (15a) der Kurbelwelle (15) beabstandet zueinander angeordnet sind,
- die beiden Kurbelwellenkröpfungen (11, 12, 13, 14) der zwei Zylinder (1, 2, 3, 4) jeder Zylindergruppe in Umfangsrichtung um die Längsachse (15a) der Kurbelwelle (15) herum keinen Versatz aufweisen, so dass die beiden Zylinder (1, 2, 3, 4) einer Zylindergruppe mechanisch gleichlaufende Zylinder (1, 2, 3, 4) sind, und
- die Kurbelwellenkröpfungen (11, 12, 13, 14) der einen Zylindergruppe in Umfangsrichtung um 180° verdreht um die Längsachse (15a) herum gegenüber den Kurbelwellenkröpfungen (11, 12, 13, 14) der anderen Zylindergruppe auf der Kurbelwelle (15) angeordnet sind.

10. Verfahren zum Betreiben einer aufgeladenen Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei den Zylindern (1, 2, 3, 4) die Verbrennung im Abstand von 180°KW initiiert wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei den Zylindern (1, 2, 3, 4) die Verbrennung in der Reihenfolge 1-3-2-4 und im Abstand von 180°KW initiiert wird, wobei die Zylinder (1,

2, 3, 4) beginnend mit einem außenliegenden Zylinder (**1, 4**) der Reihe nach entlang der Längsachse des Zylinderkopfes (**10**) durchgezählt und numeriert werden.

12. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei den Zylindern (**1, 2, 3, 4**) die Verbrennung in der Reihenfolge 1-4-2-3 und im Abstand von 180°KW initiiert wird, wobei die Zylinder (**1, 2, 3, 4**) beginnend mit einem außenliegenden Zylinder (**1, 4**) der Reihe nach entlang der Längsachse des mindestens einen Zylinderkopfes (**10**) durchgezählt und numeriert werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass jeder Zylinder (**1, 2, 3, 4**) zur Einleitung einer Fremdzündung mit einer Zündvorrichtung ausgestattet wird und die Zylinder (**1, 2, 3, 4**) im Abstand von 180°KW mittels Fremdzündung gezündet werden.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinder (**1, 2, 3, 4**) mittels Selbstzündung betrieben werden und die Selbstzündung der Zylinder (**1, 2, 3, 4**) im Abstand von 180°KW eingeleitet wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die beiden Zylinder (**1', 2'**) der zweiten Gruppe
– bei Unterschreiten einer vorgebbaren Last T_{down} abgeschaltet werden, und
– bei Überschreiten einer vorgebbaren Last T_{up} zugeschaltet werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgebbare Last T_{down} und/oder T_{up} von der Drehzahl n der Brennkraftmaschine abhängig ist.

17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftstoffversorgung eines abgeschalteten Zylinders (**1', 2'**) und/oder die Fremdzündung eines abgeschalteten Zylinders (**1', 2'**) deaktiviert wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

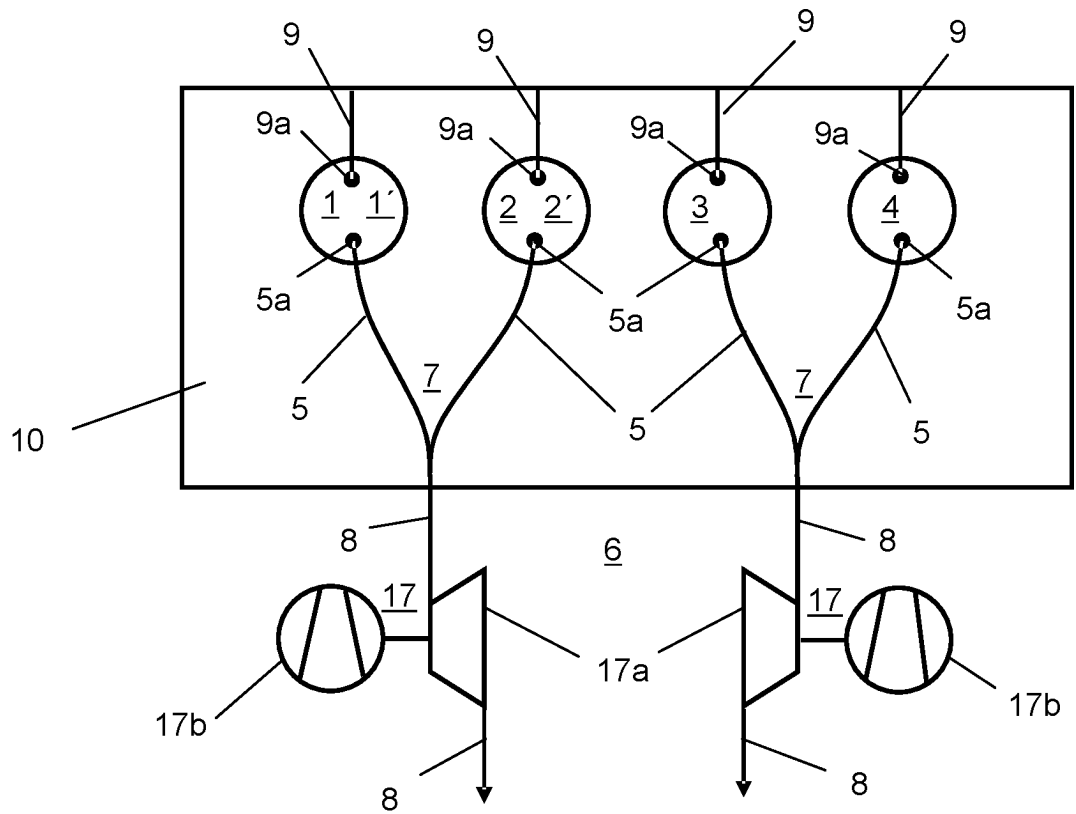


Fig. 1

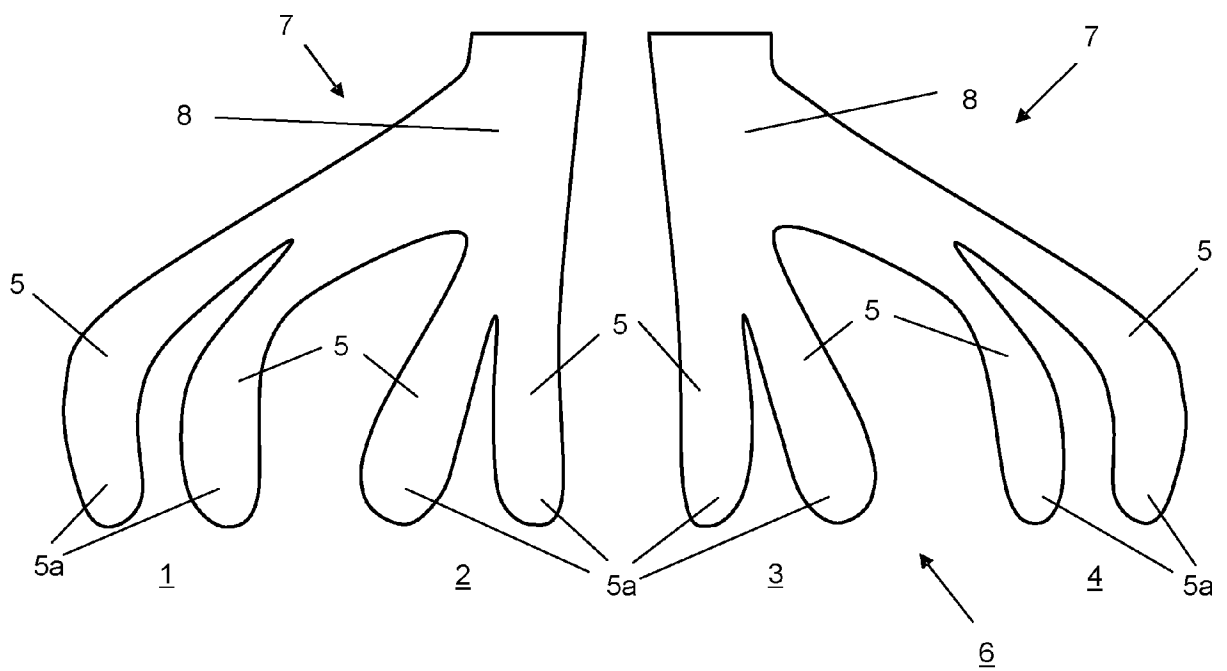


Fig. 2

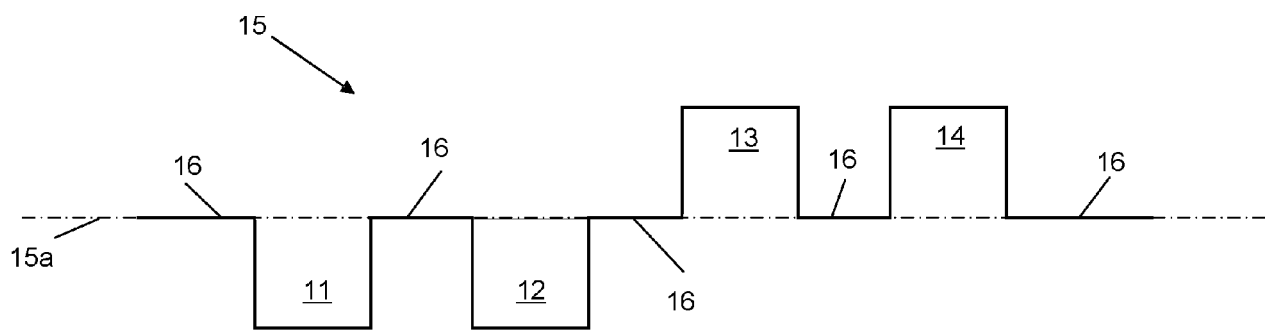


Fig. 3