



(11) **EP 2 532 869 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
12.12.2012 Patentblatt 2012/50

(51) Int Cl.:
F02F 1/24 (2006.01) **F02B 37/02** (2006.01)
F01N 13/10 (2010.01)

(21) Anmeldenummer: **11169411.3**

(22) Anmeldetag: **10.06.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

• **Stump, Ludwig**
51427 Bergisch Gladbach (DE)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten**
Henry-Ford Str. 1
50735 Köln (DE)

(71) Anmelder: **Ford Global Technologies, LLC**
Dearborn, MI 48126 (US)

Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

(72) Erfinder:
• **Kuhlbach, Kai**
51427 Bergisch Gladbach (DE)

(54) **Brennkraftmaschine mit mindestens vier in Reihe angeordneten Zylindern und Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinderkopf (1), der
- vier entlang der Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) in Reihe angeordnete Zylinder (3) aufweist, wobei jeder Zylinder (3) mindestens eine Auslaßöffnung (4) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder (3) via Abgasabführsystem aufweist, wozu sich an jede Auslaßöffnung (4) eine Abgasleitung (5) anschließt, und bei dem
- die Abgasleitungen (5) der Zylinder (3) stufenweise zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, wobei jeweils die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen (6) der vier Zylinder (3,3a,3b) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, und
- das Abgasabführsystem an einer Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) austritt.

Es soll eine Brennkraftmaschine bereitgestellt werden,

die eine kompakte Bauweise aufweist und mit der sich die Problematik der gegenseitigen Einflußnahme der Zylinder (3) beim Ladungswechsel beheben läßt.

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

- die außenliegenden Wandabschnitte (9a), die jeweils abschnittsweise die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) voneinander trennen und in das Abgasabführsystem hineinragen, sich in Richtung der Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) senkrecht zur Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) weniger weit erstrecken als der innenliegende Wandabschnitt (9b), der abschnittsweise die beiden Teilabgasleitungen (6) und die Abgasleitungen (5) der beiden innenliegenden Zylinder (3b) voneinander trennt und in das Abgasabführsystem hineinragt.

EP 2 532 869 A1

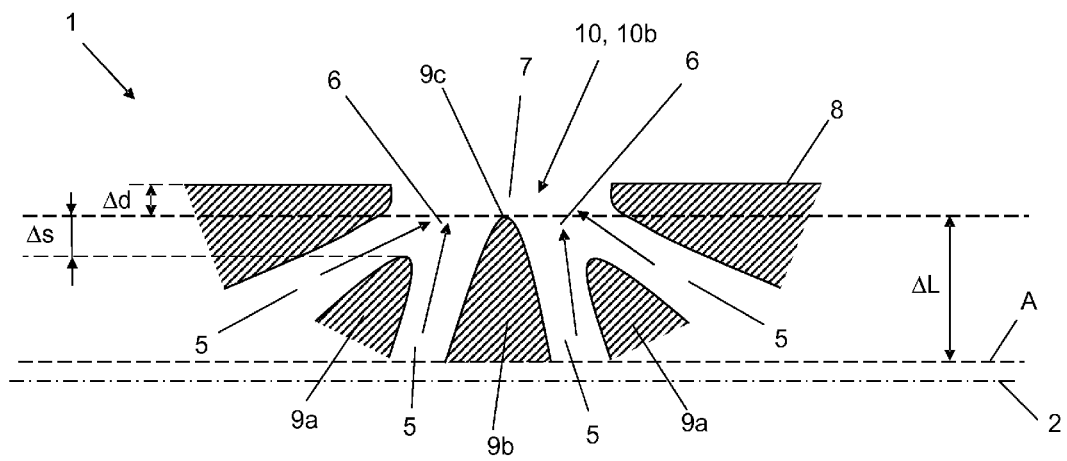


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinderkopf, der

- vier entlang der Längsachse des Zylinderkopfes in Reihe angeordnete Zylinder aufweist, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder via Abgasabfuhrsystem aufweist, wozu sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und bei dem
- die Abgasleitungen der Zylinder stufenweise zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, wobei jeweils die mindestens eine Abgasleitung eines außenliegenden Zylinders und die mindestens eine Abgasleitung des benachbarten innenliegenden Zylinders zu einer Teilabgasleitung zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen der vier Zylinder zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, und
- das Abgasabfuhrsystem an einer Außenseite des Zylinderkopfes austritt.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine der vorstehend genannten Art, bei der die Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung mit Zündvorrichtungen ausgestattet sind.

[0003] Brennkraftmaschinen verfügen über einen Zylinderblock und mindestens einen Zylinderkopf, die zur Ausbildung der Zylinder miteinander verbunden werden. Der Zylinderblock weist zur Aufnahme der Kolben bzw. der Zylinderrohre Zylinderbohrungen auf. Die Kolben werden axial beweglich in den Zylinderrohren geführt und bilden zusammen mit den Zylinderrohren und dem mindestens einen Zylinderkopf die Brennräume der Brennkraftmaschine aus.

[0004] Moderne Brennkraftmaschinen werden nahezu ausschließlich nach einem vier Takte umfassenden Arbeitsverfahren betrieben. Im Rahmen des Ladungswechsels erfolgt das Ausschieben der Verbrennungsgase über die Auslaßöffnungen der mindestens vier Zylinder und das Füllen der Brennräume mit Frischgemisches bzw. Ladeluft über die Einlassöffnungen. 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. Der für die Bewegung der Ventile erforderliche Ventilbetätigungsmechanismus einschließlich der Ventile selbst wird als Ventiltrieb bezeichnet. Der mindestens eine Zylinderkopf dient in der Regel zur Aufnahme dieses Ventiltriebs.

[0005] Es ist die Aufgabe des Ventiltriebes die Einlaß-

und Auslaßöffnungen der Zylinder rechtzeitig freizugeben bzw. zu schließen, wobei eine schnelle Freigabe möglichst großer Strömungsquerschnitte angestrebt wird, um die Drosselverluste in den ein- bzw. ausströmenden Gasströmungen gering zu halten und eine möglichst gute Füllung der Brennräume mit Frischgemisch bzw. ein effektives, d. h. vollständiges Abführen der Abgase zu gewährleisten.

[0006] Die Einlaßkanäle, die zu den Einlassöffnungen führen, und die Auslaßkanäle, d. h. 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 gruppenweise zu mehreren Gesamtabgasleitungen zusammengeführt. Die Zusammenführung von Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung wird im Allgemeinen und im Rahmen der vorliegenden Erfindung als Abgaskrümmer bezeichnet, wobei das Teilstück der Gesamtabgasleitung, welches stromaufwärts einer gegebenenfalls in der Gesamtabgasleitung angeordneten Turbine liegt, auch als zum Abgaskrümmer gehörend angesehen werden kann. Im Einzelfall kann auch der Eintrittsbereich bzw. das Eintrittsgehäuse einer Turbine als zum Abgaskrümmer gehörend angesehen werden, nämlich dann, wenn die Turbine motornah angeordnet ist und eine eindeutige Trennung zwischen Eintrittsbereich und Gesamtabgasleitung nicht vorgenommen werden kann.

[0007] Bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine werden die Abgasleitungen von vier Zylindern unter Ausbildung eines Abgaskrümmers zu einer einzelnen Gesamtabgasleitung zusammengeführt. Dabei werden die Abgasleitungen der Zylinder stufenweise zusammengeführt und zwar in der Art, dass jeweils die mindestens eine Abgasleitung eines außenliegenden Zylinders und die mindestens eine Abgasleitung des benachbarten innenliegenden Zylinders zu einer Teilabgasleitung zusammenführen und die beiden auf diese Weise gebildeten Teilabgasleitungen der vier Zylinder zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen. Mit dieser Maßnahme läßt sich die Gesamtwegstrecke aller Abgasleitungen und damit das Volumen des Krümmers deutlich reduzieren. Der ausgebildete Abgaskrümmer kann dabei teilweise oder vollständig in dem mindestens einen Zylinderkopf integriert sein. Das Abgasabfuhrsystem tritt an einer Außenseite des Zylinderkopfes aus.

[0008] Die Evakuierung der Verbrennungsgase aus einem Zylinder der Brennkraftmaschine im Rahmen des Ladungswechsels beruht im Wesentlichen auf zwei unterschiedlichen Mechanismen. Wenn sich zu Beginn des Ladungswechsels das Auslaßventil nahe dem unteren Totpunkt öffnet, strömen die Verbrennungsgase aufgrund des gegen Ende der Verbrennung im Zylinder vorherrschenden hohen Druckniveaus und der damit verbundenen hohen Druckdifferenz zwischen Brennraum und Abgastrakt mit hoher Geschwindigkeit durch die Auslaßöffnung in das Abgasabfuhrsystem. Dieser druckgetriebene Strömungsvorgang wird durch eine hohe

Druckspitze begleitet, die auch als Vorauslaßstoß bezeichnet wird und sich entlang der Abgasleitung mit Schallgeschwindigkeit fortpflanzt, wobei sich der Druck mit zunehmender Wegstrecke und in Abhängigkeit von der Leitungsführung infolge Reibung mehr oder weniger stark abbaut, d. h. verringert.

[0009] Im weiteren Verlauf des Ladungswechsels gleichen sich die Drücke im Zylinder und in der Abgasleitung weitgehend aus, so dass die Verbrennungsgase maßgeblich infolge der Hubbewegung des Kolbens ausgeschoben werden.

[0010] Die dynamischen Wellenvorgänge bzw. Druckschwankungen im Abgasabführsystem sind der Grund dafür, dass sich die versetzt arbeitenden Zylinder einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine beim Ladungswechsel gegenseitig beeinflussen, insbesondere auch behindern können. Eine verschlechterte Drehmomentcharakteristik bzw. ein gemindertes Leistungsangebot können die Folge sein. Werden die Abgasleitungen der einzelnen Zylinder für eine längere Wegstrecke voneinander getrennt geführt, kann der gegenseitigen Einflußnahme der Zylinder beim Ladungswechsel entgegengewirkt werden.

[0011] Dabei muß berücksichtigt werden, dass sich Druckschwankungen in gasförmigen Medien als Wellen ausbreiten, welche durch die Abgasleitungen laufen und an offenen oder geschlossenen Leitungsenden reflektiert werden. Die Abgasströmung bzw. der lokale Abgasdruck im Abgasabführsystem ergibt sich dann aus der Überlagerung der vorlaufenden und reflektierten Welle. In Abhängigkeit von der konkreten Ausgestaltung des Abgasabführsystems laufen die Druckwellen, die von einem Zylinder ausgehen, nicht nur durch die mindestens eine Abgasleitung dieses Zylinders, sondern vielmehr auch die Abgasleitungen der anderen Zylinder entlang und zwar gegebenenfalls bis zu der am Ende der jeweiligen Leitung vorgesehenen Auslaßöffnung.

[0012] Während des Ladungswechsels bereits in eine Abgasleitung ausgeschobenes bzw. abgeführtes Abgas kann somit erneut in den Zylinder gelangen und zwar infolge der Druckwelle, die von einem anderen Zylinder ausgeht.

[0013] Als nachteilig erweist es sich beispielsweise, wenn gegen Ende des Ladungswechsels an der Auslaßöffnung eines Zylinders Überdruck herrscht bzw. sich die Druckwelle eines anderen Zylinders die Abgasleitung entlang in Richtung Auslaßöffnung ausbreitet, was der Evakuierung der Verbrennungsgase aus diesem Zylinder entgegenwirkt. Die Verbrennungsgase werden in dieser Phase des Ladungswechsels maßgeblich infolge der Hubbewegung des Kolbens ausgeschoben.

[0014] Probleme beim Ladungswechsel einer Mehrzylinder-Brennkraftmaschine ergeben sich insbesondere bei niedrigen Drehzahlen, wenn während einer Ventilüberschneidung, bei der das Auslaßventil bei geöffnetem Einlaßventil noch nicht geschlossen ist, das Abgas unter Inkaufnahme von Spülverlusten weitestgehend aus dem Zylinder ausgespült werden soll. Dies führt einerseits zu

einem schlechteren Wirkungsgrad, aber andererseits zu einer größeren Zylinderfüllung und damit zu einer höheren Leistung. Eine variable Ventilsteuerung ermöglicht eine Variation der Ventilüberschneidung in Abhängigkeit von der Drehzahl.

[0015] Die vorstehend beschriebene Problematik betreffend die gegenseitige Einflußnahme der Zylinder beim Ladungswechsel, welche aus den im Abgasabführsystem ablaufenden dynamischen Wellenvorgängen resultiert und die eine Verschlechterung der Drehmomentcharakteristik bedingen kann, ist bei der konstruktiven Auslegung von Brennkraftmaschinen von zunehmender Relevanz. Die Gründe sind die Folgenden.

[0016] So ist es aus mehreren Gründen vorteilhaft, den Abgaskrümmen weitestgehend in den mindestens einen Zylinderkopf zu integrieren, d. h. die Zusammenführung der Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung möglichst umfänglich bereits im Zylinderkopf vorzunehmen.

[0017] Dies führt zu einer kompakteren Bauweise der Brennkraftmaschine und gestattet ein dichtes Packaging der gesamten Antriebseinheit im Motorraum. Zudem ergeben sich Kostenvorteile bei der Herstellung und der Montage und eine Gewichtsreduzierung der Brennkraftmaschine, insbesondere bei einer vollständigen Integration des Abgaskrümmers in den Zylinderkopf

[0018] Des Weiteren kann sich die weitestgehende Integration der Zusammenführung der Abgasleitungen vorteilhaft auf die Anordnung und den Betrieb eines Abgasnachbehandlungssystems, welches stromabwärts des Krümmers vorgesehen ist, auswirken. Der Weg der heißen Abgase zu den verschiedenen 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.

[0019] In diesem Zusammenhang ist man bemüht, die thermische Trägheit des Teilstücks der Abgasleitungen zwischen Auslaßöffnung am Zylinder und Abgasnachbehandlungssystem zu minimieren, was durch Reduzierung der Masse und der Länge dieses Teilstückes erreicht werden kann. Zielführend dabei kann die weitestgehende Integration des Abgaskrümmers in den Zylinderkopf sein.

[0020] Bei mittels Abgasturbolader aufgeladenen Brennkraftmaschinen wird angestrebt, die Turbine 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 des Turboladers zu gewährleisten. Auch dabei sollte die thermische Trägheit und das Volumen des Leitungssystems zwischen den Auslaßöffnungen der Zylinder und der Turbine minimiert werden, weshalb wiederum die weitestgehende Integration des Abgaskrümmers in den Zylinderkopf zielführend ist.

[0021] Die weitestgehende Integration des Abgaskrümmers in den Zylinderkopf hat - wie vorstehend dargestellt - eine Vielzahl von Vorteilen, führt aber neben der Verkürzung der Gesamtwegstrecke aller Abgasleitungen auch zu einer Verkürzung der einzelnen Abgasleitungen, da diese bereits unmittelbar stromabwärts der Auslaßöffnungen zusammengeführt werden, wodurch sich die Problematik der gegenseitigen Einflußnahme der Zylinder beim Ladungswechsel verschärft.

[0022] Die durch die weitestgehende Integration in den Zylinderkopf bedingte Verkürzung der Abgasleitungen durch eine - senkrecht zur Längsachse des Zylinderkopfes - breitere Ausführung des Zylinderkopfes zu kompensieren, ist nur bedingt möglich, da dieser Vorgehensweise aus Gründen des Crashverhaltens enge Grenzen gesetzt sind, insbesondere genügend Platz im Motorraum für eine ungehinderte Deformation zur Verfügung stehen muß.

[0023] Vor dem Hintergrund des oben Gesagten ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, d. h. der gattungsgemäßen Art, bereitzustellen, die eine kompakte Bauweise aufweist und mit der sich die Problematik der gegenseitigen Einflußnahme der Zylinder beim Ladungswechsel beheben bzw. abmildern läßt.

[0024] Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine der gattungsgemäßen Art aufzuzeigen, bei der die Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung mit Zündvorrichtungen ausgestattet sind.

[0025] Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch eine Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinderkopf, der

- vier entlang der Längsachse des Zylinderkopfes in Reihe angeordnete Zylinder aufweist, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder via Abgasabfuhrsystem aufweist, wozu sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und bei dem
- die Abgasleitungen der Zylinder stufenweise zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, wobei jeweils die mindestens eine Abgasleitung eines außenliegenden Zylinders und die mindestens eine Abgasleitung des benachbarten innenliegenden Zylinders zu einer Teilabgasleitung zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen der vier Zylinder zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, und
- das Abgasabfuhrsystem an einer Außenseite des Zylinderkopfes austritt,

und die dadurch gekennzeichnet ist, dass

- die außenliegenden Wandabschnitte, die jeweils abschnittsweise die mindestens eine Abgasleitung eines außenliegenden Zylinders und die mindestens eine Abgasleitung des benachbarten innenliegen-

den Zylinders voneinander trennen und in das Abgasabfuhrsystem hineinragen, sich in Richtung der Außenseite des Zylinderkopfes senkrecht zur Längsachse des Zylinderkopfes weniger weit erstrecken als der innenliegende Wandabschnitt, der abschnittsweise die beiden Teilabgasleitungen und die Abgasleitungen der beiden innenliegenden Zylinder voneinander trennt und in das Abgasabfuhrsystem hineinragt.

[0026] Die Abgasleitungen der vier Zylinder des mindestens einen Zylinderkopfes der Brennkraftmaschine werden in einer ersten Stufe gruppenweise, d. h. paarweise, zusammengeführt, wobei jeweils ein außenliegender Zylinder und der benachbarte innenliegende Zylinder ein Zylinderpaar bilden, deren Abgasleitungen zu einer Teilabgasleitung zusammenführen. In einer zweiten Stufe werden dann diese Teilabgasleitungen stromabwärts im Abgasabfuhrsystem zu einer Gesamtabgasleitung zusammengeführt. Die Gesamtwegstrecke aller Abgasleitungen wird hierdurch verkürzt. Das stufenweise Zusammenführen der Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung trägt zudem zu einer kompakteren, d. h. weniger voluminösen Bauweise bei.

[0027] Realisiert wird dies erfindungsgemäß durch ein konstruktives, d. h. gegenständliches Merkmal der Brennkraftmaschine, nämlich dadurch, dass die außenliegenden Wandabschnitte, die jeweils abschnittsweise die Abgasleitungen eines Zylinderpaares voneinander trennen, sich in Richtung der Außenseite des Zylinderkopfes senkrecht zur Längsachse des Zylinderkopfes weniger weit erstrecken als der innenliegende Wandabschnitt, der abschnittsweise die beiden Teilabgasleitungen der beiden Zylinderpaare voneinander trennt.

[0028] Die Abgasströme der beiden Zylindergruppen werden erfindungsgemäß länger voneinander getrennt gehalten als die Abgasströme innerhalb einer Gruppe. Insofern besteht zwar die grundsätzliche Möglichkeit, dass sich die Zylinder einer Gruppe beim Ladungswechsel weiterhin gegenseitig beeinflussen. Die Ausbildung der Teilabgasleitungen und deren wegstreckenmäßig lange Separierung voneinander haben aber den Effekt, dass die eine Zylindergruppe die andere Zylindergruppe beim Ladungswechsel nicht oder zumindest weniger stark behindert. Die Problematik der gegenseitigen Einflußnahme der Zylinder beim Ladungswechsel entschärft sich dadurch.

[0029] Dass sich die Zylinder einer Gruppe aufgrund der konstruktiven Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine beim Ladungswechsel gegenseitig beeinflussen könnten, ist vorliegend weniger kritisch zu bewerten, da diesem Umstand durch eine zusätzliche Maßnahme entgegen getreten werden kann, nämlich durch die Wahl einer geeigneten Zündfolge.

[0030] Bei einer Brennkraftmaschine mit Fremdzündung können Varianten vorteilhaft sein, bei denen die Brennkraftmaschine mit der Zündfolge 1 — 2 - 4 - 3 betrieben wird, anstatt die Zylinder entsprechend der her-

kömmlichen Zündfolge 1 — 3 — 4 — 2 im Abstand von jeweils 180°KW zu zünden. Ausgehend vom ersten Zylinder sind die Zündzeitpunkte in °KW gemessen die Folgenden: 0 - 180 - 360 - 540. Dabei werden im Gegensatz zum herkömmlichen Muster die Zylinder einer Zylindergruppe unmittelbar hintereinander gezündet, so dass diese Zylinder einen thermodynamischen Versatz von 180°KW aufweisen.

[0031] Die Numerierung der Zylinder einer Brennkraftmaschine ist in der DIN 73021 geregelt. Bei Reihentoren werden die Zylinder der Reihe nach durchgezählt, wobei auf der Seite, die der Kupplung gegenüber liegt, begonnen wird.

[0032] Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine ist eine Brennkraftmaschine, die eine kompakte Bauweise aufweist und mit der sich die Problematik der gegenseitigen Einflußnahme der Zylinder beim Ladungswechsel beheben läßt, weshalb die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine die erste der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe löst.

[0033] Eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine kann auch zwei Zylinderköpfe aufweisen, wenn beispielsweise die Zylinder auf zwei Zylinderbänke verteilt sind. Die erfindungsgemäße Zusammenführung der Abgasleitungen in den dann zwei Zylinderköpfen kann auch dann zur Verbesserung des Ladungswechsels und zur Verbesserung des Drehmomentangebots genutzt werden.

[0034] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Brennkraftmaschine werden im Zusammenhang mit den Unteransprüchen erörtert.

[0035] Wie bereits beschrieben, ist es vorteilhaft, den Abgaskrümmen weitestgehend in den mindestens einen Zylinderkopf zu integrieren, d. h. die Zusammenführung der Abgasleitungen möglichst umfänglich bereits im Zylinderkopf vorzunehmen, da dies zu einer kompakteren Bauweise führt, ein dichtes Packaging gestattet und sich Kostenvorteile und Gewichtsvorteile ergeben. Zudem können sich Vorteile hinsichtlich des Ansprechverhaltens eines im Abgasabfuhrsystem vorgesehenen Abgas-
turboladers bzw. eines Abgasnachbehandlungssystems ergeben.

[0036] Aus den vorstehend genannten Gründen sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine vorteilhaft, bei denen die mindestens eine Abgasleitung eines außenliegenden Zylinders und die mindestens eine Abgasleitung des benachbarten innenliegenden Zylinders jeweils innerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes zu einer Teilabgasleitung zusammenführen.

[0037] D. h. die Zusammenführung der Abgasleitungen jeder der beiden Zylindergruppen zu einer dieser Zylindergruppe zugehörigen Teilabgasleitung erfolgt gemäß der in Rede stehenden Ausführungsform innerhalb des Zylinderkopfes.

[0038] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen der innenliegende Wandabschnitt sich in Richtung der Außenseite des mindestens einen Zylinderkopfes senkrecht zur Längsachse des

mindestens einen Zylinderkopfes um eine Wegstrecke Δs weiter erstreckt als die außenliegenden Wandabschnitte, wobei gilt: $\Delta s \geq 5$ mm.

[0039] Rechnergestützte Simulationen haben ergeben, dass im Einzelfall eine zufriedenstellende Drehmomentcharakteristik bereits dann erzielt werden kann, wenn sich der innenliegende Wandabschnitt 5mm oder mehr über die außenliegenden Wandabschnitte hinaus in Richtung der Außenseite des mindestens einen Zylinderkopfes erstreckt, wobei die Wegstrecke Δs senkrecht zur Längsachse des mindestens einen Zylinderkopfes gemessen wird und als Bezugspunkt die Stelle eines Wandabschnitts dient, welche am weitesten in Richtung der Außenseite in das Abgasabfuhrsystem hineinragt.

[0040] Je weiter sich der innenliegende Wandabschnitt über die außenliegenden Wandabschnitte hinaus erstreckt, desto ausgeprägter ist die wegstreckenmäßige Separierung der beiden Teilabgasleitungen voneinander und desto deutlicher macht sich der dadurch erzielte Effekt bemerkbar, dass sich die Zylindergruppen beim Ladungswechsel nicht bzw. weniger stark beeinflussen, insbesondere nicht behindern.

[0041] Vorteilhaft sind daher auch insbesondere Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen gilt: $\Delta s \geq 10$ mm.

[0042] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das freie Ende des innenliegenden Wandabschnitts, welches in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, von der Außenseite des mindestens einen Zylinderkopfes einen senkrecht zur Längsachse des mindestens einen Zylinderkopfes verlaufenden Abstand Δd aufweist, wobei gilt: $\Delta d \leq 30$ mm, vorzugsweise $\Delta d \leq 20$ mm.

[0043] Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen gilt: $\Delta d \geq 10$ mm.

[0044] Der vorstehenden Ausführungsform ist immanent, dass die im Zylinderkopf ausgebildeten Teilabgasleitungen bereits innerhalb des Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammengeführt werden. Insofern verläßt das gesamte, vom Abgasabfuhrsystem geführte Abgas den Zylinderkopf durch eine einzelne Austrittsöffnung an der auslaßseitigen Außenseite des Zylinderkopfes.

[0045] Die vorliegende Ausführungsform ist durch eine sehr kompakte Bauweise gekennzeichnet, die über sämtliche Vorteile verfügt, die ein vollständig in den Zylinderkopf integrierter Abgaskrümmen mit sich bringt.

[0046] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das freie Ende des innenliegenden Wandabschnitts, welches in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, von einer Ebene A, die parallel zur Außenseite des mindestens einen Zylinderkopfes und durch die Auslaßöffnungen der Zylinder verläuft, einen senkrecht zur Ebene A verlaufenden Abstand ΔL aufweist mit $\Delta L \geq D$, wobei D der Durchmesser eines Zylinders ist. Es wird davon ausgegangen, dass die Außenseite senkrecht zu einer Montageebene steht, an welcher

der mindestens eine Zylinderkopf mit einem Zylinderblock verbindbar ist. Andernfalls verläuft die Ebene A nicht parallel zur Außenseite, sondern vielmehr senkrecht zu dieser Montageebene.

[0047] Vorteilhaft sind insbesondere Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen gilt: $\Delta L \geq 1.2D$.

[0048] Die Ebene A wird erfindungsgemäß als durch die Auslaßöffnungen der Zylinder verlaufend angesehen, falls die Ebene A die Mittellinien der Austrittsöffnungen schneidet, d. h. die Mittelpunkte der Austrittsöffnungen mit umfaßt.

[0049] Der Abstand ΔL bestimmt maßgeblich die Wegstrecke, über welche die Abgasströme der Teilabgasleitungen voneinander getrennt sind. Je größer der Abstand ΔL gewählt wird, desto größer sind die Längen der Teilabgasleitungen und desto weniger stark können sich die Zylinder gegenseitig beim Ladungswechsel beeinflussen.

[0050] Aus den bereits genannten Gründen sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine vorteilhaft, bei denen die Abgasleitungen der Zylinder unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers innerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen.

[0051] Nichtsdestotrotz können Ausführungsformen der Brennkraftmaschine vorteilhaft sein, bei denen die Abgasleitungen der Zylinder außerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen. Dabei können die Abgasleitungen der Zylinder auch innerhalb des Zylinderkopfes zu Teilabgasleitungen zusammengeführt werden und diese Teilabgasleitungen außerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen. Der Abgaskrümmers ist dann modular aufgebaut und setzt sich dabei aus einem im Zylinderkopf integrierten Krümmerabschnitt und einem externen Krümmer bzw. Krümmerabschnitt zusammen.

[0052] Zusätzlich zu den erfindungsgemäßen Maßnahmen können die im Abgasabfuhrsystem ablaufenden dynamischen Wellenvorgängen einen externen Krümmer bzw. externen Krümmerabschnitt erforderlich machen, um den Ladungswechsel zu optimieren und auf diese Weise eine zufriedenstellende Drehmomentcharakteristik zu gewährleisten.

[0053] Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen sich der innenliegende Wandabschnitt, welcher in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, bis zur Außenseite des mindestens einen Zylinderkopfes erstreckt.

[0054] Vorliegend werden die Abgasströme der Teilabgasleitungen bis zum Verlassen des Zylinderkopfes durch den innenliegenden Wandabschnitt voneinander getrennt, so dass das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Austrittsöffnungen aus dem Zylinderkopf austritt. Die Abgasleitungen der Zylinder bzw. die Teilabgasleitungen werden stromabwärts des Zylinderkopfes und damit erst außerhalb des Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammengeführt.

[0055] Vorteilhaft können aber auch Ausführungsformen der Brennkraftmaschine sein, bei denen sich der innenliegende Wandabschnitt, welcher in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, über die Außenseite des mindestens einen Zylinderkopfes hinaus erstreckt. Gemäß dieser Ausführungsform werden die Abgasströme der Teilabgasleitungen auch noch nach Verlassen des Zylinderkopfes durch den innenliegenden Wandabschnitt voneinander getrennt.

[0056] Auch bei dieser Ausführungsform der Brennkraftmaschine tritt das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Austrittsöffnungen aus dem Zylinderkopf aus.

[0057] Der innenliegende Wandabschnitt kann dabei einteilig mit dem mindestens einen Zylinderkopf ausgebildet sein, wobei der Wandabschnitt im nicht montierten Zustand der Brennkraftmaschine aus dem Zylinderkopf herausragt und nach außen hervorsteht. Alternativ kann der innenliegende Wandabschnitt auch modular aufgebaut sein, wobei ein erster Teilabschnitt durch den mindestens einen Zylinderkopf ausgebildet wird und ein weiterer, den ersten Teilabschnitt fortsetzender Teilabschnitt durch einen externen Krümmerabschnitt ausgebildet wird. Das Eintrittsgehäuse einer in der Gesamtabgasleitung angeordneten Turbine kann ebenfalls zur Ausbildung des innenliegenden Wandabschnitts dienen, d. h. herangezogen werden, und den weiteren Teilabschnitt ausbilden. Bei den beiden letztgenannten Ausführungsformen kann der durch den externen Krümmerabschnitt bzw. das Eintrittsgehäuse ausgebildete Teilabschnitt auch in den Zylinderkopf hineinragen.

[0058] Brennkraftmaschinen der erfindungsgemäßen Art eignen sich insbesondere für eine Aufladung mittels Abgasturboaufladung, wobei die mindestens eine Turbine möglichst motornah angeordnet werden sollte. Insofern sind Brennkraftmaschinen mit mindestens einem Abgasturbolader vorteilhaft, wobei die Turbine des mindestens einen Abgasturboladers in der Gesamtabgasleitung angeordnet ist und einen Eintrittsbereich zum Zuführen der Abgase aufweist. Damit wird das gesamte Abgas der vier Zylinder der Turbine zugeführt.

[0059] Die Vorteile eines Abgasturboladers beispielsweise im Vergleich zu einem mechanischen Lader 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, nutzt der Abgasturbolader die Abgasenergie der heißen Abgase. Die vom Abgasstrom an die Turbine abgegebene Energie wird für den Antrieb eines Verdichters genutzt, der die ihm zugeführte Ladeluft fördert und komprimiert, wodurch eine Aufladung der Zylinder erreicht wird. Gegebenenfalls ist eine Ladeluftkühlung vorgesehen, mit der die komprimierte Verbrennungsluft vor Eintritt in die Zylinder gekühlt wird.

[0060] Die Aufladung dient in erster Linie der Leistungssteigerung der Brennkraftmaschine. Die Aufladung ist aber auch ein geeignetes Mittel, bei gleichen

Fahrzeugrandbedingungen das Lastkollektiv zu höheren Lasten hin zu verschieben, wodurch der spezifische Kraftstoffverbrauch gesenkt werden kann.

[0061] Häufig wird bei Unterschreiten einer bestimmten Motordrehzahl ein Drehmomentabfall beobachtet. Die Drehmomentcharakteristik einer aufgeladenen Brennkraftmaschine wird durch unterschiedliche Maßnahmen zu verbessern versucht. Beispielsweise durch eine kleine Auslegung des Turbinenquerschnittes und gleichzeitiger Abgasabbläsung. Eine derartige Turbine wird auch als Waste-Gate-Turbine bezeichnet. Überschreitet der Abgasmassenstrom eine kritische Größe wird durch Öffnen eines Absperr-elementes ein Teil des Abgasstromes im Rahmen der sogenannten Abgasabbläsung mittels einer Bypaßleitung an der Turbine bzw. dem Turbinenlaufrad vorbei geführt.

[0062] Die Drehmomentcharakteristik einer aufgeladenen Brennkraftmaschine kann des Weiteren durch mehrere parallel oder in Reihe angeordnete Turbolader, d. h. durch mehrere parallel oder in Reihe angeordnete Turbinen, verbessert werden.

[0063] Die Turbine kann darüber hinaus mit einer variablen Turbinengeometrie ausgestattet werden, die eine weitergehende Anpassung an den jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine durch Verstellen der Turbinengeometrie bzw. des wirksamen Turbinenquerschnittes gestattet. Dabei sind im Eintrittsbereich der Turbine verstellbare Leitschaufeln zur Beeinflussung der Strömungsrichtung angeordnet. Im Gegensatz zu den Laufschaufeln des umlaufenden Laufrades rotieren die Leitschaufeln nicht mit der Welle der Turbine.

[0064] Verfügt die Turbine über eine feste unveränderliche Geometrie, sind die Leitschaufeln nicht nur stationär, sondern zudem völlig unbeweglich im Eintrittsbereich angeordnet, d. h. starr fixiert. Bei einer variablen Geometrie hingegen sind die Leitschaufeln zwar stationär angeordnet, aber nicht völlig unbeweglich, sondern um ihre Achse drehbar, so dass auf die Anströmung der Laufschaufeln Einfluß genommen werden kann.

[0065] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen der mindestens eine Zylinderkopf mit einem integrierten Kühlmittelmantel ausgestattet ist. Insbesondere aufgeladene Brennkraftmaschinen sind thermisch höher belastet als Saugmotoren, weshalb höhere Anforderungen an die Kühlung zu stellen sind.

[0066] Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die Kühlung in Gestalt einer Luftkühlung oder einer Flüssigkeitskühlung auszuführen. Mit einer Flüssigkeitskühlung können aber wesentlich größere Wärmemengen abgeführt werden als dies mit einer Luftkühlung möglich ist.

[0067] 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, in der Regel mit Additiven versetztes Wasser, 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.

[0068] Bei mittels Abgasturboaufladung aufgeladenen Brennkraftmaschinen, bei denen die Turbine des mindestens einen Abgasturboladers in der Gesamtabgasleitung angeordnet ist und einen Eintrittsbereich zum Zuführen der Abgase aufweist, sind Ausführungsformen vorteilhaft, die dadurch gekennzeichnet sind, dass sich der innenliegende Wandabschnitt, welcher in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, bis in den Eintrittsbereich der Turbine hinein erstreckt.

[0069] Wie bereits beschrieben, kann der innenliegende Wandabschnitt grundsätzlich und auch im Zusammenhang mit der vorstehend genannten Ausführungsform einteilig mit dem mindestens einen Zylinderkopf ausgebildet sein bzw. werden.

[0070] Vorteilhaft können aber auch Ausführungsformen sein, bei denen der innenliegende Wandabschnitt modular aufgebaut ist, wobei der mindestens eine Zylinderkopf einen Teilabschnitt und der Eintrittsbereich der Turbine einen weiteren Teilabschnitt ausbildet. Es wird Bezug genommen auf die weiter oben gemachten Ausführungen betreffend die Ausbildung des innenliegenden Wandabschnitts.

[0071] Vorteilhaft können auch Ausführungsformen sein, bei denen der innenliegende Wandabschnitt modular aufgebaut ist, wobei der mindestens eine Zylinderkopf einen Teilabschnitt und ein externer Krümmerabschnitt einen weiteren Teilabschnitt ausbildet.

[0072] Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen jeder Zylinder mindestens zwei Auslaßöffnungen zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist.

[0073] Wie bereits ausgeführt wurde, wird während des Ladungswechsels eine schnelle Freigabe möglichst großer Strömungsquerschnitte angestrebt, um die Drosselverluste in den ausströmenden Abgasströmungen gering zu halten und ein effektives Abführen der Abgase zu gewährleisten. Deshalb ist es vorteilhaft, die Zylinder mit zwei oder mehr Auslaßöffnungen auszustatten.

[0074] Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe, nämlich ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß einer zuvor beschriebenen Art aufzuzeigen, deren Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung mit Zündvorrichtungen ausgestattet sind, wird gelöst durch ein Verfahren, bei dem die Zylinder in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 gezündet werden, wobei die Zylinder beginnend mit einem außenliegenden Zylinder der Reihe nach entlang der Längsachse des mindestens einen Zylinderkopfes durchgezählt und nummeriert werden.

[0075] Das im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine Gesagte gilt ebenfalls für das erfindungsgemäße Verfahren.

[0076] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von drei Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1 bis 3 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 schematisch eine erste Ausführungsform des Zylinderkopfes im Querschnitt,

Fig. 2 schematisch eine zweite Ausführungsform des Zylinderkopfes im Querschnitt, und

Fig. 3 schematisch eine dritte Ausführungsform des Zylinderkopfes im Querschnitt.

[0077] Figur 1 zeigt schematisch und im Schnitt eine erste Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 mitsamt einem Abschnitt des Eintrittsgehäuses 11 einer Turbine 12.

[0078] Der Zylinderkopf 1 verfügt über vier Zylinder 3, die entlang der Längsachse 2 des Zylinderkopfes 1, d. h. in Reihe angeordnet sind. Der Zylinderkopf 1 verfügt somit über zwei außenliegende Zylinder 3a und zwei innenliegende Zylinder 3b.

[0079] Jeder Zylinder 3 weist zwei Auslaßöffnungen 4 auf, an die sich Abgasleitungen 5 des Abgasabfuhrsystems zum Abführen der Abgase anschließen. Die Abgasleitungen 5 der Zylinder 3 führen stufenweise zu einer Gesamtabgasleitung 7 zusammen, wobei jeweils die zwei Abgasleitungen 5 eines außenliegenden Zylinders 3a und die zwei Abgasleitungen 5 des benachbarten innenliegenden Zylinders 3b zu einer diesem Zylinderpaar zugehörigen Teilabgasleitung 6 zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen 6 der vier Zylinder 3, 3a, 3b zu einer Gesamtabgasleitung 7 zusammenführen.

[0080] Dabei werden jeweils die zwei Abgasleitungen 5 eines außenliegenden Zylinders 3a und die zwei Abgasleitungen 5 des benachbarten innenliegenden Zylinders 3b abschnittsweise durch einen außenliegenden Wandabschnitt 9a, der in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, voneinander getrennt und die beiden Teilabgasleitungen 6 und die Abgasleitungen 5 der beiden innenliegenden Zylinder 3b abschnittsweise durch einen innenliegenden Wandabschnitt 9b, der ebenfalls in das Abgasabfuhrsystem hineinragt. Sowohl der innenliegende Wandabschnitt 9b als auch die außenliegenden Wandabschnitte 9a sind einteilig mit dem Zylinderkopf 1 ausgebildet.

[0081] Die außenliegenden Wandabschnitte 9a erstrecken sich weniger weit in Richtung der Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1 als der innenliegende Wandabschnitt 9b. Der innenliegende Wandabschnitt 9b erstreckt sich in Richtung der Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1 - senkrecht zur Längsachse 2 des Zylinderkopfes 1 - um eine Wegstrecke Δs weiter als die außenliegenden Wandabschnitte 9a. Der innenliegende Wandabschnitt 9b überragt die außenliegenden Wandabschnitte 9a um die Wegstrecke Δs .

[0082] Bei der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform erstreckt sich der innenliegende Wandabschnitt 9b mit dem freien Ende 9c bis zur Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1, so dass die Abgasströme der Teilabgasleitungen 6 bis zum Verlassen des Zylinderkopfes 1 durch den innenliegenden Wandabschnitt 9b voneinander getrennt sind und das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Austrittsöffnungen aus dem Zylinderkopf 1 austritt. Die Abgasleitungen 5 der Zylinder 3 bzw. die Teilabgasleitungen 6 der Zylinderpaare werden erst außerhalb des Zylinderkopfes 1 zu einer Gesamtabgasleitung 7 zusammengeführt.

[0083] Insofern ist der Abgaskrümmter 10 nur teilweise im Zylinderkopf 1 integriert. Der innerhalb des Zylinderkopfes 1 liegende Krümmerabschnitt 10b wird durch einen außerhalb des Zylinderkopfes 1 liegenden Krümmerabschnitt 10a, d. h. einen externen Krümmerabschnitt 10a, ergänzt.

[0084] In der Gesamtabgasleitung 7 ist die Turbine 12 eines Abgasturboladers angeordnet, die zum Zuführen der Abgase der Zylinder 3 mit einem Eintrittsbereich 11 ausgestattet ist. Dabei geht die Gesamtabgasleitung 7 bzw. der Abgaskrümmter 10 fließend in das Eintrittsgehäuse 11 der Turbine 12 über, was durch die motornahe Anordnung der Turbine 12 bedingt ist.

[0085] Figur 2 zeigt schematisch und im Schnitt eine zweite Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 mitsamt einem Abschnitt des Eintrittsgehäuses 11 einer Turbine 12. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform erörtert werden, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf Figur 1. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0086] Im Unterschied zu der Ausführungsform der Figur 1 erstreckt sich der innenliegende Wandabschnitt 9b bei der in Figur 2 dargestellten Ausführungsform über die Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1 hinaus und bis in den Eintrittsbereich 11 der Turbine 12 hinein.

[0087] Der innenliegende Wandabschnitt 9b ist dabei modular aufgebaut, wobei der Zylinderkopf 1 einen ersten Teilabschnitt 9b' ausbildet und der Eintrittsbereich 11 der Turbine 12 einen weiteren Teilabschnitt 9b'' ausformt, der den ersten Teilabschnitt 9b' fortsetzt.

[0088] Auch bei dieser Ausführungsform tritt das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Austrittsöffnungen aus dem Zylinderkopf 1 aus. Die Abgasströme der Teilabgasleitungen 6 werden auch noch nach Verlassen des Zylinderkopfes 1 durch den innenliegenden Wandabschnitt 9b, 9b'' voneinander getrennt. Die Gesamtabgasleitung 7 wird vorliegend durch das Eintrittsgehäuse 11 der Turbine 12 ausgebildet.

[0089] Das Ende des ersten Teilabschnitt 9b', welches in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, weist einen Abstand von der Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1 auf, weshalb der durch das Eintrittsgehäuse 11 ausgebildete Teilabschnitt 9b'' in den Zylinderkopf 1 hineinragt, um den ersten Teilabschnitt 9b' fortsetzen zu können.

[0090] Figur 3 zeigt schematisch und im Schnitt eine dritte Ausführungsform des Zylinderkopfes 1. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform erörtert werden, weshalb im Übrigen Be-

derkopfes 1, so dass die Abgasströme der Teilabgasleitungen 6 bis zum Verlassen des Zylinderkopfes 1 durch den innenliegenden Wandabschnitt 9b voneinander getrennt sind und das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Austrittsöffnungen aus dem Zylinderkopf 1 austritt. Die Abgasleitungen 5 der Zylinder 3 bzw. die Teilabgasleitungen 6 der Zylinderpaare werden erst außerhalb des Zylinderkopfes 1 zu einer Gesamtabgasleitung 7 zusammengeführt.

zug genommen wird auf Figur 1. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0091] Im Unterschied zu der Ausführungsform der Figur 1 erstreckt sich der innenliegende Wandabschnitt 9b bei der in Figur 3 dargestellten Ausführungsform nicht bis zur Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1. Vielmehr weist das freie Ende 9c des innenliegenden Wandabschnitts 9b einen Abstand Δd von der Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1 auf.

[0092] Folglich führen die Abgasleitungen 5 der Zylinder 3 unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers 10 bereits innerhalb des Zylinderkopfes 1 zu einer Gesamtabgasleitung 7 zusammen. Das Abgasabführsystem tritt in Gestalt einer einzelnen Öffnung aus dem Zylinderkopf 1 aus.

[0093] Das freie Ende 9c des innenliegenden Wandabschnitts 9b weist von einer Ebene A, die parallel zur Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1 und durch die Auslaßöffnungen der Zylinder verläuft, einen senkrecht zur Ebene A verlaufenden Abstand ΔL auf.

Bezugszeichen

[0094]

1	Zylinderkopf	
2	Längsachse des Zylinderkopfes	
3	Zylinder	
3a	außenliegender Zylinder	
3b	innenliegender Zylinder	
4	Auslaßöffnung	
5	Abgasleitung	
6	Teilabgasleitung	
7	Gesamtabgasleitung	
8	auslaßseitige Außenseite des Zylinderkopfes	
9a	außenliegender Wandabschnitt	
9b	innenliegender Wandabschnitt	
9b'	Teilabschnitt des innenliegenden Wandabschnitts	
9b''	weiterer Teilabschnitt des innenliegenden Wandabschnitts	
9c	freies Ende des innenliegenden Wandabschnitts	
10	Abgaskrümmers	

10a	außerhalb des Zylinderkopfes liegender Abgaskrümmersabschnitt	
10b	innerhalb des Zylinderkopfes liegender Abgaskrümmersabschnitt	
11	Eintrittsgehäuse bzw. Eintrittsbereich der Turbine	
12	Turbine	
$^{\circ}\text{KW}$	Grad Kurbelwinkel	
A	Ebene, die parallel zur Außenseite und durch die Auslaßöffnungen der Zylinder verläuft	
D	Durchmesser eines Zylinders	
Δd	Abstand des freien Endes des innenliegenden Wandabschnitts von der Außenseite des Zylinderkopfes	
ΔL	Abstand des freien Endes des innenliegenden Wandabschnitts von der Ebene A	
Δs	Wegstrecke, die sich der innenliegende Wandabschnitt über einen außenliegenden Wandabschnitt hinaus erstreckt	

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinderkopf (1), der

- vier entlang der Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) in Reihe angeordnete Zylinder (3) aufweist, wobei jeder Zylinder (3) mindestens eine Auslaßöffnung (4) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder (3) via Abgasabführsystem aufweist, wozu sich an jede Auslaßöffnung (4) eine Abgasleitung (5) anschließt, und bei dem
- die Abgasleitungen (5) der Zylinder (3) stufenweise zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, wobei jeweils die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen (6) der vier Zylinder (3, 3a, 3b) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, und
- das Abgasabführsystem an einer Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) austritt,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die außenliegenden Wandabschnitte (9a), die

- jeweils abschnittsweise die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) voneinander trennen und in das Abgasabfuhrsystem hineinragen, sich in Richtung der Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) senkrecht zur Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) weniger weit erstrecken als der innenliegende Wandabschnitt (9b), der abschnittsweise die beiden Teilabgasleitungen (6) und die Abgasleitungen (5) der beiden innenliegenden Zylinder (3b) voneinander trennt und in das Abgasabfuhrsystem hineinragt.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) jeweils innerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes (1) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen.
 3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innenliegende Wandabschnitt (9b) sich in Richtung der Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) senkrecht zur Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) um eine Wegstrecke Δs weiter erstreckt als die außenliegenden Wandabschnitte (9a), wobei gilt: $\Delta s \geq 5$ mm.
 4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\Delta s \geq 10$ mm.
 5. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das freie Ende (9c) des innenliegenden Wandabschnitts (9b), welches in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, von der Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) einen senkrecht zur Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) verlaufenden Abstand Δd aufweist, wobei gilt: $\Delta d \leq 30$ mm.
 6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\Delta d \leq 20$ mm.
 7. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\Delta d \geq 10$ mm.
 8. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das freie Ende (9c) des innenliegenden Wandabschnitts (9b), welches in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, von einer Ebene A, die parallel zur Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) und durch die Auslaßöffnungen (4) der Zylinder (3) verläuft, einen senkrecht zur Ebene A verlaufenden Abstand ΔL aufweist mit $\Delta L \geq D$, wobei D der Durchmesser eines Zylinders (3) ist.
 9. Brennkraftmaschine nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\Delta L \geq 1.2D$.
 10. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasleitungen (5) der Zylinder (3) unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers (10) innerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes (1) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen.
 11. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasleitungen (5) der Zylinder (3) außerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes (1) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen.
 12. Brennkraftmaschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der innenliegende Wandabschnitt (9b), welcher in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, bis zur Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) erstreckt.
 13. Brennkraftmaschine nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der innenliegende Wandabschnitt (9b), welcher in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, über die Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) hinaus erstreckt.
 14. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche mit mindestens einem Abgasturbolader, wobei die Turbine (12) des mindestens einen Abgasturboladers in der Gesamtabgasleitung (7) angeordnet ist und einen Eintrittsbereich (11) zum Zuführen der Abgase aufweist.
 15. Brennkraftmaschine nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der innenliegende Wandabschnitt (9b), welcher in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, bis in den Eintrittsbereich (11) der Turbine (12) hinein erstreckt.
 16. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innenliegende Wandabschnitt (9b) einteilig mit dem mindestens einen Zylinderkopf (1) ausgebildet ist.
 17. Brennkraftmaschine nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innenliegende Wandabschnitt (9b) modular aufgebaut ist, wobei der mindestens eine Zylinderkopf (1) einen Teilabschnitt (9b') und der Eintrittsbereich (11) der Turbine (12) einen weiteren Teilabschnitt (9b'') ausbildet.
 18. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 13 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innen-

liegende Wandabschnitt (9b) modular aufgebaut ist, wobei der mindestens eine Zylinderkopf (1) einen Teilabschnitt (9b') und ein externer Krümmerabschnitt (10a) einen weiteren Teilabschnitt (9b'') ausbildet.

19. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, deren Zylinder (3) zur Einleitung einer Fremdzündung mit Zündvorrichtungen ausgestattet sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinder (3) in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 gezündet werden, wobei die Zylinder (3) beginnend mit einem außenliegenden Zylinder (3a) der Reihe nach entlang der Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) durchgezählt und nummeriert werden.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, deren Zylinder (3) zur Einleitung einer Fremdzündung mit Zündvorrichtungen ausgestattet sind, mit mindestens einem Zylinderkopf (1), der

- vier entlang der Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) in Reihe angeordnete Zylinder (3) aufweist, wobei jeder Zylinder (3) mindestens eine Auslaßöffnung (4) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder (3) via Abgasabführsystem aufweist, wozu sich an jede Auslaßöffnung (4) eine Abgasleitung (5) anschliesst, und bei dem
- die Abgasleitungen (5) der Zylinder (3) stufenweise zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, wobei jeweils die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen (6) der vier Zylinder (3, 3a, 3b) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, und
- das Abgasabführsystem an einer Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) austritt,
- die außenliegenden Wandabschnitte (9a), die jeweils abschnittsweise die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) voneinander trennen und in das Abgasabführsystem hineinragen, sich in Richtung der Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) senkrecht zur Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) weniger weit erstrecken als der innenliegende Wandabschnitt (9b), der abschnittsweise die beiden Teilabgasleitungen (6) und die Abgasleitungen (5) der beiden innenliegenden Zylinder (3b) voneinander trennt und in das Abgasabführsystem hineinragt, und

der (3b) voneinander trennt und in das Abgasabführsystem hineinragt, und

- die mindestens eine Abgasleitung (5) eines außenliegenden Zylinders (3a) und die mindestens eine Abgasleitung (5) des benachbarten innenliegenden Zylinders (3b) jeweils innerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes (1) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- die Zylinder (3) in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 gezündet werden, wobei die Zylinder (3) beginnend mit einem außenliegenden Zylinder (3a) der Reihe nach entlang der Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) durchgezählt und nummeriert werden.

2. Brennkraftmaschine zur Durchführung eines Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasleitungen (5) der Zylinder (3) unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmer (10) innerhalb des mindestens einen Zylinderkopfes (1) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, wobei das freie Ende (9c) des innenliegenden Wandabschnitts (9b), welches in das Abgasabführsystem hineinragt, von der Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) einen senkrecht zur Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) verlaufenden Abstand Δd aufweist mit $\Delta d \leq 30$ mm, oder sich der innenliegende Wandabschnitt (9b), welcher in das Abgasabführsystem hineinragt, bis zur Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) erstreckt.

3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der innenliegende Wandabschnitt (9b) sich in Richtung der Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) senkrecht zur Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) um eine Wegstrecke Δs weiter erstreckt als die außenliegenden Wandabschnitte (9a), wobei gilt: $\Delta s \geq 5$ mm.

4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\Delta s \geq 10$ mm.

5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\Delta d \leq 20$ mm.

6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: $\Delta d \geq 10$ mm.

7. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das freie Ende (9c) des innenliegenden Wandabschnitts

(9b), welches in das Abgasabführsystem hineinragt, von einer Ebene A, die parallel zur Außenseite (8) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) und durch die Auslaßöffnungen (4) der Zylinder (3) verläuft, einen senkrecht zur Ebene A verlaufenden Abstand ΔL aufweist mit $\Delta L \geq D$, wobei D der Durchmesser eines Zylinders (3) ist. 5

8. Brennkraftmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass gilt: $\Delta L \geq 1.2D$. 10

9. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche mit mindestens einem Abgasturbolader, wobei die Turbine (12) des mindestens einen Abgasturboladers in der Gesamtabgasleitung (7) angeordnet ist und einen Eintrittsbereich (11) zum Zuführen der Abgase aufweist. 15

10. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der innenliegende Wandabschnitt (9b) einteilig mit dem mindestens einen Zylinderkopf (1) ausgebildet ist. 20

25

30

35

40

45

50

55

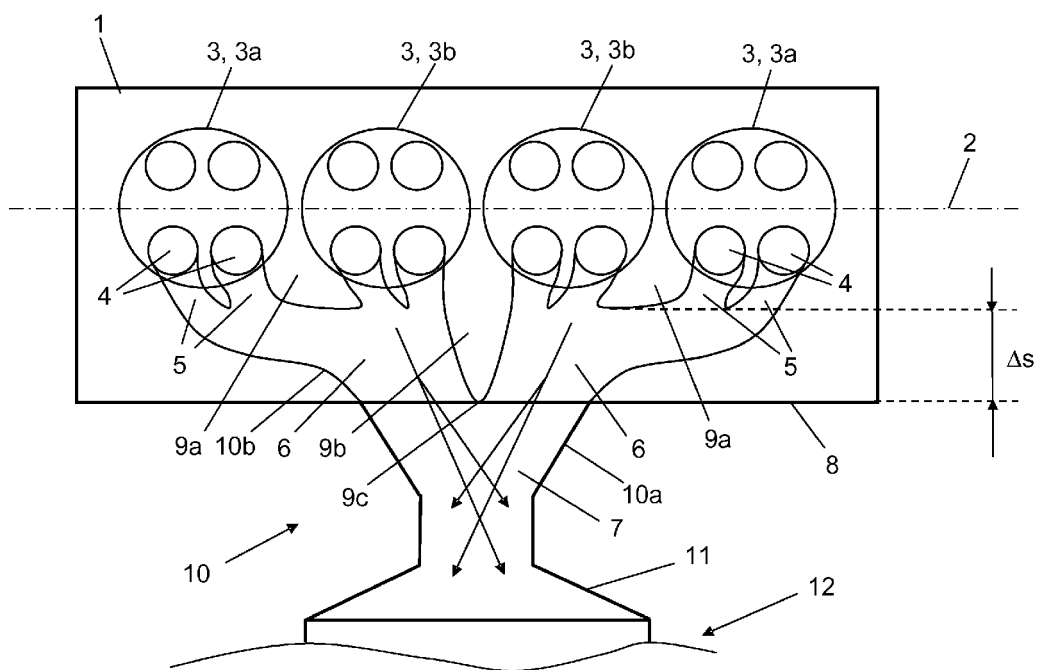


Fig. 1

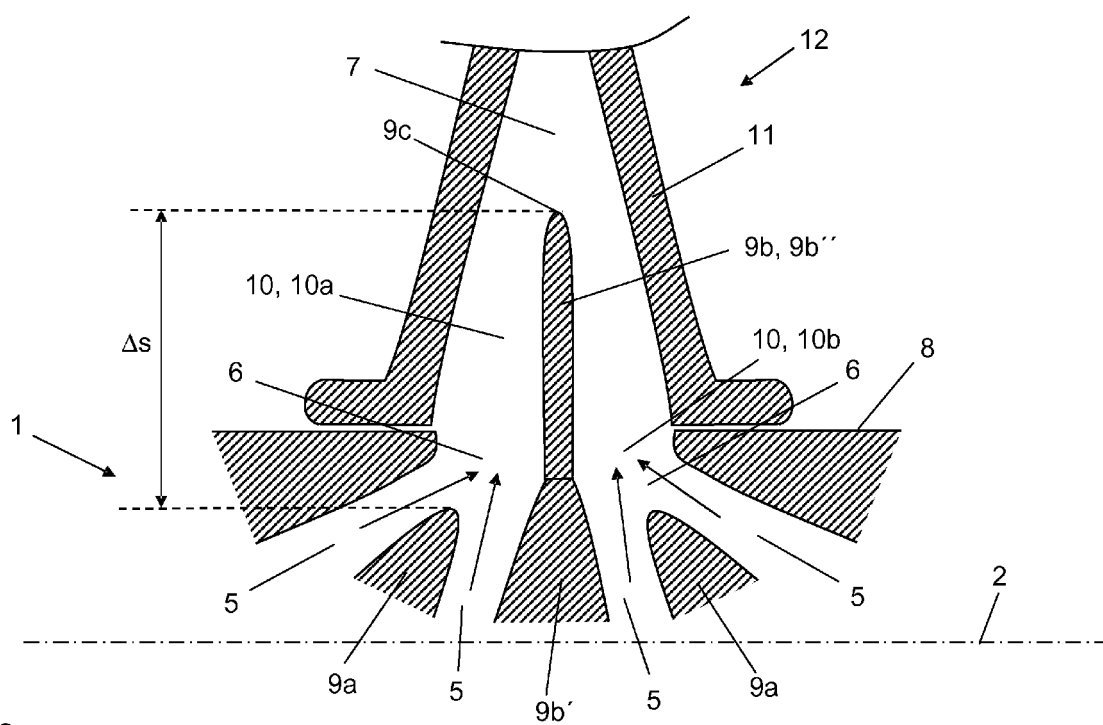


Fig. 2

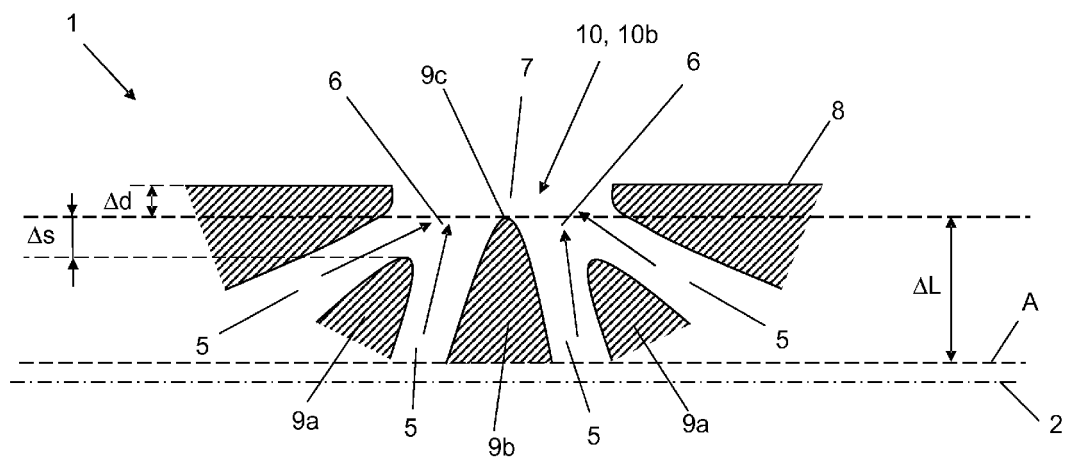


Fig. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 11 16 9411

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2008 035957 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 18. Februar 2010 (2010-02-18) * Abbildung 3 *	1-19	INV. F02F1/24 F02B37/02 F01N13/10
X	DE 33 14 839 A1 (PEDACK WERNER) 25. Oktober 1984 (1984-10-25) * Seite 4 - Seite 5 *	1-19	
X	US 2009/151343 A1 (SON JIN WOOK [KR] ET AL) 18. Juni 2009 (2009-06-18) * Absatz [0003]; Abbildungen 1,6 *	1	
X	KUHLBACH K ET AL: "Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmer fuer Downsizing-Konzepte", MTZ MOTORTECHNISCHE ZEITSCHRIFT, VIEWEG VERLAG, WIESBADEN, DE, Bd. 70, Nr. 4, 1. April 2009 (2009-04-01), Seiten 286-293, XP001521558, ISSN: 0024-8525 * Abbildung 1 *	1	
X	US 4 028 887 A (TSUTSUMI SABURO) 14. Juni 1977 (1977-06-14) * Abbildungen 6,7 *	1	
A	US 2009/241526 A1 (SON JIN WOOK [KR] ET AL) 1. Oktober 2009 (2009-10-01) * Absatz [0003] - Absatz [0021]; Anspruch 1 *	1,19	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02F F02B F01N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 10. November 2011	Prüfer Coniglio, Carlo
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 11 16 9411

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

10-11-2011

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008035957 A1	18-02-2010	CN 201486674 U DE 102008035957 A1	26-05-2010 18-02-2010
DE 3314839 A1	25-10-1984	KEINE	
US 2009151343 A1	18-06-2009	DE 102008058852 A1 US 2009151343 A1	25-06-2009 18-06-2009
US 4028887 A	14-06-1977	DE 2610755 A1 FR 2304785 A1 GB 1522867 A JP 1189045 C JP 51106817 A JP 58020384 B US 4028887 A	23-09-1976 15-10-1976 31-08-1978 13-02-1984 22-09-1976 22-04-1983 14-06-1977
US 2009241526 A1	01-10-2009	CN 101550886 A DE 102008058854 A1 JP 2009250232 A KR 20090105190 A US 2009241526 A1	07-10-2009 08-10-2009 29-10-2009 07-10-2009 01-10-2009

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82