

(19)



(11)

EP 2 172 635 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
07.04.2010 Patentblatt 2010/14

(51) Int Cl.:
F02F 1/24 ^(2006.01) **F02F 1/40** ^(2006.01)
F02F 1/42 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **08105481.9**

(22) Anmeldetag: **02.10.2008**

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

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

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten**
Henry-Ford Str. 1
50725 Köln (DE)

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

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

(54) **Zylinderkopf für eine Brennkraftmaschine mit zwei integrierten Abgaskrümmern und Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem derartigen Zylinderkopf**

(57) Die Erfindung betrifft einen Zylinderkopf, der an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist, mit einem zumindest teilweise im Zylinderkopf integrierten Kühlmittelmantel (8) und mindestens zwei Zylindern, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung (3a, 3b) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslaßöffnung (3a, 3b) eine Abgasleitung (4a, 4b) anschliesst, und bei dem

- mindestens zwei Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils mindestens einem Zylinder bilden, und
- die Abgasleitungen (4a, 4b) der Zylinder jeder Zylinder-

gruppe unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers (2', 2'') innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung (6', 6'') zusammenführen.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf der oben genannten Art.

Es soll ein Zylinderkopf der genannten Art bereitgestellt werden, dessen Flüssigkeitskühlung optimiert ist und eine thermische Überlastung des Zylinderkopfes sicher verhindert.

Erreicht wird dies mit einem Zylinderkopf der oben genannten Art, der dadurch gekennzeichnet ist, dass
- der Kühlmittelmantel (8) sich auch zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen (6', 6'') erstreckt.

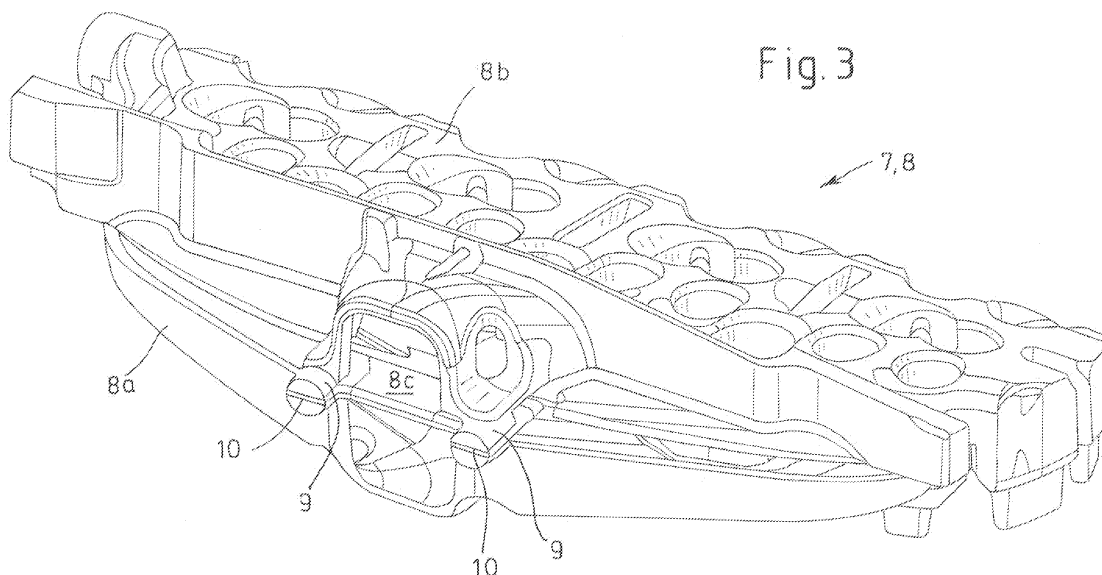


Fig. 3

EP 2 172 635 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Zylinderkopf, der an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist, mit einem zumindest teilweise im Zylinderkopf integrierten Kühlmittelmantel und mindestens zwei Zylindern, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und bei dem

- mindestens zwei Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils mindestens einem Zylinder bilden, und
- die Abgasleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf der oben genannten Art mit mindestens drei Zylindern.

[0003] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfaßt der Begriff Brennkraftmaschine Dieselmotoren, Ottomotoren, aber auch Hybrid-Brennkraftmaschinen.

[0004] Brennkraftmaschinen verfügen über einen Zylinderblock und einen Zylinderkopf, die zur Ausbildung der einzelnen Zylinder d. h. Brennräume miteinander verbunden werden, wobei zum Verbinden im Zylinderkopf und im Zylinderblock Bohrungen vorgesehen sind. Im Rahmen der Montage werden der Zylinderblock und der Zylinderkopf durch Aufeinanderlegen ihrer Montage-Stirnseiten in der Weise zueinander angeordnet, daß die Bohrungen miteinander fluchten. Mittels Gewindebolzen, die in die Bohrungen des Zylinderkopfes und des Zylinderblocks eingeführt und verschraubt werden, wird dann eine Verbindung hergestellt.

[0005] Der Zylinderblock weist zur Aufnahme der Kolben bzw. der Zylinderrohre eine entsprechende Anzahl an Zylinderbohrungen auf. Die Kolben werden axial beweglich in den Zylinderrohren geführt und bilden zusammen mit den Zylinderrohren und dem Zylinderkopf die Brennräume der Brennkraftmaschine aus. Folglich wird ein Brennraum jeweils von einem Kolben, einem Zylinderrohr und dem Zylinderkopf mitbegrenzt und mitgestaltet. Zur Abdichtung der Brennräume wird in der Regel zwischen dem Zylinderblock und dem Zylinderkopf eine Dichtung angeordnet.

[0006] Der Zylinderkopf dient üblicherweise zur Aufnahme des Ventiltriebs. Um den Ladungswechsel zu steuern, benötigt eine Brennkraftmaschine Steuerorgane und Betätigungseinrichtungen zur Betätigung dieser Steuerorgane. Im Rahmen des Ladungswechsels erfolgt das Ausschieben der Verbrennungsgase über die Auslaßöffnungen und das Füllen des Brennraums d. h. das Ansaugen des Frischgemisches bzw. der Frischluft über die Einlaßöffnungen. 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.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

sels 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.

[0007] Es ist die Aufgabe des Ventiltriebes die Einlaß- und Auslaßöffnungen der Brennkammer 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 des Brennraumes mit Frischgemisch bzw. ein effektives d. h. vollständiges Abführen der Abgase zu gewährleisten. Nach dem Stand der Technik werden Brennkammern daher auch häufig und zunehmend mit zwei oder mehr Einlaß- bzw. Auslaßöffnungen ausgestattet.

[0008] Die Einlaßkanäle, die zu den Einlaßöffnungen führen, und die Auslaßkanäle bzw. Abgasleitungen, die sich an die Auslaßöffnungen anschließen, sind nach dem Stand der Technik zumindest teilweise im Zylinderkopf integriert. Weist ein Zylinder zwei oder mehrere Auslaßöffnungen auf, werden die Abgasleitungen der Auslaßöffnungen eines einzelnen Zylinders in der Regel zu einer dem Zylinder zugehörigen Teilabgasleitung zusammengeführt, wobei die Teilabgasleitungen dann zu einer gemeinsamen Gesamtabgasleitung oder aber gruppenweise zu zwei oder mehreren Gesamtabgasleitungen zusammengeführt werden können. Die Zusammenführung von Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung als Abgaskrümmers bezeichnet.

[0009] Stromabwärts eines Krümmers werden die Abgase dann gegebenenfalls der Turbine eines Abgasturboladers und/oder einem oder mehreren Abgasnachbehandlungssystemen zugeführt.

[0010] Dabei ist man zum einen bemüht, den bzw. die Abgasturbolader möglichst nahe am Auslaß der Brennkraftmaschine 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. Zum anderen soll auch der Weg der heißen Abgase zu den verschiedenen Abgasnachbehandlungssystemen 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.

[0011] In diesem Zusammenhang ist man daher grundsätzlich bemüht, die thermische Trägheit des Teilstücks der Abgasleitung zwischen Auslaßöffnung am Zylinder und Abgasnachbehandlungssystem bzw. zwischen Auslaßöffnung am Zylinder und Abgasturbolader

bzw. Turbine zu minimieren, was durch Reduzierung der Masse und der Länge dieses Teilstückes erreicht werden kann.

[0012] Um die zuvor genannten Ziele zu erreichen, werden gemäß einem Lösungsansatz nach dem Stand der Technik die Abgasleitungen innerhalb des Zylinderkopfes zusammengeführt. Diese Maßnahme gestattet darüber hinaus ein möglichst dichtes Packaging der Antriebseinheit. Ein Zylinderkopf, bei dem die Abgasleitungen der Zylinder innerhalb des Zylinderkopfes zusammengeführt werden, ist auch Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Zylinderkopf sind zudem mindestens zwei Zylinder in der Art konfiguriert, dass sie zwei Gruppen mit jeweils mindestens einem Zylinder bilden, wobei die Abgasleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen. Der Zylinderkopf kann dabei zusätzlich Zylinder aufweisen, die keiner Zylindergruppe angehören, wobei eine Zylindergruppe auch nur einen einzelnen Zylinder umfassen kann.

[0014] Das gruppenweise Zusammenführen der Abgasleitungen d. h. das Vorsehen von zwei Gesamtabgasleitungen bietet unter anderem die Möglichkeit, zwei parallel angeordnete Abgasturbolader oder aber eine zweiflutige Turbine in vorteilhafter Weise mit Abgas zu versorgen, worauf weiter unten noch eingegangen wird.

[0015] Ein Zylinderkopf mit integrierten Abgaskrümmern ist aber thermisch höher belastet als ein herkömmlicher Zylinderkopf, der mit einem externen Krümmer ausgestattet ist, und stellt daher erhöhte Anforderungen an die Kühlung.

[0016] Die bei der Verbrennung durch die exotherme, chemische Umwandlung des Kraftstoffes freigesetzte Wärme wird teilweise über die den Brennraum begrenzenden Wandungen an den Zylinderkopf und den Zylinderblock und teilweise über den Abgasstrom an die angrenzenden Bauteile und die Umgebung abgeführt. Um die thermische Belastung des Zylinderkopfes in Grenzen zu halten, muß ein Teil des in den Zylinderkopf eingeleiteten Wärmestromes dem Zylinderkopf wieder entzogen werden. Die von der Oberfläche der Brennkraftmaschine über Strahlung und Wärmeleitung an die Umgebung abgeführte Wärmemenge ist für eine effiziente Kühlung nicht ausreichend, weshalb in der Regel mittels erzwungener Konvektion gezielt eine Kühlung des Zylinderkopfes herbeigeführt wird.

[0017] Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, die Kühlung in Gestalt einer Luftkühlung oder einer Flüssigkeitskühlung auszuführen. Bei der Luftkühlung wird die Brennkraftmaschine mit einem Gebläse versehen, wobei der Wärmeabtransport mittels über die Oberfläche des Zylinderkopfes geführten Luftströmungen erfolgt.

[0018] Hingegen erfordert die Flüssigkeitskühlung die Ausstattung der Brennkraftmaschine bzw. des Zylinderkopfes mit einem Kühlmittelmantel d. h. die Anordnung

von das Kühlmittel durch den Zylinderkopf führenden Kühlmittelkanälen, was eine komplexe Struktur der Zylinderkopfkonstruktion bedingt. Dabei wird der mechanisch und thermisch hochbelastete Zylinderkopf durch das Einbringen der Kühlmittelkanäle einerseits in seiner Festigkeit geschwächt. Andererseits muß die Wärme nicht wie bei der Luftkühlung erst an die Zylinderkopfoberfläche geleitet werden, um abgeführt zu werden. Die Wärme wird bereits im Inneren des Zylinderkopfes 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 Zylinderkopfes abgeführt und in einem Wärmetauscher dem Kühlmittel wieder entzogen.

[0019] Aufgrund der wesentlichen höheren Wärmekapazität von Flüssigkeiten können mit einer Flüssigkeitskühlung wesentlich größere Wärmemengen abgeführt werden, weshalb bei einem Zylinderkopf der vorliegenden Art eine Flüssigkeitskühlung eingesetzt wird d. h. im Zylinderkopf ein Kühlmittelmantel integriert wird.

[0020] Einen Zylinderkopf mit integriertem Abgaskrümmer und einer Flüssigkeitskühlung offenbart beispielsweise die EP 1 722 090 A2, wobei dieser europäischen Patentanmeldung die Aufgabe zugrunde liegt, einen möglichst kompakten Zylinderkopf bereitzustellen und nicht einen Zylinderkopf mit einer möglichst effizienten Kühlung.

[0021] So erweist sich die Kühlung des in der EP 1 722 090 A2 beschriebenen Zylinderkopfes in der Praxis auch als unzureichend, wobei insbesondere in dem Bereich, in dem die Abgasleitungen zu der Gesamtabgasleitung zusammenführen, eine thermische Überlastung zu befürchten ist, die sich beispielsweise in Form von Materialabschmelzungen bemerkbar machen kann.

[0022] Um dies zu verhindern, wird bei einer Brennkraftmaschine, die mit einem Zylinderkopf gemäß der EP 1 722 090 A2 ausgestattet ist, immer dann eine Anfettung ($\lambda < 1$) vorgenommen, wenn mit hohen Abgastemperaturen zu rechnen ist. Dabei wird mehr Kraftstoff eingespritzt als mit der bereitgestellten Luftmenge überhaupt verbrannt werden kann, wobei der zusätzliche Kraftstoff ebenfalls erwärmt und verdampft wird, so daß die Temperatur der Verbrennungsgase sinkt. Diese Vorgehensweise ist aber unter energetischen Aspekten, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs der Brennkraftmaschine, und hinsichtlich der Schadstoffemissionen als nachteilig anzusehen. Insbesondere gestattet es die notwendige Anfettung nicht immer, die Brennkraftmaschine in der Weise zu betreiben, wie es beispielsweise für ein vorgesehenes Abgasnachbehandlungssystem erforderlich wäre.

[0023] Berücksichtigt man weiter, daß sich eine Entwicklung hin zu kleinen, hochaufgeladenen Motoren vollzogen hat und weiter vollzieht, wird ersichtlich, daß in der Praxis eine effiziente Flüssigkeitskühlung von immer größerer Relevanz ist, denn die thermische Belastung

ist bei aufgeladenen Motoren im Vergleich zu Saugmotoren nochmals größer.

[0024] Vor dem Hintergrund des oben Gesagten ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Zylinderkopf gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 d. h. der gattungsbildenden Art bereitzustellen, dessen Flüssigkeitskühlung optimiert ist und eine thermische Überlastung des Zylinderkopfes sicher verhindert.

[0025] Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf der oben genannten Art und mit mindestens drei Zylindern aufzuzeigen.

[0026] Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch einen Zylinderkopf, der an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist, mit einem zumindest teilweise im Zylinderkopf integrierten Kühlmittelmantel und mindestens zwei Zylindern, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslaßöffnung eine Abgasleitung anschließt, und bei dem

- mindestens zwei Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils mindestens einem Zylinder bilden, und
- die Abgasleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, und der dadurch gekennzeichnet ist, dass
- der Kühlmittelmantel sich auch zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen erstreckt.

[0027] Vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen der Zylinderkopf mindestens drei Zylinder aufweist.

[0028] Die Zusammenführung der Abgasleitungen von mindestens zwei Zylindern zu zwei Gesamtabgasleitungen gestattet es unter anderem, die Zylinder in geeigneter Weise zu konfigurieren d. h. zu gruppieren bzw. voneinander zu trennen - beispielsweise in der Art, dass sich die dynamischen Wellenvorgänge in den Abgasleitungen einer Zylindergruppe möglichst wenig nachteilig beeinflussen. Dabei sollen sich zum einen die in den Abgasleitungen ausbreitenden Druckwellen nicht gegenseitig abschwächen. Zum anderen sollten die Zylinder einer Zylindergruppe vorzugsweise einen möglichst großen Versatz hinsichtlich ihrer Arbeitsprozesse aufweisen, damit sich die in einer Zylindergruppe zusammengefaßten Zylinder nicht gegenseitig beim Ladungswechsel nachteilig beeinflussen d.h. behindern.

[0029] Wenn zu Beginn des Ladungswechsels eine Auslaßöffnung durch Betätigen eines Auslaßventil geöffnet wird, strömen die Verbrennungsgase aufgrund des gegen Ende der Verbrennung im Zylinder vorherrschenden hohen Druckniveaus und der damit verbundenen hohen Druckdifferenz zwischen Brennraum und Abgastrakt d. h. Abgasleitung mit hoher Geschwindigkeit durch die Auslaßöffnung in die Abgasleitung. Dieser druckgetriebene Strömungsvorgang wird durch eine hohe Druck-

spitze begleitet, die auch als Vorlastausstoß bezeichnet wird und sich entlang der Abgasleitungen mit Schallgeschwindigkeit fortpflanzt.

[0030] Hinsichtlich des Ladungswechsels ist es vorteilhaft, die Zylinder in der Art zu gruppieren, dass, wenn die mindestens eine Auslaßöffnung eines Zylinders einer Gruppe öffnet, die Auslaßöffnungen der anderen Zylinder dieser Gruppe geschlossen sind bzw. die Auslaßöffnungen der anderen Zylinder dieser Gruppe zu dem Zeitpunkt geschlossen sind, zu dem die Druckwelle bzw. der Vorlastausstoß des sich öffnenden Zylinders an der Auslaßöffnung eines anderen Zylinders ankommt bzw. erwartet wird. Auf diese Weise kann ein Rückströmen von Abgas durch die Auslaßöffnung in den Brennraum vermieden werden.

[0031] Die Gruppierung der Zylinder schafft auch mehr Freiheiten bei der Festlegung der Steuerzeiten der Ventile eines Zylinder, da sich gegebenenfalls nachteilig beeinflussende Zylindern in geeigneter Weise voneinander getrennt werden können, nämlich vorzugsweise in der Art, dass die Zylinder einer Zylindergruppe einen möglichst großen Versatz hinsichtlich ihrer Arbeitsprozesse aufweisen. So können grundsätzlich die Öffnungszeiten der Ventile, insbesondere der Auslaßventile, verlängert werden bzw. die Schließzeit der Auslaßventile nach spät verschoben werden, ohne dass zu befürchten ist, dass der Ladungswechsel eines Zylinders, insbesondere der Vorlastausstoß eines Zylinders, für ein Rückströmen von Abgas durch die Auslaßöffnung eines anderen Zylinders in den Brennraum sorgt. Untersuchungen haben gezeigt, dass über die Steuerzeiten der Ventile maßgeblich Einfluß genommen werden kann auf den Wirkungsgrad und die Schadstoffemissionen, insbesondere die Kohlendioxidemissionen (CO₂).

[0032] Erfindungsgemäß werden die Abgasleitungen der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung zusammengeführt.

[0033] Wie bereits weiter oben erörtert wurde, ist man grundsätzlich bestrebt, die Turbine eines Abgasturboladers möglichst nahe am Auslaß der Brennkraftmaschine anzuordnen und die Wege der heißen Abgase zu den verschiedenen Abgasnachbehandlungssystemen möglichst kurz zu gestalten. Um dies zu realisieren, ist die weitestgehende Integration der Abgasleitungen in den Zylinderkopf - wie bei dem erfindungsgemäßen Zylinderkopf - zielführend.

[0034] Die Länge der Abgasleitungen wird durch eine Integration in den Zylinderkopf verringert. Zum einen wird dadurch das Leitungsvolumen d. h. das Abgasvolumen der Abgasleitungen stromaufwärts einer gegebenenfalls vorgesehenen Turbine verkleinert, so dass das Ansprechverhalten einer stromabwärts der Krümmer angeordneten Turbine verbessert wird. Zum anderen führen die verkürzten Abgasleitungen auch zu einer geringeren thermischen Trägheit des Abgassystems stromaufwärts der Turbine, so dass die Temperatur der Abgase am Tur-

bineneintritt erhöht ist, weshalb auch die Enthalpie der Abgase am Eintritt der Turbine höher ist. Gegebenenfalls vorgesehene Abgasnachbehandlungssysteme erreichen schneller eine erforderliche Mindestbetriebstemperatur.

[0035] Da sich die Leitungslängen der einzelnen Abgasleitungen durch eine Integration in den Zylinderkopf verkürzen, steigt grundsätzlich auch die Gefahr, dass sich die Zylinder gegenseitig beim Ladungswechsel behindern bzw. sich die dynamischen Wellenvorgänge in den Abgasleitungen der Zylinder nachteilig beeinflussen, was eigentlich vermieden werden sollte.

[0036] Insofern ist die Gruppierung der Zylinder insbesondere im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Integration der Abgasleitungen in den Zylinderkopf vorteilhaft, da auf diese Weise die Abgasströmungen zumindest bis hin zu den Gesamtabgasleitungen voneinander separiert werden können. Die bei dem erfindungsgemäßen Zylinderkopf angewendete Kombination aus Zylindergruppierung und in den Zylinderkopf integrierten Abgasleitungen führt somit im Zusammenwirken dieser beiden Maßnahmen zu einem Synergieeffekt, der über die Vorteile jeder einzelnen Maßnahme für sich hinausgeht.

[0037] Die erfindungsgemäße Integration der Abgasleitungen gestattet darüber hinaus ein möglichst dichtes Packaging der Antriebseinheit.

[0038] Erfindungsgemäß erstreckt sich der Kühlmittelmantel auch zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen. Dies schließt insbesondere Ausführungsformen ein, bei denen der Kühlmittelmantel eine gedachte um die beiden Gesamtabgasleitungen gelegte Einhüllende d. h. Umhüllende durchtritt d. h. schneidet.

[0039] In dem Bereich, in dem Abgasleitungen - gegebenenfalls als Teilabgasleitungen - zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen und heißes Abgas - gegebenenfalls mehrerer Zylinder gesammelt wird, ist der Zylinderkopf thermisch besonders hoch belastet. Dies hat gleiche mehrere Gründe.

[0040] Zum einen passieren größere Abgasmengen die beiden Sammelstellen und die beiden Gesamtabgasleitungen, wohingegen eine einzelne Abgasleitung, die sich an die Auslaßöffnung eines Zylinders anschließt, lediglich mit dem Abgas bzw. einem Teil des Abgases eines Zylinders beaufschlagt wird. D. h. die absolute Menge an Abgas, die Wärme an den Zylinderkopf abgibt bzw. abgeben kann, ist hier am größten.

[0041] Zum anderen sind die Sammelstellen und die Gesamtabgasleitungen nahezu kontinuierlich mit heißen Abgasen beaufschlagt, wohingegen eine Abgasleitung eines Zylinders nur während des Ladungswechsels des jeweiligen Zylinders d. h. bei einer Vier-Takt-Brennkraftmaschine einmal innerhalb von zwei Kurbelwellenumdrehungen von heißem Abgas durchströmt wird.

[0042] Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, daß im Zustrombereich einer Gesamtabgasleitung d. h. im Bereich einer Sammelstelle die Abgasströmungen der einzelnen Abgasleitungen mehr oder weniger stark umge-

lenkt werden müssen, um die Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen zu können. Die einzelnen Abgasströmungen haben daher in diesem Bereich - zumindest teilweise - eine Geschwindigkeitskomponente, die senkrecht auf den Wandungen der Abgasleitung steht, wodurch der Wärmeübergang durch Konvektion und folglich die thermische Belastung des Zylinderkopfes zusätzlich erhöht wird.

[0043] Aus den genannten Gründen ist es daher vorteilhaft, den Zylinderkopf in unmittelbarer Nähe zu den Gesamtabgasleitungen zu kühlen bzw. mit einer Flüssigkeitskühlung auszustatten, also den Kühlmittelmantel zumindest teilweise zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen anzuordnen.

[0044] Auf eine Anfettung des Kraftstoff-Luft-Gemisches - mit dem Ziel einer Absenkung der Abgastemperatur - kann somit weitestgehend bzw. vollständig verzichtet werden, was im Einzelfall von der Anzahl der Zylinder, der konkreten Ausbildung des Kühlmittelmantels und dergleichen abhängt. Dies erweist sich insbesondere bezüglich des Kraftstoffverbrauchs und des Emissionsverhaltens der Brennkraftmaschine als vorteilhaft. Darüber hinaus ergeben sich mehr Freiheiten bei der Steuerung der Brennkraftmaschine, da eine mögliche Anfettung zur Absenkung der Abgastemperatur bzw. zum Schutz des Zylinderkopfes vor thermischer Überlastung im Rahmen der Motorsteuerung keine Berücksichtigung mehr finden muß.

[0045] Der erfindungsgemäße Zylinderkopf eignet sich insbesondere für aufgeladene Brennkraftmaschinen, die aufgrund höherer Abgastemperaturen eine effiziente und optimierte Kühlung erfordern.

[0046] Damit wird die erste der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe gelöst, nämlich einen Zylinderkopf gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 d. h. der gattungsbildenden Art bereitzustellen, dessen Flüssigkeitskühlung optimiert ist und eine thermische Überlastung des Zylinderkopfes sicher verhindert.

[0047] Eine Brennkraftmaschine kann auch zwei erfindungsgemäße Zylinderköpfe aufweisen, beispielsweise, wenn die Zylinder auf zwei Zylinderbänke verteilt angeordnet sind. Es sind auch Ausführungsformen ausführbar, bei denen nicht die Abgasleitungen sämtlicher Zylinder eines Zylinderkopfes zu zwei Gesamtabgasleitungen zusammengeführt werden, sondern nur einige der im Zylinderkopf angeordneten Zylinder in der erfindungsgemäßen Weise gruppiert sind.

[0048] Vorteilhaft sind aber insbesondere Ausführungsformen, bei denen die Abgasleitungen sämtlicher Zylinder des Zylinderkopfes innerhalb des Zylinderkopfes zu zwei Gesamtabgasleitungen zusammengeführt werden.

[0049] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Zylinderkopfes werden im Zusammenhang mit den Unteransprüchen beschrieben.

[0050] Bei einem Zylinderkopf mit mindestens drei in Reihe angeordneten Zylindern sind Ausführungsformen vorteilhaft, bei denen die erste Zylindergruppe die au-

ßenliegenden Zylinder und die zweite Zylindergruppe den mindestens einen innenliegenden Zylinder umfaßt.

[0051] Diese Ausführungsform zeigt, dass eine Zylindergruppe erfindungsgemäß auch nur einen Zylinder umfassen kann, beispielsweise die zweite Zylindergruppe den innenliegenden Zylinder eines Drei-Zylinder-Reihenmotors.

[0052] Die Gruppierung der drei Zylinder entsprechend der in Rede stehenden Ausführungsform sorgt für eine symmetrische Anordnung der Abgasleitungen im Zylinderkopf. Die Zündfolge der drei Zylinder, üblicherweise 1 - 2 - 3, ist im Hinblick auf ihre Konfiguration vorliegend von untergeordneter Bedeutung, da völlig unabhängig von der Konfiguration der Zylinder die in einer Zylindergruppe zusammengefaßten beiden Zylinder immer sowohl einen kurzen Zündabstand von 240°KW als auch einen langen Zündabstand von 480°KW aufweisen.

[0053] Bei einem Zylinderkopf mit vier in Reihe angeordneten Zylindern sind Ausführungsformen vorteilhaft, bei denen die erste Zylindergruppe die beiden außenliegenden Zylinder und die zweite Zylindergruppe die beiden innenliegenden Zylinder umfaßt, wobei die Abgasleitungen der beiden außenliegenden Zylinder der ersten Zylindergruppe unter Ausbildung eines ersten integrierten Abgaskrümmers innerhalb des Zylinderkopfes zu einer ersten Gesamtabgasleitung und die Abgasleitungen der beiden innenliegenden Zylinder der zweiten Zylindergruppe innerhalb des Zylinderkopfes unter Ausbildung eines zweiten integrierten Abgaskrümmers zu einer zweiten Gesamtabgasleitung zusammenführen.

[0054] Diese Konfiguration der Zylinder trägt dem Umstand Rechnung, dass die Zylinder eines Vier-Zylinder-Reihenmotors in der Regel in der Reihenfolge 1 - 3 - 4 - 2 gezündet werden, wobei die Zylinder beginnend mit einem außenliegenden Zylinder der Reihe nach durchnumeriert sind. Die vorgeschlagene Gruppierung der Zylinder sorgt dafür, dass die beiden Zylinder sowohl der ersten als auch der zweiten Zylindergruppe einen Zündabstand von 360°KW aufweisen. Die zwei Zylinder jeder Zylindergruppe weisen somit den größtmöglichen Versatz hinsichtlich ihrer Arbeitsprozesse auf.

[0055] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die beiden Gesamtabgasleitungen der zwei Zylindergruppen bzw. der integrierten Abgaskrümmers entlang der Längsachse des Zylinderkopfes versetzt angeordnet sind.

[0056] Der Versatz ermöglicht eine kompakte Bauweise des Zylinderkopfes und sorgt gleichzeitig für einen ausreichend großen Abstand der Gesamtabgasleitungen voneinander. Auf diese Weise verbleibt - trotz kompakter Bauweise - genügend Bauraum zwischen den Gesamtabgasleitungen im Vergleich zu Ausführungsformen, bei denen die Gesamtabgasleitungen entlang der Längsachse d. h. mit Blick in Richtung der Zylinderkopflängsachse keinen Versatz aufweisen. Dies erleichtert die Anordnung von Kühlmittelkanälen im Zylinderkopf, insbesondere zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen.

[0057] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die Gesamtabgasleitung des zweiten integrierten Abgaskrümmers der zweiten Zylindergruppe auf der der Montage-Stirnseite abgewandten Seite des ersten integrierten Abgaskrümmers der ersten Zylindergruppe angeordnet ist. Gemäß dieser Ausführungsform liegen die Abgaskrümmers der Zylindergruppen zumindest teilweise übereinander.

[0058] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen jeder Zylinder mindestens zwei Auslaßöffnungen zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist.

[0059] Wie bereits weiter oben erwähnt, ist es während des Ausschlebens der Abgase im Rahmen des Ladungswechsels ein vorrangiges Ziel, möglichst schnell möglichst große Strömungsquerschnitte freizugeben, um ein effektives Abführen der Abgase zu gewährleisten, weshalb das Vorsehen von mehr als einer Auslaßöffnung je Zylinder vorteilhaft ist.

[0060] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen, bei denen bei Zylindergruppen mit mindestens zwei Zylindern zunächst die Abgasleitungen der mindestens zwei Auslaßöffnungen jedes Zylinders zu einer dem Zylinder zugehörigen Teilabgasleitung zusammenführen bevor diese Teilabgasleitungen zu der Gesamtabgasleitung dieser Zylindergruppe zusammenführen. Die Gesamtwegstrecke aller Abgasleitungen wird hierdurch - weiter - verkürzt und das Abgasvolumen der Krümmers verkleinert.

[0061] Das stufenweise Zusammenführen der Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung trägt zudem zu einer kompakteren d. h. weniger voluminösen Bauweise des Zylinderkopfes und damit insbesondere zu einer Gewichtsreduzierung und einem effektiveren Packaging im Motorraum bei.

[0062] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen der Kühlmittelmantel einen unteren Kühlmittelmantel, der zwischen den Abgasleitungen und der Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes angeordnet ist, und einen oberen Kühlmittelmantel, der auf der dem unteren Kühlmittelmantel gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen angeordnet ist, aufweist. In diesem Zusammenhang werden auch Teilabgasleitungen oder Gesamtabgasleitungen als Abgasleitung bezeichnet und nicht ausschließlich Abgasleitungen, die sich an die Auslaßöffnung eines Zylinders anschließen.

[0063] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen der untere Kühlmittelmantel über mindestens eine Eintrittsöffnung verfügt, über welche Kühlmittel zuführbar ist und der obere Kühlmittelmantel über mindestens eine Austrittsöffnung verfügt, über die Kühlmittel abführbar ist.

[0064] Vorteilhaft sind insbesondere Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen beabstandet zu den Abgasleitungen auf der den mindestens zwei Zylindern abgewandten Seite der beiden Abgaskrümmers mindestens eine Verbindung zwischen dem unteren Kühlmittelmantel und dem oberen Kühlmittelmantel vorgesehen

ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient. Die mindestens eine Verbindung liegt außerhalb der integrierten Abgaskrümmern und in der Außenwandung des Zylinderkopfes, aus der die Gesamtabgasleitungen austreten.

[0065] Die vorliegende Ausführungsform des Zylinderkopfes verfügt über mindestens eine Verbindung in der Außenwandung des Zylinderkopfes, durch die Kühlmittel aus dem unteren Kühlmittelmantel in den oberen Kühlmittelmantel strömen kann und/oder umgekehrt.

[0066] Bei der Verbindung handelt es sich um einen Durchbruch bzw. Durchflußkanal, der den unteren Kühlmittelmantel mit dem oberen Kühlmittelmantel verbindet und durch den ein Kühlmittel strömt.

[0067] Zum einen findet hierdurch grundsätzlich eine Kühlung auch im Bereich der Außenwandung des Zylinderkopfes statt. Zum anderen wird die herkömmliche Längsströmung des Kühlmittels d.h. der Kühlmittelstrom in Richtung der Längsachse des Zylinderkopfes ergänzt durch eine Kühlmittelquerströmung, die quer zur Längsströmung und vorzugsweise in etwa in Richtung der Zylinderlängsachsen verläuft. Dabei trägt die durch die mindestens eine Verbindung hindurchgeführte Kühlmittelströmung maßgeblich zur Wärmeabfuhr bei. Insbesondere kann durch eine entsprechende Dimensionierung des Querschnitts der mindestens einen Verbindung gezielt Einfluß genommen werden auf die Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmittels in der Verbindung und damit auf die Wärmeabfuhr im Bereich dieser mindestens einen Verbindung.

[0068] Vorteilhaft sind daher auch insbesondere Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen der untere und der obere Kühlmittelmantel nicht über den gesamten Bereich der Außenwandung miteinander verbunden sind, sondern sich die mindestens eine Verbindung nur über einen Teilbereich der Außenwandung erstreckt. Dadurch kann die Strömungsgeschwindigkeit in der mindestens einen Verbindung gesteigert werden, was den Wärmeübergang durch Konvektion erhöht. Vorteile bietet dies auch hinsichtlich der mechanischen Festigkeit des Zylinderkopfes.

[0069] Die Kühlung des Zylinderkopfes kann zusätzlich und vorteilhafterweise dadurch verbessert werden, dass zwischen dem oberen und unteren Kühlmittelmantel ein Druckgefälle generiert wird, wodurch wiederum die Geschwindigkeit in der mindestens einen Verbindung erhöht wird, was zu einem erhöhten Wärmeübergang infolge Konvektion führt.

[0070] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die mindestens eine Verbindung benachbart zu dem Bereich angeordnet ist, in dem Abgasleitungen zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen. Wie bereits ausgeführt, ist der Zylinderkopf in diesem Bereich thermisch besonders hoch belastet, weshalb eine Kühlung dieses Bereichs besonders vorteilhaft ist.

[0071] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die mindestens eine Verbindung vollständig in der Außenwandung integriert ist. Diese

Ausführungsform grenzt sich beispielsweise gegenüber Bauformen des Zylinderkopfes ab, bei denen in der Außenwandung eine Öffnung vorgesehen ist, die dem Zuführen bzw. Abführen von Kühlmittel in den bzw. aus dem oberen und dem unteren Kühlmittelmantel dient. Eine derartige Öffnung stellt keine Verbindung im vorliegenden Sinne dar.

[0072] Dabei kann die mindestens eine Verbindung im Rahmen der Fertigung des Kopfes durchaus zwischenzeitlich via Zugangsöffnung nach außen hin offen sein, beispielsweise zur Entfernung eines Sandkerns. Der endgefertigte Zylinderkopf weist dann aber entsprechend der in Rede stehenden Ausführung mindestens eine vollständig in der Außenwandung integrierte Verbindung auf, wozu ein eventuell vorgesehener Zugang zur Verbindung zu verschließen ist.

[0073] Grundsätzlich sind auch Ausführungsformen des Zylinderkopfes ausführbar, bei denen im Bereich der mindestens einen Verbindung eine Kühlmittelzufuhr bzw. Kühlmittelabfuhr erfolgt, wozu ein Kanal von der mindestens einen Verbindung abzweigt, der aus der Außenwandung austritt.

[0074] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen der Abstand zwischen der mindestens einen Verbindung und einer Gesamtabgasleitung kleiner ist als der Durchmesser, vorzugsweise kleiner ist als der halbe Durchmesser, eines Zylinders, wobei sich der Abstand aus der Wegstrecke zwischen der Außenwandung der Gesamtabgasleitung und der Außenwandung der Verbindung ergibt.

[0075] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen mindestens zwei Verbindungen vorgesehen sind, die auf gegenüberliegenden Seiten der beiden Gesamtabgasleitungen angeordnet sind. Eine symmetrische Anordnung der mindestens zwei Verbindungen im Bereich der Außenwandung trägt dem Umstand Rechnung, daß das im Zylinderkopf integrierte System von Abgasleitungen vorzugsweise auch symmetrisch ausgebildet ist. Die zueinander korrespondierende Ausbildung von Abgassystem und Kühlung sorgt somit auch für eine symmetrische Temperaturverteilung im Zylinderkopf.

[0076] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die mindestens zwei Verbindungen miteinander verbunden sind über einen Kühlmittelmantelbereich, der sich zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen erstreckt.

[0077] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen beabstandet zu den Abgasleitungen auf der den mindestens zwei Zylindern zugewandten Seite eines Abgaskrümmers mindestens eine zusätzliche Verbindung zwischen dem unteren Kühlmittelmantel und dem oberen Kühlmittelmantel vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient.

[0078] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen die beiden Gesamtabgasleitungen mit einer zweiflutigen Turbine verbunden sind, wobei jeweils eine Gesamtabgasleitung mit einem Eintrittskanal

der Turbine verbunden ist.

[0079] Vorliegend wird eine zweiflutige Turbine zur Aufladung der Brennkraftmaschine eingesetzt d. h. die Turbine des eingesetzten Abgasturboladers verfügt über einen Eintrittsbereich mit zwei Eintrittskanälen. Werden die Abgasleitungen in der Weise gruppiert, dass die hohen Drücke, insbesondere die Vorlastausstöße erhalten werden können, eignet sich eine zweiflutige Turbine insbesondere für eine Stoßaufladung, womit auch hohe Turbinendruckverhältnisse bei niedrigen Drehzahlen erzielt werden können.

[0080] Die beiden Gesamtabgasleitungen werden getrennt voneinander jeweils mit einem Eintrittskanal verbunden. Die Zusammenführung der beiden in den Gesamtabgasleitungen geführten Abgasströmungen erfolgt gegebenenfalls stromabwärts der Turbine, aber vorliegend nicht stromaufwärts der Turbine. Eine Gesamtabgasleitung mündet bereits in einen Eintrittskanal der Turbine, wenn der in der Gesamtabgasleitung geführte Abgasstrom im Wesentlichen - vorzugsweise vollständig - in den der Gesamtabgasleitung zugeordneten Eintrittskanal gelangt.

[0081] Vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen im Eintrittsbereich der zweiflutigen Turbine Leitschaufeln zur Beeinflussung der Strömungsrichtung angeordnet sind. Im Gegensatz zu den Laufschaufeln des umlaufenden Laufrades rotieren die Leitschaufeln nicht mit der Welle der Turbine.

[0082] Verfügt eine Turbine über eine feste unveränderliche Geometrie, sind die Leitschaufeln nicht nur stationär, sondern zudem völlig unbeweglich im Eintrittsbereich angeordnet d.h. starr fixiert. Wird hingegen eine Turbine mit variabler Geometrie eingesetzt, sind die Leitschaufeln zwar auch stationär angeordnet, aber nicht völlig unbeweglich, sondern um ihre Achse drehbar, so daß auf die Anströmung der Laufschaufeln Einfluß genommen werden kann.

[0083] Vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen die zweiflutige Turbine eine Axialturbine ist.

[0084] Bei einer Axialturbine erfolgt die Anströmung der Laufradschaufeln im Wesentlichen axial, wobei "im Wesentlichen axial" bedeutet, dass die Geschwindigkeitskomponente in axialer Richtung größer ist als die radiale Geschwindigkeitskomponente. Der Geschwindigkeitsvektor der Anströmung im Bereich des Laufrades verläuft dabei vorzugsweise parallel zur Welle bzw. Achse des Abgasturboladers, falls die Anströmung exakt axial verläuft.

[0085] Die Verwendung einer Axialturbine macht die bei Radialturbinen zwingend erforderliche d. h. prinzipbedingt unumgängliche radiale Zuführung des Abgases mittels Spiral- oder Schneckengehäuse entbehrlich, wodurch der Druckverlust im Abgas gemindert und die Abgasenthalpie am Eintritt in die Turbine erhöht werden kann. Die Zuführung des Abgases mittels Spiral- oder Schneckengehäuse erfordert die mehrfache Umlenkung des Abgases bzw. der Abgasströmungen mit großen Richtungsänderungen, wobei jede Richtungsänderung

einen Druckverlust in der Abgasströmung bedingt, weshalb dem Abgas an der Turbine weniger Energie entzogen werden kann.

[0086] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Zylinderkopfes, bei denen jede Gesamtabgasleitung mit einer Turbine eines Abgasturboladers verbunden ist. Vorliegend werden zwei parallel angeordnete Turbinen bzw. Abgasturbolader zur Aufladung der Brennkraftmaschine eingesetzt. Dies ist eine Maßnahme zur Verbesserung der Drehmomentcharakteristik einer aufgeladenen Brennkraftmaschine.

[0087] Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe, nämlich ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf der zuvor genannten Art und mindestens drei Zylindern aufzuzeigen, wird durch ein Verfahren gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, dass die mindestens drei Zylinder in der Art betrieben werden, dass die Zylinder einer Zylindergruppe einen möglichst großen Versatz hinsichtlich der Arbeitsprozesse aufweisen.

[0088] Das für den erfindungsgemäßen Zylinderkopf Gesagte gilt auch für das erfindungsgemäße Verfahren, weshalb auf die oben bereits gemachten Ausführungen Bezug genommen wird.

[0089] Bei einem Zylinderkopf mit vier in Reihe angeordneten Zylindern, bei dem die Abgasleitungen der beiden außenliegenden Zylinder einer ersten Zylindergruppe zu einer ersten Gesamtabgasleitung und die Abgasleitungen der beiden innenliegenden Zylinder einer zweiten Zylindergruppe zu einer zweiten Gesamtabgasleitung zusammenführen, sind Verfahrensvarianten vorteilhaft, die dadurch gekennzeichnet sind, dass abwechselnd bei einem außenliegenden Zylinder der ersten Zylindergruppe und einem innenliegenden Zylinder der zweiten Zylindergruppe die Verbrennung initiiert wird.

[0090] Die Initiierung d. h. Einleitung der Verbrennung kann sowohl durch eine Fremdzündung, beispielsweise mittels Zündkerze, als auch durch Selbstzündung bzw. Kompressionszündung erfolgen.

[0091] Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels gemäß den Figuren 1 bis 6 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 in einer perspektivischen Darstellung den Sandkern der im Zylinderkopf gemäß einer ersten Ausführungsform integrierten Abgasleitungen,

Fig. 2 den in Figur 1 dargestellten Sandkern in einer Seitenansicht,

Fig. 3 in einer perspektivischen den Sandkern des im Zylinderkopf gemäß einer ersten Ausführungsform integrierten Kühlmittelmantels,

Fig. 4 den in Figur 3 dargestellten Sandkern in einer Seitenansicht mit Blick in Richtung der Längsachse des Zylinderkopfes,

Fig. 5 Teile des in Figur 3 dargestellten Sandkerns in einer Draufsicht, und

Fig. 6 den in Figur 3 dargestellten Sandkern in einer Seitenansicht mit Blick senkrecht zur Längsachse des Zylinderkopfes.

[0092] Figur 1 zeigt in einer perspektivischen Darstellung den Sandkern 1 zur Ausbildung der im Zylinderkopf gemäß einer ersten Ausführungsform integrierten Abgasleitungen 4a, 4b, 5, 6', 6". Figur 1 zeigt somit das System der im Zylinderkopf integrierten Abgasleitungen 4a, 4b, 5, 6', 6", weshalb auch die Bezugszeichen für die Abgasleitungen 4a, 4b, 5, 6', 6" eingetragen sind.

[0093] Bei dem in Figur 1 dargestellten Sandkern 1 bzw. Abgassystem handelt es sich um die Abgasleitungen 4a, 4b, 5, 6', 6" eines Zylinderkopfes eines Vier-Zylinder-Reihenmotors, bei dem die Zylinder entlang der Längsachse des Zylinderkopfes angeordnet sind. Jeder der vier Zylinder ist mit zwei Auslaßöffnungen 3a, 3b ausgestattet, wobei sich an jede Auslaßöffnung 3a, 3b eine Abgasleitung 4a, 4b anschließt.

[0094] Die vier Zylinder sind in der Art konfiguriert, dass sie zwei Gruppen mit jeweils zwei Zylindern bilden. Die erste Zylindergruppe umfaßt die beiden außenliegenden Zylinder und die zweite Zylindergruppe die beiden innenliegenden Zylinder, wobei die Abgasleitungen 4a, 4b der beiden außenliegenden Zylinder der ersten Zylindergruppe unter Ausbildung eines ersten integrierten Abgaskrümmers 2' innerhalb des Zylinderkopfes zu einer ersten Gesamtabgasleitung 6' und die Abgasleitungen 4a, 4b der beiden innenliegenden Zylinder der zweiten Zylindergruppe innerhalb des Zylinderkopfes unter Ausbildung eines zweiten integrierten Abgaskrümmers 2" zu einer zweiten Gesamtabgasleitung 6" zusammenführen.

[0095] Dabei führen die Abgasleitungen 4a, 4b jedes Zylinders zunächst zu einer dem Zylinder zugehörigen Teilabgasleitung 5 zusammen, bevor die Teilabgasleitungen 5 der Zylinder einer Zylindergruppe anschließend d. h. stromabwärts zu einer Gesamtabgasleitung 6', 6" zusammenführen.

[0096] Bei dem in Figur 1 dargestellten Abgassystem sind die beiden Gesamtabgasleitungen 6', 6" der integrierten Abgaskrümmers 2', 2" entlang der Längsachse des Zylinderkopfes versetzt angeordnet. Die Gesamtabgasleitung 6" des zweiten integrierten Abgaskrümmers 2" der zweiten Zylindergruppe liegt dabei auf der der Montage-Stirnseite abgewandten Seite des ersten integrierten Abgaskrümmers 2'.

[0097] Figur 2 zeigt den in Figur 1 dargestellten Sandkern 1 in einer Seitenansicht mit Blick in Richtung der Längsachse des Zylinderkopfes. Für dieselben Bauteile werden dieselben Bezugszeichen wie in Figur 1 verwendet, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf Figur 1.

[0098] Wie aus Figur 2 ersichtlich ist, liegt die Gesamtabgasleitung 6" des zweiten integrierten Abgaskrümmers

2" der zweiten Zylindergruppe auf der der Montage-Stirnseite abgewandten Seite des ersten integrierten Abgaskrümmers 2' d. h. oberhalb des ersten Abgaskrümmers 2'.

5 **[0099]** Figur 3 zeigt in einer perspektivischen Darstellung den Sandkern 7 zur Ausbildung des im Zylinderkopf gemäß einer ersten Ausführungsform integrierten Kühlmittelmantels 8.

10 **[0100]** Der Kühlmittelmantel 8 umfaßt einen unteren Kühlmittelmantel 8a, der zwischen den Abgasleitungen und einer nicht dargestellten Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes angeordnet ist, einen oberen Kühlmittelmantel 8b, der auf der dem unteren Kühlmittelmantel 8a gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen 5 angeordnet ist, und einen mittleren Kühlmittelmantel 8c, der zwischen den Gesamtabgasleitungen 6', 6" angeordnet ist, nach innen hin abknickt und damit dem Verlauf des zweiten integrierten Abgaskrümmers folgt (siehe auch Figur 2).

20 **[0101]** In der Außenwandung des Zylinderkopfes, aus der die Gesamtabgasleitungen 6', 6" austreten, sind zwei Verbindungen 9 vorgesehen, die den unteren Kühlmittelmantel 8a mit dem oberen Kühlmittelmantel 8b verbinden und dem Durchtritt von Kühlmittel dienen. Die beiden Verbindungen 9 sind auf gegenüberliegenden Seiten der Gesamtabgasleitungen 6', 6" angeordnet und selbst über den mittleren Kühlmittelmantel 8c miteinander verbunden.

25 **[0102]** Der untere und der obere Kühlmittelmantel 8a, 8b sind nicht über den gesamten Bereich der Außenwandung miteinander verbunden, sondern nur über einen Teilbereich der Außenwandung hinweg und zwar benachbart zu den Gesamtabgasleitungen 6', 6". Die beiden Verbindungen 9 sind damit benachbart zu dem Bereich angeordnet, in dem der Zylinderkopf thermisch besonders hoch belastet ist.

30 **[0103]** Die sich im oberen, unteren und mittleren Kühlmittelmantel 8a, 8b, 8c einstellenden Längsströmungen - in Richtung der Längsachse des Zylinderkopfes - werden durch die zwei Querströmungen in den Verbindungen 9 ergänzt (siehe auch Figur 5).

35 **[0104]** Zur Entfernung des Sandkerns 7 nach dem Gießen des Zylinderkopfes sind im Bereich der Verbindungen 9 zwei Zugänge 10 vorgesehen, die nach dem Entfernen des Sandkerns 7 verschlossen werden, so dass die Verbindungen 9 vollständig in der Außenwandung integriert sind.

40 **[0105]** Figur 4 zeigt den in Figur 3 dargestellten Sandkern 7 in einer Seitenansicht mit Blick in Richtung der Längsachse des Zylinderkopfes. Für dieselben Bauteile werden dieselben Bezugszeichen wie in Figur 3 verwendet, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf Figur 3.

45 **[0106]** Wie aus Figur 4 ersichtlich, ist auf der den Zylindern zugewandten Seite des ersten Abgaskrümmers eine zusätzliche Verbindung 11 zwischen dem unteren Kühlmittelmantel 8a und dem oberen Kühlmittelmantel 8b vorgesehen, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient.

[0107] Außerdem ist ein zusätzlicher Zugang 12 zur Entfernung des Sandkerns 7 und zur Bearbeitung der zusätzlichen Verbindung 11 vorgesehen, der beim endgefertigten Zylinderkopf wieder verschlossen ist.

[0108] Zu erkennen ist auch ein Kühlmiteleintritt 13 zur Zuführung von Kühlmittel in den unteren Kühlmittelmantel 8a und ein Kühlmittelaustritt 14 zum Abführen von Kühlmittel aus dem oberen Kühlmittelmantel 8b.

[0109] Figur 5 zeigt in einer Draufsicht die Teile des in Figur 3 dargestellten Sandkerns, die zur Ausbildung des unteren und mittleren Kühlmittelmantels 8a, 8c dienen, und zwar mit Blick in Richtung der Zylinderlängsachsen. Für dieselben Bauteile werden dieselben Bezugszeichen wie in Figur 3 verwendet, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf Figur 3.

[0110] Die Strömungsrichtungen des Kühlmittels beim Durchströmen der Kühlmittelmäntel 8a, 8c sind als Pfeile eingezeichnet. Das Kühlmittel strömt fächerförmig von den Kühlmiteleintritten des unteren Kühlmittelmantels 8a in den mittleren Kühlmittelmantel 8c und zwar durch die beiden Verbindungen 9 in der Außenwandung und der zusätzlichen Verbindung 11.

[0111] Figur 6 zeigt den in Figur 3 dargestellten Sandkern 7 in einer Seitenansicht mit Blick senkrecht zur Längsachse des Zylinderkopfes. Für dieselben Bauteile werden dieselben Bezugszeichen wie in den Figuren 3 und 4 verwendet, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf diese Figuren.

[0112] Das Kühlmittel strömt von den außengelegenen Kühlmiteleintritten 13 des unteren Kühlmittelmantels 8a entlang der Längsachse des Zylinderkopfes zu den Verbindungen 9 und vertikal durch diese Verbindungen 9 in den mittleren und unteren Kühlmittelmantel 8a, 8c.

[0113] Der obere Kühlmittelmantel 8b verfügt ebenfalls über zwei außenliegende Kühlmiteleintritte 15, wobei das Kühlmittel den Kühlmittelmantel 8 über den Kühlmittelaustritt 14 verläßt bzw. abgeführt wird.

Bezugszeichen

[0114]

- | | | |
|----|------------------------------------|--|
| 1 | Sandkern | |
| 2' | erster integrierter Abgaskrümmers | |
| 2" | zweiter integrierter Abgaskrümmers | |
| 3a | erste Auslaßöffnung | |
| 3b | zweite Auslaßöffnung | |
| 4a | erste Abgasleitung | |
| 4b | zweite Abgasleitung | |
| 5 | Teilabgasleitung | |
| 6' | Gesamtabgasleitung | |
| 6" | Gesamtabgasleitung | |
| 7 | Sandkern | |
| 8 | Kühlmittelmantel | |
| 8a | unterer Kühlmittelmantel | |
| 8b | oberer Kühlmittelmantel | |
| 8c | mittlerer Kühlmittelmantel | |

- | | | |
|----|------------------------|---|
| 9 | Verbindung | |
| 10 | Zugang | |
| 11 | zusätzliche Verbindung | |
| 12 | zusätzlicher Zugang | |
| 13 | Kühlmiteleintritt | 5 |
| 14 | Kühlmittelaustritt | |
| 15 | Kühlmiteleintritt | |

KW Kurbelwinkel

Patentansprüche

1. Zylinderkopf, der an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist, mit einem zumindest teilweise im Zylinderkopf integrierten Kühlmittelmantel (8) und mindestens zwei Zylindern, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung (3a, 3b) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslaßöffnung (3a, 3b) eine Abgasleitung (4a, 4b) anschließt, und bei dem

- mindestens zwei Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils mindestens einem Zylinder bilden, und

- die Abgasleitungen (4a, 4b) der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers (2', 2'') innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung (6', 6'') zusammenführen,

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Kühlmittelmantel (8) sich auch zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen (6', 6'') erstreckt.

2. Zylinderkopf nach Anspruch 1 mit mindestens drei in Reihe angeordneten Zylindern, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Zylindergruppe die außenliegenden Zylinder und die zweite Zylindergruppe den mindestens einen innenliegenden Zylinder umfaßt.

3. Zylinderkopf nach Anspruch 2 mit vier in Reihe angeordneten Zylindern,

dadurch gekennzeichnet, dass

die erste Zylindergruppe die beiden außenliegenden Zylinder und die zweite Zylindergruppe die beiden innenliegenden Zylinder umfaßt, wobei die Abgasleitungen (4a, 4b) der beiden außenliegenden Zylinder der ersten Zylindergruppe unter Ausbildung eines ersten integrierten Abgaskrümmers (2') innerhalb des Zylinderkopfes zu einer ersten Gesamtabgasleitung (6') und die Abgasleitungen (4a, 4b) der beiden innenliegenden Zylinder der zweiten Zylindergruppe innerhalb des Zylinderkopfes unter Ausbildung eines zweiten integrierten Abgaskrümmers (2'') zu einer zweiten Gesamtabgasleitung (6'') zusammenführen.

4. Zylinderkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Gesamtabgasleitungen (6', 6'') der zwei Zylindergruppen entlang der Längsachse des Zylinderkopfes versetzt angeordnet sind. 5
5. Zylinderkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gesamtabgasleitung (6'') des zweiten integrierten Abgaskrümmers (2'') der zweiten Zylindergruppe auf der der Montage-Stirnseite abgewandten Seite des ersten integrierten Abgaskrümmers (2') der ersten Zylindergruppe angeordnet ist. 10
6. Zylinderkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Zylinder mindestens zwei Auslaßöffnungen (3a, 3b) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist. 15
7. Zylinderkopf nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Zylindergruppen mit mindestens zwei Zylindern zunächst die Abgasleitungen (4a, 4b) der mindestens zwei Auslaßöffnungen (3a, 3b) jedes Zylinders zu einer dem Zylinder zugehörigen Teilabgasleitung (5) zusammenführen bevor diese Teilabgasleitungen (5) zu der Gesamtabgasleitung (6', 6'') der Zylindergruppe zusammenführen. 20 25
8. Zylinderkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kühlmittelmantel (8) einen unteren Kühlmittelmantel (8a), der zwischen den Abgasleitungen (4a, 4b, 5, 6', 6'') und der Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes angeordnet ist, und einen oberen Kühlmittelmantel (8b), der auf der dem unteren Kühlmittelmantel (8a) gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen (4a, 4b, 5, 6', 6'') angeordnet ist, aufweist. 30 35
9. Zylinderkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beabstandet zu den Abgasleitungen (4a, 4b, 5, 6', 6'') auf der den mindestens zwei Zylindern abgewandten Seite der beiden Abgaskrümmers (2', 2'') mindestens eine Verbindung (9) zwischen dem unteren Kühlmittelmantel (8a) und dem oberen Kühlmittelmantel (8b) vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient. 40 45
10. Zylinderkopf nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Verbindungen (9) vorgesehen sind, die auf gegenüberliegenden Seiten der beiden Gesamtabgasleitungen (6', 6'') angeordnet sind. 50 55
11. Zylinderkopf nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die mindestens zwei Verbindungen (9) miteinander verbunden sind über einen Kühlmittelmantelbereich, der sich zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen (6', 6'') erstreckt.

12. Zylinderkopf nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beabstandet zu den Abgasleitungen (4a, 4b, 5, 6', 6'') auf der den mindestens zwei Zylindern zugewandten Seite eines Abgaskrümmers (2', 2'') mindestens eine zusätzliche Verbindung (11) zwischen dem unteren Kühlmittelmantel (8a) und dem oberen Kühlmittelmantel (8b) vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient.
13. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf nach einem der vorherigen Ansprüche mit mindestens drei Zylindern, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens drei Zylinder in der Art betrieben werden, dass die Zylinder einer Zylindergruppe einen möglichst großen Versatz hinsichtlich der Arbeitsprozesse aufweisen.
14. Verfahren nach Anspruch 13 zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einem Zylinderkopf nach einem der Ansprüche 3 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** abwechselnd bei einem außenliegenden Zylinder der ersten Zylindergruppe und einem innenliegenden Zylinder der zweiten Zylindergruppe die Verbrennung initiiert wird.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

1. Zylinderkopf, der an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist, mit einem zumindest teilweise im Zylinderkopf integrierten Kühlmittelmantel (8) und mindestens zwei Zylindern, wobei jeder Zylinder mindestens eine Auslaßöffnung (3a, 3b) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder aufweist und sich an jede Auslaßöffnung (3a, 3b) eine Abgasleitung (4a, 4b) anschliesst, und bei dem

- mindestens zwei Zylinder in der Art konfiguriert sind, dass sie zwei Gruppen mit jeweils mindestens einem Zylinder bilden, und
- die Abgasleitungen (4a, 4b) der Zylinder jeder Zylindergruppe unter Ausbildung eines integrierten Abgaskrümmers (2', 2'') innerhalb des Zylinderkopfes jeweils zu einer Gesamtabgasleitung (6', 6'') zusammenführen,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Gesamtabgasleitung (6'') des zweiten inte-

grierten Abgaskrümmers (2") der zweiten Zylindergruppe auf der der Montage-Stirnseite abgewandten Seite des ersten integrierten Abgaskrümmers (2') der ersten Zylindergruppe angeordnet ist, und

5

- der Kühlmittelmantel (8) sich auch zwischen den beiden Gesamtabgasleitungen (6', 6") erstreckt.

10

15

20

25

30

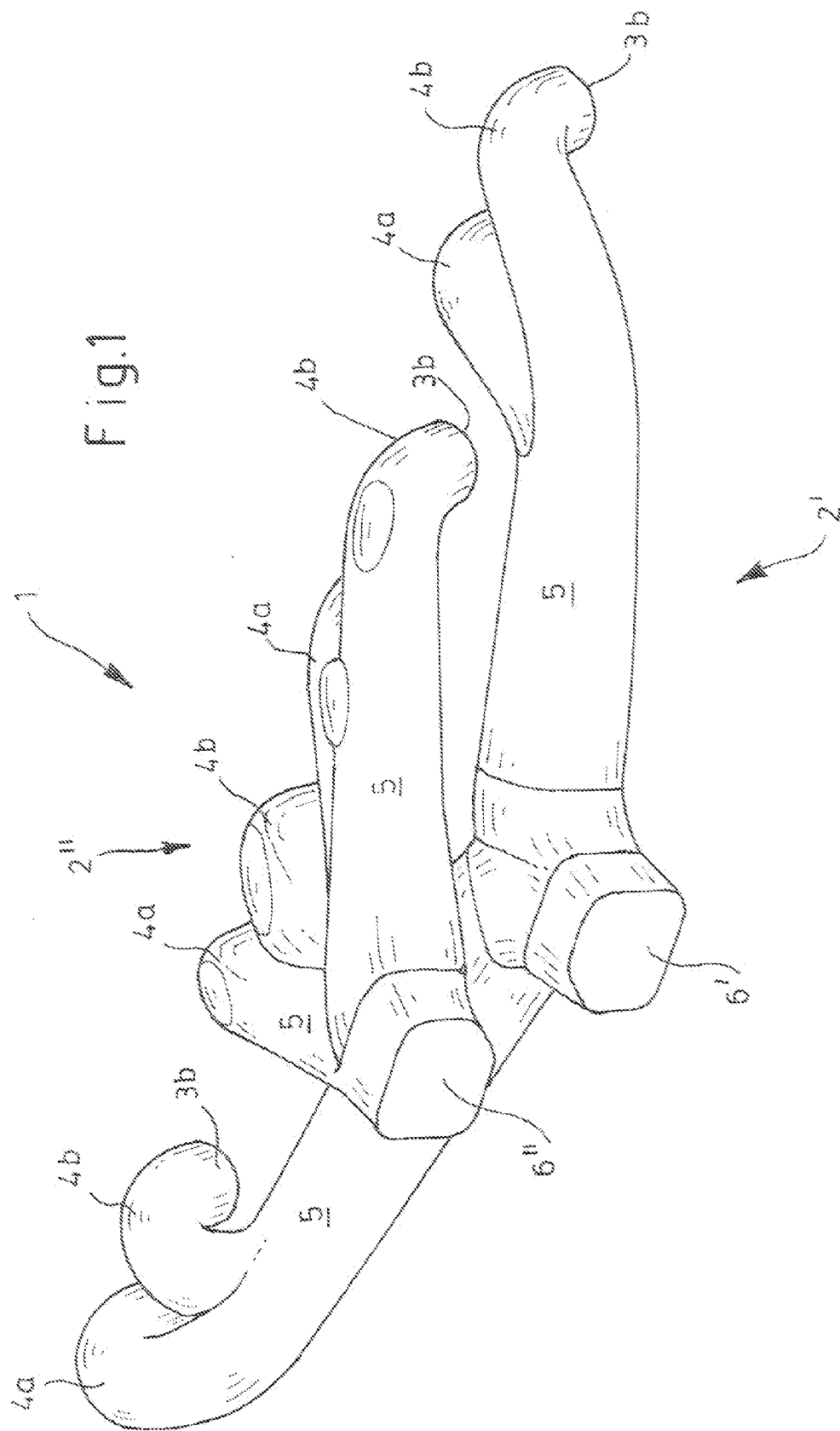
35

40

45

50

55



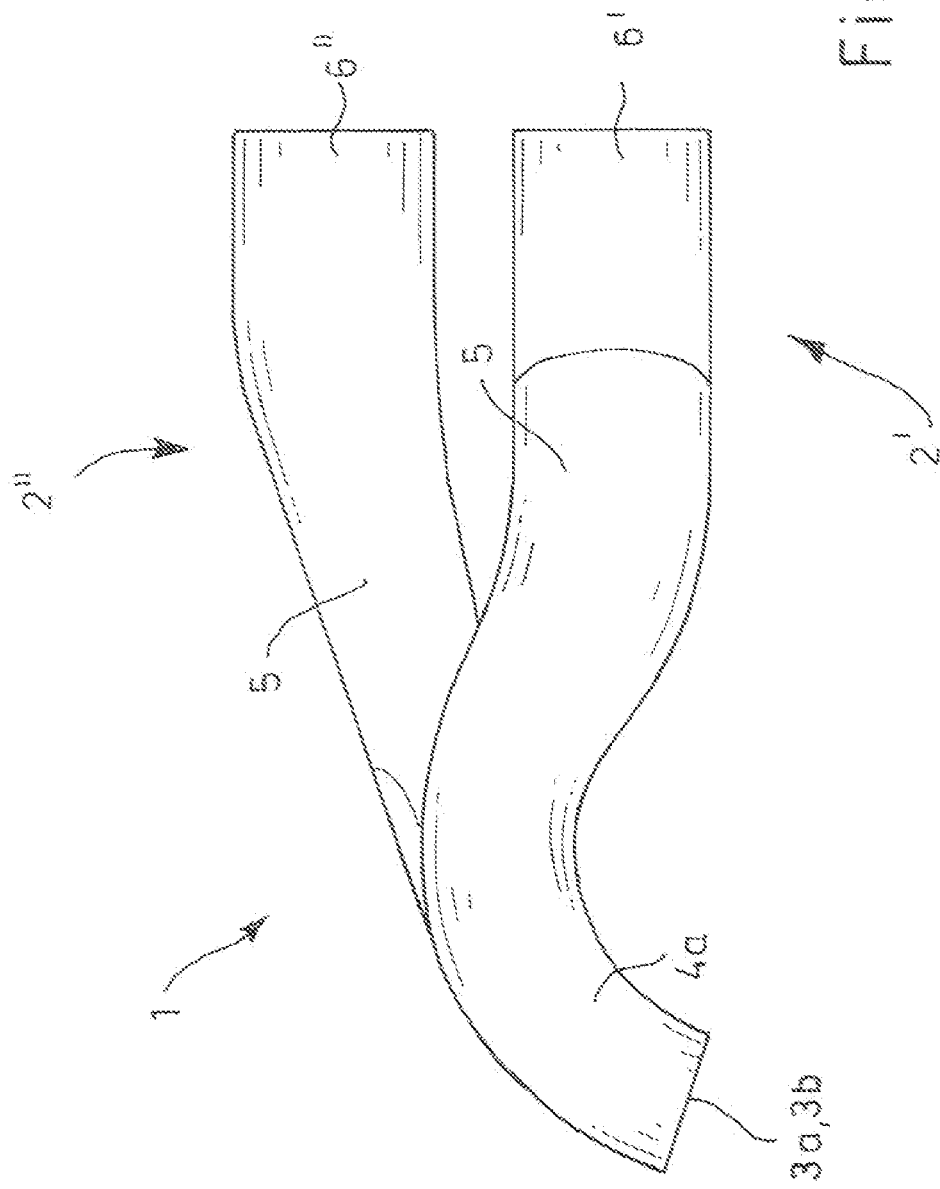
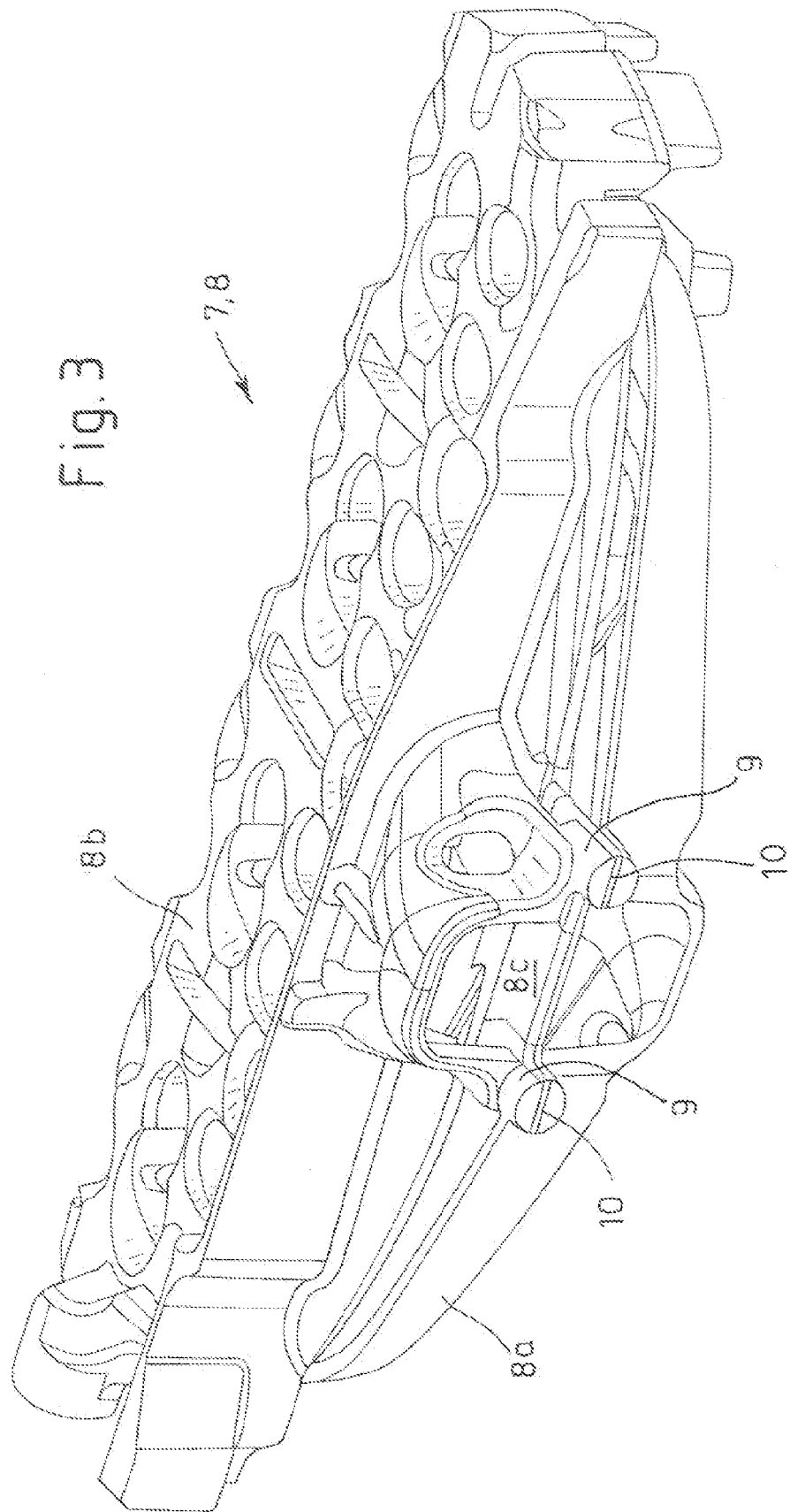


Fig. 2



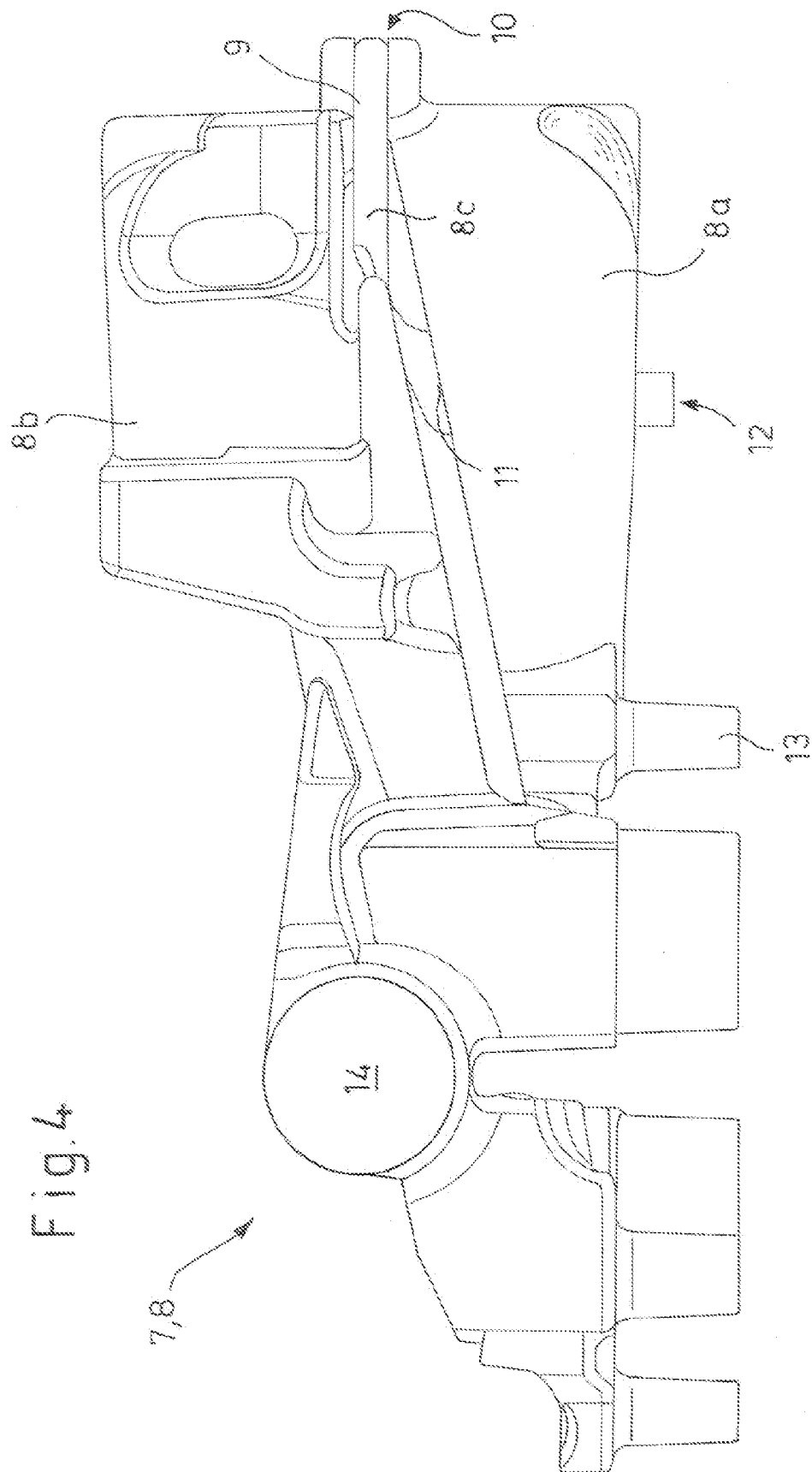
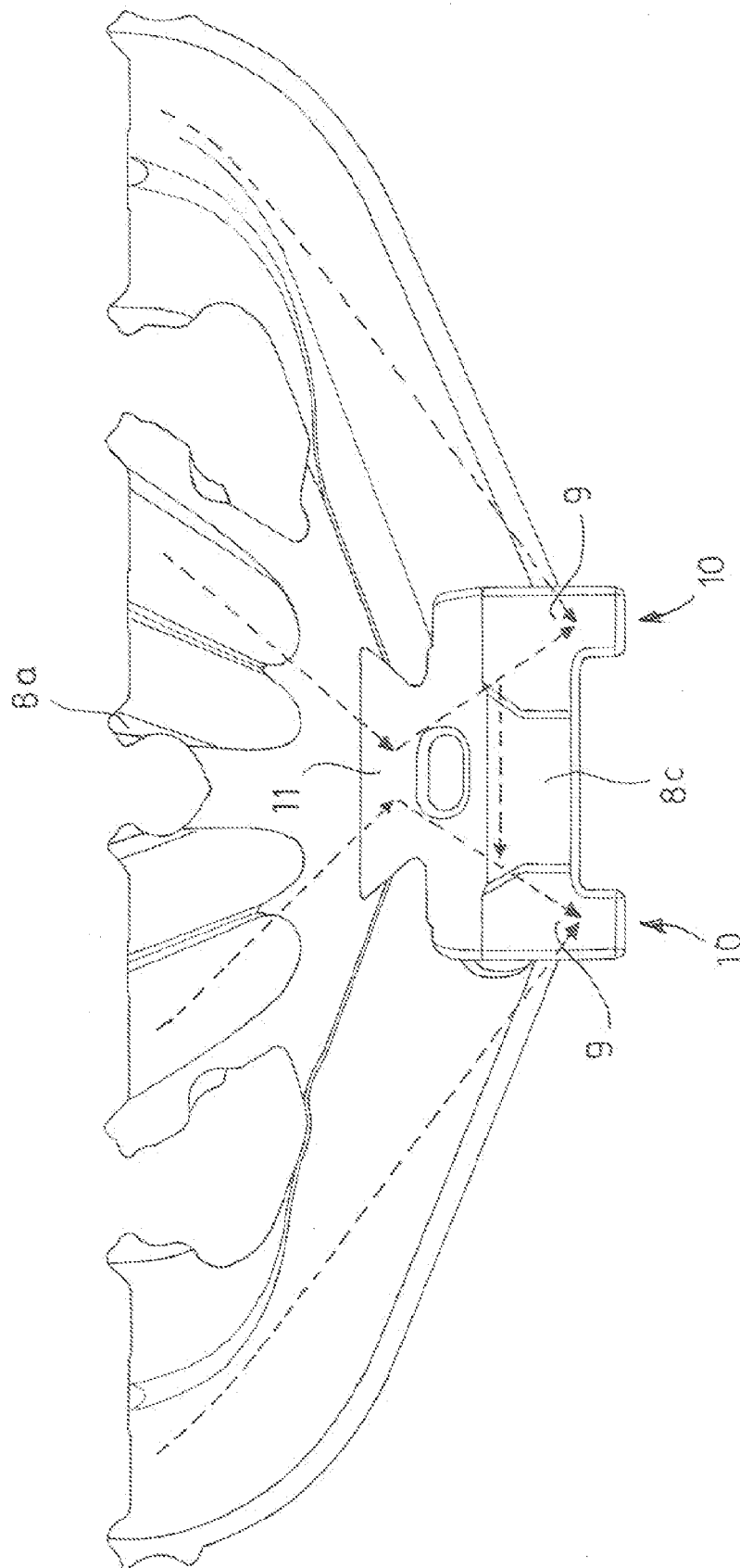
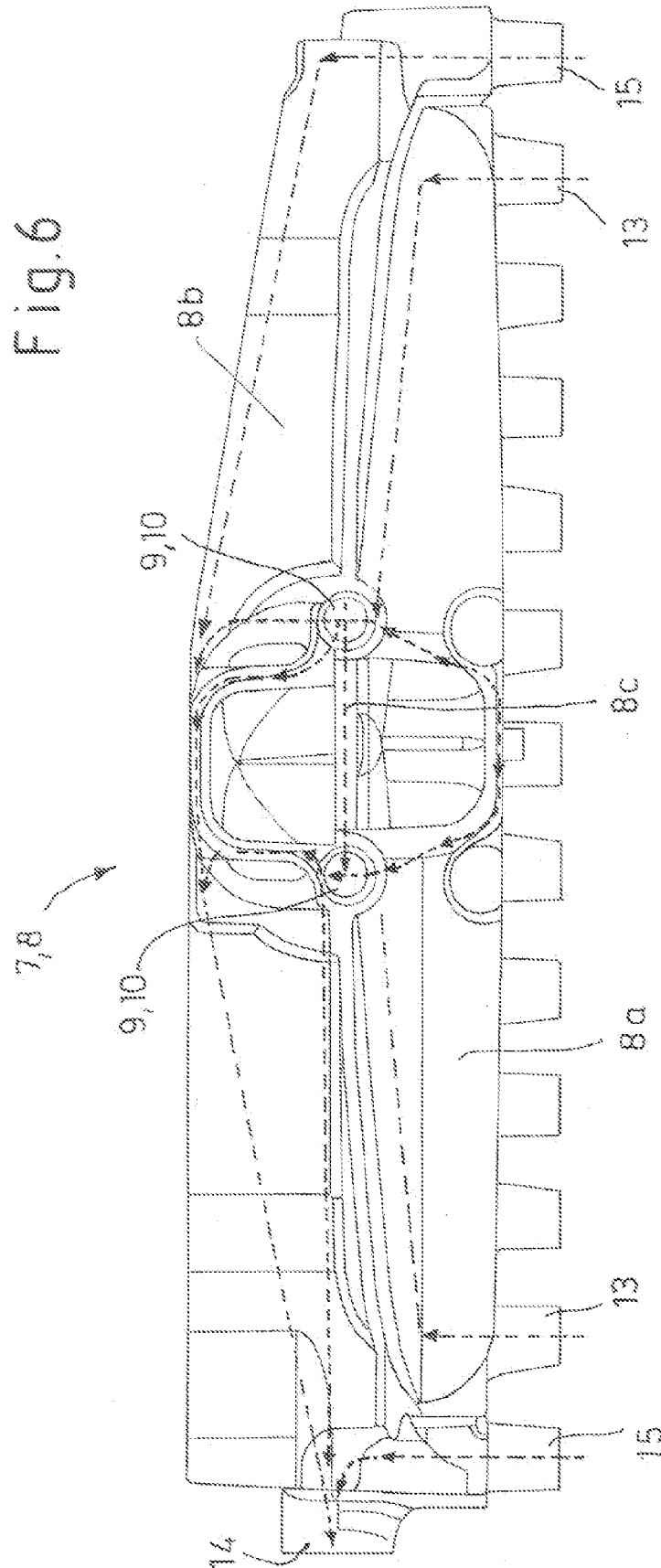


Fig.5







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 08 10 5481

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 095 704 A (NAGURA TAKAHIRO [JP] ET AL) 17. März 1992 (1992-03-17) * Abbildungen 1,3,6 * * Spalte 4, Zeile 20 - Zeile 49 *	1,4-14	INV. F02F1/24 F02F1/40 F02F1/42
X	EP 1 722 090 A (HONDA MOTOR CO LTD [JP]) 15. November 2006 (2006-11-15) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
X	US 2002/026909 A1 (AKIWA TOSHIHIRO [JP] ET AL) 7. März 2002 (2002-03-07) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1	
X	FR 889 855 A (PESCARA) 21. Januar 1944 (1944-01-21) * Abbildung 2 *	1	
A	DE 25 08 952 A1 (DAIMLER BENZ AG) 21. Oktober 1976 (1976-10-21) * das ganze Dokument *	2	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F02F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 29. April 2009	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 : mündliche 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			

 2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 08 10 5481

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

29-04-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5095704 A	17-03-1992	JP 1182560 A	20-07-1989
		JP 2709815 B2	04-02-1998
		US 4993227 A	19-02-1991

EP 1722090 A	15-11-2006	KEINE	

US 2002026909 A1	07-03-2002	DE 10141534 A1	20-06-2002
		JP 2002070551 A	08-03-2002

FR 889855 A	21-01-1944	KEINE	

DE 2508952 A1	21-10-1976	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1722090 A2 [0020] [0021] [0022]