



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**06.11.2013 Patentblatt 2013/45**

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

(21) Anmeldenummer: **12166516.0**

(22) Anmeldetag: **03.05.2012**

(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**

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

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

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

Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2)  
EPÜ.

(54) **Flüssigkeitsgekühlte Mehrzylinder-Brennkraftmaschine und Verfahren zum Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinderkopf (1), der

- an einer Montage-Stirnseite (14) mit einem Zylinderblock verbindbar ist, mindestens einen integrierten Kühlmittelmantel (16a, 16b) aufweist,
- 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 Abgasabfuhrsystem
- 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) innerhalb des Zylinderkopfes (1) unter Ausbildung eines Teilabgaskrümmers (10a, 10b) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen (6) der vier Zylinder (3, 3a, 3b) außerhalb des Zylinderkopfes (1) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, so dass das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Abgasaustrittsöffnungen (15a, 15b) an einer Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) austritt, wobei die zwei Abgasaustrittsöffnungen (15a, 15b) entlang der Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) versetzt und beabstandet zueinander und mit gleichgroßem Abstand zur Montage-Stirnseite (14) sind.

Es soll eine Brennkraftmaschine der genannten Art bereitgestellt werden, die hinsichtlich ihrer Flüssigkeitskühlung optimiert ist.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Brennkraftmaschine, die dadurch gekennzeichnet ist, dass ein unterer Kühlmittelmantel (16a), der zwischen den Abgasleitungen (5, 6) und der Montage-Stirnseite (14) des Zylinderkopfes (1) angeordnet ist, und ein oberer Kühlmittelmantel (16b), der auf der dem unteren Kühlmittelmantel (16a) gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen (5, 6) angeordnet ist, vorgesehen sind, wobei mindestens eine Verbindung (13) zwischen dem unteren Kühlmittelmantel (16a) und dem oberen Kühlmittelmantel (16b) vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient, wobei die mindestens eine Verbindung (13) benachbart zu einer Teilabgasleitung (6) angeordnet ist.

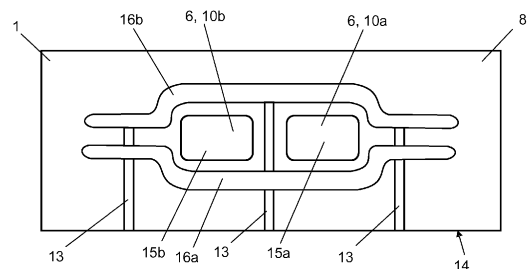


Fig. 2

## Beschreibung

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

- an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist,
- mindestens einen integrierten Kühlmittelmantel aufweist,
- 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 innerhalb des Zylinderkopfes unter Ausbildung eines Teilabgaskrümmers zu einer Teilabgasleitung zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen der vier Zylinder außerhalb des Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, so dass das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Abgasaustrittsöffnungen an einer Außenseite des Zylinderkopfes austritt, wobei die zwei Abgasaustrittsöffnungen entlang der Längsachse des Zylinderkopfes versetzt und beabstandet zueinander und mit gleichgroßem Abstand zur Montage-Stirnseite angeordnet sind.

**[0002]** Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine der vorstehend genannten Art.

**[0003]** Brennkraftmaschinen verfügen über einen Zylinderblock und mindestens einen Zylinderkopf, die zur Ausbildung der Zylinder an ihren Montage-Stirnseiten 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]** Im Rahmen des Ladungswechsels erfolgt das Ausschleichen der Verbrennungsgase über die Auslaßöffnungen der mindestens vier Zylinder und das Füllen der Brennräume mit Frischgemisch 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 Auslaßöff-

nungen 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]** 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 und auch vorliegend zu einer Gesamtabgasleitung zusammengeführt. Die Zusammenführung von Abgasleitungen wird im Allgemeinen und im Rahmen der vorliegenden Erfindung als Abgaskrümmter bezeichnet.

**[0006]** Bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine werden die Abgasleitungen der vier 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 Abgasabfuhrsystems deutlich reduzieren.

**[0007]** Das Zusammenführen der Abgasleitungen zu Teilabgasleitungen unter Ausbildung von zwei Teilabgaskrümmern erfolgt dabei innerhalb des Zylinderkopfes, wohingegen die beiden Teilabgasleitungen erst außerhalb des Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, so dass das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Abgasaustrittsöffnungen an einer Außenseite des Zylinderkopfes austritt.

**[0008]** Bei der Brennkraftmaschine, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, sind die beiden Abgasaustrittsöffnungen entlang der Längsachse des Zylinderkopfes versetzt und beabstandet zueinander angeordnet, wobei die Öffnungen einen gleichgroßen Abstand zur Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes aufweisen. Diese Anordnung der zwei Austrittsöffnungen ist hinsichtlich der Realisierung einer geringen Zylinderkopfhöhe bzw. eines möglichst dichten Packaging besonders vorteilhaft, setzt aber voraus, dass jeweils zwei benachbarte Zylinder eine Gruppe bilden, deren Abgasleitungen zu Teilabgasleitungen zusammenführen.

**[0009]** Würden hingegen die Abgasleitungen der beiden außenliegenden Zylinder und die Abgasleitungen der beiden innenliegenden Zylinder jeweils unter Ausbildung eines Teilabgaskrümmers zu einer Teilabgasleitung zusammengeführt, lägen die Austrittsöffnungen zumindest in vertikaler Richtung, d. h. in Richtung Zylinderlängsachse, übereinander, d. h. versetzt zueinander mit unterschiedlich großem Abstand zur Montage-Stirnseite.

**[0010]** Den Abgaskrümmter weitgehend in den mindestens einen Zylinderkopf zu integrieren, d. h. die Zusammenführung der Abgasleitungen zumindest teilweise be-

reits im Zylinderkopf vorzunehmen, ist gleich aus mehreren Gründen vorteilhaft.

**[0011]** Zum einen führt die Integration der Teilabgasleitungen in den Zylinderkopf zu einer kompakteren Bauweise der Brennkraftmaschine und einem dichteren Packaging im Motorraum. Zu anderen ergeben sich Kostenvorteile bei der Herstellung und der Montage und eine Gewichtsreduzierung der Brennkraftmaschine.

**[0012]** Des Weiteren kann sich die Integration vorteilhaft auf die Anordnung und den Betrieb eines Abgasnachbehandlungssystems, welches stromabwärts im Abgasabfuhrsystem 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.

**[0013]** 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 ist die weitgehende Integration des Abgaskrümmers in den Zylinderkopf.

**[0014]** 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 weitgehende Integration des Abgaskrümmers in den Zylinderkopf zielführend ist.

**[0015]** Zunehmend häufig wird der Abgaskrümm器 weitgehend in den Zylinderkopf integriert, um von einer im Zylinderkopf vorgesehenen Kühlung zu partizipieren und den Krümmer nicht aus thermisch hoch belastbaren Werkstoffen fertigen zu müssen, die kostenintensiv sind und immer kostenintensiver werden.

**[0016]** Diese Vorgehensweise nutzt den Umstand aus, dass moderne Brennkraftmaschinen zunehmend häufig mit einer Flüssigkeitskühlung ausgestattet bzw. auszustatten sind. Insbesondere aufgeladene Brennkraftmaschinen sind thermisch hoch belastet und stellen daher erhöhte Anforderungen an die Kühlung. 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 andere Bauteile und die Umgebung abgeführt. Um die thermische Belastung des Zylinderkopfes in Grenzen zu halten, wird mittels Flüssigkeits-

kühlung und erzwungener Konvektion gezielt eine Kühlung im Inneren des Zylinderkopfes herbeigeführt. Die Wärme wird dabei im Inneren des Zylinderkopfes an das Kühlmittel abgegeben. Das Kühlmittel wird 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.

**[0017]** Eine Flüssigkeitskühlung erfordert die Ausstattung der Brennkraftmaschine bzw. des Zylinderkopfes mit mindestens einem Kühlmittelmantel, d. h. die Anordnung von das Kühlmittel durch den Zylinderkopf führenden Kühlmittelkanälen, was eine komplexe Struktur der Zylinderkopfkonstruktion bedingt. Eine Integration der Teilabgasleitungen in den Zylinderkopf erschwert die Anordnung bzw. Ausbildung eines ausreichend großen Kühlmantelvolumens im mechanisch und thermisch hochbelasteten Zylinderkopf zusätzlich.

**[0018]** Vor dem Hintergrund des oben Gesagten ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die hinsichtlich ihrer Flüssigkeitskühlung optimiert ist.

**[0019]** Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine der genannten Art aufzuzeigen.

**[0020]** Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch eine flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinderkopf, der

- an einer Montage-Stirnseite mit einem Zylinderblock verbindbar ist,
- mindestens einen integrierten Kühlmittelmantel aufweist,
- 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 innerhalb des Zylinderkopfes unter Ausbildung eines Teilabgaskrümmers zu einer Teilabgasleitung zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen der vier Zylinder außerhalb des Zylinderkopfes zu einer Gesamtabgasleitung zusammenführen, so dass das Abgasabfuhrsystem in Gestalt von zwei Abgasaustrittsöffnungen an einer Außenseite des Zylinderkopfes austritt, wobei die zwei Abgasaustrittsöffnungen entlang der Längsachse des Zylinderkopfes versetzt und beabstandet zueinander und mit gleichgroßem Abstand zur Montage-Stirnseite angeordnet sind,

die dadurch gekennzeichnet ist, dass

- in unterer Kühlmittelmantel, der zwischen den Abgasleitungen und der Montage-Stirnseite des Zylinderkopfes angeordnet ist, und ein oberer Kühlmittelmantel, der auf der dem unteren Kühlmittelmantel gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen angeordnet ist, vorgesehen sind, wobei mindestens eine Verbindung zwischen dem unteren Kühlmittelmantel und dem oberen Kühlmittelmantel vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient, wobei die mindestens eine Verbindung benachbart zu einer Teilabgasleitung angeordnet ist, vorzugsweise im Bereich der Abgasaustrittsöffnung dieser Teilabgasleitung.

**[0021]** Der Zylinderkopf der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine verfügt über einen unteren Kühlmittelmantel und einen - dem unteren Kühlmittelmantel gegenüberliegenden - oberen Kühlmittelmantel, wobei mindestens eine Verbindung im Zylinderkopf vorgesehen ist, durch die Kühlmittel aus dem unteren Kühlmittelmantel in den oberen Kühlmittelmantel strömen kann und/oder umgekehrt.

**[0022]** Bei der Verbindung handelt es sich vorliegend um einen Durchbruch bzw. Durchflußkanal, der den unteren Kühlmittelmantel mit dem oberen Kühlmittelmantel verbindet und durch den ein Austausch von Kühlmittel zwischen den beiden Kühlmittelmänteln ermöglicht und realisiert wird.

**[0023]** Zum einen findet hierdurch grundsätzlich eine Kühlung auch im Bereich der Verbindung 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.

**[0024]** 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.

**[0025]** Erfindungsgemäß ist die mindestens eine Verbindung benachbart zu einer Teilabgasleitung angeordnet und zwar vorzugsweise im Bereich der Abgasaustrittsöffnung dieser Teilabgasleitung aus dem Zylinderkopf.

**[0026]** Damit befindet sich die mindestens eine Verbindung auch in dem Bereich, in dem die Abgasleitungen zusammenführen und das heiße Abgas der Zylinder der Brennkraftmaschine gesammelt wird, d. h. in einem Bereich, in dem der Zylinderkopf thermisch besonders hoch belastet ist. Dies hat gleiche mehrere Gründe.

**[0027]** Zum einen passiert das Abgas von zwei Zylindern die Teilabgasleitung, 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 größer.

**[0028]** Zum anderen ist eine Teilabgasleitung zeitlich länger mit heißem Abgas beaufschlagt, wohingegen die Abgasleitungen eines einzelnen Zylinders nur während des Ladungswechsels dieses einen Zylinders von heißem Abgas durchströmt wird.

**[0029]** Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass im Zustrombereich der Teilabgasleitung die Abgasströmungen der einzelnen Abgasleitungen mehr oder weniger stark umgelenkt werden müssen, um die Abgasleitungen zusammenführen zu können. Die einzelnen Abgasströmungen haben daher in diesem Bereich - zumindest teilweise - eine Geschwindigkeitskomponente, die senkrecht auf den Wandungen des Abgasabfuhrsystems steht, wodurch der Wärmeübergang durch Konvektion und folglich die thermische Belastung des Zylinderkopfes zusätzlich erhöht wird.

**[0030]** Aus den genannten Gründen ist es daher vorteilhaft, die mindestens eine Verbindung benachbart zu einer Teilabgasleitung anzuordnen.

**[0031]** Der Zylinderkopf der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine eignet sich insbesondere für aufgeladene Brennkraftmaschinen, die aufgrund höherer Abgastemperaturen eine effiziente und optimierte Kühlung erfordern.

**[0032]** Ausführungsformen der Brennkraftmaschine mit zwei Zylinderköpfen sind ebenfalls erfindungsgemäße Brennkraftmaschinen. Eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine kann zwei Zylinderköpfe aufweisen, wenn beispielsweise die Zylinder auf zwei Zylinderbänke verteilt sind. Die erfindungsgemäße Zusammenführung der Abgasleitungen in den dann zwei Zylinderköpfen erfolgt jeweils in der oben angegebenen Art und Weise.

**[0033]** Damit wird die erste der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich eine flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die hinsichtlich ihrer Flüssigkeitskühlung optimiert ist.

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

**[0035]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine, bei denen die mindestens eine Verbindung vollständig im Zylinderkopf integriert ist. Diese Ausführungsform grenzt sich beispielsweise gegenüber Bauformen des Zylinderkopfes ab, bei denen in der Außenwandung bzw. Außenseite des Zylinderkopfes eine Öffnung vorgesehen ist, die dem Zuführen bzw. Abführen von Kühlmittel in den bzw. aus dem oberen und/oder dem unteren Kühlmittelmantel dient. Eine derartige Öffnung stellt keine Verbindung im erfindungsgemäßen Sinne dar.

**[0036]** 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 Ausführungsform mindestens eine vollständig in der Außenwandung integrierte Verbindung auf, wozu ein eventuell vorgesehener Zugang zur Verbindung zu verschließen ist.

**[0037]** Grundsätzlich sind auch Ausführungsformen realisierbar, 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.

**[0038]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine, bei denen der Abstand  $\Delta$  zwischen der mindestens einen Verbindung und der Teilabgasleitung kleiner ist als der halbe Durchmesser  $D$  eines Zylinders mit  $\Delta \leq 0.5 D$ , vorzugsweise kleiner ist als ein Viertel des Durchmessers  $D$  eines Zylinders mit  $\Delta \leq 0.25 D$ , wobei sich der Abstand aus der Wegstrecke zwischen der Außenwandung der Teilabgasleitung und der Außenwandung der Verbindung ergibt. Je geringer der Abstand ausgebildet wird, desto größer ist der durch die mindestens eine Verbindung erzielte Kühleffekt, d. h. je größer ist die Wärmeabfuhr.

**[0039]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine, bei denen mindestens eine Verbindung auf der den vier Zylindern abgewandten Seite der integrierten Teilabgaskrümmen angeordnet ist. Dies hat hinsichtlich des Wärmehaushalts und konstruktiv Vorteile. Die mindestens eine Verbindung liegt gewissermaßen außerhalb der integrierten Abgaskrümmen und damit in einem Bereich, in welchem das Platzangebot größer ist als beispielsweise innerhalb der Krümmen, d. h. auf der den Zylindern zugewandten Seite.

**[0040]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine, bei denen mindestens zwei Verbindungen vorgesehen sind, die auf gegenüberliegenden Seiten des Systems aus Krümmern angeordnet sind. Eine symmetrische Anordnung der mindestens zwei Verbindungen im Bereich der Teilabgaskrümmen bzw. Teilabgasleitungen trägt dem Umstand Rechnung, dass das im Zylinderkopf integrierte System von Abgasleitungen in der Regel symmetrisch ausgebildet ist. Die zueinander korrespondierende Ausbildung von Abgasabfuhrsystem und Kühlung sorgt somit auch für eine symmetrische Temperaturverteilung im Zylinderkopf.

**[0041]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine, bei denen mindestens eine zusätzliche Verbindung in dem innenliegenden Wandabschnitt, der die beiden Teilabgaskrümmen voneinander trennt und in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, vorgesehen ist.

**[0042]** Die Abgasleitungen der vier Zylinder des mindestens einen Zylinderkopfes der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine werden stufenweise zusammenge-

führt, wobei jeweils ein außenliegender Zylinder und der benachbarte innenliegende Zylinder ein Zylinderpaar bilden, deren Abgasleitungen innerhalb des Zylinderkopfes zu einer Teilabgasleitung zusammenführen, wobei diese Teilabgasleitungen getrennt voneinander aus dem Zylinderkopf austreten. 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 die beiden Teilabgasleitungen der beiden Zylinderpaare innerhalb des Zylinderkopfes voneinander trennt.

**[0043]** Der innenliegende Wandabschnitt, insbesondere das freie Ende dieses Abschnitts, ist thermisch hochbelastet, da dieser Abschnitt in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, beide Teilabgaskrümmen begrenzt und somit von beiden Seiten mit in den Krümmern befindlichem heißen Abgas beaufschlagt wird. Insofern ist es vorteilhaft, zum Zwecke der Kühlung dieses Abschnitts mindestens eine Verbindung bzw. mindestens eine zusätzliche Verbindung in dem innenliegenden Wandabschnitt vorzusehen.

**[0044]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine, bei denen mindestens ein Abgasturbolader vorgesehen ist, wobei die Turbine des mindestens einen Abgasturboladers in der Gesamtabgasleitung angeordnet ist und einen Eintrittsbereich zum Zuführen der Abgase aufweist. Dabei wird das gesamte Abgas der vier Zylinder einer Turbine zugeführt, wobei die mindestens eine Turbine vorzugsweise motor-nah angeordnet wird, um die Abgasenthalpie der heißen Abgase optimal nutzen zu können.

**[0045]** 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.

**[0046]** 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, bei denen der spezifische Kraftstoffverbrauch niedriger ist.

**[0047]** Häufig wird bei Unterschreiten einer bestimm-

ten 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 Abgasabblasing. 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 Abgasabblasing mittels einer Bypaßleitung an der Turbine bzw. dem Turbinenlaufrad vorbei geführt.

**[0048]** 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.

**[0049]** Vorteilhaft sind daher auch Ausführungsformen der flüssigkeitsgeköhlten Brennkraftmaschine, bei denen mindestens zwei Abgasturbolader vorgesehen sind, wobei in jeder der beiden Teilabgasleitungen eine Turbine eines Abgasturboladers angeordnet ist.

**[0050]** Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen der flüssigkeitsgeköhlten Brennkraftmaschine, bei denen mindestens ein Abgasturbolader vorgesehen ist, wobei die Turbine des mindestens einen Abgasturboladers eine zweiflutige Turbine ist, die zwei in einen Eintrittsbereich angeordnete Eintrittskanäle aufweist, wobei jeweils ein Eintrittskanal mit einer Teilabgasleitung zum Zuführen der Abgase verbunden ist. Die Teilabgasleitungen können dabei in der Turbine oder stromabwärts der Turbine zu einer Gesamtabgasleitung zusammengeführt werden.

**[0051]** Grundsätzlich kann die Turbine 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.

**[0052]** 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.

**[0053]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der flüssigkeitsgeköhlten Brennkraftmaschine, bei denen der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung kleiner ist als der Durchmesser  $d$  einer Auslaßöffnung eines Zylinders mit  $\leq d$ .

**[0054]** Der Durchmesser der mindestens einen Verbindung hat Einfluß auf die Strömungsgeschwindigkeit

in der mindestens einen Verbindung, wobei durch eine Verkleinerung des Durchmessers die Strömungsgeschwindigkeit gesteigert werden kann, was den Wärmeübergang durch Konvektion erhöht. Vorteile bietet die Verkleinerung des Durchmessers auch hinsichtlich der mechanischen Festigkeit des Zylinderkopfes.

**[0055]** Aus den genannten Gründen können daher auch Ausführungsformen der flüssigkeitsgeköhlten Brennkraftmaschine vorteilhaft sein, bei denen der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung kleiner ist als der halbe Durchmesser  $d$  einer Auslaßöffnung eines Zylinders mit  $\leq 0.5d$ .

**[0056]** Vorteilhaft sind ebenfalls Ausführungsformen der flüssigkeitsgeköhlten Brennkraftmaschine, bei denen der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung kleiner ist als ein Drittel des Durchmessers  $d$  einer Auslaßöffnung eines Zylinders mit  $\leq 0.33d$ .

**[0057]** Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe, nämlich ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine gemäß einer zuvor beschriebenen Art aufzuzeigen, wird gelöst durch ein Verfahren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass bei den Zylindern die Verbrennung in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 initiiert wird, wobei die Zylinder beginnend mit einem außenliegenden Zylinder der Reihe nach entlang der Längsachse des mindestens einen Zylinderkopfes durchgezählt und nummeriert werden.

**[0058]** Das für die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine Gesagte gilt ebenfalls für das erfindungsgemäße Verfahren.

**[0059]** Die Abgasleitungen der vier Zylinder des mindestens einen Zylinderkopfes der Brennkraftmaschine werden innerhalb des Zylinderkopfes zu Teilabgasleitungen zusammengeführt. Grundsätzlich besteht die Gefahr, dass sich die Zylinder beim Ladungswechsel gegenseitig beeinflussen, wobei durch die teilweise Integration des Krümmers in den Zylinderkopf diesem Effekt Vorschub geleistet wird. Durch eine geeignete Maßnahme, nämlich durch die Wahl einer von der üblichen Zündfolge abweichenden Zündfolge, kann dem aber entgegen getreten werden.

**[0060]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird bei den Zylindern die Verbrennung in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 initiiert, anstatt die Zylinder entsprechend dem herkömmlichen Zündmuster 1 - 3 - 4 - 2 zu betreiben. Ausgehend vom ersten Zylinder sind die Zündzeitpunkte in °KW gemessen die Folgenden: 0 - 180 - 360 - 540. Die Numerierung der Zylinder einer Brennkraftmaschine ist in der DIN 73021 geregelt. Bei Reihenmotoren werden die Zylinder der Reihe nach durchgezählt, wobei mit einem außenliegenden Zylinder begonnen wird.

**[0061]** Obwohl - wie beim herkömmlichen Zündmuster auch - ein außenliegender Zylinder und der benachbarte innenliegende Zylinder unmittelbar hintereinander zünden, so dass diese Zylinder einen thermodynamischen Versatz von 180°KW aufweisen, erweist sich die erfindungsgemäße Zündfolge als die vorteilhaftere Zündfolge. Die Gründe werden im Folgenden am Beispiel des

Zylinderpaares umfassend den ersten und zweiten Zylinder näher beschrieben.

**[0062]** Nach dem herkömmlichen Zündmuster wird der zweite Zylinder vor dem ersten Zylinder gezündet, so dass sich die mindestens eine Auslaßöffnung des zweiten Zylinders am Ende des Schließvorgang befindet, wenn der erste Zylinder zur Einleitung des Ladungswechsels seine mindestens eine Auslaßöffnung öffnet, d. h. freigibt. Infolge der Druckwelle, die vom ersten Zylinder ausgeht, kann bereits aus dem zweiten Zylinder abgeführtes Abgas erneut in den zweiten Zylinder eingeleitet werden. Gegebenenfalls gelangt auch aus dem ersten Zylinder stammendes Abgas in den vorher gezündeten zweiten Zylinder, bevor dessen Auslaßventile schließen.

**[0063]** Wird nun gemäß dem erfindungsgemäßen Zündmuster die Verbrennung im ersten Zylinder vor dem zweiten Zylinder initiiert, kann die vorstehende Problematik eliminiert werden und zwar bei ansonsten unveränderten Randbedingungen, d. h. gleichen Ventilöffnungszeiten, insbesondere Öffnungsdauern, und bei Verwendung desselben Krümmers prinzipbedingt auch gleichen Abgasstrecken im Abgasabfuhrsystem.

**[0064]** Dass alleine die Änderung der Reihenfolge der Zündung der beiden benachbarten Zylinder zu diesem Ergebnis führt, ist begründet durch die unterschiedliche Länge der Abgasleitungen von der Auslaßöffnung des jeweiligen Zylinder bis zu der Teilsammelstelle dieses Zylinderpaares, an der die Abgasleitungen des Zylinderpaares zu einer Teilabgasleitung zusammenlaufen. Die unterschiedlich langen Abgasleitungen haben zur Folge, dass in das Abgasabfuhrsystem während eines Spülvorganges eingeleitete Frischluft in der Abgasleitung des ersten Zylinders eine längere Frischluftsäule ausbildet als in der Abgasleitung des zweiten Zylinders.

**[0065]** Zündet der zweite Zylinder nun vor dem ersten Zylinder, muß die Druckwelle, die vom ersten Zylinder ausgeht, nur eine vergleichsweise kurze Frischluftsäule überwinden bzw. in den zweiten Zylinder zurückschieben, bevor dieselbe Druckwelle bereits aus dem zweiten Zylinder abgeführtes Abgas bzw. aus dem ersten Zylinder stammendes Abgas in den zweiten Zylinder einleitet.

**[0066]** Zündet hingegen der erste Zylinder vor dem zweiten Zylinder, muß die Druckwelle, die vom zweiten Zylinder ausgeht, eine längere Frischluftsäule überwinden bzw. in den ersten Zylinder zurückschieben, bevor dieselbe Druckwelle bereits aus dem ersten Zylinder abgeführtes Abgas bzw. aus dem zweiten Zylinder stammendes Abgas in den ersten Zylinder einleitet.

**[0067]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist ein Verfahren zum Betreiben einer kompakten Brennkraftmaschine mit kurzen Abgasleitungen, mit dem sich die Problematik der gegenseitigen Einflußnahme der Zylinder beim Ladungswechsel beheben läßt.

**[0068]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- jeder Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung

- mit einer Zündvorrichtung ausgestattet wird, und
- 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 numeriert werden.

**[0069]** Die vorstehende Verfahrensvariante betrifft die Anwendung des Verfahrens bei einer fremdgezündeten Brennkraftmaschine, beispielsweise einem direkteinspritzenden Ottomotor, dessen Zylinder zur Einleitung einer Fremdzündung jeweils mit einer Zündvorrichtung ausgestattet sind.

**[0070]** Vorteilhaft sind aber auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Zylinder mittels Selbstzündung betrieben werden, und
- die Selbstzündung der Zylinder in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 eingeleitet wird, wobei die Zylinder beginnend mit einem außenliegenden Zylinder der Reihe nach entlang der Längsachse des mindestens einen Zylinderkopfes durchgezählt und numeriert werden.

**[0071]** Die vorstehende Verfahrensvariante bezieht sich auf Verfahren, bei denen die Verbrennung mittels Selbstzündung eingeleitet wird, und damit auch auf Arbeitsverfahren, wie sie üblicherweise bei Dieselmotoren eingesetzt werden.

**[0072]** Es besteht auch die Möglichkeit, ein Hybrid-Brennverfahren mit Selbstzündung zum Betreiben eines Ottomotors einzusetzen, beispielsweise das sogenannte HCCI-Verfahren (Homogenous-Charge Compression-Ignition), welches auch als Raumzündverfahren oder als CAI-Verfahren (Controlled Auto-Ignition) bezeichnet wird. Dieses Verfahren basiert auf einer kontrollierten Selbstzündung des dem Zylinder zugeführten Kraftstoffes. Dabei wird der Kraftstoff - wie bei einem Dieselmotor - unter Luftüberschuß, also überstöchiometrisch, verbrannt. Der mager betriebene Ottomotor weist aufgrund der niedrigen Verbrennungstemperaturen vergleichsweise geringe Stickoxidemissionen  $NO_x$  auf und ebenfalls infolge des mageren Gemisches keine Rußemissionen. Darüber hinaus führt das HCCI-Verfahren zu einem hohen thermischen Wirkungsgrad. Der Kraftstoff kann dabei sowohl direkt in die Zylinder als auch in das Ansaugrohr eingebracht werden, wobei eine Direkteinspritzung zusätzlich die Entdrosselung der Brennkraftmaschine durch Eliminierung der Drosselklappe gestattet.

**[0073]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels gemäß den Figuren 1 bis 2 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

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

Fig. 2 die in Figur 1 dargestellte Ausführungsform des

Zylinderkopfes in der Seitenansicht, teilweise geschnitten.

**[0074]** Figur 1 zeigt schematisch und im Schnitt den Zylinderkopf 1 einer ersten Ausführungsform der Brennkraftmaschine mitsamt einem Abschnitt des Eintrittsgehäuses 11 einer Turbine 12.

**[0075]** 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.

**[0076]** 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 unter Ausbildung eines Teilabgaskrümmers 10a, 10b zu einer diesem Zylinderpaar zugehörigen Teilabgasleitung 6 zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen 6 der vier Zylinder 3, 3a, 3b zu einer Gesamtabgasleitung 7 zusammenführen.

**[0077]** 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. Die außenliegenden Wandabschnitte 9a erstrecken sich weniger weit in Richtung der Außenseite 8 des Zylinderkopfes 1 als der innenliegende Wandabschnitt 9b.

**[0078]** 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 Abgasaustrittsöffnungen an der Außenseite 8 aus dem Zylinderkopf 1 austritt (siehe Figur 2). Die Abgasleitungen 5 der Zylinder 3 bzw. die Teilabgasleitungen 6 der Zylinderpaare werden erst außerhalb des Zylinderkopfes 1 zu einer Gesamtabgasleitung 7 zusammengeführt. Insofern ist der Abgaskrümmers 10 nur teilweise im Zylinderkopf 1 integriert. Der innerhalb des Zylinderkopfes 1 liegende Krümmersabschnitt umfaßt zwei Teilabgaskrümmers 10a, 10b.

**[0079]** 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 Abgaskrümmers 10 fließend in das Eintrittsge-

häuse 11 der Turbine 12 über, was durch die motornahe Anordnung der Turbine 12 bedingt ist.

**[0080]** Die in Figur 1 dargestellte Brennkraftmaschine ist mit einer Flüssigkeitskühlung ausgestattet, welche Verbindungen 13 aufweist.

**[0081]** Figur 2 zeigt die in Figur 1 dargestellte Ausführungsform des Zylinderkopfes 1 in der Seitenansicht, teilweise geschnitten. Es soll nur ergänzend zu Figur 1 ausgeführt werden, weshalb im Übrigen Bezug genommen wird auf Figur 1. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0082]** Die Flüssigkeitskühlung umfaßt zwei integrierte Kühlmittelmäntel 16a, 16b, wobei ein unterer Kühlmittelmantel 16a, der zwischen den Abgasleitungen 5, 6 und der Montage-Stirnseite 14 des Zylinderkopfes 1 angeordnet ist, und ein oberer Kühlmittelmantel 16b, der auf der dem unteren Kühlmittelmantel 16a gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen 5, 6 angeordnet ist, vorgesehen sind.

**[0083]** Zwischen dem unteren Kühlmittelmantel 16a und dem oberen Kühlmittelmantel 16b sind drei Verbindungen 13 vorgesehen, die dem Durchtritt von Kühlmittel dienen und die benachbart zu den Teilabgasleitungen 6 angeordnet sind. Die Verbindungen 13 reichen bis zur Montage-Stirnseite 14 und dienen auch der Versorgung des Kopfes 1 mit Kühlmittel via Zylinderblock.

**[0084]** Zwei Verbindungen 13 sind auf der den vier Zylindern 3 abgewandten Seite der integrierten Teilabgaskrümmers 10a, 10b angeordnet und zwar auf gegenüberliegenden Seiten der beiden Teilabgaskrümmers 10a, 10b. Eine zusätzliche Verbindung 13 ist in dem innenliegenden Wandabschnitt 9b, der die beiden Teilabgaskrümmers 10a, 10b voneinander trennt und in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, vorgesehen.

**[0085]** Zu erkennen ist, dass die beiden Teilabgaskrümmers 10a, 10b in Gestalt von zwei Abgasaustrittsöffnungen 15a, 15b an der Außenseite 8 aus dem Zylinderkopf 1 austreten. Die beiden Abgasaustrittsöffnungen 15a, 15b sind entlang der Längsachse 2 des Zylinderkopfes 1 versetzt und beabstandet zueinander angeordnet, wobei die Öffnungen 15a, 15b einen gleichgroßen Abstand zur Montage-Stirnseite 14 des Zylinderkopfes 1 aufweisen.

## 45 Bezugszeichen

### [0086]

|    |                                             |
|----|---------------------------------------------|
| 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                                       |    |
| 9c       | freies Ende des innenliegenden Wandabschnitts                      |    |
| 10       | Abgaskrümmer                                                       |    |
| 10a      | erster Teilabgaskrümmer                                            | 5  |
| 10b      | zweiter Teilabgaskrümmer                                           |    |
| 11       | Eintrittsgehäuse bzw. Eintrittsbereich der Turbine                 |    |
| 12       | Turbine                                                            |    |
| 13       | Verbindung                                                         | 10 |
| 14       | Montage-Stirnseite                                                 |    |
| 15a      | Abgasaustrittsöffnung                                              |    |
| 15b      | Abgasaustrittsöffnung                                              |    |
| 16a      | unterer Kühlmittelmantel                                           |    |
| 16b      | oberer Kühlmittelmantel                                            | 15 |
| °KW      | Grad Kurbelwinkel                                                  |    |
| $\Delta$ | Abstand zwischen einer Verbindung und einer Teilabgasleitung       |    |
| D        | Durchmesser eines Zylinders kleinster Durchmesser einer Verbindung | 20 |
| d        | Durchmesser einer Auslaßöffnung eines Zylinders                    |    |

#### Patentansprüche

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

- an einer Montage-Stirnseite (14) mit einem Zylinderblock verbindbar ist,  
 - mindestens einen integrierten Kühlmittelmantel (16a, 16b) aufweist,  
 - 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) innerhalb des Zylinderkopfes (1) unter Ausbildung eines Teilabgaskrümmers (10a, 10b) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen (6) der vier Zylinder (3, 3a, 3b) außerhalb des Zylinderkopfes (1) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, so dass das Abgasabführsystem in Gestalt von zwei Abgasaustrittsöffnungen (15a, 15b) an einer Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) austritt, wobei die zwei Abgasaustrittsöffnungen (15a, 15b) entlang der Längsachse (2) des

Zylinderkopfes (1) versetzt und beabstandet zu einander und mit gleichgroßem Abstand zur Montage-Stirnseite (14) sind,

#### dadurch gekennzeichnet, dass

- ein unterer Kühlmittelmantel (16a), der zwischen den Abgasleitungen (5, 6) und der Montage-Stirnseite (14) des Zylinderkopfes (1) angeordnet ist, und ein oberer Kühlmittelmantel (16b), der auf der dem unteren Kühlmittelmantel (16a) gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen (5, 6) angeordnet ist, vorgesehen sind, wobei mindestens eine Verbindung (13) zwischen dem unteren Kühlmittelmantel (16a) und dem oberen Kühlmittelmantel (16b) vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient, wobei die mindestens eine Verbindung (13) benachbart zu einer Teilabgasleitung (6) angeordnet ist.

2. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Verbindung (13) vollständig im Zylinderkopf (1) integriert ist.

3. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand  $\Delta$  zwischen der mindestens einen Verbindung (13) und der Teilabgasleitung (6) kleiner ist als der halbe Durchmesser  $D$  eines Zylinders (3) mit  $\Delta \leq 0.5 D$ .

4. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand  $\Delta$  zwischen der mindestens einen Verbindung (13) und der Teilabgasleitung (6) kleiner ist als ein Viertel des Durchmesser  $D$  eines Zylinders (3) mit  $\Delta \leq 0.25 D$ .

5. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Verbindung (13) auf der den vier Zylindern (3) abgewandten Seite der integrierten Teilabgaskrümmer (10a, 10b) angeordnet ist.

6. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Verbindungen (13) vorgesehen sind, die auf gegenüberliegenden Seiten der beiden Teilabgaskrümmer (10a, 10b) angeordnet sind.

7. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine zusätzliche Verbindung (13) in dem innenliegenden Wandabschnitt

(9b), der die beiden Teilabgaskrümmen (10a, 10b) voneinander trennt und in das Abgasabfuhrsystem hineinragt, vorgesehen ist.

8. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Zylinder (3) mindestens zwei Auslaßöffnungen (4) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder (3) aufweist. 5
9. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Abgasturbolader vorgesehen ist, wobei die Turbine (12) des mindestens einen Abgasturboladers in der Gesamtabgasleitung (7) angeordnet ist und einen Eintrittsbereich (11) zum Zuführen der Abgase aufweist. 10
10. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Abgasturbolader vorgesehen sind, wobei in jeder der beiden Teilabgasleitungen (6) eine Turbine (12) eines Abgasturboladers angeordnet ist. 15
11. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Abgasturbolader vorgesehen ist, wobei die Turbine (12) des mindestens einen Abgasturboladers eine zweiflutige Turbine ist, die zwei in einen Eintrittsbereich (11) angeordnete Eintrittskanäle aufweist, wobei jeweils ein Eintrittskanal mit einer Teilabgasleitung (6) zum Zuführen der Abgase verbunden ist. 20
12. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung (13) kleiner ist als der Durchmesser  $d$  einer Auslaßöffnung (4) eines Zylinders (3) mit  $\leq d$ . 25
13. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung (13) kleiner ist als der halbe Durchmesser  $d$  einer Auslaßöffnung (4) eines Zylinders (3) mit  $\leq 0.5d$ . 30
14. Flüssigkeitsgekühlte Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung (13) kleiner ist als ein Drittel des Durchmessers  $d$  einer Auslaßöffnung (4) eines Zylinders (3) mit  $\leq 0.33d$ . 35
15. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch ge-** 40

**kennzeichnet, dass** bei den Zylindern (3) die Verbrennung in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 initiiert wird, wobei die Zylinder (3) beginnend mit einem außenliegenden Zylinder (3a) der Reihe nach entlang der Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) durchgezählt und numeriert werden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- jeder Zylinder (3) zur Einleitung einer Fremdzündung mit einer Zündvorrichtung ausgestattet wird, und
- 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 numeriert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Zylinder (3) mittels Selbstzündung betrieben werden, und
- die Selbstzündung der Zylinder (3) in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 eingeleitet wird, wobei die Zylinder (3) beginnend mit einem außenliegenden Zylinder (3a) der Reihe nach entlang der Längsachse (2) des mindestens einen Zylinderkopfes (1) durchgezählt und numeriert werden.

#### Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.

1. Verfahren zum Betreiben einer flüssigkeitsgekühlten Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinderkopf (1), der

- an einer Montage-Stirnseite (14) mit einem Zylinderblock verbindbar ist,
- mindestens einen integrierten Kühlmittelmantel (16a, 16b) aufweist,
- 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 Abgasabfuhrsystem 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) innerhalb des Zylinderkopfes (1) unter Aus-

bildung eines Teilabgaskrümmers (10a, 10b) zu einer Teilabgasleitung (6) zusammenführen, bevor die beiden Teilabgasleitungen (6) der vier Zylinder (3, 3a, 3b) außerhalb des Zylinderkopfes (1) zu einer Gesamtabgasleitung (7) zusammenführen, so dass das Abgasabführsystem in Gestalt von zwei Abgasaustrittsöffnungen (15a, 15b) an einer Außenseite (8) des Zylinderkopfes (1) austritt, wobei die zwei Abgasaustrittsöffnungen (15a, 15b) entlang der Längsachse (2) des Zylinderkopfes (1) versetzt und beabstandet zueinander und mit gleichgroßem Abstand zur Montage-Stirnseite (14) angeordnet sind, und

- ein unterer Kühlmittelmantel (16a), der zwischen den Abgasleitungen (5, 6) und der Montage-Stirnseite (14) des Zylinderkopfes (1) angeordnet ist, und ein oberer Kühlmittelmantel (16b), der auf der dem unteren Kühlmittelmantel (16a) gegenüberliegenden Seite der Abgasleitungen (5, 6) angeordnet ist, vorgesehen sind, wobei mindestens eine Verbindung (13) zwischen dem unteren Kühlmittelmantel (16a) und dem oberen Kühlmittelmantel (16b) vorgesehen ist, die dem Durchtritt von Kühlmittel dient, wobei die mindestens eine Verbindung (13) benachbart zu einer Teilabgasleitung (6) angeordnet ist,

**dadurch gekennzeichnet, dass**

- bei den Zylindern (3) die Verbrennung in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 initiiert wird, 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. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- jeder Zylinder (3) zur Einleitung einer Fremdzündung mit einer Zündvorrichtung ausgestattet wird, und
- 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.

## 3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Zylinder (3) mittels Selbstzündung betrieben werden, und
- die Selbstzündung der Zylinder (3) in der Reihenfolge 1 - 2 - 4 - 3 eingeleitet wird, 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.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Verbindung (13) vollständig im Zylinderkopf (1) integriert ist.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand  $\Delta$  zwischen der mindestens einen Verbindung (13) und der Teilabgasleitung (6) kleiner ist als der halbe Durchmesser  $D$  eines Zylinders (3) mit  $\Delta \leq 0.5 D$ .

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abstand  $\Delta$  zwischen der mindestens einen Verbindung (13) und der Teilabgasleitung (6) kleiner ist als ein Viertel des Durchmessers  $D$  eines Zylinders (3) mit  $\Delta \leq 0.25 D$ .

7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Verbindung (13) auf der den vier Zylindern (3) abgewandten Seite der integrierten Teilabgaskrümmers (10a, 10b) angeordnet ist.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Verbindungen (13) vorgesehen sind, die auf gegenüberliegenden Seiten der beiden Teilabgaskrümmers (10a, 10b) angeordnet sind.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine zusätzliche Verbindung (13) in dem innenliegenden Wandabschnitt (9b), der die beiden Teilabgaskrümmers (10a, 10b) voneinander trennt und in das Abgasabführsystem hineinragt, vorgesehen ist.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder Zylinder (3) mindestens zwei Auslaßöffnungen (4) zum Abführen der Abgase aus dem Zylinder (3) aufweist.

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Abgasturbolader vorgesehen ist, wobei die Turbine (12) des mindestens einen Abgasturboladers in der Gesamtabgasleitung (7) angeordnet ist und einen Eintrittsbereich (11) zum Zuführen der Abgase aufweist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei Abgasturbolader vorgesehen sind, wobei in jeder der beiden Teilabgasleitungen (6) eine Turbine (12) eines Abgasturboladers angeordnet ist.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Abgasturbolader vorgesehen ist, wobei die Turbine (12) des mindestens einen Abgasturboladers eine zweiflutige Turbine ist, die zwei in einen Eintrittsbereich (11) angeordnete Eintrittskanäle aufweist, wobei jeweils ein Eintrittskanal mit einer Teilabgasleitung (6) zum Zuführen der Abgase verbunden ist. 5

14. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung (13) kleiner ist als der Durchmesser  $d$  einer Auslaßöffnung (4) eines Zylinders (3) mit  $\leq d$ . 10

15. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung (13) kleiner ist als der halbe Durchmesser  $d$  einer Auslaßöffnung (4) eines Zylinders (3) mit  $\leq 0.5d$ . 15 20

16. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der kleinste Durchmesser der mindestens einen Verbindung (13) kleiner ist als ein Drittel des Durchmessers  $d$  einer Auslaßöffnung (4) eines Zylinders (3) mit  $\leq 0.33d$ . 25

30

35

40

45

50

55

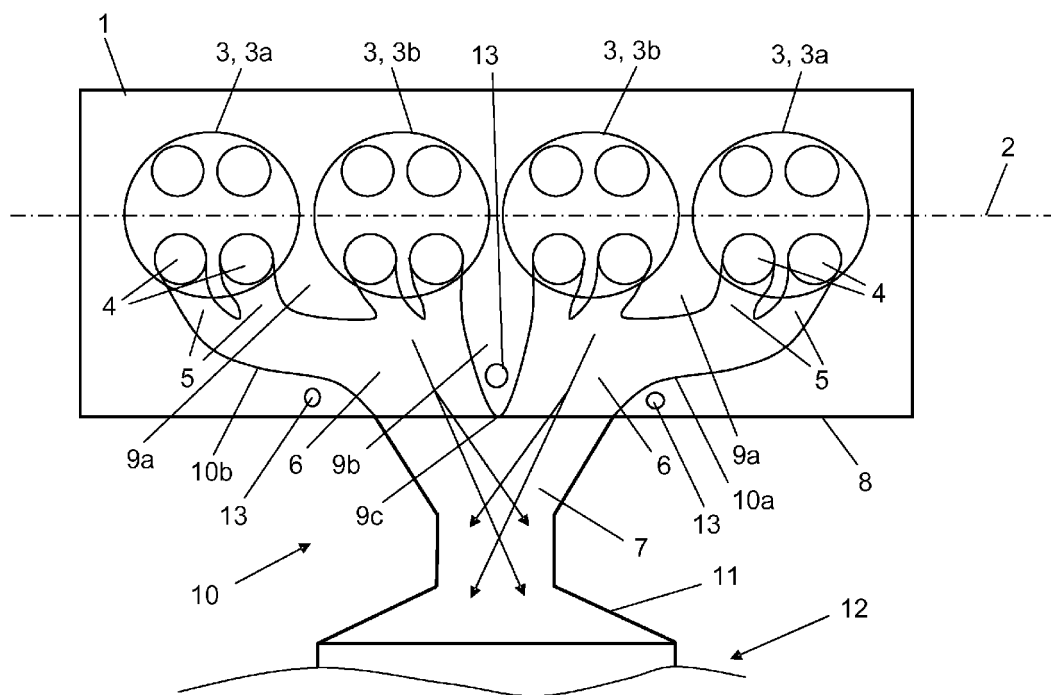


Fig. 1

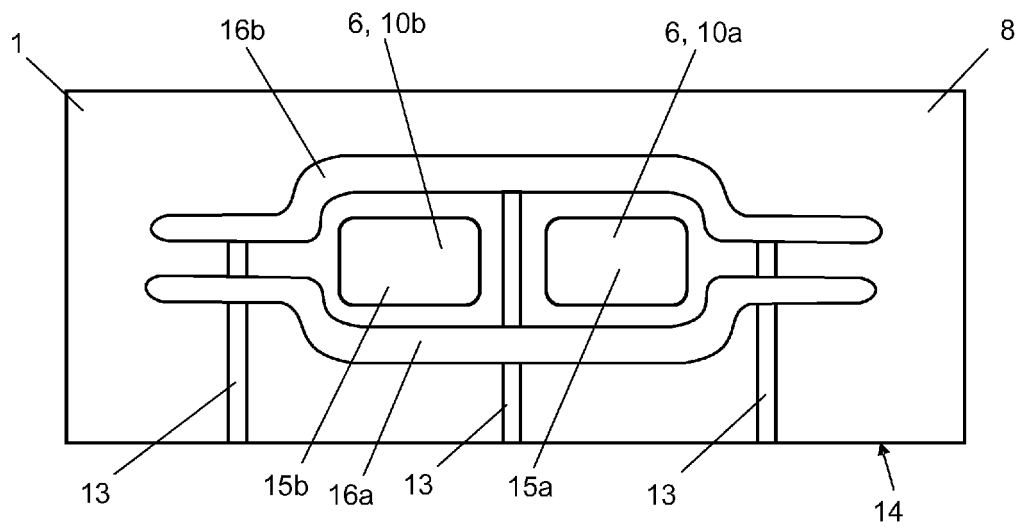


Fig. 2



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 12 16 6516

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                              |                                                       |                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                          | Betrifft Anspruch                                     | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC) |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 2012/006287 A1 (HAYMAN ALAN W [US] ET AL) 12. Januar 2012 (2012-01-12)                                                                    | 1-10,                                                 | INV.                               |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | * Absätze [0020], [0021], [0022], [0025], [0026] *                                                                                           | 12-14                                                 | F02F1/24                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----                                                                                                                                        | 11,15-17                                              | F02F1/40                           |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | DE 10 2007 057310 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE])<br>4. Juni 2009 (2009-06-04)<br>* Anspruch 7 *                                       | 11                                                    |                                    |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -----<br>31. Dezember 1986 (1986-12-31), MOTORI ENDOTERMICI, HOEPLI, PAGE(S) 248 - 250, XP002684172,<br>ISBN: 88-203-1457-6<br>* Seite 248 * | 15-17                                                 |                                    |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | -----<br>EP 2 172 635 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 7. April 2010 (2010-04-07)<br>* das ganze Dokument *                                    | 1                                                     |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | -----                                                                                                                                        |                                                       |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                              |                                                       | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                              |                                                       | F02F                               |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                              |                                                       |                                    |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                              | Abschlußdatum der Recherche<br><b>9. Oktober 2012</b> | Prüfer<br><b>Coniglio, Carlo</b>   |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                                                                              |                                                       |                                    |

 1  
EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)

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

EP 12 16 6516

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.

09-10-2012

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| US 2012006287 A1                                    | 12-01-2012                    | CN 102374006 A                    | 14-03-2012                    |
|                                                     |                               | DE 102011106846 A1                | 12-01-2012                    |
|                                                     |                               | US 2012006287 A1                  | 12-01-2012                    |
| -----                                               |                               |                                   |                               |
| DE 102007057310 A1                                  | 04-06-2009                    | KEINE                             |                               |
| -----                                               |                               |                                   |                               |
| EP 2172635 A1                                       | 07-04-2010                    | CN 101713349 A                    | 26-05-2010                    |
|                                                     |                               | EP 2172635 A1                     | 07-04-2010                    |
|                                                     |                               | US 2010083920 A1                  | 08-04-2010                    |
|                                                     |                               | US 2012060778 A1                  | 15-03-2012                    |
| -----                                               |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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