



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
13.11.2024 Patentblatt 2024/46

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F02M 21/02^(2006.01) F02M 61/18^(2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 24173481.3

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F02M 21/0275; F02M 21/0206; F02M 21/0281

(22)

Anmeldetag: 30.04.2024

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(71)

Anmelder: MAN Truck & Bus SE
80995 München (DE)

(72)

Erfinder:
• Hinrichsen, Florian
80995 München (DE)
• Leistner, Martina
80995 München (DE)
• Malischewski, Thomas
80995 München (DE)
• Hyna, Dominic
80995 München (DE)

(30)

Priorität: 09.05.2023 DE 102023112098

(54)

VORRICHTUNG UND VERFAHREN FÜR EINE HOMOGENE GEMISCHBILDUNG BEI EINER GASKRAFTSTOFF-BRENNKRAFTMASCHINE

(57)

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (10) zur Zuführung von Gaskraftstoff zu einer Verbrennungskammer (11) einer Brennkraftmaschine. Die Vorrichtung (10) weist einen Zylinderkopf (12) zum Abdecken der Verbrennungskammer (11) auf. Ferner weist die Vorrichtung (10) einen Lufteinlasskanal (14) auf, der in dem Zylinderkopf (12) angeordnet ist und ausgebildet ist, der Verbrennungskammer (11) eine Luftströmung (2) mit einem Drall um eine Längsmittelachse (M) der Verbrennungskam-

mer (11) zuzuführen. Weiterhin weist die Vorrichtung (10) eine Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung (16) auf, die in dem Zylinderkopf (12) angeordnet ist und ausgebildet ist, einen Gaskraftstoffstrahl (4) zu erzeugen, der gegen den Drall der Luftströmung (2) gerichtet ist. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug mit einer ebensolchen Vorrichtung (10) sowie ein Verfahren zur Zuführung von Gaskraftstoff zu einer Verbrennungskammer (11) einer Brennkraftmaschine.

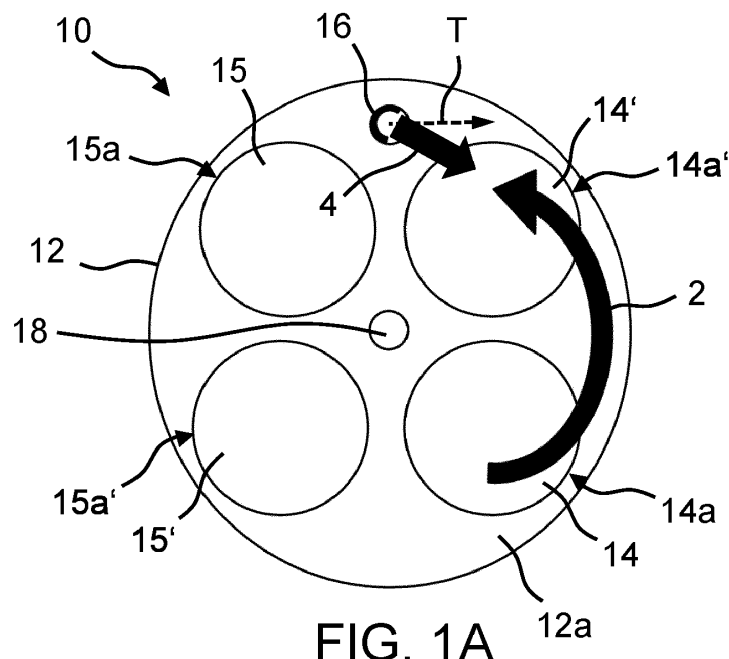


FIG. 1A

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Zuführung von Gaskraftstoff zu einer Verbrennungskammer einer Brennkraftmaschine sowie ein Kraftfahrzeug mit einer ebensolchen Vorrichtung. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Zuführen von Gaskraftstoff zu einer Verbrennungskammer einer Brennkraftmaschine.

[0002] Es ist bekannt, Gaseinblasventile zum direkten Zuführen von Gaskraftstoff in eine Verbrennungskammer einer Brennkraftmaschine zu verwenden. Beispielsweise sind in diesem Zusammenhang Mehrlochdüsen bzw. Mehrlochdüsenkuppen an Nadelventilen bekannt. Ferner existieren auch Gasinjektoren mit Tellerventilen.

[0003] Insbesondere bei Niederdruck-Wasserstoff-Anwendungen mit einem Einblasedruck bis etwa 20 bar ergibt sich für eine Direkteinblasung bei geschlossenen Einlassventilen meist nur ein kurzes Zeitfenster, in dem Gas eingeblasen werden kann, da der Zylinderdruck geringer als der Gasdruck sein muss. Entsprechend muss in der Regel viel Gas innerhalb kurzer Zeit dem Brennraum zugeführt werden, was zu lokal hohen Konzentrationen führen kann, welche bis zur Zündung homogenisiert werden sollten, da ansonsten eine Gefahr für Selbstzündungen besteht und die Emissionen erhöht sein können.

[0004] Mit den bekannten Injektoren, welche in der Regel eine rotationssymmetrische bzw. eine am Umfang der Verbrennungskammer gleichmäßig verteilte Einströmung bewirken, wird oftmals keine ausreichende Homogenisierung des Gas-Luft-Gemisches erreicht, sodass sich zum Zündzeitpunkt mitunter lokal fette Gebiete ergeben, was wie eingangs erwähnt z. B. in erhöhten Emissionen resultieren kann.

[0005] Weiterhin nachteilig an den bekannten Injektoren ist, dass diese oftmals in die Verbrennungskammer hineinragen und sich entsprechend stark erhitzen, was bspw. zu Glühzündungen führen kann. Außerdem weisen die bislang bekannten Konzepte oftmals ein Totraum zwischen Öffnungsnadel und Kuppe bzw. zwischen Ventil und Blaskappe auf. Durch eine mangelnde Spülung dieses Totraums in Kombination mit den hohen Bauteiltemperaturen ist dort die Neigung zu Glühzündungen erhöht.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, eine Lösung für eine verbesserte Zuführung von Gaskraftstoff zu einer Verbrennungskammer einer Brennkraftmaschine zu schaffen. Bevorzugt ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Lösung bereitzustellen, mittels derer in kurzer Zeit eine möglichst homogene Gasverteilung in der Verbrennungskammer erreicht werden kann und/oder Glühzündungen möglichst vermieden werden können.

[0007] Diese Aufgaben können mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst werden. Vorteilhafte Ausführungsformen und Anwendungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche und werden im Folgenden unter teilweiser Bezugnahme auf die

Figuren näher erläutert.

[0008] Ein erster unabhängiger Aspekt der vorliegenden Offenbarung betrifft eine Vorrichtung zur Zuführung von Gaskraftstoff (z. B. Wasserstoff) zu einer (z. B. zylinderförmigen) Verbrennungskammer einer Brennkraftmaschine (z. B. einer Wasserstoff-Brennkraftmaschine).

[0009] Die Vorrichtung weist einen Zylinderkopf zum Abdecken der Verbrennungskammer auf. Bevorzugt dient der Zylinderkopf dazu, die Verbrennungskammer nach oben hin abzuschließen.

[0010] Weiterhin weist die Vorrichtung (mindestens) einen (z. B. gekrümmten) Lufteinlasskanal (z. B. einen Drall-Lufteinlasskanal) auf, der (zumindest abschnittsweise) in dem Zylinderkopf angeordnet ist. Der Lufteinlasskanal ist hierbei ausgebildet, der Verbrennungskammer eine Luftströmung mit einem Drall um eine Längsmittelachse der Verbrennungskammer zuzuführen. Beispielsweise kann der Lufteinlasskanal ausgebildet sein, der über den Lufteinlasskanal in die Verbrennungskammer einströmenden Luft einen Drall bzw. eine Drehbewegung aufzuprägen. Dies kann bspw. über eine entsprechende (z. B. spiralförmige und/oder gekrümmte) Formgebung bzw. Kanalführung des Lufteinlasskanals erreicht werden. Zudem oder alternativ kann der Lufteinlasskanal auch eine Dralleinrichtung (z. B. ein Luftleitelement) umfassen.

[0011] Ferner weist die Vorrichtung eine Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (z. B. einen Gaskraftstoff-Injektor, insbesondere einen Wasserstoff-Injektor) auf, wobei die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (zumindest abschnittsweise) in dem Zylinderkopf angeordnet ist. Die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ist dazu ausgebildet, einen (z. B. gerichteten) Gaskraftstoffstrahl (in der Verbrennungskammer) zu erzeugen, der gegen den Drall der Luftströmung gerichtet ist, vorzugsweise um die Luftströmung und den Gaskraftstoffstrahl (z. B. turbulent) miteinander zu vermischen.

[0012] Insgesamt kann durch diese gerichtete und gezielt auf die Luftzirkulation in der Verbrennungskammer abgestimmte Einblasung des Gaskraftstoffs auf vorteilhafte Weise eine möglichst homogene Gemischbildung in der Verbrennungskammer erreicht werden, wodurch Emissionen der Brennkraftmaschine vermindert und unerwünschte Selbstzündungen vermieden bzw. reduziert werden können.

[0013] Gemäß einem ersten Aspekt kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung außermittig (bzw. dezentral) in dem Zylinderkopf angeordnet sein. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung in einem Außenrandbereich einer der Verbrennungskammer zugewandten Brennraumseite des Zylinderkopfes angeordnet sein.

[0014] Zudem oder alternativ kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung versetzt und/oder parallel zur Längsmittelachse der Verbrennungskammer angeordnet sein. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung von der Längsmittelachse radial beabstandet sein. Der Ausdruck Längsmittelachse kann dabei im Allgemei-

nen bspw. jene Achse der Verbrennungskammer bezeichnen, die der Richtung ihrer größten Ausdehnung entspricht und/oder die zentral durch die Verbrennungskammer verläuft. Bevorzugt ist die Verbrennungskammer rotationssymmetrisch bzgl. der Längsmittelachse ausgebildet. Auf vorteilhafte Weise kann dadurch sichergestellt werden, dass der Gaskraftstoffstrahl möglichst zuverlässig gegen den Drall der Luftströmung gerichtet werden kann.

[0015] Nach einem weiteren Aspekt kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl eine Drallrichtung aufweist, die entgegengesetzt zu einer Drallrichtung der Luftströmung orientiert ist. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl derart zu erzeugen, dass dieser einen Rechtsdrall aufweist, falls die Luftströmung einen Linksdrall aufweist und umgekehrt. Auf vorteilhafte Weise kann dadurch eine möglichst turbulente Durchmischung zwischen Luft und Gaskraftstoff sichergestellt werden.

[0016] Zudem oder alternativ kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl im Wesentlichen quer (z. B. senkrecht) zu einer Längsachse der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung orientiert ist. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl im Wesentlichen seitlich von der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung bzw. von deren Längsachse weg gerichtet ist. Als Längsachse der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung kann dabei im Allgemeinen bspw. jene Achse der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung verstanden werden, die der Richtung ihrer größten Ausdehnung entspricht. Bevorzugt ist die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung dabei derart angeordnet, dass deren Längsachse versetzt und/oder parallel zur Längsmittelachse der Verbrennungskammer angeordnet ist.

[0017] Gemäß einem weiteren Aspekt kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl nicht (exakt) tangential bezüglich der Längsmittelachse der Verbrennungskammer einzublasen. Der Gaskraftstoffstrahl soll somit vorzugsweise in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse der Verbrennungskammer nicht senkrecht zur einer (gedachten) direkten Verbindung zwischen der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung und der Längsmittelachse orientiert sein.

[0018] Zudem oder alternativ kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl (in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse) sekantenförmig in der Verbrennungskammer verläuft.

[0019] Zudem oder alternativ kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl hin zur Längsmittelachse geneigt ist, vorzugs-

weise (in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse) bezüglich einer (gedachten) Tangente (am Ort der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung) zur Längsmittelachse. Beispielsweise kann der Gaskraftstoffstrahl bezüglich der Tangente um einen Winkel zwischen 10° und 30° zur Längsmittelachse hin geneigt sein. Auf vorteilhafte Weise kann der Gaskraftstoffstrahl dadurch von einer Wandung der Verbrennungskammer weg gekrümmt bzw. weg gerichtet sein, wodurch hohe Gaskraftstoffkonzentrationen am Rand eines Kolbens der Brennkraftmaschine bzw. zwischen Kolben und Zylinderwand möglichst vermieden werden können.

[0020] Nach einem weiteren Aspekt kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung eine (z. B. verschließbare) Gaskraftstoffaustrittsöffnung aufweisen. Bevorzugt ist die Gaskraftstoffaustrittsöffnung dabei (z. B. vollständig) in dem Zylinderkopf angeordnet und/oder in den Zylinderkopf integriert. Vorzugsweise weist die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ferner ein, z. B. elektrisch und/oder hydraulisch betätigbares, (z. B. Gaskraftstoff-) Tellerventil auf, mittels dessen die Gaskraftstoffaustrittsöffnung offenbar und/oder verschließbar ist.

[0021] Gemäß einem weiteren Aspekt kann die Gaskraftstoffaustrittsöffnung und/oder die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung bündig mit einer der Verbrennungskammer zugewandten Brennraumseite des Zylinderkopfes abschließen. Auf vorteilhafte Weise können dadurch exponierte bzw. in die Verbrennungskammer ragende Stellen, die sich entsprechend aufheizen und dadurch als Zündquellen für Selbstzündungen dienen können, möglichst vermieden werden.

[0022] Alternativ kann die Gaskraftstoffaustrittsöffnung und/oder die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung bezüglich einer bzw. der Verbrennungskammer zugewandten Brennraumseite des Zylinderkopfes zurückversetzt angeordnet sein. Beispielsweise kann die Gaskraftstoffaustrittsöffnung in einer in der Brennraumseite des Zylinderkopfes vorgesehenen Vertiefung angeordnet sein. Zudem oder alternativ kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (zur Verbrennungskammer hin) bereits vor der Brennraumseite des Zylinderkopfes enden.

[0023] Zudem oder alternativ kann der Zylinderkopf ein Feuerdeck mit einer Aussparung (z. B. in Form einer Materialausnehmung) aufweisen. Als Feuerdeck kann dabei im Allgemeinen bspw. ein verbrennungskammernaher (z. B. unterer) Bereich des Zylinderkopfs verstanden werden bzw. ein Bereich des Zylinderkopfs, der entsprechend starken thermischen Belastungen ausgesetzt ist. Bevorzugt ist die Gaskraftstoffaustrittsöffnung hierbei in der Aussparung angeordnet. Auf vorteilhafte Weise kann dadurch wiederum eine möglichst geschützte und wenig exponierte Anordnung der Gaskraftstoffaustrittsöffnung bzw. der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung erreicht werden, wodurch ein übermäßiges Aufheizen dieser Teile und damit Glühzündungen möglichst vermieden werden können.

[0024] Nach einem weiteren Aspekt kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ein (z. B. nicht rotationssymme-

trisches) Strahlformelement (z. B. ein Formteil, insbesondere aus Metall) zum Formen des Gaskraftstoffstrahls aufweisen. Beispielsweise kann das Strahlformelement in Form eines Einsatzes ausgebildet sein. Bevorzugt ist das Strahlformelement in einer bzw. der Vertiefung der Brennraumseite des Zylinderkopfes angeordnet und/oder in einer bzw. der Aussparung eines bzw. des Feuerdecks des Zylinderkopfes angeordnet. Weiterhin bevorzugt umgibt das Strahlformelement die Gaskraftstoffaustrittsöffnung abschnittsweise (z. B. in Form eines Kreisringsegments). Auf vorteilhafte Weise kann dadurch eine gezielte bzw. an den Drall der Luftströmung angepasste Strahlformung erreicht werden.

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt kann das Strahlformelement bündig mit und/oder zurückversetzt zu einer bzw. der, der Verbrennungskammer zugewandten Brennraumseite des Zylinderkopfes angeordnet sein.

[0026] Zudem oder alternativ kann das Strahlformelement vollständig innerhalb des Zylinderkopfes angeordnet sein und/oder in den Zylinderkopf integriert sein.

[0027] Zudem oder alternativ kann das Strahlformelement gaskraftstoffstromabwärts von einem Ventilkopf (z. B. eines Tellerventils) und/oder einer bzw. der Gaskraftstoffaustrittsöffnung der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung angeordnet sein. Auf vorteilhafte Weise kann dadurch wiederum eine möglichst geschützte und wenig exponierte Anordnung des Strahlformelements sichergestellt werden.

[0028] Nach einem weiteren Aspekt kann das Strahlformelement einen bogenförmigen und/oder (z. B. kreis-) ringsegmentförmigen Stegabschnitt aufweisen. Bevorzugt erstreckt sich der Stegabschnitt dabei (in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse) über einen Winkelbereich von 180° bis 270°, vorzugsweise von 195° bis 225°, und/oder der Stegabschnitt weist einen Mittelpunktswinkel zwischen 180° bis 270°, vorzugsweise zwischen 195° und 225°, auf.

[0029] Zudem oder alternativ kann das Strahlformelement in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse nicht rotationssymmetrisch und/oder teilweise offen ausgebildet sein. Beispielsweise kann das Strahlformelement mindestens zu einem Viertel offen, vorzugsweise höchstens jedoch halboffen sein. Bevorzugt ist das Strahlformelement in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse in einem Winkelbereich zwischen 90° und 180°, vorzugsweise zwischen 135° und 165°, offen. Auf vorteilhafte Weise kann dadurch wiederum eine auf den Drall der Luftströmung abgestimmte Strahlformung erreicht werden. Durch eine direkte thermische Anbindung des Strahlformelements an die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung kann ferner eine gute Wärmeableitung sichergestellt werden und so auf vorteilhafte Weise die Bauteiltemperatur gesenkt werden.

[0030] Gemäß einem weiteren Aspekt kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, einen weiteren (z. B. zweiten) Gaskraftstoffstrahl zu erzeugen. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl, welcher in die-

sem Zusammenhang auch als erster Gaskraftstoffstrahl bezeichnet werden kann, in eine erste Strahlrichtung (gegen den Drall der Luftströmung) gerichtet zu erzeugen und den weiteren (bzw. zweiten) Gaskraftstoffstrahl in eine, von der ersten Strahlrichtung unterschiedliche, zweite Strahlrichtung gerichtet zu erzeugen. Der erste Gaskraftstoffstrahl und zweite Gaskraftstoffstrahl sollen somit bevorzugt unterschiedlich orientiert sein.

[0031] In einer Ausführungsform kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung ausgebildet sein, den weiteren (bzw. zweiten) Gaskraftstoffstrahl derart zu erzeugen, dass sich der weitere (bzw. zweite) Gaskraftstoffstrahl von dem Zylinderkopfweg erstreckt und/oder dass der weitere Gaskraftstoffstrahl im Wesentlichen parallel zu der Längsmittelachse der Verbrennungskammer verläuft. Beispielsweise kann der weitere (bzw. zweiten) Gaskraftstoffstrahl im Wesentlichen nach unten und/oder zu einem dem Zylinderkopf gegenüberliegenden Kolben der Verbrennungskammer orientiert sein. Auf vorteilhafte Weise kann dadurch schnell eine möglichst homogene Gemischbildung in der gesamten Verbrennungskammer realisiert werden.

[0032] Nach einem weiteren Aspekt kann der Lufterlasskanal eine Lufterlassöffnung aufweisen, über die der Luftauslasskanal in die Verbrennungskammer mündet. Bevorzugt ist die Lufterlassöffnung (z. B. vollständig) in dem Zylinderkopf angeordnet. Weiterhin kann die Vorrichtung (mindestens) einen Luftauslasskanal zum Abführen von Abgas aus der Verbrennungskammer aufweisen. Beispielsweise kann auch der Luftauslasskanal zumindest abschnittsweise in dem Zylinderkopf angeordnet sein. Der Luftauslasskanal kann dabei eine (z. B. vollständig in dem Zylinderkopf angeordnete) Luftauslassöffnung aufweisen, über die der Luftauslasskanal in die Verbrennungskammer mündet. Die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung kann dabei, bezüglich einer Drallrichtung der Luftströmung, stromab von der Lufterlassöffnung und stromauf von der Luftauslassöffnung angeordnet sein. Auf vorteilhafte Weise kann dadurch das Bereitstellen eines möglichst effektiv gegen den Drall der Luftströmung ausgerichteten Gaskraftstoffstrahls ermöglicht werden.

[0033] Gemäß einem weiteren Aspekt kann die Vorrichtung ferner eine Zündkerze oder eine Glühkerze aufweisen. Die Zündkerze oder Glühkerze kann bspw. mittig in dem Zylinderkopf angeordnet sein. Beispielsweise kann die Zündkerze oder Glühkerze in einem zentralen Bereich einer der Verbrennungskammer zugewandten Brennraumseite des Zylinderkopfes angeordnet sein. Zudem oder alternativ kann die Zündkerze oder Glühkerze auch auf der Längsmittelachse der Verbrennungskammer angeordnet sein.

[0034] Weiterhin betrifft die Offenbarung eine Brennkraftmaschine. Die Brennkraftmaschine weist einen Zylinderblock mit mindestens einem Zylinder auf. Die Brennkraftmaschine weist ferner einen Kolben auf, der innerhalb des mindestens einen Zylinders für eine Vor- und Rückwärtsbewegung darin angeordnet ist. Die

Brennkraftmaschine bzw. der mindestens eine Zylinder weist ferner eine (z. B. zylindrische) Verbrennungskammer auf. Die Verbrennungskammer kann (z. B. unten) von dem Kolben und/oder (z. B. seitlich) von dem Zylinderblock begrenzt werden. Die Verbrennungskammer kann rotationssymmetrisch um eine Achse herum ausgebildet sein, welche auch als Längsmittelachse bezeichnet werden kann. Bevorzugt ist die Längsmittelachse eine Hochachse, d. h. entlang der Schwerkraftichtung orientiert. Weiterhin weist die Brennkraftmaschine eine Vorrichtung, wie in diesem Dokument beschrieben ist, zur Zuführung von Gaskraftstoff zu der Verbrennungskammer der Brennkraftmaschine auf. Bevorzugt deckt der Zylinderkopf der Vorrichtung dabei die Verbrennungskammer ab. Beispielsweise kann die Brennkraftmaschine als ein direkteinblasender Gaskraftstoffmotor, vorzugsweise Wasserstoffmotor, ausgebildet sein.

[0035] Ferner betrifft die Offenbarung ein Kraftfahrzeug, aufweisend eine Brennkraftmaschine und/oder Vorrichtung, wie in diesem Dokument beschrieben. Bevorzugt ist das Kraftfahrzeug ein Nutzfahrzeug. Unter einem Nutzfahrzeug kann dabei im Allgemeinen bspw. ein Fahrzeug verstanden werden, das durch seine Bauart und Einrichtung speziell zur Beförderung von Personen, zum Transport von Gütern oder zum Ziehen von Anhängerfahrzeugen ausgelegt ist. Beispielsweise kann das Nutzfahrzeug ein Lastkraftwagen, ein Sattelschlepper, ein Baustellenfahrzeug, ein Omnibus und/oder eine landwirtschaftliche Maschine (z. B. ein Traktor) sein.

[0036] Weiterhin betrifft die Offenbarung ein Verfahren zum Zuführen von Gaskraftstoff (z. B. Wasserstoff) zu einer Verbrennungskammer einer Brennkraftmaschine. Bevorzugt wird das Verfahren mittels einer Vorrichtung, wie in diesem Dokument beschrieben, durchgeführt. Das Verfahren weist ein Zuführen einer Luftströmung mit einem Drall um eine Längsmittelachse der Verbrennungskammer mittels eines Lufteinlasskanals auf. Ferner weist das Verfahren ein Erzeugen eines (z. B. gerichteten) Gaskraftstoffstrahls, der gegen den Drall der Luftströmung gerichtet ist, mittels einer Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung auf, vorzugsweise um die Luftströmung und den Gaskraftstoffstrahl turbulent miteinander zu vermischen.

[0037] Die zuvor beschriebenen Ausführungsformen und Merkmale sind beliebig miteinander kombinierbar. Weitere Einzelheiten und Vorteile werden im Folgenden unter Bezug auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1A eine Ansicht auf eine Brennraumseite einer Vorrichtung zur Zuführung von Gaskraftstoff gemäß einer Ausführungsform;

Figur 1 B eine pseudo-dreidimensionale Ansicht einer Vorrichtung zur Zuführung von Gaskraftstoff gemäß einer Ausführungsform;

Figur 2A eine Detaildarstellung eines Strahlformelements einer Vorrichtung zur Zuführung von

Gaskraftstoff gemäß einer Ausführungsform;

Figur 2B eine Schnittdarstellung einer Vorrichtung zur Zuführung von Gaskraftstoff gemäß einer Ausführungsform im Bereich einer Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung der Vorrichtung; und

Figur 3 eine Ansicht auf eine Brennraumseite einer Vorrichtung zur Zuführung von Gaskraftstoff gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0038] Die in den Figuren 1A, 1B, 2A, 2B und 3 gezeigten Ausführungsformen stimmen zumindest teilweise überein, sodass ähnliche oder identische Teile mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und zu deren Erläuterung auch auf die Beschreibung der anderen Ausführungsformen bzw. Figuren verwiesen wird, um Wiederholungen zu vermeiden.

[0039] Die Figuren 1A, 1B, 2A, 2B und 3 zeigen zumindest ausschnittsweise eine Vorrichtung 10 zur Zuführung von Gaskraftstoff zu einer Verbrennungskammer 11 einer Brennkraftmaschine. Bevorzugt handelt es sich bei dem Gaskraftstoff, d. h. dem gasförmigen Kraftstoff, um Wasserstoff. Zudem oder alternativ kann der Gaskraftstoff auch Methan, Erdgas (z. B. CNG) und/oder Propan aufweisen. Die Brennkraftmaschine kann beispielsweise in einem Kraftfahrzeug, vorzugsweise einem Nutzfahrzeug (zum Beispiel in einem Lastkraftwagen oder Omnibus), zum Antreiben des Kraftfahrzeugs umfasst sein.

[0040] Die Vorrichtung 10 weist einen Zylinderkopf 12, einen Lufteinlasskanal 14 und eine Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 auf, wobei der Lufteinlasskanal 14 und die Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 zumindest abschnittsweise in dem Zylinderkopf 12 angeordnet sind.

[0041] Der Zylinderkopf 12 kann dabei eine Unterseite bzw. Brennraumseite 12a aufweisen, welche die Verbrennungskammer 11 abdeckt (vgl. z. B. Figuren 1A und 2B). Der Zylinderkopf 12 kann eine Oberseite aufweisen, die bspw. entgegengesetzt zu der Brennraumseite 12a gerichtet ist. Der Zylinderkopf 12 kann einen unteren bzw. verbrennungskammernahen Bereich, das sog. Feuerdeck 12b, aufweisen. Ferner kann der Zylinderkopf 12 einen oberen bzw. der Verbrennungskammer 11 abgewandten Bereich aufweisen. In dem oberen Bereich können Kühlkanäle zum Kühlen des Zylinderkopfs 12 angeordnet sein. Der Zylinderkopf 12 kann mit einem Zylinderblock mit der Brennkraftmaschine verbunden sein. Der Zylinderkopf 12 kann ein Einzylinder-Zylinderkopf 12 zum Abdecken von nur einer Verbrennungskammer 11 sein. Es ist jedoch auch möglich, dass der Zylinderkopf 12 ein Mehrzylinder-Zylinderkopf 12 zum Abdecken mehrerer Verbrennungskammern der Brennkraftmaschine ist.

[0042] Der Lufteinlasskanal 14 kann zumindest abschnittsweise in dem Zylinderkopf 12 verlaufen (vgl. z.

B. Figur 1B). Beispielsweise kann der Lufteinlasskanal 14 die Brennraumseite 12a mit der Oberseite verbinden. Der Lufteinlasskanal 14 kann, z. B. über eine Lufteinlassöffnung 14a des Lufteinlasskanals 14, in die Verbrennungskammer 11 münden (vgl. z. B. Figuren 1A und 3). Über den Lufteinlasskanal 14 bzw. die Lufteinlassöffnung 14a kann aus der Atmosphäre angesaugte (ggf. anschließend gefilterte) Luft in die Verbrennungskammer 11 zuführbar sein. Die Lufteinlassöffnung 14a kann mittels eines Einlass-Tellerventils (nicht dargestellt) verschließbar sein. Das Einlass-Tellerventil kann bspw. über einen mechanischen Ventiltrieb umfassend eine Nockenwelle und einen Kipphebel, einen Schlepphebel oder Stößel betätigbar sein.

[0043] Weiterhin ist der Lufteinlasskanal 14 ausgebildet, der Verbrennungskammer 11 eine Luftströmung 2 mit einem Drall (um eine Längsmittelachse M der Verbrennungskammer) zuzuführen (vgl. Pfeil in Figuren 1A, 1B und 3). Entsprechend soll die zugeführte Luftströmung 2 bevorzugt um die Längsmittelachse M der Verbrennungskammer 11 rotieren bzw. eine schraubenförmige Bewegung um die Längsmittelachse M der Verbrennungskammer 11 ausführen. Der Lufteinlasskanal 14 kann somit bspw. als ein Drallkanal ausgebildet sein. Um der, der Verbrennungskammer 11 zugeführten Luftströmung 2 einen entsprechenden Drall bzw. eine entsprechende Drehbewegung aufzuprägen, kann der Lufteinlasskanal 14 bspw. (zumindest abschnittsweise) eine drallerzeugende (z. B. spiralförmige und/oder gekrümmte) Kanalgeometrie aufweisen. Es ist auch möglich, dass der Lufteinlasskanal 14 derart ausgebildet sein, dass die Luftströmung 2 im Wesentlichen tangential in die Verbrennungskammer 11 einströmt und dadurch in eine Drehbewegung versetzt wird. Zudem oder alternativ kann in dem Lufteinlasskanal 14 auch zumindest ein Luftleitelement zur Drallerzeugung angeordnet sein.

[0044] Zusätzlich zu dem vorgenannten Lufteinlasskanal 14 kann die Vorrichtung 10 (z. B. im Fall einer 4-Ventil-Anordnung) auch einen weiteren Lufteinlasskanal 14' aufweisen (vgl. z. B. Figuren 1A, 1B und 3). Der weitere Lufteinlasskanal 14' kann grundsätzlich wie der vorgenannte Lufteinlasskanal 14 ausgebildet sein. Beispielsweise kann sich auch der weitere Lufteinlasskanal 14' zumindest abschnittsweise in dem Zylinderkopf 12 angeordnet sein und über eine weitere Lufteinlassöffnung 14a' in die Verbrennungskammer 11 münden. Weiterhin kann die weitere Lufteinlassöffnung 14a' mittels eines weiteren Einlass-Tellerventils verschließbar sein. Bevorzugt ist der weitere Lufteinlasskanal 14' jedoch als ein Füllkanal ausgebildet bzw. gerade nicht dazu ausgebildet, einer über den weiteren Lufteinlasskanal 14' in die Verbrennungskammer 11 einströmenden Luft einen Drall bzw. eine Drehbewegung aufzuprägen. Der weitere Lufteinlasskanal 14' kann einen Klappenmechanismus aufweisen, mittels dessen der weitere Lufteinlasskanal 14' betriebspunktabhängig geöffnet oder geschlossen werden kann. Der weitere Lufteinlasskanal 14' kann jedoch auch ein Drallkanal sein.

[0045] Ferner kann die Vorrichtung 10 einen Luftauslasskanal 15 und ggf. z. B. im Fall einer 4-Ventil-Anordnung) einen weiteren Luftauslasskanal 15' aufweisen (vgl. z. B. Figuren 1A, 1B und 3). Der Luftauslasskanal 15 bzw. der weitere Luftauslasskanal 15' kann zumindest abschnittsweise in dem Zylinderkopf 12 angeordnet sein und/oder zumindest abschnittsweise in dem Zylinderkopf 12 verlaufen. Der Luftauslasskanal 15 kann über eine Luftauslassöffnung 15a des Luftauslasskanals 15 mit der Verbrennungskammer 11 verbunden sein. Ebenso kann der weitere Luftauslasskanal 15' über eine weitere Luftauslassöffnung 15a' des weiteren Luftauslasskanals 15' mit der Verbrennungskammer 11 verbunden sein. Über den Luftauslasskanal 15 bzw. den weiteren Luftauslasskanal 15' kann Abgas aus der Verbrennungskammer 11 fortführbar sein. Die Luftauslassöffnung 15a kann mittels eines Auslass-Tellerventils (nicht dargestellt) verschließbar sein. Ebenso kann die weitere Luftauslassöffnung 15a' mittels eines weiteren Auslass-Tellerventils (nicht dargestellt) verschließbar sein. Das Auslass-Tellerventil bzw. das weitere Auslass-Tellerventil kann bspw. über einen entsprechenden mechanischen Ventiltrieb, umfassend eine Nockenwelle und einen Kipphebel, einen Schlepphebel oder Stößel betätigbar sein.

[0046] Wie in Figur 1A dargestellt, können die Lufteinlassöffnung 14, die weitere Lufteinlassöffnung 14a', die Luftauslassöffnung 15a und die weitere Luftauslassöffnung 15a' quadratisch im Zylinderkopf 12 um die Längsmittelachse M der Verbrennungskammer 11 herum angeordnet sein. Der Zylinderkopf 12 kann somit als ein Vierventiler ausgebildet sein bzw. eine 4-Ventil-Anordnung aufweisen. Im Zentrum, d. h. auf der Längsmittelachse M, kann eine Zündkerze 18 oder eine Glühkerze der Vorrichtung 10 angeordnet sein. Die Mittelpunkte der jeweiligen Lufteinlass- bzw. Luftauslassöffnung 15a, 15a' können jeweils den gleichen Abstand zur Längsmittelachse M bzw. zur Zünd- oder eine Glühkerze aufweisen.

[0047] Die Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 kann zum direkten Einblasen des Gaskraftstoffs in die Verbrennungskammer 11 ausgebildet sein. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 als ein Gaskraftstoff-Injektor ausgebildet sein. Die Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 bzw. der Gaskraftstoff-Injektor kann einen Einblasdruck zwischen 8 und 60 bar aufweisen. Bevorzugt handelt es sich bei der Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 um einen Niederdruck-Gaskraftstoff-Injektor mit einem Einblasdruck in einem Bereich zwischen 10 bar und 30 bar, vorzugsweise um 20 bar. Die Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 kann dabei zumindest abschnittsweise in den Zylinderkopf 12 integriert sein. Beispielsweise kann der Zylinderkopf 12 eine Durchgangsöffnung aufweisen, in die die Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 aufgenommen (z. B. eingepresst und/oder eingesteckt) ist (vgl. z. B. Figur 2B).

[0048] Die Gaskraftstoff-Einblaseeinrichtung 16 kann eine Gaskraftstoffzufuhrleitung 16d aufweisen (vgl. Figur 2B). Die Gaskraftstoffzufuhrleitung 16d bzw. die Gas-

kraftstoff-Einblaseinrichtung 16 kann eine Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a aufweisen. Die Gaskraftstoffzufuhrleitung 16d kann über die Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a in die Verbrennungskammer 11 münden. Über die Gaskraftstoffzufuhrleitung 16d bzw. die Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a kann von einem Gaskraftstoffreservoir (z. B. einem Gaskraftstofftank) bereitgestellter Gaskraftstoff in die Verbrennungskammer 11 zuführbar sein. Die Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a kann mittels eines Gaskraftstoff-Tellerventils 16b verschließbar sein. Das Gaskraftstoff-Tellerventil 16b kann bspw. über einen mechanischen Ventiltrieb, umfassend eine Nockenwelle und einen Kipphebel, einen Schleppebel oder Stößel, betätigbar sein. Alternativ kann das Gaskraftstoff-Tellerventil 16b beispielsweise mittels eines Aktors betätigt werden.

[0049] Wie in Figur 2B dargestellt ist, kann die Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a bevorzugt zurückversetzt zur Brennraumseite 12a des Zylinderkopfes 12 angeordnet sein. Beispielsweise kann das Feuerdeck 12b des Zylinderkopfes 12 eine Aussparung 17 aufweisen, in der die Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a angeordnet ist. Es ist jedoch auch möglich, dass die Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a auch bündig mit der Brennraumseite 12a des Zylinderkopfes 12 abschließt.

[0050] Ferner kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 ein Strahlformelement 16c aufweisen, das zum Formen des Gaskraftstoffstrahls 4 ausgebildet ist (vgl. Figur 2A und 2B). Das Strahlformelement 16c kann auch als Maskierung bezeichnet werden. Bevorzugt ist auch das Strahlformelement 16c in der Aussparung 17 angeordnet. Das Strahlformelement 16c kann gaskraftstoffstromabwärts von der Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 angeordnet sein. Beispielsweise kann das Strahlformelement 16c bzgl. der Längsmittelachse M zwischen der Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a und der Brennraumseite 12a angeordnet sein.

[0051] Weiterhin ist das Strahlformelement 16c und/oder die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 vorzugsweise nicht rotationssymmetrisch bezüglich einer Längsachse L der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 ausgebildet. Beispielsweise kann das Strahlformelement 16c in einer Ebene senkrecht zur Längsachse L der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 einen kreisringsegmentförmigen und/oder teilweise offenen Querschnitt aufweisen. Entsprechend kann das Strahlformelement 16c die Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a (umfangseitig) abschnittsweise (z. B. bogenförmig) umgeben.

[0052] Das Strahlformelement 16c kann einen Stegabschnitt 16c.1 aufweisen, z. B. an einem der Verbrennungskammer 11 zugewandten Ende des Strahlformelements 16c. Der Stegabschnitt 16c.1 kann bspw. an eine Hülse, z. B. an eine Stirnseite der Hülse, des Strahlformelements 16c und/oder der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 angeformt sein. Der Stegabschnitt 16c.1 kann zurückversetzt zur Brennraumseite 12a des Zylinderkopfes 12 angeordnet sein und/oder vollständig in-

nerhalb des Zylinderkopfes 12 angeordnet sein (vgl. Figur 2B). Der Stegabschnitt 16c.1 kann gaskraftstoffstromabwärts von der einer Gaskraftstoffaustrittsöffnung 16a angeordnet sein.

[0053] Der Stegabschnitt 16c.1 kann (in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse M) bogenförmigen und/oder (z. B. kreis-) ringsegmentförmig sein (vgl. Figur 2A). Der Stegabschnitt 16c.1 soll somit vorzugsweise umfangsseitig nicht geschlossen sein. Der Stegabschnitt 16c.1 kann in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse M bspw. mindestens zu einem Viertel offen sein. Der Stegabschnitt 16c.1 kann um die Längsachse L der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 herum gekrümmt ausgebildet sein. Beispielsweise kann sich der Stegabschnitt 16c.1 bzgl. der Längsachse L der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 über einen Mittelpunktswinkel zwischen 180° und 270°, vorzugsweise zwischen 195° und 225°, erstrecken. Entsprechend kann ein korrespondierender Bereich mit einem Mittelpunktswinkel zwischen 180° bis 90°, vorzugsweise zwischen 165° bis 135°, offen sein. Wie in Figur 2B dargestellt ist, kann durch den Stegabschnitt 16c.1 bei geöffnetem Gaskraftstoff-Tellerventil eine rotationssymmetrische Ausbreitung des Gaskraftstoffs blockiert bzw. behindert werden. So kann ein Ausströmbereich für den Gaskraftstoff zwischen einem Ventilkopf 16b.1 des Gaskraftstoff-Tellerventils 16b und dem Zylinderkopf 12 durch den Stegabschnitt 16c.1 (abschnittsweise) verengt werden.

[0054] Insbesondere aufgrund der vorgenannten Strahlformung kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl 4 derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl 4 im Wesentlichen quer, vorzugsweise senkrecht, zu der Längsachse L der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 orientiert ist. Der Gaskraftstoffstrahl 4 kann sich somit bspw. im Wesentlichen in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse M der Verbrennungskammer 11 erstrecken bzw. vorrangig radiale und tangentielle Strömungsanteile bzgl. der Längsmittelachse M der Verbrennungskammer 11 aufweisen. Ferner kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 angeordnet und/oder ausgebildet, den Gaskraftstoffstrahl 4 in der Verbrennungskammer 11 so zu erzeugen, dass dieser gegen den Drall der Luftströmung 2 gerichtet ist. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 angeordnet und/oder ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl 4 derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl 4 eine Drallrichtung aufweist, die entgegengesetzt zu einer Drallrichtung (vgl. z. B. Pfeile in Figuren 1A und 3) der Luftströmung 2 orientiert ist. Weist die exemplarische Luftströmung 2 in der Ansicht auf eine Brennraumseite 12a gemäß Figur 1A bspw. einen Rechtsdrall auf, soll der von der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 erzeugte Gaskraftstoffstrahl 4 vorzugsweise einen Linksdrall aufweisen bzw. entgegengesetzt zu dem Rechtsdrall der Luftströmung 2 orientiert sein. Die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 kann somit z. B. eine Einblaserichtung aufweisen, die gegen den Drall der Luftströmung 2 gerichtet ist.

[0055] Weiterhin kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl 4 derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl 4 (in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse M) zur Längsmittelachse M hin geneigt ist, z. B. bezüglich einer (in Figur 1A gestrichelt dargestellten) Tangente T (am Ort der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16) zur Längsmittelachse M. Beispielsweise kann der Gaskraftstoffstrahl 4 bezüglich der Tangente T um einen Winkel zwischen 10° und 30° zur Längsmittelachse M hin geneigt sein. Zudem oder alternativ kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 ausgebildet sein, den Gaskraftstoffstrahl 4 derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl 4 von einer Wandung der Verbrennungskammer 11 im Wesentlichen weggekrümmt und/oder im Wesentlichen weggerichtet ist.

[0056] Wie in Figur 1B dargestellt ist, kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 ferner auch ausgebildet sein, einen weiteren Gaskraftstoffstrahl 4a zu erzeugen. Dieser kann in diesem Zusammenhang bspw. auch als zweiter Gaskraftstoffstrahl 4a bezeichnet werden, während der oben genannte Gaskraftstoffstrahl 4 zur besseren Unterscheidung auch als erster Gaskraftstoffstrahl 4 bezeichnet werden kann. Bevorzugt ist die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 dabei ausgebildet, den zweiten Gaskraftstoffstrahl 4a derart zu erzeugen, dass sich der zweite Gaskraftstoffstrahl 4a von dem Zylinderkopf 12 wegerstreckt und/oder im Wesentlichen parallel zu der Längsmittelachse M der Verbrennungskammer 11 verläuft. Entsprechend kann der zweite Gaskraftstoffstrahl 4a im Wesentlichen axiale Strömungsanteile aufweisen.

[0057] Bevorzugt ist die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 außermittig in dem Zylinderkopf 12 angeordnet. Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 versetzt und/oder parallel zur Längsmittelachse M der Verbrennungskammer 11 angeordnet sein. Die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 kann z. B. in einem Außenrandbereich der Brennraumseite 12a des Zylinderkopfes 12 angeordnet sein. Bevorzugt ist die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 bezüglich der Drallrichtung der Luftströmung 2 stromab von der Lufteinlassöffnung 14a und/oder der weiteren Lufteinlassöffnung 14a' angeordnet und stromauf von der Luftauslassöffnung 15a und/oder der weiteren Luftauslassöffnung 15a' angeordnet (vgl. Figur 1A). Beispielsweise kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 in einer Spiegelebene zwischen den Lufteinlassöffnungen 14a, 14a' und den Luftauslassöffnungen 15a, 15a' angeordnet sein.

[0058] Wie beispielhafte in Figur 3 dargestellt ist, ist es jedoch auch möglich, dass die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 bezüglich der Drallrichtung der Luftströmung 2 stromab der Luftauslassöffnung 15a und stromauf der weiteren Luftauslassöffnung 15a' und/oder auf einer Spiegelebene zwischen den zwei Luftauslassöffnungen 15a, 15a' angeordnet ist. Alternativ kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 bezüglich der Drallrichtung der Luftströmung 2 stromab der Lufteinlassöffnung 14a und stromauf der weiteren Lufteinlassöffnung

14a' angeordnet sein (gepunktet dargestellt). Letztlich kann die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung 16 bezüglich der Drallrichtung der Luftströmung 2 auch stromab der Luftauslassöffnung 15a und/oder der weiteren Luftauslassöffnung 15a' angeordnet sein und stromauf von der Lufteinlassöffnung 14a und/oder der weiteren Lufteinlassöffnung 14a' angeordnet sein (gepunktet dargestellt).

[0059] Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsbeispiele beschrieben worden ist, ist es für einen Fachmann ersichtlich, dass verschiedene Änderungen ausgeführt werden können und Äquivalente als Ersatz verwendet werden können, ohne den Bereich der Erfindung zu verlassen. Folglich soll die Erfindung nicht auf die offenbarten Ausführungsbeispiele begrenzt sein, sondern soll alle Ausführungsbeispiele umfassen, die in den Bereich der beigefügten Patentansprüche fallen. Insbesondere beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand und die Merkmale der Unteransprüche unabhängig von den in Bezug genommenen Ansprüchen. Alle Bereichsangaben hierin sind derart offenbart zu verstehen, dass gleichsam alle in den jeweiligen Bereich fallenden Werte einzeln offenbart sind, z. B. auch als jeweils bevorzugte engere Außengrenzen des jeweiligen Bereichs.

Bezugszeichenliste

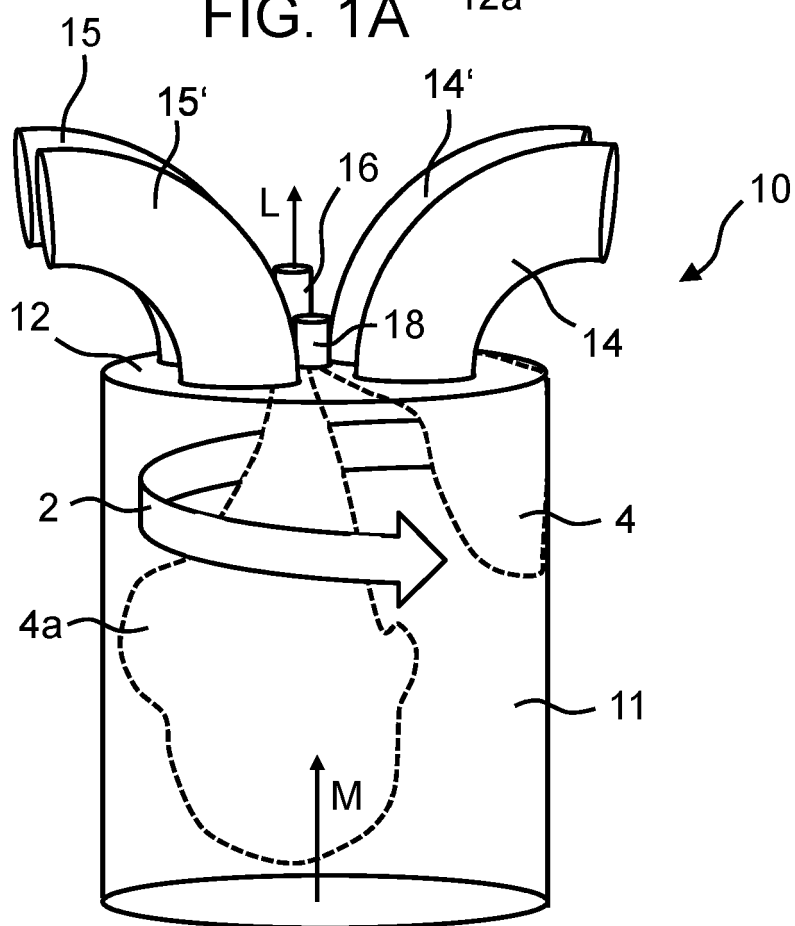
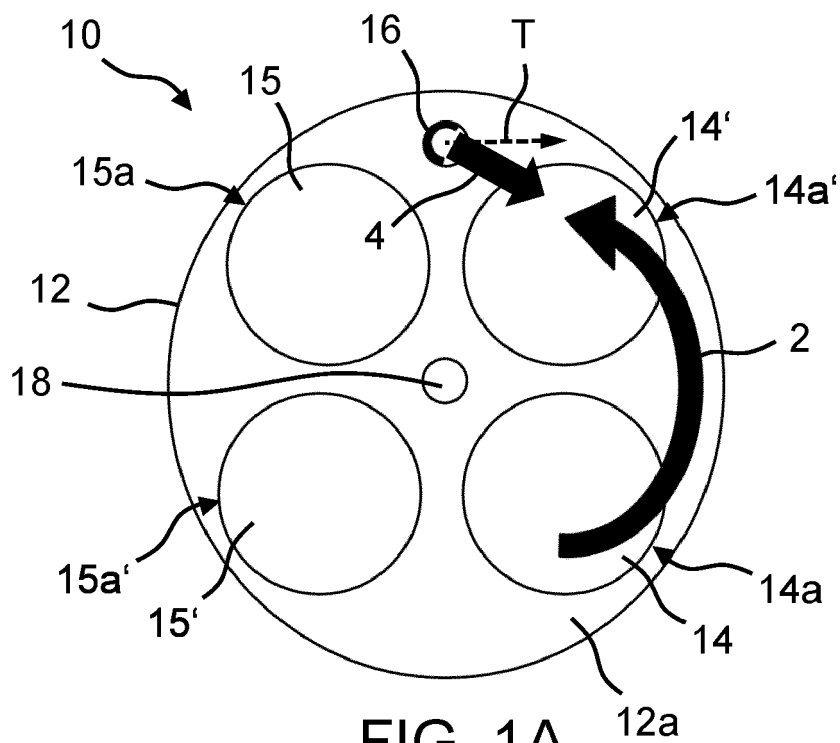
[0060]

2	Luftströmung
4	Gaskraftstoffstrahl
4a	Weiterer Gaskraftstoffstrahl
10	Vorrichtung
11	Verbrennungskammer
12	Zylinderkopf
12a	Brennraumseite
12b	Feuerdeck
14	Lufteinlasskanal
14a	Lufteinlassöffnung
14'	Weiterer Lufteinlasskanal
14a'	Weitere Lufteinlassöffnung
15	Luftauslasskanal
15a	Luftauslassöffnung
15'	Weiterer Luftauslasskanal
15a'	Weiterer Luftauslassöffnung
16	Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung
16a	Gaskraftstoffaustrittsöffnung
16b	Gaskraftstoff-Tellerventil
16c	Strahlformelement
16c.1	Stegabschnitt
16d	Gaskraftstoffzufuhrleitung
17	Aussparung
18	Zündkerze
α	Mittelpunktswinkel
L	Längsachse
M	Längsmittelachse
T	Tangente

Patentansprüche

1. Vorrichtung (10) zur Zuführung von Gaskraftstoff, vorzugsweise Wasserstoff, zu einer Verbrennungskammer (11) einer Brennkraftmaschine, aufweisend:
 - einen Zylinderkopf (12) zum Abdecken der Verbrennungskammer (11);
 - einen Lufteinlasskanal (14), der in dem Zylinderkopf (12) angeordnet ist und ausgebildet ist, der Verbrennungskammer (11) eine Luftströmung (2) mit einem Drall um eine Längsmittelachse (M) der Verbrennungskammer (11) zuzuführen; und
 - eine Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16), vorzugsweise ein Wasserstoff-Injektor, wobei die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) in dem Zylinderkopf (12) angeordnet ist und ausgebildet ist, einen Gaskraftstoffstrahl (4) zu erzeugen, der gegen den Drall der Luftströmung (2) gerichtet ist, vorzugsweise um die Luftströmung (2) und den Gaskraftstoffstrahl (4) turbulent miteinander zu vermischen.
2. Vorrichtung (10) nach Anspruch 1, wobei die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16):
 - außermittig in dem Zylinderkopf (12) angeordnet ist, vorzugsweise in einem Außenrandbereich einer der Verbrennungskammer (11) zugewandten Brennraumseite (12a) des Zylinderkopfes (12); und/oder
 - versetzt und/oder parallel zur Längsmittelachse (M) der Verbrennungskammer (11) angeordnet ist.
3. Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:
 - die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) ausgebildet ist, den Gaskraftstoffstrahl (4) derart zu erzeugen, dass:
 - der Gaskraftstoffstrahl (4) eine Drallrichtung aufweist, die entgegengesetzt zu einer Drallrichtung der Luftströmung (2) orientiert ist; und/oder
 - der Gaskraftstoffstrahl (4) im Wesentlichen quer, vorzugsweise senkrecht, zu einer Längsachse (L) der Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) orientiert ist.
4. Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:
 - die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) ausgebildet ist:
 - den Gaskraftstoffstrahl (4) nicht tangential bezüglich der Längsmittelachse (M) der Verbrennungskammer (11) einzublasen; und/oder
 - den Gaskraftstoffstrahl (4) derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl (4) sekantenförmig in der Verbrennungskammer (11) verläuft; und/oder
 - den Gaskraftstoffstrahl (4) derart zu erzeugen, dass der Gaskraftstoffstrahl (4) hin zur Längsmittelachse (M) geneigt ist, vorzugsweise bezüglich einer Tangente (T) zur Längsmittelachse (M), besonders bevorzugt um einem Winkel zwischen 10° und 30° zu der Tangente (T).
5. Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) aufweist:
 - eine Gaskraftstoffaustrittsöffnung (16a), die in dem Zylinderkopf (12) angeordnet ist; und vorzugsweise: ein Tellerventil (16b), mittels dessen die Gaskraftstoffaustrittsöffnung (16a) offenbar und/oder verschließbar ist.
6. Vorrichtung (10) nach Anspruch 5, wobei:
 - die Gaskraftstoffaustrittsöffnung (16a) und/oder die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) bündig mit einer der Verbrennungskammer (11) zugewandten Brennraumseite (12a) des Zylinderkopfes (12) abschließt.
7. Vorrichtung (10) nach Anspruch 5, wobei:
 - die Gaskraftstoffaustrittsöffnung (16a) und/oder die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) bezüglich einer der Verbrennungskammer (11) zugewandten Brennraumseite (12a) des Zylinderkopfes (12) zurückversetzt angeordnet ist; und/oder
 - der Zylinderkopf (12) ein Feuerdeck (12b) mit einer Aussparung (17) aufweist, wobei die Gaskraftstoffaustrittsöffnung (16a) in der Aussparung (17) angeordnet ist.
8. Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) aufweist:
 - ein, vorzugsweise nicht rotationssymmetrisches, Strahlformelement (16c) zum Formen des Gaskraftstoffstrahls (4), wobei vorzugsweise: das Strahlformelement (16c) in einer Aussparung (17) eines Feuerdecks (12b) des Zylinderkopfes (12) angeordnet ist und/oder die Gaskraftstoffaustrittsöffnung (16a) abschnittsweise umgibt.
9. Vorrichtung (10) nach Anspruch 8, wobei das Strahlformelement (16c):
 - bündig mit und/oder zurückversetzt zu einer der Verbrennungskammer (11) zugewandten Brennraumseite (12a) des Zylinderkopfes (12)

- angeordnet ist; und/oder
vollständig innerhalb des Zylinderkopfes (12)
angeordnet ist; und/oder gaskraftstoffstromab-
wärts von einem Ventilkopf (16b.1) und/oder ei-
ner Gaskraftstoffaustrittsöffnung (16a) der Gas-
kraftstoff-Einblaseinrichtung (16) angeordnet
ist. 5
- 10.** Vorrichtung (10) nach Anspruch 8 oder 9, wobei das
Strahlformelement (16c): 10
- einen bogenförmigen und/oder ringsegmentför-
migen Stegabschnitt (16c.1) aufweist, der vor-
zugsweise einen Mittelpunktswinkel (α) zwi-
schen 180° und 270°, vorzugsweise zwischen
195° und 225°, aufweist; und/oder 15
- in einer Ebene senkrecht zur Längsmittelachse
(M) der Verbrennungskammer (11) nicht rotati-
onssymmetrisch und/oder teilweise offen aus-
gebildet ist. 20
- 11.** Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprü-
che, wobei: 25
- die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) ausgebil-
det ist, einen weiteren Gaskraftstoffstrahl (4a) zu er-
zeugen, vorzugsweise derart:
- dass sich der weitere Gaskraftstoffstrahl (4a)
von dem Zylinderkopf (12) wegerstreckt
und/oder 30
- dass der weitere Gaskraftstoffstrahl (4a) im We-
sentlichen parallel zu der Längsmittelachse (M)
der Verbrennungskammer (11) verläuft.
- 12.** Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprü-
che, wobei: 35
- der Lufteinlasskanal (14) eine Lufteinlassöff-
nung (14a) aufweist, über die der Luftauslass-
kanal (14) in die Verbrennungskammer (11) 40
- mündet;
die Vorrichtung (10) einen Luftauslasskanal (15)
zum Abführen von Abgas aus der Verbren-
nungskammer (11) aufweist, wobei der Luftaus-
lasskanal (15) eine Luftauslassöffnung (15a) 45
- aufweist, über die der Luftauslasskanal (15) in
die Verbrennungskammer (11) mündet; und
die Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung (16) be-
züglich einer Drallrichtung der Luftströmung (2)
stromab von der Lufteinlassöffnung (14a) und 50
- stromauf von der Luftauslassöffnung (15a) an-
geordnet ist.
- 13.** Vorrichtung (10) nach einem der vorherigen Ansprü-
che, ferner aufweisend: 55
- eine Zündkerze (18) oder eine Glühkerze, die:
- mittig in dem Zylinderkopf (12) angeordnet ist,
- vorzugsweise in einem zentralen Bereich einer
der Verbrennungskammer (11) zugewandten
Brennraumseite (12a) des Zylinderkopfes (12);
und/oder
auf der Längsmittelachse (M) der Verbren-
nungskammer (11) angeordnet ist.
- 14.** Kraftfahrzeug, vorzugsweise Nutzfahrzeug, aufwei-
send eine Vorrichtung (10) nach einem der vorheri-
gen Ansprüche.
- 15.** Verfahren zum Zuführen von Gaskraftstoff, vorzugs-
weise Wasserstoff, zu einer Verbrennungskammer
(11) einer Brennkraftmaschine, vorzugsweise mit-
tels einer Vorrichtung nach einem der vorherigen An-
sprüche, wobei das Verfahren aufweist:
- Zuführen einer Luftströmung (2) mit einem Drall
um eine Längsmittelachse (M) der Verbren-
nungskammer (11) mittels eines Lufteinlasska-
nals (14); und
Erzeugen eines Gaskraftstoffstrahls (4), der ge-
gen den Drall der Luftströmung (2) gerichtet ist,
mittels einer Gaskraftstoff-Einblaseinrichtung
(16), vorzugsweise um die Luftströmung (2) und
den Gaskraftstoffstrahl (4) turbulent miteinander
zu vermischen.



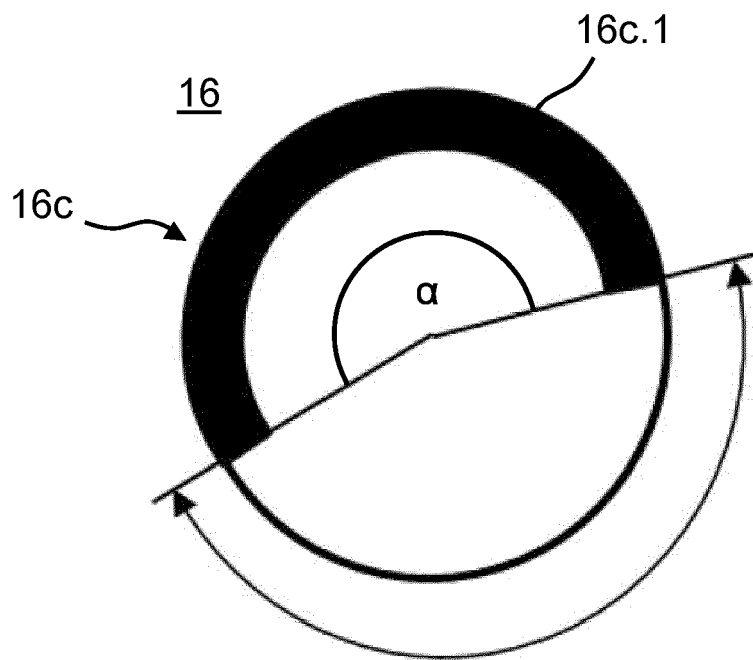


FIG. 2A

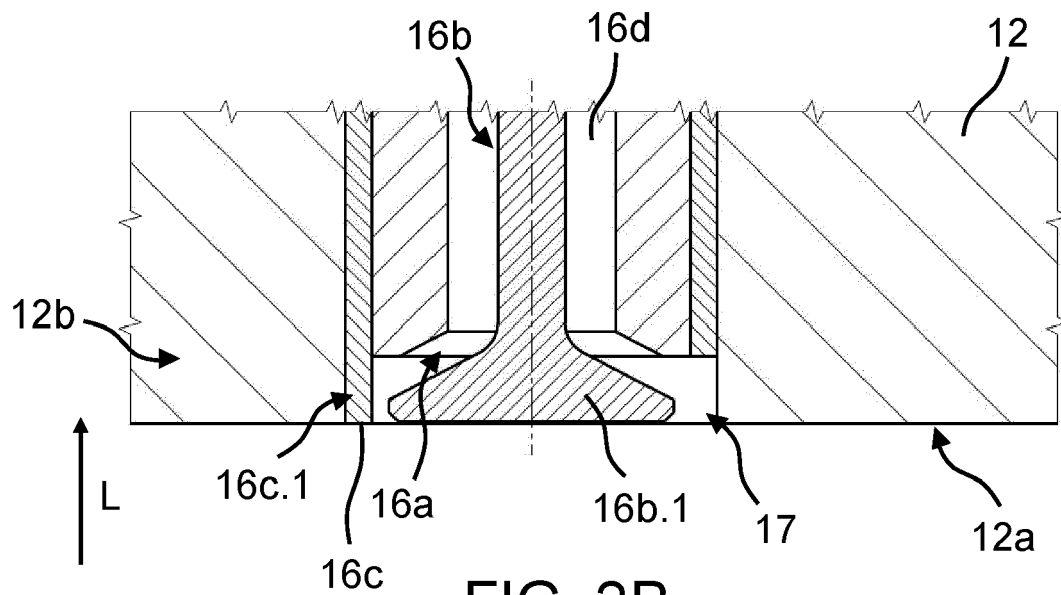


FIG. 2B

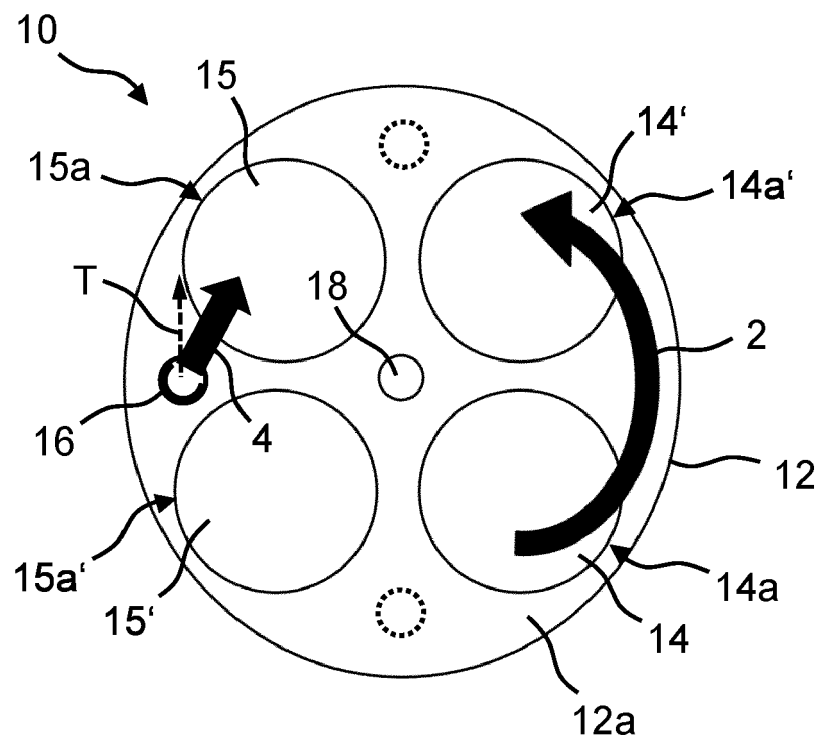


FIG. 3



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 17 3481

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2016 003398 A1 (L'ORANGE GMBH [DE]) 21. September 2017 (2017-09-21) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1-3, 5, 6 * * Absatz [0002] - Absatz [0058] * -----	1-6,8-15	INV. F02M21/02 F02M61/18
X	CN 105 658 928 B (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 26. Juni 2018 (2018-06-26) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1, 8-16 * * Absatz [0021] - Absatz [0102] * -----	1,3-7, 12-15	
X	DE 102 39 555 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 4. März 2004 (2004-03-04) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1-3 * * Absatz [0011] - Absatz [0021] * -----	1,3,4, 8-15	
X,P	DE 10 2021 005649 A1 (DAIMLER TRUCK AG [DE]) 17. Mai 2023 (2023-05-17) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1, 3, 5, 8 * * Absatz [0028] - Absatz [0047] * -----	1-15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02M
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 5. September 2024	Prüfer Juvenelle, Cyril
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			

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

EP 24 17 3481

5 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.

05-09-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102016003398 A1	21-09-2017	KEINE	
15	CN 105658928 B	26-06-2018	CN 105658928 A	08-06-2016
			EP 3061939 A1	31-08-2016
			JP 6072284 B2	01-02-2017
			JP WO2015060236 A1	09-03-2017
			US 2016245151 A1	25-08-2016
20			WO 2015060236 A1	30-04-2015
	DE 10239555 A1	04-03-2004	KEINE	
25	DE 102021005649 A1	17-05-2023	KEINE	
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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