

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
19. September 2024 (19.09.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2024/188604 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02B 23/10 (2006.01) *F02B 75/12* (2006.01)
F02B 43/10 (2006.01) *F01L 3/14* (2006.01)
F02M 21/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2024/054334

(22) Internationales Anmeldedatum:
21. Februar 2024 (21.02.2024)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2023 000 905.9
10. März 2023 (10.03.2023) DE

(71) Anmelder: **MERCEDES-BENZ GROUP AG** [DE/DE];
Mercedesstraße 120, 70372 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **ALTENSCHMIDT, Frank**; Im Gehren 24,
73732 Esslingen (DE). **HOLLY, Werner**; Schwalbenweg
1, 89188 Merklingen (DE). **WAGENPLAST, Michael**; Im
Eselsberg 102, 74193 Schwaigern (DE). **ZOELLER, Her-
bert**; Dreispitzweg 9, 70378 Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: **SCHRAUF, Matthias**; Mercedes-Benz Intellectual
Property GmbH & Co. KG 063- H512, 70546 Stuttgart
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ,
DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH,
GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,

(54) Title: GAS-FUELLED ENGINE, IN PARTICULAR FOR A MOTOR VEHICLE, METHOD FOR OPERATING SUCH A GAS-
FUELLED ENGINE, MOTOR VEHICLE, AND WORKING MACHINE

(54) Bezeichnung: GASMOTOR, INSBESONDERE FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG, VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES
SOLCHEN GASMOTORS, KRAFTFAHRZEUG SOWIE ARBEITSMASCHINE

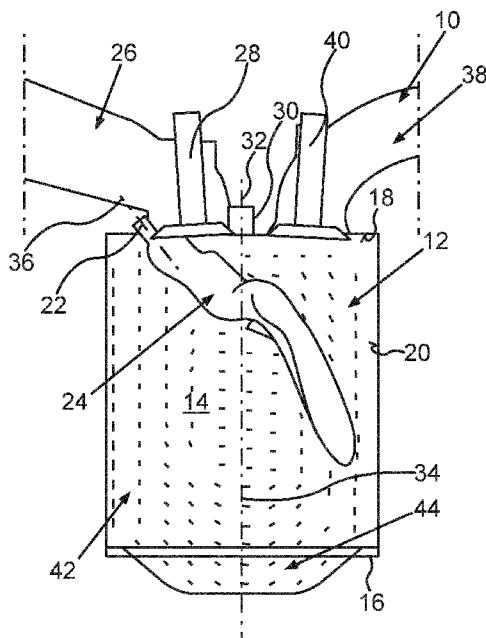


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a gas-fuelled engine (10) comprising: at least one combustion chamber (12) which can be supplied with a gaseous fuel (24); an ignition element (30) which is assigned to the combustion chamber (12) and has two electrodes (46, 48) which are positioned with an electrode gap therebetween and by means of which at least one ignition spark can be generated in order to ignite a mixture comprising at least the gaseous fuel and air; and at least one charge change valve (40) which is assigned to the combustion chamber (12), the electrode gap being in a range from 0.1 millimetres up to and including 1.4 millimetres, more particularly up to and including 0.7 millimetres. The charge change valve (40) has, in its interior (50), a receiving chamber (52) which accommodates a heat dissipation means (54) by means of which heat can be dissipated from a first part (T1) of the charge change valve (40) into a second part (T2) of the charge change valve (40).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Gasmotor (10), mit wenigstens einen Brennraum (12), welcher mit einem gasförmigen Kraftstoff (24) versorgbar ist, mit einem dem Brennraum (12) zugeordneten Zündelement (30), welches zwei in einem Elektrodenabstand zueinander angeordnete Elektroden (46, 48) aufweist, mittels welchen wenigstens ein Zündfunke zum Zünden eines zumindest den gasförmigen Kraftstoff und Luft umfassenden Gemisches erzeugbar ist, und mit wenigstens einem dem Brennraum (12) zugeordneten Gaswechselventil (40), wobei der Elektrodenabstand in einem Bereich von einschließlich 0,1 Millimeter bis einschließlich 1,4 Millimeter, insbesondere bis einschließlich 0,7 Millimeter, liegt. Das Gaswechselventil (40) weist in seinem Inneren (50) einen Aufnahmeraum (52) auf, in welchem ein Wärmeabfuhrmittel (54) aufgenommen ist, mittels welchem Wärme von einem ersten Teilbereich (T1) des Gaswechselventils (40) in einen zweiten Teilbereich (T2) des Gaswechselventils (40) abführbar ist.

JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- in Schwarz-Weiss; die internationale Anmeldung enthielt in ihrer eingereichten Fassung Farbe oder Graustufen und kann von PATENTSCOPE heruntergeladen werden.

Gasmotor, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, Verfahren zum Betreiben eines solchen Gasmotors, Kraftfahrzeug sowie Arbeitsmaschine

Die Erfindung betrifft einen Gasmotor, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Gasmotors. Die Erfindung betrifft auch ein Kraftfahrzeug mit wenigstens einem solchen Gasmotor. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Arbeitsmaschine.

Der DE 198 53 357 A1 ist ein Zylinderkopf für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für einen Ottomotor, als bekannt zu entnehmen. Des Weiteren offenbart die DE 199 29 944 B4 eine Vorrichtung zum Einbringen von Luft und Kraftstoff in den Verbrennungsraum einer Otto-Brennkraftmaschine. Außerdem ist aus der DE 199 32 119 C2 eine fremdgezündete Hubkolbenbrennkraftmaschine bekannt. Die DE 10 2019 007 221 A1 offenbart ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Die DE 198 43 712 A1 offenbart eine Zündkerze. Die DE 11 87 856 A offenbart ein Verfahren zur Herstellung von mit Natrium oder dergleichen Wärmeleitmitteln gefüllten Auslassventilen für Brennkraftmaschinen. Die DD 3 02 030 A7 offenbart ein Verfahren für den Betrieb von Kolbenbrennkraftmaschinen mit ungereinigten Brenngasen. Die DE 25 12 218 A1 offenbart einen fremdgezündeten Vier-Takt-Gasmotor.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, einen Gasmotor, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, ein Verfahren zum Betreiben eines solchen Gasmotors, ein Kraftfahrzeug mit einem solchen Gasmotor und eine Arbeitsmaschine mit einem solchen Gasmotor zu schaffen, sodass ein besonders vorteilhafter Betrieb des Gasmotors realisiert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch einen Gasmotor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 13, durch ein Kraftfahrzeug mit den Merkmalen des Patentanspruchs 14 sowie eine Arbeitsmaschine mit den

Merkmale des Patentanspruchs 15 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft einen Gasmotor, insbesondere für eine Arbeitsmaschine oder für ein Kraftfahrzeug. Dies bedeutet, dass die einfach auch als Arbeitsgerät bezeichnete Arbeitsmaschine oder das einfach auch als Fahrzeug bezeichnete und vorzugsweise als Kraftwagen, insbesondere als Lastkraftwagen, Transporter und Personenkraftwagen, ausgebildete Kraftfahrzeug in seinem vollständig hergestellten Zustand des Gasmotors aufweist und mittels des Gasmotors antreibbar ist. Vorzugsweise ist der Gasmotor ein Wasserstoffmotor. Insbesondere kann das Kraftfahrzeug ein Lastkraftwagen, ein Transporter oder ein Bus oder ein anderes Kraftfahrzeug sein. Der Gasmotor weist wenigstens einen Brennraum auf. Insbesondere ist der Gasmotor in einem befeuerten Betrieb und somit befeuert betreibbar. In dem befeuerten Betrieb laufen in dem Brennraum Verbrennungsvorgänge ab. Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass innerhalb eines jeweiligen Arbeitsspiels des Gasmotors, insbesondere genau, ein jeweiliger der Verbrennungsvorgänge in dem Brennraum abläuft. Ganz vorzugsweise weist der Gasmotor mehrere Brennräume auf, nämlich den zuvor genannten Brennraum und wenigstens einen oder mehrere, weitere Brennräume. Die vorigen und folgenden Ausführungen zu dem Brennraum sind ohne Weiteres auch auf die weiteren Brennräume übertragbar und umgekehrt. Der Brennraum ist mit einem gasförmigen Kraftstoff versorgbar. Dies bedeutet, dass der gasförmige Kraftstoff zumindest mittelbar, insbesondere direkt, in den Brennraum eingebracht, insbesondere eingeblasen, werden kann. Vorzugsweise handelt es sich bei dem gasförmigen Kraftstoff um Wasserstoff, sodass der Gasmotor vorzugsweise als ein Wasserstoffmotor ausgebildet ist. Insbesondere wird der gasförmige Kraftstoff innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels des Gasmotors in den Brennraum eingebracht. Dem Brennraum ist ein Zündelement zugeordnet, mittels welchem, insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels, wenigstens oder genau ein Zündfunke erzeugbar ist. Mittels des Zündfunkens kann, insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels, ein auch als Kraftstoff-Luft-Gemisch bezeichnetes Gemisch gezündet und in der Folge verbrannt werden, wobei das Gemisch zumindest den in den Brennraum eingebrachten, gasförmigen Kraftstoff und Luft umfasst, die beispielsweise, insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels, in den Brennraum einleitbar ist oder eingeleitet wird. Beispielsweise ist das Zündelement eine Zündkerze. Durch das Zünden des Gemisches verbrennt das Gemisch insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels, sodass bei

dem jeweiligen, insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels ablaufenden Verbrennungsvorgang, das Gemisch in Folge dessen Zündung verbrennt.

Insbesondere weist der Gasmotor eine vorzugsweise als Kurbelwelle ausgebildete Abtriebswelle auf, über welche der Gasmotor Drehmomente zum Antreiben des Kraftfahrzeugs bereitstellen kann. Vorzugsweise ist der Gasmotor als ein Vier-Takt-Motor ausgebildet, sodass das jeweilige Arbeitsspiel genau zwei vollständige Umdrehungen der Abtriebswelle, insbesondere genau 720 Grad Kurbelwinkel, umfasst. Ferner wäre es denkbar, dass der Gasmotor als ein Zwei-Takt-Motor ausgebildet ist, sodass das jeweilige Arbeitsspiel genau eine vollständige Umdrehung der Abtriebswelle, insbesondere genau 360 Grad Kurbelwinkel, umfasst. Ganz insbesondere ist der Gasmotor als ein Hubkolbenmotor, mithin als eine Hubkolbenmaschine ausgebildet. Dabei ist der Brennraum teilweise durch einen Zylinder und teilweise durch einen translatorisch bewegbar in dem Zylinder angeordneten Kolben begrenzt. Der Zylinder ist beispielsweise durch ein Gehäuseelement des Gasmotors gebildet oder begrenzt, wobei das Gehäuseelement beispielsweise ein Zylindergehäuse, insbesondere ein Zylinderkurbelgehäuse, des Gasmotors sein kann. Beispielsweise ist der Kolben über ein Pleuel gelenkig mit der Abtriebswelle gekoppelt. Die Abtriebswelle ist um eine Abtriebswellendrehachse relativ zu dem Gehäuseelement drehbar. Durch das Zünden und Verbrennen des Gemisches ist der Kolben antreibbar. Durch Antreiben des Kolbens wird über das Pleuel von dem Kolben die Kurbelwelle angetrieben und somit um die Abtriebswellendrehachse relativ zu dem Gehäuseelement gedreht, sodass durch die gelenkige Kopplung des Kolbens mit der Abtriebswelle translatorische Bewegungen des Kolbens in dem Zylinder in eine rotatorische Bewegung der Kurbelwelle umgewandelt werden können, die sich bei ihren rotatorischen Bewegungen um die Abtriebswelle relativ zu dem Gehäuseelement dreht. Insbesondere ist der Kolben zwischen einem unteren Totpunkt (UT) und einen oberen Totpunkt (OT) des Kolbens in dem Zylinder bewegbar, insbesondere hin- und herbewegbar. Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels der untere Totpunkt des Kolbens und der obere Totpunkt des Kolbens jeweils genau zwei Mal auftritt, mithin der Kolben innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels genau zwei Mal in seinen oberen Totpunkt und zwei Mal in seinen unteren Totpunkt kommt.

Dem Brennraum ist auch wenigstens ein Gaswechselventil zugeordnet, welches insbesondere als ein Tellerventil ausgebildet sein kann. Insbesondere ist das Gaswechselventil einem Gaskanal des Gasmotors zugeordnet. Der Brennraum ist beispielsweise auch teilweise durch ein Brennraumdach begrenzt, wobei das

Brennraumdach beispielsweise durch einen Zylinderkopf des Gasmotors gebildet ist. Insbesondere ist der Zylinderkopf separat von dem Gehäuseelement ausgebildet und mit dem Gehäuseelement verbunden. Dabei verläuft beispielsweise der Gaskanal innerhalb des Zylinderkopfs, sodass der Gaskanal durch den Zylinderkopf gebildet ist. Das Gaswechselventil ist beispielsweise relativ zu dem Zylinderkopf, insbesondere translatorisch, zwischen einer Schließstellung und wenigstens einer Offenstellung bewegbar. Somit bewegt sich beispielsweise das Gaswechselventil während eines Betriebs des Gasmotors, insbesondere während des befeuerten Betriebs des Gasmotors, relativ zu dem Zylinderkopf, insbesondere translatorisch, zwischen der Schließstellung und der Offenstellung, insbesondere hin und her. In der Schließstellung ist durch das Gaswechselventil der zugeordnete Gaskanal fluidisch versperrt, sodass beispielsweise kein Gas aus dem Brennraum in den Gaskanal einströmen oder sodass umgekehrt kein Gas aus dem Gaskanal in den Brennraum einströmen kann. In der Offenstellung jedoch gibt das Gaswechselventil den zugeordneten Gaskanal frei, sodass beispielsweise Gas aus dem Brennraum in den Gaskanal oder umgekehrt Gas aus dem Gaskanal in den Brennraum strömen kann. Grundsätzlich ist es denkbar, dass das Gaswechselventil als ein Einlassventil ausgebildet ist, sodass der Gaskanal als ein Einlasskanal ausgebildet ist. Somit handelt es sich beispielsweise bei dem zuvor genannten Gas um die Luft, die beispielsweise den Einlasskanal durchströmen und in der Offenstellung des Einlassventils aus dem Einlasskanal ausströmen und in den Brennraum einströmen kann, wodurch die Luft in den Brennraum eingeleitet, mithin dem Brennraum zugeführt wird. Als besonders vorteilhaft hat es sich jedoch gezeigt, wenn das Gaswechselventil ein Auslassventil ist, sodass der Gaskanal ein Auslasskanal ist. Aus dem Zünden und Verbrennen des Gemisches resultiert Abgas des Gasmotors. Ist das Gaswechselventil ein Auslassventil, sodass der Gaskanal ein Auslasskanal ist, so handelt es sich bei dem zuvor genannten Gas um das genannte Abgas des Gasmotors. Somit kann in der Offenstellung des Gaswechselventils das Abgas aus dem Brennraum ausströmen und in den Auslasskanal einströmen und in der Folge den Auslasskanal durchströmen, sodass das Abgas über den Auslasskanal aus dem Brennraum abführbar ist.

Das Zündelement weist, insbesondere wenigstens oder genau, zwei in einem Elektrodenabstand zueinander angeordnete Elektroden auf. Eine der Elektroden kann beispielsweise eine Mittelelektrode und die andere Elektrode eine Masseelektrode sein, oder die Elektroden sind Masseelektroden. Beispielsweise kann das Zündelement mehr als zwei Elektroden aufweisen, wobei beispielsweise 2 bis 4 Elektroden, insbesondere Masseelektroden vorgesehen sein können. Der Elektrodenabstand wird auch als erster Abstand bezeichnet. Mittels der Elektroden ist, insbesondere innerhalb des jeweiligen

Arbeitsspiels, der genannte Zündfunke erzeugbar, insbesondere derart, dass der Zündfunke zwischen den Elektroden, insbesondere zwischen auch als Zündstellen bezeichneten Zündbereichen der Elektroden, ausbildbar ist oder ausgebildet wird. Diesbezüglich ist insbesondere vorgesehen, dass der Elektrodenabstand ein Abstand zwischen den Zündbereichen ist. Mit anderen Worten weist eine erste der Elektroden einen ersten der Zündbereiche auf, wobei eine zweite der Elektroden einen zweiten der Zündbereiche aufweist. Dabei ist oder wird der Zündfunke zwischen dem ersten Zündbereich und dem zweiten Zündbereich erzeugbar oder erzeugt. Mit anderen Worten ist der Zündfunke zum Zünden des Gemisches zwischen dem ersten Zündbereich und dem zweiten Zündbereich ausbildbar. Wieder mit anderen Worten ausgedrückt bildet sich dann, wenn mittels des Zündelements der Zündfunke zum Zünden des Gemisches erzeugt wird, der Zündfunke zwischen den Zündbereichen, mithin zwischen dem ersten Zündbereich der ersten Elektrode und dem zweiten Zündbereich der zweiten Elektrode, aus. Ganz insbesondere ist der Elektrodenabstand der kleinste Abstand zwischen den Elektroden, insbesondere zwischen den Zündbereichen. Beispielsweise bildet sich der Zündfunke zwischen den Elektroden, insbesondere zwischen den Zündbereichen der Elektroden, derart aus, dass der Zündfunke von einer der Elektroden, insbesondere von einem der Zündbereich, auf die oder zu der anderen Elektrode, insbesondere auf den oder zu dem anderen Zündbereich, überspringt und dann zwischen den Elektroden, insbesondere zwischen den Zündbereichen, zumindest vorübergehenden stehen bleibt.

Um nun einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass der Elektrodenabstand, insbesondere in einem Neuzustand des Gasmotors und somit des Zündelements, das heißt unmittelbar nach einer vollständigen Herstellung des Gasmotors, in einem Bereich von einschließlich 0,1 Millimeter bis einschließlich 1,4 Millimeter, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 0,1 Millimeter bis einschließlich 0,7 Millimeter und ganz insbesondere in einem Bereich von 0,3 Millimeter bis 0,7 Millimeter liegt oder einem Bereich von 0,2 Millimeter bis 0,5 Millimeter, liegt. Dadurch ist der Elektrodenabstand hinreichend groß, um das Gemisch sicher zünden zu können. Gleichzeitig ist der Elektrodenabstand vorteilhaft gering, um eine besonders kompakte Bauweise des Zündelements zu schaffen. Dadurch können sich im Betrieb des Gasmotors ausbildende, übermäßig heiße und auch als Hotspots bezeichnete Stellen vermieden werden, oder eine Anzahl von solchen Hotspots kann vorteilhaft gering gehalten werden, sodass insbesondere während des befeuerten Betriebs des Gasmotors eine vorteilhafte Verbrennung des Gemisches gewährleistet werden kann. Insbesondere können unerwünschte Vorentflammungen vermieden werden, oder eine Wahrscheinlichkeit, dass es zu solchen Vorentflammungen

kommt, kann besonders gering gehalten werden. Des Weiteren ist es vorzugsweise vorgesehen, dass das beispielsweise als Zündkerze ausgebildete Zündelement insbesondere hinsichtlich seiner Geometrie derart, insbesondere konstruktiv, ausgelegt und somit ausgestaltet ist, dass das Zündelement keine hervorstehenden oder spitzen Stellen oder Geometrien aufweist. Dadurch können Hotspots oder eine übermäßig hohe Anzahl von solchen Hotspots vermieden werden. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass sich hervorstehend oder spitze Geometrien oder Stellen während eines jeweiligen Arbeitstakts des jeweiligen Arbeitsspiels sehr stark erhitzen können und in einem darauffolgenden Verdichtungstakt den in den Brennraum eingebrachten und insbesondere eingedüsten, beispielsweise als Wasserstoff ausgebildeten, gasförmigen Kraftstoff vorzeitig entzünden können, sodass Vorentflammungen entstehen können. Dies kann damit vermieden werden. Somit weist vorzugsweise das Zündelement eine solche Geometrie auf, dass Hotspots oder eine übermäßig hohe Anzahl von Hotspots vermieden werden können beziehungsweise kann. Außerdem weist vorzugsweise das Zündelement eine solche, insbesondere außenumfangsseitige Geometrie auf und/oder das Zündelement ist vorzugsweise aus einem solchen Werkstoff gebildet, dass Wärme besonders vorteilhaft und schnell abgeleitet werden kann, sodass Hotspots beziehungsweise eine übermäßig hohe Anzahl von solchen Hotspots vermieden werden können beziehungsweise kann. Insbesondere ermöglicht es der vorteilhaft geringe, erfindungsgemäß vorgesehene Elektrodenabstand, übermäßig überstehende und scharfkantige Teile oder Stellen des Zündelements zu vermeiden, sodass Hotspots vermieden oder in ihrer Anzahl vorteilhaft gering gehalten werden können.

Des Weiteren ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass das vorzugsweise als Auslassventil ausgebildete Gaswechselventil in seinem Inneren wenigstens oder genau einen insbesondere als Hohlraum ausgebildeten Aufnahmeraum aufweist, welcher beispielsweise vollumfänglich nach außen, das heißt zu einer Umgebung des Gaswechselventils hin geschlossen ist. In dem Aufnahmeraum ist ein Wärmeabfuhrmittel aufgenommen. Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass der Aufnahmeraum nicht vollständig, sondern nur teilweise und somit beispielsweise zu höchstens 80%, insbesondere höchstens 60%, mit dem Wärmeabfuhrmittel gefüllt ist. Hierunter ist insbesondere zu verstehen, dass der Aufnahmeraum ein Volumen aufweist, wobei vorzugsweise höchstens 80%, insbesondere höchstens 60%, des Volumens mit dem Wärmeabfuhrmittel gefüllt wird. Mittels des Wärmeabfuhrmittels kann Wärme von wenigstens oder genau einem ersten Teilbereich des Gaswechselventils in wenigstens oder genau einen, von dem ersten Teilbereich unterschiedlichen, zweiten Teilbereich des Gaswechselventils abgeführt werden, sodass eine übermäßig hohe Temperatur des

ersten Teilbereichs insbesondere während des befeuerten Betriebs vermieden werden kann. Dadurch kann vermieden werden, dass während des befeuerten Betriebs des Gasmotors der erste Teilbereich zu einer übermäßig heißen Stelle, mithin zu einem Hotspot wird, wodurch Vorentflammungen vermieden werden können.

Vorzugsweise weist das Wärmeabfuhrmittel eine Schmelztemperatur auf, welche vorzugsweise größer als 50 Grad Celsius und vorzugsweise geringer als 120 Grad Celsius, insbesondere geringer als 100 Grad Celsius, ist. Weist das Wärmeabfuhrmittel eine Temperatur auf, welche niedriger als die Schmelztemperatur ist, so ist beispielsweise das Wärmeabfuhrmittel fest und/oder die Wärmeabfuhr ist geringer als wenn das Wärmeabfuhrmittel flüssig ist. Dies bedeutet, dass dann, wenn die Temperatur des Wärmeabfuhrmittels geringer als die Schmelztemperatur des Wärmeabfuhrmittels ist, das Wärmeabfuhrmittel beispielsweise in dem Aufnahmeraum als Festkörper, mithin in einem festen Aggregatzustand vorliegt. Insbesondere ist das Wärmeabfuhrmittel separat von dem Gaswechselventil ausgebildet. Ab der Schmelztemperatur, das heißt dann, wenn die Temperatur des Wärmeabfuhrmittels der Schmelztemperatur entspricht oder höher als die Schmelztemperatur und insbesondere geringer als eine Siedetemperatur des Wärmeabfuhrmittels ist, ist das Wärmeabfuhrmittel flüssig, mithin in einem flüssigen Aggregatzustand in dem Aufnahmeraum angeordnet. Wieder mit anderen Worten ausgedrückt, entspricht die Temperatur des Wärmeabfuhrmittels der Schmelztemperatur oder ist die Temperatur des Wärmeabfuhrmittels höher als die Schmelztemperatur und insbesondere geringer als eine Siedetemperatur des Wärmeabfuhrmittels, so liegt Wärmeabfuhrmittel in einem flüssigen Aggregatzustand in dem Aufnahmeraum vor.

Beispielsweise wird das Wärmeabfuhrmittel während des befeuerten Betriebs erwärmt und in der Folge zum Schmelzen gebracht, sodass vorzugsweise während des befeuerten Betriebs des Gasmotors das Wärmeabfuhrmittel in flüssigem Zustand, das heißt flüssig beziehungsweise in flüssigem Aggregatzustand in dem Aufnahmeraum vorliegt. Beispielsweise kann das zumindest oder ausschließlich während des befeuerten Betriebs des Gasmotors flüssige Wärmeabfuhrmittel in dem Aufnahmeraum zirkulieren und/oder das insbesondere flüssige Wärmeabfuhrmittel bewegt sich in dem Aufnahmeraum während des befeuerten Betriebs insbesondere dadurch, dass das Gaswechselventil während des befeuerten Betriebs relativ zu dem Zylinderkopf, insbesondere translatorisch, bewegt, insbesondere hin- und her bewegt, wird. Dadurch kann mittels des Wärmeabfuhrmittels Wärme besonders vorteilhaft aus dem, insbesondere dem Brennraum zugewandten, ersten Teilbereich in den zweiten Teilbereich abgeführt oder übertragen werden, sodass eine übermäßig starke, lokale Erwärmung des

Gaswechselventils vermieden werden kann. Dadurch können Vorentflammungen vermieden werden, wodurch ein besonders vorteilhafter Betrieb des Gasmotors gewährleistet werden kann. Beispielsweise beträgt die Schmelztemperatur des Wärmeabfuhrmittels 97°C.

Ganz insbesondere kann es sich bei dem Wärmeabfuhrmittel um Natrium handeln, sodass das Wärmeabfuhrmittel zum Beispiel eine Natriumfüllung ist, die in dem Aufnahmeraum aufgenommen ist. Somit ist das Gaswechselventil vorzugsweise ein natriumgefülltes oder natriumgekühltes Gaswechselventil.

Um beispielsweise Vorentflammungen vermeiden und somit einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, kann vorgesehen sein, dass das Gaswechselventil einen aus einem ersten Material gebildeten Grundkörper aufweist, welcher insbesondere auf seiner von dem Aufnahmeraum abgewandten Außenseite oder Oberfläche zumindest oder ausschließlich teilweise, insbesondere direkt, mit einer Beschichtung versehen ist, welche aus einem von dem ersten Material unterschiedlichen, zweiten Material gebildet ist. Die Beschichtung bildet beispielsweise eine Panzerung oder wird auch als Panzerung bezeichnet. Insbesondere ist es vorgesehen, dass die von dem Aufnahmeraum abgewandte Außenseite oder Oberfläche des Grundkörpers direkt mit der Beschichtung versehen ist, welche beispielsweise direkt auf die von dem Aufnahmeraum abgewandte Oberfläche des Grundkörpers aufgebracht ist. Vorzugsweise handelt es sich bei dem zweiten Material um eine Chrom-Nickel-Legierung (CrNi-Legierung). Vorzugsweise handelt es sich bei dem ersten Material um einen Stahl, insbesondere um einen hochwarmfesten Stahl. Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass der Aufnahmeraum, insbesondere direkt, durch eine von der von dem Aufnahmeraum abgewandten Oberfläche des Grundkörpers abgewandte, innenumfangsseitige Mantelfläche des Grundkörpers begrenzt ist.

Um Vorentflammungen zu vermeiden und somit einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es bei einer Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass der Gasmotor ein auch als Epsilon oder mit dem griechischen Kleinbuchstaben ϵ bezeichnetes Verdichtungsverhältnis aufweist, welches in einem Bereich von einschließlich 10 bis einschließlich 14, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 10 bis einschließlich 13, liegt. Einerseits kann hierdurch das Verdichtungsverhältnis vorteilhaft gering gehalten werden, um wegen hoher Verdichtungs- und daraus folgender Brennraumtemperaturen keine Hotspots zu erzeugen und somit Vorentflammungen zu vermeiden beziehungsweise eine

Vorentflammungsneigung vorteilhaft gering zu halten. Andererseits kann das Verdichtungsverhältnis vorteilhaft groß gestaltet werden. Mit anderen Worten kann ein übermäßig niedriger Wert des Verdichtungsverhältnisses vermieden werden, um einen vorteilhaft hohen thermischen Wirkungsgrad und somit einen effizienten Betrieb des Gasmotors darstellen zu können.

Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass ein insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels auftretender Spitzendruck in dem Brennraum in einem Bereich von einschließlich 160 bar bis einschließlich 300 bar, insbesondere in einem Bereich von 180 bar bis einschließlich 260 bar und ganz insbesondere in einem Bereich von einschließlich 180 bar bis einschließlich 240 oder in einem Bereich von einschließlich 200 bar bis einschließlich 160 bar, liegt. Insbesondere ist unter dem Spitzendruck der innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels auftretende, maximale Druck in dem Brennraum zu verstehen. Insbesondere kann der Spitzendruck geringer als 160 bar oder größer als 300 bar sein.

Als weiterhin besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn der Gasmotor zumindest in einem Betriebsbereich wie beispielsweise einem Hauptfahrbereich mager und somit mit einem auch mit λ bezeichneten Verbrennungsluftverhältnis betrieben wird, welches mindestens 2,0 beträgt oder größer als 2,0 ist, wobei das Verbrennungsluftverhältnis vorzugsweise größer oder gleich 2,2 ist. Hierdurch kann ein guter thermodynamischer Wirkungsgrad realisiert werden, und übermäßig hohe Brennraumtemperaturen können vermieden werden, sodass die Entstehung von Hotspots sowie Stickoxid-Emissionen in einem besonders vorteilhaft geringen Rahmen gehalten werden können. Insbesondere kann das Verbrennungsluftverhältnis größer oder gleich 3 sein.

Beispielsweise beträgt der Spitzendruck 130 bar oder 220 bar. Insbesondere in einem Teillastbetrieb des Gasmotors kann der Spitzendruck geringer als 130 bar sein.

Um einen besonders effizienten und somit vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Gasmotor einen Verdichter zum Verdichten der Luft aufweist. Vorzugsweise ist dem Verdichter ein Elektromotor zugeordnet, mittels welchem der Verdichter elektrisch antreibbar ist. Beispielsweise ist der Verdichter Bestandteil eines Abgasturboladers, welcher beispielsweise eine von dem Abgas des Gasmotors antreibbare Turbine aufweist. Mittels der Turbine kann der Verdichter angetrieben werden, wodurch durch Antreiben des Verdichters die Luft verdichtet werden kann. Da beispielsweise der Elektromotor, mittels welchem zumindest der Verdichter elektrisch angetrieben werden kann, Bestandteil des

Abgasturboladers ist, wird der Abgasturbolader auch als elektrischer Abgasturbolader (eATL) oder elektrisch unterstützter Abgasturbolader (euATL) bezeichnet. Dadurch kann ein besonders effizienter Betrieb des Gasmotors gewährleistet werden.

Um einen besonders effizienten und somit einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Gasmotor dazu ausgebildet ist, eine auch als Tumble-Strömung bezeichnete, tumbleförmige Strömung der Luft in dem Brennraum auszubilden. Mit anderen Worten ist der Gasmotor dazu ausgebildet, dass die Luft nach ihrem Eindringen in den Brennraum tumbleförmig, das heißt mit einer Tumble-Strömung und somit mit einer tumbleförmigen Strömung in den Brennraum strömt.

Dabei hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn der Gasmotor dazu ausgebildet ist, die in dem Brennraum stattfindende, tumbleförmige Strömung der Luft derart auszubilden, dass die tumbleförmige Strömung eine einfach auch als Tumble bezeichnete Tumble-Zahl aufweist, welche in einem Bereich von einschließlich 1,5 bis einschließlich 5 liegt, mithin mindestens 1,5 und höchstens 5 beträgt. Dadurch kann eine besonders vorteilhafte Homogenisierung des Gemisches realisiert werden. Insbesondere kann beispielsweise die Tumble-Zahl in einem Bereich von einschließlich 2 bis einschließlich 5 liegen. Vorteilhaft ist insbesondere, wenn die Tumble-Zahl größer als 2 und höchstens 5 ist.

Das zuvor genannte, insbesondere zusätzlich zu dem Auslassventil vorgesehene Einlassventil sitzt in seiner Schließstellung beispielsweise auf einem korrespondierenden Ventilsitz. Beispielsweise ist der Ventilsitz durch einen Sitzring gebildet, der beispielsweise an dem Zylinderkopf befestigt ist. Beispielsweise wird die tumbleförmige Strömung mittels des insbesondere zusätzlich zum Auslasskanal vorgesehenen, zuvor genannten Einlasskanals insbesondere in Zusammenspiel mit dem Ventilsitz, insbesondere einem Sitzring, bewirkt, vorzugsweise derart, dass die Tumble-Zahl mindestens 1,5, insbesondere mindestens 2, und höchstens 5 beträgt.

Durch die Tumble-Strömung kann das Gemisch durch den Brennraum in Richtung des Kolbens geleitet, dort strömungsgünstig umgeleitet und mittels der entstehenden Turbulenz homogenisiert werden. Dabei ist es vorzugsweise vorgesehen, dass der Kolben eine insbesondere dem Brennraumdach zugewandte und auch als Brennraummulde bezeichnete Kolbenmulde aufweist, welche vorzugsweise mit möglichst

großen Radien ausgestaltet ist. Insbesondere ist es vorzugsweise vorgesehen, dass die Kolbenmulde wannen- oder wokförmig ausgebildet ist.

Eine weitere Ausführungsform zeichnet sich dadurch aus, dass dem Brennraum ein Injektor zugeordnet ist, welcher, insbesondere wenigstens oder genau, eine von dem gasförmigen Kraftstoff durchströmbare Austrittsöffnung aufweist, über welche der gasförmige Kraftstoff aus dem Injektor ausleitbar und direkt in den Brennraum einblasbar ist. Dies bedeutet, dass beispielsweise innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels des Gasmotors der gasförmige Kraftstoff die beispielsweise als Austrittsbohrung ausgebildete Austrittsöffnung durchströmt und somit aus dem Injektor ausströmt und dadurch direkt in den Brennraum einströmt und somit direkt in den Brennraum eingeblasen wird. Der Brennraum ist dabei teilweise durch den Zylinder gebildet, dessen auch als Mittelachse oder Zylindermittelachse bezeichnete Zylinderachse in einem insbesondere in radialer Richtung des Zylinders verlaufenden Abstand zu der Austrittsöffnung des Injektors angeordnet ist. Insbesondere ist der auch als zweiter Abstand bezeichnete Abstand zwischen der Zylinderachse des Zylinders und der Austrittsöffnung der insbesondere in radialer Richtung des Zylinders und somit senkrecht zu der Zylinderachse verlaufende, kleinste Abstand zwischen der Zylinderachse und der Austrittsöffnung. Hierdurch ist eine vorteilhafte, außermittige Anordnung der Austrittsöffnung realisierbar, wodurch eine besonders vorteilhafte Gemischaufbereitung realisiert werden kann. Dadurch ist ein besonders vorteilhafter Betrieb des Gasmotors darstellbar.

Beispielsweise ist der Zylinder bezüglich seiner Zylinderachse zumindest im Wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildet. Beispielsweise ist die Kolbenmulde bezüglich der Zylinderachse rotationssymmetrisch ausgebildet. Alternativ oder zusätzlich ist es denkbar, dass die Kolbenmulde bezüglich einer Symmetrieebene, in welcher die Zylinderachse verläuft, achsensymmetrisch beziehungsweise spiegelsymmetrisch ausgebildet ist.

Um einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Abstand zwischen der Zylinderachse und der Austrittsöffnung des Injektors in einem Bereich von einschließlich 3% des Durchmessers des Zylinders bis einschließlich 50% des Durchmessers des Zylinders, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 3% des Durchmessers des Zylinders bis einschließlich 30% des Durchmessers des Zylinders liegt. Hierdurch ist eine leicht außermittige Anordnung der Austrittsöffnung darstellbar, sodass ein besonders effektiver und effizienter Betrieb des Gasmotors realisiert werden kann. Um eine besonders vorteilhafte Gemischaufbereitung zu realisieren, ist es in weiterer

Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass eine auch als Mittellinie bezeichnete Mittelachse des Injektors mit der Zylinderachse einen Winkel einschließt, welcher in einem Bereich von einschließlich 10 Grad bis einschließlich 90 Grad, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 10 Grad bis einschließlich 60 Grad, liegt. Insbesondere bei 90 Grad kann eine senkrechte Position des Injektors realisiert werden. Dadurch nimmt der Injektor bezüglich der Zylinderachse eine Schräglage ein, sodass ein besonders effizienter Betrieb des Gasmotors gewährleistet werden kann. Insbesondere verläuft die Mittelachse gerade. Mit anderen Worten erstreckt sich vorzugsweise die Mittelachse entlang einer Geraden.

Die Austrittsöffnung erstreckt sich beispielsweise in einer Öffnungsebene, wobei beispielsweise eine auch als zweite Mittellinie bezeichnete, zweite Mittelachse der Austrittsöffnung senkrecht zur Öffnungsebene verläuft. Insbesondere erstreckt sich die zweite Mittelachse der Austrittsöffnung durch die Mitte der Austrittsöffnung, die beispielsweise bezüglich der zweiten Mittelachse zumindest im Wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildet ist. Insbesondere ist es beispielsweise vorgesehen, dass die Austrittsöffnung kreisrund und somit in Form eines Kreises ausgebildet ist, dessen Mittelpunkt beispielsweise auf der zweiten Mittelachse der Austrittsöffnung liegt. Insbesondere ist die Austrittsöffnung entlang der sich vorzugsweise gerade und somit entlang einer Geraden erstreckenden, zweiten Mittelachse von dem gasförmigen Kraftstoff durchströmbar, sodass die zweite Mittelachse der Austrittsöffnung beispielsweise mit einer auch als Durchgangsrichtung bezeichneten Durchdringungsrichtung der Austrittsöffnung zusammenfällt, die entlang ihrer Durchdringungsrichtung von dem gasförmigen Kraftstoff durchströmbar ist beziehungsweise durchströmt wird, während der gasförmige Kraftstoff in den Brennraum direkt eingeblasen wird. Dabei ist es insbesondere denkbar, dass die zweite Mittelachse der Austrittsöffnung mit der ersten Mittelachse des Injektors zusammenfällt. Ferner ist es denkbar, dass die zweite Mittelachse der Austrittsöffnung schräg oder aber senkrecht zur ersten Mittelachse des Injektors verläuft. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die zweite Mittelachse der Austrittsöffnung mit der Zylinderachse einen Winkel einschließt, welcher in einem Bereich von einschließlich 10 Grad bis einschließlich 60 Grad liegt. Dadurch ist eine Schräglage der Austrittsöffnung bezüglich der Zylinderachse vorgesehen, wodurch eine besonders vorteilhafte Gemischaufbereitung und somit ein besonders effizienter und vorteilhafter Betrieb des Gasmotors realisiert werden können.

Die auch als Eindüsung bezeichnete, direkte Einblasung des gasförmigen Kraftstoffs in den Brennraum erfolgt vorzugsweise direkt, also vorzugsweise ohne Umlenkung.

Als weiterhin besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn das vorzugsweise als Zündkerze ausgebildete Zündelement zentral oder mittig angeordnet ist, das heißt auf der auch als axiale Achse des Zylinders bezeichneten Zylinderachse des Zylinders liegt. Mit anderen Worten ist es vorzugsweise vorgesehen, dass eine auch als dritte Mittellinie oder dritte Mittelachse bezeichnete Mittelachse des Zündelements mit der Zylinderachse zusammenfällt. Beispielsweise ist es, insbesondere bei der zentralen Anordnung des Zündelements, vorgesehen, dass das Zündelement Kerze zwischen Ein- und Auslassventil liegt, aber dabei nicht zwingend mittig platziert werden muss. Falls Ein- und Auslassventile einen sehr unterschiedlichen Durchmesser haben, ergibt sich zwangsläufig eine außermittige Position des Zündelements.

Um einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Gasmotor dazu ausgebildet ist, den gasförmigen Kraftstoff mit einem auch als Einbringdruck oder Einblasedruck oder Eindüsdruck bezeichneten Druck direkt in den Brennraum einzublasen, wobei der Druck in einem Bereich von einschließlich 3 bar bis einschließlich 50 bar, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 5 bar bis einschließlich 35 bar, liegt. Insbesondere ist vorzugsweise vorgesehen, dass der Druck insbesondere je nach Last und Drehzahl des Gasmotors in einem Bereich von einschließlich 3 bar bis einschließlich 50 bar liegt. Vorteilhafterweise ist der Einblasedruck nur so hoch, wie es für eine gute Homogenisierung des Gemisches benötigt wird. Wird der Einblasedruck unnötig hoch gewählt, kann auch nur bis zu diesem Druck ein einfach auch als Tank bezeichneter Gastank, in welchem der beispielsweise als Wasserstoff ausgebildete, gasförmige Kraftstoff aufgenommen wird oder aufnehmbar ist, entleert werden. Auf eine Zwischenpumpe sollte verzichtet werden, wodurch die Teileanzahl, das Gewicht und die Kosten des Kraftfahrzeugs in einem besonders geringen Rahmen gehalten werden können. Es ist denkbar, dass der Einblasedruck 50 bar oder höher, insbesondere 200 bar oder höher, ist.

Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn der Einblasedruck 20 bar beträgt.

Um einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Gasmotor als ein Wasserstoffmotor ausgebildet ist, sodass vorzugsweise als der gasförmige Kraftstoff Wasserstoff (H₂) verwendet wird.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Gasmotors gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung. Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts der Erfindung sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des zweiten Aspekts der Erfindung anzusehen und umgekehrt.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein einfach auch als Fahrzeug bezeichnetes und vorzugsweise als Kraftwagen, insbesondere als Lastkraftwagen, Transporter oder Personenkraftwagen, ausgebildetes Kraftfahrzeug, welches einen Gasmotor gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung aufweist und mittels des Gasmotors antreibbar ist. Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts und des zweiten Aspekts der Erfindung sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des dritten Aspekts der Erfindung anzusehen und umgekehrt.

Ein vierter Aspekt der Erfindung betrifft eine Arbeitsmaschine, welche einen Gasmotor gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung aufweist und beispielsweise mittels des Gasmotors betreibbar, insbesondere antreibbar, ist. Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts, des zweiten Aspekts der Erfindung und des dritten Aspekts der Erfindung sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des vierten Aspekts der Erfindung anzusehen und umgekehrt.

Um einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors realisieren zu können, ist es beispielsweise vorgesehen, dass in wenigstens einem ersten Betriebsbereich des Gasmotors das direkte Einblasen des gasförmigen Kraftstoffs in den Brennraum innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels in einem Bereich von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt. Hierunter ist insbesondere Folgendes zu verstehen: Da die vorzugsweise als Kurbelwelle ausgebildete Abtriebswelle um die Abtriebswellendrehachse relativ zu dem Gehäuseelement drehbar ist, kann die Abtriebswelle (Kurbelwelle) in unterschiedliche Drehstellungen gedreht werden, wobei die unterschiedlichen Drehstellungen durch Grad Kurbelwinkel [°KW] angegeben werden. Genau einer der genau zwei innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels auftretenden, oberen Totpunkte des Kolbens ist der obere Zündtotpunkt (ZOT), in dessen Bereich oder in welchem das Gemisch innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels gezündet wird. Innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels findet, insbesondere genau, eine jeweilige Einblasung statt, durch die oder bei der der gasförmige Kraftstoff in den Brennraum direkt eingeblasen wird. In dem ersten Betriebsbereich beginnt die Einblasung in einem Bereich von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt. Mit

anderen Worten liegt ein auch als Einblasebeginn bezeichneter Beginn der Einblasung in dem ersten Betriebsbereich in einem Bereich von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt. Beispielsweise ist der obere Zündtotpunkt derjenige der oberen Totpunkte, der mit der Zündung des Gemisches zusammenfällt, oder der obere Zündtotpunkt ist derjenige der oberen Totpunkte, der näher an der Zündung des Gemisches liegt als der andere obere Totpunkt.

Des Weiteren ist es vorzugsweise vorgesehen, dass in wenigstens einem, sich insbesondere von dem ersten Betriebsbereich unterscheidenden, zweiten Betriebsbereich des Gasmotors das jeweilige Einblasen, das heißt die jeweilige, innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels stattfindende Einblasung später als 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt. Dies bedeutet, dass die jeweilige, innerhalb des jeweiligen, in dem ersten Betriebsbereich stattfindenden oder auftretenden Arbeitsspiels stattfindende oder auftretende Einblasung des gasförmigen Kraftstoffs in einem von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt. Ferner bedeutet dies, dass die jeweilige, innerhalb des jeweiligen, in dem zweiten Betriebsbereich stattfindenden oder auftretenden Arbeitsspiels stattfindende oder auftretende Einblasung später als 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt. Wieder mit anderen Worten ausgedrückt liegt der Einblasebeginn in dem ersten Betriebsbereich innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels in einem Bereich von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 190 Grad Kurbelwinkel, und in dem zweiten Betriebsbereich liegt der jeweilige Einblasebeginn innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels später als 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt. Hierdurch ist eine besonders vorteilhafte, auch als Eindosierungsstrategie bezeichnete Einblasestrategie darstellbar, durch die der beispielsweise als Wasserstoff (H_2) ausgebildete, gasförmige Kraftstoff besonders vorteilhaft in den Brennraum direkt eingeblasen und somit eingebracht werden kann. Hierdurch kann ein besonders vorteilhafter und insbesondere besonders effizienter Betrieb des Gasmotors realisiert werden. Insbesondere ist es im Vergleich zu herkömmlichen Lösungen möglich, im ersten Betriebsbereich durch die frühe Einblasung die Ladungswechselverluste zu verringern verringert und im zweiten Betriebsbereich die Füllung zu erhöhen und Vorentflammungen zu vermeiden. Insbesondere ist es durch die Einblasestrategie möglich, eine unerwünschte Vorentflammung des Gemisches zu vermeiden oder eine Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer solchen Vorentflammung kommt, besonders gering zu halten, sodass der Gasmotor, welcher auch einfach als Motor bezeichnet wird, mit einem besonders hohen Wirkungsgrad, mithin wirkungsgradoptimiert betrieben werden kann.

Beispielsweise unterscheiden sich der erste Betriebsbereich und der zweite Betriebsbereich hinsichtlich wenigstens eines den Betrieb, insbesondere den befeuerten Betrieb, des Gasmotors charakterisierenden Parameters voneinander, insbesondere derart, dass der Parameter in dem ersten Betriebsbereich einen ersten Wert und in dem zweiten Betriebsbereich einen von dem ersten Wert unterschiedlichen, zweiten Wert aufweist und/oder derart, dass ein Wert des Parameters in dem ersten Betriebsbereich in einem ersten Wertebereich und in dem zweiten Betriebsbereich in einem von dem ersten Wertebereich unterschiedlichen, zweiten Wertebereich liegt, wobei es vorzugsweise vorgesehen ist, dass sich die Wertebereiche nicht gegenseitig überlappen, mithin dass die Wertebereiche, insbesondere vollständig, außerhalb voneinander liegen.

Als besonders vorteilhaft hat es gezeigt, wenn in dem ersten Betriebsbereich das jeweilige Einblasen in einem Bereich von einschließlich 290 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 210 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt. Dadurch kann die Wahrscheinlichkeit, dass es zu Vorentflammungen kommt, besonders gering gehalten werden, und es kann ein besonders wirkungsgradgünstiger Betrieb des Gasmotors gewährleistet werden. Insbesondere ist es hierdurch möglich, eine Entdrosselung in der Teillast, das heißt in einem Teillastbetrieb des Gasmotors zu realisieren, wobei hier keine Vorentflammungen auftreten.

Um eine besonders vorteilhafte Verbrennung des gasförmigen Kraftstoffs gewährleisten und dabei insbesondere die Wahrscheinlichkeit, dass es zur Vorentflammung kommt, besonders gering halten zu können, sodass der Gasmotor besonders wirkungsgradgünstig betrieben werden kann, ist es weiterer Ausgestaltung vorgesehen, dass in dem zweiten Betriebsbereich das jeweilige Einblasen in einem Bereich von einschließlich 210 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von 180 Grad Kurbelwinkel und ganz insbesondere von 160 Grad Kurbelwinkel, bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt.

Dabei hat es sich zur Realisierung eines besonders vorteilhaften Betriebs als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn in dem zweiten Betriebsbereich das jeweilige Einblasen in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 160 Grad Kurbelwinkel, bis einschließlich 110 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt. Dadurch kann ein besonders vorteilhafter Betrieb des Gasmotors dargestellt werden.

Als weiterhin besonders hat es sich gezeigt, wenn in dem zweiten Betriebsbereich das jeweilige Einblasen in einem Bereich von einschließlich 140 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt. Dadurch können eine besonders vorteilhafte Verbrennung und ein besonders hoher Wirkungsgrad des Gasmotors dargestellt werden.

Beispielsweise weist der Gasmotor einen auch als Einlassstrakt bezeichneten Ansaugtrakt auf, welcher zumindest von der zuvor genannten Luft, welche auch als Frischluft bezeichnet wird, durchströmbar ist. Insbesondere ist der Einlasskanal Bestandteil des Ansaugtrakts. Mittels des Ansaugtrakts wird innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels die den Ansaugtrakt durchströmende Luft in den Brennraum eingeleitet. Dadurch kann ein besonders vorteilhafter Betrieb realisiert werden. Dabei hat es sich zur Realisierung einer besonders vorteilhaften Verbrennung des jeweiligen Gemisches und eines besonders hohen Wirkungsgrads des Gasmotors als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn sich der erste Betriebsbereich und der zweite Betriebsbereich in einem jeweiligen, in dem Ansaugtrakt herrschenden Druck voneinander unterscheiden. Dies bedeutet beispielsweise, dass der Parameter der in dem Ansaugtrakt herrschende Druck ist oder den in dem Ansaugtrakt herrschenden Druck umfasst.

Insbesondere ist der Verdichter in dem Ansaugtrakt angeordnet.

Beispielsweise weist der Gasmotor einen von dem Abgas aus dem Brennraum durchströmbar Abgastrakt auf, wobei die Turbine in dem Abgastrakt angeordnet sein kann.

Dabei hat es sich zur Realisierung eines besonders wirkungsgradgünstigen Betriebs als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn in wenigstens einem dritten Betriebsbereich des Gasmotors das jeweilige Einblasen in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 140 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt beginnt.

Um einen besonders vorteilhaften und insbesondere wirkungsgradgünstigen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine realisieren zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass sich der dritte Betriebsbereich von dem zweiten Betriebsbereich und/oder von dem ersten Betriebsbereich hinsichtlich eines Saugrohrdrucks und/oder eines Ladedrucks unterscheidet. Somit ist es beispielsweise denkbar, dass der zuvor genannte Parameter der Saugrohrdruck und/oder der Ladedruck ist oder den Saugrohrdruck und/oder den Ladedruck umfasst.

Durch die Erfindung und insbesondere durch die erfindungsgemäß vorgesehene, spezielle Auslegung des Zündelements und des Gaswechselventils bzw. der Gaswechselventile insbesondere ohne Hotspots insbesondere in Kombination mit einer Geometrie von, insbesondere allen, strömungsführenden Teilen und dem auch als Einblasinjektor bezeichneten Injektor kann eine Gemischbildung dargestellt werden, welche einer Vorentflammung des Gemisches, das heißt einer vor dem durch das Zündelement bewirkten Zündung des Gemisches stattfindenden Zündung des Gemisches, entgegenwirkt und gleichzeitig eine wirkungsgradgünstige oder wirkungsgradoptimierte Verbrennung ermöglicht. Außerdem liegen der Erfindung insbesondere die folgenden Erkenntnisse und Überlegungen zugrunde:

Der Erfindung liegen insbesondere die folgenden Erkenntnisse und Überlegungen zugrunde: Bei einem Betrieb eines beispielsweise als Wasserstoffmotor ausgebildeten Gasmotors, der in seinem befeuerten Betrieb mittels eines gasförmigen Kraftstoffs, insbesondere mittels Wasserstoff, betrieben wird, ist es von Vorteil, wenn zwischen wenigstens oder genau zwei, insbesondere zwischen wenigstens oder genau drei, unterschiedlichen Betriebsbereichen differenziert wird, insbesondere hinsichtlich einer auch als Einspritzstrategie oder Einblasestrategie bezeichneten Eindosierungsstrategie, gemäß welcher der gasförmige Kraftstoff, insbesondere direkt, in den Brennraum eingeblasen wird. In, insbesondere allen, Betriebsbereichen, in welchen beispielsweise der auch als Saugrohrdruck bezeichnete, in dem Ansaugtrakt herrschende Druck unterhalb des Umgebungsdrucks ist oder vorliegt, kann beispielsweise aufgrund der geringen Dichte des beispielsweise als Wasserstoff ausgebildeten, gasförmigen Kraftstoffes der Gasmotor durch eine frühe Einblasung entdrosselt werden. Unter dem Umgebungsdruck ist der in einer Umgebung des Gasmotors, insbesondere der Arbeitsmaschine oder des Kraftfahrzeugs insgesamt, herrschende Umgebungsdruck zu verstehen. In allen Betriebsbereichen, in denen der Saugrohrdruck unterhalb des Umgebungsdrucks ist, kann über eine Verringerung der Ladungswechselverluste der Wirkungsgrad des Motors gesteigert werden. In diesem ersten Betriebsbereich ist es von Vorteil, wenn der Einblasebeginn in einem Bereich von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 290 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 260 Grad Kurbelwinkel, bis einschließlich 310 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt, liegt.

In, insbesondere allen, Betriebsbereichen, in welchen Vorentflammungen auftreten können, sind dagegen Einblasebeginne vorteilhaft, welche später als 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt liegen, wobei vorzugsweise ein jeweiliges Ende der jeweiligen Einblasung nicht später als der Zündzeitpunkt liegen sollte. Mit anderen Worten, innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels des Gasmotors wird das jeweilige Gemisch zu dem genannten Zündzeitpunkt gezündet, zu welchem somit die zuvor genannte Zündung des Gemisches stattfindet oder beginnt. Außerdem ist es vorgesehen, dass innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels die jeweilige, innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels auftretende Einblasung an ihrem auch als Einblaseende bezeichneten Ende endet, wobei es beispielsweise vorgesehen ist, dass sich innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels die jeweilige Einblasung von ihrem jeweiligen Einblasebeginn, insbesondere durchgängig oder unterbrechungsfrei, bis zu ihrem jeweiligen Einblaseende erstreckt. Dabei ist es vorzugsweise vorgesehen, dass, insbesondere in dem zweiten Betriebsbereich, das Einblaseende innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels nicht später als der Zündzeitpunkt liegt. Eine besonders gute Wirkung bezüglich einer Verringerung von Vorentflammungen sind Einblasebeginne, die in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 160 Grad Kurbelwinkel, bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 160 Grad Kurbelwinkel, bis 110 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt, liegen. Insbesondere im Falle sehr hoher Injektordurchflusswerte ist es von Vorteil, wenn in dem zweiten Betriebsbereich der jeweilige Einblasebeginn in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 160 Grad Kurbelwinkel, bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt liegt.

Ist beispielsweise der, insbesondere maximal, mögliche Ladedruck begrenzt, sind relativ späte Einblasebeginne ebenfalls von Vorteil, da hier die geringere Dichte des beispielsweise als Wasserstoff ausgebildeten, gasförmigen Kraftstoffes keine nennenswerten Nachteile auf die Füllung hat und gleichzeitig die Verluste aufgrund erhöhter Kompressionsarbeit besonders gering gehalten werden können. Beides führt zu einer vorteilhaft hohen Leistung und zu einem vorteilhaft hohen Wirkungsgrad des Gasmotors. Auch hier sind Einblasebeginne vorteilhaft, die in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 160 Grad Kurbelwinkel, bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 160 Grad Kurbelwinkel, insbesondere von einschließlich 140 Grad Kurbelwinkel, bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt, liegen.

Insbesondere kann durch die tumbleförmige Strömung der Luft in den Brennraum das vorteilhaft homogenisierte Gemisch insbesondere im Bereich des unteren Totpunkts des Kolbens in die Kolbenmulde des Kolbens gelangen, dessen einfach auch als Mulde bezeichnete Kolbenmulde beispielsweise zumindest im Wesentlichen wannenförmig oder Wok-förmig oder linsenförmig ist. Insbesondere wird das Gemisch mittels der Kolbenmulde insbesondere um zumindest im Wesentlichen 180 Grad umgelenkt und kann in der Folge strömungsgünstig von dem Kolben in Richtung des Zündelements strömen oder geschoben werden, wodurch Vorentflammungen vermieden werden können.

Als ferner vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn, insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels, in dem Brennraum ein Spitzendruck auftritt, welcher insbesondere im aufgeladenem Betrieb beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 180 bar bis einschließlich 240 bar oder in einem Bereich von einschließlich 200 bar bis einschließlich 260 bar liegt. Liegt der Spitzendruck in einem Bereich von einschließlich 180 bar bis einschließlich 240 bar, so ist dies besonders dann vorteilhaft, wenn das Kraftfahrzeug als ein Personenkraftwagen ausgebildet ist. Liegt der Spitzendruck beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 200 bar bis einschließlich 260 bar, so ist dies insbesondere dann besonders vorteilhaft, wenn das Kraftfahrzeug als ein Nutzfahrzeug ausgebildet ist.

Als weiterhin besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn, insbesondere in einem Hauptfahrbereich, der Gasmotor mager und somit mit einem Verbrennungsluftverhältnis betrieben wird, welches mindestens 2,0 beträgt, vorzugsweise größer als 2,0 ist. Ganz vorzugsweise beträgt das Verbrennungsluftverhältnis mindestens 2,2 oder insbesondere kann das Verbrennungsluftverhältnis größer als 2,2 sein. Hierdurch kann ein guter thermodynamischer Wirkungsgrad realisiert werden, und eine übermäßige, auch als Brennraumtemperatur bezeichnete Temperatur im Bauraum kann vermieden werden. Übermäßig heiße Stellen im Brennraum können vermieden werden oder eine Anzahl von solchen, übermäßig heißen Stellen kann gering gehalten werden, sodass sich Stickoxid-Emissionen vorteilhaft gering halten lassen.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind

nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Zeichnung zeigt in:

- Fig. 1 ausschnittsweise eine schematische Schnittansicht einer als Gasmotor, insbesondere als Wasserstoffmotor, ausgebildeten Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs; und
- Fig. 2 ausschnittsweise eine weitere schematische Schnittansicht des Gasmotors;
- Fig. 3 eine schematische Schnittansicht eines Gaswechselventils des Gasmotors; und
- Fig. 4 ausschnittsweise eine schematische Perspektivansicht eines als Zündkerze ausgebildeten Zündelements des Gasmotors.

In den Figuren sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt ausschnittsweise in einer schematischen Schnittansicht eine als Gasmotor 10 ausgebildete Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs. Dies bedeutet, dass das Kraftfahrzeug in seinem vollständig hergestellten Zustand den Gasmotor 10 aufweist und mittels des Gasmotors 10 antreibbar ist. Hierfür wird der Gasmotor 10 beispielsweise in seinem befeuerten Betrieb betrieben. Der Gasmotor 10 wird auch als einfach als Motor oder Verbrennungsmotor bezeichnet. Im Folgenden wird anhand von Fig. 1 und 2 ein Verfahren zum Betreiben des Gasmotors 10 beschrieben, wobei der Gasmotor 10 bei dem Verfahren in dem befeuerten Betrieb betrieben wird. Bei dem in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Gasmotor 10 ein Wasserstoffmotor, welcher in seinem befeuerten Betrieb mittels eines als Wasserstoff ausgebildeten, gasförmigen Kraftstoffs betrieben wird.

Der Gasmotor 10 wenigstens einen Brennraum 12 auf, welcher teilweise durch einen Zylinder 14, teilweise durch einen Kolben 16 und teilweise durch ein Brennraumdach 18 des Gasmotors 10 begrenzt ist. Der Kolben 16 ist translatorisch bewegbar in dem Zylinder 14 aufgenommen und dabei zwischen einem unteren Totpunkt (UT) und einem oberen

Totpunkt (OT) bewegbar, das heißt hin- und herbewegbar. Der Zylinder 14 ist, insbesondere direkt, durch eine Zylinderwand 20 begrenzt und somit gebildet. Die Zylinderwand 20 ist eine Wandung eines Gehäuseelements des Gasmotors 10, dessen Gehäuseelement beispielsweise ein Zylindergehäuse, insbesondere ein Zylinderkurbelgehäuse, ist. Somit ist der Kolben 16 relativ zu dem Gehäuseelement translatorisch bewegbar, das heißt hin- und herbewegbar. Der Kolben 16 kann somit zwischen seinem oberen Totpunkt und seinem unteren Totpunkt hin- und herbewegt werden. Der Gasmotor 10 weist auch eine als Kurbelwelle ausgebildete Abtriebswelle auf, die um eine Abtriebswellendrehachse relativ zu dem Gehäuseelement drehbar ist. Der Kolben 16 ist über ein Pleuel gelenkig mit der Abtriebswelle verbunden, sodass translatorische Bewegungen des Kolbens 16 in eine rotatorische Bewegung der Kurbelwelle umwandelbar sind oder umgewandelt werden, welche sich somit um die Abtriebswellendrehachse relativ zu dem Gehäuseelement dreht. Das Brennraumdach ist durch einen Zylinderkopf des Gasmotors 10 begrenzt. Dabei sind der Zylinderkopf und das Gehäuseelement separat voneinander ausgebildet und miteinander verbunden. Bei dem Verfahren wird innerhalb eines jeweiligen Arbeitsspiels des Gasmotors 10 der zuvor genannte, als Wasserstoff ausgebildete, gasförmige Kraftstoff direkt in den Brennraum 12 eingeblasen, vorliegend mittels eines Injektors 22, welcher auch als Einblaseventil oder Einbringelement bezeichnet wird. Der Wasserstoff, der innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels mittels des Injektors 22 direkt in den Brennraum 12 eingeblasen wird, ist in Fig. 1 besonders schematisch dargestellt und mit 24 bezeichnet. Der Wasserstoff wird innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels mittels des Injektors 22 in einem gasförmigen Zustand des Wasserstoffs 24 direkt eingeblasen, und zwar mit einem auch als Einblasedruck bezeichneten Druck, welcher vorzugsweise in einem Bereich von einschließlich 3 bar bis einschließlich 50 bar, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 5 bar bis einschließlich 35 bar, liegt.

In dem Brennraum 12 ist wenigstens ein Einlasskanal 26 zugeordnet. Der Einlasskanal 26 ist Bestandteil eines auch als Einlasstrakt bezeichneten Ansaugtrakts des Gasmotors 10, dessen Ansaugtrakt von Luft durchströmbar ist beziehungsweise während des Verfahrens von Luft durchströmt wird. Somit ist der Einlasskanal 26 von der Luft durchströmbar. Mittels des Einlasskanals 26 ist die Luft in den Brennraum 12 einleitbar. Es ist beispielsweise vorgesehen, dass bei dem Verfahren innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels die den Einlasskanal 26 durchströmende Luft mittels des Einlasskanals 26 in dem Brennraum eingeleitet wird. Insbesondere erstreckt sich der Einlasskanal 26 in dem Zylinderkopf, sodass beispielsweise der Einlasskanal 26 durch den Zylinderkopf gebildet ist. Dem Einlasskanal 26 und somit dem Brennraum 12 ist ein erstes Gaswechselventil in

Form eines Einlassventils 28 zugeordnet. Das Einlassventil 28 ist relativ zu dem Zylinderkopf und translatorisch zwischen einer in Fig. 1 gezeigten Schließstellung und wenigstens einer Offenstellung bewegbar. In der Schließstellung ist der Einlasskanal 26 durch das zugehörige Einlassventil 28 fluidisch versperrt, und in der Offenstellung gibt das Einlassventil 28 den zugehörigen Einlasskanal 26 frei, sodass in der Offenstellung des Einlassventils 28 die den Einlasskanal 26 durchströmende Luft über den Einlasskanal 26 in den Brennraum 12 eingeleitet wird.

Dem Brennraum 12 ist auch ein Zündelement 30 zugeordnet, dessen Gerade, mithin sich entlang einer Geraden erstreckende Mittelachse in Fig. 1 mit 32 bezeichnet ist. Die Luft, die innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels in den Brennraum 12 eingeleitet wird, und der Wasserstoff, der innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels mittels des Injektors 22 direkt in den Brennraum 12 eingeblasen wird, bilden ein jeweiliges Gemisch, welches auch als Kraftstoff-Luft-Gemisch bezeichnet wird. Das Gemisch wird innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels mittels des Zündelements 30, welches beispielsweise als Zündkerze ausgebildet ist, zu einem jeweiligen Zündzeitpunkt gezündet, wodurch das Gemisch verbrannt wird. Hierdurch wird der Kolben 16 angetrieben und dadurch insbesondere in seinen oder in Richtung seines unteren Totpunkts bewegt. Hierdurch wird über das Pleuel die Abtriebswelle angetrieben und somit um die Abtriebswellendrehachse relativ zu dem Gehäuseelement gedreht. Der Zylinder 14, dessen einfach auch als Achse bezeichnete Zylinderachse in Fig. 1 mit 34 bezeichnet ist, begrenzt den Brennraum 12 teilweise. Vorzugsweise ist es vorgesehen, dass das Zündelement 30 mittig zu dem Zylinder 14 angeordnet ist, sodass beispielsweise die Mittelachse 32 mit der Zylinderachse 34 zusammenfällt beziehungsweise umgekehrt. Der Injektor 22, dessen insbesondere gerade und somit entlang einer Geraden verlaufende Mittelachse mit 36 bezeichnet ist, ist vorzugsweise außermittig bezüglich des Zylinders 14 angeordnet, vorliegend derart, dass die Mittelachse 36 mit der Zylinderachse 34 einen von 0 Grad und von 180 Grad und vorzugsweise von 90 Grad unterschiedlichen Winkel einschließt, der beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 10 Grad bis einschließlich 90 Grad, insbesondere bis einschließlich 60 Grad, liegt. Der Winkel kann 90 Grad betragen, oder der Winkel ist ein von 90 Grad unterschiedlicher Winkel. Insbesondere durch einen Winkel von 90 Grad kann eine senkrechte Lage oder Position des Injektors dargestellt werden.

Dem Brennraum 12 ist außerdem wenigstens ein Auslasskanal 38 zugeordnet. Durch das Zünden und Verbrennen des Gemischs entsteht Abgas des Gasmotors 10, dessen Abgas aus dem Brennraum 12 ausströmen und in den Auslasskanal 38 einströmen und daraufhin den Auslasskanal 38 durchströmen kann. Der Auslasskanal 38 ist Bestandteil

eines Abgastrakts des Gasmotors 10, dessen Abgastrakt von dem Abgas durchströmbar ist oder durchströmt wird. Dem Auslasskanal 38 und somit dem Brennraum 12 ist ein zweites Gaswechselventil in Form eines Auslassventils 40 zugeordnet, welches, insbesondere relativ zu dem Zylinderkopf und/oder translatorisch, zwischen einer in Fig. 1 gezeigten Schließstellung und wenigstens einer Offenstellung bewegbar ist. In der Schließstellung ist durch das Auslassventil 40 der Auslasskanal 38 fluidisch versperrt, sodass kein Gas und insbesondere kein Abgas aus dem Brennraum 12 in den Auslasskanal 38 strömen kann. In der Offenstellung gibt das Auslassventil 40 den zugehörigen Auslasskanal 38 frei, sodass in der Offenstellung des Auslassventils 40 das Abgas aus dem Brennraum 12 ausströmen und in den Auslasskanal 38 einströmen kann.

Innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels des Gasmotors 10 wird wenigstens oder genau eine Einblasung durchgeführt, bei der oder durch die der Wasserstoff 24 mittels des Injektors 22 direkt in den Brennraum 12 eingeblasen wird. Innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels beginnt die jeweilige Einblasung zu einem ersten Zeitpunkt, und innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels endet die jeweilige Einblasung zu einem jeweiligen, zweiten Zeitpunkt, wobei der erste Zeitpunkt auch als Einblasebeginn und der zweite Zeitpunkt auch als Einblaseende bezeichnet wird. Insbesondere ist es vorgesehen, dass sich die jeweilige Einblasung innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels, insbesondere durchgängig und somit unterbrechungsfrei, von dem jeweiligen Einblasebeginn bis zum jeweiligen Einblaseende erstreckt, sodass beispielsweise innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels der Wasserstoff 24 durchgängig und somit unterbrechungsfrei von dem jeweiligen, ersten Zeitpunkt zum jeweiligen, zweiten Zeitpunkt direkt in den Brennraum 12 eingeblasen wird. In einer weiteren Ausprägung können in einem Arbeitsspiel oder innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels mehrere Einblasungen erfolgen, um die Homogenität des Gemisches zu verbessern oder gezielt Inhomogenitäten zu erzeugen. Hier ist in Einspritzstrategien mit mehreren Einblasungen nur vor dem Zündzeitpunkt und ein oder mehreren Einblasungen vor dem Zündzeitpunkt und ein oder mehreren Einblasungen vor und nach dem Zündzeitpunkt vorgesehen.

Bei dem Verfahren wird der Gasmotor 10 in einem ersten Betriebsbereich betrieben, insbesondere während einer ersten Zeitspanne. Ferner wird der Gasmotor 10 bei dem Verfahren in einem von dem ersten Betriebsbereich unterschiedlichen, zweiten Betriebsbereich betrieben, insbesondere während einer zweiten Zeitspanne, wobei die zweite Zeitspanne beispielsweise der ersten Zeitspanne zeitlich vorweggeht, oder wobei sich beispielsweise die zweite Zeitspanne an die erste Zeitspanne anschließt. Insbesondere ist es vorgesehen, dass der Gasmotor 10 sowohl in dem ersten

Betriebsbereich als auch in dem zweiten Betriebsbereich befeuert, das heißt in seinem befeuerten Betrieb betrieben wird. In dem befeuerten Betrieb läuft innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels des Gasmotors 10 ein jeweiliger Verbrennungsvorgang ab, bei dem das Gemisch infolge der genannten Zündung verbrannt wird.

Um nun einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors 10 realisieren zu können, ist es vorgesehen, dass in dem ersten Betriebsbereich das jeweilige Einblasen in einem Bereich von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 liegt. Mit anderen Worten ist es vorgesehen, dass in dem ersten Betriebsbereich der Einblasebeginn innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels in einem Bereich von einschließlich 320 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 liegt. Außerdem ist es vorgesehen, dass in dem zweiten Betriebsbereich des Gasmotors 10 das jeweilige Einblasen später als 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 beginnt, sodass in dem zweiten Betriebsbereich der Einblasebeginn innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels später als 190 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 liegt. Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn in dem ersten Betriebsbereich der Einblasebeginn innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels in einem Bereich von einschließlich 290 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 210 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 liegt. Ferner hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn in dem zweiten Betriebsbereich der Einblasebeginn innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 90 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 liegt. Ganz vorzugsweise ist es vorgesehen, dass in dem zweiten Betriebsbereich der Einblasebeginn innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels in einem Bereich von einschließlich 180 Grad Kurbelwinkel bis einschließlich 110 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 liegt.

In Fig. 1 veranschaulichen Pfeile 42 eine Strömung der Luft und somit des Gemisches in dem Brennraum 12. Es ist erkennbar, dass die durch die Pfeile 42 veranschaulichte Strömung des Gemisches in dem Brennraum 12 eine Tumble-Strömung, mithin eine tumbleförmige Strömung ist. Somit ist es bei dem Verfahren vorgesehen, dass insbesondere innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels die in Fig. 1 anhand der Pfeile 42 veranschaulichte Tumble-Strömung des Gemisches in dem Brennraum 12 bewirkt wird, sodass innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels das Gemisch tumbleförmig in den Brennraum 12 strömt.

Außerdem ist aus Fig. 1 erkennbar, dass der Kolben 16 eine auch als Brennraummulde oder Mulde bezeichnete Kolbenmulde 44 aufweist, welche insbesondere ein Teil des Brennraums 12 sein kann. Die Kolbenmulde 44 ist Wok- oder wannenförmig, wobei die Kolbenmulde 44 konvex gewölbt ist. Insbesondere ist es vorgesehen, dass die Kolbenmulde 44 bezüglich der Zylinderachse 34 zumindest im Wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildet ist und/oder die Kolbenmulde 44 kann bezüglich einer Symmetrieebene, in welcher die Zylinderachse 34 verläuft, spiegelsymmetrisch ausgebildet sein.

In Fig. 1 befindet sich der Kolben 16 in seinem unteren Totpunkt. In Fig. 2 befindet sich der Kolben 16 in einer Zwischenstellung, wobei der Kolben 16 die in Fig. 2 gezeigte Zwischenstellung bei 100 Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Zündtotpunkt des Kolbens 16 einnimmt.

Somit ist es vorzugsweise vorgesehen, dass der Einlasskanal 26 als ein Tumble-Kanal ausgebildet ist, mittels welchem die in dem Brennraum 14 stattfindende, auch als Tumble-Strömung bezeichnete, tumbleförmige Strömung der Luft und somit des Gemisches bewirkbar ist oder bewirkt wird.

Fig. 4 zeigt das Zündelement 30 ausschnittsweise in einer schematischen Perspektivansicht. Das Zündelement weist wenigstens zwei Elektroden 46 und 48 auf, wobei beispielsweise die Elektrode 46 auch als erste Element und die Elektrode 48 auch als zweite Element bezeichnet werden. Insbesondere ist denkbar, dass das Zündelement 30 die Elektrode 46 und mehrere, zweite Elektroden 48 aufweist. Mittels der Elektroden kann innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels wenigstens oder genau ein jeweiliger Zündfunke erzeugt werden, mittels welchem das jeweilige Gemisch des jeweiligen Arbeitsspiels zu zünden ist oder gezündet wird. Wird mittels der Elektroden 46 und 48 der Zündfunke erzeugt, so bildet sich der Zündfunke zwischen den Elektroden 46 und 48, insbesondere zwischen jeweiligen auch als Elektrodenbereiche bezeichneten Zündbereichen der Elektroden 46 und 48, aus, sodass ein erster der Zündbereiche der Zündbereich der Elektrode 46 und ein zweiter der Zündbereiche der Zündbereich der Elektrode 48 ist. Dabei sind die Elektroden 46 und 48, insbesondere die Zündbereiche, in einem Elektrodenabstand zueinander angeordnet. Um Vorentflammungen zu vermeiden und somit einen besonders vorteilhaften Betrieb des Gasmotors 10 realisieren zu können, liegt der Elektrodenabstand in einem Bereich von einschließlich 0,1 Millimeter bis einschließlich 1,5 Millimeter, insbesondere zwischen 0,3 Millimeter und 0,7 Millimeter.

Fig. 4 zeigt das Auslassventil 40 in einer schematischen Schnittansicht. Aus Fig. 3 ist erkennbar, dass das Auslassventil 40 in seinem Inneren 50 genau einen auch als Hohlraum bezeichneten oder als Hohlraum ausgebildeten Aufnahmeraum 52 aufweist, in welchem ein Wärmeabfuhrmittel 54 aufgenommen ist. Bei dem in Fig. 3 gezeigten Ausführungsbeispiel ist das Wärmeabfuhrmittel 54 Natrium, sodass das Auslassventil 40 ein natriumgefülltes und somit natriumgekühltes Auslassventil ist. Es ist erkennbar, dass der Aufnahmeraum 52 nicht vollständig mit dem Wärmeabfuhrmittel 54 gefüllt ist, sondern der Aufnahmeraum 52 ist beispielsweise zu höchstens 80%, insbesondere zu höchstens 60% und ganz insbesondere zu höchstens 50% mit dem Wärmeabfuhrmittel 54 gefüllt. Das Auslassventil 40 ist beispielsweise aus wenigstens oder genau zwei separat voneinander ausgebildeten und miteinander verbundenen Ventiltteilen 56 und 58 zusammengesetzt, die beispielsweise unter Ausbildung wenigstens einer Schweißnaht 60 miteinander verschweißt und dadurch miteinander verbunden sind.

Mittels der Wärmeabfuhrmittels 54 kann Wärme von einem ersten Teilbereich T1 des Auslassventils 40 in einen von dem ersten Teilbereich T1 unterschiedlichen, zweiten Teilbereich T2 des Auslassventils 40 abgeführt, mithin geleitet werden, wobei sich beispielsweise der Teilbereich T2, insbesondere direkt, an den Teilbereich T1 anschließt. Dabei ist es insbesondere vorgesehen, dass der Aufnahmeraum 52 jeweils teilweise sowohl in dem Teilbereich T1 als auch in dem Teilbereich T2 angeordnet ist. Insbesondere umfasst der Teilbereich T1 zumindest einen Teil eines Ventiltellers des vorliegend als Tellerventil ausgebildeten Auslassventils 40, dessen Ventilteller in der Schließstellung des Auslassventils 40 auf einem korrespondierenden Ventilsitz sitzt, wodurch der Auslasskanal 38 fluidisch versperrt ist. Der Teilbereich T2 umfasst zumindest einen Teil eines Ventilschafts des Auslassventils 40, welches über seinen Ventilschaft geführt an dem Zylinderkopf gehalten und dadurch relativ zu dem Zylinderkopf zwischen der Schließstellung und der Offenstellung geführt bewegbar, insbesondere verschiebbar, ist.

Beispielsweise weist das Auslassventil 40 einen Grundkörper 62 auf, dessen von dem Aufnahmeraum 52 abgewandte, außenumfangsseitige Oberfläche 64 zumindest oder ausschließlich lokal und somit teilweise mit einer Beschichtung 66 versehen ist, die insbesondere direkt auf die Oberfläche 64 aufgebracht ist. Der Grundkörper 62 ist beispielsweise aus einem ersten Material wie beispielsweise einem Stahl gebildet, wobei beispielsweise die Beschichtung 66 aus einem von dem ersten Material unterschiedlichen, zweiten Material gebildet ist. Insbesondere ist das zweite Material eine Chrom-Nickel-Legierung.

Vorzugsweise weist der Gasmotor 10 ein auch mit ε bezeichnetes Verdichtungsverhältnis auf, welches in einem Bereich von einschließlich 10 bis einschließlich 14, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 10 bis 13, liegt.

Der Injektor 22 weist wenigstens oder genau eine beispielsweise als Bohrung ausgebildete Austrittsöffnung auf, welche von dem gasförmigen Kraftstoff durchströmbar ist. Dies bedeutet, dass dann, wenn innerhalb des jeweiligen Arbeitsspiels mittels des Injektors 22 der gasförmige Kraftstoff direkt in den Brennraum 14 eingeblasen wird, der gasförmige Kraftstoff die Austrittsöffnung des Injektors 22 durchströmt, und zwar insbesondere entlang einer auch als Durchdringrichtung oder Durchdringungsrichtung bezeichneten Durchgangsrichtung der Austrittsöffnung. Die Durchdringrichtung der Austrittsöffnung verläuft gerade, mithin entlang einer Geraden, die beispielsweise mit einer dritten Mittelachse der Austrittsöffnung zusammenfällt. Insbesondere ist die Austrittsöffnung bezüglich der dritten, geraden Mittelachse der Austrittsöffnung zumindest im Wesentlichen rotationssymmetrisch ausgebildet. Dabei ist es denkbar, dass die Austrittsöffnung kreisrund und somit in Form eines Kreises ausgebildet ist, dessen Mittelpunkt auf der Geraden und somit auf der dritten Mittelachse der Austrittsöffnung liegt. Insbesondere verläuft die dritte Mittelachse der Austrittsöffnung senkrecht zu einer Ebene, in welcher sich die Austrittsöffnung erstreckt. Dabei ist vorzugsweise eine Schräglage der Austrittsöffnung bezüglich der Zylinderachse 34 vorgesehen, sodass die dritte Mittelachse der Austrittsöffnung mit der Zylinderachse 32 einen von 0 Grad und von 180 Grad und beispielsweise auch von 90 Grad unterschiedlichen Winkel, welcher auch als Öffnungswinkel bezeichnet wird, einschließt, wobei der Öffnungswinkel vorzugsweise in einem Bereich von einschließlich 10 Grad bis einschließlich 60 Grad liegt. Bei dem in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiel fällt die dritte Mittelachse der Austrittsöffnung mit der Mittelachse 36 des Injektors 22 zusammen, sodass die Mittelachse 36 des Injektors 22 die Mittelachse der Austrittsöffnung ist.

Bei dem Gasmotor 10 können übermäßig heiße Stellen, mithin Hotspots vermieden werden oder eine Anzahl von solchen Hotspots kann besonders gering gehalten werden, sodass Vorentflammungen vermieden werden können. Außerdem ist ein besonders wirkungsgradgünstiger Betrieb des Gasmotors 10 darstellbar, sodass der Gasmotor 10 vorteilhaft betrieben werden kann.

Bezugszeichenliste

10	Gasmotor
12	Zylinder
14	Brennraum
16	Kolben
18	Brennraumdach
20	Zylinderwand
22	Injektor
24	Wasserstoff
26	Einlasskanal
28	Einlassventil
30	Zündelement
32	Mittelachse
34	Zylinderachse
36	Mittelachse
38	Auslasskanal
40	Auslassventil
42	Pfeile
44	Kolbenmulde
46	Elektrode
48	Elektrode
50	Inneres
52	Aufnahmeraum
54	Wärmeabfuhrmittel
56	Ventilteil
58	Ventilteil
60	Schweißnaht
62	Grundkörper
64	Oberfläche
66	Beschichtung

Patentansprüche

1. Gasmotor (10), mit wenigstens einen Brennraum (12), welcher mit einem gasförmigen Kraftstoff (24) versorgbar ist, mit einem dem Brennraum (12) zugeordneten Zündelement (30), welches zwei in einem Elektrodenabstand zueinander angeordnete Elektroden (46, 48) aufweist, mittels welchen wenigstens ein Zündfunke zum Zünden eines zumindest den gasförmigen Kraftstoff und Luft umfassenden Gemisches erzeugbar ist, und mit wenigstens einem dem Brennraum (12) zugeordneten Gaswechselventil (40),
dadurch gekennzeichnet, dass:
 - der Elektrodenabstand in einem Bereich von einschließlich 0,1 Millimeter bis einschließlich 1,4 Millimeter liegt; und
 - das Gaswechselventil (40) in seinem Inneren (50) einen Aufnahmeraum (52) aufweist, in welchem ein Wärmeabfuhrmittel (54) aufgenommen ist, mittels welchem Wärme von einem ersten Teilbereich (T1) des Gaswechselventils (40) in einen zweiten Teilbereich (T2) des Gaswechselventils (40) abführbar ist.
2. Gasmotor (10) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Gasmotor (10) ein Verdichtungsverhältnis aufweist, welches in einem Bereich von einschließlich 10 bis einschließlich 14 liegt.
3. Gasmotor (10) nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Verdichtungsverhältnis in einem Bereich von einschließlich 10 bis einschließlich 13 liegt.
4. Gasmotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass

der Gasmotor (10) dazu ausgebildet ist, eine tumbleförmige Strömung der Luft in dem Brennraum (12) auszubilden.

5. Gasmotor (10) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasmotor (10) dazu ausgebildet ist, die tumbleförmige Strömung der Luft derart auszubilden, dass die tumbleförmige Strömung eine Tumble-Zahl aufweist, welche in einem Bereich von einschließlich 1,5 bis einschließlich 5 liegt.
6. Gasmotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass:
 - dem Brennraum (12) ein Injektor (22) zugeordnet ist, welcher eine von dem gasförmigen Kraftstoff durchströmbare Austrittsöffnung aufweist, über welche der gasförmige Kraftstoff aus dem Injektor (22) ausleitbar und direkt in den Brennraum (12) einblasbar ist; und
 - der Brennraum (12) teilweise durch einen einen Durchmesser aufweisenden Zylinder (14) gebildet ist, dessen Zylinderachse (34) in einem Abstand zu der Austrittsöffnung angeordnet ist.
7. Gasmotor (10) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Abstand in einem Bereich von einschließlich 3% bis einschließlich 50% des Durchmessers liegt.
8. Gasmotor (10) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Mittelachse (36) des Injektors (22) mit der Zylinderachse (34) einen Winkel einschließt, welcher in einem Bereich von einschließlich 10 Grad bis einschließlich 90 Grad, insbesondere in einem Bereich von einschließlich 10 Grad bis einschließlich 60 Grad, liegt.
9. Gasmotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasmotor (10) dazu ausgebildet ist, den gasförmigen Kraftstoff mit einem Druck, welcher in einem Bereich von einschließlich 3 bar bis einschließlich 200 bar,

insbesondere bis einschließlich 50 bar, liegt, direkt in den Brennraum (12) einzublasen.

10. Gasmotor (10) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in einem Bereich von einschließlich 3 bar bis einschließlich 35 bar liegt.
11. Gasmotor (10) nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck 20 bar beträgt.
12. Gasmotor (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasmotor (10) als ein Wasserstoffmotor ausgebildet ist.
13. Verfahren zum Betreiben eines Gasmotors (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
14. Kraftfahrzeug, mit einem Gasmotor (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei das Kraftfahrzeug mittels des Gasmotors (10) antreibbar ist.
15. Arbeitsmaschine, mit einem Gasmotor (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

1/3

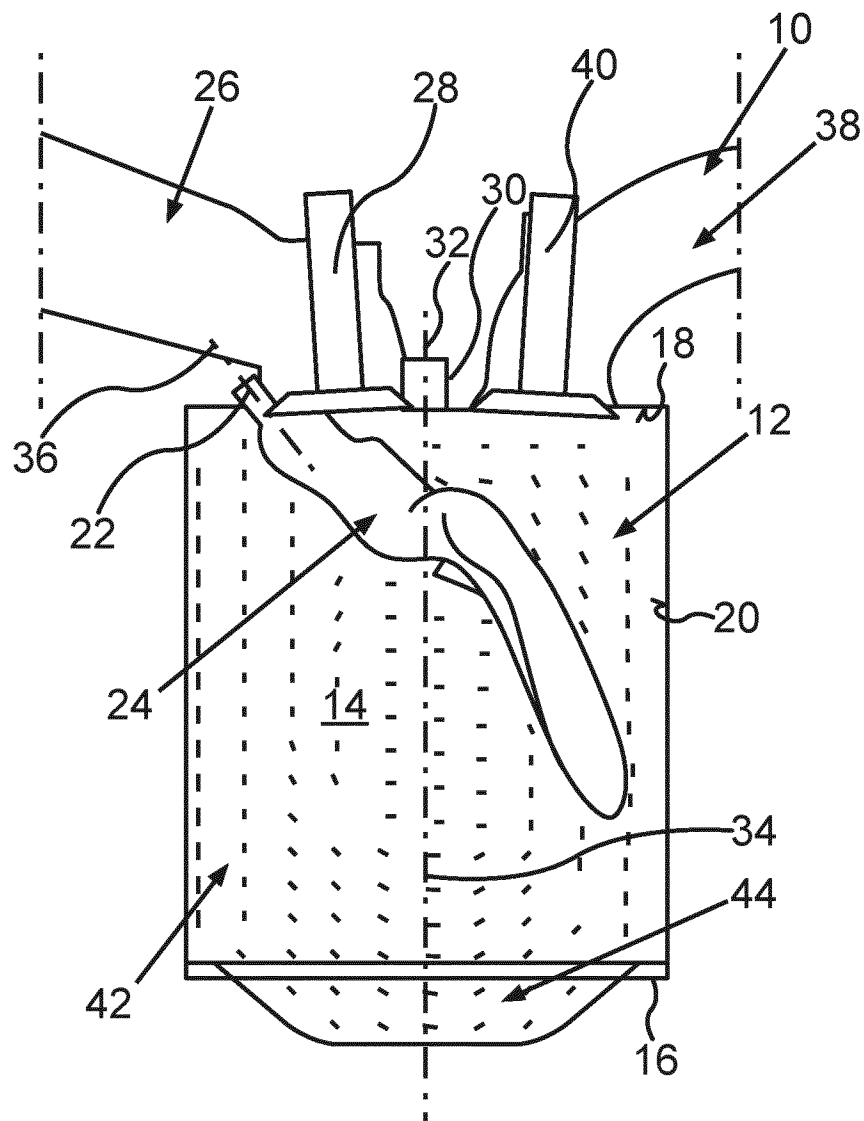


Fig. 1

2/3

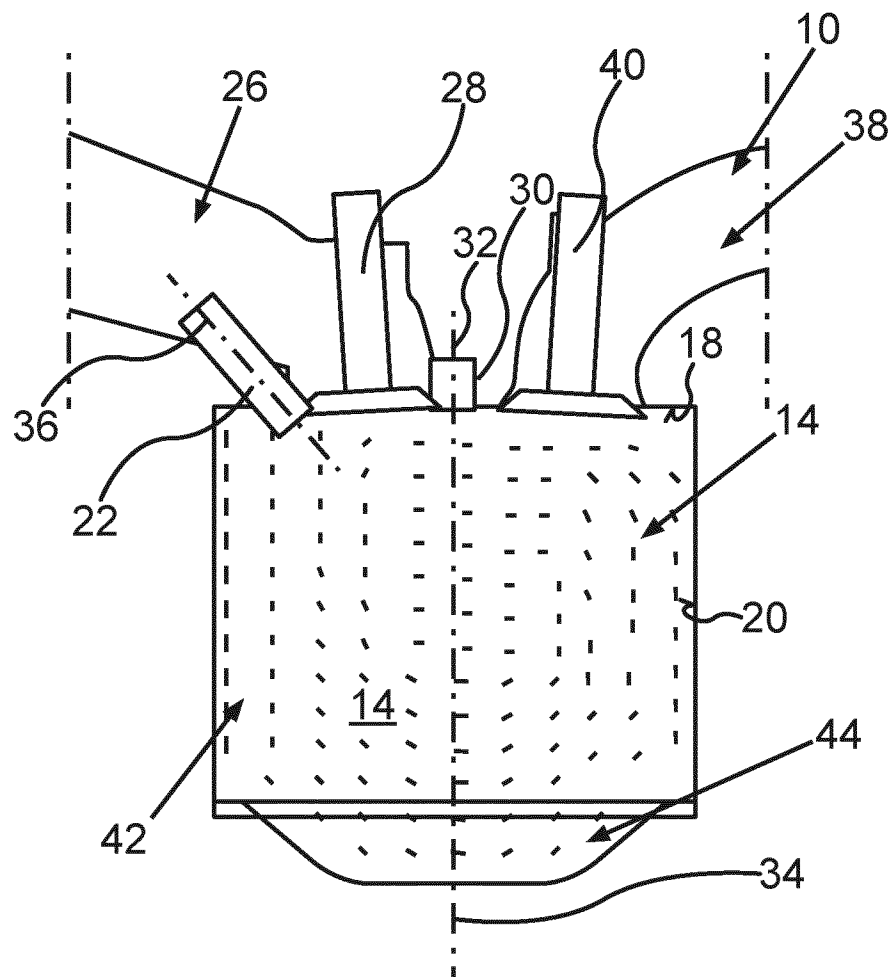


Fig.2

3/3

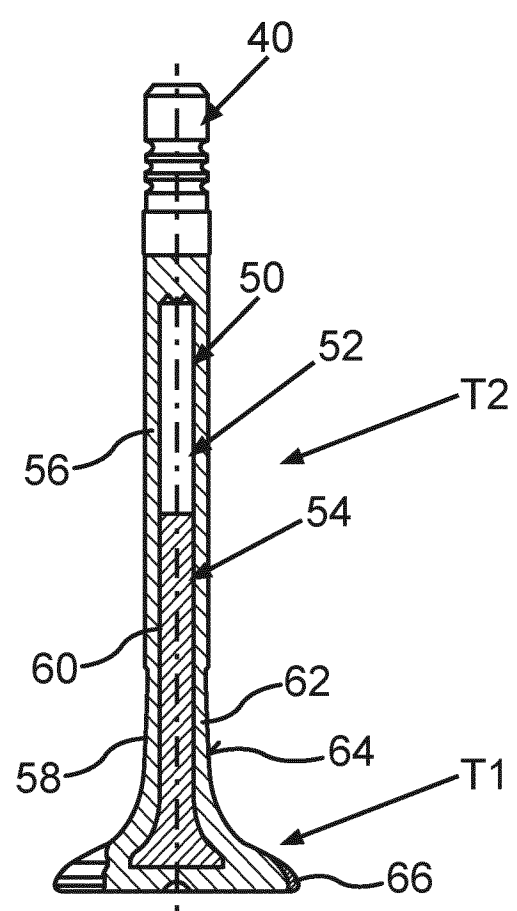


Fig.3

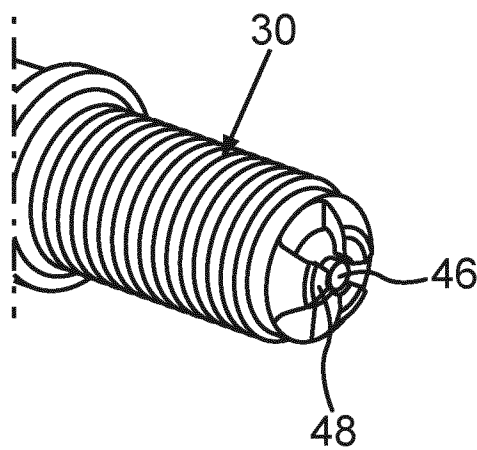


Fig.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2024/054334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**F02B 23/10**(2006.01)i; **F02B 43/10**(2006.01)i; **F02M 21/02**(2006.01)i; **F02B 75/12**(2006.01)n; **F01L 3/14**(2006.01)n

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02B; F02M; F01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 110905652 A (UNIV HARBIN ENG) 24 March 2020 (2020-03-24) paragraphs [0002], [0006], [0028] - paragraph [0030]; figures 1-4	1-15
Y	DE 1187856 B (BAYERISCHES LEICHTMETALLWERK K) 25 February 1965 (1965-02-25) column 3 - column 4; figures 1-3	1-11
Y	JP 5472456 B2 (.) 16 April 2014 (2014-04-16) paragraph [0007] - paragraph [0008]; figure 27	12-15
A	US 2002078919 A1 (YASUOKA TAKEHIKO [JP] ET AL) 27 June 2002 (2002-06-27) paragraphs [0064], [0065], [0147] - [0149], [0187]; figures 1-3	1-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 April 2024

Date of mailing of the international search report

07 May 2024

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands (Kingdom of the)

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Tietje, Kai

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2024/054334

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110905652	A	24 March 2020	NONE			
DE	1187856	B	25 February 1965	NONE			
JP	5472456	B2	16 April 2014	CN	102906408	A	30 January 2013
				EP	2565437	A1	06 March 2013
				JP	5472456	B2	16 April 2014
				JP	WO2011136151	A1	18 July 2013
				US	2011259290	A1	27 October 2011
				WO	2011136151	A1	03 November 2011
US	2002078919	A1	27 June 2002	CN	1372617	A	02 October 2002
				DE	60112678	T2	08 June 2006
				EP	1183450	A1	06 March 2002
				JP	4415497	B2	17 February 2010
				JP	2001342836	A	14 December 2001
				KR	20020022059	A	23 March 2002
				US	2002078919	A1	27 June 2002
				WO	0173277	A1	04 October 2001

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F02B23/10	F02B43/10 F02M21/02
ADD.	F02B75/12	F01L3/14
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02B F02M F01L		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	CN 110 905 652 A (UNIV HARBIN ENG) 24. März 2020 (2020-03-24) Absätze [0002], [0006], [0028] - Absatz [0030]; Abbildungen 1-4 -----	1-15
Y	DE 11 87 856 B (BAYERISCHES LEICHTMETALLWERK K) 25. Februar 1965 (1965-02-25) Spalte 3 - Spalte 4; Abbildungen 1-3 -----	1-11
Y	JP 5 472456 B2 (.) 16. April 2014 (2014-04-16) Absatz [0007] - Absatz [0008]; Abbildung 27 -----	12-15
A	US 2002/078919 A1 (YASUOKA TAKEHIKO [JP] ET AL) 27. Juni 2002 (2002-06-27) Absätze [0064], [0065], [0147] - [0149], [0187]; Abbildungen 1-3 -----	1-15
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung:: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 25. April 2024		Absdtedatum des internationalen Recherchenberichts 07/05/2024
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Tietje, Kai

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2024/054334

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CN 110905652	A	24-03-2020	KEINE
DE 1187856	B	25-02-1965	KEINE
JP 5472456	B2	16-04-2014	CN 102906408 A 30-01-2013 EP 2565437 A1 06-03-2013 JP 5472456 B2 16-04-2014 JP WO2011136151 A1 18-07-2013 US 2011259290 A1 27-10-2011 WO 2011136151 A1 03-11-2011
US 2002078919	A1	27-06-2002	CN 1372617 A 02-10-2002 DE 60112678 T2 08-06-2006 EP 1183450 A1 06-03-2002 JP 4415497 B2 17-02-2010 JP 2001342836 A 14-12-2001 KR 20020022059 A 23-03-2002 US 2002078919 A1 27-06-2002 WO 0173277 A1 04-10-2001