

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50217/2023 (51) Int. Cl.: **F02B 19/18** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 23.03.2023 **F02B 19/12** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2024

(56) Entgegenhaltungen:
CN 101858245 A
EP 3530902 A1
EP 3536923 A1
EP 3431745 A1
US 2018230895 A1
US 4646695 A
DE 102017009235 A1
DE 102017009228 A1

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

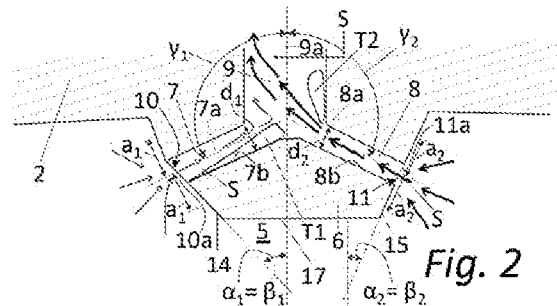
(72) Erfinder:
Schäfer Karl-Heinz Dipl.-Ing.
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.
1080 WIEN (AT)

(54) **VORKAMMEREINHEIT**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorkammereinheit (1) für eine Brennkraftmaschine, welche einen eine Vorkammer (3) bildenden Vorkammerkörper (2) mit einer Düsenkappe (4) aufweist, die ausgebildet ist, um in einen Brennraum (5) einer Brennkraftmaschine zu münden, wobei die Vorkammer (3) über einen zentralen Verbindungskanal (9) und zumindest einen ersten Düsenkanal (7) mit einer ersten Mündung (10) in der Düsenkappe (4) und zumindest einen zweiten Düsenkanal (8) mit einer zweiten Mündung (11) in der Düsenkappe (4) strömungsverbunden ist, wobei die Düsenkanäle (7, 8) von dem Verbindungskanal (9) abzweigen und an unterschiedlichen Seiten einer durch eine Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) verlaufenden Hochebene (ϵ) der Vorkammereinheit (1) angeordnet sind, wobei in die Vorkammer (3) eine Zündkerze (13) einmündet.

Um in der Vorkammer (3) eine stabile Entzündung und eine schnelle Flammenausbreitung in den Brennraum (5) zu ermöglichen ist vorgesehen, dass ein erster Düsenkappenwinkel (α_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Düsenkappenwinkel (α_2) der zweiten Mündung (11) und/oder ein erster Mündungsflächenwinkel (β_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Mündungsflächenwinkel (β_2) der zweiten Mündung (11) unterschiedlich ausgebildet ist/sind.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine Vorkammereinheit (1) für eine Brennkraftmaschine, welche einen eine Vorkammer (3) bildenden Vorkammerkörper (2) mit einer Düsenkappe (4) aufweist, die ausgebildet ist, um in einen Brennraum (5) einer Brennkraftmaschine zu münden, wobei die Vorkammer (3) über einen zentralen Verbindungskanal (9) und zumindest einen ersten Düsenkanal (7) mit einer ersten Mündung (10) in der Düsenkappe (4) und zumindest einen zweiten Düsenkanal (8) mit einer zweiten Mündung (11) in der Düsenkappe (4) strömungsverbunden ist, wobei die Düsenkanäle (7, 8) von dem Verbindungskanal (9) abzweigen und an unterschiedlichen Seiten einer durch eine Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) verlaufenden Hochebene (ϵ) der Vorkammereinheit (1) angeordnet sind, wobei in die Vorkammer (3) eine Zündkerze (13) einmündet.

Um in der Vorkammer (3) eine stabile Entzündung und eine schnelle Flammenausbreitung in den Brennraum (5) zu ermöglichen ist vorgesehen, dass ein erster Düsenkappenwinkel (α_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Düsenkappenwinkel (α_2) der zweiten Mündung (11) und/oder ein erster Mündungsflächenwinkel (β_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Mündungsflächenwinkel (β_2) der zweiten Mündung (11) unterschiedlich ausgebildet ist/sind.

Fig. 2

Die Erfindung betrifft eine Vorkammereinheit für eine Brennkraftmaschine, welche einen eine Vorkammer bildenden Vorkammerkörper mit einer Düsenkappe aufweist, die ausgebildet ist, um in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine zu münden, wobei die Vorkammer über einen zentralen Verbindungskanal und zumindest einen ersten Düsenkanal mit einer ersten Mündung in der Düsenkappe und zumindest einen zweiten Düsenkanal mit einer zweiten Mündung in der Düsenkappe strömungsverbunden ist, wobei die Düsenkanäle von dem Verbindungskanal abzweigen und an unterschiedlichen Seiten einer durch eine Längsachse des Verbindungskanals verlaufenden Hochebene der Vorkammereinheit angeordnet sind, wobei in die Vorkammer eine Zündkerze einmündet. Weiters betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer solchen Vorkammereinheit und eine Brennkraftmaschine mit einer solchen Vorkammereinheit.

Aus der EP 3 431 745 A1 ist eine Vorkammereinheit für eine Brennkraftmaschine bekannt. Die Vorkammer der Vorkammereinheit ist über eine zentrale Verbindungsbohrung und von diesem ausgehende Düsenkanäle mit Mündungen in einer symmetrisch geformten Düsenkappe verbunden.

Die DE 2017 009 235 A1 und die DE 2017 009 228 A1 offenbaren jeweils eine Vorkammerzündkerze mit verschieden geneigten Einströmöffnungen. Über die Neigungen der Einströmöffnungen zur Vorkammerachse wird wesentlich die Strömung zur Zündkerze beeinflusst.

Die US 2018/0230895 A1 offenbart eine Vorkammerzündkerze, bei der die Neigung der Verbindungsöffnung so gestaltet ist, dass die Strömung leichter auf der Seite des Einlasses einströmen kann.

Die US 4,646,695 A zeigt eine Vorkammerzündkerze deren Eintrittskanäle speziell geformt sind, um eine Drallströmung zu erreichen.

Das Verbrennungssystem einer Brennkraftmaschine ist in der Regel hinsichtlich Gemisch, Strömungsgeschwindigkeit, Turbulenz und Abgasrückführung so ausgelegt, dass an der Zündkerze optimale Bedingungen herrschen, die für einen stabilen Zündfunken und eine schnelle frühe Flammenausbreitung sorgen. Im Falle einer Vorkammer mit Zündkerze sind die Konstruktion der Vorkammer, aber auch

die Strömungsverbindungen zwischen Hauptbrennraum und Vorkammer und die Art und Weise, wie die Strömung in die Vorkammer, von großer Bedeutung, um einen stabilen Zündfunken und eine schnelle frühe Flammenausbreitung zu ermöglichen.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer Vorkammer eine stabile Entzündung und eine schnelle Flammenausbreitung in den Brennraum zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass

- ein erster Düsenkappenwinkel der ersten Mündung und ein zweiter Düsenkappenwinkel der zweiten Mündung und/oder
- ein erster Mündungsflächenwinkel der ersten Mündung und ein zweiter Mündungsflächenwinkel der zweiten Mündung

unterschiedlich ausgebildet ist/sind, wobei

der erste Düsenkappenwinkel zwischen der Längsachse des Verbindungskanals und einer an die erste Mündung, vorzugsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser des ersten Düsenkanals entsprechenden ersten Abstandes von einer ersten Mittelachse des ersten Düsenkanals, besonders vorzugsweise in Richtung des Düsenkappenendes, anschließenden ersten Düsenkappenfläche oder einer Tangente an die ersten Düsenkappenfläche definiert ist, und der zweite Düsenkappenwinkel zwischen der Längsachse des Verbindungskanals und einer an die zweite Mündung, vorzugsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser des zweiten Düsenkanals entsprechenden zweiten Abstandes von einer zweiten Mittelachse des zweiten Düsenkanals, besonders vorzugsweise in Richtung des Düsenkappenendes, anschließenden zweiten Düsenkappenfläche oder einer Tangente an die zweite Düsenkappenfläche definiert ist,

der erste Mündungsflächenwinkel zwischen einer Längsachse des Verbindungskanals und der ersten Mündungsfläche der ersten Mündung oder einer Tangente an die erste Mündungsfläche der ersten Mündung definiert ist, und der zweite Mündungsflächenwinkel zwischen der Längsachse des Verbindungskanals und der zweiten Mündungsfläche der zweiten Mündung oder einer Tangente an die zweite Mündungsfläche der zweiten Mündung definiert ist.

In einer fertigungstechnisch einfachen Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass zumindest eine an zumindest eine Mündung des Düsenkanals anschließende Düsenkappenfläche materialabtragend oder materialauftragend bearbeitet ist.

Eine Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass die Düsenkappe durch die materialabtragende oder materialauftragende Bearbeitung - asymmetrisch geformt ist,

Besonders günstig ist es, wenn der erste Düsenkappenwinkel größer ist als der zweite Düsenkappenwinkel, wobei vorzugsweise der erste Düsenkappenwinkel um mindestens 10° , besonders vorzugsweise mindestens 20° größer ist als der zweite Düsenkappenwinkel. Der erste Düsenkappenwinkel kann mindestens etwa 30° , vorzugsweise mindestens etwa 40° und/oder der zweite Düsenkappenwinkel weniger als etwa 45° , vorzugsweise maximal 30° betragen.

Alternativ oder zusätzlich kann gemäß einer Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen sein, dass der erste Mündungsflächenwinkel größer ist als der zweite Mündungsflächenwinkel, wobei vorzugsweise der erste Mündungsflächenwinkel um mindestens 10° , besonders vorzugsweise mindestens 20° größer ist als der zweite Mündungsflächenwinkel. Vorteilhafterweise beträgt der erste Mündungsflächenwinkel mindestens etwa 30° , vorzugsweise mindestens etwa 40° und der zweite Mündungsflächenwinkel weniger als etwa 45° , vorzugsweise maximal 30° .

Die unterschiedlichen Winkel bewirken eine asymmetrische Einströmung in die Vorkammer.

Durch die unterschiedlichen Düsenkappenwinkel und/oder die unterschiedlichen Mündungsflächenwinkel kommt es beim Einströmen in den ersten Düsenkanal zu einer Strömungsablösung auf der dem Düsenkappenende zugewandten Seite des zweiten Düsenkanals, was eine Drosselung der Strömung bewirkt.

Durch den größeren ersten Düsenkappenwinkel bzw. den größeren ersten Mündungsflächenwinkel im Bereich der ersten Mündung wird eine Drosselwirkung innerhalb des ersten Düsenkanals beim Einströmen des Gases aus dem Brennraum in den ersten Düsenkanal erreicht, wodurch der Durchfluss verringert wird. Der

kleinere Düsenkappenwinkel bzw. der kleinere Mündungsflächenwinkel im Bereich der zweiten Mündung hingegen ermöglicht eine ungedrosselte Strömung durch den zweiten Düsenkanal. Durch die ungleiche Einströmung aus dem ersten Düsenkanal und dem zweiten Düsenkanal in den Verbindungskanal kommt es in diesem zu einer asymmetrischen Strömung auf der dem zweiten Düsenkanal zugewandten Seite der Hochebene. Diese asymmetrische Strömung setzt sich in die Vorkammer fort. Somit entsteht beim Eintritt in die Vorkammer ein asymmetrisches Strömungsbild, wobei sich eine Walzenströmung ausbildet, die von der Seite des ersten Düsenkanals über die Vorkammerdecke zur Seite des zweiten Düsenkanals verläuft.

Auf diese Weise wird in der Vorkammer in zumindest einem Betriebsbereich eine Walzenströmung um eine Drehachse initiiert, deren Drehachse parallel zur Hochebene ist, vorzugsweise in der Hochebene liegt.

Versuche haben gezeigt, dass im Falle einer Vorkammer mit Zündkerze die Form der Vorkammer sowie die Strömungsverbindungen zwischen Hauptbrennraum und Vorkammer und die Art der Strömung in die Vorkammer von großer Bedeutung ist, um einen stabilen Zündfunken und eine schnelle frühe Flammenausbreitung zu ermöglichen. Es hat sich gezeigt, dass die besten Ergebnisse erzielt werden können, wenn in der Vorkammer insbesondere während des Kompressionshubes vor der Zündung eine Walzenströmung durch asymmetrische Einströmung in die Vorkammer erzeugt wird. Bevorzugt wird die asymmetrische Einströmung dadurch erzeugt, dass zumindest eine an zumindest eine erste Mündung eines Düsenkanals anschließende erste Düsenkappenfläche materialabtragend oder materialauftragend gefertigt oder bearbeitet wird. Dadurch kann eine stabile Strömung erzeugt und genügend Turbulenzen an der Zündkerze und in der gesamten Vorkammer sowie ein zündfähiges Gemisch erzeugt werden.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass der erste Düsenkanal mit dem Verbindungskanal einen ersten Düsenkanalwinkel und der zweite Düsenkanal mit dem Verbindungskanal einen zweiten Düsenkanalwinkel aufspannt, wobei vorzugsweise der erste Düsenkanalwinkel gleich ist dem zweiten Düsenkanalwinkel und insbesondere 100° bis 140° , besonders vorzugsweise 110° bis 120° beträgt.

Zumindest die erste Düsenkappenfläche kann im Bereich der ersten Mündung eben ausgebildet sein. Dies ermöglicht eine einfache materialabtragende, beispielsweise spanende, Bearbeitung.

Die Vorkammer kann als passive Vorkammer mit einer Zündkerze ohne eine in diese mündende Einspritzeinrichtung oder als aktive Vorkammer mit zumindest einer Zündkerze und zumindest einer in diese einmündende Kraftstoffeinspritzeinrichtung ausgebildet sein.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung mit einer aktiven Vorkammer ist vorgesehen, dass auf einer der Zündkerze abgewandten Seite der Hochebene eine Einspritzeinrichtung in die Vorkammer einmündet. Dabei können die Zündkerze und der erste Düsenkanal auf derselben Seite der Hochebene angeordnet sein. In einer alternativen Ausführung sind die Zündkerze und der zweite Düsenkanal auf derselben Seite der Hochebene angeordnet.

Bei Ausführungen mit aktiver Vorkammer ist es vorteilhaft für eine stabile Entzündung und eine schnelle Flammenausbreitung, wenn die Vorkammer eine im Wesentlichen pilzförmige Gestalt aufweist, wobei die Vorkammer einen im Wesentlichen sphärischen oder ellipsoiden oder scheibenförmigen Zentralraum im Anschluss an den Verbindungskanal und einen sphärischen, ellipsoide, domförmigen oder scheibenförmigen Deckenraum zwischen dem Zentralraum und der Vorkammerdecke aufweist, wobei vorzugsweise das Volumen des Deckenraumes größer ist als das Volumen des Zentralraumes. Insbesondere ist es günstig, wenn ein größter Durchmesser des Deckenraumes etwa 1,5 bis 2,5-mal so groß, beispielsweise doppelt so groß wie ein größter Durchmesser des Zentralraumes.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass die Zündkerze eine Masseelektrode und eine Mittelelektrode aufweist, wobei die Masseelektrode quer zur Walzenströmung in der Vorkammer angeordnet ist. Alternativ dazu kann vorgesehen sein, dass die Masseelektrode parallel zur Walzenströmung in der Vorkammer ausgebildet ist.

Die Vorkammer mit einer aktiven Vorkammer eignet sich beispielsweise für eine fremdgezündete Brennkraftmaschine, bei der zumindest ein Einlasskanal auf einer Einlassseite und zumindest ein Auslasskanal auf einer der Einlassseite – bezogen auf eine durch zumindest zwei Zylinderachsen aufgespannte

Motorhochebene – gegenüberliegende Auslassseite angeordnet sind, wobei die Zündkerze auf der Auslassseite angeordnet ist. Vorzugsweise fällt die Hochebene der Vorkammer mit der Motorhochebene zusammen.

Das erfindungsgemäße Verfahren mit einer aktiven Vorkammer sieht vor, dass während zumindest eines Kompressionshubes eine Walzenströmung in der Vorkammer durch asymmetrische Einströmung in die Vorkammer erzeugt wird, wobei vorzugsweise die asymmetrische Einströmung dadurch erzeugt wird, dass zumindest eine an zumindest eine Mündung eines Düsenkanals anschließende Düsenkappenfläche materialabtragend oder materialauftragend gefertigt oder bearbeitet wird.

Die Herstellung der Vorkammereinheit erfolgt erfindungsgemäß mit einem Verfahren, welches vorsieht, dass zumindest eine an zumindest eine Mündung eines Düsenkanals anschließende Düsenkappenfläche materialabtragend oder materialauftragend bearbeitet wird.

Unter materialabtragender Bearbeitung ist hier eine mechanische, insbesondere spanende Bearbeitung, wie beispielsweise Fräsen, Drehen, Stoßen, Schleifen, Honen, oder ein thermisches Abtragen wie funkenerosives Abtragen, oder ein elektrochemisches Abtragen zu verstehen. Unter einer materialauftragenden Bearbeitung ist beispielsweise ein additives Fertigungsverfahren zu verstehen.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren gezeigten nicht einschränkenden Ausführungen näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Vorkammereinheit in einem Längsschnitt in einer ersten Ausführungsvariante;

Fig. 2 Das Detail II aus Fig. 1;

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Vorkammereinheit in einer zweiten Ausführungsvariante in einer Detailansicht analog zu Fig. 2;

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Vorkammereinheit in einer dritten Ausführungsvariante in einer Detailansicht analog zu Fig. 2;

Fig. 5 eine erfindungsgemäße Vorkammereinheit in einer vierten Ausführungsvariante in einer Detailansicht analog zu Fig. 2;

Fig. 6 eine erfindungsgemäße Vorkammereinheit in einer fünften Ausführungsvariante in einer Detailansicht analog zu Fig. 2;

Fig. 7 die Vorkammereinheit aus Fig. 1 mit eingezeichnetem Strömungsverlauf;

Fig. 8 eine erfindungsgemäße Vorkammereinheit in einem Längsschnitt in einer sechsten Ausführungsvariante mit eingezeichnetem Strömungsverlauf; und

Fig. 9 eine erfindungsgemäße Vorkammereinheit in einem Längsschnitt in einer siebenten Ausführungsvariante mit eingezeichnetem Strömungsverlauf

In den Figuren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Die Figuren zeigen eine Vorkammereinheit 1 für eine fremdgezündete Brennkraftmaschine mit einem oder mehreren Zylindern, im eingebauten Zustand. Die Vorkammereinheit 1 weist einen Vorkammerkörper 2 auf, welcher beispielsweise eine aktive Vorkammer 3 ausbildet. Die Vorkammereinheit 1 ist im Zylinderkopf ZK der Brennkraftmaschine befestigt und mündet über eine Düsenkappe 4 an einem unteren ersten Ende 1a der Vorkammereinheit 1 in einen Brennraum 5 eines Zylinders der Brennkraftmaschine. Die konisch zu einem Düsenkappenende 6 zulaufende Düsenkappe 4 weist eine gerade oder ungerade Anzahl an durch Bohrungen gebildete Düsenkanäle 7, 8 auf.

Die Vorkammer 3 ist über einen zentralen Verbindungskanal 9 und zumindest einen ersten Düsenkanal 7 mit einer ersten Mündung 10 in der Düsenkappe 4 und zumindest einen zweiten Düsenkanal 8 mit einer zweiten Mündung 11 in der Düsenkappe 4 strömungsverbunden. Die ersten 7 und zweiten Düsenkanäle 8 zweigen von dem Verbindungskanal 9 ab und sind an unterschiedlichen Seiten einer durch die Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 verlaufenden Hochebene ϵ der Vorkammereinheit 1 angeordnet. In die Vorkammer 3 mündet im Bereich einer Vorkammerdecke 12, die an einem der Düsenkappe 4 abgewandten oberen zweiten 1b Ende der Vorkammereinheit 1 angeordnet ist, auf einer Seite der Hochebene ϵ eine Zündkerze 13 ein. Mit Bezugszeichen 13b ist eine im Bereich der

Zündkerzenlängsachse 13a angeordnete Mittelelektrode und mit die 13c eine hakenförmige Masseelektrode bezeichnet.

Durch beispielsweise materialabtragende Bearbeitung der an die Mündungen 10, 11 der Übertrittskanäle 7, 8 anschließenden Düsenkappenflächen 14, 15 können optimale Bedingungen in der Vorkammer 3 sichergestellt werden, so dass ein stabiler Zündfunken und eine schnelle frühe Flammenausbreitung gewährleistet ist.

Die Art der Bearbeitung hängt von der Form der Vorkammer 3 und den darin enthaltenen Bauteilen – Zündkerze 13, Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 - ab. Die Art der gewünschten Strömung hängt von der Einspritzstrategie ab.

Die Bearbeitung der Düsenkappenflächen 14, 15 kann dazu genutzt werden, den Durchfluss durch die verschiedenen Düsenkanäle 7, 8 unterschiedlich zu regulieren, z.B. durch Drosselung des Durchflusses durch Bearbeitung um eine stärkere Strömung S auf einer Seite der Vorkammer 3 zu erzeugen, um ein definiertes Strömungsmuster wie eine Walzenströmung S in der Vorkammer 3 zu realisieren. Die Lage des Zentrums und die Drehrichtung der Walzenströmung W können ebenfalls gesteuert werden. Die Stärke der Strömung ist in den Fig. mit den Pfeilen S angedeutet.

Die Intensität der Drosselung hängt davon ab, wie stark die Ladungsbewegung sein soll und von dem gewünschten Ort der Drehachse M der Walzenströmung W.

Die Fig. 1, 7, 8, 9 zeigen jeweils Vorkammereinheiten 1 mit einer aktiven Vorkammer 3. Dabei mündet in die Vorkammer 3 neben einer Zündkerze 13 auch eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 im Bereich der Vorkammerdecke 12 ein, wobei die Zündkerze 13 und die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 an unterschiedlichen Seiten der Hochebene ϵ angeordnet sind. Mit Bezugszeichen 16a ist die Längsachse der Kraftstoffeinspritzeinrichtung bezeichnet.

In den gezeigten Ausführungsbeispielen ist die Düsenkappe 4 durch eine materialabtragende oder materialauftragende Bearbeitung asymmetrisch bezüglich der Hochebene ϵ geformt. Die Düsenkappe 4 kann dabei beispielsweise eine prismatische Form aufweisen. Die Spitze der Düsenkappe 4, also das Düsenkappenende 6 kann abgeflacht sein, die Abflachung ist mit Bezugszeichen 17 angedeutet.

In Richtung des Düsenkappenendes 6 schließt an die erste Mündung 10 des ersten Düsenkanals 7 eine erste Düsenkappenfläche 14 an und in Richtung des Düsenkappenendes 6 schließt an die zweite Mündung 11 des zweiten Düsenkanals 8 eine zweite Düsenkappenfläche 15 an. Zwischen der Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 und der ersten Düsenkappenfläche 14 ist ein erster Düsenkappenwinkel α_1 und zwischen der Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 und der zweiten Düsenkappenfläche 15 ist ein zweiter Düsenkappenwinkel α_2 ausgebildet, welcher kleiner als der erste Düsenkappenwinkel α_1 ist.

Der erste Düsenkappenwinkel α_1 ist zwischen der Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 und einer an die erste Mündung 10 - beispielsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser d_1 des ersten Düsenkanals 7 entsprechenden ersten Abstandes a_1 von einer ersten Mittelachse 7a des ersten Düsenkanals 7 - anschließenden ersten Düsenkappenfläche 14 oder einer Tangente an die erste Düsenkappenfläche 14 definiert. Die erste Düsenkappenfläche 14 erstreckt sich dabei - von dem ersten Düsenkanal 7 ausgehend - beispielsweise in Richtung des Düsenkappenendes 6.

Der zweite Düsenkappenwinkel α_2 ist zwischen der Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 und einer an die zweite Mündung 10 - beispielsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser d_2 des zweiten Düsenkanals 8 entsprechenden zweiten Abstandes a_2 von einer zweiten Mittelachse 8a des zweiten Düsenkanals 8 - anschließenden zweiten Düsenkappenfläche 15 oder einer Tangente an die zweite Düsenkappenfläche 15 definiert. Die zweite Düsenkappenfläche 15 erstreckt sich dabei - von dem zweiten Düsenkanal 8 ausgehend - beispielsweise in Richtung des Düsenkappenendes 6.

Der erste Düsenkappenwinkel α_1 ist insbesondere um mindestens 10° , günstigerweise um mindestens 20° größer als der zweite Düsenkappenwinkel α_2 .

Der erste Düsenkappenwinkel α_1 beträgt beispielsweise mindestens etwa 30° , insbesondere mindestens etwa 40° . Der der zweite Düsenkappenwinkel α_2 beträgt beispielsweise weniger als etwa 45° , vorzugsweise maximal 30° .

Alternativ oder zusätzlich zu dem Unterschied zwischen dem ersten Düsenkappenwinkel α_1 und dem zweiten Düsenkappenwinkel α_2 kann vorgesehen

sein, dass ein erster Mündungsflächenwinkel β_1 der ersten Mündung 10 und ein zweiter Mündungsflächenwinkel β_2 der zweiten Mündung 11 unterschiedlich sind.

Der erste Mündungsflächenwinkel β_1 ist zwischen einer Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 und der ersten Mündungsfläche 10a der ersten Mündung 10 oder einer Tangente an die erste Mündungsfläche 10a der ersten Mündung 10 definiert. Der zweite Mündungsflächenwinkel β_2 ist zwischen der Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 und der zweiten Mündungsfläche 11a der zweiten Mündung 11 oder einer Tangente an die zweite Mündungsfläche 11a der zweiten Mündung 11 definiert.

Die erste Mündungsfläche 10a wird durch die Verschneidungslinie des ersten Düsenkanals 7 mit der ersten Düsenkappenfläche 14 und die zweite Mündungsfläche 11a wird durch die Verschneidungslinie des zweiten Düsenkanals 8 mit der zweiten Düsenkappenfläche 15 gebildet.

Der erste Mündungsflächenwinkel β_1 ist - vorzugsweise um mindestens 10° , besonders vorzugsweise um mindestens 20° - größer als der zweite Mündungsflächenwinkel β_2 .

Bei den gezeigten Ausführungsvarianten ist der zweite Düsenkappenwinkel α_2 und der zweite Mündungsflächenwinkel β_2 jeweils gleich ausgebildet. Der zweite Düsenkappenwinkel α_2 und der zweite Mündungsflächenwinkel β_2 können aber auch unterschiedlich ausgebildet sein.

Fig. 2 und 5 zeigen Ausführungsvariante der Erfindung, bei der der erste Düsenkappenwinkel α_1 und der zweite Mündungsflächenwinkel β_1 jeweils gleich ausgebildet sind. In Fig. 2 sind die erste Mündungsfläche 10a und die Düsenkappenfläche 14 nur auf einer Seite der Mündung 10, also in der Fig. 2 unterhalb des ersten Düsenkanals 7 bearbeitet, in Fig. 5 hingegen ist die Düsenkappenfläche 14 auf beiden Seiten des ersten Düsenkanals 7 materialabtragend bearbeitet.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsvariante der Erfindung, bei der die erste Mündungsfläche 10a nicht bearbeitet ist, sondern nur die Düsenkappenfläche 14 unterhalb der Mündung 10, also auf der dem Düsenkappenendes 6 zugewandten Seite des ersten Düsenkanals 7.

In den in Fig. 4 und 6 dargestellten Ausführungen sind die erste Düsenkappenfläche 14 als auch die erste Mündungsfläche 10a bearbeitet, wobei der erste Düsenkappenwinkel α_1 und der erste Mündungsflächenwinkel β_1 unterschiedlich ausgebildet sind und somit eine Abstufung zwischen der ersten Mündungsfläche 10a und der ersten Düsenkappenfläche 14 ausgeprägt ist. In Fig. 4 sind der erste Mündungsflächenwinkel β_1 und der zweite erste Mündungsflächenwinkel β_2 gleich ausgebildet, in Fig. 6 dagegen unterschiedlich.

Die erste Mittelachse 7a des ersten Düsenkanal 7 spannt mit der Längsachse 9a des Verbindungskanal 9 einen ersten Düsenkanalwinkel γ_1 und die zweite Mittelachse 8a des zweiten Düsenkanals 8 mit der Längsachse 9a des Verbindungskanals 9 einen zweiten Düsenkanalwinkel γ_2 auf. Der erste Düsenkanalwinkel γ_1 und der zweite Düsenkanalwinkel γ_2 sind hier gleich ausgebildet. Im Ausführungsbeispiel sind der erste Düsenkanal 7 und der zweite Düsenkanal 8 symmetrisch in Bezug zur Hochebene ε der Vorkammereinheit 1 ausgebildet. Der erste Düsenkanalwinkel γ_1 bzw. der zweite Düsenkanalwinkel γ_2 kann zwischen 100° bis 140° , beispielsweise 110° bis 120° betragen.

Die erste 14 und/oder die zweite Düsenkappenfläche(n) 15 wird/werden beispielsweise durch materialabtragende, etwa spanende Bearbeitung, gefertigt und können beispielsweise eben ausgebildet sein. Alternativ oder zusätzlich zur materialabtragenden Bearbeitung ist auch eine materialauftragende Bearbeitung möglich.

Die Art der Bearbeitung hängt prinzipiell von der Form der Vorkammer 3 und den darin enthaltenen Bauteilen – Zündkerze 13 und/oder, Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 - ab. Die Art der gewünschten Strömung hängt von der Einspritzstrategie und der Art der Vorkammer 3 - passive Vorkammer 3 ohne Einspritzung in die Vorkammer 3 oder aktive Vorkammer 3 mit Einspritzung - ab.

In den gezeigten Ausführungsvarianten hat die Vorkammer 3 - ohne Verbindungskanal 9 - eine im Wesentlichen pilzförmige Gestalt oder hat - mit dem Verbindungskanal 9 - eine im Wesentlichen laternenartige Form. Die eigentliche Vorkammer 3 weist dabei einen im Wesentlichen sphärischen oder ellipsoiden oder scheibenförmigen Zentralraum 3a im Anschluss an den Verbindungskanal 9 und einen sphärischen, ellipsoide, domförmigen oder scheibenförmigen Deckenraum 3b zwischen dem Zentralraum 3a und der Vorkammerdecke 12 auf, wobei das

Volumen des Deckenraumes 3b größer ist als das Volumen des Zentralraumes 3a. Der größte Durchmesser D_2 des Deckenraumes 3b ist etwa 1,5 bis 2,5-mal so groß, beispielsweise doppelt so groß wie der größte Durchmesser D_1 des Zentralraumes 3a. Die Seitenwände 3 des Vorkammer 3 sind am Übergang vom Zentralraum 3a zum Deckenraum 3b im Wesentlichen parallel zur Längsachse 9a, beispielsweise zylindrisch, ausgebildet. Am Übergang zwischen den Seitenwänden 3c und den Deckenraum 3b kann zumindest eine Strömungsabrisskante 3d für die in Richtung Vorkammerdecke 12 fließende Strömung S ausgebildet sein (Fig. 1).

Die Bearbeitung der Düsenkappe 6 und der Düsenkappenflächen 14, 15 kann dazu genutzt werden, den Durchfluss gezielt durch die verschiedenen Düsenkanäle 7, 8 unterschiedlich auszulegen, insbesondere um eine stärkere Strömung S auf einer Seite der Vorkammer 3, beispielsweise auf der Seite des ersten Düsenkanals 7, zu erzeugen und um ein definiertes Strömungsmuster wie eine Walzenströmung W zu erzeugen. Die Lage der Drehachse M und die Drehrichtung der Walzenströmung W können ebenfalls durch die Bearbeitung vorgegeben werden.

Durch Bearbeitung der Düsenkappenflächen 14, 15 unter Ausbildung der definierten Düsenkappenwinkel α_1 , α_2 , und/oder Mündungsflächenwinkel β_1 , β_2 wird erreicht, dass der zweite Düsenkanal 8 ungehindert mit größtmöglichem Durchfluss durchströmt wird, und dass sich im ersten Düsenkanal 7 ein Drossелеffekt durch eine erste Stagnationszone T1 ausbildet. Dies führt zu einem asymmetrischen Strömungsbild im Verbindungskanal 9 mit einer zweiten Stagnationszone T2, wodurch die Strömung hauptsächlich auf der Seite des zweiten Düsenkanals 8 vom Verbindungskanal 9 in die Vorkammer 3 eintritt (siehe Fig. 2 bis 6).

Die Fig. 1 und 7 zeigt jeweils eine Ausführungsvariante, bei der die Zündkerze 13 – in Bezug auf die Hochebene ε – auf der gleichen Seite wie der zweite Düsenkanal 8 angeordnet ist. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 ist auf der gleichen Seite wie der erste Düsenkanal 7 angeordnet. Die Masselektrode 13c der Zündkerze 13 ist dabei quer zur Walzenströmung W, also etwa parallel zur Hochebene ε , angeordnet.

Die Bearbeitung der Düsenkappe 4 dient dazu, um durch die Drosselwirkung auf der Seite des zweiten Düsenkanals 8 eine Walzenströmung um die hakenförmige Masselektrode 13c der Zündkerze 13 zu erzeugen, wobei die Walzenströmung W von der Zündkerze 13 zur Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 rotiert.

In Fig. 8 dagegen ist die Masseelektrode 13c der Zündkerze 13 um 90° um die Zündkerzenachse 13a in Bezug auf die Ausführung in Fig. 1 gedreht, also in Richtung bzw. parallel zu der Walzenströmung W ausgebildet.

Die Bearbeitung der Düsenkappe 4 dient dazu, eine starke Strömung zur Zündkerze 13 durch Drosselung auf der gleichen Seite der Vorkammer 3 zu erzeugen. Da die hakenförmige Masseelektrode 13c ein Hindernis für die Strömung S darstellt, wird eine Walzenströmung W unterhalb der Masseelektrode 13c erzeugt; die Walzenströmung W rotiert von der Zündkerze 13 zur Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16.

Fig. 9 zeigt eine Ausführungsvariante, bei der die Zündkerze 13 – in Bezug auf die Hochebene ε – auf der gleichen Seite wie der erste Düsenkanal 7 angeordnet ist. Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 ist auf der gleichen Seite wie der zweite Düsenkanal 8 angeordnet. Die Masseelektrode 13c der Zündkerze 13 ist in Richtung bzw. parallel zu der Walzenströmung W ausgebildet. Die Bearbeitung der Düsenkappe 4 dient dazu, eine starke Strömung S zur Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 durch eine Drosselung auf der Seite des zweiten Düsenkanals 8 der Vorkammer 3 zu erzeugen. Eine Walzenströmung W wird in der Vorkammer 3 zwischen der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 16 und der Zündkerze 13 erzeugt.

Die Bearbeitung hängt auch von der Hauptströmung im Brennraum 5 der Brennkraftmaschine ab. Dabei steigen die Anforderungen an die Drosselwirkung mit der Menge des in die Düsenkanäle 7, 8 gedrückten Gemisches.

Die erfindungsgemäße Vorkammereinheit 1 eignet sich für eine fremdgezündete Brennkraftmaschine, wobei zumindest ein Einlasskanal auf einer Einlassseite und zumindest ein Auslasskanal auf einer der Einlassseite – bezogen auf eine durch zumindest zwei Zylinderachsen aufgespannte Motorhochebene – gegenüberliegenden Auslassseite angeordnet sind. Die Zündkerze 13 ist dabei bevorzugt auf der Auslassseite angeordnet. Die Hochebene ε der Vorkammereinheit 1 kann vorteilhafterweise mit der Motorhochebene zusammenfallen.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vorkammereinheit (1) für eine Brennkraftmaschine, welche einen eine Vorkammer (3) bildenden Vorkammerkörper (2) mit einer Düsenkappe (4) aufweist, die ausgebildet ist, um in einen Brennraum (5) einer Brennkraftmaschine zu münden, wobei die Vorkammer (3) über einen zentralen Verbindungskanal (9) und zumindest einen ersten Düsenkanal (7) mit einer ersten Mündung (10) in der Düsenkappe (4) und zumindest einen zweiten Düsenkanal (8) mit einer zweiten Mündung (11) in der Düsenkappe (4) strömungsverbunden ist, wobei die Düsenkanäle (7, 8) von dem Verbindungskanal (9) abzweigen und an unterschiedlichen Seiten einer durch eine Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) verlaufenden Hochebene (ϵ) der Vorkammereinheit (1) angeordnet sind, wobei in die Vorkammer (3) eine Zündkerze (13) einmündet, dadurch gekennzeichnet, dass

- ein erster Düsenkappenwinkel (α_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Düsenkappenwinkel (α_2) der zweiten Mündung (11) und/oder
- ein erster Mündungsflächenwinkel (β_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Mündungsflächenwinkel (β_2) der zweiten Mündung (11)

unterschiedlich ausgebildet ist/sind, wobei

der erste Düsenkappenwinkel (α_1) zwischen der Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und einer an die erste Mündung (10), vorzugsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser (d_1) des ersten Düsenkanals (7) entsprechenden ersten Abstandes (a_1) von einer ersten Mittelachse (7a) des ersten Düsenkanals (7), besonders vorzugsweise in Richtung des Düsenkappenendes (6), anschließenden ersten Düsenkappenfläche (14) oder einer Tangente an die ersten Düsenkappenfläche (14) definiert ist, und der zweite Düsenkappenwinkel (α_2) zwischen der Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und einer an die zweite Mündung (10), vorzugsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser (d_2) des zweiten Düsenkanals (8) entsprechenden zweiten Abstandes (a_2) von einer zweiten Mittelachse (8a) des zweiten Düsenkanals (8), besonders vorzugsweise in Richtung des Düsenkappenendes (6), anschließenden zweiten Düsenkappenfläche (15) oder einer Tangente an die zweite Düsenkappenfläche (15) definiert ist,

der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) zwischen einer Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und der ersten Mündungsfläche (10a) der ersten Mündung (10) oder einer Tangente an die erste Mündungsfläche (10a) der ersten Mündung (10) definiert ist, und der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2) zwischen der Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und der zweiten Mündungsfläche (11a) der zweiten Mündung (11) oder einer Tangente an die zweite Mündungsfläche (11a) der zweiten Mündung (11) definiert ist.

2. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Düsenkappenwinkel (α_1) größer ist als der zweite Düsenkappenwinkel (α_2), wobei vorzugsweise der erste Düsenkappenwinkel (α_1) um mindestens 10° , besonders vorzugsweise mindestens 20° größer ist als der zweite Düsenkappenwinkel (α_2).
3. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Düsenkappenwinkel (α_1) mindestens etwa 30° , vorzugsweise mindestens etwa 40° und/oder der zweite Düsenkappenwinkel (α_2) weniger als etwa 45° , vorzugsweise maximal 30° beträgt.
4. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) größer ist als der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2), wobei vorzugsweise der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) um mindestens 10° , besonders vorzugsweise mindestens 20° größer ist als der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2).
5. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) mindestens etwa 30° , vorzugsweise mindestens etwa 40° und/oder der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2) weniger als etwa 45° , vorzugsweise maximal 30° beträgt.
6. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Düsenkanal (7) mit dem Verbindungskanal (9) einen ersten Düsenkanalwinkel (γ_1) und der zweite Düsenkanal (8) mit dem Verbindungskanals (9) einen zweiten Düsenkanalwinkel (γ_2) aufspannt, wobei der erste Düsenkanalwinkel (γ_1) gleich ist dem zweiten

Düsenkanalwinkel (γ_1) und vorzugsweise 100° bis 140° , besonders vorzugsweise 110° bis 120° beträgt.

7. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste (14) und/oder zweite Düsenkappenfläche (15) eben ausgebildet ist/sind.
8. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) auf einer Seite der Hochebene (ϵ) in die Vorkammer (3) einmündet.
9. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer der Zündkerze (13) abgewandten Seite der Hochebene (ϵ) eine Einspritzeinrichtung (16) in die aktiv ausgebildete Vorkammer (3) einmündet.
10. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) und der erste Düsenkanal (7) auf derselben Seite der Hochebene (ϵ) angeordnet sind.
11. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) und der zweite Düsenkanal (8) auf derselben Seite der Hochebene (ϵ) angeordnet sind.
12. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) eine Mittelelektrode (13b) und eine Masseelektrode (13c) aufweist, wobei die Masseelektrode (13c) quer zur Walzenströmung (W) in der Vorkammer (3) angeordnet ist.
13. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) eine Mittelelektrode (13b) und eine Masseelektrode (13c) aufweist, wobei die Masseelektrode (13c) parallel zur Walzenströmung (W) in der Vorkammer (3) ausgebildet ist.
14. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammer (3) eine im Wesentlichen pilzförmige Gestalt aufweist, wobei die Vorkammer (3) einen im Wesentlichen sphärischen oder ellipsoiden oder scheibenförmigen Zentralraum (3a) im Anschluss an den

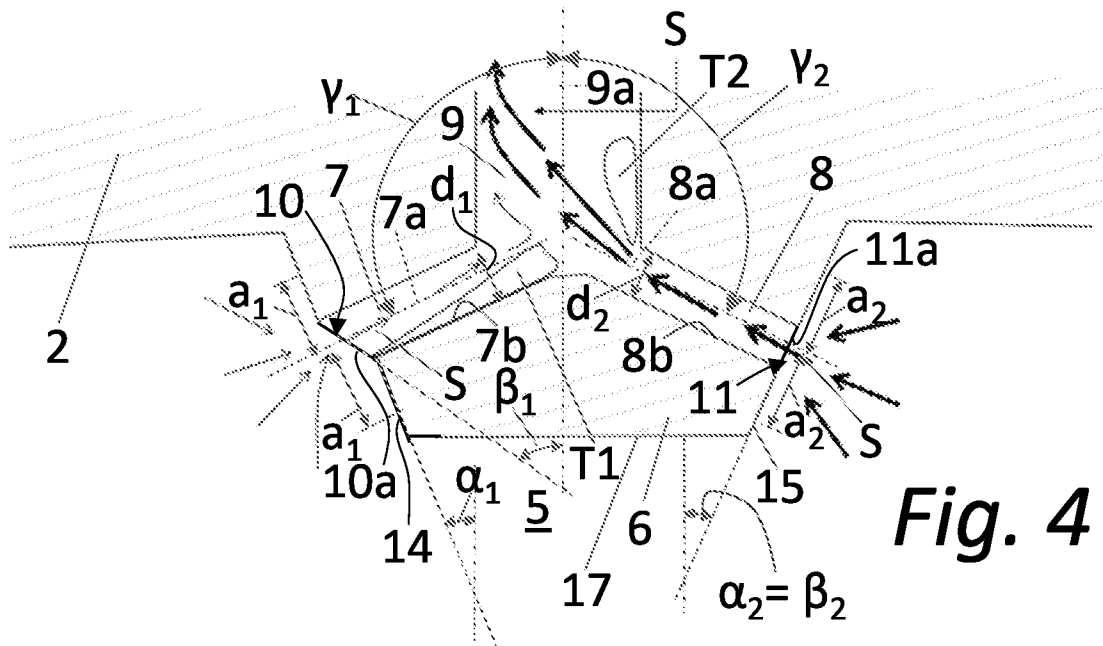
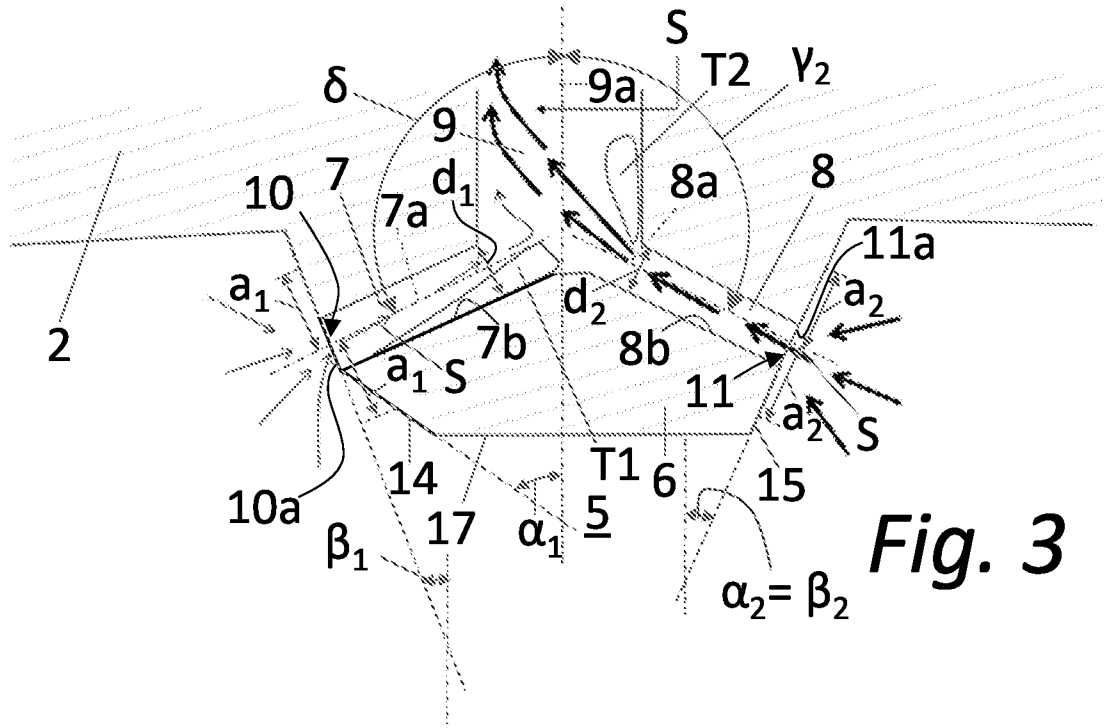
Verbindungskanal (9) und einen sphärischen, ellipsoide, domförmigen oder scheibenförmigen Deckenraum (3b) zwischen dem Zentralraum (3a) und der Vorkammerdecke (12) aufweist, wobei vorzugsweise das Volumen des Deckenraumes (3b) größer ist als das Volumen des Zentralraumes (3a).

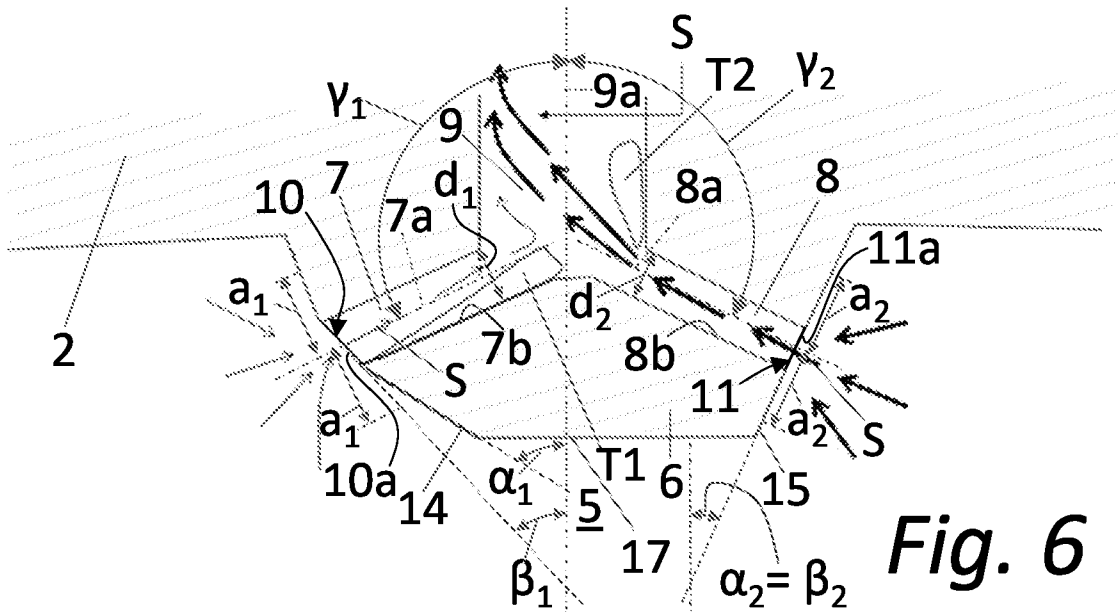
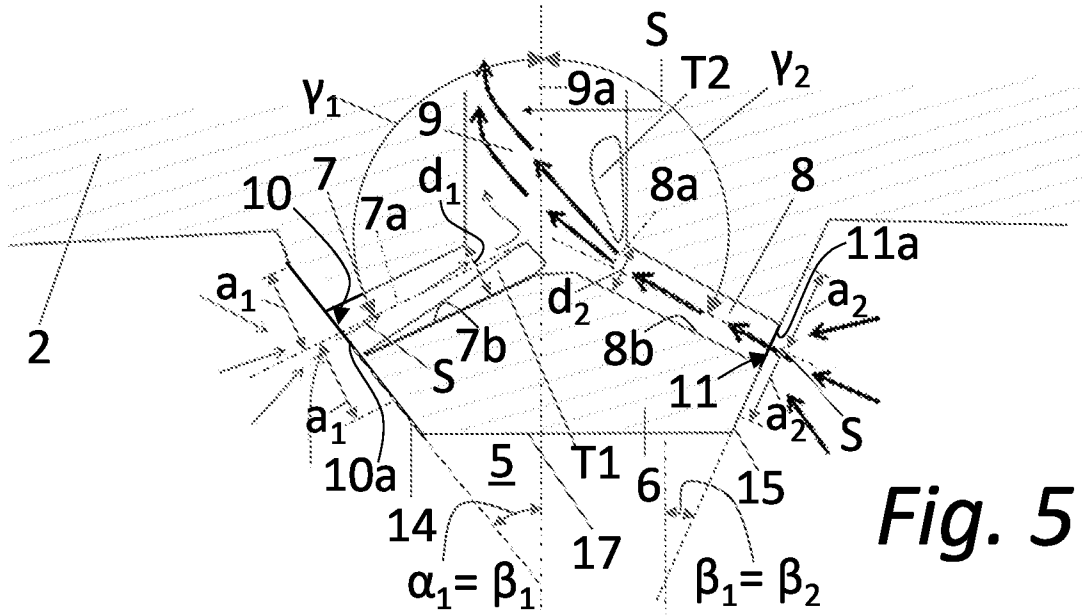
15. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein größter Durchmesser (D2) des Deckenraumes (3b) etwa 1,5 bis 2,5-mal so groß, beispielsweise doppelt so groß wie ein größter Durchmesser (D1) des Zentralraumes (3a) ist.
16. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine an zumindest eine Mündung (10, 11) des Düsenkanals (7, 8) anschließende Düsenkappenfläche (14, 15) materialabtragend oder materialauftragend gefertigt ist.
17. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenkappe (4) - insbesondere durch eine materialabtragende oder materialauftragende Fertigung - in Bezug auf die Hochebene (ε) asymmetrisch geformt ist.
18. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einer Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass während zumindest eines Kompressionshubes eine Walzenströmung (W) in der Vorkammer durch asymmetrische Einströmung in die Vorkammer (3) erzeugt wird, wobei vorzugsweise die asymmetrische Einströmung dadurch erzeugt wird, dass zumindest eine an zumindest eine Mündung (10, 11) eines Düsenkanals (7, 8) anschließende Düsenkappenfläche (14, 15) materialabtragend oder materialauftragend gefertigt oder bearbeitet wird.
19. Fremdgezündete Brennkraftmaschine mit einer Vorkammereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei zumindest ein Einlasskanal auf einer Einlassseite und zumindest ein Auslasskanal auf einer der Einlassseite – bezogen auf eine durch zumindest zwei Zylinderachsen aufgespannte Motorhochebene – gegenüberliegenden Auslassseite angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) auf der Auslassseite

angeordnet ist, wobei vorzugsweise die Hochebene (ε) der Vorkammereinheit (1) mit der Motorhochebene zusammenfällt.

23.03.2023

FU





4/5

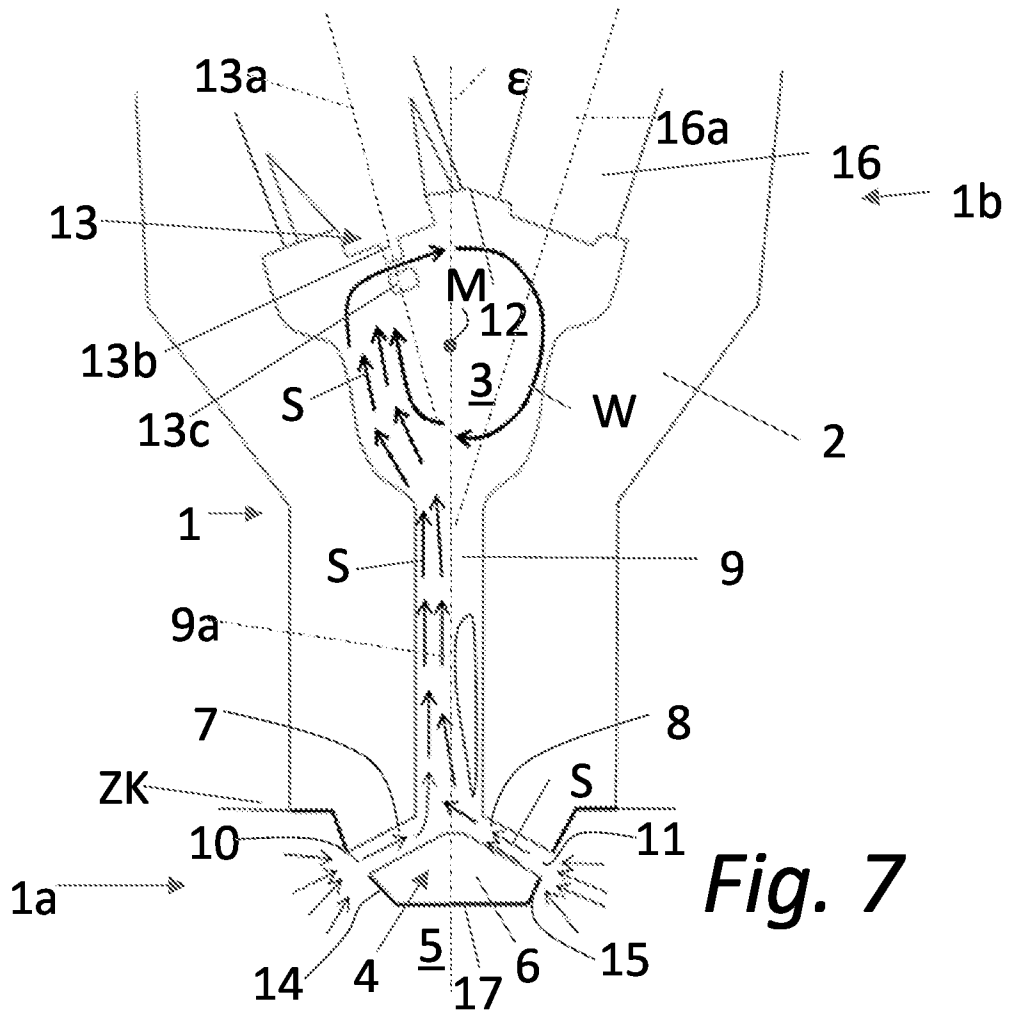


Fig. 7

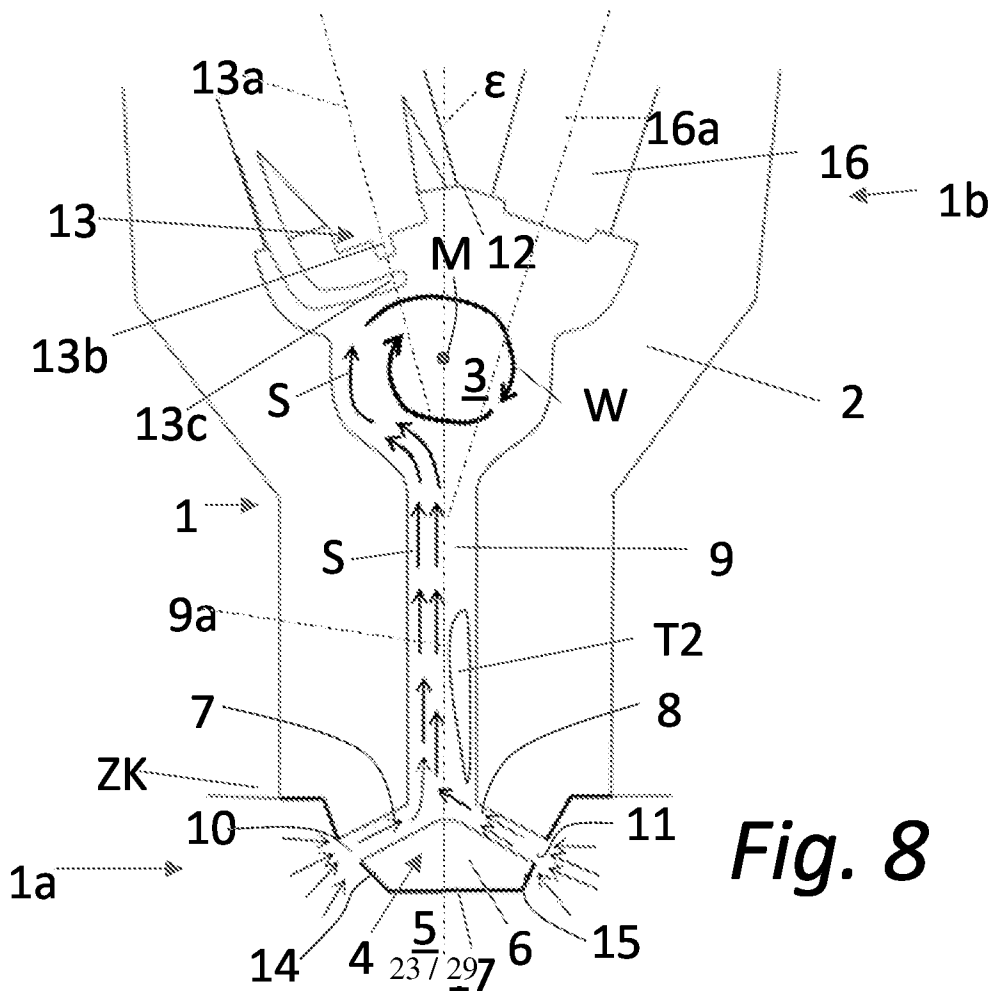


Fig. 8

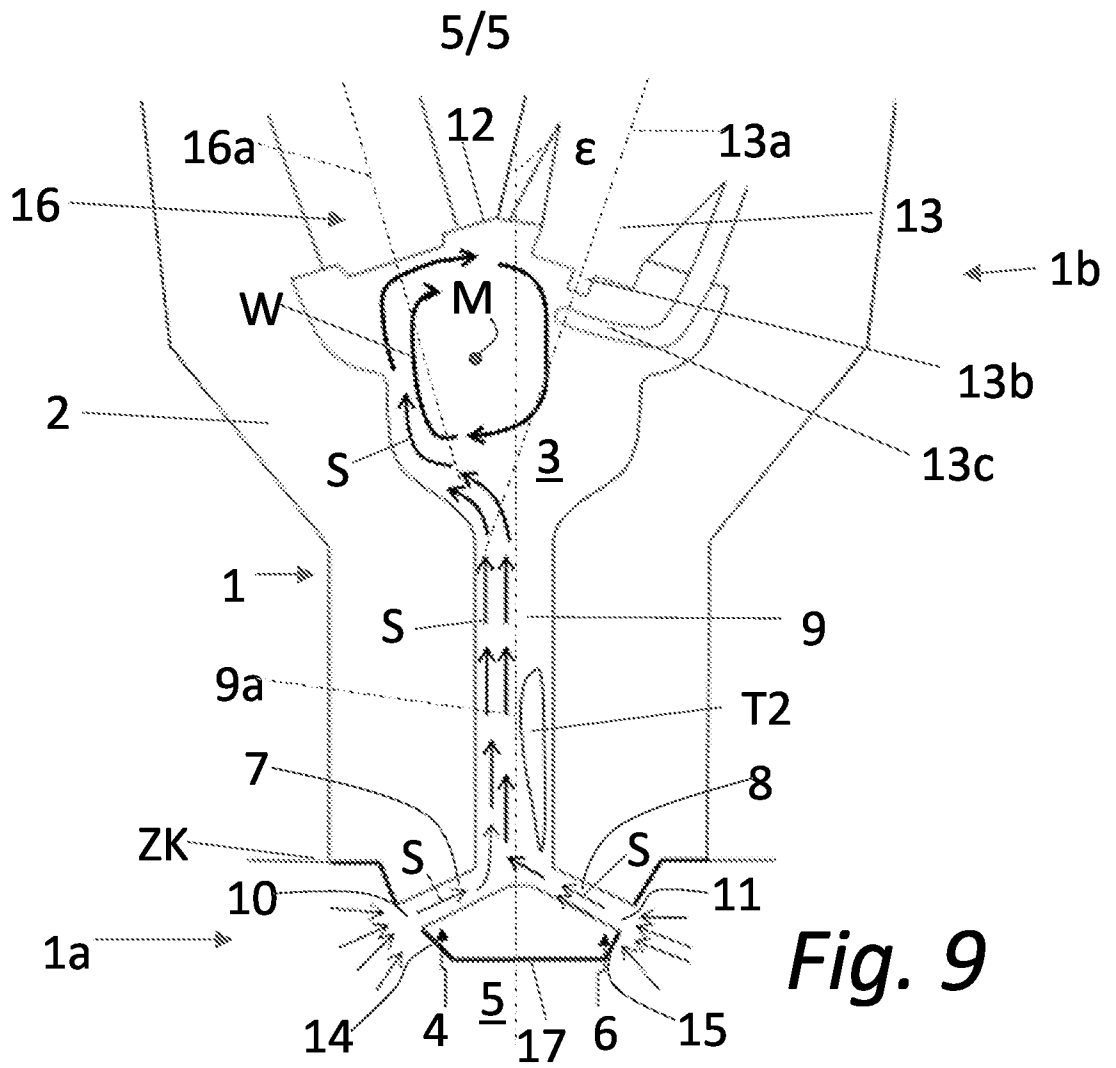


Fig. 9

(neue) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Vorkammereinheit (1) für eine Brennkraftmaschine, welche einen eine Vorkammer (3) bildenden Vorkammerkörper (2) mit einer Düsenkappe (4) aufweist, die ausgebildet ist, um in einen Brennraum (5) einer Brennkraftmaschine zu münden, wobei die Vorkammer (3) über einen zentralen Verbindungskanal (9) und zumindest einen ersten Düsenkanal (7) mit einer ersten Mündung (10) in der Düsenkappe (4) und zumindest einen zweiten Düsenkanal (8) mit einer zweiten Mündung (11) in der Düsenkappe (4) strömungsverbunden ist, wobei die Düsenkanäle (7, 8) von dem Verbindungskanal (9) abzweigen und an unterschiedlichen Seiten einer durch eine Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) verlaufenden Hochebene (ϵ) der Vorkammereinheit (1) angeordnet sind, wobei in die Vorkammer (3) eine Zündkerze (13) einmündet, dadurch gekennzeichnet, dass

- ein erster Düsenkappenwinkel (α_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Düsenkappenwinkel (α_2) der zweiten Mündung (11) und/oder
- ein erster Mündungsflächenwinkel (β_1) der ersten Mündung (10) und ein zweiter Mündungsflächenwinkel (β_2) der zweiten Mündung (11)

unterschiedlich ausgebildet ist/sind, wobei

der erste Düsenkappenwinkel (α_1) zwischen der Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und einer an die erste Mündung (10), vorzugsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser (d_1) des ersten Düsenkanals (7) entsprechenden ersten Abstandes (a_1) von einer ersten Mittelachse (7a) des ersten Düsenkanals (7), besonders vorzugsweise in Richtung des Düsenkappenendes (6), anschließenden ersten Düsenkappenfläche (14) oder einer Tangente an die erste Düsenkappenfläche (14) definiert ist, und der zweite Düsenkappenwinkel (α_2) zwischen der Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und einer an die zweite Mündung (10), vorzugsweise innerhalb eines dem 1,5-fachen Durchmesser (d_2) des zweiten Düsenkanals (8) entsprechenden zweiten Abstandes (a_2) von einer zweiten Mittelachse (8a) des zweiten Düsenkanals (8), besonders vorzugsweise in Richtung des

Düsenkappenendes (6), anschließenden zweiten Düsenkappenfläche (15) oder einer Tangente an die zweite Düsenkappenfläche (15) definiert ist,

der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) zwischen einer Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und der ersten Mündungsfläche (10a) der ersten Mündung (10) oder einer Tangente an die erste Mündungsfläche (10a) der ersten Mündung (10) definiert ist, und der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2) zwischen der Längsachse (9a) des Verbindungskanals (9) und der zweiten Mündungsfläche (11a) der zweiten Mündung (11) oder einer Tangente an die zweite Mündungsfläche (11a) der zweiten Mündung (11) definiert ist,

wobei die Düsenkappe (4) in Bezug auf die Hochebene (ε) asymmetrisch geformt ist.

2. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Düsenkappenwinkel (α_1) größer ist als der zweite Düsenkappenwinkel (α_2), wobei vorzugsweise der erste Düsenkappenwinkel (α_1) um mindestens 10° , besonders vorzugsweise mindestens 20° größer ist als der zweite Düsenkappenwinkel (α_2).
3. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Düsenkappenwinkel (α_1) mindestens etwa 30° , vorzugsweise mindestens etwa 40° und/oder der zweite Düsenkappenwinkel (α_2) weniger als etwa 45° , vorzugsweise maximal 30° beträgt.
4. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) größer ist als der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2), wobei vorzugsweise der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) um mindestens 10° , besonders vorzugsweise mindestens 20° größer ist als der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2).
5. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Mündungsflächenwinkel (β_1) mindestens etwa 30° , vorzugsweise mindestens etwa 40° und/oder der zweite Mündungsflächenwinkel (β_2) weniger als etwa 45° , vorzugsweise maximal 30° beträgt.

6. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Düsenkanal (7) mit dem Verbindungskanal (9) einen ersten Düsenkanalwinkel (γ_1) und der zweite Düsenkanal (8) mit dem Verbindungskanal (9) einen zweiten Düsenkanalwinkel (γ_2) aufspannt, wobei der erste Düsenkanalwinkel (γ_1) gleich ist dem zweiten Düsenkanalwinkel (γ_2) und vorzugsweise 100° bis 140° , besonders vorzugsweise 110° bis 120° beträgt.
7. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die erste (14) und/oder zweite Düsenkappenfläche (15) eben ausgebildet ist/sind.
8. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) auf einer Seite der Hochebene (ϵ) in die Vorkammer (3) einmündet.
9. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf einer der Zündkerze (13) abgewandten Seite der Hochebene (ϵ) eine Einspritzeinrichtung (16) in die aktiv ausgebildete Vorkammer (3) einmündet.
10. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) und der erste Düsenkanal (7) auf derselben Seite der Hochebene (ϵ) angeordnet sind.
11. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) und der zweite Düsenkanal (8) auf derselben Seite der Hochebene (ϵ) angeordnet sind.
12. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) eine Mittelelektrode (13b) und eine Masseelektrode (13c) aufweist, wobei die Masseelektrode (13c) quer zur Walzenströmung (W) in der Vorkammer (3) angeordnet ist.
13. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) eine Mittelelektrode (13b) und eine Masseelektrode (13c) aufweist, wobei die Masseelektrode (13c) parallel zur Walzenströmung (W) in der Vorkammer (3) ausgebildet ist.

14. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorkammer (3) eine im Wesentlichen pilzförmige Gestalt aufweist, wobei die Vorkammer (3) einen im Wesentlichen sphärischen oder ellipsoiden oder scheibenförmigen Zentralraum (3a) im Anschluss an den Verbindungskanal (9) und einen sphärischen, ellipsoide, domförmigen oder scheibenförmigen Deckenraum (3b) zwischen dem Zentralraum (3a) und der Vorkammerdecke (12) aufweist, wobei vorzugsweise das Volumen des Deckenraumes (3b) größer ist als das Volumen des Zentralraumes (3a).
15. Vorkammereinheit (1) nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass ein größter Durchmesser (D2) des Deckenraumes (3b) etwa 1,5 bis 2,5-mal so groß, insbesondere doppelt so groß wie ein größter Durchmesser (D1) des Zentralraumes (3a) ist.
16. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine an zumindest eine Mündung (10, 11) des Düsenkanals (7, 8) anschließende Düsenkappenfläche (14, 15) materialabtragend oder materialauftragend gefertigt ist.
17. Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenkappe (4) durch eine materialabtragende oder materialauftragende Fertigung in Bezug auf die Hochebene (ϵ) asymmetrisch geformt ist.
18. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit einer Vorkammereinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass während zumindest eines Kompressionshubes eine Walzenströmung (W) in der Vorkammer durch asymmetrische Einströmung in die Vorkammer (3) erzeugt wird, wobei vorzugsweise die asymmetrische Einströmung dadurch erzeugt wird, dass zumindest eine an zumindest eine Mündung (10, 11) eines Düsenkanals (7, 8) anschließende Düsenkappenfläche (14, 15) materialabtragend oder materialauftragend gefertigt oder bearbeitet wird.
19. Fremdgezündete Brennkraftmaschine mit einer Vorkammereinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei zumindest ein Einlasskanal auf einer Einlassseite und zumindest ein Auslasskanal auf einer der Einlassseite –

bezogen auf eine durch zumindest zwei Zylinderachsen aufgespannte Motorhochebene – gegenüberliegenden Auslasseite angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündkerze (13) auf der Auslasseite angeordnet ist, wobei vorzugsweise die Hochebene (ϵ) der Vorkammereinheit (1) mit der Motorhochebene zusammenfällt.

12.04.2024
FU/iv