



(10) **DE 10 2018 112 450 B4** 2020.07.09

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 112 450.3**  
(22) Anmeldetag: **24.05.2018**  
(43) Offenlegungstag: **28.11.2019**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **09.07.2020**

(51) Int Cl.: **F02B 19/12 (2006.01)**  
**F02F 1/42 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Dr. Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft, 70435  
Stuttgart, DE**

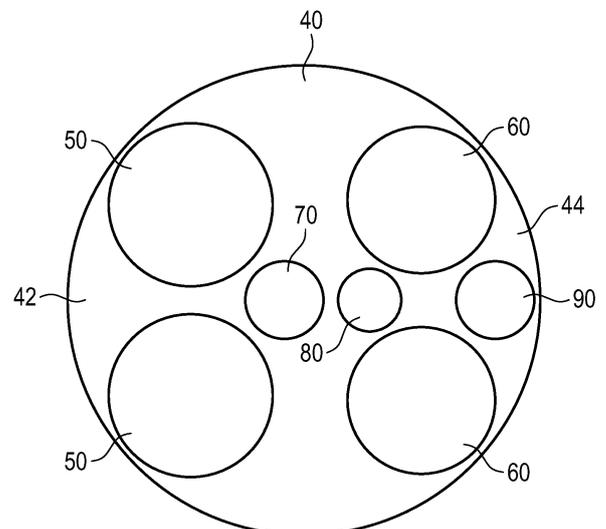
(72) Erfinder:  
**Kulzer, Andre Casal, Dr., 71032 Böblingen, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>10 2012 202 080</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2016 218 707</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2017 204 806</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **Brennzylinder einer Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Brennzylinder (10) einer Brennkraftmaschine, aufweisend eine Brennraumwandung (20), welche einen Brennraum (30) umgibt, und einen Brennraumdeckel (40), welcher den Brennraum (30) auf der Oberseite abschließt, wobei im Brennraumdeckel (40) auf einer Einlassseite (42) wenigstens ein Einlassventil (50) für den Einlass eines Fluids und auf einer Auslassseite (44) wenigstens ein Auslassventil (60) für den Auslass eines Fluids angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, dass weiter im Brennraumdeckel (40) zwischen dem wenigstens einen Einlassventil (50) und dem wenigstens einen Auslassventil (60) eine Vorkammerzündkerze (70) angeordnet ist, welche zwischen dem wenigstens einen Einlassventil (50) und einem Injektor (80) zum Einspritzen von Brennfluid angeordnet ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Brennzylinder einer Brennkraftmaschine sowie ein Verfahren für den Betrieb eines solchen Brennzylinders.

**[0002]** Es ist bekannt, dass Brennkraftmaschinen einen oder mehrere Brennzylinder aufweisen, in welchen eine kontrollierte Verbrennung stattfindet. Für diese Verbrennung ist Brennstoff notwendig, welcher entweder vergast eingebracht oder direkt eingespritzt werden kann. Für das direkte Einspritzen sind in solchen Brennzylindern Brennraumdeckel eingebaut, welche einen entsprechenden Injektor aufweisen. Um die notwendige Verbrennungsluft bzw. das notwendige Verbrennungsgas ebenfalls einzubringen, sind Einlassventile angeordnet, und um entsprechendes Abgas wieder aus dem Brennraum herauszufördern, zugehörige Auslassventile.

**[0003]** Die Druckschriften DE 10 2016 218 707 A1, DE 10 2012 202 080 A1 und DE 10 2017 204 806 A1 offenbaren gattungsgemäße Zylinder von Brennkraftmaschinen.

**[0004]** Nachteilhaft bei den bekannten Lösungen ist es, dass diese außerhalb des regulären Betriebes, also außerhalb der Normbedingungen, nicht optimal betrieben werden können. Um einen möglichst idealen Betrieb zu gewährleisten, muss hier nachgeregelt werden, zum Beispiel durch die Veränderung des Einspritzverhaltens, die Veränderung der Kolbenhöhe und die Veränderung der Ventilschaltungen. Dies führt zu einer erhöhten Komplexität und einem erhöhten Regelungsaufwand.

**[0005]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die voranstehend beschriebenen Nachteile zumindest teilweise zu beheben. Insbesondere ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, in kostengünstiger und einfacher Weise den Betrieb eines Brennzylinders zu stabilisieren und zu optimieren.

**[0006]** Die voranstehende Aufgabe wird gelöst durch einen Brennzylinder mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 9. Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Bauteil beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

**[0007]** Erfindungsgemäß weist ein Brennzylinder einer Brennkraftmaschine eine Brennraumwandung

auf, welche einen Brennraum umgibt. Die Oberseite des Brennraums wird von einem Brennraumdeckel abgeschlossen. Der Brennraumdeckel weist auf einer Einlassseite wenigstens ein Einlassventil für den Einlass eines Fluids auf. Auf einer Auslassseite des Brennraumdeckels ist wenigstens ein Auslassventil für den Auslass eines Fluids angeordnet. Weiter ist im Brennraumdeckel zwischen dem wenigstens einen Einlassventil und dem wenigstens einen Auslassventil eine Vorkammerzündkerze angeordnet, welche zwischen dem wenigstens einen Einlassventil und einem Injektor zum Einspritzen von Brennstofffluid angeordnet ist.

**[0008]** Ein erfindungsgemäßer Brennzylinder weist also in bekannter Weise eine Brennraumwandung auf, welche den Brennraum umgibt. Das untere Ende des Brennraums ist variabel gestaltet durch die entsprechende Oberfläche des bewegbaren Kolbens. Durch die Bewegung des Kolbens kann das Volumen des Brennraums verändert werden bzw. bei dem Start der Verbrennung der Kolben aus dem Brennraum herausgeschoben werden.

**[0009]** Kerngedanke der vorliegenden Erfindung ist es nun, dass zusätzlich zu einem zentralen Injektor auch eine zentrale Zündkerze in Form der Vorkammerzündkerze angeordnet ist. Während bei bekannten Lösungen entweder ohne Zündkerze oder aber mit einer Zündkerze auf der Einlassseite, also außerhalb aller Ventile neben den Einlassventilen, gearbeitet worden ist, wird erfindungsgemäß die Vorkammerzündkerze nun zwischen dem Einlassventil und dem Auslassventil angeordnet. Die Vorkammerzündkerze befindet sich also in einem Zentralbereich oder in einem mittigen Bereich zwischen dem wenigstens einen Einlassventil und dem wenigstens einen Auslassventil. Darüber hinaus ist in eben diesem Bereich auch der Injektor zum direkten Einspritzen von Brennstoff angeordnet. Dies führt dazu, dass insbesondere der Injektor benachbart zu der Vorkammerzündkerze angeordnet ist, sodass hier eine direkte Mischung von Gas und Flüssigkeit im Bereich der Vorkammerzündkerze möglich wird. Die Abstände zwischen dem Zündpunkt bzw. dem Zündort an der Vorkammerzündkerze und der notwendigen Zündzusammensetzung werden auf diese Weise reduziert. Mit anderen Worten liegt die Vorkammerzündkerze nun zwischen den beiden Einlassorten, nämlich auf der einen Seite, dem Einlassort für den Brennstoff in Form des Injektors und auf der anderen Seite, dem Einlassort für die notwendige Verbrennungsluft bzw. das notwendige Verbrennungsgas durch das Einlassventil. Dies führt zu deutlich verbesserten Stromungsverhältnissen und dementsprechend zu verbesserten Zündzeitpunkten und Zündfunktionen.

**[0010]** Basierend auf den voranstehenden Überlegungen ist ein erfindungsgemäßer Brennzylinder nicht nur beim regulären Betrieb im Rahmen des

Kennfeldes, sondern auch im Randbereich des Kennfeldes bzw. in schwierigen Betriebsbedingungen mit vorteilhafter Stabilität einsetzbar. Die Verbrennung startet durch die verbesserte Zündfunktionalität leichter bzw. schneller, und die Verbrennung läuft stabiler und definierter ab. Insbesondere kann der Zündzeitpunkt mit dem tatsächlichen Start der Verbrennung innerhalb des Brennraums besser korreliert werden, sodass eine unerwünschte Fehlzündung bzw. eine unerwünschte Spätzündung mit hoher Wahrscheinlichkeit vermieden werden kann. Ein erfindungsgemäßer Brennzylinder erlaubt es also, dass durch die zentrale Anordnung eines Injektors mit einer Vorkammerzündkerze die Stabilität der Verbrennung deutlich gesteigert werden kann.

**[0011]** Neben der Stabilität der Verbrennung bringt auch die Anordnung Vorteile hinsichtlich des Bauraums mit sich. Während bei den bekannten Lösungen die entsprechende Zündkerze außerhalb, also im Umfangsbereich des Brennraumdeckels, außerhalb der Einlassventile angeordnet war, kann nun ein zentraler Bereich eingesetzt werden, welcher frei von anderen Einbauten bleibt. Der Bereich der Einlassseite wie auch der Bereich der Auslassseite sind damit unbeeinträchtigt von der Zündkerze, sodass in diesen Bereichen entweder eine kompaktere Bauweise des gesamten Brennraums möglich wird, oder aber größere Durchlassöffnungen für die Einlassventile und/oder die Auslassventile möglich werden. Die zentrale Anordnung mit den entsprechenden Vorteilen hinsichtlich des Bauraums bringen demnach weitere Vorteile mit sich, die zur Konstruktionsfreiheit führen, welche durch verbesserte Einlasssituationen und Strömungsverhältnisse im Bereich der Einlassventile und der Auslassventile weitere Optimierungsmöglichkeiten der Verbrennung mit sich bringen. Auf diese Weise kann in direkter Weise durch die zentrale Anordnung und in indirekter Weise durch die Verbesserung des Bauraumkonzeptes die Stabilität der Verbrennung im Brennzylinder verbessert werden.

**[0012]** Vorteilhaft ist es ebenfalls, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennzylinder der Injektor zwischen der Vorkammerzündkerze und dem wenigstens einen Auslassventil angeordnet ist. Damit befindet sich der Injektor nicht nur außerhalb der Einlassseite, sondern im gleichen Zentralbereich wie auch die Vorkammerzündkerze. Diese mittige bzw. zentrale Anordnung, welche kombiniert ist mit der mittigen bzw. zentralen Anordnung der Vorkammerzündkerze, führt dazu, dass die erfindungsgemäßen Vorteile, insbesondere hinsichtlich der Stabilisierung der Verbrennung, noch weiter verbessert werden können. Auch ist eine kombinierte Zündung und Einspritzung möglich. Man kann dies auch als zündgekoppelte Einspritzung bezeichnen, sodass durch die benachbarte Anordnung dieser beiden Bauteile auch die Zündung selbst verbessert, beschleunigt und hin-

sichtlich des Zeitpunkts in definierter Weise erfolgen kann.

**[0013]** Vorteilhaft ist es weiter, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennzylinder das wenigstens eine Auslassventil zwischen der Vorkammerzündkerze und dem Injektor angeordnet ist. Bei dieser Ausführungsform handelt es sich um eine alternative Ausführungsform gemäß dem voranstehenden Absatz. Der Injektor ist hier auf der Außenseite, also außerhalb des Auslassventils angeordnet. Dies führt zu mehr baulichem Freiraum zwischen dem Auslassventil und dem wenigstens einen Einlassventil, also im Zentralbereich, sodass eine freiere Positionierung bzw. die Auswahl einer größeren Ausbildung der Vorkammerzündkerze möglich ist. Auch wird es auf diese Weise denkbar, die einzelnen Fluidströme, insbesondere den Fluidstrom durch die Einlassventile, als auch den Fluidstrom bei der Injektion am Injektor so weit voneinander zu beabstanden, dass sich die eingelassenen Fluidströme möglichst wenig gegenseitig beeinflussen. Dies führt insbesondere zu einer Beschleunigung beim Einspritzverhalten bzw. beim Befüllen des Brennraums und zu einer weiter verbesserten Durchmischung. Auch kann das Einspritzen in unabhängiger Weise vordefiniert und mit entsprechender Simulation einfacher vorkonfiguriert werden.

**[0014]** Ein weiterer Vorteil kann erzielt werden, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennzylinder das Auslassventil zwischen der Vorkammerzündkerze und einer Zusatzzündkerze angeordnet ist. Eine solche zusätzliche Zündkerze in Form der Zusatzzündkerze kann die Stabilisierung auch an einer Außenseite weiter verbessern. Diese Ausführungsform ist insbesondere kombiniert mit der zentralen Anordnung des Injektors und der zentralen Anordnung der Vorkammerzündkerze. Insbesondere in schwierigen Betriebssituationen, also zum Beispiel beim Kaltstart der Brennkraftmaschine, einem Heizbetrieb eines nachgeordneten Katalysators oder im Betrieb bei einer Niedriglastsituation kann mithilfe der Zusatzzündkerze die Entzündung auch in dieser schwierigen Einsatzsituation verbessert bzw. mit höherer Wahrscheinlichkeit erfolgen. Die Zusatzzündkerze ist vorzugsweise nur dann in Betrieb, wenn diese schwierigen Einsatzsituationen vorliegen. Somit kann sie kleiner, leichter und kostengünstiger ausgestaltet sein, da sie nur als Unterstützungsfunktion innerhalb des Brennzylinders angeordnet ist. Mit anderen Worten dient die Zusatzzündkerze also als Hilfe beim Zünden mit der Vorkammerzündkerze und wird insbesondere gemeinsam mit der Vorkammerzündkerze betrieben. Der Zündzeitpunkt der Vorkammerzündkerze ist damit vorzugsweise mit dem Zündzeitpunkt der Zusatzzündkerze korreliert und entspricht diesem insbesondere.

**[0015]** Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennzylinder die Zusatzzündkerze

ze, der Injektor und die Vorkammerzündkerze auf einer gemeinsamen Geraden angeordnet sind. Diese gemeinsame Gerade läuft insbesondere auch durch das Zentrum bzw. die Mittelachse des Brennraumdeckels. Ebenfalls ist diese gemeinsame Gerade insbesondere symmetrisch, vorzugsweise halbierend in diesen Brennraumdeckel integriert. Diese mittige und auf einer Geraden ausgebildete Anordnung führt zu einer weiteren Verbesserung der Bauumsituation, sodass insbesondere zusätzlicher Bauraum für eine Vergrößerung der Ventilöffnungen der Auslassventile und/oder der Einlassventile möglich wird. Diese Anordnung erlaubt es also, die erfindungsgemäß erläuterten Vorteile hinsichtlich der Stabilisierung der Verbrennung noch weiter zu verbessern bzw. erhöhen.

**[0016]** Ebenfalls von Vorteil kann es sein, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennzylinder der Injektor näher an der Vorkammerzündkerze angeordnet ist, als an der Zusatzzündkerze. Damit kann die Vorkammerzündkerze gemeinsam mit dem Injektor sozusagen einen zentralen Hauptbetrieb im mittigen Zentralbereich zur Verfügung stellen. Die Zusatzzündkerze ist nach außen in den Außenbereich der Außenseite ausgelagert, um dort nur in den schwierigen Betriebsituationen eingesetzt zu werden. In der hauptsächlichen Einsatzsituation, also während der meisten Zeit der Betriebsweise der Brennkraftmaschine, führt also die Zusatzzündkerze keine Operation durch, sondern verbleibt passiv und auf diese Weise im Außenbereich mit möglichst wenig Beeinflussung der Strömungssituation im Brennraum.

**[0017]** Weiter von Vorteil ist es, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennzylinder der Injektor eine Injektionsrichtung aufweist, welche mit einer Zündrichtung der Vorkammerzündkerze einen Schnittpunkt im Brennraum aufweist. Diese Injektionsrichtung dient also dem Hineinsprühen und Injizieren des Brennstoffs. Sie kann auch als zentrale Injektionsrichtung verstanden werden, welche als Injektionsachse ausgebildet ist, um welche herum ein Sprühkegel den Brennstoff einspritzt. Gleiches gilt für die Zündrichtung und die entsprechende Ausrichtung der Vorkammerzündkerze. Diese sich schneidende Ausrichtung der beiden Richtungen führt dazu, dass die beschriebene zündgekoppelte Einspritzung noch leichter erfolgen kann, da der Ort der Zündung ebenfalls zusammengelegt werden kann. Mit anderen Worten sind der Injektor und die Vorkammerzündkerze für die möglichst definierte Zündsituation aufeinander zuge richtet bzw. schließen miteinander einen spitzen Winkel ein.

**[0018]** Ebenfalls Vorteile bringt es mit sich, wenn bei einem erfindungsgemäßen Brennzylinder auf der Einlassseite wenigstens zwei Einlassventile und/oder auf der Auslassseite wenigstens zwei Auslassventile, insbesondere symmetrisch, zueinander angeordnet sind. Die Erhöhung der Ventilmenge führt zu einer

Vergrößerung der gesamten Ventilöffnung, sodass während eines Öffnungshubes eine größere Menge an Volumenstrom an Fluid in den Brennraum hinein durch die Einlassventile bzw. aus dem Brennraum hinaus aus den Auslassventilen gelangen kann. Die Anzahl der Ventile führt weiter dazu, dass trotzdem relativ kompakte Ventile verwendet werden können, um den Bauraum des Gesamtsystems klein zu halten und die Geschwindigkeit der Ventilöffnung und der Ventilschließung möglichst zu erhöhen. Der große Durchsatz pro Hub ist damit auch bei großer Hubgeschwindigkeit möglich, sodass auch dies mit den erfindungsgemäßen Vorteilen hinsichtlich der Stabilisierung der Verbrennung kombinierbar ist.

**[0019]** Ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren für den Betrieb eines erfindungsgemäßen Brennzylinders, aufweisend die folgenden Schritte:

- Öffnen des wenigstens einen Einlassventils zum Einsatz von Fluiden in den Brennraum,
- Einspritzen von Brennstoff mit dem Injektor in den Brennraum,
- Zünden des Brennstoffs im Brennraum mit der Vorkammerzündkerze,
- Auslass des Fluids aus dem Brennraum durch das wenigstens eine Auslassventil.

**[0020]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren bringt damit die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf einen erfindungsgemäßen Brennzylinder erläutert worden sind.

**[0021]** Ein erfindungsgemäßes Verfahren lässt sich dahingehend weiterbilden, dass die Schritte des Einspritzens und des Zündens zeitlich gekoppelt durchgeführt werden. Man kann hier auch von einer sogenannten zündgekoppelten Einspritzung sprechen, welche die Optimierung und die Stabilisierung des Brennverhaltens innerhalb des Brennraums noch weiter verbessert.

**[0022]** Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen schematisch:

**Fig. 1** eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Brennzylinders, mit Blick auf den Brennraumdeckel, und

**Fig. 2** eine Unteransicht des Brennraumdeckels gemäß der **Fig. 1**.

[0023] Die Fig. 1 und Fig. 2 zeigen einen Brennzylinder 10 einer Brennkraftmaschine mit einem entsprechenden Brennraum 30. Dieser Brennraum 30 ist von einer Brennraumwandung 20 umgeben, welche (in Fig. 1 nicht näher dargestellt) insbesondere zylindrisch nach unten weiterläuft. Nach unten wird, ebenfalls nicht dargestellt, dieser Brennraum 30 von einem Kolben abgeschlossen, welcher bewegbar das Volumen des Brennraums 30 variieren kann.

[0024] Für den Betrieb der Brennkraftmaschine sind nun zwei Einlassventile 50 auf der Einlassseite 42 des Brennraumdeckels 40 angeordnet. Beim Start eines Verbrennungsvorgangs wird durch diese beiden Einlassventile 50 im geöffneten Zustand Verbrennungsluft bzw. Verbrennungsfuid in den Brennraum 30 hineingelassen.

[0025] Um zusätzlich zur Verbrennungsluft bzw. zusätzlich zum Verbrennungsfuid auch Brennstoff in den Brennraum 30 einzulassen, ist eine Direkteinspritzung mithilfe eines Injektors 80 vorgesehen. Dieser Injektor 80 ist im zentralen bzw. mittigen Bereich zwischen den Einlassventilen 50 und den Auslassventilen 60 angeordnet. Wird also während des Betriebs der Brennkraftmaschine nun Verbrennungsfuid über die Einlassventile 50 und Brennstoff über den Injektor 80 eingespritzt, so entsteht innerhalb des Brennraums 30 eine zündfähige Mischung. Um einen Zündfunken und damit den Startpunkt für die gewünschte explosionsartige Verbrennung im Brennraum 30 zur Verfügung stellen zu können, ist hier eine Vorkammerzündkerze 70 ebenfalls im zentralen bzw. mittigen Bereich angeordnet. Durch die große Nähe in der benachbarten Anordnung zwischen dem Injektor 80 und der Vorkammerzündkerze 70 ist es möglich, hier eine zündgekoppelte Einspritzung durchzuführen. Mit anderen Worten wird eine genaue zeitliche Einstellung denkbar, zu welchem Zeitpunkt eingespritzt und zu welchem Zeitpunkt gezündet wird. Dadurch, dass nur eine geringe Einflussnahme der Strömungssituation durch den geringen Abstand zwischen Injektor 80 und Vorkammerzündkerze 70 besteht, kann hier sehr genau und in vordefinierter Weise der Zündzeitpunkt auch tatsächlich in der Realität eingehalten werden.

[0026] Sobald die Verbrennung beendet ist, werden die Auslassventile 60 geöffnet, sodass auf der Auslassseite 44 entsprechendes Abgasfluid den Brennraum 30 wieder verlassen kann.

[0027] In den Fig. 1 und Fig. 2 ist in optionaler Weise noch eine zusätzliche Alternative dargestellt. So ist bei dieser Ausführungsform auf der Außenseite 44, also außerhalb der Auslassventile 60 zusätzlich noch eine Zusatzzündkerze 90 angeordnet. Diese befindet sich im Außenbereich, da sie während des normalen Betriebs des Brennzylinders 10 nicht oder nur eingeschränkt im Einsatz ist. Befindet sich jedoch

der Brennzylinder 10 bzw. die gesamte Brennkraftmaschine in einer schwierigen Einsatzsituation, zum Beispiel im Niedriglastbetrieb oder bei einem Kaltstart, so kann dies dazu führen, dass der Betrieb bzw. die Zündung schwierig oder gar nicht erfolgen kann. In solchen Betriebsweisen kann die Zusatzzündkerze 90 dazu dienen, auch die Zündung in definierter Weise und mit hoher Wahrscheinlichkeit tatsächlich durchzuführen. In diesem Zusatzbetrieb unterstützt also die Zusatzzündkerze 90 den normalen Betrieb der Vorkammerzündkerze 70.

[0028] Die voranstehende Erläuterung der Ausführungsformen beschreibt die vorliegende Erfindung ausschließlich im Rahmen von Beispielen. Selbstverständlich können einzelne Merkmale der Ausführungsformen, sofern technisch sinnvoll, frei miteinander kombiniert werden, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

### Patentansprüche

1. Brennzylinder (10) einer Brennkraftmaschine, aufweisend eine Brennraumwandung (20), welche einen Brennraum (30) umgibt, und einen Brennraumdeckel (40), welcher den Brennraum (30) auf der Oberseite abschließt, wobei im Brennraumdeckel (40) auf einer Einlassseite (42) wenigstens ein Einlassventil (50) für den Einlass eines Fluids und auf einer Auslassseite (44) wenigstens ein Auslassventil (60) für den Auslass eines Fluids angeordnet sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass weiter im Brennraumdeckel (40) zwischen dem wenigstens einen Einlassventil (50) und dem wenigstens einen Auslassventil (60) eine Vorkammerzündkerze (70) angeordnet ist, welche zwischen dem wenigstens einen Einlassventil (50) und einem Injektor (80) zum Einspritzen von Brennfuid angeordnet ist.
2. Brennzylinder (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Injektor (80) zwischen der Vorkammerzündkerze (70) und dem wenigstens einen Auslassventil (60) angeordnet ist.
3. Brennzylinder (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das wenigstens eine Auslassventil (60) zwischen der Vorkammerzündkerze (70) und dem Injektor (80) angeordnet ist.
4. Brennzylinder (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Auslassventil (60) zwischen der Vorkammerzündkerze (70) und einer Zusatzzündkerze (90) angeordnet ist.
5. Brennzylinder (10) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusatzzündkerze (90), der Injektor (80) und die Vorkammerzündkerze (70) auf einer gemeinsamen Geraden angeordnet sind.

6. Brennzylinder (10) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Injektor (80) näher an der Vorkammerzündkerze (70) angeordnet ist als an der Zusatzzündkerze (90).

7. Brennzylinder (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Injektor (80) eine Injektionsrichtung (IR) aufweist, welche mit einer Zündrichtung (ZR) der Vorkammerzündkerze (70) einen Schnittpunkt im Brennraum (30) aufweist.

8. Brennzylinder (10) nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf der Einlassseite (42) wenigstens zwei Einlassventile (50) und/oder auf der Auslassseite (44) wenigstens zwei Auslassventile (60), insbesondere symmetrisch zueinander angeordnet sind.

9. Verfahren für den Betrieb eines Brennzylinders (10) mit den Merkmalen eines der Ansprüche 1 bis 8, aufweisend die folgenden Schritte:

- Öffnen des wenigstens einen Einlassventils (50) zum Einlass von Fluid in den Brennraum (30),
- Einspritzen von Brennstoff mit dem Injektor (80) in den Brennraum (30),
- Zünden des Brennstoffs im Brennraum (30) mit der Vorkammerzündkerze (70),
- Auslass des Fluids aus dem Brennraum (30) durch das wenigstens eine Auslassventil (60).

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schritte des Einspritzens und des Zündens zeitlich gekoppelt durchgeführt werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

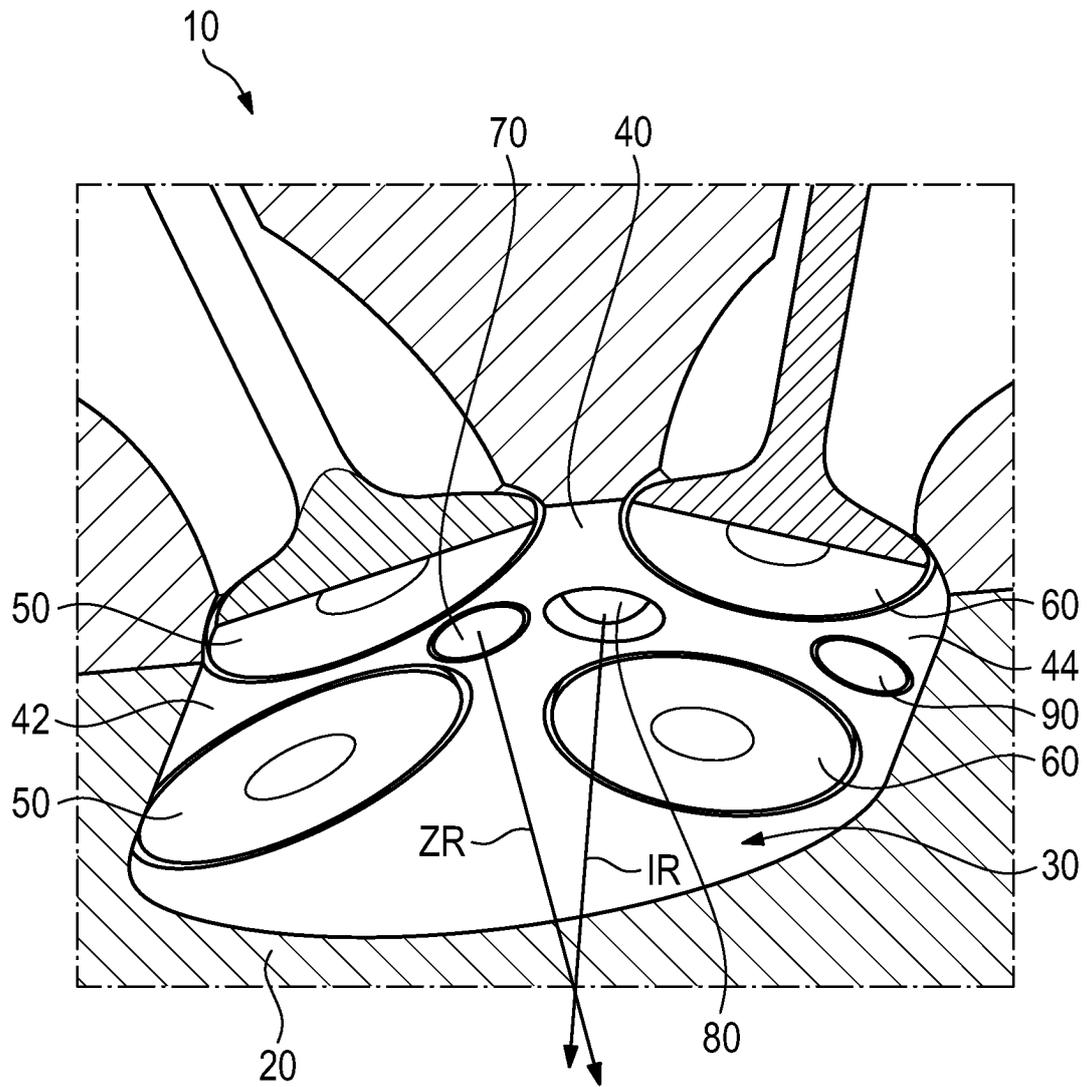
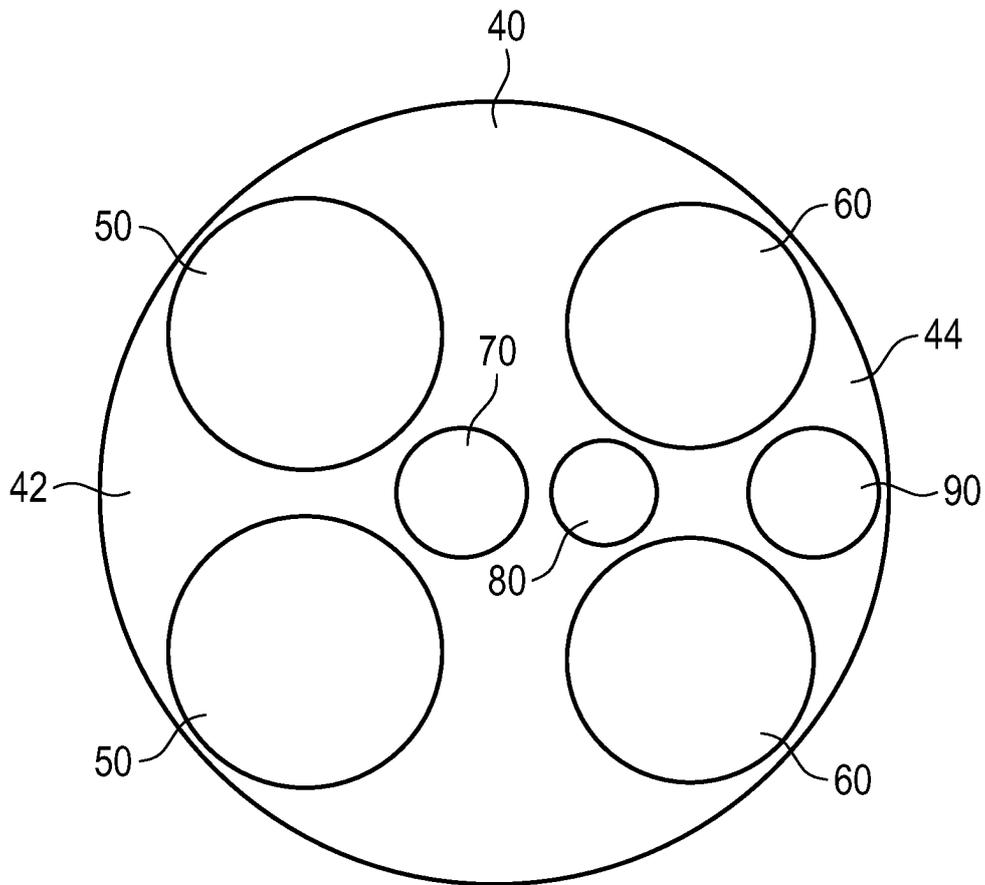


Fig. 1



**Fig. 2**