

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50057/2018 (51) Int. Cl.: **F02D 41/38** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 23.01.2018 **F02D 41/30** (2006.01)
(43) Veröffentlicht am: 15.08.2019 **F02D 41/40** (2006.01)
F02B 23/10 (2006.01)
F02F 3/10 (2006.01)
F02F 3/12 (2006.01)
F02F 3/14 (2006.01)
F02M 45/08 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:

JP 2008121429 A
EP 1857654 A1
JP 2013057267 A
WO 2008157823 A1
EP 2239446 A1
DE 102012002315 A1
WO 2017087734 A1
DE 102017113523 A1

(71) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

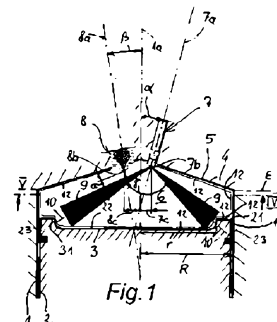
(72) Erfinder:
Kapus Paul Dr.
8111 Judendorf (AT)
Schicker Thomas Dipl.Ing. (FH)
8071 Hausmannstätten (AT)
Hochfellner Daniel Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

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

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER OTTO-BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Otto-Brennkraftmaschine, welche zumindest einen in einem Zylinder (1) hin- und hergehenden, an einen Brennraum (6) grenzenden Kolben (2) aufweist, wobei in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine pro Zylinder (1) Kraftstoff über zumindest eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) zentral in den Brennraum (6) eingespritzt und über zumindest eine Zündeinrichtung (8) zentral im Brennraum (6) gezündet wird, wobei der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar in der zweiten Hälfte des Verdichtungsstaktes vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung in den Brennraum (6) eingespritzt und die Brennkraftmaschine mit einem Luft- Kraftstoffverhältnis $\lambda=1$ betrieben wird. Um den Wirkungsgrad zu steigern und gleichzeitig das Risiko für Klopfereignisse zu senken ist vorgesehen, dass in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Kraftstoff zwischen 180° und 0° vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung so in den Brennraum (6) eingespritzt wird, dass zumindest zwei Einspritzstrahlen (9) des Kraftstoffes auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse (1a) ausgebildete,

etwa diametral bezüglich der Zylinderachse (1a) gegenüberliegende - Muldenwände (3a) einer Kolbenmulde (3) des Kolbens (2) treffen, wobei die Strahlmittellachsen der beiden Einspritzstrahlen (9) - in einer die Zylinderachse (1a) beinhaltenden Schnittansicht betrachtet - einen Winkel (γ) von über 60° , und dass die Verbrennungswärme im Brennraum (6) durch zumindest eine thermische Isolierung (12) und/oder Beschichtung zurückgehalten wird.



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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Otto-Brennkraftmaschine, welche zumindest einen in einem Zylinder (1) hin- und hergehenden, an einen Brennraum (6) grenzenden Kolben (2) aufweist, wobei in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine pro Zylinder (1) Kraftstoff über zumindest eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) zentral in den Brennraum (6) eingespritzt und über zumindest eine Zündeinrichtung (8) zentral im Brennraum (6) gezündet wird, wobei der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar in der zweiten Hälfte des Verdichtungstaktes vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung in den Brennraum (6) eingespritzt und die Brennkraftmaschine mit einem Luft-Kraftstoffverhältnis $\lambda=1$ betrieben wird.

Um den Wirkungsgrad zu steigern und gleichzeitig das Risiko für Klopfereignisse zu senken ist vorgesehen, dass in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Kraftstoff zwischen 180° und 0° vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung so in den Brennraum (6) eingespritzt wird, dass zumindest zwei Einspritzstrahlen (9) des Kraftstoffes auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse (1a) ausgebildete, etwa diametral bezüglich der Zylinderachse (1a) gegenüberliegende - Muldenwände (3a) einer Kolbenmulde (3) des Kolbens (2) treffen, wobei die Strahlmittellachsen der beiden Einspritzstrahlen (9) - in einer die Zylinderachse (1a) beinhaltenden Schnittansicht betrachtet - einen Winkel (γ) von über 60° , und dass die Verbrennungswärme im Brennraum (6) durch zumindest eine thermische Isolierung (12) und/oder Beschichtung zurückgehalten wird.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Otto-Brennkraftmaschine, welche zumindest einen in einem Zylinder hin- und hergehenden, an einen Brennraum grenzenden Kolben aufweist, wobei in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine pro Zylinder Kraftstoff über zumindest eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung annähernd zentral in den Brennraum eingespritzt und über zumindest eine Zündeinrichtung annähernd zentral im Brennraum gezündet wird, wobei der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar in der zweiten Hälfte des Verdichtungstaktes vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung in den Brennraum eingespritzt und die Brennkraftmaschine mit einem Luft-Kraftstoffverhältnis $\lambda=1$ betrieben wird. Weiters betrifft die Erfindung eine Otto-Brennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens.

Aus der EP 2 239 446 A1 ist es bekannt, eine Otto-Brennkraftmaschine in Abhängigkeit von der Lastanforderung nach einem HCCI-Verfahren (HCCI=Homogenous Charge Compression Ignition) mit funkenunterstützter homogener Kompressionszündung des Kraftstoffes oder konventionell mit Funkenzündung zu betreiben, um den Wirkungsgrad zu steigern und die Emissionen zu verringern. Dabei wird zur Verminderung des Verbrennungsgeräusches vorgeschlagen, den Kraftstoff mit einem hohen Einspritzdruck über 50MPa über eine Mehrdüsen-Kraftstoffeinspritzeinrichtung mehrfach einzuspritzen, wobei die letzte Einspritzung zu einem späten Zeitpunkt des Verdichtungstaktes erfolgt. Die Brennkraftmaschine wird mit einem Kraftstoff-Luftverhältnis λ von mindestens 2 betrieben.

Die DE 10 2012 002 315 A1 beschreibt einen fremdgezündeten Motor und ein Verfahren zu dessen Steuerung, wobei Abhängigkeit vom Motorlastbereich die Steuerung die Verbrennungsbetriebsart auf eine Betriebsart mit Zündung durch Verdichtung oder eine fremdgezündete Betriebsart festlegt. Die Brennkraftmaschine wird mit einem Kraftstoff-Luftverhältnis λ von 1 betrieben. Dabei werden auch der Kraftstoffdruck und die Zeit der Kraftstoffeinspritzung und Zündung gesteuert. Aus dieser Veröffentlichung ist es bekannt, dass durch Einspritzung des Kraftstoffes mit einem vergleichsweise hohen Kraftstoffdruck von etwa 40 MPa und darüber, zu einer Zeit nahe dem oberen Verdichtungstotpunkt, die Verbrennungsdauer verkürzt und damit die Verbrennungsstabilität verbessert werden kann.

Weiters ist es aus der WO 08/157823 A1 bekannt, eine Haupteinspritzung bei Kraftstoffdrücken von 1000 bar und darüber mit einem Einspritzbeginn im Kurbelwinkelbereich zwischen -10° und 20° des oberen Totpunktes im HCCI- oder PCCI-Betrieb (PCCI- Premixed Charge Compression Ignition) durchzuführen. Weiters ist aus dieser Druckschrift bekannt, eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung mit zu verwenden, bei der diametral gegenüberliegende Einspritzstrahlen für späte Kraftstoffeinspritzung einen Strahlwinkel zwischen 120° und 150° aufspannen. Das Verdichtungsverhältnis beträgt zwischen 10 und 16, das Drallverhältnis liegt zwischen 0 und 1,5.

Brennkraftmaschinen mit beispielsweise durch eine Keramikschiicht thermisch isolierten Komponenten sind aus der US 2017 145 914 A bekannt.

Aus der DE 10 2017 113 523 A1 ist eine Brennkraftmaschine bekannt, deren Brennraum ein thermisch isolierendes Element aufweist, welches zumindest einen Teil der Innenfläche des Brennraums ausbildet. Die durch das thermisch isolierende Element gebildete Innenfläche des Brennraums ist mittels einer Einspritzvorrichtung mit Wasser benetzbar.

Konventionelle Otto-Brennkraftmaschinen weisen üblicherweise Maßnahmen zur Klopfbegrenzung auf. Kraftstoffeigenschaften sowie zeitliche Randbedingungen für die Gemischaufbereitung und die Flammfrontausbreitung begrenzen das Verdichtungsverhältnis bei Otto-Brennkraftmaschinen. Auf Grund des hohen Druckes und der hohen Temperatur im Brennraum kann es zu einer Selbstzündung eines Teiles des Gemisches mit starkem Druckanstieg kommen (Klopfen). Derartige unkontrollierte Selbstzündung kann zu schweren Schäden an der Brennkraftmaschine führen. Weiters kann sogenannte irreguläre Verbrennung (Zündung des Gemisches vor Zünden durch die Zündeinrichtung) zu Schäden der Brennkraftmaschine führen.

Es ist bekannt, dass durch Wärmeisolation der Wirkungsgrad einer Brennkraftmaschine erhöht werden kann. Durch zumindest näherungsweise adiabate Motoren wären theoretisch Wirkungsgrade über 50% erzielbar. Nachteilig ist, dass derartige Motoren äußerst anfällig für irreguläre Verbrennung und Klopferscheinungen sind.

Aufgabe der Erfindung ist es diese Nachteile zu vermeiden und den Wirkungsgrad ohne Ansteigen des Risikos für irreguläre Verbrennung und Klopferscheinungen zu erhöhen.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Kraftstoff zwischen 180° , bevorzugt 120° , besonders bevorzugt 90° und 0° Kurbelwinkel vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung so in den Brennraum eingespritzt wird, dass zumindest zwei Einspritzstrahlen des Kraftstoffes auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse ausgebildete, etwa diametral bezüglich der Zylinderachse gegenüberliegende - Muldenwände einer vorzugsweise annähernd kreisförmigen Kolbenmulde des Kolbens treffen, wobei die Strahlmittellachsen der beiden Einspritzstrahlen - in einer die Zylinderachse beinhaltenden Schnittansicht betrachtet - einen Winkel von über 60° , vorzugsweise über 80° , besonders vorzugsweise über 100° , einschließen, und dass die Verbrennungswärme im Brennraum durch zumindest eine thermische Isolierung und/oder Beschichtung zurückgehalten wird.

Durch den thermisch isolierten Brennraum können adiabate Zustandsänderungen angenähert werden, was eine bedeutende Steigerung des thermischen Wirkungsgrades ermöglicht. Durch den späten Einspritzzeitpunkt und den hohen Einspritzdruck wird die Gemischbildungs- und Verbrennungsdauer stark verkürzt. Zusammen mit dem stöchiometrischen Mischungsverhältnis und dem Auftreffen der Kraftstoffstrahlen auf die im Wesentlichen parallel zur Zylinderachse verlaufenden Muldenwänden werden Klopferscheinungen zuverlässig verhindert.

Vorzugsweise wird dabei der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 900 bar, vorzugsweise über 1000 bar, eingespritzt.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass der Kraftstoff über zumindest sechs Einspritzstrahlen gleichzeitig in den Brennraum eingespritzt wird. Dies ermöglicht eine gleichmäßige Verteilung des Kraftstoffes im Brennraum.

Um eine rasche Entflammung des Gemisches zu ermöglichen, ist es vorteilhaft, wenn auf beiden Seite des Zündortes der Zündeinrichtung Kraftstoff über je einen Einspritzstrahl eingespritzt wird, wobei vorzugsweise zumindest zwei Einspritzstrahlen - im Grundriss betrachtet - einen Winkel von etwa zwischen 50° und 80° einschließen.

Um einerseits eine rasche Zündung des Gemisches zu ermöglichen und insbesondere ein Auslöschen des Zündfunkens zu vermeiden, ist es günstig, wenn zumindest ein Einspritzstrahl vom Zündort einen definierten Abstand aufweist, welcher zwischen 0,5 und 2,5 mm beträgt.

In einer einfachen Ausführung ist vorgesehen, dass die Kraftstoffeinspritzung durch eine einzige Einspritzung pro Arbeitszyklus und Zylinder unmittelbar vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung erfolgt. Für eine gleichmäßige Gemischaufbereitung ist es allerdings günstiger, wenn der Kraftstoff zu zumindest zwei Zeitpunkten eingespritzt wird, wobei zumindest eine letzte Einspritzung unmittelbar vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung erfolgt.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist dabei vorgesehen, dass zumindest zwei Einspritzungen – vorzugsweise als Doublette - im Verdichtungstakt durchgeführt werden. Eine weitere Ausführung der Erfindung sieht vor, dass zumindest zwei Einspritzungen im Ansaugtakt und zumindest eine Einspritzung im Verdichtungstakt durchgeführt werden.

Bei jeder Einspritzung wird der Kraftstoff bevorzugt über eine Dauer von maximal 50°, vorzugsweise 30°, besonders vorzugsweise 20°, Kurbelwinkel eingespritzt.

Eine weitere Steigerung des thermischen Wirkungsgrades lässt sich erzielen, wenn die Brennkraftmaschine nach dem Miller- oder Atkinson-Kreisprozess – mit frühem oder spätem Einlassschluss - betrieben wird.

Im Rahmen der Erfindung ist vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine mit einer Tumble-Zahl von maximal 1 betrieben wird. Das geometrische Verdichtungsverhältnis beträgt vorzugsweise zwischen 12 und 18.

In weiterer Ausführung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass zu zumindest einem Zeitpunkt während zumindest eines Arbeitszyklus Wasser der Ansaugluft oder dem Kraftstoff beigemischt oder dem Brennraum zugeführt wird. Das Wasser kann dabei in den Einlasssammler oder die Einlasskanäle oder direkt in den Brennraum eingespritzt werden oder als Emulsion zusammen mit dem Kraftstoff zugeführt werden.

Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eignet sich eine Otto-Brennkraftmaschine mit zumindest einem in einem Zylinder hin- und hergehenden, an einen Brennraum grenzenden Kolben, mit zumindest einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung und zumindest einer Zündeinrichtung pro Zylinder, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung und/oder die Zündeinrichtung zentral in den Brennraum einmünden, und wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ausgebildet ist um Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar, in der zweiten Hälfte eines Verdichtungsaktes vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung in den Brennraum einzuspritzen und die Brennkraftmaschine mit einer Luftzahl $\lambda=1$ zu betreiben. Erfindungsgemäß weist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung zumindest zwei Einspritzöffnungen auf, deren Mittelachsen - in einer Seitenansicht auf die Kraftstoffeinspritzeinrichtung betrachtet - einen Winkel von über 60° , vorzugsweise über 80° , besonders vorzugsweise über 100° , einschließen, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung so angeordnet und der Kolben so ausgebildet ist, dass bei einer Kraftstoffeinspritzung in einem Kurbelwinkelbereich zwischen 180° , bevorzugt 120° , besonders bevorzugt 90° und 0° Kurbelwinkel vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung die Einspritzstrahlen der beiden Einspritzöffnungen auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse ausgebildete, diametral bezüglich der Zylinderachse gegenüberliegende - Muldenwände einer vorzugsweise kreisförmigen Kolbenmulde des Kolbens treffen, wobei zumindest eine an den Brennraum grenzende Wand eine thermische Isolierung aufweist.

Die thermische Isolierung ist dabei zweckmäßigerweise im Bereich der brennraumseitigen Kolbenoberfläche - oder Teilen der Kolbenoberfläche - und/oder im Bereich einer durch einen Zylinderkopf gebildeten -vorzugsweise dachförmigen - Brennraumdeckfläche - oder Teilen der Brennraumdecke - angeordnet. Weiters kann die thermische Isolierung - kolbenseitig und/oder zylinderseitig - im Bereich des Feuerstegs des Kolbens angeordnet sein. Dadurch können Wärmeverluste reduziert werden.

Der Kolben weist bevorzugt eine zentrale Erhebung in der Mitte der beispielsweise kreisförmigen Kolbenmulde auf, wobei sich die Erhebung in den Brennraum erstreckt. Ähnliche Kolben sind von Diesel-Brennkraftmaschinen bekannt.

Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung weist mehrere - beispielsweise sechs - Einspritzöffnungen auf. Zumindest zwei Einspritzöffnungen der

Kraftstoffeinspritzeinrichtungen sind günstigerweise so angeordnet, dass auf beiden Seite des Zündortes der Zündeinrichtung Kraftstoff über je einen Einspritzstrahl einspritzbar ist. In einer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Mittelachsen der Einspritzöffnungen der beiden Einspritzstrahlen – im Grundriss betrachtet – einen Winkel von etwa zwischen 50° und 80° einschließen. Um einerseits eine zuverlässige Zündung des Kraftstoff- Luft-Gemisches zu gewährleisten und andererseits eine Benetzung des Zündortes mit Kraftstoff zu vermeiden, ist es vorteilhaft, wenn die Kraftstoffeinspritzeinrichtung und die Zündeinrichtung so angeordnet sind, dass zumindest ein Einspritzstrahl vom Zündort der Zündeinrichtung einen definierten Abstand aufweist, welcher zwischen 0 und 2,5 mm beträgt.

Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung ist über eine elektronische Steuereinheit so ansteuerbar, dass der Kraftstoff zu zumindest zwei Zeitpunkten während eines Arbeitszyklus einspritzbar ist, wobei zumindest eine letzte Einspritzung unmittelbar vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung erfolgt. Zumindest zwei Einspritzungen können dabei im Verdichtungstakt unmittelbar nacheinander durchgeführt werden.

Es ist auch möglich, die Steuereinheit so zu konditionieren, dass zumindest zwei Einspritzungen im Ansaugtakt und zumindest eine Einspritzung im Verdichtungstakt durchführbar sind.

Durch Aufteilung der Kraftstoffeinspritzung in mehrere Teileinspritzungen wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch durch die entzogene Verdampfungsenergie gekühlt und somit die Neigung zu irregulärer Verbrennung und zum Klopfen verringert. Die Kühlung des Kraftstoff-Luft-gemisches kann weiters gesteigert werden, wenn über eine Wasserzuführeinrichtung Wasser der Ansaugluft oder dem Kraftstoff beimengbar oder dem Brennraum zuführbar ist. Dabei kann eine Wassereinspritzeinrichtung beispielsweise in den Einlasssammler, in die einzelnen Einlasskanäle oder in den Brennraum einmünden. Alternativ dazu kann vor dem Einspritzen in den Brennraum dem Kraftstoff Wasser beigemischt und eine Kraftstoff-Wasser-Emulsion gebildet werden. Diese Kraftstoff-Wasser-Emulsion kann über die Kraftstoffeinspritzeinrichtung in den Brennraum eingespritzt werden.

Durch mehrmalige Kraftstoffeinspritzung werden im Brennraum Turbulenzen innerhalb des Brennraumes erzeugt, welche sich günstig auf die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit auswirken und somit weiter die Klopfneigung

vermindern. Dabei haben sich mehrere kurze Einspritzungen als vorteilhafter im Vergleich zu wenigen langen Einspritzungen erwiesen. Die Steuerung der Einspritzung kann vorteilhafter Weise so konditioniert sein, dass bei jeder Einspritzung der Kraftstoff über eine Dauer von maximal 50° , vorzugsweise 30° , besonders vorzugsweise 20° , Kurbelwinkel KW einspritzbar ist. Der Brennraum und die Einlasskanäle sollten so gestaltet sein, dass die Tumble-Zahl (Drallzahl für die Tumbleströmung) im Brennraum maximal 1 beträgt.

Zur weiteren Steigerung des Wirkungsgrades durch Verminderung der Drosselverluste kann vorgesehen sein, dass die Brennkraftmaschine nach dem Miller- oder Atkinson-Kreisprozess mit frühem oder spätem Einlassschluss betreibbar ist. Ein frühes Schließen der Einlassventile kann beispielsweise durch einen variablen Ventiltrieb ermöglicht werden.

Im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist es besonders vorteilhaft, wenn zumindest eine Zündeinrichtung als Vorkammerzündkerze ausgebildet ist. Dies ermöglicht eine weitere Erhöhung der Verbrennungsgeschwindigkeit und des Wirkungsgrades bei Verringerung der Klopfneigung.

Die Erfindung wird im Folgenden an Hand der in den nicht einschränkenden Figuren dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Darin zeigen schematisch

Fig. 1 einen Zylinder einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer ersten Ausführungsvariante in einem Längsschnitt,

Fig. 2 einen Zylinder einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer zweiten Ausführungsvariante in einem Längsschnitt,

Fig. 3 einen Zylinder einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer dritten Ausführungsvariante in einem Längsschnitt,

Fig. 4 einen Zylinder einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer vierten Ausführungsvariante in einem Längsschnitt,

Fig. 5 den Zylinder in einem Schnitt gemäß der Linie IV-IV in Fig. 1, 2, 3 oder 4 und

Fig. 6 Einspritzereignisse bei Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in verschiedenen Varianten der Erfindung.

In den Fig. 1 bis 4 ist schematisch jeweils ein Zylinder 1 einer Otto-Brennkraftmaschine dargestellt, in welchem ein hin-und hergehender Kolben 2 verschiebbar angeordnet ist. Der eine Kolbenmulde 3 aufweisende Kolben 2 wirkt über eine nicht weiter dargestellte Pleuelstange auf eine Kurbelwelle ein. Zwischen dem Kolben 2 und der durch einen Zylinderkopf 4 gebildeten dachförmigen Brennraumdecke 5 ist ein Brennraum 6 ausgebildet. In den Brennraum 6 münden zentral eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 und eine Zündeinrichtung 8 - beispielsweise eine konventionelle Zündkerze mit direkt in den Brennraum 6 mündenden Elektroden - ein. Die Zündeinrichtung 8 kann auch als - angedeutet dargestellte - Vorkammerzündkerze mit einer integrierten Vorkammer ausgebildet sein, in welcher die Elektroden angeordnet sind, wobei die Vorkammer über mehrere Öffnungen mit dem Brennraum 6 verbunden ist. Es ist auch möglich, mehr als eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 und/oder mehr als eine Zündeinrichtung 8 pro Zylinder 1 vorzusehen.

Die Achse 7a der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 kann geneigt zur Zylinderachse 1a angeordnet sein. Genauso kann die Achse 8a der Zündeinrichtung 8 geneigt zur Zylinderachse 1a ausgebildet sein. Im gezeigten Beispiel beträgt der Neigungswinkel α zwischen der Achse 7a und der Zylinderachse 1a beispielsweise etwa 15° , und der Neigungswinkel β zwischen der Achse 8a und der Zylinderachse 1a beispielsweise etwa 10° . Die Neigungswinkel α , β können bevorzugt zwischen 0° und 30° , besonders bevorzugt zwischen 0° und 15° , liegen.

Der Einspritzort 7b der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 und der Zündort 8b der Zündeinrichtung 8 sind nahe der Zylinderachse 1a angeordnet. Der Abstand 7c zwischen dem Einspritzort 7b und der Zylinderachse 1a beträgt hier weniger als ein Viertel des Radius R des Zylinders 1. Gleiches gilt für den Abstand 8c zwischen dem Zündort 8b und der Zylinderachse 1a.

Die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 ist als Mehrlocheinspritzeinrichtung ausgebildet, um den Kraftstoff über mehrere (nicht dargestellte) Einspritzöffnungen in mehreren Einspritzstrahlen 9 in den Brennraum 6 einzuspritzen. Die Mittelachsen 10 von zwei Einspritzöffnungen der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 für etwa diametral gegenüberliegende Einspritzstrahlen 9 spannen - in einer in Fig. 1 und 2 dargestellten Seitenansicht auf die Kraftstoffeinspritzeinrichtung betrachtet - einen Winkel γ von über 60° , vorzugsweise über 80° , besonders vorzugsweise über 100° , auf. Dieser Winkel γ entspricht dem Strahlwinkel, den die Strahlachsen der zwei etwa diametral gegenüberliegenden Einspritzstrahlen 9 aufspannen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel beträgt der Winkel γ etwa 110° .

Der Radius r der im Wesentlichen kreisförmigen Kolbenmulde beträgt zwischen 0,7 bis 0,9-mal dem Kolbenradius R . In dem von der Zylinderachse 1a entferntesten Bereich weist die Kolbenmulde 3 vom Kolbenrand 21 abgewandte Muldenwände 31 auf, welche im Wesentlichen parallel zur Zylinderachse 1a ausgebildet sind.

Die Kraftstoffeinspritzung (bei einmaliger Einspritzung) oder die letzte Kraftstoffeinspritzung (bei mehrmaliger Einspritzung) erfolgt sehr spät im Verdichtungstakt nahe dem oberen Totpunkt TDC der Verbrennung, wobei Mittelachsen 10 Einspritzöffnungen bzw. die Strahlachsen der Einspritzstrahlen 9 auf die Muldenwände 31 gerichtet sind. Damit legen die Einspritzstrahlen 10 den längst möglichen Weg innerhalb des Brennraumes 6 zurück, bevor sie auf den Kolben 2 auftreffen. Der Kraftstoff kann somit bestmöglich verdampfen.

Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist weist die Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 ein sternförmiges Strahlbild der Einspritzstrahlen 9 auf, wobei im gezeigten Ausführungsbeispiel sechs Einspritzöffnungen vorgesehen sind. Mit Bezugszeichen 11 sind im Brennraumdach 5 angeordnete Gaswechselventile bezeichnet. Zumindest zwei Einspritzöffnungen der Kraftstoffeinspritzeinrichtung 7 und so angeordnet, dass auf beiden Seite des Zündortes 8b der Zündeinrichtung 8 Kraftstoff über je einen Einspritzstrahl 9 eingespritzt wird. Die Mittelachsen 10 dieser Einspritzöffnungen schließen dabei einen Winkel δ ein, welcher etwa zwischen 50° und 80° beträgt.

Die Einspritzstrahlen 9 weisen einen Abstand a vom Zündort 8b auf, welcher zwischen 0 und 2,5 mm mm beträgt. Damit wird ein sicheres Zünden des Kraftstoff-Luft-gemisches gewährleistet.

Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, weisen an den Brennraum 6 grenzende Wände oder Wandbereiche thermische Isolierungen 12 auf. Insbesondere sind thermische Isolierungen 12 im Bereich der Kolbenoberfläche 22 - also im Bereich der Kolbenmulde 3 und im Bereich zwischen Kolbenmulde 3 und Kolbenrand 21 -, im Bereich der Brennraumdecke 5, und in dem an den Brennraum 6 grenzenden Bereich des Zylinders 1, aber auch im Bereich des Feuerstegs 23 des Kolbens 2 sowie in einem dem Feuersteg 23 gegenüberliegenden Bereich des Zylinders 1 vorgesehen. In Fig. 2 sind die Isolierungen 12 nicht dargestellt.

Die in Fig. 2 gezeigte Ausführungsvariante unterscheidet sich von Fig. 1 dadurch, dass hier die Kolbenmulde 3 eine zentrale Erhebung 32 aufweist. Weiters sind die dem Brennraum 6 zugewandten Bereiche der Kolbenoberfläche 22 zwischen der Kolbenmulde 3 und dem Kolbenrand 21 als Quetschflächen 24 ausgebildet, deren Neigung und Form im Wesentlichen der Dachneigung der dachförmigen Brennraumdecke 5 entspricht. Die korrespondierenden zylinderkopfseitigen Quetschflächen der Brennraumdecke 5 sind mit Bezugszeichen 25 bezeichnet.

Kolbenseitige Quetschflächen 24 zwischen der Kolbenmulde 3 und dem Kolbenrand 21 einerseits und zylinderkopfseitige Quetschflächen 25 der Brennraumdecke 5 andererseits sind auch bei der in Fig. 3 dargestellten dritten Ausführungsvariante der Erfindung vorgesehen. Die Quetschflächen 24, 25 sind dabei eben und parallel zur Zylinderkopfdichtebene ϵ ausgebildet. Innerhalb der zylinderkopfseitigen Quetschflächen 25 ist die Brennraumdecke 5 dachförmig ausgebildet.

Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsvariante der Erfindung mit zwischen der Kolbenmulde 3 und dem Kolbenrand 21 als Quetschflächen 24 ausgebildeten Bereichen der Kolbenoberfläche 22, wobei die Quetschflächen 24 zumindest teilweise der Form der dachförmigen Brennraumdecke 5 folgen. Die Quetschflächen 24 und die korrespondierenden zylinderkopfseitigen Quetschflächen 25 der Brennraumdecke 5 sind in Fig. 4 leicht gekrümmt ausgeführt, wobei die Steigung der Kolbenoberfläche 22 bzw. der Brennraumdecke 5 im Bereich des Kolbenrandes 21 bzw. Zylinderrandes geringer ist als in einem der Zylinderachse 1a näher liegenden Bereich. Selbstverständlich können auch bei den in Fig. 2 bis 4 gezeigten Ausführungen thermische Isolierungen vorgesehen sein.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die Brennkraftmaschine zumindest annähernd adiabat und mit einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis $\lambda=1$

betrieben und der Kraftstoff im Verdichtungstakt sehr spät nahe dem oberen Totpunkt TDC der Verbrennung mit sehr hohem Einspritzdruck von über 500 bar, insbesondere über 900 bar, beispielsweise 1000 bar, eingespritzt. Die Brennkraftmaschine kann dabei nach dem Miller- oder Atkinson-Kreisprozess mit einem frühen oder späten Einlassschluss betrieben werden. Die Einlasskanäle der Brennkraftmaschine und der Brennraum 6 sind so gestaltet, dass eine niedrige Tumble-Zahl erreicht wird.

Die Kraftstoffeinspritzung E kann einmalig oder mehrmalig erfolgen, wie in den Fig 6a bis 6c schematisch dargestellt ist. In Fig. 6a bis 6c sind dabei die Einspritzereignisse E über dem Kurbelwinkel für jeweils einen Arbeitszyklus aufgetragen, wobei die oberen Totpunkte mit TDC und die unteren Totpunkte mit BDC bezeichnet sind.

Fig. 6a zeigt dabei eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einmaliger Kraftstoffeinspritzung E während des Verdichtungstaktes.

Fig. 6b zeigt eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit zweimaliger Kraftstoffeinspritzung E während des Verdichtungstaktes.

Fig. 6c zeigt eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens mit dreimaliger Kraftstoffeinspritzung E, wobei die ersten zwei Kraftstoffeinspritzungen E während des Ansaugtaktes und eine Kraftstoffeinspritzung E während des Verdichtungstaktes erfolgen.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Betreiben einer Otto-Brennkraftmaschine, welche zumindest einen in einem Zylinder (1) hin- und hergehenden, an einen Brennraum (6) grenzenden Kolben (2) aufweist, wobei in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine pro Zylinder (1) Kraftstoff über zumindest eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) zentral in den Brennraum (6) eingespritzt und über zumindest eine Zündeinrichtung (8) zentral im Brennraum (6) gezündet wird, wobei der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar in der zweiten Hälfte des Verdichtungstaktes vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung in den Brennraum (6) eingespritzt und die Brennkraftmaschine mit einem Luft-Kraftstoffverhältnis $\lambda=1$ betrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Kraftstoff zwischen 180° , bevorzugt 120° , besonders bevorzugt 90° , und 0° Kurbelwinkel (KW) vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung so in den Brennraum (6) eingespritzt wird, dass zumindest zwei Einspritzstrahlen (9) des Kraftstoffes auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse (1a) ausgebildete, etwa diametral bezüglich der Zylinderachse (1a) gegenüberliegende - Muldenwände (3a) einer vorzugsweise kreisförmigen Kolbenmulde (3) des Kolbens (2) treffen, wobei die Strahlmittellachsen der beiden Einspritzstrahlen (9) - in einer die Zylinderachse (1a) beinhaltenden Schnittansicht betrachtet - einen Winkel (γ) von über 60° , vorzugsweise über 8° , besonders vorzugsweise über 100° , einschließen, und dass die Verbrennungswärme im Brennraum (6) durch zumindest eine thermische Isolierung (12) und/oder Beschichtung zurückgehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 900 bar, vorzugsweise über 1000 bar, eingespritzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff über zumindest sechs Einspritzstrahlen (9) gleichzeitig in den Brennraum (6) eingespritzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf beiden Seite des Zündortes (8b) der Zündeinrichtung (8) Kraftstoff über je einen Einspritzstrahl (9) eingespritzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Einspritzstrahlen (9) – im Grundriss betrachtet – einen Winkel (δ) von etwa zwischen 50° und 80° einschließen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Einspritzstrahl (9) vom Zündort (8b) einen definierten Abstand (a) aufweist, welcher zwischen 0,5 und 2,5 mm beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff zu zumindest zwei Zeitpunkten eingespritzt wird, wobei zumindest eine letzte Einspritzung unmittelbar vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einspritzungen – vorzugsweise als Doublette - im Verdichtungstakt durchgeführt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einspritzungen im Ansaugtakt und zumindest eine Einspritzung im Verdichtungstakt durchgeführt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei jeder Einspritzung der Kraftstoff über eine Dauer von maximal maximal 50° KW, vorzugsweise 30° , besonders vorzugsweise 20° Kurbelwinkel (KW) eingespritzt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine nach dem Miller- oder Atkinson-Kreisprozess betrieben wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine mit einer Tumble-Zahl von maximal 1 betrieben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine mit einem Verdichtungsverhältnis zwischen 12 und 18 betrieben wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zu zumindest einem Zeitpunkt während zumindest eines Arbeitszyklus Wasser der Ansaugluft oder dem Kraftstoff beigemischt oder dem Brennraum (6) zugeführt wird.
15. Otto-Brennkraftmaschine mit zumindest einem in einem Zylinder (1) hin- und hergehenden, an einen Brennraum (6) grenzenden Kolben (2), mit zumindest einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) und zumindest einer Zündeinrichtung (8) pro Zylinder (2), wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) und/oder die Zündeinrichtung (8) zentral in den Brennraum (8) einmünden, und wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) ausgebildet ist um Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar, in der zweiten Hälfte eines Verdichtungsstaktes vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung in den Brennraum (6) einzuspritzen und die Brennkraftmaschine mit einer Luftzahl $\lambda=1$ zu betreiben, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) zumindest zwei etwa diametral gegenüberliegende Einspritzöffnungen aufweist, wobei deren Mittelachsen (10) - in einer Seitenansicht auf die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) betrachtet - einen Winkel (γ) von über 60°, vorzugsweise über 80°, besonders vorzugsweise über 100°, einschließen, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so angeordnet und der Kolben (2) so ausgebildet ist, dass bei einer Kraftstoffeinspritzung in einem Kurbelwinkelbereich (KW) zwischen 180°, bevorzugt 120°, besonders bevorzugt 90° und 0° Kurbelwinkel (KW) vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung die Einspritzstrahlen (9) der beiden Einspritzöffnungen auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse ausgebildete, diametral bezüglich der Zylinderachse (1a) gegenüberliegende - Muldenwände (31) einer vorzugsweise kreisförmigen Kolbenmulde (3) des Kolbens (2) treffen, und dass zumindest eine an den Brennraum (6) grenzende Wand oder Wandbereich eine thermische Isolierung (12) aufweist.

16. Brennkraftmaschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Isolierung (12) im Bereich der Kolbenoberfläche (22) angeordnet ist.
17. Brennkraftmaschine nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Isolierung (12) im Bereich einer durch einen Zylinderkopf (4) gebildeten -vorzugsweise dachförmigen - Brennraumdeckfläche (5) angeordnet ist.
18. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Isolierung (12) – kolbenseitig und/oder zylinderseitig - im Bereich des Feuerstegs (23) des Kolbens (2) angeordnet ist.
19. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (2) eine zentrale Erhebung (32) aufweist.
20. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) mehrere, vorzugsweise zumindest sechs, Einspritzöffnungen aufweist.
21. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einspritzöffnungen der Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so angeordnet sind, dass auf beiden Seite des Zündortes (8b) der Zündeinrichtung (8) Kraftstoff über je einen Einspritzstrahl (9) einspritzbar ist.
22. Brennkraftmaschine nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelachsen (10) der Einspritzöffnungen der beiden Einspritzstrahlen (9) – im Grundriss betrachtet – einen Winkel (δ) von etwa zwischen 50° und 80° einschließen.
23. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) und die Zündeinrichtung (8) so angeordnet sind, dass zumindest ein Einspritzstrahl (10) vom Zündort (8b) der Zündeinrichtung einen definierten Abstand (a, b) aufweist, welcher zwischen 0 und 2,5 mm beträgt.

24. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so konditioniert ist, der Kraftstoff zu zumindest zwei Zeitpunkten eines Arbeitszyklus einspritzbar ist, wobei zumindest eine letzte Einspritzung unmittelbar vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung erfolgt.
25. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so konditioniert ist, zumindest zwei Einspritzungen im Verdichtungsstakt unmittelbar nacheinander durchführbar sind.
26. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (TDC) so konditioniert ist, zumindest zwei Einspritzungen im Ansaugtakt und zumindest eine Einspritzung im Verdichtungsstakt durchführbar sind.
27. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so konditioniert ist, dass bei jeder Einspritzung der Kraftstoff über eine Dauer von maximal 50° , vorzugsweise 30° , besonders vorzugsweise 20° Kurbelwinkel (KW) einspritzbar ist.
28. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennraum (6) und die Einlasskanäle so gestaltet sind, dass eine Tumble-Zahl im Brennraum maximal 1 beträgt.
29. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass über eine Wasserzuführeinrichtung Wasser der Ansaugluft oder dem Kraftstoff beimengbar oder dem Brennraum (6) zuführbar ist.
30. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Zündeinrichtung (8) als Vorkammerzündkerze ausgebildet ist.

23.01.2018
FU

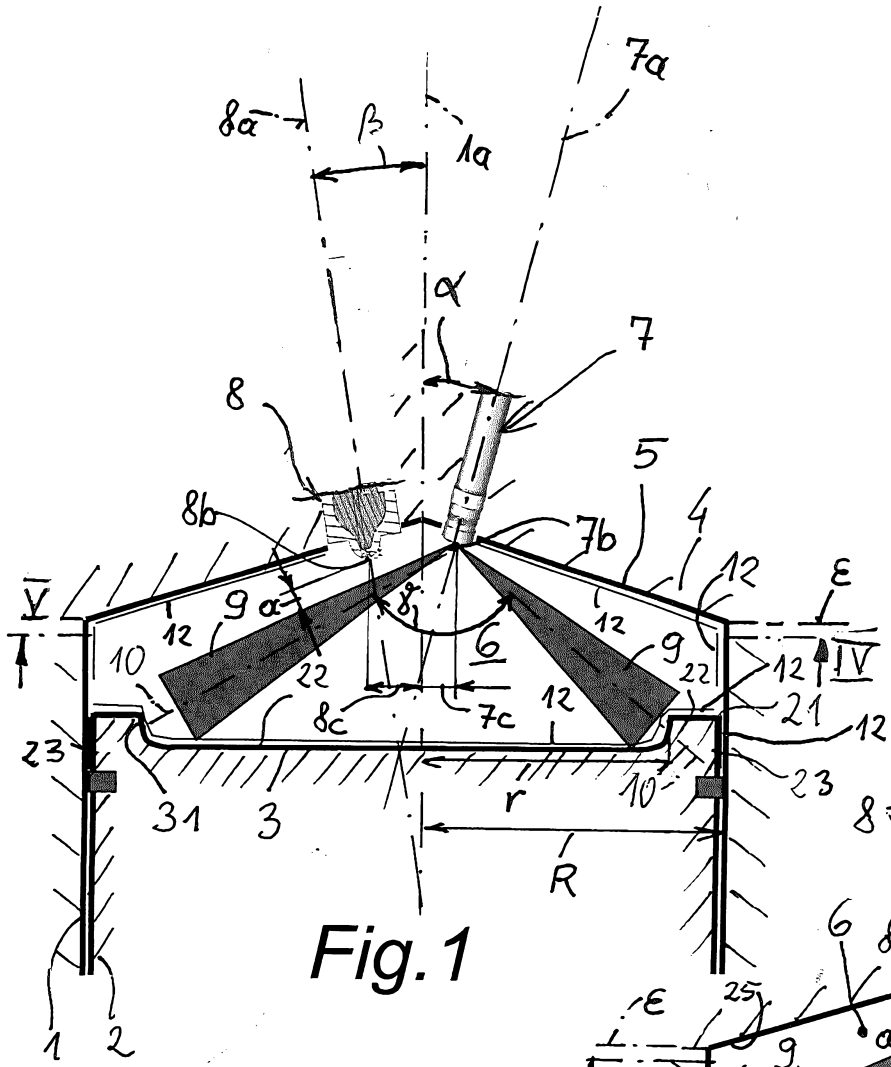


Fig. 1

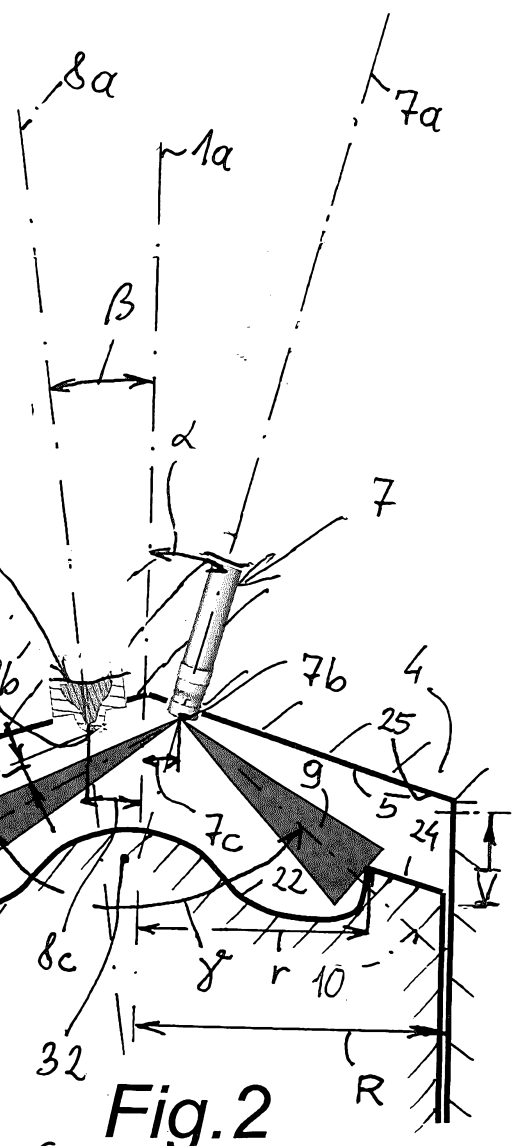


Fig. 2

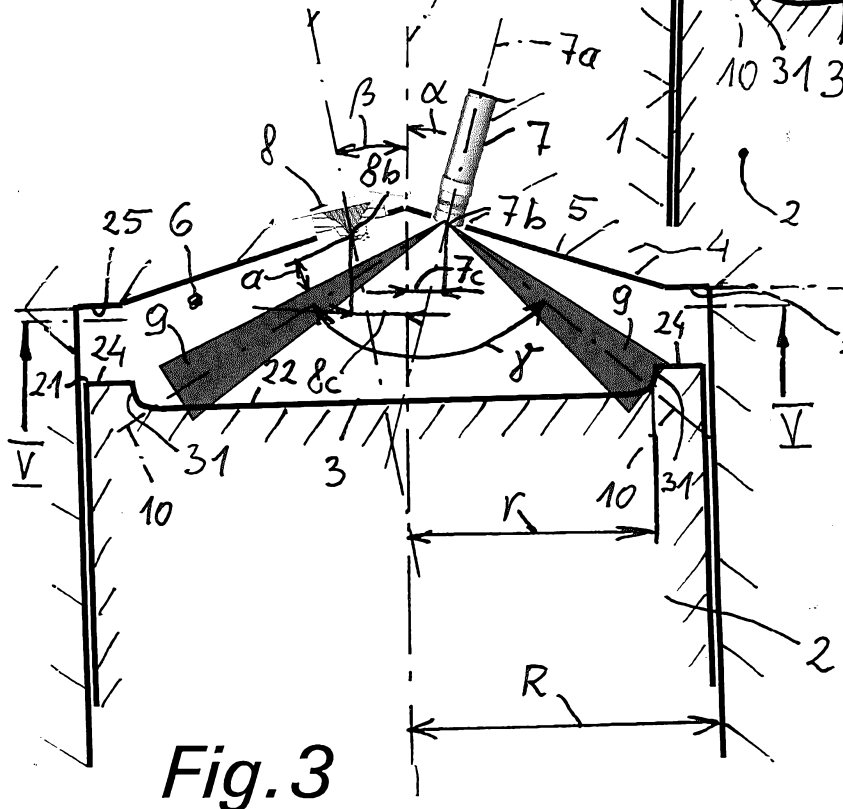


Fig. 3

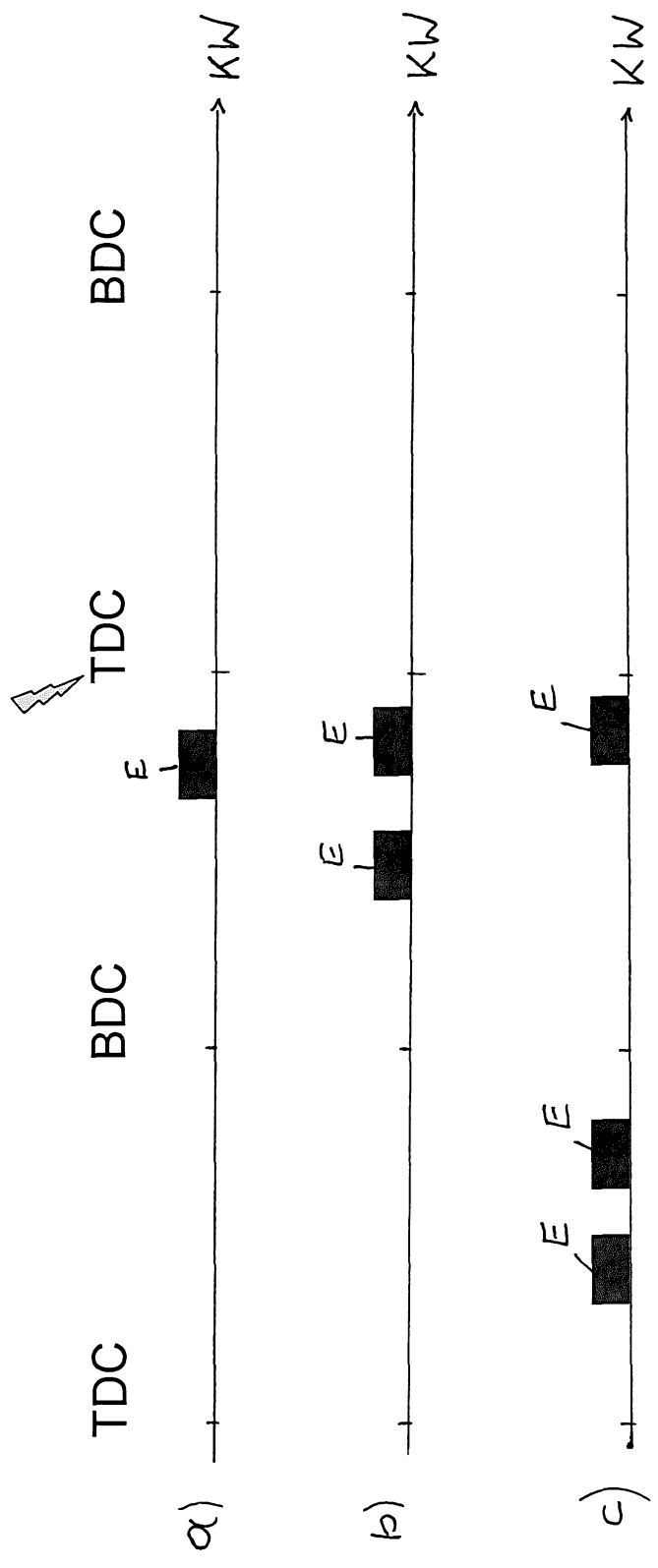


Fig. 6

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
F02D 41/38 (2006.01); **F02D 41/30** (2006.01); **F02D 41/40** (2006.01); **F02B 23/10** (2006.01); **F02F 3/10** (2006.01); **F02F 3/12** (2006.01); **F02F 3/14** (2006.01); **F02M 45/08** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
F02D 41/3818 (2013.01); **F02D 41/3029** (2013.01); **F02D 41/3023** (2013.01); **F02D 41/402** (2013.01); **F02B 23/101** (2013.01); **F02F 3/10** (2013.01); **F02F 3/12** (2013.01); **F02F 3/14** (2013.01); **F02M 45/086** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
 F02D, F02B, F02F, F02M; FICLA: F02B23/10&H

Konsultierte Online-Datenbank:
 EPODOC, WPI, XFULL

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 23.01.2018 eingereichten Ansprüchen 1 - 30 erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	JP 2008121429 A (NISSAN MOTOR) 29. Mai 2008 (29.05.2008) Fig. 1 - 19 (insb. Bezugszeichen 4a); Absätze [0104] - [0122]; Übersetzung der JP 2008121429 A [online], [ermittelt am 27.08.2018]. Ermittelt auf: EPOQUE EPODOC Database.	1, 3 - 5, 7, 8, 10, 15, 16, 19 - 22, 24, 25, 27
Y		2
X	EP 1857654 A1 (TOYOTA MOTOR CO LTD) 21. November 2007 (21.11.2007) Fig. 1 - 21 (insb. Bezugszeichen 22b, 22c); Absätze [0079] und [0130]	1, 7, 10, 15, 16, 20, 24, 27
X	JP 2013057267 A (MAZDA MOTOR) 28. März 2013 (28.03.2013) Fig. 1 (insb. Bezugszeichen 62, 63, 64, 65); Absätze [0043] - [0049], [0061] und [0062]; Übersetzung der JP 2013057267 A [online], [ermittelt am 27.08.2018]. Ermittelt auf: EPOQUE EPODOC Database.	15 - 18
Y	WO 2008157823 A1 (HOU DEYANG) 24. Dezember 2008 (24.12.2008) Ansprüche	2

Datum der Beendigung der Recherche: 27.08.2018 Seite 1 von 1 Prüfer(in): THALHAMMER Christian

¹⁾ **Kategorien** der angeführten Dokumente:
X Veröffentlichung von **besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
Y Veröffentlichung von **Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.
A Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
P Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien X oder Y), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
E Dokument, das von **besonderer Bedeutung** ist (Kategorie X), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
& Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.

(neue) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Betreiben einer Otto-Brennkraftmaschine, welche zumindest einen in einem Zylinder (1) hin- und hergehenden, an einen Brennraum (6) grenzenden Kolben (2) aufweist, wobei in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine pro Zylinder (1) Kraftstoff über zumindest eine Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) zentral in den Brennraum (6) eingespritzt und über zumindest eine Zündeinrichtung (8) zentral im Brennraum (6) gezündet wird, wobei der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar in der zweiten Hälfte des Verdichtungsstaktes vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung in den Brennraum (6) eingespritzt und die Brennkraftmaschine mit einem Luft-Kraftstoffverhältnis $\lambda=1$ betrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass in zumindest einem Betriebsbereich der Brennkraftmaschine der Kraftstoff zwischen 180° , bevorzugt 120° , besonders bevorzugt 90° , und 0° Kurbelwinkel (KW) vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung so in den Brennraum (6) eingespritzt wird, dass zumindest zwei Einspritzstrahlen (9) des Kraftstoffes auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse (1a) ausgebildete, etwa diametral bezüglich der Zylinderachse (1a) gegenüberliegende - Muldenwände (3a) einer vorzugsweise kreisförmigen Kolbenmulde (3) des Kolbens (2) treffen, wobei die Strahlmittellachsen der beiden Einspritzstrahlen (9) - in einer die Zylinderachse (1a) beinhaltenden Schnittansicht betrachtet - einen Winkel (γ) von über 60° , vorzugsweise über 8° , besonders vorzugsweise über 100° , einschließen, und dass die Verbrennungswärme im Brennraum (6) durch zumindest eine thermische Isolierung (12) und/oder Beschichtung zurückgehalten wird, und wobei die Kraftstoffeinspritzung zum Zeitpunkt der Funkenzündung abgeschlossen ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 900 bar, vorzugsweise über 1000 bar, eingespritzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff über zumindest sechs Einspritzstrahlen (9) gleichzeitig in den Brennraum (6) eingespritzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass auf beiden Seite des Zündortes (8b) der Zündeinrichtung (8) Kraftstoff über je einen Einspritzstrahl (9) eingespritzt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Einspritzstrahlen (9) – im Grundriss betrachtet – einen Winkel (δ) von etwa zwischen 50° und 80° einschließen.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Einspritzstrahl (9) vom Zündort (8b) einen definierten Abstand (a) aufweist, welcher zwischen 0,5 und 2,5 mm beträgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Kraftstoff zu zumindest zwei Zeitpunkten eingespritzt wird, wobei zumindest eine letzte Einspritzung unmittelbar vor dem oberen Totpunkt der Verbrennung erfolgt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einspritzungen – vorzugsweise als Doublette - im Verdichtungstakt durchgeführt werden.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einspritzungen im Ansaugtakt und zumindest eine Einspritzung im Verdichtungstakt durchgeführt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass bei jeder Einspritzung der Kraftstoff über eine Dauer von maximal maximal 50° KW, vorzugsweise 30° , besonders vorzugsweise 20° Kurbelwinkel (KW) eingespritzt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine nach dem Miller- oder Atkinson-Kreisprozess betrieben wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine mit einer Tumble-Zahl von maximal 1 betrieben wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine mit einem Verdichtungsverhältnis zwischen 12 und 18 betrieben wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zu zumindest einem Zeitpunkt während zumindest eines Arbeitszyklus Wasser der Ansaugluft oder dem Kraftstoff beigemischt oder dem Brennraum (6) zugeführt wird.
15. Otto-Brennkraftmaschine mit zumindest einem in einem Zylinder (1) hin- und hergehenden, an einen Brennraum (6) grenzenden Kolben (2), mit zumindest einer Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) und zumindest einer Zündeinrichtung (8) pro Zylinder (2), wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) und/oder die Zündeinrichtung (8) zentral in den Brennraum (8) einmünden, und wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) ausgebildet ist um Kraftstoff mit einem Einspritzdruck über 500 bar, in der zweiten Hälfte eines Verdichtungsstaktes vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung in den Brennraum (6) einzuspritzen und die Brennkraftmaschine mit einer Luftzahl $\lambda=1$ zu betreiben, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) zumindest zwei etwa diametral gegenüberliegende Einspritzöffnungen aufweist, wobei deren Mittelachsen (10) - in einer Seitenansicht auf die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) betrachtet - einen Winkel (γ) von über 60° , vorzugsweise über 80° , besonders vorzugsweise über 100° , einschließen, wobei die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so angeordnet und der Kolben (2) so ausgebildet ist, dass bei einer Kraftstoffeinspritzung in einem Kurbelwinkelbereich (KW) zwischen 180° , bevorzugt 120° , besonders bevorzugt 90° und 0° Kurbelwinkel (KW) vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung die Einspritzstrahlen (9) der beiden Einspritzöffnungen auf im Wesentlichen - parallel zur Zylinderachse ausgebildete, diametral bezüglich der Zylinderachse (1a) gegenüberliegende - Muldenwände (31) einer vorzugsweise kreisförmigen Kolbenmulde (3) des Kolbens (2) treffen, und dass zumindest eine an den Brennraum (6) grenzende Wand oder Wandbereich eine thermische Isolierung (12) aufweist.

16. Brennkraftmaschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Isolierung (12) im Bereich der Kolbenoberfläche (22) angeordnet ist.
17. Brennkraftmaschine nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Isolierung (12) im Bereich einer durch einen Zylinderkopf (4) gebildeten -vorzugsweise dachförmigen - Brennraumdeckfläche (5) angeordnet ist.
18. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die thermische Isolierung (12) – kolbenseitig und/oder zylinderseitig - im Bereich des Feuerstegs (23) des Kolbens (2) angeordnet ist.
19. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Kolben (2) eine zentrale Erhebung (32) aufweist.
20. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) mehrere, vorzugsweise zumindest sechs, Einspritzöffnungen aufweist.
21. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest zwei Einspritzöffnungen der Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so angeordnet sind, dass auf beiden Seite des Zündortes (8b) der Zündeinrichtung (8) Kraftstoff über je einen Einspritzstrahl (9) einspritzbar ist.
22. Brennkraftmaschine nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelachsen (10) der Einspritzöffnungen der beiden Einspritzstrahlen (9) – im Grundriss betrachtet – einen Winkel (δ) von etwa zwischen 50° und 80° einschließen.
23. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) und die Zündeinrichtung (8) so angeordnet sind, dass zumindest ein Einspritzstrahl (10) vom Zündort (8b) der Zündeinrichtung einen definierten Abstand (a, b) aufweist, welcher zwischen 0 und 2,5 mm beträgt.

24. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so konditioniert ist, der Kraftstoff zu zumindest zwei Zeitpunkten eines Arbeitszyklus einspritzbar ist, wobei zumindest eine letzte Einspritzung unmittelbar vor dem oberen Totpunkt (TDC) der Verbrennung erfolgt.
25. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so konditioniert ist, zumindest zwei Einspritzungen im Verdichtungstakt unmittelbar nacheinander durchführbar sind.
26. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (TDC) so konditioniert ist, zumindest zwei Einspritzungen im Ansaugtakt und zumindest eine Einspritzung im Verdichtungstakt durchführbar sind.
27. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektronische Steuereinheit für die Kraftstoffeinspritzeinrichtung (7) so konditioniert ist, dass bei jeder Einspritzung der Kraftstoff über eine Dauer von maximal 50°, vorzugsweise 30°, besonders vorzugsweise 20° Kurbelwinkel (KW) einspritzbar ist.
28. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 27, dadurch gekennzeichnet, dass der Brennraum (6) und die Einlasskanäle so gestaltet sind, dass eine Tumble-Zahl im Brennraum maximal 1 beträgt.
29. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 28, dadurch gekennzeichnet, dass über eine Wasserzuführeinrichtung Wasser der Ansaugluft oder dem Kraftstoff beimengbar oder dem Brennraum (6) zuführbar ist.
30. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 15 bis 29, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Zündeinrichtung (8) als Vorkammerzündkerze ausgebildet ist.