



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 202 361.3**  
 (22) Anmeldetag: **10.02.2015**  
 (43) Offenlegungstag: **11.08.2016**

(51) Int Cl.: **F02B 23/06 (2006.01)**  
**F02F 3/26 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**FEV GmbH, 52078 Aachen, DE**

(72) Erfinder:  
**Ewald, Jens, Dr., 52078 Aachen, DE**

<b>US</b>	<b>6 845 741</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>2003 / 0 056 748</b>	<b>A1</b>
<b>EP</b>	<b>0 937 890</b>	<b>A2</b>
<b>EP</b>	<b>0 997 622</b>	<b>A1</b>
<b>WO</b>	<b>01/ 49 996</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2008- 163 823</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2000- 110 567</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>H10- 8 968</b>	<b>A</b>

(56) Ermittelte Stand der Technik:

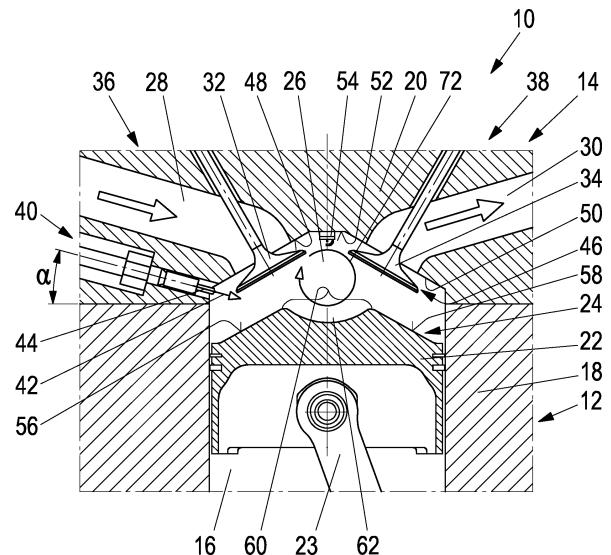
<b>DE</b>	<b>103 54 682</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2004 031 289</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2012 103 195</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>601 32 246</b>	<b>T2</b>

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Hubkolben-Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Hubkolben-Brennkraftmaschine (10) ist versehen mit mindestens einem Zylinder (16), der eine Umfangswand (18) und eine Zylinderdeckwand (20) aufweist, und einem in dem Zylinder (16) auf- und abbewegbaren Kolben (22) mit einem Kolbenboden (24), wobei die Umfangswand (18) des Zylinders (16) sowie dessen Zylinderdeckwand (20) und der Kolbenboden (24) einen Brennraum (26) bilden. Ferner weist die Hubkolben-Brennkraftmaschine (10) Mittel (36) zum Einlassen eines gasförmigen Mediums in den Brennraum (26), Mittel (38) zum Auslassen eines gasförmigen Mediums aus dem Brennraum (26), Mittel (40) zum längs einer Einspritzstrahlachse (42) erfolgenden Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum (26) und Mittel (54) zum Zünden des Kraftstoff-Gas-Gemisches im Brennraum (26) auf. In dem Kolbenboden (24) ist zur Unterstützung des Entstehens und des Aufrechterhaltens einer Tumble-Strömung (72) des Kraftstoff-Gas-Gemisches innerhalb des Brennraums (26) eine Mulde (62) mit einer Muldenoberfläche (63) ausgebildet. Die Form der Muldenoberfläche (63) ist als Teil einer Außenfläche eines länglichen, im Wesentlichen rotationssymmetrischen Körpers ausgebildet, der eine Längsachse aufweist, die die Rotationsachse (64) des Körpers bildet und die quer zur Auf- und Abbewegung (70) des Kolbens (22) ausgerichtet ist. Die Rotations- bzw. Längsachse (64) des rotationssymmetrischen Körpers verläuft quer zur Kraftstoff-Einspritzstrahlachse (42).



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Hubkolben-Brennkraftmaschine und insbesondere eine Hubkolben-Brennkraftmaschine, in deren Brennraum während des Einbringens von Kraftstoff und Gas (insbesondere Luft) sowie während des Verdichtens des Kraftstoff-Gas-Gemisches eine Tumble-Strömung entsteht und diese aufrechterhalten wird.

**[0002]** Es ist bekannt, den Kolbenboden im Brennraum eines Zylinders einer Hubkolben-Brennkraftmaschine mit einer speziell ausgebildeten Mulde zu versehen, die das einströmende Gas mit dem eingespritzten Kraftstoff möglichst homogen vermischt, und zwar unter Entstehung einer möglichst für die Vermischung und Verbrennung effektiven turbulenten Strömung. Die im Stand der Technik bekannten Mulden von Kolbenböden sind im Allgemeinen asymmetrisch ausgebildet und weisen asymmetrisch angeordnete Prall- bzw. Umlenkflächen auf, an denen das einströmende Gas mit dem eingebrachten Kraftstoff unter plötzlicher Veränderung der Strömungsrichtung entlangströmt.

**[0003]** Beispiele für verschiedene Muldenformen in den Böden der Kolben von Hubkolben-Brennkraftmaschinen sind in DE 103 54 682 A1, EP 0 937 890 A2, EP 0 997 622 A1, WO 01/49996 A1 und US 2003/0056748 A1 beschrieben.

**[0004]** Aus DE 10 2012 103 195 A1 ist ein Kolben für eine Hubkolben-Brennkraftmaschine mit einer napfförmigen, hinsichtlich einer Hochachse symmetrischen oder mit einer elliptischen Form bekannt.

**[0005]** Aufgabe der Erfindung ist, die Muldenform von Kolben für Hubkolben-Brennkraftmaschinen im Hinblick auf eine Verbesserung der Homogenisierung des Kraftstoff-Gas-Gemisches im Brennraum während der Einbringung des Kraftstoffs und des Gases und der Verdichtung dieses Kraftstoff-Gas-Gemisches im Brennraum zu verbessern.

**[0006]** Zur Lösung dieser Aufgabe wird mit der Erfindung eine Hubkolben-Brennkraftmaschine vorgeschlagen, die versehen ist mit

- mindestens einem Zylinder, der eine Umfangswand und eine Zylinderdeckwand aufweist,
- einem in dem Zylinder auf- und abbewegbaren Kolben mit einem Kolbenboden,
- wobei die Umfangswand des Zylinders sowie dessen Zylinderdeckwand und der Kolbenboden einen Brennraum bilden,
- Mittel zum Einlassen eines gasförmigen Mediums in den Brennraum,
- Mittel zum Auslassen eines gasförmigen Mediums aus dem Brennraum,

– Mittel zum längs einer Einspritzstrahlachse erfolgenden Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum und

- Mittel zum Zünden des Kraftstoff-Gas-Gemisches im Brennraum,
- wobei in dem Kolbenboden zur Unterstützung des Entstehens und des Aufrechterhaltens einer Tumble-Strömung des Kraftstoff-Gas-Gemisches innerhalb des Brennraums eine Mulde mit einer Muldenoberfläche ausgebildet ist.

**[0007]** Bei dieser Hubkolben-Brennkraftmaschine ist erfindungsgemäß vorgesehen,

- dass die Form der Muldenoberfläche als Teil der Außenfläche eines länglichen, im Wesentlichen rotationssymmetrischen Körpers ausgebildet ist, der eine Längsachse aufweist, die die Rotationsachse des Körpers bildet und die quer zur Auf- und Abbewegung des Kolbens ausgerichtet ist, und
- dass die Rotations- bzw. Längsachse des rotationssymmetrischen Körpers quer zur Kraftstoff-Einspritzstrahlachse verläuft.

**[0008]** Die erfindungsgemäße Hubkolben-Brennkraftmaschine ist mit mindestens einem Zylinder versehen, der üblicherweise in einem Motorblock mit Zylinderkopf ist. In dem bzw. in jedem Zylinder ist auf- und abbewegbar ein Kolben mit einem Kolbenboden angeordnet. Die Umfangswand des Zylinders sowie dessen Zylinderdeckwand (als Teil des Zylinderkopfes) und der Kolbenboden bilden den Brennraum des Zylinders.

**[0009]** Ferner weist die erfindungsgemäße Hubkolben-Brennkraftmaschine Mittel zum Einlassen eines gasförmigen Mediums, insbesondere von Luft, in den Brennraum sowie Mittel zum Auslassen eines gasförmigen Mediums, nämlich der Verbrennungsgase, aus dem Brennraum auf. Bei diesen Mitteln handelt es sich im Regelfall um Einlass- und Auslassventile, von denen pro Zylinder mindestens eins vorgesehen ist. In den Brennraum wird über ein weiteres Mittel Kraftstoff eingespritzt, und zwar längs einer Einspritzstrahlachse. Zumeist erfolgt dies über einen Einspritzkanal, der in den Brennraum einmündet. Schließlich weist die erfindungsgemäße Hubkolben-Brennkraftmaschine pro Zylinder Mittel zum Zünden des Kraftstoff-Gas-Gemisches im Brennraum auf.

**[0010]** Für eine möglichst homogene Verbrennung des Kraftstoff-Gas-Gemisches im Brennraum ist es von Vorteil, wenn der Kraftstoff möglichst gleichmäßig mit dem gasförmigen Medium vermischt ist. Damit dies erreicht wird, wird im Regelfall dafür Sorge getragen, dass das einströmende gasförmige Medium innerhalb des Brennraums möglichst turbulent strömt. Hier haben sich im Stand der Technik im Regelfall zwei Strömungsprinzipien bewährt, nämlich neben einer Drall-Strömung auch eine sogenannte Tumble-Strömung, bei der das einströmende gasför-

mige Medium eine Art Walze mit horizontal ausgerichteter Achse bildet. Genauer gesagt ist die Achse der Walze quer zur Hubbewegung des Kolbens ausgerichtet.

**[0011]** Damit sich nun diese sogenannte Tumble-Strömung innerhalb des Brennraums ausbildet und möglichst bis zur maximalen Verdichtung des Kraftstoff-Gas-Gemisches aufrechterhalten bleibt, weist der Kolbenboden eine Mulde mit einer speziell geformten Muldenoberfläche auf.

**[0012]** Erfindungsgemäß ist nun die Muldenoberfläche derart ausgeformt, dass sie einen Teil der Außenfläche eines länglichen, im Wesentlichen rotationssymmetrischen Körpers bildet. Bevorzugt handelt es sich bei diesem Körper um einen Ellipsoiden, einen Zylinder oder eine ballige Tonne. Die Längsachse des Körpers bildet dabei zugleich auch dessen Rotationssymmetrieachse. Darüber hinaus ist nun erfindungsgemäß die Längsachse bzw. Rotationssymmetrieachse des Körpers derart ausgerichtet, dass sie sowohl quer zur Hubbewegung des Kolbens als auch im Wesentlichen quer zur Kraftstoff-Einspritzstrahlachse verläuft.

**[0013]** Durch die erfindungsgemäße Form der Muldenoberfläche ist in besonders vorteilhafter Weise gewährleistet, dass sich im Brennraum eine Tumble-Strömung ausbildet. Die im Stand der Technik bekannten im Wesentlichen asymmetrisch ausgeformten Mulden werden also erfindungsgemäß durch eine symmetrisch ausgebildete Muldenoberfläche ersetzt. Dies wird erfindungsgemäß erreicht, indem die Muldenoberfläche als Teil einer Außenfläche eines länglichen, im Wesentlichen rotationssymmetrischen Körpers ausgebildet ist. Dadurch wird erreicht, dass die Tumble-Strömung intensiver geformt und länger aufrechterhalten bleibt. Durch den Einsatz moderner Injektoren für die Einbringung von Luft in den Brennraum und infolge höherer Einspritzdrücke wird bei Einsatz der erfindungsgemäßen Mulde eine bessere Zerstäubung erzielt als dies bisher möglich war. Aus diesem Grund reicht eine kürzere Einspritzlänge zur Gemischbildung und Mitführung der kleineren Tröpfchen in der Gasströmung, wobei die quer zur Kraftstoff-Einspritzstrahlachse (und zur Gaseinströmrichtung) ausgerichtete Längs- bzw. Rotationssymmetrieachse des über einen Teil seiner Außenfläche die Form der Muldenoberfläche bildenden Körpers trotz kürzerer Länge des Kraftstoff-Einspritzstrahls eine gute Gemischaufbereitung ergibt. Mit dem erfindungsgemäßen Konzept ist es daher möglich, das Gas und den Kraftstoff quer zur Längs- bzw. Rotationssymmetrieachse der Muldenoberfläche einzubringen, und zwar mit dem Vorteil, dass die Tumble-Strömung intensiviert und länger aufrechterhalten wird.

**[0014]** In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass der rotationssymmetrische Körper im Wesentlichen ellipsoid oder zylindrisch oder ballig ist und somit die Muldenoberfläche als Teil der Außenfläche eines Ellipsoiden, eines Zylinders oder einer balligen Tonne ausgebildet ist.

**[0015]** Alternativ kann es von Vorteil sein, wenn die Muldenoberfläche die Form der Oberfläche einer Rinne aufweist, deren Tiefe und/oder Breite zu den beiden gegenüberliegenden axialen Enden hin abnimmt.

**[0016]** Wie bereits oben erwähnt, ist die Kraftstoff-Einspritzstrahlachse quer zur Symmetrieachse der Mulde gerichtet. Es ist zweckmäßig, wenn die Kraftstoff-Einspritzstrahlachse in einem Winkel von mindestens  $20^\circ$ , vorzugsweise von mindestens  $25^\circ$  zur Radialerstreckung von Zylinder bzw. Kolben ausgerichtet ist. Der Kraftstoff kann also unter einem relativ flachen Winkel zur Radialerstreckungsebene von Zylinder bzw. Kolben eingebracht werden. Grundsätzlich ist der Winkel ein spitzer Winkel und beträgt somit zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$ .

**[0017]** In weiterer zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das gasförmige Medium in einer Einlassströmungsrichtung in den Brennraum einströmt und dass die Einlassströmungsrichtung im Wesentlichen ebenfalls quer zur Längsachse bzw. Rotationsachse des die Muldenoberfläche definierenden rotationssymmetrischen Körpers verläuft.

**[0018]** Typischerweise ist der Kolbenboden mit je nach Seitenansicht betrachtet im Wesentlichen trapezförmigen Erhebungen versehen. Hierdurch entstehen zwei geneigte Schrägflächen mit einem Firstbereich zwischen diesen Schrägflächen. Die Schrägflächen liegen dabei den Einlass- bzw. den Auslassventilen gegenüber und weisen Quetschflächen auf. Dementsprechend ist auch die Zylinderdeckwand an ihrer dem Brennraum zugewandten Unterseite mit zwei geneigten Dachschrägen und einem Firstbereich zwischen diesen versehen, wobei in den beiden Dachschrägen Einlass- und Auslassventile angeordnet sind.

**[0019]** Die Mulde ist bei dem zuvor genannten Typ von Kolbenboden zentrisch im Firstbereich angeordnet, wobei ihre Rotationsachsenlänge bzw. die Rotationsachse des die Muldenoberfläche bildenden Rotationskörpers mit über ihre Länge konstantem, jeweils gleichem Abstand zu den Schrägflächen des Kolbenbodens angeordnet ist. Die Rotationsachse der Mulde ist somit angenähert diametral und gleichgerichtet mit dem Firstbereich, d. h., dass sie im Wesentlichen durch das Zentrum des über die Rotationsachsenlänge betrachtet größten Querschnitts des Rotationskörpers verläuft.

**[0020]** In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung betrifft diese eine Hubkolben-Brennkraftmaschine, die versehen ist mit

- mindestens einem Zylinder, der eine Zylinderwand aufweist,
- einem in dem Zylinder auf- und abbewegbaren Kolben mit einem Kolbenboden,
- wobei durch die Zylinderwand, den Kolbenboden und einer diesem gegenüberliegenden Zylinderdecke mit zwei schrägliegenden Dachwänden und einem Firstbereich zwischen diesen ein Brennraum gebildet ist,
- mindestens einer Einlassöffnung mit Einlassventilen in der einen Dachwand der Zylinderdecke zum Einlassen von Luft in den Brennraum in einer Einströmrichtung und mindestens einer Auslassöffnung mit Auslassventil in der anderen Dachwand der Zylinderdecke,
- mindestens einer Zündeinheit,
- einem in den Brennraum einmündenden Kraftstoff-Einspritzkanal zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum längs einer Einspritzstrahlachse und
- einer in den Kolbenboden ausgebildeten Mulde zur Unterstützung des Entstehens und Aufrechterhaltens einer Tumble-Strömung des Kraftstoff-Luft-Gemisches in dem Brennraum,
- wobei die Mulde im Wesentlichen als Teil eines auf eine Rotationsachse bezogenen rotations-symmetrischen Körpers ausgeformt ist,
- wobei die Rotationsachse quer zur Einspritzstrahlachse sowie im Wesentlichen quer zur Einströmrichtung der Luft in den Brennraum und ferner quer zur Hubbewegung des Kolbens verläuft.

**[0021]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Im Einzelnen zeigen dabei:

**[0022]** Fig. 1 schematisch eine Ansicht eines Längsschnitts durch einen Zylinder einer Hubkolben-Brennkraftmaschine mit angrenzenden Konstruktionseinheiten,

**[0023]** Fig. 2 eine Draufsicht auf den Kolbenboden des Kolbens im Zylinder gemäß Fig. 1 und

**[0024]** Fig. 3 eine Schnittansicht durch den Kolben entlang der Linie III-III der Fig. 2.

**[0025]** Fig. 1 zeigt einen Längsschnitt durch eine Hubkolben-Brennkraftmaschine **10**, die einen Motorblock **12** mit darauf montiertem Zylinderkopf **14** aufweist. Der Zylinder **16** wird gebildet von einer Umfangswand **18** und einer Zylinderdeckwand **20**. In dem Zylinder **16** befindet sich ein Kolben **22**, der mittels eines Pleuels **23** und einer (nicht dargestellten) Kurbelwelle innerhalb des Zylinders **16** auf- und abbewegbar ist. Die Oberseite des Kolbens **22** wird von

dem Kolbenboden **24** gebildet, der zusammen mit der Umfangswand **18** und der Zylinderdeckwand **20** einen Brennraum **26** bildet. Im Zylinderkopf **14** sind ein Luft-Zuführkanal **28** und ein Verbrennungsgas-Abführkanal **30** ausgebildet. Beide Kanäle münden in den Brennraum **26** und lassen sich wahlweise von jeweils mindestens einem Einlassventil **32** bzw. Auslassventil **34** verschließen. Die Kanäle **28** und **30** sowie Ventile **32** und **34** bilden einerseits Mittel **36** zum Einlassen eines gasförmigen Mediums in den Brennraum **26** bzw. Mittel **38** zum Auslassen von gasförmigem Medium aus dem Brennraum **26**.

**[0026]** Ferner ist die Hubkolben-Brennkraftmaschine **10** pro Zylinder **16** mit einem Mittel **40** zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum **26** versehen. Der Kraftstoff wird dabei längs einer Einspritzstrahlachse **42** über einen in den Brennraum **26** einmündenden Einspritzkanal **44** eingespritzt.

**[0027]** Wie ferner insbesondere anhand von Fig. 1 zu erkennen ist, ist die Unterseite **46** der Zylinderdeckwand **20** dachförmig ausgebildet und mit zwei gegeneinander geneigten Dachschrägen **48**, **50** und einem Firstbereich **52** versehen. Im Firstbereich **52** ist ein Mittel **54** zum im Brennraum **26** erfolgenden Zünden des Kraftstoff-Luft-Gemisches angeordnet.

**[0028]** Dementsprechend weist der Kolbenboden **24** ebenfalls eine erhabene, dachförmige Gestalt auf, die mit zwei Schrägflächen **56**, **58** und einem Firstbereich **60** zwischen diesen versehen ist.

**[0029]** Wie in Fig. 1 gezeigt, kann der Kraftstoff-Einspritzstrahl unter einem relativ flachen Winkel von beispielsweise 20° oder mehr in den Brennraum **26** eintreten. Dieser Kraftstoff vermischt sich mit der in den Brennraum **26** eingelassenen Luft in homogener Weise, was nachfolgend erläutert wird.

**[0030]** Die Besonderheit der Hubkolben-Brennkraftmaschine **10** gemäß Fig. 1 besteht in der Ausbildung des Kolbenbodens **24**, wie es in den Fig. 2 und Fig. 3 gezeigt ist. Im Firstbereich **60** weist der Kolbenboden **24** eine Mulde **62** auf, die eine Muldenoberfläche **63** nach Art einer Teilfläche eines länglichen rotations-symmetrischen Körpers aufweist, dessen Längsachse **64** die Rotationssymmetrieachse bildet. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Rotationskörper im Wesentlichen ein Ellipsoid, so dass die Mulde **62** zu ihren axial gegenüberliegenden Enden **66**, **68** hin hinsichtlich der Breite und der Tiefe abnimmt. Am tiefsten und am breitesten ist also die Mulde **62** in ihrer Mitte zwischen den beiden axialen Enden **66**, **68**. Die Ausrichtung der Längs- bzw. Rotationssymmetrieachse **64** des Körpers bzw. der Mulde **62** zur Kraftstoff-Einspritzstrahlachse **42** (siehe Fig. 2) ist rechtwinklig. Die Längs- bzw. Rotationssymmetrieachse **64** verläuft ferner quer zur Hub- bzw. Auf- und Abbewegung **70** des Kolbens **22** (siehe Fig. 3). Auch die in den

Brennraum **26** einströmende Luft strömt im Wesentlichen quer zur Muldenlängserstreckung, also quer zur Längs- bzw. Rotationssymmetrieachse **64** ein. Die spezielle Muldenform nach Art eines Teils der Außenfläche einer balligen Tonne bzw. eines Teils der Außenfläche eines Ellipsoids macht es auf Grund der hohen Einspritzdrücke und der modernen Injektorenteknik möglich, innerhalb des Brennraums **26** eine Homogenisierung des Kraftstoff-Luft-Gemisches durch Konservierung einer intensiven Tumble-Strömung **72** (siehe **Fig. 1**) über einen möglichst langen Zeitraum zu erzielen. Die verbesserte Homogenisierung des Kraftstoff-Luft-Gemisches infolge der Entstehung der intensiven Tumble-Strömung und deren Aufrechterhaltung während des Verdichtungsprozesses führt zu einer gleichmäßigen Verbrennung und damit zu einer Verbesserung des Verbrennungsprozesses, was die Effektivität der Hubkolben-Brennkraftmaschine verbessert und den Schadstoffanteil in den Verbrennungsgasen reduziert.

**66** axiales Ende der Mulde  
**68** axiales Ende der Mulde  
**70** Auf- und Abbewegung des Kolbens  
**72** Tumble-Strömung

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Hubkolben-Brennkraftmaschine
<b>12</b>	Motorblock
<b>14</b>	Zylinderkopf
<b>16</b>	Zylinder
<b>18</b>	Umfangswand
<b>20</b>	Zylinderdeckwand
<b>22</b>	Kolben
<b>23</b>	Pleuel
<b>24</b>	Kolbenboden
<b>26</b>	Brennraum
<b>28</b>	Luft-Zuführkanal
<b>30</b>	Verbrennungsgas-Abführkanal
<b>32</b>	Einlassventil
<b>34</b>	Auslassventil
<b>36</b>	Mittel zum Einlassen von Gas in den Brennraum
<b>38</b>	Mittel zum Auslassen
<b>40</b>	Mittel zum Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum
<b>42</b>	Kraftstoff-Einspritzstrahlachse
<b>44</b>	Einspritzkanal
<b>46</b>	Unterseite des Zylinderkopfs
<b>48</b>	Dachschräge an der Unterseite der Zylinderkopfs
<b>50</b>	Dachschräge an der Unterseite des Zylinderkopfs
<b>52</b>	Firstbereich
<b>54</b>	Mittel zum Zünden
<b>56</b>	Schrägfläche auf dem Kolbenboden
<b>58</b>	Schrägfläche auf dem Kolbenboden
<b>60</b>	Firstbereich
<b>62</b>	Mulde
<b>63</b>	Muldenoberfläche
<b>64</b>	Längsachse bzw. Rotationssymmetrieachse des die Muldenoberfläche bildenden Körpers

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- DE 10354682 A1 [0003]
- EP 0937890 A2 [0003]
- EP 0997622 A1 [0003]
- WO 01/49996 A1 [0003]
- US 2003/0056748 A1 [0003]
- DE 102012103195 A1 [0004]

## Patentansprüche

1. Hubkolben-Brennkraftmaschine mit
  - mindestens einem Zylinder (16), der eine Umfangswand (18) und eine Zylinderdeckwand (20) aufweist,
  - einem in dem Zylinder (16) auf- und abbewegbaren Kolben (22) mit einem Kolbenboden (24),
  - wobei die Umfangswand (18) des Zylinders (16) sowie dessen Zylinderdeckwand (20) und der Kolbenboden (24) einen Brennraum (26) bilden,
  - Mittel (36) zum Einlassen eines gasförmigen Mediums in den Brennraum (26),
  - Mittel (38) zum Auslassen eines gasförmigen Mediums aus dem Brennraum (26),
  - Mittel (40) zum längs einer Einspritzstrahlachse (42) erfolgenden Einspritzen von Kraftstoff in den Brennraum (26) und
  - Mittel (54) zum Zünden des Kraftstoff-Gas-Gemisches im Brennraum (26),
  - wobei in dem Kolbenboden (24) zur Unterstützung des Entstehens und des Aufrechterhaltens einer Tumble-Strömung (72) des Kraftstoff-Gas-Gemisches innerhalb des Brennraums (26) eine Mulde (62) mit einer Muldenoberfläche (63) ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**,
  - dass die Form der Muldenoberfläche (63) als Teil einer Außenfläche eines länglichen, im Wesentlichen rotationssymmetrischen Körpers ausgebildet ist, der eine Längsachse aufweist, die die Rotationsachse (64) des Körpers bildet und die quer zur Auf- und Abbewegung (70) des Kolbens (22) ausgerichtet ist, und
  - dass die Rotations- bzw. Längsachse (64) des rotationssymmetrischen Körpers quer zur Kraftstoff-Einspritzstrahlachse (42) verläuft.
2. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der rotationssymmetrische Körper im Wesentlichen ellipsoid oder zylindrisch oder ballig ist und somit die Muldenoberfläche (63) als Teil der Außenfläche eines Ellipsoids, eines Zylinders (16) oder einer balligen Tonne ausgebildet ist.
3. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Muldenoberfläche (63) die Form der Oberfläche einer Rinne aufweist, deren Tiefe und/oder Breite zu den beiden gegenüberliegenden axialen Enden hin abnimmt.
4. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kraftstoff-Einspritzstrahlachse (42) in einem spitzen Winkel zur Radialerstreckung von Zylinder (16) bzw. Kolben (22) ausgerichtet ist.
5. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass das gasförmige Medium in einer Einlassströmungsrichtung in den Brennraum (26) einströmt und dass

die Einlassströmungsrichtung im Wesentlichen ebenfalls quer zur Längsachse bzw. Rotationsachse des die Muldenoberfläche (63) definierenden rotationssymmetrischen Körpers verläuft.

6. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zylinderdeckwand (20) an ihrer dem Kolben (22) gegenüberliegenden Unterseite zwei geneigte Dachschrägen (48, 50) mit einem Firstbereich (52) zwischen diesen aufweist und dass die Mittel (36, 38) zum Einlassen und zum Auslassen von gasförmigem Medium in den bzw. aus dem Brennraum (26) in den Dachschrägen (48, 50) der Zylinderdeckwand (20) angeordnet sind.

7. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenboden (24) eine dachförmige erhabene Oberseite aufweist, die zwei geneigte Schrägflächen (56, 58) und einen Firstbereich (52) zwischen diesen Schrägflächen (56, 58) aufweist, und dass die Mulde (62) zentrisch im Firstbereich (60) der Oberseite des Kolbenbodens (24) mit über ihre Rotationsachsenlänge konstantem jeweils gleichem Abstand zu den Schrägflächen (56, 58) angeordnet ist.

8. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kolbenboden (24) eine dachförmig erhabene Oberseite aufweist, die zwei geneigte Schrägflächen (56, 58) und einen Firstbereich (52) zwischen diesen Schrägflächen (56, 58) aufweist, und dass die Rotationsachse (64) der Mulde (62) angenähert in Höhe des Mittelpunkts des größten Querschnitts des die Muldenoberfläche (63) definierenden Rotationskörpers und gleichgerichtet mit der Längserstreckung des Firstbereichs (60) verläuft.

9. Hubkolben-Brennkraftmaschine nach Anspruch 6 und 8 oder 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geneigten Schrägflächen (56, 58) der Oberseite des Kolbenbodens (24) den Dachschrägen (48, 50) der Zylinderdeckwand (20) paarweise gegenüberliegen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

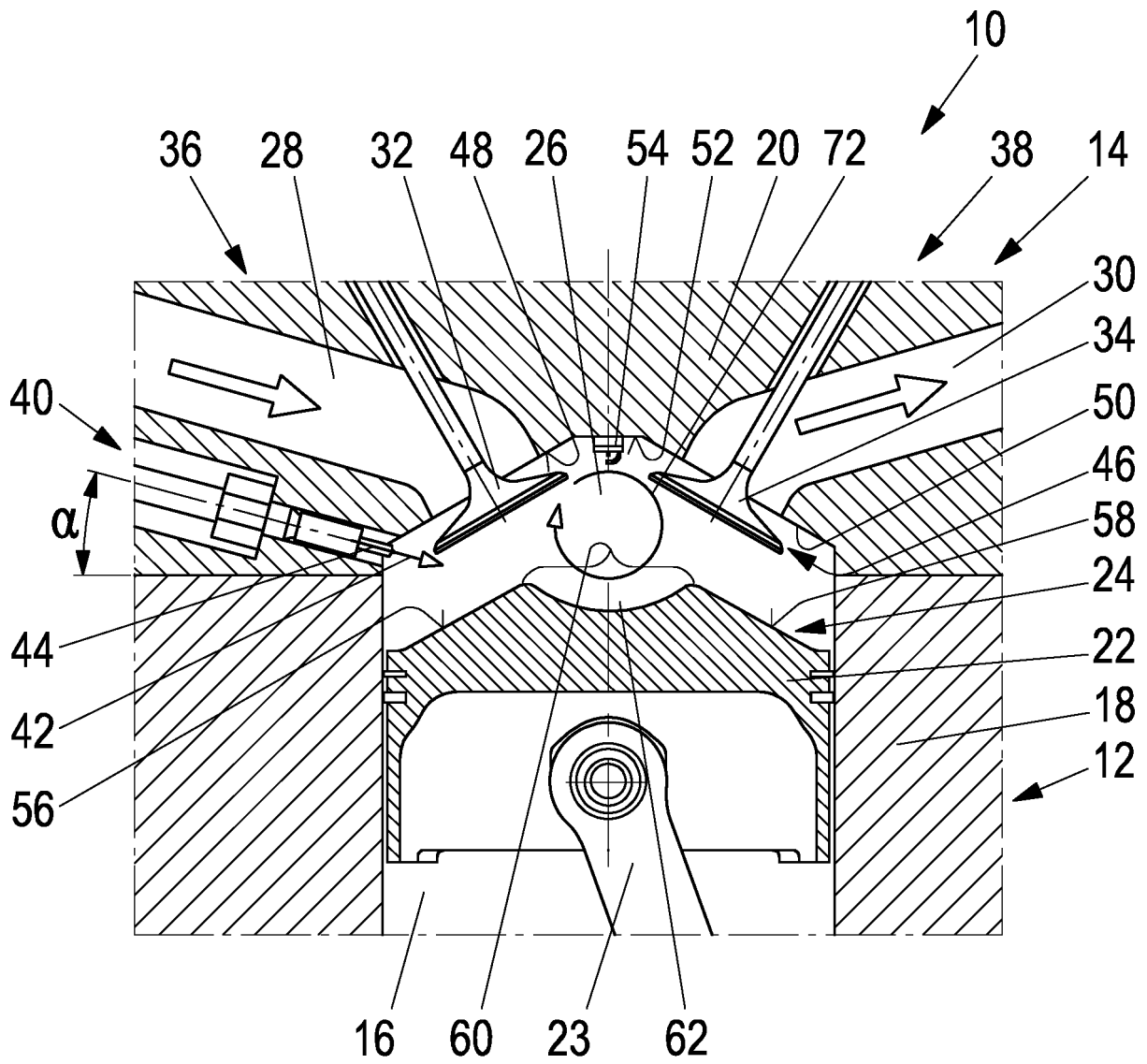


Fig. 1



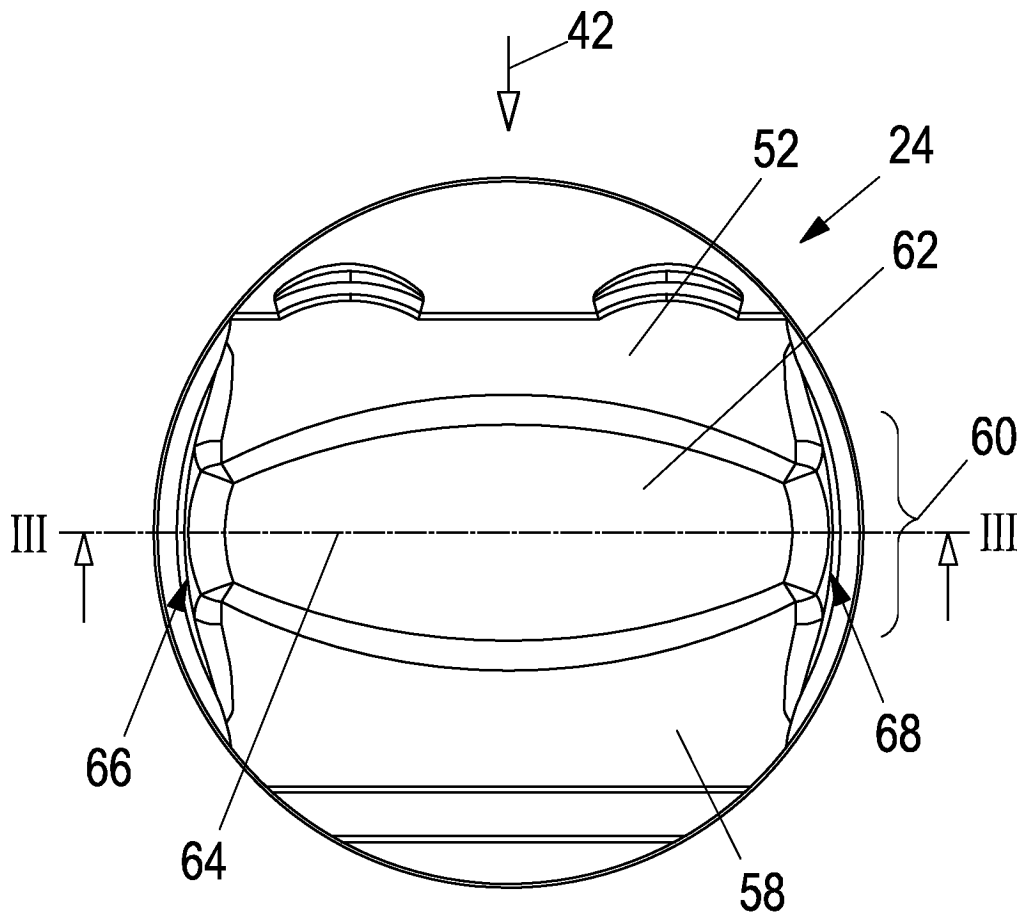


Fig. 2

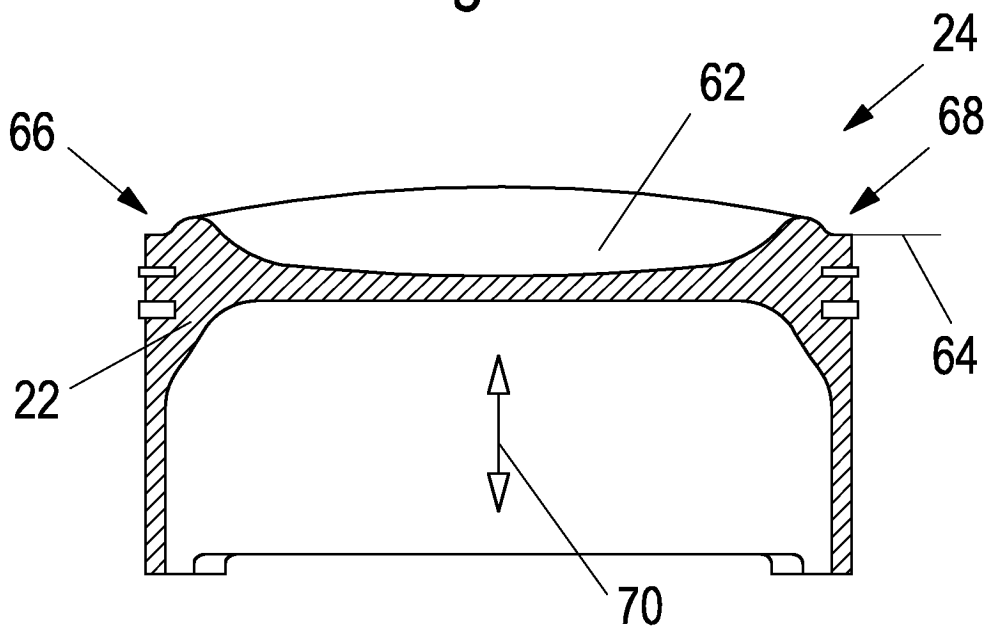


Fig. 3