

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50216/2018
(22) Anmeldetag: 13.03.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2019

(51) Int. Cl.: **F02B 25/04** (2006.01)
F02B 43/04 (2006.01)
F02D 21/10 (2006.01)
F02M 25/14 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 2012154189 A
JP 2012154188 A
EP 2868890 A1

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

(72) Erfinder:
Almer Werner Dr.
8152 Stallhofen (AT)
Machold Alexander Dipl.Ing.
8501 Lieboch (AT)

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

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNGAS VERBRENNENDEN BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brenngas (15) verbrennenden Brennkraftmaschine, insbesondere einer Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (1), wobei sich zumindest ein Kolben (2) mit zumindest einem Kolbenring (14) in dem eine Zylinderwand (10) aufweisenden Zylinder (1) von einem unteren Totpunkt zu einem oberen Totpunkt bewegt und dabei das Brenngas (15) in zumindest einer Kolbenstellung im Bereich der Zylinderwand (10) eingeblasen wird. Aufgabe der Erfindung ist, eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, das die Ansammlung des Brenngases in dem Spalt zwischen dem Kolben und dem Zylinder vermindert. Dies wird dadurch gelöst, dass ein Reinigungsgas durch zumindest eine an der Zylinderwand (10) angeordnete Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) in den Zylinder (1) eingeblasen wird, wenn zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) vom Feuersteg (28) des Kolbens (2) zumindest teilweise abgedeckt wird.

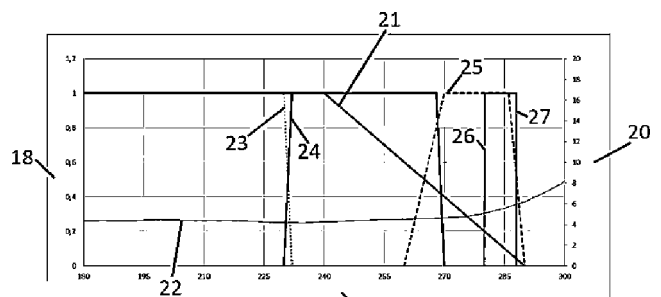


Fig. 4

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

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brenngas (15) verbrennenden Brennkraftmaschine, insbesondere einer Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (1), wobei sich zumindest ein Kolben (2) mit zumindest einem Kolbenring (14) in dem eine Zylinderwand (10) aufweisenden Zylinder (1) von einem unteren Totpunkt zu einem oberen Totpunkt bewegt und dabei das Brenngas (15) in zumindest einer Kolbenstellung im Bereich der Zylinderwand (10) eingeblasen wird. Aufgabe der Erfindung ist, eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, das die Ansammlung des Brenngases in dem Spalt zwischen dem Kolben und dem Zylinder vermindert. Dies wird dadurch gelöst, dass ein Reinigungsgas durch zumindest eine an der Zylinderwand (10) angeordnete Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) in den Zylinder (1) eingeblasen wird, wenn zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) vom Feuersteg (28) des Kolbens (2) zumindest teilweise abgedeckt wird.

Fig. 4

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brenngas verbrennenden Brennkraftmaschine, insbesondere einer Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder, wobei sich zumindest ein Kolben mit zumindest einem Kolbenring in dem eine Zylinderwand aufweisenden Zylinder von einem unteren Totpunkt zu einem oberen Totpunkt bewegt und dabei das Brenngas in zumindest einer Kolbenstellung im Bereich der Zylinderwand eingeblasen wird.

Die Erfindung betrifft auch eine Brennkraftmaschine, die mit Brenngas betreibbar ist, insbesondere eine Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem eine Zylinderwand aufweisenden Zylinder und zumindest einem darin angeordneten Kolben, wobei das Brenngas im Bereich der Zylinderwand einblasbar ist und wobei der Kolben zumindest einen Kolbenring aufweist.

Bei mit Brenngas betreibbaren Brennkraftmaschinen wird oft eine Brenngaseinleitung im Bereich der Zylinderwand zur guten Verteilung des Brenngases vorgesehen. Dabei erfolgt die Einleitung üblicherweise über eine an der Zylinderwand angeordnete Einblasöffnung oder Einblaseinrichtung. Die Einblasung des Brenngases erfolgt dabei während sich der Kolben nach oben bewegt. Dabei weist der Kolben in der Regel ein dem Brennraum zugewandtes Kolbendach sowie einen Kolbenmantel auf. Zumindest ein Kolbenring, der am Kolbenmantel angeordnet ist, dichtet dabei den Brennraum vom Kurbelraum ab. Dadurch wird das Vordringen von Brenngas in den Kurbelraum verhindert und der Brennraum gegenüber dem Kurbelraum trotz eines vorhandenen Spaltes zwischen dem Kolbenmantel und dem Zylinder abgedichtet. Solche Spalten können insbesondere bei Großbrennkraftmaschinen, wie sie für Schiffe verwendet werden, beispielsweise 3 mm breit sein. Dadurch erstreckt sich der Brennraum nicht nur oberhalb des Kolbendaches, sondern in den Spalt hinein bis zur Oberkante des obersten Kolbenringes.

Brennkraftmaschinen dieser Art haben oft das Problem, dass sich Brenngas in relevanten Mengen im Bereich des Feuersteiges – das ist der Mantelbereich des Kolbens zwischen dem Kolbendach und dem obersten Kolbenring – im Spalt bis zum Kolbenring ansammelt. Dies kann zu einer unvollständigen und unkontrollierten Verbrennung (Klopfen), erhöhtem Kraftstoffverbrauch, verringerter Leistung und höherem Verschleiß der Teile führen.

Aufgabe der Erfindung ist damit, eine Brennkraftmaschine und ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine bereitzustellen, das die Ansammlung des Brenngases in dem Spalt zwischen dem Kolben und dem Zylinder vermindert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass Reinigungsgas durch zumindest eine an der Zylinderwand angeordnete Reinigungsöffnung in den Zylinder eingeblasen wird, wenn zumindest eine Reinigungsöffnung vom Feuersteg des Kolbens zumindest teilweise abgedeckt wird.

Sie wird auch dadurch gelöst, dass entweder die Zylinderwand zumindest eine Reinigungsöffnung zum Einführen von Reinigungsgas und zumindest eine Einblasöffnung zum Einblasen des Brenngases aufweist, wobei dann zumindest eine Reinigungsöffnung in einem Bereich oberhalb von 2 % unterhalb zumindest einer Einblasöffnung, bezogen auf den Kolbenhub angeordnet ist, oder die Zylinderwand zumindest eine Reinigungsöffnung aufweist, durch die sowohl das Reinigungsgas als auch das Brenngas eingeblasen werden.

In Ausführungsformen mit mehr als einer Reinigungsöffnung und/oder mehr als einer Einblasöffnung ist wesentlich, dass sich mindestens eine Reinigungsöffnung oberhalb von 2 % unterhalb zumindest einer Einblasöffnung, bezogen auf den Kolbenhub befindet. Durch diese Anordnung wird eine ausreichende Reinigung des Spaltes gewährleistet. Es sind auch Ausführungsformen vorstellbar, bei denen zumindest eine Reinigungsöffnung Reinigungsgas und ebenfalls auch Brenngas führen kann, aber zusätzlich auch Einblasöffnungen vorgesehen sind.

Selbstverständlich können auch Reinigungsöffnungen, die nur Reinigungsgas einblasen, mit solchen, die zusätzlich auch Brenngas einblasen können, kombiniert werden. Dabei wird unter Reinigungsöffnung eine Öffnung verstanden, welche mit Reinigungsgas, vorzugsweise Frischluft oder einem nicht brennbaren Gas wie Stickstoff oder Kohlendioxid versorgt wird. Dieses Reinigungsgas wird in der Regel vorher verdichtet. Die Reinigungsöffnung kann als Bohrung im Zylinder oder auch als Einlasseinrichtung ausgeführt sein, beispielsweise als Einlassdüse. Sie ist vorzugsweise zwischen dem Zylinderkopf und dem unteren Totpunkt des Kolbens angeordnet.

Unter abgedeckt wird verstanden, dass sich das Kolbendach oberhalb der Reinigungsöffnung befindet und damit diese vom Kolbenmantel, insbesondere vom

Feuersteg des Kolbens verdeckt wird. Dabei ist mit oberhalb in Richtung des oberen Totpunktes des Kolbens gemeint.

Unter „an der Zylinderwand“ oder „im Bereich der Zylinderwand“ wird dabei verstanden, dass die Öffnung, durch die Brenngas eingeblasen wird entweder in der Zylinderwand angeordnet ist, oder sie in der Zylinderdecke angeordnet und auf die Zylinderwand gerichtet ist.

Der Kolbenhub ist der maximale Weg des Kolbens entlang der Zylinderachse in eine Richtung und erstreckt sich von einem oberen Totpunkt bis zu einem unteren Totpunkt des Kolbens. Dabei sind mit Totpunkten jene Punkte in der Bewegung des Kolbens gemeint, in dem der Kolben seine Bewegungsrichtung ändert. Damit beschreiben die Totpunkte die maximalen Wegpunkte des Kolbens entlang seiner Aufwärts- und Abwärtsbewegung im Zylinder.

Durch diese Maßnahmen kann Reinigungsgas in den Spalt zwischen Zylinder und Feuersteg eingebracht werden. Dabei verdrängt das einströmende Reinigungsgas das sich dort befindende Brenngas-Luftgemisch, welches in Richtung des oberen Totpunktes des Kolbens, bzw. des Zylinderkopfes falls vorhanden gedrückt wird. Es kann sich ein brenngasarmes Gaspolster im Bereich des Kolbendaches und des Spaltes bilden. Damit wird das Risiko einer unvollständigen und unkontrollierten Verbrennung vermindert und der Kraftstoffverbrauch gesenkt, sowie die Leistung verbessert.

Dabei kann die Reinigungsgaseinblasung erst bei vollständigem Abdecken der Reinigungsöffnung durch den Feuersteg beginnen oder schon davor. Sie kann während des Vorbeibewegens des Kolbens streckenweise unterbrochen werden, die Reinigungsgasmenge oder der Druck des eingeleiteten Reinigungsgases variiert werden.

Damit eine besonders brenngasarme Schicht im Bereich des Kolbendaches erreicht wird, kann vorgesehen sein, dass die Reinigungsgaseinblasung durch zumindest eine Reinigungsöffnung beginnt, bevor die Reinigungsöffnung vom Feuersteg des Kolbens zumindest teilweise abgedeckt wird.

Weiters kann vorgesehen sein, dass die Reinigungsgaseinblasung bei Vorbeibewegen des obersten Kolbenringes an zumindest einer Reinigungsöffnung

beendet wird. Bei mehreren Reinigungsöffnungen auf unterschiedlicher Höhe wird die Reinigungsgaseinblasung besonders vorzugsweise bei Vorbeibewegen des obersten Kolbenringes an der obersten Reinigungsöffnung beendet. Mit obersten Kolbenring wird dabei jener Kolbenring gemeint, der sich am nächsten zum Kolbendach und damit zum Brennraum befindet. Dadurch wird das Einströmen des Reinigungsgases aus der Reinigungsöffnung in den Kurbelraum verhindert. Dabei wird unter Vorbeibewegen verstanden, dass die Oberkante des obersten Kolbenringes die Oberkante der Reinigungsöffnung passiert, also die Verbindung zwischen Brennraum - der durch den obersten Kolbenring begrenzt wird - und Reinigungsöffnung unterbrochen wird. Ab dem Zeitpunkt, wo sich die Oberkante des Kolbenringes und die Oberkante der Reinigungsöffnung auf gleicher Höhe befinden kann kein Gasaustausch mehr zwischen Reinigungsöffnung und Brennraum stattfinden. Alternativ kann die Reinigungseinblasung auch früher oder später beendet werden. Sie kann sogar auch weiter fortgesetzt werden, wenn sich der Kolben schon so weit nach oben bewegt hat, dass die Reinigungsöffnung nicht mehr vom Kolbenmantel abgedeckt wird. In diesem Fall würde das Reinigungsgas in den Kurbelraum eingeblasen werden.

Vorteilhaft ist weiters, wenn pro Arbeitszyklus Reinigungsgas in der Menge von zumindest 1 %, vorzugsweise zwischen 1 % und 3 % einer Gesamtlademasse des Zylinders über die zumindest eine Reinigungsöffnung eingeblasen wird. Durch Einblasen dieser Mindestmasse an Reinigungsgas in den Zylinder wird erreicht, dass das Brenngas-Luftgemisch im Bereich des Spaltes besonders wenig Brenngas enthält. Dabei wird unter Gesamtlademasse des Zylinders jene Masse verstanden, die für einen Verbrennungsvorgang während eines Arbeitszyklus in den Zylinder eingebracht wird. Diese besteht üblicherweise hauptsächlich aus Brenngas, Abgas Frischluft, Reinigungsgas und gegebenenfalls weiteren zugesetzten Gasen.

Weiter ist vorteilhaft, wenn die Brenngaseinblasung bei oder nach dem Beginn der Reinigungsgaseinblasung beendet wird. Dadurch kann die Brenngasverteilung im Brennraum beeinflusst und gegebenenfalls ein Gradient der Brenngaskonzentration entlang der Zylinderachse erreicht werden.

Die Brenngaseinblasung kann auf unterschiedlichem Wege erfolgen. Es kann vorgesehen sein, dass das Brenngas zusätzlich zum Reinigungsgas über zumindest eine Reinigungsöffnung eingeblasen wird, bzw. dass das Brenngas über zumindest

eine Reinigungsöffnung einblasbar ist. Damit kann die gewünschte Wirkung mit nur einer Öffnung im Zylinder erreicht werden, da die Reinigungsöffnung sowohl Reinigungsgas als auch Brenngas führt. Die Reinigungsöffnung kann beispielsweise über Ventile mit einer reinigungsgasführenden Leitung oder Kanal und mit einer brenngasführenden Leitung in Verbindung stehen, welche abhängig von Kolbenstand und Zyklusschritt öffnen und schließen. Dabei können sich die offenen Intervalle zumindest teilweise überlappen. Besonders vorteilhaft ist, wenn die Ventile möglichst nahe an der Reinigungsöffnung angeordnet werden, damit keine Restluft, bzw. Restgas im Bereich zwischen den Ventilen und der Reinigungsöffnung verbleibt.

Alternativ kann die Brenngaseinblasung auch nicht über die Reinigungsöffnung erfolgen. Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass die Zylinderwand zusätzlich zur Reinigungsöffnung zumindest eine Einblasöffnung zum Einblasen des Brenngases aufweist. Diese kann so wie die Reinigungsöffnung als Düse oder als anders ausgeführte Einblaseinrichtung ausgeführt sein und Ventile wie oben beschrieben zur Steuerung der Brenngaseinblasung vorsehen.

Es kann vorgesehen sein, dass die Reinigungsgaseinblasung im Höhenbereich der Brenngaseinblasung erfolgt. Auch vorteilhaft ist, wenn zumindest eine Reinigungsöffnung auf gleicher Zylinderhöhe mit zumindest einer Einblasöffnung liegt.

Dabei bezieht sich der Höhenbereich auf die Zylinderachse des Zylinders bzw. die dazu parallele Bewegungsachse des Kolbens. Die Reinigungsöffnung und die Brenngaseinblasung können dabei auf gleicher Höhe liegen oder in der Höhe zueinander versetzt sein und können vorzugsweise entlang der Zylinderachse, bzw. Bewegungsachse in einem Naheverhältnis zueinander stehen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Reinigungsgaseinblasung in einem Bereich oberhalb von 2 % unterhalb des Ortes der Brenngaseinblasung, bezogen auf den Kolbenhub erfolgt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Spalt ausreichend von Brenngas gereinigt wird.

Die Reinigungseinblasung, bzw. die Anordnung der Reinigungsöffnung kann oberhalb des Ortes der Brenngaseinblasung, bzw. der Einblasöffnung anordnet sein, jedoch sollte sie nicht oberhalb des oberen Totpunktes des Kolbens angeordnet

sein, da sie sonst den Spalt nur schlecht oder gar nicht von Brenngas befreien kann.

Je höher die Reinigungsöffnung im Zylinder angeordnet wird, umso mehr Druck muss das eingeblasene Reinigungsgas aufweisen, damit es in genügender Menge eingeblasen werden kann. Daher ist es vorteilhaft, wenn die Reinigungsöffnung im unteren oder mittleren Drittel des Kolbenhubs angeordnet ist.

Die Problematik des hohen Drucks gilt auch für die Brenngaseinblasung. Dem entsprechend ist es vorteilhaft, wenn diese in der unteren Hälfte, besonders vorzugsweise im unteren Drittel des Kolbenhubs, jedoch oberhalb des Spülkanals erfolgt.

Die Reinigungsöffnung und die Einblasöffnung können im Zylinderquerschnitt in einem bestimmten Winkel zueinander stehen, bzw. sich vorzugsweise diametral gegenüberliegen. Sie können auch auf unterschiedlicher Höhe direkt übereinander angeordnet sein. Es sind auch Ausführungsformen mit einer oder mehreren Reinigungsöffnungen, sowie zumindest einer Einblasöffnung möglich, wobei zumindest eine Reinigungsöffnung sowohl Reinigungsgas als auch Brenngas oder nur Reinigungsgas führt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine zumindest eine Einspritzeinrichtung für einen flüssigen Kraftstoff aufweist. Damit kann die Brennkraftmaschine nicht nur mit Brenngas, sondern auch mit flüssigen Kraftstoff wie Schweröl betrieben werden. Diese befinden sich in der Regel an dem, dem Kurbelraum gegenüberliegenden Ende des Zylinders, also der Brennraumdecke und wird in Form eines Injektors ausgeführt.

Weiters kann vorgesehen sein, dass der Zylinder zumindest eine Spülöffnung zur Verbrennungsluftzufuhr aufweist, die zwischen der zumindest einen Reinigungsöffnung und dem unteren Totpunkt des Zylinders angeordnet ist. Dadurch kann der Brennraum nach erfolgter Verbrennung und Abwärtsbewegung des Kolbens mit Reinigungsgas, vorzugsweise aus dem Kurbelraum gespült werden. So kann einerseits das Abgas aus einer dem Kurbelraum gegenüberliegend angeordneten Abgasöffnung abtransportiert werden und andererseits Frischluft für den nächsten Verbrennungsvorgang bereitgestellt werden.

Besonders vorteilhaft ist, wenn zumindest eine Reinigungsöffnung einen Durchmesser von zumindest 10 mm, vorzugsweise zumindest 15 mm aufweist. Dadurch können auch für Großbrennkraftmaschinen ausreichende Reinigungsgasmengen zur Reinigung bereitgestellt werden.

Weiters ist vorteilhaft, wenn die Brennkraftmaschine als Zweitaktmotor betrieben wird. Dem entsprechend ist es auch vorteilhaft, wenn die Brennkraftmaschine ein Zweitaktmotor ist. Dabei ergeben die zwei Takte einen Kreisprozess-Umlauf (360° Kurbelwellenumdrehung der Kurbelwelle des Kolbens) womit der Motor pro Arbeitszyklus nur zwei Takte, und zwar innerhalb nur einer Auf- und Abwärtsbewegung des Kolbens absolviert.

In der Folge wird die vorliegende Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten erfindungsgemäßen, nicht einschränkenden Ausführungsvarianten näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1a bis 1d ein Zylinder-Kolbenpaar einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in schematischen geschnittenen Ansichten in verschiedenen Kolbenpositionen;

Fig. 2 einen Querschnitt eines Zylinders in einer zweiten Ausführungsform in einer schematischen Ansicht;

Fig. 3 ein Zylinder-Kolbenpaar in einer dritten Ausführungsform in einer schematischen, geschnittenen Ansicht;

Fig. 4 ein Öffnungsdiagramm einer vierten Ausführungsform;

Fig. 5 ein Öffnungsdiagramm einer fünften Ausführungsform;

Fig. 6 ein Detail der in Fig. 1a bis 1d gezeigten ersten Ausführungsform in einem schematischen Schnitt.

Fig. 1a, 1b, 1c und 1d zeigen einen Zylinder 1 mit einem darin angeordneten Kolben 2. Der Zylinder 1 erstreckt sich von einem, einem Kurbelraum 3 zugewandten unteren Ende 4 bis zu einem gegenüberliegenden oberen Ende 5 entlang einer Zylinderachse A. An dem oberen Ende 5 ist eine mit einem

Abgasventil 6 verschließbare Abgasöffnung angeordnet, welche zu einem Abgaskanal 7 führt. Im mittigen Bereich zwischen den Enden 4,5 und in etwa auf halber Höhe eines Kolbenhubes H des Kolbens 2 ist an einer zylindrischen Zylinderwand 10 eine Einblasöffnung 8 angeordnet, welche mit Brenngas versorgt wird, der als Kraftstoff zur Verbrennung dient. Auf Höhe der Einblasöffnung 8 ist eine Reinigungsöffnung 9 angeordnet, welche im Querschnitt des Zylinders 1 auf Höhe der Einblasöffnung 8 und ihr gegenüberliegend angeordnet ist. Sie wird beispielsweise nur mit komprimierter Luft als Reinigungsgas versorgt. Dadurch erfolgen die Brenngaseinblasung und die Reinigungsgaseinblasung durch unterschiedliche Öffnungen. Zwischen Kolben 2 und Zylinderwand 11 des Zylinders 1 ist ein Spalt 13 ausgebildet. Dieser wird durch einen Kolbenring 14 im oberen Bereich des Kolbens 2 abgedichtet und damit ein Brennraum 30 zwischen oberem Ende 5 und dem Kolbenring 14 abgeschlossen. Zwischen einem Kolbendach 12 und dem Kolbenring 14 befindet sich der Feuersteg 28 als Teil des Kolbenmantels 33.

In Fig. 1a befindet sich der beschriebene Kolben 2 in seinem unteren Totpunkt und am unteren Ende 4 des Zylinders 1. Das Abgasventil 6 ist geöffnet. Durch Spülöffnungen 11 der Zylinderwand 10 kann Luft aus dem Kurbelraum 3 in den Zylinder 1 eindringen, da sich der Kolben 2 unterhalb dieser befindet. Die einströmende Luft verteilt sich im Zylinder und das Abgas strömt durch die Abgasöffnung in den Abgaskanal 7. Die mit der Einblasöffnung 8 und der Reinigungsöffnung 9 verbundenen gasführenden Kanäle sind durch Ventile verschlossen.

Fig. 1b zeigt eine darauffolgende Kolbenposition, bei fortgeschrittenen Kurbelwinkel der Kurbelwelle des Kolbens 2, der sich in Richtung des oberen Endes 5 bewegt, sich jedoch noch unterhalb der Einblasöffnung 8 und der Reinigungsöffnung 9 befindet. Die Spülöffnungen 11 sind jedoch bereits durch den Kolben 2 verschlossen und stehen nicht mehr mit sich verkleinerndem Brennraum 30 in Verbindung. Das Abgasventil 6 ist noch geöffnet und das Ventil des Kanals der Einblasöffnung 8 öffnet sich. Dadurch wird Brenngas 15 in den Zylinder 2 eingeblasen. Das Ventil der Reinigungsöffnung 9 bleibt weiterhin verschlossen.

Fig. 1c zeigt eine auf Fig. 1b folgende Position, bei der sich das Kolbendach 12 des Kolbens 2 direkt unterhalb der Einblasöffnung 8, bzw. der Reinigungsöffnung 9 befindet und diese noch frei sind. Das Abgasventil 6 ist geschlossen und verhindert

das Austreten des Brenngas-Luftgemisches. Dadurch steigt der Druck im Zylinder 1 bei zunehmender Aufwärtsbewegung des Kolbens 2. Die Brenngaseinblasung durch die Einblasöffnung 8 wird beendet und das Ventil des Kanals der Reinigungsöffnung 9 wird geöffnet, wodurch Luft als Reinigungsgas in den Zylinder 2 einströmt. Damit wird das eingeblasene Brenngas 15 in Richtung des oberen Endes 5 getrieben und ein Brenngasarmer Reinigungsgaspolster auf dem Kolbendach 12 erzeugt.

In Fig. 1d hat sich der Kolben 2 bereits soweit bewegt, dass sich ein Kolbendach 12 des Kolbens 2, sowie der Kolbenring 14 oberhalb der Einblasöffnung 8 und der Reinigungsöffnung 9 befindet und damit zwischen diesen und dem oberen Ende 5, bzw. einem oberen Totpunkt des Kolbens 2 liegt. Die bis dahin fortgesetzte Reinigungsgaseinblasung durch die Reinigungsöffnung 9 hat den Spalt 13 von Brenngas 15 weitestgehend befreit und wird durch schließen des Ventils des Kanals der Reinigungsöffnung 9 beendet. Nach dieser Position setzt der Kolben 2 seine Aufwärtsbewegung bis zum Erreichen des oberen Totpunktes fort, wo das fertig verdichtete Gasgemisch verbrannt wird (nicht dargestellt).

In Fig. 2 wird eine Ausführungsform mit mehreren Reinigungsöffnungen 9 und Einblasöffnungen 8 gezeigt. Dabei weisen zwei im Querschnitt des Zylinders 2 gegenüberliegende erste Reinigungsöffnungen 9a Verbindungen zu je einem brenngasführenden Kanal 16 und je einem reinigungsgasführendem Kanal 17 auf, während eine zweite Reinigungsöffnung 9b nur mit einem reinigungsgasführenden Kanal 17 verbunden ist. Dazu ist noch eine Einblasöffnung 8 vorgesehen, welche nur mit einem brenngasführendem Kanal 16 verbunden ist. Die zweite Reinigungsöffnung 9b, die nur mit einem reinigungsgasführenden Kanal 17 verbunden ist, ist im Querschnitt normal zu den ersten Reinigungsöffnungen 9a angeordnet. Die brenngasführenden Kanäle 16 sind im Wesentlichen radial zum Zylinder 1 angeordnet, während die reinigungsgasführenden Kanäle 17 in einem spitzen Winkel in Normalebene zur Zylinderachse A mit den brenngasführenden Kanälen 16 und den ersten Reinigungsöffnungen 9a zusammenlaufen. Damit wird die Luft schräg eingeblasen. Zwischen einer ersten Reinigungsöffnung 9a und der zweiten Reinigungsöffnung 9b ist die Einblasöffnung 8 angeordnet, die im Wesentlichen in einem 45°-Winkel zwischen den benachbarten Öffnungen 9a, 9b steht. Der reinigungsgasführende Kanal 17 der zweiten Reinigungsöffnung 9b mündet ebenso radial zum Zylinder 1 in die zweite Reinigungsöffnung 9b, wodurch diese Luft radial einbläst. Der brenngasführende Kanal 16 der Einblasöffnung 8

hingegen mündet exzentrisch und bringt damit das Brenngas 15 schräg in den Zylinder 1 ein. Dadurch erfolgt die Brenngaseinblasung durch die ersten Reinigungsöffnungen 9a und die Einblasöffnung 8, während die Reinigungsgaseinblasung über die erste Reinigungsöffnungen 9a und die zweiten Reinigungsöffnungen 9b erfolgt.

Fig. 3 zeigt eine der ersten Ausführungsform ähnlichen dritte Ausführungsform mit mehreren ersten Reinigungsöffnungen 9a und Einblasöffnungen 8. Alle Öffnungen 9a, 8 sind in der unteren Hälfte des Kolbenhubes H angeordnet. Dabei sind zwei erste Reinigungsöffnungen 9a, die mit je einem brenngasführendem Kanal 16 und einem reinigungsgasführendem Kanal 17 verbunden sind, entlang der Zylinderachse A zueinander höhenversetzt angeordnet. Auf Höhe der unteren ersten Reinigungsöffnung 9a und unterhalb dieser ist je eine Einblasöffnung 8 angeordnet. Dabei steht der reinigungsgasführende Kanal 17 bei den ersten Reinigungsöffnungen 9a im Bereich der Einmündung einmal in Bezug zur Zylinderachse A schräg und einmal normal. Bei den brenngasführenden Kanälen 16 verhält es sich ebenso, jedoch bei den jeweils anderen ersten Reinigungsöffnungen 9a.

Die ersten Reinigungsöffnungen 9a und die Einblasöffnungen 8 sind damit entlang der Zylinderachse A verteilt angeordnet, wobei sie über weniger als der Hälfte der Zylinderlänge und des Kolbenhubes verteilt sind. Sie sind in den unteren zwei Drittel des Zylinders, beabstandet vom unteren Totpunkt des Kolbens angeordnet.

Fig. 4 zeigt ein mögliches, erfindungsgemäßes Öffnungsdiagramm von den Öffnungen in einer erfindungsgemäßen Ausführungsform einer Brennkraftmaschine, welche ein erfindungsgemäßes Verfahren verwendet. Diese Öffnungen und Schließungen werden durch Ventile, die die Brenngaseinblasung, Abgasausblasung und Reinigungsgaseinblasung definieren, oder durch Überdecken der Spülöffnungen 11 durch den Kolben 2 erreicht und in Abhängigkeit des Kurbelwinkels 19 der Kurbelwelle des Kolbens 2 dargestellt. Ein Öffnungsgrad 18 von 1 bedeutet dabei, dass das Ventil vollständig offen ist, bzw. dass die Spülöffnungen vollständig frei sind, wodurch ein vollständiger Fluss des Brenngases, Abgases oder des Reinigungsgases durch die jeweilige Öffnung möglich ist. Ein Wert von 0 stellt den vollständigen Verschluss dar, wodurch kein Fluss möglich ist. Darüber hinaus ist der Zylinderdruck 20 in Abhängigkeit des Kurbelwinkels 19 als Kurve 22 dargestellt.

Linie 21 zeigt den Öffnungsgrad der Auslassöffnung des Auslassventils 6, das bei niedrigem Kurbelwinkel 19, also wenn sich der Kolben 2 in der Nähe seines unteren Totpunktes befindet, voll geöffnet ist. Das durch die letzte Verbrennung entstandene Abgas kann durch den Abgaskanal 7 den Zylinder 2 verlassen. Bei einem Kurbelwinkel von 230 beginnt der Kolben 2 durch seine Aufwärtsbewegung die Spülöffnungen 11 zu überdecken, wodurch der Fluss an Reinigungsgas aus dem Kurbelraum durch diese rapide abnimmt (Linie 23). Zeitgleich mit dem beginnenden Verschluss der Spülöffnungen 11 werden die Ventile der brenngasführenden Kanäle 16 von Einblasöffnungen 8 und Reinigungsöffnungen 9 geöffnet und Brenngas strömt in den Zylinder 2 ein (Linie 24). Die Ventile benötigen dabei einen Kurbelwinkel von etwa 5° um vollständig zu öffnen. Bei einem Kurbelwinkel von 265°, kurz bevor das Kolbendach 12 die Öffnungen - durch die die Brenngaseinblasung erfolgt - erreicht, beginnen sie wieder zu schließen, was bei etwa 270° abgeschlossen ist.

Bei einem Kurbelwinkel von 240° beginnt das Auslassventil 6 langsam zu schließen, wobei es erst bei 290° vollständig geschlossen ist. Der bis dahin weitestgehend gleich gebliebene Zylinderdruck steigt bei fortschreitender Schließung des Auslassventils 6 kontinuierlich an.

Bei einem Kurbelwinkel von 260°, also noch während der Brenngaseinblasung werden die Ventile der reinigungsgasführenden Kanäle 17 der Reinigungsöffnungen 9 geöffnet (Linie 25), und es erfolgt eine Reinigungsgaseinblasung. Dabei öffnet diese langsamer und deren vollständige Öffnung wird erst bei Kurbelwinkel 270° erreicht, also wenn die Brenngaseinblasung vollständig abgeschlossen ist. Dadurch wird ein Reinigungsgaspolster im Bereich des Kolbendaches 12 erreicht, der direkt über dem Kolbendach 12 besonders brenngasarm ist. Durch die frühe Reinigungsgaseinblasung kann das Reinigungsgas bei noch relativ geringem Zylinderdruck eingebracht werden, wodurch dieses nicht so stark verdichtet werden muss.

Bei einem Kurbelwinkel von 280° erreicht das Kolbendach 12 die Reinigungsöffnungen 9, angezeigt durch Flanke 26. Der Feuersteg 28 beginnt ab diesem Punkt die Reinigungsöffnungen 9 zu überdecken, wodurch das Reinigungsgas in den Spalt 13 einströmt und diesen von Brenngas reinigt. Bei einem Kurbelwinkel von 290° erreicht die Oberkante des Kolbenrings 14 die

Oberkante der Reinigungsöffnungen 9, angezeigt durch Flanke 27. Kurz davor, bei 286° beginnen die Ventile der reinigungsgasführenden Kanäle 17 zu schließen, und erreichen bei 295° , kurz nachdem der Kolbenring 14 die Reinigungsöffnungen 9 passiert, seine vollständige Verschlussposition.

Fig. 5 zeigt ein Öffnungsdiagramm ähnlich dem von Fig. 4. Jedoch beginnt hier die Reinigungsgaseinblasung (Linie 25) erst ab einem Kurbelwinkel von 270° , also nach Abschluss der Brenngaseinblasung (Linie 24). Sie weist auch einen steileren Anstieg auf und erreicht schon bei 275° ihr Maximum. Zusätzlich wird die Reinigungsgaseinblasung noch vor Flanke 27 und damit vor vollständiger Trennung der Reinigungsöffnung vom Brennraum beendet. Bei 287° sind die Ventile der reinigungsgasführenden Kanäle 17 vollständig geschlossen. Damit ist auch die gesamte eingeblasene Reinigungsgasmenge geringer und der Reinigungsgaspolster kleiner.

Fig. 6 zeigt schematisch ein Detail der in Fig. 1a-1d dargestellten Ausführungsform in einer Kolbenposition zwischen Fig. 1c und 1d. Der Kolben 2 besitzt dabei an seinem Mantel 33 eine Ausnehmung, in der ein Kolbenring 14 angeordnet ist. Dieser Kolbenring 14 erstreckt sich über den Spalt 13 zwischen Kolbenmantel 33 und Zylinderwand 10 hinweg und dichtet damit den Brennraum 30 gegen den Kurbelraum 3 ab. Der Kolben 2 hat ein Kolbendach 12, welches in der Mitte des Kolbens 2 eine Kolbenmulde aufweist. Die Kolbenringoberkante 32 des Kolbenrings 14 befindet sich auf Höhe der Öffnungsoberkante 31 der Reinigungsöffnung 9. Damit ist die Reinigungsöffnung 9 vom Brennraum 30 vollständig abgedeckt und damit nicht mehr mit ihr verbunden. Der Kolbenring 14 weist in etwa die gleiche Dicke auf wie die Reinigungsöffnung 9. Es ist vorteilhaft, wenn die Reinigungsgaseinblasung durch die dargestellte Reinigungsöffnung 9 in der dargestellten Kolbenstellung beendet wird, da kein Reinigungsgas mehr in den Brennraum 30 eingeblasen werden kann.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Betreiben einer Brenngas (15) verbrennenden Brennkraftmaschine, insbesondere einer Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (1), wobei sich zumindest ein Kolben (2) mit zumindest einem Kolbenring (14) in dem eine Zylinderwand (10) aufweisenden Zylinder (1) von einem unteren Totpunkt zu einem oberen Totpunkt bewegt und dabei das Brenngas (15) in zumindest einer Kolbenstellung im Bereich der Zylinderwand (10) eingeblasen wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Reinigungsgas durch zumindest eine an der Zylinderwand (10) angeordnete Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) in den Zylinder (1) eingeblasen wird, wenn zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) vom Feuersteg (28) des Kolbens (2) zumindest teilweise abgedeckt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung durch zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) beginnt, bevor diese Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) vom Feuersteg (28) des Kolbens (2) zumindest teilweise abgedeckt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung bei Vorbeibewegen des obersten Kolbenringes (14) an zumindest einer Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) beendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass pro Arbeitszyklus Reinigungsgas in der Menge von zumindest 1 %, vorzugsweise zwischen 1 % und 3 %, einer Gesamtlademasse des Zylinders (2) über die zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) eingeblasen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Brenngaseinblasung bei oder nach dem Beginn der Reinigungsgaseinblasung beendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung im Höhenbereich der Brenngaseinblasung erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Brenngas (15) zusätzlich zum Reinigungsgas über zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) eingeblasen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung in einem Bereich oberhalb von 2 % unterhalb des Ortes der Brenngaseinblasung, bezogen auf den Kolbenhub (H) erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine als Zweitaktmotor betrieben wird.
10. Brennkraftmaschine, die mit Brenngas (15) betreibbar ist, insbesondere eine Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (1) und zumindest einem darin angeordneten Kolben (2), wobei das Brenngas (15) im Bereich der Zylinderwand (10) einblasbar ist und wobei der Kolben (2) zumindest einen Kolbenring (14) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass entweder die Zylinderwand (10) zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) zum Einführen von Reinigungsgas und zumindest eine Einblasöffnung (8) zum Einblasen des Brenngases (15) aufweist, wobei dann zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) in einem Bereich oberhalb von 2 % unterhalb zumindest einer Einblasöffnung, bezogen auf den Kolbenhub (H) angeordnet ist, oder die Zylinderwand (10) zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) aufweist, durch die sowohl das Reinigungsgas als auch das Brenngas (15) eingeblasen werden.
11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) auf gleicher Zylinderhöhe mit zumindest einer Einblasöffnung (8) liegt.
12. Brennkraftmaschine nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine zumindest eine Einspritzeinrichtung für einen flüssigen Kraftstoff aufweist.
13. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinder (1) zumindest eine Spülöffnung (11) zur Belüftung des Zylinders (1) aufweist, die zwischen der zumindest einen

Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) und dem unteren Totpunkt des Zylinders (1) angeordnet ist.

14. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) einen Durchmesser von zumindest 10 mm, vorzugsweise zumindest 15 mm aufweist.
15. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine ein Zweitaktmotor ist.

13.03.2018
MT

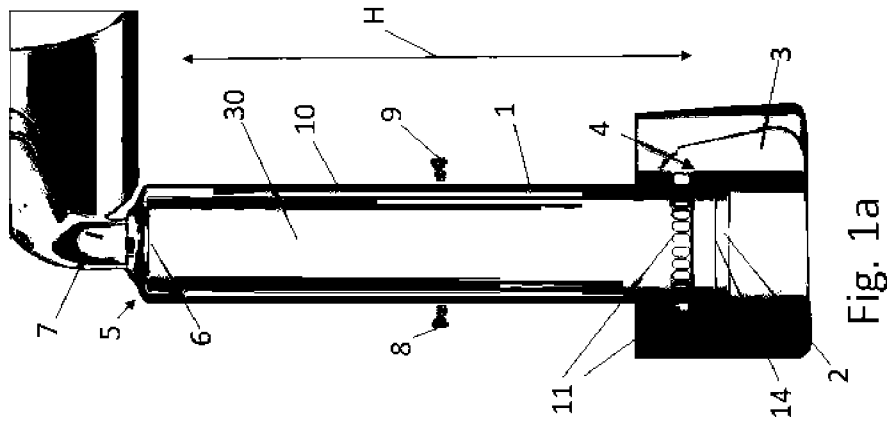


Fig. 1a

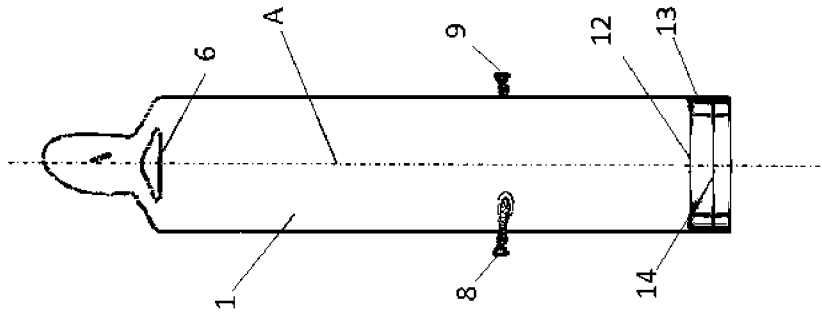


Fig. 1b

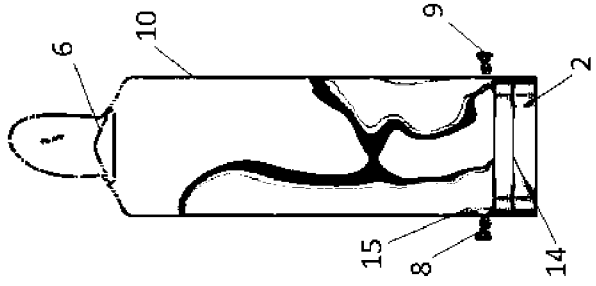


Fig. 1c

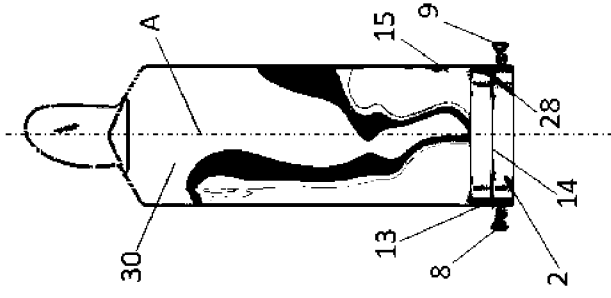


Fig. 1d

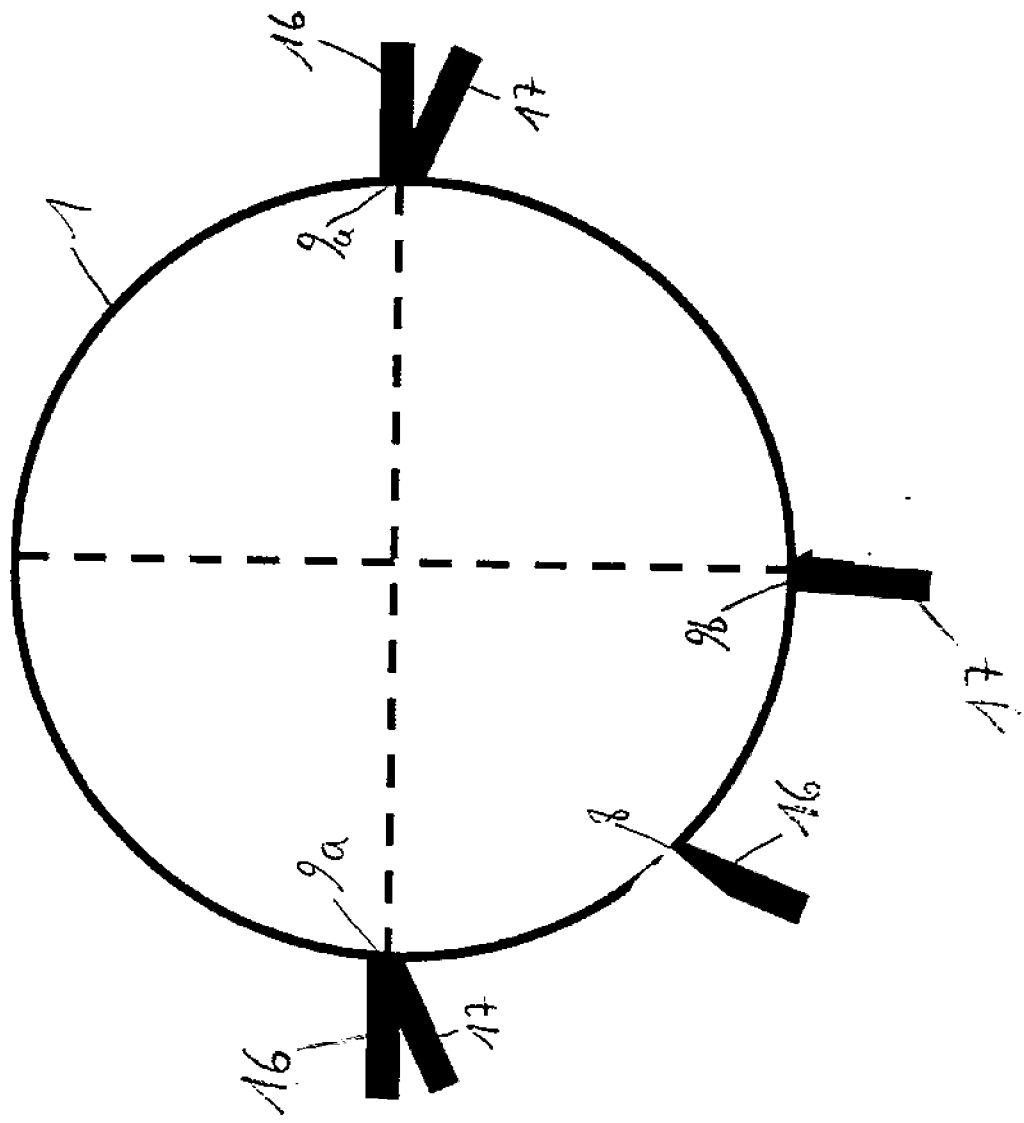


Fig. 2

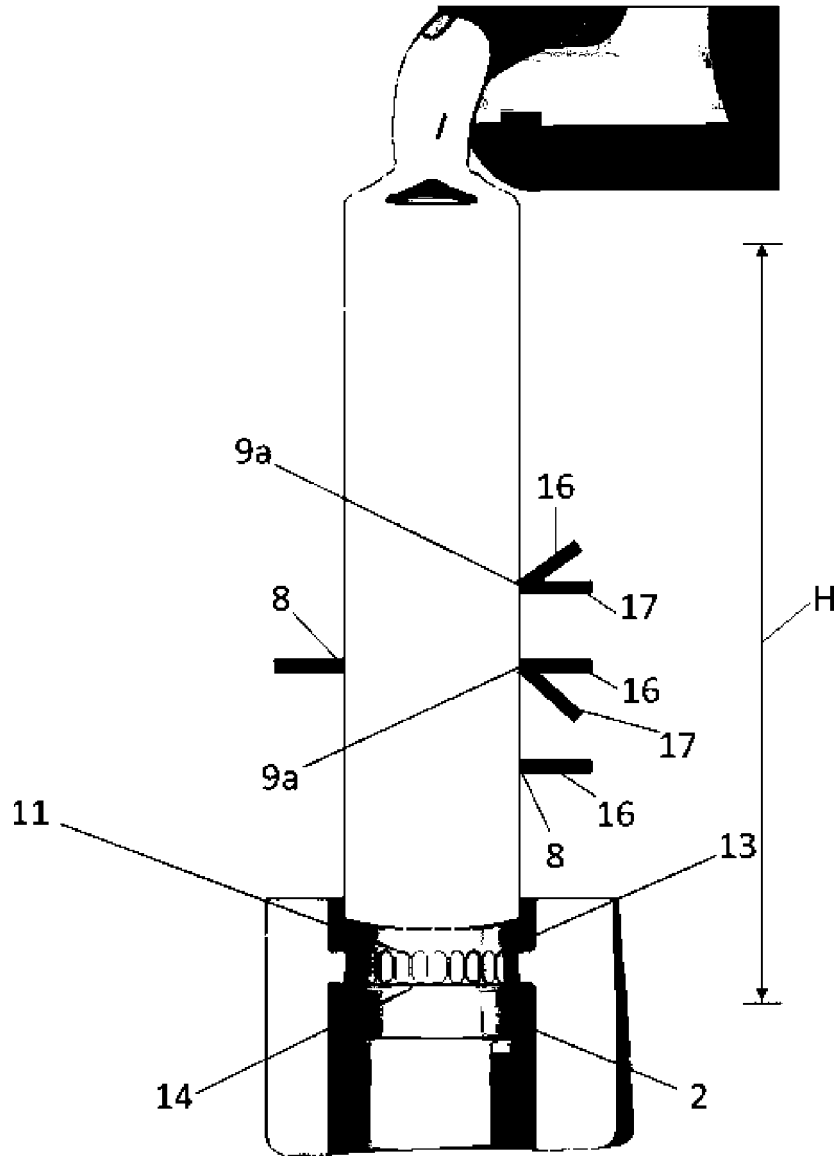


Fig. 3

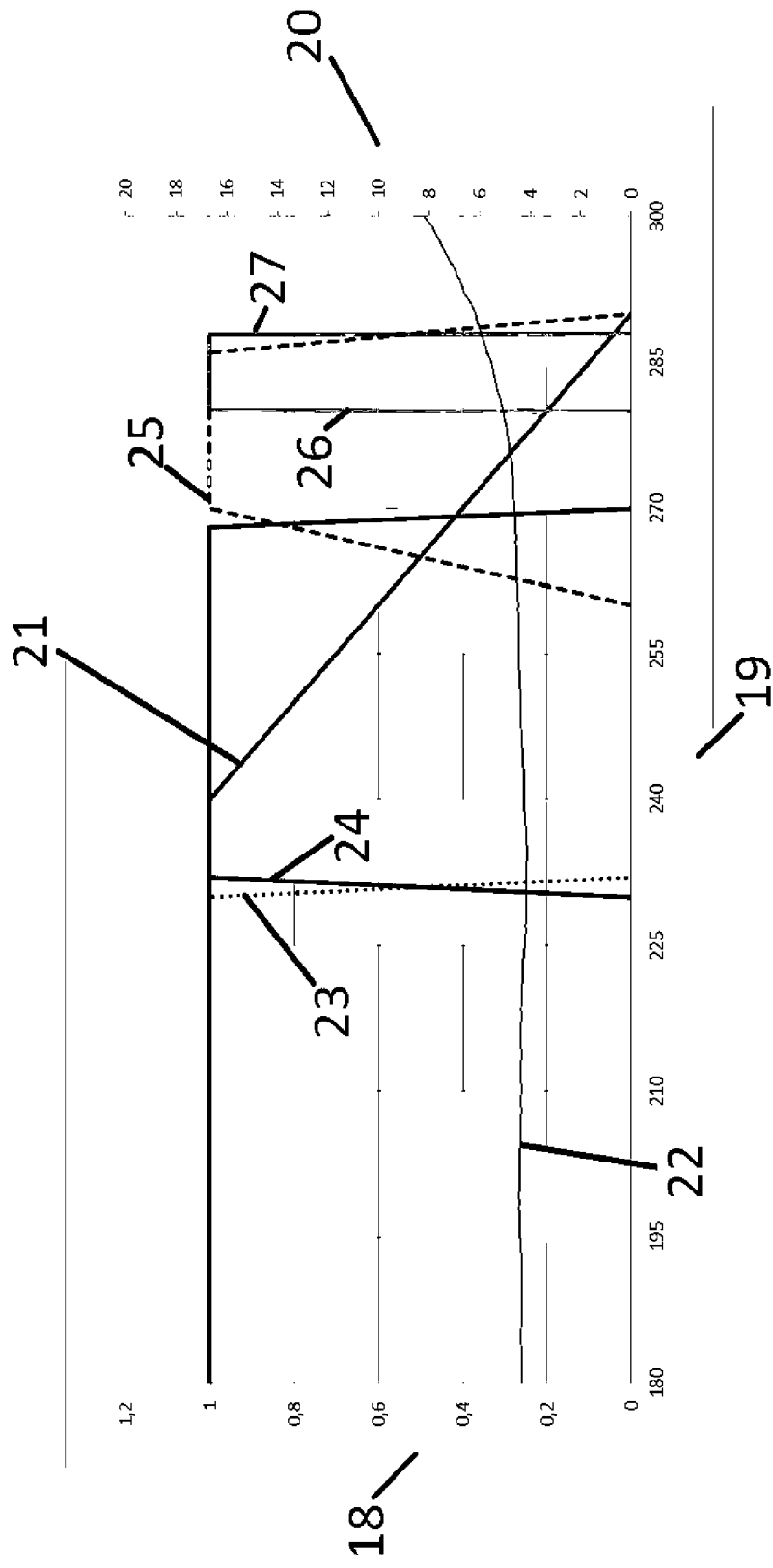


Fig. 4

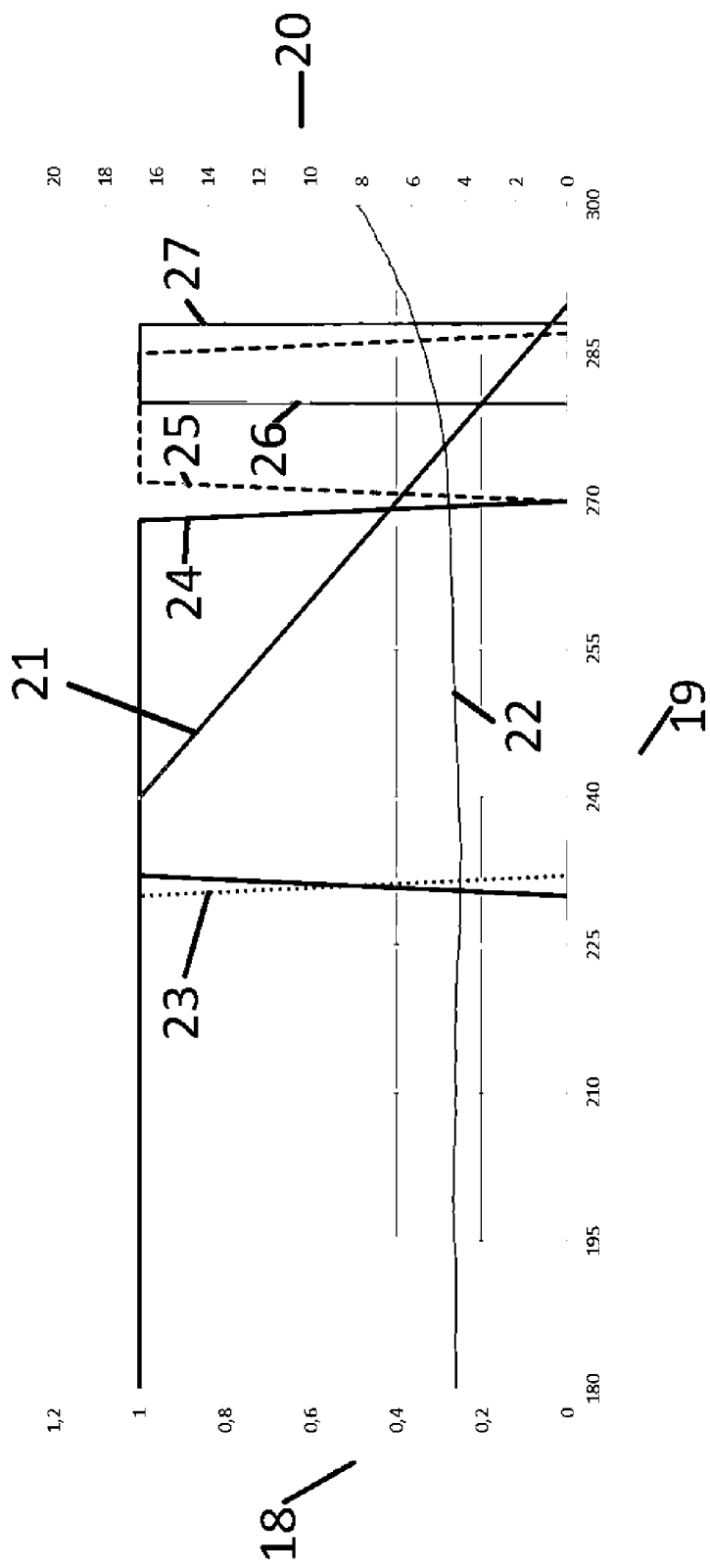


Fig. 5

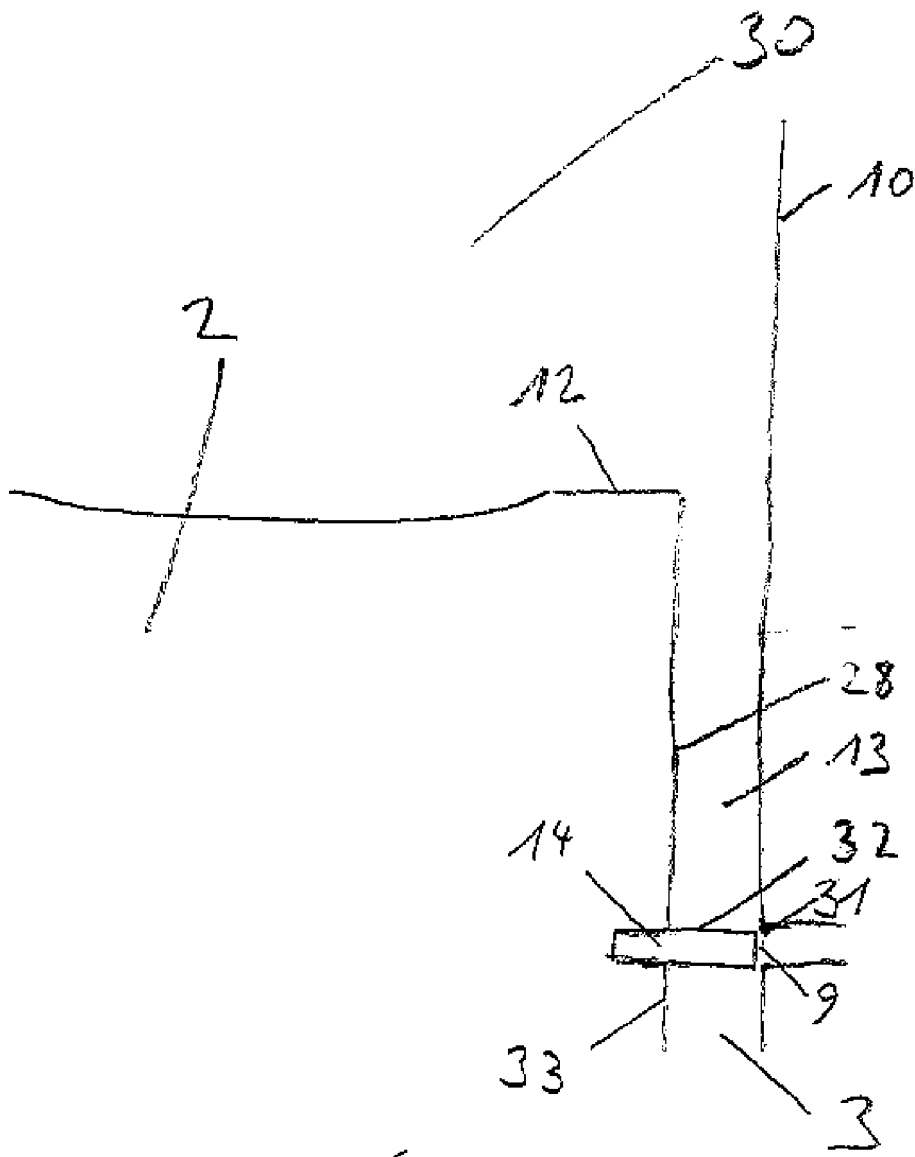


Fig. 6

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Betreiben einer Brenngas (15) verbrennenden Brennkraftmaschine, insbesondere einer Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (1), wobei sich zumindest ein Kolben (2) mit zumindest einem Kolbenring (14) in dem eine Zylinderwand (10) aufweisenden Zylinder (1) von einem unteren Totpunkt zu einem oberen Totpunkt bewegt und dabei das Brenngas (15) in zumindest einer Kolbenstellung im Bereich der Zylinderwand (10) eingeblasen wird und wobei ein Reinigungsgas durch zumindest eine an der Zylinderwand (10) angeordnete Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) in den Zylinder (1) eingeblasen wird, wenn zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) vom Feuersteg (28) des Kolbens (2) zumindest teilweise abgedeckt wird, dadurch gekennzeichnet, dass pro Arbeitszyklus Reinigungsgas in der Menge von zumindest 1 % einer Gesamtlademasse des Zylinders (2) über die zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) eingeblasen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung durch zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) beginnt, bevor diese Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) vom Feuersteg (28) des Kolbens (2) zumindest teilweise abgedeckt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung bei Vorbeibewegen des obersten Kolbenringes (14) an zumindest einer Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) beendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen 1 % und 3 % der Gesamtlademasse des Zylinders (2) über die zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) eingeblasen wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Brenngaseinblasung bei oder nach dem Beginn der Reinigungsgaseinblasung beendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung im Höhenbereich der Brenngaseinblasung erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Brenngas (15) zusätzlich zum Reinigungsgas über zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) eingeblasen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsgaseinblasung in einem Bereich oberhalb von 2 % unterhalb des Ortes der Brenngaseinblasung, bezogen auf den Kolbenhub (H) erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine als Zweitaktmotor betrieben wird.
10. Brennkraftmaschine, die mit Brenngas (15) betreibbar ist, insbesondere eine Großbrennkraftmaschine mit zumindest einem Zylinder (1) aufweisenden Zylinder (1) und zumindest einem darin angeordneten Kolben (2), wobei das Brenngas (15) im Bereich der Zylinderwand (10) einblasbar ist, wobei der Kolben (2) zumindest einen Kolbenring (14) aufweist und wobei entweder die Zylinderwand (10) zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) zum Einführen von Reinigungsgas und zumindest eine Einblasöffnung (8) zum Einblasen des Brenngases (15) aufweist, wobei dann zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) in einem Bereich oberhalb von 2 % unterhalb zumindest einer Einblasöffnung, bezogen auf den Kolbenhub (H) angeordnet ist, oder die Zylinderwand (10) zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) aufweist, durch die sowohl das Reinigungsgas als auch das Brenngas (15) eingeblasen werden, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) dazu eingerichtet ist, pro Arbeitszyklus Reinigungsgas in der Menge von zumindest 1 % einer Gesamtlademasse des Zylinders (2) einzublasen.
11. Brennkraftmaschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) auf gleicher Zylinderhöhe mit zumindest einer Einblasöffnung (8) liegt.
12. Brennkraftmaschine nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine zumindest eine Einspritzeinrichtung für einen flüssigen Kraftstoff aufweist.

13. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylinder (1) zumindest eine Spülöffnung (11) zur Belüftung des Zylinders (1) aufweist, die zwischen der zumindest einen Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) und dem unteren Totpunkt des Zylinders (1) angeordnet ist.
14. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Reinigungsöffnung (9, 9a, 9b) einen Durchmesser von zumindest 10 mm, vorzugsweise zumindest 15 mm aufweist.
15. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine ein Zweitaktmotor ist.

02.05.2018
MT