



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.02.2008 Patentblatt 2008/06

(51) Int Cl.:
F02B 77/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07010764.4**

(22) Anmeldetag: **31.05.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Dr.Ing. h.c. F. Porsche Aktiengesellschaft**
70435 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Müller, Stephan**
71229 Leonberg (DE)
• **Wolf, Jean-Martin**
71665 Vaihingen a.d. Enz (DE)

(30) Priorität: **27.07.2006 DE 102006034633**

(54) **Verfahren zum Reinigen eines Brennraums und eines Einlasstrakts einer Brennkraftmaschine**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen eines Brennraums (4) und eines Einlasstrakts (5) einer Brennkraftmaschine, mit einem in einem Zylinder-raum (1) eines Zylinders (2) angeordneten Kolben (3), welcher den Brennraum (4) abtrennt. Zu dem Brennraum (4) führt jeweils mindestens ein Ein- und Auslasskanal (5,7), deren Öffnung durch Ein- und Auslassventile (6,8) geöffnet und geschlossen werden. Vorgesehen ist ferner

ein Kraftstoff-Einspritzventil (9) zur Ausbildung eines Kraftstoff-/Luftgemischs und eine in den Brennraum (4) hineinragende Zündeinrichtung zum Entflammen des Kraftstoff-/Luftgemischs. Es wird vorgeschlagen, dass ein aufbereitetes Kraftstoff-/Luftgemisch im Brennraum (4) und bei geöffnetem Einlassventil (6) im Einlasskanal (5) entzündet wird. Dadurch wird auf einfache Art und Weise der Brennraum (4) und der Einlasstrakt frei von Ablagerungen und Verkokungen gehalten.

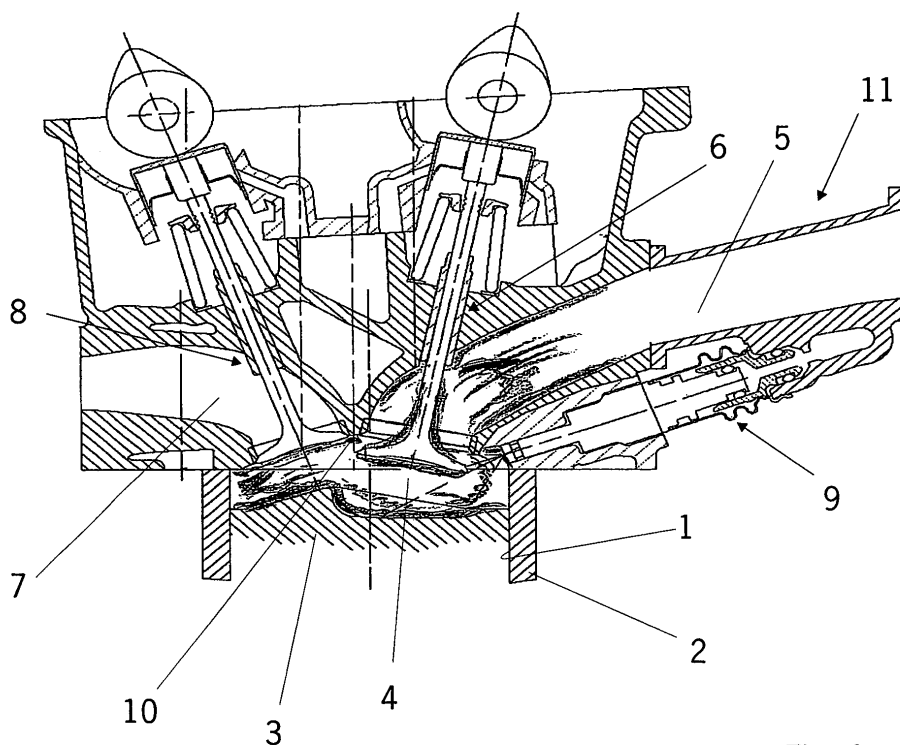


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen eines Brennraums und eines Einlasstrakts einer Brennkraftmaschine nach den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruches 1.

[0002] Ein gattungsgemäßes Verfahren ist aus der DE 102 03 750 A1 bekannt.

[0003] Sowohl Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung des Kraftstoffs in den Brennraum als auch Brennkraftmaschinen, bei denen der Kraftstoff in den Einlasstrakt eingespritzt wird, können an dem Problem der Bauteilverkokung leiden. Eine Verkokung tritt dabei insbesondere an den Einlassventilen, aber auch an anderen Stellen des Einlasstrakts und des Brennraums auf. Dies kann seine Ursache beispielsweise darin haben, dass die Brennkraftmaschinen mit Kraftstoffen minderer Qualität betrieben werden. Die hieraus entstehende Ablagerungsbildung und Verschmutzung des Einlasstrakts und des Brennraums kann zu gravierenden Betriebsstörungen führen. Ein Verkokungsbelag des Einlassventils im Bereich der Ventilkehlung kann eine sogenannte Tumble-Strömung gegebenenfalls so stark stören, dass es als Folge davon zu Zündaussetzern kommt. Diese können unter Umständen zu einer irreversiblen Schädigung eines im Abgastrakt angeordneten Katalysators zur Abgasreinigung führen. Ferner kann der Verkokungsbelag einen Strömungswiderstand bilden, der besonders im oberen Last- und Drehzahlbereich der Brennkraftmaschine zu erheblichen Leistungsverlusten aufgrund unzureichender Zylinderfüllung führen kann. Des weiteren verhindert der Verkokungsbelag des Einlassventils gegebenenfalls einen korrekten Ventilschluss, sodass es zu Kompressionsverlusten und damit sporadischen Zündaussetzern kommt. Eine weitere Folge der Ablagerungsbildung und Verschmutzung kann darin bestehen, dass die Brennkraftmaschine nicht gestartet werden kann, stehen bleibt oder sogar ein Totalschaden auftritt.

[0004] Zur Lösung des Problems werden verschiedene Maßnahmen ergriffen. Zum Einen wird empfohlen, Markenkraftstoff zu tanken, zum Anderen wird zur Beimischung von Additivzusätzen beim Tanken geraten. Falls trotzdem eine Ablagerungsbildung und eine Verkokung des Einlasstrakts und des Brennraums nicht vermieden werden kann, ist eine Demontage der Sauganlage zur mechanischen Reinigung derselben und/oder eine Demontage der Zylinderköpfe zur mechanischen Reinigung derselben sowie aller betroffenen Motorkomponenten die Folge. Von Nachteil dabei ist der relativ große Arbeitsaufwand und die notwendige Stilllegung des Fahrzeugs.

[0005] Insbesondere bei Motoren mit einer Benzindirekteinspritzung kommt es, verglichen mit Motoren, bei denen der Kraftstoff in den Einlasstrakt eingespritzt wird, verstärkt zu Ablagerungsbildungen. Dies liegt daran, dass der in den Einlasstrakt eingespritzte Kraftstoff eine Reinigung und Abwaschung von im Einlasstrakt angelagerten Partikeln und Verkokungsrückständen bewirkt.

[0006] Aus der DE 102 03 750 A1 sowie der US 6,178,944 B1, der JP 2004-251155 A und JP 2001-289097 A ist es bekannt, ein Kraftstoff/Luftgemisch zum Abwaschen von Ablagerungen in den Einlasskanal einzuführen.

[0007] Aus der US 4,809,662 ist es bekannt, einen Zündzeitpunkt soweit vorzustellen, dass sich eine erhöhte Temperatur im Brennraum ergibt, sodass dieser von Ablagerung gereinigt wird.

[0008] Aus der JP 2004-245077 A ist es bekannt, Verbrennungsgase aus dem Brennraum in den Einlasskanal zu führen, um Ablagerungen abzubrennen.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Reinigen eines Brennraums und eines Einlasstrakts einer Brennkraftmaschine zu schaffen, welches auf einfache Art und Weise sicherstellt, dass diese von Ablagerungen und Verkokungen gereinigt werden.

[0010] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

[0011] Dadurch, dass ein aufbereitetes Kraftstoff/Luftgemisch im Brennraum und bei geöffnetem Einlassventil im Einlasskanal entzündet wird, wird auf einfache Art und Weise erreicht, dass Ablagerungen und Verkokungen im Brennraum und dem Einlasstrakt abbrennen. Probleme durch Ablagerungen und Verkokungen werden damit vermieden.

[0012] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen des Verfahrens möglich.

[0013] Durch eine abgestimmte Initiierung und Leitung der Verbrennung in den Ansaugtakt eines Zylinders bei geöffnetem Einlassventil kann die erforderliche Energie in den verkokten Bereich eingebracht werden. Durch eine gezielte Abstimmung von genutztem Arbeitstakt, Einspritzmengen und Zündung können die notwendigen Randbedingungen bezüglich Temperatur und freien Sauerstoff erzeugt werden, um einen effektiven und für den Motor unschädlichen Abbrand der Beläge zu erreichen.

[0014] Erfindungsgemäß kann vorgesehen sein, dass die Entzündung des aufbereiteten Kraftstoff-/Luftgemischs zu einem Zeitpunkt erfolgt, zu dem das Einlassventil wenigstens annähernd vollständig geöffnet ist. Das Kraftstoff-/Luftgemisch brennt durch das offene Einlassventil in den Einlasskanal hinein. Die Flammenfront kann somit den gesamten verkokten Bereich (Einlasstrakt bzw. Einlasskanal, Einlassventil, Brennraum und Kolben) erreichen und die Initialisierungstemperatur für die Oxidation erzeugen.

[0015] Von Vorteil ist es, wenn ein Kraftstoff/Luftgemisch während jedem zweiten Ansaugtakt entzündet wird. In den sich daraus ergebenden Zwischentakten kann zur Vorbereitung der Reinigungsverbrennung ein Austrag der Ablagerungen sowie eine Sauerstoffzufuhr als Oxidationsmittel und/oder eine Kraftstoffeinbringung als Heizmittel erfolgen.

[0016] Erfindungsgemäß können gegebenenfalls wei-

tere Spültakte vorgesehen sein zur Absicherung der thermischen Stabilität bzw. zur Steigerung der Reinigungseffizienz. In diesem Fall wird ein Kraftstoff-/Luftgemisch nicht in jedem zweiten Ansaugtakt, sondern entsprechend versetzt entflammt. Vorzugsweise wird bei dem Spültakt mit Luft, z. B. aus dem Einlasskanal, gespült. Es kann jedoch alternativ oder zusätzlich auch eine Spülung mit Kraftstoff vorgesehen sein.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels mit Bezug auf die Zeichnung näher erläutert.

[0018] Es zeigt:

Fig. 1 einen Querschnitt durch eine Brennkraftmaschine in einem Bereich, in dem ein Brennraum und ein Einlassstrakt ausgebildet sind;

Fig. 2 ein Steuerzeitendiagramm eines Reinigungsmodus mit einer Darstellung des Ventilhubes, der Einspritzung des Kraftstoff-/Luftgemischs und der Zündung; und

Fig. 3 eine Darstellung einer Reinigungsprozedur, in der Zylinder einer Brennkraftmaschine nacheinander in den Reinigungsmodus versetzt werden.

[0019] Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt einer Brennkraftmaschine, die in einem Zylinderraum 1 eines Zylinders 2 mit einem bewegbar angeordneten Kolben 3 versehen ist, der zur Ausführung von vier Takten eines Arbeitszyklus durch eine nicht dargestellte Pleuellwelle translatorisch im Zylinderraum 1 hin- und herbewegt wird. Der Kolben 3 trennt dabei von dem Zylinderraum 1 einen Brennraum 4 ab. Zum Brennraum 4 führen zwei Einlasskanäle 5 (in der Schnittdarstellung ist nur ein Einlasskanal dargestellt), über welche die für die Verbrennung erforderliche Verbrennungsluft zugeführt wird. Die Öffnung des Einlasskanals 5 wird durch mindestens ein Einlassventil 6 geöffnet und geschlossen. Während des Ansaugtaktes ist das Einlassventil 6 entsprechend geöffnet. Zum Brennraum 4 führen weiterhin zwei Auslasskanäle 7 (in der Schnittdarstellung ist nur ein Auslasskanal erkennbar). Die Öffnung des Auslasskanals 7 zum Brennraum 4 wird durch ein entsprechendes Auslassventil 8 geöffnet und geschlossen. Beide Ventile 6, 8 werden beispielsweise über eine nicht dargestellte Pleuellwelle betätigt. Weiterhin ist ein Kraftstoffeinspritzventil 9 vorgesehen, das so in einem Zylinderkopf der Brennkraftmaschine angeordnet ist, dass der Kraftstoff direkt in den Brennraum 4 eingespritzt werden kann. Im Ausführungsbeispiel handelt es sich somit um eine Brennkraftmaschine mit einer Direkteinspritzung des Kraftstoffs. Hierauf ist die Erfindung jedoch nicht beschränkt, vielmehr lässt sich die erfinderische Lösung auch auf Brennkraftmaschinen anwenden, bei denen das Kraftstoffeinspritzventil 9 Kraftstoff in den Einlasskanal 5 einspritzt.

[0020] Das dem Brennraum 4 sowie das dem Einlasskanal 5 (durch das geöffnete Einlassventil 6) zugeführte Kraftstoff-/Luftgemisch wird mit Hilfe einer in der Mitte des Brennraumdaches angeordneten Zündeinrichtung 10, die in dem Ausführungsbeispiel nur schematisch als Zündort dargestellt ist, entflammt.

[0021] Das Einlassventil 6 sowie der Einlasskanal 5 stellen im Ausführungsbeispiel Teile eines Einlasstraktes 11 dar.

[0022] Zur Durchführung eines in Fig. 2 anhand eines Steuerzeitendiagramms dargestellten Reinigungsmodus ist vorgesehen, dass ein aufbereitetes Kraftstoff-/Luftgemisch bei geöffnetem Einlassventil 6 im Einlasskanal 5 und im Brennraum 4 entflammt wird. Die Entflammung des aufbereiteten Kraftstoff-/Luftgemischs erfolgt dabei zu einem Zeitpunkt des Ansaugtaktes (siehe Fig. 2), bei dem das Einlassventil 6 vollständig geöffnet ist. Die eingespritzte Menge des zündfähigen Kraftstoff-/Luftgemischs, insbesondere auch hinsichtlich der Bereitstellung von Sauerstoff sowie der Zeitpunkt der Entflammung werden dabei derart gewählt, dass eine für die Verbrennung von Ablagerungen und Verkokungen im Brennraum 4 sowie dem Einlassstrakt 11 und dem Einlasskanal 5 notwendige Initialisierungstemperatur erreicht wird. Diese kann vorzugsweise 700 bis 800 °C betragen. Unter einer Abbrennung von Ablagerungen und Verkokungen am Einlassventil 6 ist dabei auch zu verstehen, dass ein Einlassventilsitz, eine Ventilschaftführung sowie gegebenenfalls weitere Bauteile im Bereich des Einlassventils, welche funktional zum Einlassventil gehören, entsprechend gereinigt werden.

[0023] Dem Blitzsymbol in der Zeile "Zündung" der Fig. 2 ist ferner zu entnehmen, dass im Ausführungsbeispiel eine Reinigungsverbrennung, d. h. ein Entflammen des zündfähigen Kraftstoff-/Luftgemischs während jedem zweiten Ansaugtaktes erfolgt. In den Zwischentakten, d. h. in dem Ansaugtakt, in dem keine Reinigungsverbrennung im Reinigungsmodus erfolgt, werden die Ablagerungen ausgetragen sowie Kraftstoff und Sauerstoff zugeführt. Weitere Spültakte bzw. Zwischentakten können zur Absicherung der thermischen Stabilität bzw. Steigerung der Reinigungseffizienz vorgesehen sein.

[0024] Nachfolgend wird anhand des in Fig. 2 dargestellten Steuerzeitendiagramm ein prinzipieller Ablauf des Reinigungsmodus, auf den die erfindungsgemäße Lösung selbstverständlich nicht beschränkt ist, dargestellt. Zu Beginn des Reinigungsmodus ist gemäß dem Zeitstrahl (beginnend von links) vorgesehen, dass Kraftstoff in den Brennraum 4 zu einem Zeitraum eingespritzt wird, zu dem das Einlassventil 6 vollständig geöffnet ist (Einspritzung 101). Eine Zündung erfolgt hierbei nicht. Eine weitere Einspritzung 102, ebenfalls ohne Zündung, erfolgt zu Beginn des Ausstosstaktes, bei dem das Auslassventil 8 öffnet. Eine Zündung erfolgt dabei nicht. Eine dritte Einspritzung 103 erfolgt zu Beginn des Ansaugtaktes, zu dem sich das Einlassventil 6 öffnet. Zu einem Zeitpunkt, zu dem das Einlassventil 6 geöffnet ist, erfolgt die Zündung. Dadurch werden die Ablagerungen im Ein-

lasstrakt 11 und im Einlasskanal 5 abgebrannt. Beim nächsten Einlasstakt werden die verbrannten Ablagerungen mit Ansaugluft angesaugt. In einem anschließenden Auslasstakt werden die Ablagerungen (analog wie bei dem Normalbetrieb der Brennkraftmaschine) in den Auspuff ausgeschoben. Gegebenenfalls kann ohne Einspritzung von Kraftstoff ein weiterer Auslasstakt vorgesehen sein, um die Ablagerungen auszuspülen (in Fig. 2 nicht dargestellt). Wie dem Steuerzeitendiagramm gemäß Fig. 2 zu entnehmen ist, wird die beschriebene Prozedur im Folgenden so lange wiederholt, bis der Reinigungsmodus abgeschlossen ist bzw. eine gewünschte Sauberkeit des Brennraums 4 und des Einlasstraktes 11 erreicht worden ist. Durch die Einspritzungen 101 und 102 gelangt Kraftstoff in den Auspuff. Dieser kann sich gegebenenfalls dort entzünden und somit den Auspuff von Ablagerungen reinigen.

[0025] Im Steuerzeitendiagramm gemäß Fig. 2 bedeutet "Ü" Überschneidungsbereich, in welchem das Auslassventil 8 noch nicht vollständig geschlossen, jedoch das Einlassventil 6 bereits teilweise geöffnet ist. "Z" bedeutet Zündzeitpunkt, d. h. der Zeitpunkt, in dem im Normalbetrieb einer Brennkraftmaschine die Zündung erfolgt. Im Reinigungsmodus erfolgt zu diesem Zeitpunkt keine Zündung. "OT" bedeutet "oberer Totpunkt".

[0026] Wie aus Fig. 3 ersichtlich ist, wird der Reinigungsmodus bei niedrigen Drehzahlen (niedriger Lastpunkt) der Brennkraftmaschine, vorzugsweise im Leerlaufbetrieb eingeleitet und zylinderspezifisch durchgeführt. Nach Beendigung des Reinigungsmodus für den ersten Zylinder (Zyl. 1) wird der nächste Zylinder (Zyl. 2) in den Reinigungsmodus versetzt. Die Prozedur wird dabei so lange fortgeführt, bis alle Zylinder gereinigt wurden. Während ein Zylinder gereinigt wird, ist vorgesehen, dass die anderen Zylinder im Normalbetrieb weiterlaufen. Dabei ist im Ausführungsbeispiel vorgesehen, dass nach dem Durchlaufen des Reinigungsmodus bzw. der Reinigungsprozedur das erreichte Ergebnis überprüft wird, d. h. die erreichte Sauberkeit des Brennraums 4 und des Einlasstraktes 11 beurteilt wird. Bei Bedarf erfolgt eine Wiederholung der Prozedur. Grundsätzlich ist es dabei auch möglich, dass der Reinigungsmodus jeweils anhand von messbaren Kriterien, z. B. der Anzahl der Motorumdrehungen seit der letzten Reinigung oder der Menge an Kraftstoff, welche der Brennkraftmaschine seit der letzten Reinigung zugeführt wurde, gestartet wird. Hierbei sind eine Vielzahl von Kriterien denkbar.

[0027] Es kann vorgesehen sein, dass die erfindungsgemäße Lösung als Reinigungsmodus in Form einer Betriebsstrategie in ein Steuergerät eines Kraftfahrzeuges implementiert wird. Hierzu können gegebenenfalls entsprechend robuste adaptive Betriebsstrategien vorgesehen sein. Alternativ dazu kann auch eine Implementierung als Reinigungsmodus auf einem (externen) Motorsteuergerät oder einer Computereinheit vorgesehen sein, welches den Kundendienstniederlassungen zur gezielten Überwachung überlassen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reinigen eines Brennraums und eines Einlasstraktes einer Brennkraftmaschine, mit einem in einem Zylinderraum eines Zylinders angeordneten Kolben, welcher den Brennraum abtrennt, mit jeweils mindestens einem zu dem Brennraum führenden Ein- und Auslasskanal, deren Öffnung durch Ein- und Auslassventile geöffnet und geschlossen werden, sowie mit einem Kraftstoff-Einspritzventil zur Ausbildung eines Kraftstoff-/Luftgemisches und einer in den Brennraum hineinragenden Zündeinrichtung zum Entflammen des Kraftstoff-/Luftgemisches, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kraftstoff-/Luftgemisch im Brennraum (4) und bei geöffnetem Einlassventil (6) im Einlasskanal (5) entflammt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entflammung des aufbereiteten Kraftstoff-/Luftgemisches zu einem Zeitpunkt erfolgt, zu dem das Einlassventil (6) wenigstens annähernd vollständig geöffnet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die eingespritzte Menge des Kraftstoff/Luftgemisches sowie der Zeitpunkt der Entflammung des Kraftstoff/Luftgemisches derart gewählt werden, dass eine für die Verbrennung von Ablagerungen und Verkokungen notwendige Initialisierungstemperatur erreicht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Kraftstoff-/Luftgemisch während jedes zweiten Ansaugtakts entflammt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem Zwischentakt ein Austrag von Ablagerungen sowie eine Zufuhr von Kraftstoff und/oder Sauerstoff erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren im Leerlaufbetrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zylinder (2) einer Brennkraftmaschine das Verfahren nacheinander durchlaufen.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** eine Implementierung als Reinigungsmodus als Betriebsstrategie in einem Steuergerät eines Fahrzeugs.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **gekennzeichnet durch** eine Implementierung als Rei-

nigungsmodus auf einem externen Motorsteuerg-
rät oder einer Computereinheit.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

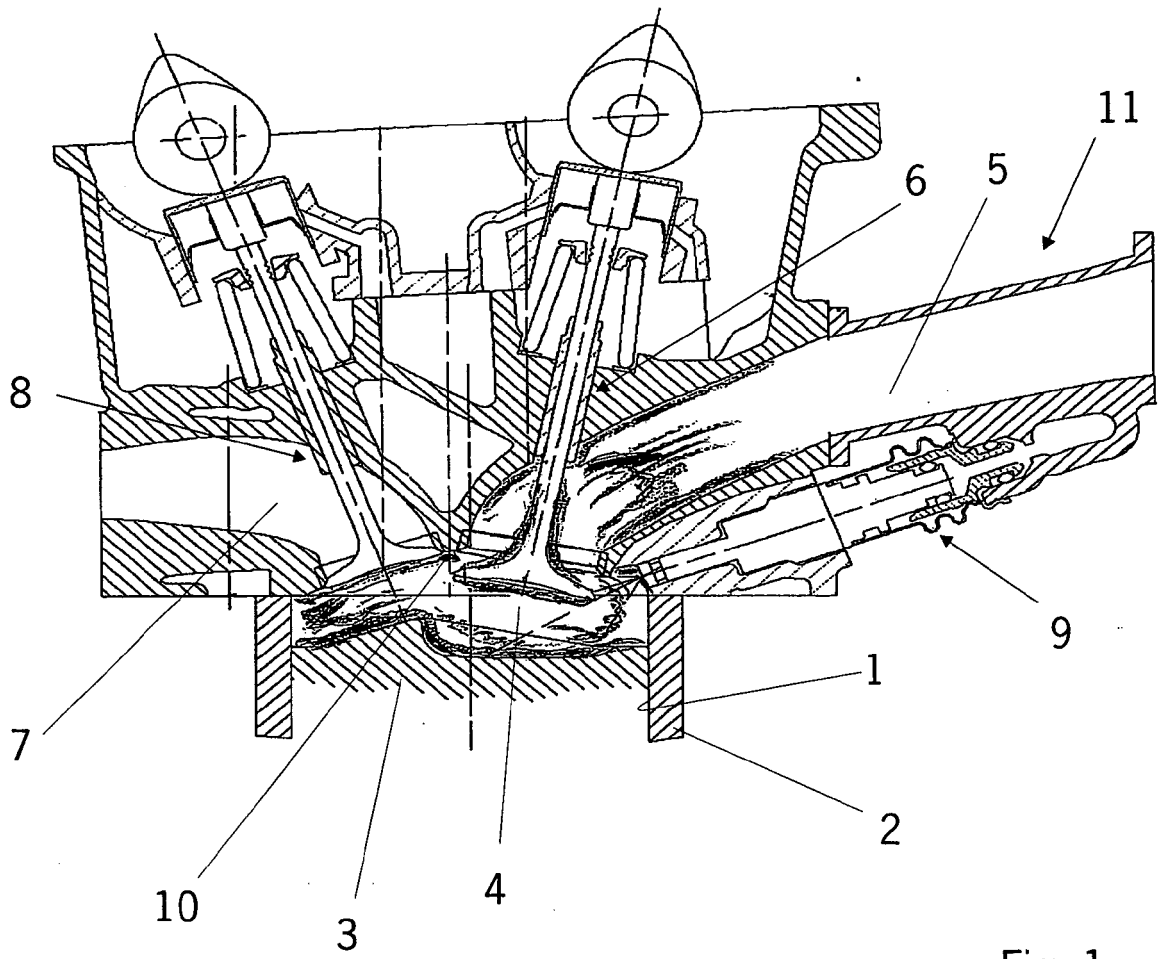


Fig. 1

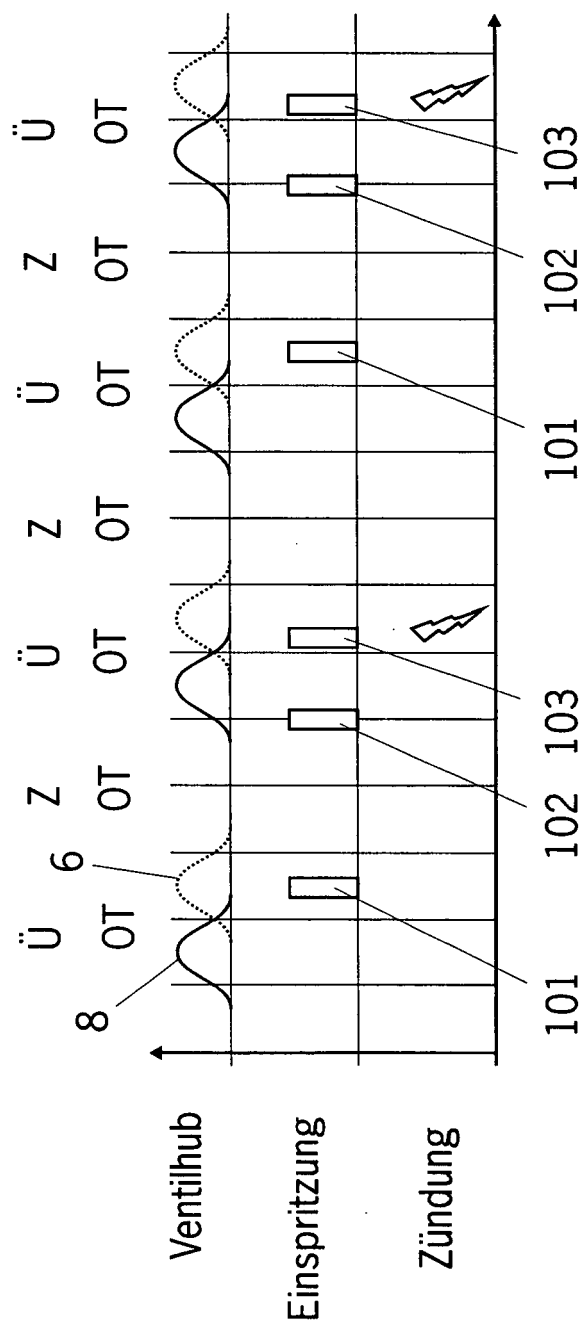


Fig. 2

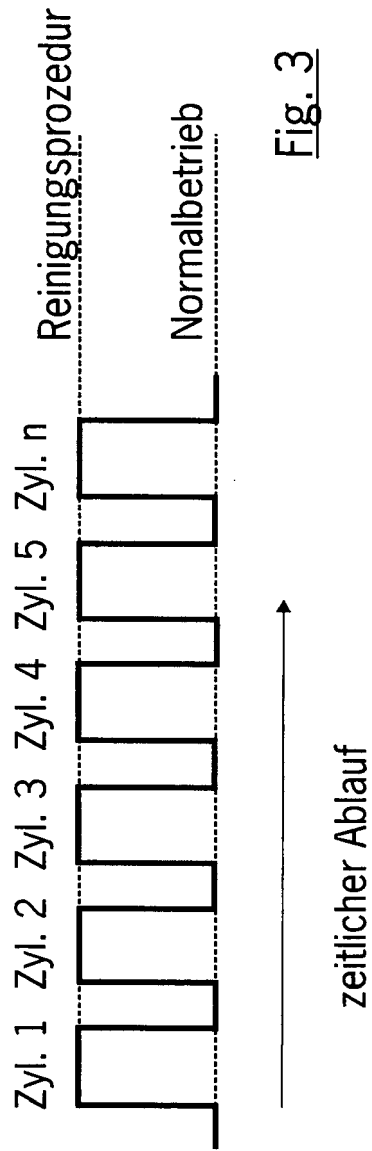


Fig. 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10203750 A1 [0002] [0006]
- US 6178944 B1 [0006]
- JP 2004251155 A [0006]
- JP 2001289097 A [0006]
- US 4809662 A [0007]
- JP 2004245077 A [0008]