



(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 215 764.9**

(22) Anmeldetag: **09.08.2013**

(43) Offenlegungstag: **12.02.2015**

(51) Int Cl.: **F02B 29/08** (2006.01)

**F02B 43/02** (2006.01)

**F01L 7/00** (2006.01)

**F02D 9/16** (2006.01)

**F01L 7/02** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Volkswagen Aktiengesellschaft, 38440 Wolfsburg,  
DE**

(72) Erfinder:

**Lindenkamp, Nils, Dr., 38126 Braunschweig, DE;  
Scheller, Pierre, 38440 Wolfsburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

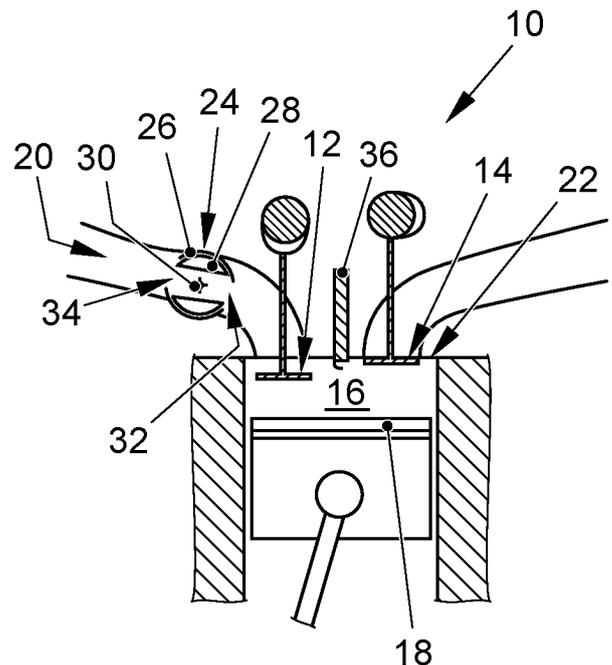
DE	40 40 415	A1
DE	44 14 849	A1
DE	10 2007 047 728	A1
GB	284 941	A
US	4 572 116	A
JP	S62- 174 513	A

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

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

(54) Bezeichnung: **Hubkolbenbrennkraftmaschine sowie Verfahren zur Steuerung der Einlassseite einer Hubkolbenbrennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Hubkolbenbrennkraftmaschine sowie verschiedene Verfahren zum Betreiben einer derartigen Hubkolbenbrennkraftmaschine. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit einer Ladungssteuervorrichtung sowie ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Hubkolbenbrennkraftmaschine zur Verfügung zu stellen, mittels welchen die Effizienz einer Hubkolbenbrennkraftmaschine weiter verbessert werden kann. Eine erfindungsgemäße Hubkolbenbrennkraftmaschine (10) umfasst mindestens ein durch mindestens ein Einlassventil (12) und mindestens ein Auslassventil (14) gesteuerten Arbeitsraum (16) mit einem darin gelagerten, über eine Kurbelwelle angetriebenen Kolben (18), einem zu dem mindestens ein Einlassventil (12) führenden Ladungskanal (20) und eine stromaufwärts des Einlassventils (12) angeordnete Ladungssteuervorrichtung (24). Die Ladungssteuervorrichtung (24) umfasst ein erstes Drehschieberventil (26) sowie ein zweites Drehschieberventil (28), wobei das erste Drehschieberventil (26) und das zweite Drehschieberventil (28) um eine gemeinsame Drehachse (30) drehbar gelagert sind. Dabei sind das erste Drehschieberventil (26) und das zweite Drehschieberventil (28) derart angeordnet und steuerbar, dass der Ladungskanal (20) mit Hilfe der Ladungssteuervorrichtung (24) vor dem Schließzeitpunkt des mindestens ein Einlassventils (12) schließbar ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Hubkolbenbrennkraftmaschine sowie verschiedene Verfahren zum Betreiben einer derartigen Hubkolbenbrennkraftmaschine. Die Erfindung dient insbesondere der Verbesserung einer zumindest teilweise mit dem Millerbrennverfahren betriebenen Hubkolbenbrennkraftmaschine.

**[0002]** Aus der Praxis bekannte Ottomotoren sind in ihrem thermodynamischen Wirkungsgrad begrenzt aufgrund der notwendigen Drosselung der quantitativen Laststeuerung sowie des reduzierten Verdichtungsverhältnisses zur Vermeidung einer klopfenden Verbrennung. Ein Ansatz zur Entdrosselung im Teillastbetrieb und zur möglichen Erhöhung des geometrischen Verdichtungsverhältnisses stellt das sogenannte Millerbrennverfahren dar. Gemäß dem Millerbrennverfahren werden über ein „frühes Einlass schließt“ (FES) der Luftaufwand und die effektive Verdichtung reduziert. Dadurch wird der Motor entdrosselt sowie die Verdichtungsendtemperatur und damit die Klopfneigung reduziert bzw. kann die geometrische Verdichtung erhöht werden. Das Millerbrennverfahren ist allerdings aufgrund der deutlichen Reduzierung des Luftaufwandes mit einem erheblichen Performance-Verlust verbunden. Dieser Performance-Verlust kann durch eine deutliche Erhöhung des Ladedrucks ausgeglichen werden.

**[0003]** Basierend auf einem aufgeladenen Ottomotor mit Benzindirekteinspritzung werden zur Darstellung eines Millerbrennverfahrens Ventiltriebsvariabilitäten hinsichtlich Phase und/oder Steuerbreite der Einlassnockenwelle benötigt. Durch ein „frühes Einlass schließt“ (FES) wird ein Luftaufwand  $< 1$  eingestellt. Der damit einhergehende Füllungsverlust wird über eine Erhöhung des Saugrohrdrucks ausgeglichen, insbesondere mittels eines Abgasturboladers. Prinzipiell wird damit ein Teil der Verdichtung des Arbeitsgases statt im Zylinder durch den Abgasturbolader verrichtet. Mittels entsprechend dimensionierter Ladeluftkühler erfolgt eine Rückkühlung des verdichteten Arbeitsgases, bevor im Zylinder die restliche Verdichtung erfolgt. Aufgrund des FES erfolgt im Zylinder im Ansaugtrakt eine zusätzliche Abkühlung des Arbeitsgases durch Expansion. Dies führt zu einer reduzierten Kompressionsarbeit sowie einer reduzierten Prozesstemperatur, welche die Klopfneigung und die Wandwärmeverluste reduziert. Gleichzeitig steht für die Arbeitstakte das volle Expansionsverhältnis zur Verfügung.

**[0004]** Üblicherweise liegt die Einlassöffnungsdauer der Einlassnockenwelle mit Millersteuerzeit zwischen  $100^\circ$  und  $165^\circ$  Öffnungsdauer (bezogen auf 1 mm Ventilhub), bevorzugt zwischen  $110^\circ$  und  $160^\circ$  und besonders bevorzugt zwischen  $120^\circ$  und  $150^\circ$  Steuerbreite. Unter Beachtung der einzuhaltenden Ven-

tiltriebskinematik ist die reale Öffnungsdauer etwas länger, da das Einlassventil nur mit einer bestimmten Geschwindigkeit auf den Ventilteller aufsetzen darf. Daher ergibt sich für die Ventilerhebungskurve einer Nockenwelle immer ein auslaufendes Profil. Problematisch ist, dass das Einlassventil genau dann schließt, wenn der Kolben im Saughub in etwa die höchste Geschwindigkeit aufweist. Dies hat zur Folge, dass der Kolben beim Schließvorgang des Einlassventils durch die schnelle Abwärtsbewegung noch relativ viel Frischluft durch einen sehr kleinen Ventilspalt in den Brennraum zieht. Dies wiederum führt zu einer ungewollten Temperaturerhöhung der Frischluft über dem Ventilspalt. Des Weiteren ergeben sich im Ventilspalt Drosselverluste (analog zur Drosselklappe), die sich negativ auf die Ladungswechselverluste des Motors auswirken. Außerdem führt das auslaufende Nockenwellenprofil zu einer Reduzierung des Millereffekts aufgrund der geringeren Expansionszeit der angesaugten Frischluft nach „Einlass schließt“ (ES).

**[0005]** Für eine im Millerbrennverfahren betriebene Hubkolbenbrennkraftmaschine ist daher theoretisch ein sehr fülliges Nockenprofil von Vorteil, d.h. ein Verlauf der Einlassventilerhebungskurve mit möglichst steilen Öffnungs- und Schließflanken. Des Weiteren sollte die reale Öffnungsdauer zur Darstellung des Millereffekts möglichst kurz sein. Um während der Öffnungsdauer des Einlassventils möglichst viel Füllung in den Arbeitsraum (Zylinder) befördern zu können, sollte die maximale Ventilerhebung möglichst groß sein.

**[0006]** Ein relativ kleiner, maximaler Ventilhub (3 mm–7 mm), wie er sich bei kurzen Einlassnockenwellensteuerzeiten (z.B.  $130^\circ$ – $150^\circ$  Öffnungsdauer) typischerweise ergibt, hat einen negativen Einfluss auf die zu erreichende Tumble-Zahl. Die Tumble-Zahl ist ein Maß für die Turbulenz im Zylinder. Die Turbulenz bestimmt wiederum die Güte der Gemischbildung und das Durchbrennverhalten im Zylinder. Die Tumble-Zahl sollte daher ein bestimmtes Niveau nicht unterschreiten. Um bei Ventiltriebssystemen mit Kleinsthuben ( $< 3$  mm) ein vollständiges „Einbrechen“ der Tumble-Zahl zu verhindern, werden in aus der Praxis bekannten Motoren sogenannte Ventilmaskierungen eingesetzt. Ventilmaskierungen haben jedoch typischerweise einen negativen Einfluss auf die Durchflusszahl des Einlassventils und erhöhen somit die Ladungswechselverluste und den Ladedruckbedarf.

**[0007]** Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass eine Kombination des Millerbrennverfahrens mit konventionellen Antrieben mit folgenden Problemen verbunden ist:

- Ladungswechselverluste durch Drosselung am Einlassventil,
- niedriges Tumble-Niveau aufgrund relativ kleiner Ventilhubhöhe und
- geringe Durchflusszahl aufgrund von Ventilmasierungen zur Darstellung von Kleinsthuben.

**[0008]** Aus JP 2241925 A ist eine Hubkolbenbrennkraftmaschine bekannt, die stromaufwärts eines Einlassventils eine Ladungssteuervorrichtung aufweist, um die in den Zylinder einströmende Ladungsmenge unabhängig von dem Einlassventil zusätzlich beeinflussen zu können. Die Ladungssteuervorrichtung besteht aus zwei gegensinnig zueinander rotierenden Drehschieberventilen. Die Ladungssteuervorrichtung erlaubt keine Weitenmodulation, und eine Verwendung der Ladungssteuervorrichtung in Verbindung mit dem Millerbrennverfahren ist in JP 2241925 A nicht beschrieben.

**[0009]** Aus DE 102 52 208 A1 ist eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit einem durch Hauptventile gesteuerten Arbeitsraum und einem zu mindestens einem der Hauptventile führenden Ladungskanal bekannt. Der Ladungskanal ist in mindestens zwei parallel zueinander verlaufende Ladungskanalwege aufgeteilt. Die Ladungskanalwege sind über eine vorgeschaltete Ladungssteuervorrichtung mit separaten Zusatzventilen steuerbar. Die Zusatzventile sind als einsinnig rotierende Drehschieberventile ausgebildet, die über die Nockenwelle mit halber Nockenwellendrehzahl angetrieben sind.

**[0010]** Aus DE 198 30 575 A1 ist eine Hubkolbenbrennkraftmaschine bekannt, in deren Einlasskanal ein von einem Elektromotor betätigtes Drehschieberventil angeordnet ist, das als eine dem Einlassventil vorgeschaltete Ladungssteuervorrichtung dient. Die Ladungssteuervorrichtung umfasst auch ein Steuergerät, das den Elektromotor in Abhängigkeit wenigstens von einem Leistungsanforderungsglied derart ansteuert, dass der Schließzeitpunkt des Drehschieberventils bei abnehmender Leistungsanforderung zunehmend vor dem Schließzeitpunkt des Einlassventils liegt.

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Hubkolbenbrennkraftmaschine mit einer Ladungssteuervorrichtung sowie Verfahren zum Betreiben einer derartigen Hubkolbenbrennkraftmaschine zur Verfügung zu stellen, mittels welcher die Effizienz einer Hubkolbenbrennkraftmaschine weiter verbessert werden kann.

**[0012]** Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den Merkmalen der Ansprüche 1, 8, 9 bzw. 10.

**[0013]** Eine erfindungsgemäße Hubkolbenbrennkraftmaschine umfasst mindestens einen durch min-

destens ein Einlassventil und mindestens ein Auslassventil gesteuerten Arbeitsraum mit einem darin gelagerten, über eine Kurbelwelle angetriebenen Kolben, einem zu dem mindestens einen Einlassventil führenden Ladungskanal und eine stromaufwärts des Einlassventils angeordnete Ladungssteuervorrichtung. Die Ladungssteuervorrichtung umfasst ein erstes Drehschieberventil sowie ein zweites Drehschieberventil, wobei das erste Drehschieberventil und das zweite Drehschieberventil um eine gemeinsame Drehachse drehbar gelagert sind. Dabei sind das erste Drehschieberventil und das zweite Drehschieberventil derart angeordnet und steuerbar, dass der Ladungskanal mit Hilfe der Ladungssteuervorrichtung vor dem Schließzeitpunkt des mindestens einen Einlassventils und während der Öffnungsdauer des mindestens einen Einlassventils schließbar ist. Die vorstehend beschriebene drehbare Lagerung des ersten Drehschieberventils und des zweiten Drehschieberventils um eine gemeinsame Drehachse erfolgt insbesondere dadurch, dass das erste Drehschieberventil innerhalb des zweiten Drehschieberventils gelagert ist oder umgekehrt. Mit einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine kann der Wirkungsgrad, insbesondere im Teillastbetrieb, dadurch erhöht werden, dass die Ladungssteuervorrichtung das Betreiben der Hubkolbenbrennkraftmaschine im Millerbrennverfahren erlaubt, ohne dass dazu die Steuerzeiten des Einlassventils geändert werden müssen. Besondere Vorteile ergeben sich durch die vorstehend beschriebene konstruktive Gestaltung des ersten Drehschieberventils und des zweiten Drehschieberventils, die zum einen platzsparend und zum anderen kostengünstig in der Herstellung ist.

**[0014]** In einer praktischen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine beträgt die Steuerbreite des mindestens einen Einlassventils 170°–200°, bevorzugt 180°–190°, wobei die Steuerbreite der Ladungssteuervorrichtung 120°–165°, bevorzugt 130°–150°, beträgt. Die Ladungssteuervorrichtung wird in diesem Fall zur Steuerung der Ladungsmenge eingesetzt, das Einlassventil zur gasdichten Abdichtung des Arbeitsraumes (Zylinders). Auf eine aufwendige Brennraummaskierung zur Erzeugung einer ausreichend hohen Tumblezahl kann in diesem Fall verzichtet werden, da der Ventilhub des Einlassventils nicht verringert ist. Dies wiederum hat den positiven Effekt dass die Durchflusszahl – im Vergleich zu einem verkürzten Ventilhub – ansteigt.

**[0015]** In einer weiteren praktischen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine ist das erste Drehschieberventil permanent rotierend angetrieben, d.h. es führt eine kontinuierliche Drehbewegung aus. Das zweite Drehschieberventil kann entweder a) ebenfalls permanent

rotierend angetrieben sein oder b) über eine Stelleinrichtung bedarfsweise ausgerichtet werden.

**[0016]** Im Fall a) ist es bevorzugt, wenn das erste Drehschieberventil und das zweite Drehschieberventil gleichsinnig rotierend angetrieben sind. In diesem Fall kann aufgrund der Gestaltung der Durchströmquerschnitte in Verbindung mit einer Phasenverstellmöglichkeit des ersten Drehschieberventils zu dem zweiten Drehschieberventil bestimmt werden, ob und falls ja, mit welchem resultierenden Durchströmquerschnitt die Ladungssteuervorrichtung einen Querschnitt in Richtung Einlassventil und Arbeitsraum freigibt.

**[0017]** Das Vorstehende gilt sinngemäß auch für den Fall b), wobei in diesem Fall das zweite, über eine Stelleinrichtung betätigte Drehschieberventil auch unabhängig von dem ersten Drehschieberventil für eine vollständige Sperrung des Ladungskanals eingesetzt werden kann, sofern die Geometrie des Drehschieberventils und die Stelleinrichtung eine von der Position des ersten Drehschieberventils unabhängige Sperrstellung ermöglichen.

**[0018]** Im vorstehend genannten Fall b) kann die Ausrichtung des zweiten Drehschieberventils auf einen Winkelbereich von weniger als  $360^\circ$  begrenzt sein. Sie ist bevorzugt maximal  $270^\circ$ , besonders bevorzugt maximal  $180^\circ$  und weiter bevorzugt maximal  $90^\circ$ . In diesen Fällen muss die Stelleinrichtung dazu ausgebildet sein, das zweite Drehschieberventil in beide Drehrichtungen bewegen zu können.

**[0019]** Wenn bei einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine das erste Drehschieberventil und/oder das zweite Drehschieberventil über die Pleuellwelle oder eine als Ventiltrieb dienende Pleuellwelle angetrieben ist, kann auf separate Antriebssysteme für das erste Drehschieberventil und/oder das zweite Drehschieberventil verzichtet werden. Diese Möglichkeit des Antriebs ist besonders einfach und kostengünstig zu realisieren. Für den Antrieb über die Pleuellwelle oder die Pleuellwelle kann beispielsweise ein Riemenantrieb oder eine Kette eingesetzt werden.

**[0020]** Wie bereits in Verbindung mit dem oben geschilderten Fall b) beschrieben, kann es auch vorteilhaft sein, das erste Drehschieberventil und/oder das zweite Drehschieberventil über ein von der Pleuellwelle und/oder ein von einer das mindestens eine Einlassventil und/oder das mindestens eine Auslassventil antreibenden Pleuellwelle unabhängiges Antriebselement anzutreiben. Die Stellung bzw. Drehgeschwindigkeit des ersten Drehschieberventils und/oder des zweiten Drehschieberventils kann in diesem Fall unmittelbar und – unabhängig von aktueller Drehzahl und Position der Pleuellwelle bzw. Pleuellwelle – direkt mit dem Antriebselement vorgegeben werden.

**[0021]** In einer weiteren praktischen Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine ist das Drehzahlverhältnis des ersten Drehschieberventils und/oder des zweiten Drehschieberventils gegenüber der Pleuellwelle temporär mittels eines Getriebes variierbar. In diesem Fall kann das erste Drehschieberventil und/oder das zweite Drehschieberventil – insbesondere im Teillastbetrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine – mit zweifacher Pleuellwellingeschwindigkeit und im Vollastbetrieb mit einfacher Pleuellwellingeschwindigkeit angetrieben werden. Durch diese Vorgehensweise kann die Luftmenge im Teillastbetrieb auf einfache Art und Weise zusätzlich begrenzt und im Vollastbetrieb maximiert werden. Ferner können im Teillastbetrieb bei doppelter Pleuellwellingeschwindigkeit besonders hohe Öffnungsgeschwindigkeiten (steile Öffnungs- und Schließflanken) realisiert werden, wodurch die eingangs beschriebenen Drosselverluste und damit verbundene Ladungswechselverluste reduziert werden.

**[0022]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben einer wie vorstehend beschriebenen Hubkolbenbrennkraftmaschine, gemäß welchem mit Hilfe der Ladungssteuervorrichtung die Einlassseite des Ladungskanals durch Schließen der Ladungssteuervorrichtung vor dem Schließen und während der Öffnungsdauer des mindestens einen, der Ladungssteuervorrichtung nachgeschalteten Einlassventils geschlossen wird. Diese Vorgehensweise entspricht dem Millerbrennverfahren. Auf die bereits in Verbindung mit der erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine beschriebenen Vorteile wird hiermit noch einmal verwiesen. Dies gilt auch hinsichtlich der im Folgenden beschriebenen, erfindungsgemäßen Verfahren.

**[0023]** Eine erfindungsgemäße Hubkolbenbrennkraftmaschine hat den weiteren Vorteil, dass mit Hilfe der Ladungssteuervorrichtung gemäß einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren durch entsprechende Gestaltung der Durchströmquerschnitte – ggf. in Verbindung einer bestimmten Phasenverschiebung zwischen dem ersten Drehschieberventil und dem zweiten Drehschieberventil – die Einlassseite während der gesamten Öffnungszeit eines nachgeschalteten Einlassventils geschlossen gehalten werden kann. Mit anderen Worten ausgedrückt, kann eine Ventilabschaltung über die Ladungssteuervorrichtung erfolgen, um insbesondere im Schleppbetrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine Schleppverluste zu reduzieren.

**[0024]** In einer anderen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben einer Hubkolbenbrennkraftmaschine werden das erste Drehschieberventil und/oder das zweite Drehschieberventil zumindest temporär mit der doppelten Dreh-

geschwindigkeit der Nockenwelle und/oder der Kurbelwelle angetrieben.

**[0025]** Weitere praktische Ausführungsformen und Vorteile der Erfindung sind nachfolgend im Zusammenhang mit den Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

**[0026]** Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine mit geöffneter Ladungssteuervorrichtung in einer schematischen Darstellung,

**[0027]** Fig. 2 die in Fig. 1 gezeigte erfindungsgemäße Hubkolbenbrennkraftmaschine mit geschlossener Ladungssteuervorrichtung in einer schematischen Darstellung,

**[0028]** Fig. 3 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine mit vollständig geöffneter Ladungssteuervorrichtung in einer schematischen Darstellung,

**[0029]** Fig. 4 die in Fig. 3 gezeigte erfindungsgemäße Hubkolbenbrennkraftmaschine mit nur teilweise geöffneter Ladungssteuervorrichtung in einer schematischen Darstellung,

**[0030]** Fig. 5 den qualitativen Verlauf des Ventilhubes über dem Kurbelwinkel einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine während des Betriebs im Millerbrennverfahren und

**[0031]** Fig. 6 den qualitativen Verlauf des Drucks über das Volumen (p-V-Diagramm) einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine während des Betriebs im Millerbrennverfahren.

**[0032]** In den Fig. 1 und Fig. 2 ist eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine **10** mit einem Einlassventil **12** und einem Auslassventil **14** gezeigt. Das Einlassventil **12** und das Auslassventil **14** dienen der Steuerung eines in einem Zylinder **22** ausgebildeten Arbeitsraumes **16**. Das Volumen des Arbeitsraumes **16** wird durch einen Kolben **18** bestimmt, der in bekannter Weise über eine nicht dargestellte Kurbelwelle zwischen einem unteren Totpunkt (UT) und einem oberen Totpunkt (OT) oszillierend bewegt wird.

**[0033]** Am Einlassventil **12** mündet ein Ladungskanal **20**, welcher der Befüllung des Arbeitsraumes **16** dient.

**[0034]** Stromaufwärts des Einlassventils **12** ist eine Ladungssteuervorrichtung **24** mit einem ersten (äußeren) Drehschieberventil **26** und einem zweiten (inneren) Drehschieberventil **28** angeordnet, die als rotierende Wellen ausgebildet sind. Das erste Dreh-

schieberventil **26** ist als eine Art „rotierende Blende“ ausgebildet. Es ist in Fig. 1 so ausgerichtet, dass die durch den Ladungskanal **20** auf die Ladungssteuervorrichtung **24** zuströmende Ladung das erste Drehschieberventil **26** im Wesentlichen ungehindert passieren kann.

**[0035]** Das zweite Drehschieberventil **28** weist ebenfalls eine Durchströmöffnung **34** auf und ist als Durchströmelement mit einem Strömungskanal mit konstanter Querschnittsfläche ausgebildet. Es ist in Fig. 1 – wie das erste Drehschieberventil **26** – ebenfalls so angeordnet, dass die durch den Ladungskanal **20** auf die Ladungssteuervorrichtung **24** zuströmende Ladung das zweite Drehschieberventil **28** im Wesentlichen ungehindert durchströmen kann.

**[0036]** In der in den Fig. 1 und Fig. 2 gezeigten Ausführungsform sind das erste Drehschieberventil **26** und das zweite Drehschieberventil **28** ineinander drehbar gelagert. Beide Drehschieberventile **26**, **28** rotieren während des Betriebs der Hubkolbenbrennkraftmaschine **10** gleichsinnig und mit gleicher Geschwindigkeit um eine gemeinsame Drehachse **30**. Die Drehzahl entspricht in der gezeigten Ausführungsform der Drehzahl der Nockenwelle. Dazu ist die Vorrichtung mit der Nockenwelle gekoppelt.

**[0037]** Bei der gezeigten Hubkolbenbrennkraftmaschine **10** handelt es sich um einen Ottomotor, insbesondere direkteinspritzenden Ottomotor. Zwischen dem Einlassventil **12** und dem Auslassventil **14** ist in bekannter Art und Weise eine Zündkerze **36** angeordnet.

**[0038]** Über eine nicht dargestellte Verstelleinrichtung kann die relative Ausrichtung (Versatz) der Drehschieberventile **26**, **28** zueinander und somit der Öffnungsquerschnitt, insbesondere während der Einlassphase, variiert werden.

**[0039]** Über ein nicht dargestelltes Getriebe kann die Drehgeschwindigkeit der Drehschieberventile **26**, **28** auf die zweifache Nockenwellengeschwindigkeit erhöht werden.

**[0040]** Das Einlassventil **12** ist in Fig. 1 geöffnet. Bei einem Druckgefälle in Richtung Arbeitsraum **16** kann daher Ladung durch die Ladungssteuervorrichtung **24** und das Einlassventil **12** in den Arbeitsraum **16** einströmen.

**[0041]** In Fig. 2 sind die Drehschieberventile **26**, **28** um ca. 90° weiterrotiert und so angeordnet, dass der Ladungskanal **20** verschlossen ist. Das Einlassventil **12** hingegen ist in Fig. 2 noch geöffnet. In diesem Zustand kann ein weiteres Nachströmen von Ladung durch die Ladungssteuervorrichtung **24** in Richtung Arbeitsraum **16** vor dem Schließen des Einlassventils **12** frühzeitig verhindert werden, was insbesondere im

Teillastbetrieb der Hubkolbenbrennkraftmaschine **10** zu einer Effizienzsteigerung beiträgt.

**[0042]** Bei dem Verschließen des Arbeitsraums **16** mittels der Ladungssteuervorrichtung **24** wird das eingeschlossene Volumen zusätzlich durch das sich stromabwärts der Ladungssteuervorrichtung **24** befindende Volumen des Ladungskanals **20** gebildet. Für eine größtmögliche Effizienz des Millereffekts muss dieses zusätzliche Volumen möglichst gering sein. Die Ladungssteuervorrichtung **24** ist deshalb im Ladungskanal **20** möglichst nah an dem Einlassventil **12** angeordnet, insbesondere gemeinsam mit dem Einlassventil **12** in einem nicht dargestellten Zylinderkopf.

**[0043]** In den **Fig. 3** und **Fig. 4** ist eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Hubkolbenbrennkraftmaschine **10** gezeigt. Für identische oder zumindest funktionsgleiche Elemente wurden in diesen Figuren die gleichen Bezugszeichen wie in den **Fig. 1** und **Fig. 2** verwendet.

**[0044]** Die zweite Ausführungsform entspricht im Wesentlichen der ersten Ausführungsform und unterscheidet sich insbesondere darin, dass das erste Drehschieberventil **26** nicht über  $360^\circ$  rotierend, sondern nur über einen kleineren Winkel (hier:  $70^\circ$ ) unabhängig von den zweiten Drehschieberventil **28** drehbar oszillierend ausgebildet ist. Auch in dieser Ausführungsform können durch die relative Anordnung der Drehschieberventile **26**, **28** (Versatz) der resultierende Öffnungsquerschnitt und die Steuerzeit eingestellt werden.

**[0045]** Wenn das erste Drehschieberventil **26** mit doppelter Nockenwellengeschwindigkeit rotiert, kann der Öffnungsquerschnitt besonders schnell variiert werden (steile Öffnungs- und Schließflanken).

**[0046]** Die **Fig. 5** und **Fig. 6** zeigen qualitativ die Öffnungs- und Schließzeitpunkte des Einlassventils **12** (E) und der Ladungssteuervorrichtung **24** (S), wobei „Einlassventil öffnet“ mit „EÖ“, „Einlassventil schließt“ mit „ES“, „Ladungssteuervorrichtung öffnet“ mit „LÖ“ und „Ladungssteuervorrichtung schließt“ mit „LS“ abgekürzt sind. In **Fig. 5** sind mit der gepunkteten Linie **38** der Ventilhub des Einlassventils **12** und mit der gestrichelten Linie **40** der Öffnungsquerschnitt der Ladungssteuervorrichtung **24** dargestellt. Auf der horizontalen Achse ist der Kurbelwinkel  $\varphi$  aufgetragen, wobei mit „LOT“ der Ladungswechsel im oberen Totpunkt (OT) und mit „LUT“ der Ladungswechsel im unteren Totpunkt (UT) bezeichnet sind.

**[0047]** Gut erkennbar ist der unmittelbar nach „LÖ“ folgende, steil ansteigende Flankenverlauf und der unmittelbar vor „LS“ stattfindende, steil abfallende Flankenverlauf der gestrichelten Linie **40**, die insbesondere bei Drehung der Drehschieberventile **26**,

**28** mit doppelter Nockenwellengeschwindigkeit erzielt werden.

**[0048]** **Fig. 6** gibt den in **Fig. 5** skizzierten Motorzyklus in einem p-V-Diagramm wieder. Wie in dieser Figur erkennbar ist, ist das Verdichtungsverhältnis im Niederdruckteil des Motorzyklus aufgrund des mit der Ladungssteuervorrichtung **24** erzielten „frühen Einlass schließt“ (FES) auf  $\epsilon_{\text{Miller}}$  reduziert, während im Hochdruckteil das volle Verdichtungsverhältnis  $\epsilon_{\text{max}}$  zur Verfügung steht.

**[0049]** Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein. Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsformen beschränkt. Sie kann im Rahmen der Ansprüche und unter Berücksichtigung der Kenntnisse des zuständigen Fachmanns variiert werden. Insbesondere wird darauf verwiesen, dass die Geometrie einschließlich der Querschnittsflächen sowie deren Verlauf innerhalb der Drehschieberventile **26**, **28** variiert werden kann. Auch können im Falle der zweiten Ausführungsform die Funktionen des ersten Drehschieberventils **26** und des zweiten Drehschieberventils **28** vertauscht werden. In diesem Fall wäre das erste Drehschieberventil **26** vollständig rotierend und das zweite Drehschieberventil **28** drehbar oszillierend ausgebildet.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Hubkolbenbrennkraftmaschine
<b>12</b>	Einlassventil
<b>14</b>	Auslassventil
<b>16</b>	Arbeitsraum
<b>18</b>	Kolben
<b>20</b>	Ladungskanal
<b>22</b>	Zylinder
<b>24</b>	Ladungssteuervorrichtung
<b>26</b>	erstes Drehschieberventil
<b>28</b>	zweites Drehschieberventil
<b>30</b>	Drehachse
<b>32</b>	Durchströmöffnung (des ersten Drehschieberventils)
<b>34</b>	Durchströmöffnung (des zweiten Drehschieberventils)
<b>36</b>	Zündkerze
<b>38</b>	gepunktete Linie (entspricht dem Verlauf des Ventilhubes)
<b>40</b>	gestrichelte Linie (entspricht dem Verlauf des Öffnungsquerschnitts)

**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**

- JP 2241925 A [0008, 0008]
- DE 10252208 A1 [0009]
- DE 19830575 A1 [0010]

### Patentansprüche

1. Hubkolbenbrennkraftmaschine mit mindestens einem durch mindestens ein Einlassventil (12) und mindestens ein Auslassventil (14) gesteuerten Arbeitsraum (16) mit einem darin gelagerten, über eine Kurbelwelle angetriebenen Kolben (18), einem zu dem mindestens einen Einlassventil (12) führenden Ladungskanal (20) und einer stromaufwärts des Einlassventils (12) angeordneten Ladungssteuervorrichtung (24) umfassend ein erstes Drehschieberventil (26) sowie ein zweites Drehschieberventil (28), wobei das erste Drehschieberventil (26) und das zweite Drehschieberventil (28) um eine gemeinsame Drehachse (30) drehbar gelagert sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Drehschieberventil (26) und das zweite Drehschieberventil (28) derart angeordnet und steuerbar sind, dass der Ladungskanal (20) mit Hilfe der Ladungssteuervorrichtung (24) vor dem Schließzeitpunkt des mindestens einen Einlassventils (12) und während der Öffnungsdauer des mindestens einen Einlassventils (12) schließbar ist.

2. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuerbreite des mindestens einen Einlassventils (12) 170°–200° beträgt und die Steuerbreite der Ladungssteuervorrichtung (24) 120°–165° beträgt.

3. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Drehschieberventil (26) permanent rotierend angetrieben ist und das zweite Drehschieberventil (28) entweder a) ebenfalls permanent rotierend angetrieben ist oder b) über eine Stelleinrichtung bedarfsweise ausgerichtet wird.

4. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausrichtung des zweiten Drehschieberventils (28) auf einen Winkelbereich von weniger als 360° begrenzt ist.

5. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Drehschieberventil (26) und/oder das zweite Drehschieberventil (28) über eine Kurbelwelle und/oder eine als Ventiltrieb dienende Nockenwelle angetrieben ist.

6. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Drehschieberventil (26) und/oder das zweite Drehschieberventil (28) über ein von der Kurbelwelle und/oder ein von einer das mindestens eine Einlassventil (12) und/oder das mindestens eine Auslassventil (14) antrei-

benden Nockenwelle unabhängiges Antriebsselement angetrieben ist.

7. Hubkolbenbrennkraftmaschine nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Drehzahlverhältnis des ersten Drehschieberventils (26) und/oder des zweiten Drehschieberventils (28) gegenüber der Nockenwelle temporär mittels eines Getriebes variierbar ist.

8. Verfahren zum Betreiben einer Hubkolbenbrennkraftmaschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Hilfe der Ladungssteuervorrichtung (24) die Einlassseite des Ladungskanals (20) durch Schließen der Ladungssteuervorrichtung (24) vor dem Schließen und während der Öffnungsdauer des mindestens einen, der Ladungssteuervorrichtung (24) nachgeschalteten Einlassventils (12) geschlossen wird.

9. Verfahren zum Betreiben einer Hubkolbenbrennkraftmaschine (10) nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit Hilfe der Ladungssteuervorrichtung (24) die Einlassseite während der gesamten Öffnungszeit eines nachgeschalteten Einlassventils (12) geschlossen bleibt.

10. Verfahren zum Betreiben einer Hubkolbenbrennkraftmaschine (10) nach einem oder mehreren der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Drehschieberventil (26) und/oder das zweite Drehschieberventil (28) zumindest temporär mit der doppelten Drehgeschwindigkeit der Nockenwelle und/oder der Kurbelwelle angetrieben wird.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

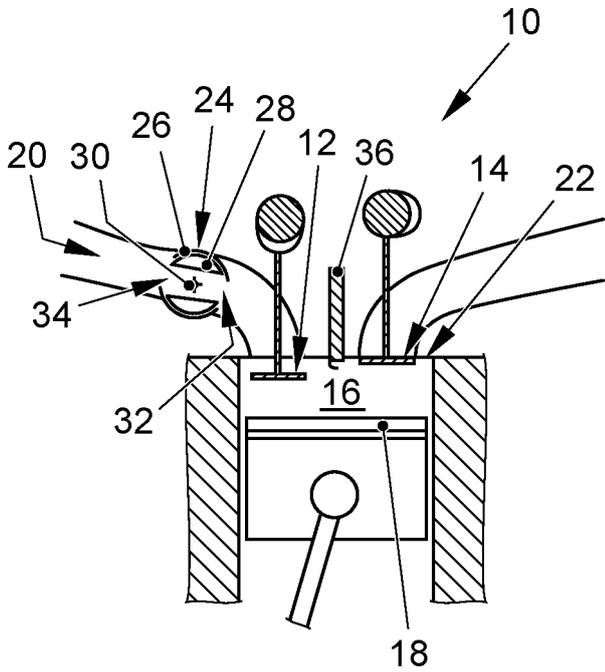


FIG. 1

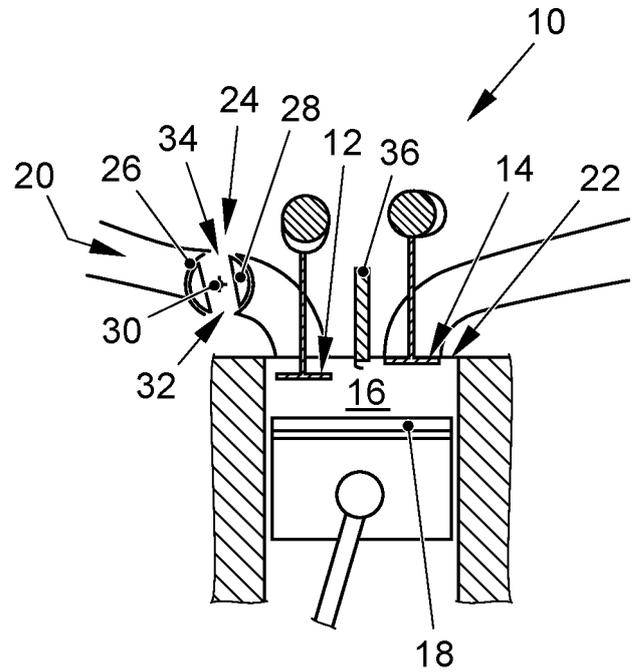


FIG. 2

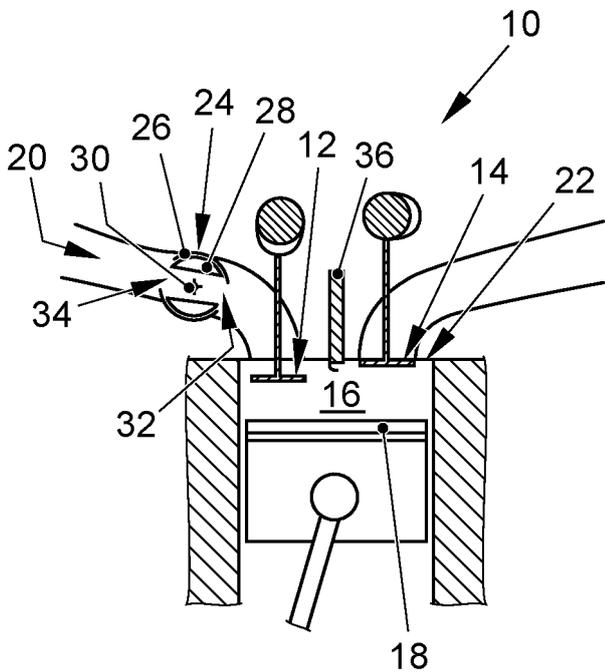


FIG. 3

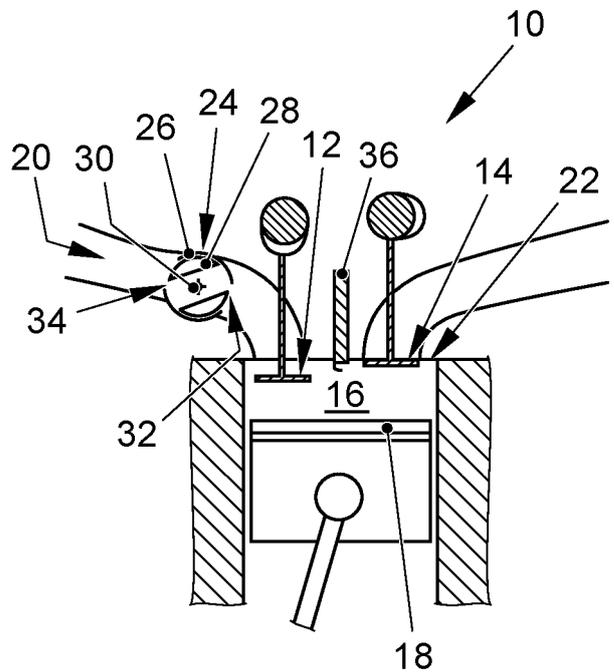


FIG. 4

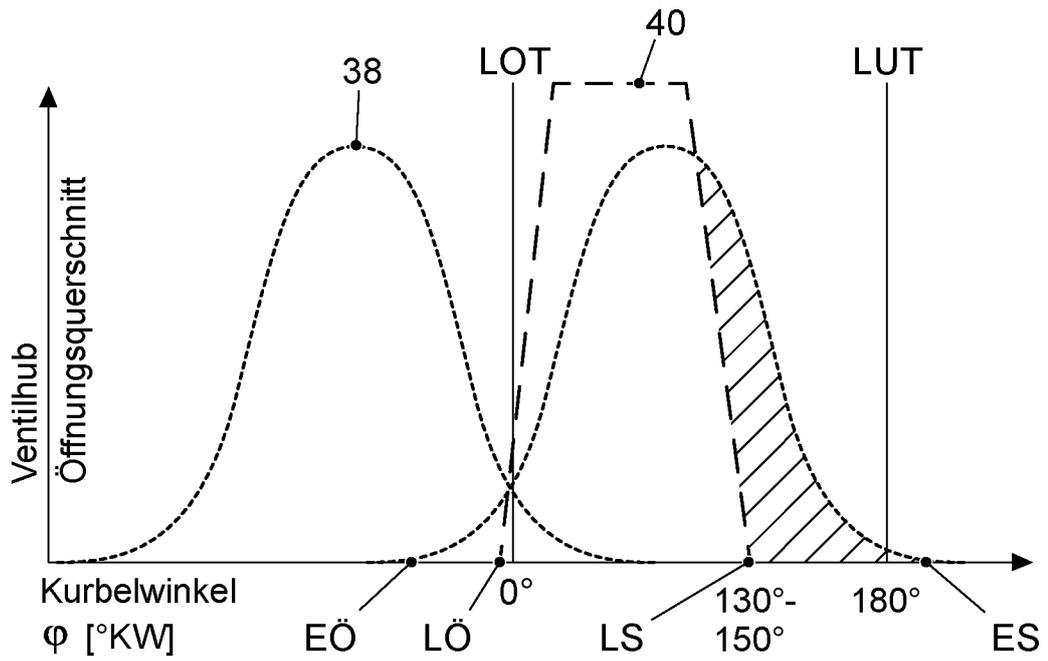


FIG. 5

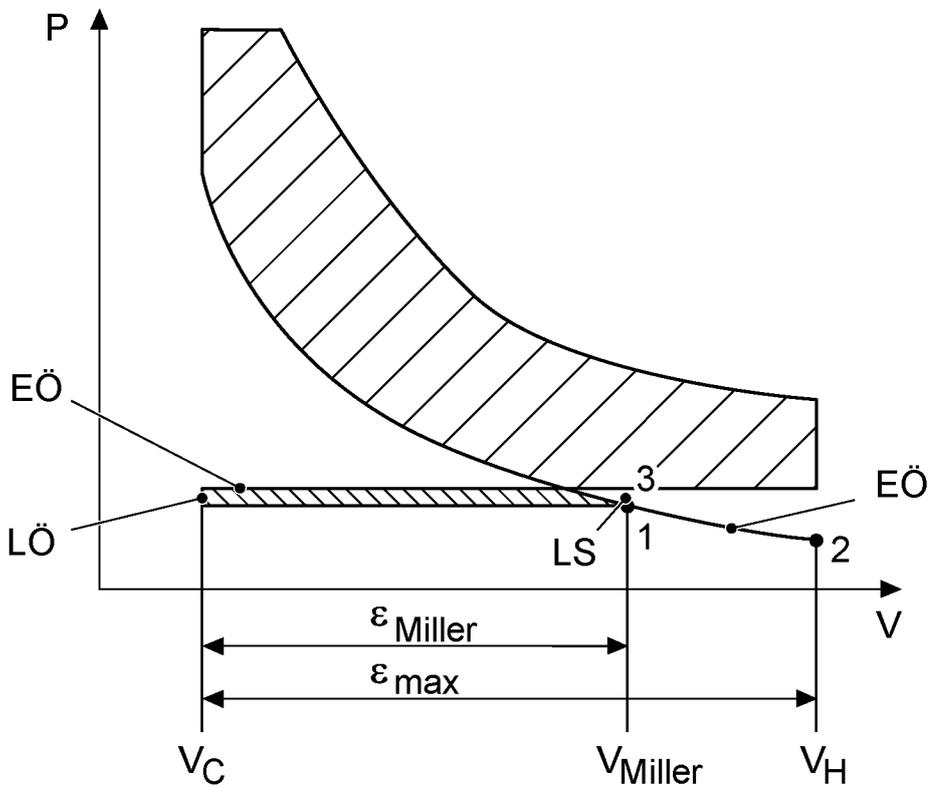


FIG. 6