



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 014 673 A1** 2005.10.27

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 014 673.2**

(22) Anmeldetag: **29.03.2005**

(43) Offenlegungstag: **27.10.2005**

(51) Int Cl.7: **F02D 21/08**  
**F02B 37/00**

(30) Unionspriorität:  
**04/03414 31.03.2004 FR**

(74) Vertreter:  
**Vonnemann, Kloiber & Kollegen, 80796 München**

(71) Anmelder:  
**Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison,  
 Hauts-de-Seine, FR**

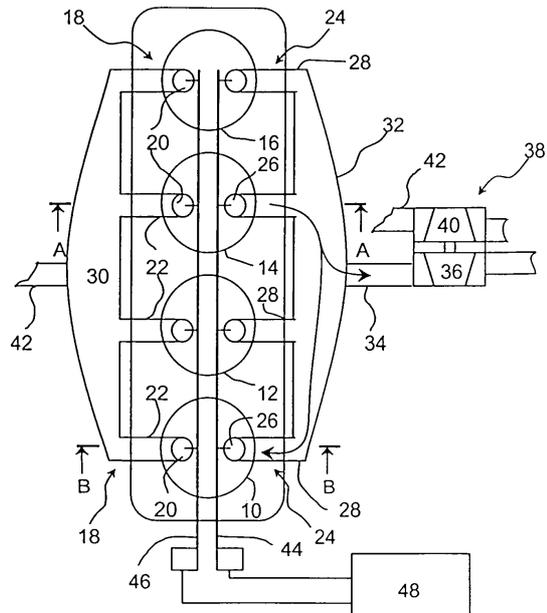
(72) Erfinder:  
**Pagot, Alexandre, Rueil Malmaison, FR**

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

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Regeln der Rezirkulation der Auslassgase eines aufgeladenen Motors mit innerer Verbrennung und ein solches Verfahren nutzender Motor**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Regelverfahren für die Rückführung bzw. Rezirkulation eines Teils der Verbrennungsgase eines aufgeladenen Motors mit innerer Verbrennung mit einem Verbrennungszyklus, während dessen wenigstens ein Zylinder (10) des Motors sich in Einlassphase gleichzeitig mit wenigstens einem anderen Zylinder (14) in Auslassphase befindet, wobei die Zylinder wenigstens ein Einlassmittel (18) mit einem Einlassventil (20) und wenigstens ein Auslassmittel (24) mit einem Auslassventil (26) umfassen und dieser Motor im Übrigen einen diese Auslassmittel verbindenden Auslasssammler (32) umfasst.

Erfindungsgemäß besteht das Verfahren darin, dass, arbeitet der Motor mit einer mageren Sättigung des Kraftstoff-Luftgemisches, zum Öffnen das Auslassventil (26) des Zylinders (10) in Einlassphase derart gesteuert wird, dass hierin ein Teil der aus dem Zylinder (14) in Auslassphase stammenden und im Kollektor (32) enthaltenen Verbrennungsgase eingeführt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Rückführung oder Rezirkulation der Auslassgase eines Auflademotors mit innerer Verbrennung und einen ein solches Verfahren nutzenden Motor.

**[0002]** Sie betrifft insbesondere die Motoren, die mit einer solchen Rückführung oder Rezirkulation, im Folgenden Rückführung genannt, arbeiten können, um die Verminderung der Schadstoffemissionen und insbesondere der Emissionen der Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) zu verbessern, wenn diese Motoren mit magerer Sättigung des Kraftstoffluftgemisches bzw. des „vergasteten Gemisches“ arbeiten (avec une richesse pauvre du mélange carburé).

**Stand der Technik**

**[0003]** Die Verwendung der Rückführung eines Teils der Verbrennungsgase zum Einlass des Motors zur Verminderung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen ist zu einem ge-läufigen Prozess geworden, wie beispielsweise in der US-PS 3 982 395 illustriert, und ist im Allgemeinen für Motoren notwendig, die bei geringer oder mittlerer Last mit einem Magerkraftstoffluftgemisch (mélange carburé) arbeiten. Die Einführung der Verbrennungsgase in die Zylinder in der Ansaugphase hat die Wirkung, dass die Menge an frischer Luft, die sich mit dem Kraftstoff vermischen kann, vermindert wird. Dies ermöglicht es, die Verbrennungstemperatur des Kraftstoffluftgemisches zu senken und somit die Erzeugung des aus dieser Verbrennung resultierenden  $\text{NO}_x$  zu vermindern.

**[0004]** Im Allgemeinen wird diese Rückführung bzw. Rezirkulation realisiert dank eines Kreises, EGR-Kreis (Exhaust Gas Recirculation) genannt, der über eine Leitung verfügt, welche den Abgassammler des Motors und seinen Einlasssammler sowie ein Ventil, das sog. EGR-Ventil, verbindet, das in dieser Leitung angeordnet ist und es ermöglicht, den hierin zirkulierenden Gasstrom zu regeln bzw. zu kontrollieren.

**[0005]** Dieser Kreis hat den Nachteil, sehr komplex hinsichtlich der Anordnung der Leitung und des Ventils zu sein, nicht vernachlässigbare Zusatzkosten zu bereiten und sehr komplizierte Steuermittel für das EGR-Ventil zu benötigen.

**[0006]** Noch wichtigere Nachteile gesellen sich zu den vorbeschriebenen in der Konfiguration hinzu, in der man die Aufladung des Motors zu verbessern wünscht.

**[0007]** Wenn man nämlich wünscht, schnell die Drehgeschwindigkeit der Turbine zu erhöhen, ist es oft möglich, in den Zylindern ein Kraftstoffluftgemisch

in geschichteter oder strähnenartiger Form mit magerer Sättigung derart zu erhalten, dass die Auslass-gasmenge aus der Verbrennung erhöht wird. Ein solches Gemisch zieht eine Verbrennung mit sich, bei der eine große Menge  $\text{NO}_x$  erzeugt wird und es ist wünschenswert, diese  $\text{NO}_x$  Produktion durch eine Rückführung der Auslass- oder Verbrennungsgase zu minimieren. Im Übrigen ermöglicht ein solches geschichtetes Kraftstoffluftgemisch es ebenfalls, in nicht vernachlässigbarer Weise den Kraftstoffverbrauch zu vermindern. Bei der Rückführung der Verbrennungsgase jedoch stellen sich Phänomene des Pumpens aufgrund von Druckbedingungen ein, die für diese Rückführung notwendig sind und diese Pumpverluste reduzieren stark den Gewinn im Kraftstoffverbrauch, den man vom geschichteten Kraftstoffluftgemisch hätte erwarten können.

**Aufgabenstellung**

**[0008]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, diesen vorgenannten Nachteilen dank eines Regelverfahrens für die Rezirkulation oder Rückführung, im Folgenden Rückführung genannt, der Verbrennungsgase abzuwehren, wodurch es möglich wird, auf eine Rückführungsleitung und ein EGR-Ventil zu verzichten, indem man die notwendige und ausreichende Menge an Verbrennungsgasen verwendet, um die Beherrschung der  $\text{NO}_x$ -Emissionen sicherzustellen. Darüber hinaus werden die Pumpverluste fast unterdrückt und die Verminderung des Kraftstoffverbrauchs wird gesteigert.

**[0009]** Hierzu hat die Erfindung ein Regelverfahren für die Rückführung eines Teils der Verbrennungsgase eines aufgeladenen Motors mit innerer Verbrennung und einem Verbrennungszyklus zum Gegenstand, während dessen wenigstens ein Zylinder des Motors in Einlassphase gleichzeitig mit wenigstens einem anderen Zylinder in Auslassphase ist, wobei die Zylinder wenigstens ein Einlassmittel mit einem Einlassventil und wenigstens ein Auslassmittel mit einem Auslassventil besitzen, wobei der Motor im Übrigen einen Auspuffkopfsammler umfasst, der diese Auslassmittel verbindet und zeichnet sich dadurch aus, dass er, wenn der Motor mit magerer Sättigung des Kraftstoffluftgemisches arbeitet, beim Öffnen das Auslassventil des Zylinders in Ansaugphase derart steuert, dass hier hinein ein Teil der Verbrennungsgase eingeführt werden, die aus dem Zylinder in Auslassphase stammen und im Kollektor enthalten sind.

**[0010]** Vorzugsweise kann das Verfahren darin bestehen, beim Öffnen das Auslassventil des Zylinders in Ansaugphase im Wesentlichen gleichzeitig wie das Öffnen des Auslassventils des Zylinders in Auslassphase zu steuern.

**[0011]** Dieses Regelverfahren kann auch darin bestehen, beim Öffnen das Einlassventil des Zylinders

in Ansaugphase im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Schließen des Auslassventils zu steuern.

**[0012]** Alternativ kann es darin bestehen, beim Öffnen das Einlassventil des Zylinders in Einlassphase im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Öffnen des Auslassventils zu steuern.

**[0013]** Die Erfindung betrifft auch einen aufgeladenen Motor mit innerer Verbrennung, bei dem die Zylinder wenigstens ein Einlassmittel mit einem Einlassventil, wenigstens ein Auslassmittel mit einem Auslassventil und einen Sammler umfassen, der die Auslassmittel dieser Zylinder verbindet und zeichnet sich dadurch aus, dass es Mittel zur Steuerung der Auslassventile umfasst, um beim Öffnungsvorgang das Auslassventil wenigstens eines Zylinders in Einlassphase derart zu steuern, dass ein Teil der Auslassgase, die aus wenigstens einem Zylinder in Auslassphase stammen und in diesem Kollektor enthalten sind, in den Zylinder in Einlassphase eingeführt wird.

**[0014]** Die Steuermittel können Mittel zur Veränderung der Hubgesetze der Auslassventile aufweisen.

**[0015]** Die Mittel zur Veränderung der Hubgesetze (lois de levée) können Steuerungen vom Typ VVT oder VVL umfassen.

**[0016]** Handelt es sich bei dem Motor mit innerer Verbrennung um einen aufgeladenen Motor, in welchem ein Turbolader für die Aufladung der Einlassluft in den Zylinder in Einlassphase sorgt, so umfasst der Turbolader einen einzigen Einlass.

#### Ausführungsbeispiel

**[0017]** Beispielsweise Ausführungsformen der Erfindung sollen nun mit Bezug auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert werden, wobei auch andere Merkmale und Vorteile deutlich werden. Diese zeigen in:

**[0018]** [Fig. 1](#) einen aufgeladenen Motor mit vier Zylindern gemäß der Erfindung und

**[0019]** die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) Darstellungen im Teilschnitt jeweils eines Zylinders in Auslassphase (Schnitt AA) und eines Zylinders in Einlassphase (Schnitt BB) des Motors der [Fig. 1](#).

**[0020]** Nach [Fig. 1](#) umfasst ein aufgeladener Motor mit innerer Verbrennung, insbesondere vom Typ mit direkter Kraftstoffeinspritzung, wenigstens vier Zylinder **10**, **12**, **14**, **16** oder ein Vielfaches von vier Zylindern. Jeder Zylinder umfasst wenigstens ein Einlassmittel **18** mit einem Einlassventil **20** sowie einen Einlassstutzen **22** und wenigstens ein Auslassmittel **24** mit einem Auslassventil **26** und einem Auslassstutzen **28**. Ein Einlasssammler **30** verbindet die Einlass-

stutzen **22** untereinander, während die Auslassstutzen **28** zu einem Auslasssammler **32** führen. Dieser Auslasssammler ist über eine Leitung **34** mit dem einzigen Eingang einer Turbine **36** eines Turbokompressors **38** verbunden. Diese Turbine wird vermittels einer Welle mit einer Kompressionsstufe **40** dieses Turbokompressors verbunden. Die Kompressionsstufe ermöglicht es, in an sich bekannter Weise so, Umgebungsluft, die hierin eingelassen wird, zu komprimieren und sie im komprimierten Zustand in den Einlasssammler **30** über eine Leitung **42** zu verteilen.

**[0021]** Die Auslassventile **26** werden zum Öffnen und Schließen durch Mittel **44** gesteuert, wie sie unter der Bezeichnung VVT (Variable Valve Timing) oder VVL (Variable Valve Lift) bekannt sind und es ermöglichen, die Hubgesetze dieser Ventile zu verändern, insbesondere was ihre Öffnungs- und Schließmomente angeht, und dies unabhängig voneinander. Darüber hinaus können die Einlassventile **20** gesteuert werden durch Mittel **46**, die es ebenfalls ermöglichen, die Hubgesetze dieser Ventile zu verändern, und Steuermittel vom Typ VVT oder VVL werden bevorzugt verwendet. Die Mittel **44** und **46** werden durch eine Regeleinheit **48** (hilfs)gesteuert, die es ermöglicht, als Funktion der Betriebsbedingungen des Motors, wie der Motordrehzahl oder seiner Last, die Hubgesetze der Ventile zu modifizieren.

**[0022]** In an sich bekannter Weise umfasst jeder Zylinder einen Kolben **50**, der translatorisch hin- und hergehend sich zwischen einer unteren Lage, dem sog. unteren Totpunkt (PMB) und einer oberen Lage, dem sog. oberen Totpunkt (PMH), bewegt, und umgekehrt, dank einer Pleuelstange **52**, die mit dem Zapfen einer nicht dargestellten Kurbelwelle verbunden ist, die ein solcher Motor üblicherweise aufweist. Dieser Zylinder umfasst ebenfalls eine Brennkammer **54**, die durch die Oberseite des Kolbens und dem oberen Teil des Zylinders begrenzt ist. Die Einlassmittel **18** und Auslassmittel **24** münden in diese Kammer ([Fig. 2](#) und [Fig. 3](#)), sowie sämtliche Kraftstoffeinspritzmittel (nicht dargestellt), die es ermöglichen, ein Kraftstoffluftgemisch in der Kammer **54** zu halten sowie sämtliche Zündmittel dieses Gemisches, wie beispielsweise eine Funkenzündung im Falle eines Motors mit gesteuerter Zündung zur Realisierung der Verbrennung des Kraftstoffluftgemisches.

**[0023]** In dem erfindungsgemäß beschriebenen Beispiel wird vorausgesetzt, dass der Motor mit einem Verbrennungszyklus bei festgelegter oberer Stellung der Kurbelwelle arbeitet, während dessen gleichzeitig der Zylinder **10** sich in der Einlassphase befindet, während der Kolben **50** einen Hub hat, der aus der Nähe seines PMH in die Nähe seines PMB geht, wobei der Zylinder **12** sich in Kompressionsphase und der Zylinder **14** sich in Auslassphase mit einem Kolbenhub befindet, der aus der Nachbarschaft seines PMB gegen die Nachbarschaft seines

PMH geht und der letzte Zylinder (Zylinder **16**) sich in Entspannungsphase befindet, wobei dieser Zyklus üblicherweise mit 1, 4, 3, 2 bezeichnet wird.

**[0024]** In den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#), welche die Konfiguration der Zylinder **14** und **10** bei ein und der gleichen bestimmten Stellung der Kurbelwelle zeigen, befindet sich der Zylinder **14** in Auslassphase, wobei der Kolben **50** sich benachbart seines unteren Totpunktes (PMB) befindet, während sich der Zylinder **10** in Einlassphase mit seinem Kolben **50** benachbart dem oberen Totpunkt (PMH) befindet. Der in der Brennkammer **54** des Zylinders **14** herrschende Druck  $P_e$  entspricht dem des Drucks der Auslassgase bei Ende der Entspannungsphase und liegt in der Größenordnung von 5 bar (0,5 MPa), und der Druck  $P_{adm}$  in der Kammer **54** des Zylinders **10** liegt erheblich unter diesem Auslassdruck.

**[0025]** So bestimmt im Falle eines Arbeitens des Motors bei geringen Lasten oder bei mittleren Lasten sowie im Falle, wo eine Erhöhung der Geschwindigkeit der Turbine gewünscht wird, der im Allgemeinen diesem Motor zugeordnete Motorrechner die Injektionsparameter des Kraftstoffs und des Lufteinlasses zur Realisierung eines mageren Gemisches. Dieser Motorrechner schickt ebenfalls Instruktionen an die Regeleinheit **48** zur Realisierung einer Rezirkulation der Verbrennungsgase in die Kammer **54** des Zylinders **10** in Einlassphase zur Minimierung der  $NO_x$  Emissionen.

**[0026]** Hierzu wird ein Teil der aus dem Zylinder **14** in Auslassphase austretenden Gase über den Auslasskollektor verwendet, um in den Zylinder **10** in Einlassphase eingespritzt zu werden. Genauer werden die aus der Kammer **54** über das Auslassventil **26** austretenden Gase in den Auslasskollektor **32** abgezogen, dann wird ein Teil dieser im Kollektor enthaltenen Gase in die Kammer **54** des Zylinders **10** in Einlassphase durch eine Öffnungssteuerung seines Auslassventils **26** eingeführt. Der andere Teil der Gase wird gegen die Turbine **36** des Turbokompressors **28** über die Leitung **34** abgeführt.

**[0027]** Zur Realisierung einer solchen Rezirkulation oder Rückführung steuert die Regeleinheit **48** die Steuermittel **44** hilfsweise, derart, dass sie die Auslassventile in einer Weise derart betätigen, dass das Ventil **26** des Zylinders **14** zum Öffnen gesteuert wird, um die Gase zum Auslasssammler **32** abzuführen, und das Auslassventil **26** des Zylinders **10** wird zum Öffnen gesteuert, d.h. in offener Stellung während eines bestimmten Zeitraums gehalten, damit ein Teil der im Auslasssammler **32** vorhandenen Auslassgase in die Kammer **54** des Zylinders **10** eingeführt wird. Sobald einmal diese Auslassgasmenge eingeführt ist, steuern die Mittel **44** in der Schließphase das Ventil **26** des Zylinders **10** und halten in der Öffnungsphase das Ventil **26** des Zylinders **14** im Wesentli-

chen bis zum Ende der Auslassphase offen, d.h. bis etwa zum oberen Totpunkt des Kolbens **50** des Zylinders **14**.

**[0028]** Nach Schließen des Ventils **26** des Zylinders **10** betätigen die Steuermittel **46** das Einlassventil **20** des Zylinders in Einlassphase, derart, dass aufgeladene Luft in die Kammer **54** dieses Zylinders eingeführt wird.

**[0029]** Selbstverständlich kann, und dies ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen, in Betracht gezogen werden, gleichzeitig die Einlassventile **20** und Auslassventile **26** des Zylinders **10** in Einlassphase zu öffnen, um ein homogenes Gemisch in der Brennkammer zu erhalten. Dies wird möglich gemacht, da der in der Kammer **54** herrschende Druck  $P_{adm}$  geringer als der Druck der im Sammler enthaltenen Auslassgase ist, wobei dieser Druck geringfügig niedriger als der Druck  $P_e$  der aus dem Zylinder **14** austretenden Gase ist.

**[0030]** Für den möglichen Fall, wo eine Rezirkulation oder Rückführung der Verbrennungsgase nicht notwendig ist, und insbesondere für den Fall eines Kraftstoff-Luftgemisches bei Stoechiometrie, werden die Mittel **44** und **46** beim Öffnen und beim Schließen die Ventile **20** und **26** in konventioneller Weise betätigt oder werden es ermöglichen, ein Spülen der verbrannten Restgase zu realisieren, wie in der französischen Patentanmeldung Nr. 03 14967 der Anmelderin beschrieben.

**[0031]** Dank dieser Anordnung wird fast die Gesamtheit der Verbrennungsgase mit Ausnahme der für die Rezirkulation notwendigen Menge für den Antrieb der Turbine verwendet. Darüber hinaus ist keine besondere Anordnung zur Realisierung der Rezirkulation notwendig, nur die Komponenten, die üblicherweise in einem Motor vorhanden sind, finden Verwendung.

**[0032]** Die vorliegende Erfindung ist nicht auf das beschriebene Ausführungsbeispiel begrenzt, umfasst vielmehr sämtliche Äquivalente und Varianten.

**[0033]** Insbesondere ist die vorstehende Beschreibung auch auf gegebenenfalls aufgeladene Motoren mit indirekter Einspritzung, insbesondere mit gesteuerter Zündung, wie auf gegebenenfalls aufgeladene Motoren mit direkter Einspritzung anwendbar.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln der Rückführung bzw. Rezirkulation eines Teils der Verbrennungsgase eines aufgeladenen Motors mit innerer Verbrennung mit einem Verbrennungszyklus, während dessen wenigstens ein Zylinder (**10**) des Motors in Einlassphase sich gleichzeitig mit einem anderen Zylinder (**14**) in

Auslassphase befindet, wobei die Zylinder wenigstens ein Einlassmittel (18) mit einem Einlassventil (20) und wenigstens ein Auslassmittel (24) mit einem Auslassventil (26) umfassen, und dieser Motor im Übrigen einen diese Auslassmittel verbindenden Auslasssammler (32) umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass:

– arbeitet der Motor mit geringer Sättigung des Kraftstoff-Luftgemisches, das Auslassventil (26) des Zylinders (10) zum Öffnen in Einlassphase derart gesteuert wird, dass in diesen ein Teil der aus dem Zylinder (14) in Auslassphase austretenden im Sammler (32) enthaltenen Verbrennungsgase eingeführt wird.

2. Regelverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es darin besteht, beim Öffnen das Auslassventil (26) des Zylinders in Einlassphase im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Öffnen des Auslassventils (26) des Zylinders (14) in Auslassphase zu steuern.

3. Regelverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass es darin besteht, zur Öffnung das Einlassventil (20) des Zylinders (10) in Einlassphase im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Schließen seines Auslassventils (26) zu steuern.

4. Regelverfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass es darin besteht, zum Öffnen das Einlassventil (20) des Zylinders (10) in Einlassphase im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Öffnen des Auslassventils (26) zu steuern.

5. Aufgeladener Motor mit innerer Verbrennung, bei dem die Zylinder (10, 12, 14, 16) wenigstens ein Einlassmittel (18) mit einem Einlassventil (20), wenigstens ein Auslassmittel (24) mit einem Auslassventil (28) sowie einen Sammler (32) umfassen, der die Auslassmittel dieser Zylinder verbindet, dadurch gekennzeichnet, dass er Steuermittel (44) der Auslassventile (26) umfasst, um zum Öffnen das Auslassventil (26) wenigstens eines Zylinders (10) in Einlassphase derart zu steuern, dass ein Teil der aus wenigstens einem Zylinder (14) in Auslassphase stammenden in diesem Sammler enthaltenen Verbrennungsgase in den Zylinder (10) in Einlassphase eingeführt wird.

6. Aufgeladener Motor mit innerer Verbrennung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuermittel (44) Mittel zur Veränderung der Hubgesetze der Auslassventile (26) umfassen.

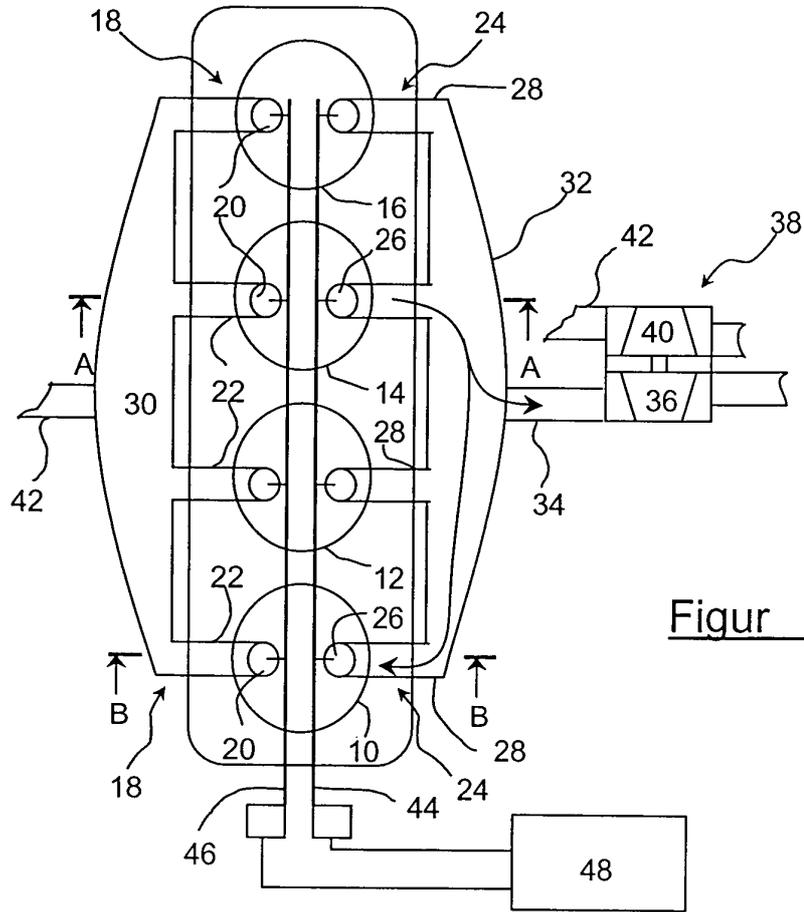
7. Aufgeladener Motor mit innerer Verbrennung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (44) zur Veränderung der Hubgesetze Steuerungen vom VVT- oder VVL-Typ umfassen.

8. Aufgeladener Motor mit innerer Verbrennung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, bei dem ein Tur-

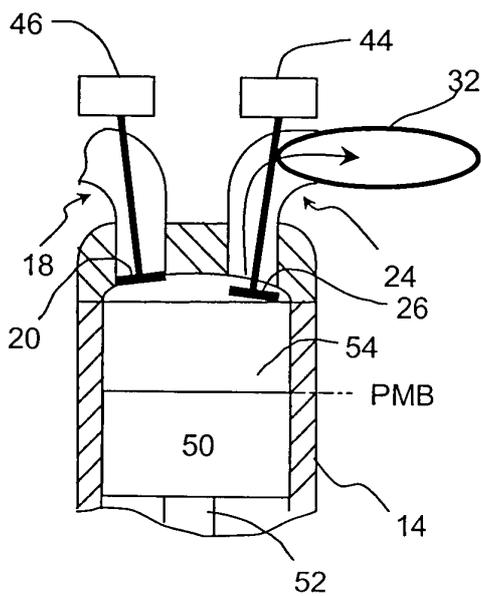
bokompressor (38) für das Aufladen des Zylinders (10) in Einlassphase mit Einlassluft sorgt, dadurch gekennzeichnet, dass der Turbokompressor (38) über einen einzigen Eingang verfügt.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

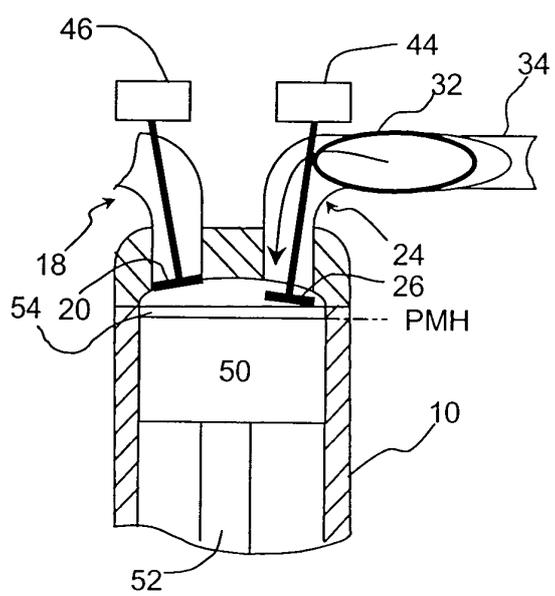
1/1



Figur 1



Figur 2



Figur 3