(19) **Bundesrepublik Deutschland**
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 60 2005 003 116 T2** 2008.08.14

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 734 232 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2005 003 116.2**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **05 112 784.3**
(96) Europäischer Anmeldetag: **24.05.2005**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **20.12.2006**
(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **31.10.2007**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.08.2008**

(51) Int Cl.[8]: ***F01L 9/02*** (2006.01)
***F02D 13/02*** (2006.01)
***F01L 13/00*** (2006.01)

(73) Patentinhaber:
**C.R.F. Società Consortile per Azioni, Orbassano, Torino, IT**

(74) Vertreter:
**Patent- und Rechtsanwälte Bardehle, Pagenberg, Dost, Altenburg, Geissler, 81679 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LI, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR**

(72) Erfinder:
**Lucatello, Marco, Strada Torino 50 10093, Orbassano (TO), IT**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Kontrolle der Last und der Verbrennung in einer Brennkraftmaschine durch eine Ventilbetätigung mit mehrfachem Ventilhub pro Zyklus**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft das Gebiet von Brennkraftmaschinen des Typs umfassend:

– zumindest einen Zylinder; und

– zumindest ein Einlassventil und ein Auslassventil, verbunden mit dem Zylinder und betätigt, um den Fluss der Gase durch die jeweiligen Einlass- und Auslassrohre zu steuern,

in welcher zumindest ein Ventil der Maschine durch elektronisch gesteuerte variable Betätigungsmittel beherrscht wird, gestaltet, um dem Ventil verschiedene Öffnungs- und Schließzeiten und verschiedene Ventilhubprofile zu vermitteln, wenn die Betriebsbedingungen der Maschine variieren.

**[0002]** In den letzten Jahren wuchs die Entwicklung von Studien und Experimenten in dem Gebiet von Maschinen des oben beschriebenen Typs. Der gegenwärtige Anmelder hält zahlreiche Patente und Patentanmeldungen bezüglich eines Systems zur variablen Ventilbetätigung, in denen jedes variable Betätigungsventil durch die jeweilige Nocke beherrscht wird mittels eines Stößels und entsprechender hydraulischer Mittel, welche eine Flüssigkeitskammer einschließen, die mittels eines elektronisch gesteuerten Magnetventils verbunden ist mit einem Auslasskanal, um das Ventil selber von dem jeweiligen Stößel abzukoppeln und ein rasches Schließen des Ventils auszulösen als ein Ergebnis der jeweiligen elastischen Rückkehrmittel. Die Magnetventile, die die Kommunikation der Flüssigkeitskammern, verbunden mit den verschiedenen variablen Betätigungsventilen der Maschine, steuern, werden elektronisch gesteuert entsprechend verschiedener möglicher Strategien, wenn die Betriebsbedingungen der Maschine variieren, um Vorteile in Bezug auf Leistung und/oder Wirtschaftlichkeit der Maschine und/oder Verminderung des Treibstoffverbrauchs und/oder Verminderung von schädlichen Auslassabgasen zu erhalten.

**[0003]** Beispiele bekannter Systeme sind in den europäischen Patenten mit den Nummern EP 1 273 770 B1 und EP 1 321 634 B1, angemeldet in dem Namen des vorliegenden Anmelders, beschrieben und gezeigt.

**[0004]** Auch wenn die vorliegende Erfindung besonders auf ein elektrohydraulisches System der Art wie in den vorher genannten früheren Dokumenten gezeigt abzielt, ist es dennoch im Allgemeinen auf jeden Typ eines Systems mit variabler Betätigung der Ventile einer Maschine anwendbar, d. h. auf jedes System, welches eine Modifikation der Öffnungs- und Schließzeiten der Ventile und des Ventilhubs möglich macht, wenn die Betriebsbedingungen der Maschine variieren. Es wurden z. B. in den letzten Jahren ebenso Systeme eines elektromechanischen Typs zur variablen Betätigung der Ventile vorgeschlagen, in denen jedes Ventil durch eine Nocke der Nockenwelle der Maschine beherrscht wird mittels einer elektronisch gesteuerten, variablen, mechanischen Übersetzung, oder auch elektromagnetische oder elektrohydraulische Ventilbetätigungssysteme ohne Nocken („nockenlose” Systeme). Wie schon gesagt, sind die Grundlagen der vorliegenden Erfindung ebenso auf Systeme dieser Arten oder auf jedes andere System für variable Betätigung der Ventile anwendbar, die in der Lage sind, die Ventilbewegungen wie in der vorliegenden Erfindung beschrieben durchzuführen.

**[0005]** Ein Gerät, wie in der Präambel des Anspruchs 1 dargelegt, ist aus US-A-6-360 531 bekannt. Ähnliche Geräte sind auch in US-A-5 839 453, US-A-5 746 175, US-A1-2002/0066428 und US-A-6 237 551 offenbart.

**[0006]** Der Zweck der vorliegenden Erfindung ist, das System zur variablen und flexiblen Betätigung der Ventile zu verwenden für den Zweck, die Prozesse eines Gasaustauschs und einer Verbrennung der Maschine in einer optimalen Art unter gegebenen Betriebsbedingungen zu steuern.

**[0007]** Die zugrundeliegende erfinderische Idee, die es möglich macht, diesen Zweck zu erreichen, liegt in den Merkmalen von Anspruch 1 und Anspruch 8.

**[0008]** Die theoretische Grundlage der Erfindung liegt in der Tatsache, dass die Steuerung der Last einer Maschine durch das frühe Schließen des Einlassventils sehr effektiv ist bezüglich einer Verminderung der Pumparbeit dank der niedrigen Geschwindigkeit des Kolbens während der Öffnungsperiode der Ventile und der folglich niedrigen flüssigkeitsdynamischen Verluste an den Ventilen. Unglücklicherweise vermindert der Steuerungsmodus deutlich die Effizienz des thermodynamischen Zyklus und der Verbrennung ebenso wie die Qualität des Mischungsprozesses. Der alternative Steuerungsmodus mittels eines späten Öffnens der Ventile, wenn die Kolbengeschwindigkeit größer ist, führt zu einer Zunahme der Turbulenz in der Kammer und vereinfacht den Mischungsprozess dank der hohen Geschwindigkeit des Gases am Eingang und führt zu einer Zunahme der Effizienz der Verbrennung auf Kosten einer Zunahme in der Pumparbeit. Die zwei Modi wie oben beschrieben können in einem Hybridmodus verbunden werden, welcher spätes Öffnen und frühes Schließen möglich macht, um gleichzeitig eine Steuerung des Ventilkreuzens und der Last zu erreichen. Die Kombination der drei einzelnen, oben beschriebenen Betätigungsmodalitäten in einem einzelnen Mehrfachventilhub, welcher der Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist, macht ein optimales Austarieren der obigen Vor- und Nachteile möglich, ermöglicht die Steuerung der Ladungsmenge mit der ersten Phase des Ereignisses und die entsprechenden flüs-

sigkeitsdynamischen Charakteristiken in seinen folgenden Phasen. Die Möglichkeit, die Ventilbetätigungen mehrere Male durchzuführen während der Einlassphase und symmetrisch oder asymmetrisch mit den Ventilen derselben Zylinder, bietet einen weiten Regelungsbereich, welcher für jeden Betriebspunkt der Maschine optimiert werden kann entsprechend zu den spezifischen Zielen wie Verminderung des Treibstoffverbrauchs, Verminderung von schädlichen Abgasemissionen, Kaltstart der Maschine, Stabilität der Verbrennung usw.

**[0009]** Weiterhin und in demselben Zusammenhang wird das Wiederöffnen des Einlass- und/oder Auslassventils betrachtet während der nichtkonventionellen Phasen (d. h. Wiederöffnen des Einlassventils oder Einlassventile während der Abgasphase und Wiederöffnen des Abgasventils oder Abgasventile in der Einlassphase), um ein Einfangen verbrannter Gase in der Kammer (interne Abgasrezirkulation – EGR) zu ermöglichen, um die Emissionen von Stickoxiden zu vermindern und/oder Zunahme des effektiven Kompressionsverhältnisses der Maschine zu erhöhen.

**[0010]** Durch den vorliegenden Anmelder durchgeführte Studien und Experimente haben es ermöglicht herauszufinden, dass es mittels der Betriebskriterien möglich ist, beachtliche Vorteile zum Erhalt eines optimalen Betriebs der Maschine und im Besonderen zum Beeinflussen spezifischer Phänomene wie Pumpen, Turbulenzen in der Verbrennungskammer und im Allgemeinen die Bewegungen in der Verbrennungskammer zu erreichen, mit direkten Vorteilen auf die Steuerung der Effizienz und der Qualität des Verbrennungsprozesses entsprechend den Betriebsbedingungen und den gewünschten Zielen.

**[0011]** In dem Fall, dass jeder Zylinder der Maschine mit einer Anzahl von Einlass- und/oder Auslassventilen ausgestattet ist, kann jedes Ventil auf die beschriebene Art und Weise gesteuert werden entsprechend zu identischen oder unterschiedlichen Betriebszyklen in Bezug zu dem anderen Ventil oder Ventile desselben Zylinders, dadurch ermöglichend den Erhalt eines weiten Bereichs von Möglichkeiten zum Steuern der Maschine.

**[0012]** Wie schon vorher erwähnt, ist das elektrohydraulische System der variablen Betätigung von den Ventilen, das in den europäischen Patentnummern EP 0 803 642 B1, EP 1 273 770 B1 und EP 1 321 634 B1 beschrieben ist, angemeldet in dem Namen des vorliegenden Anmelders, gänzlich geeignet zur Anwendung des Verfahrens, welches den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, bestehend aus der Betätigung der Einlass- und/oder Auslassventile der Maschine entsprechend einem Zyklus mit Mehrfachventilhub während den Phasen, die üblicherweise dazugehören (d. h. Einlassventile während der Einlassphase und die Auslassventile während der Auslassphase), Aktivierung und Deaktivierung des Steuerungsmagnetventils eine Anzahl von Malen während dem Schub der entsprechenden Nocke. Die Betätigung der Ventile während der Phasen, die üblicherweise nicht dazugehören, kann erhalten werden mit der Hilfe einer besonderen Form der Hauptnocke, schrittweise angemessen, wie es in EP 1 273 770 B1 genauer beschrieben ist.

**[0013]** Die Neuheit der vorliegenden Erfindung liegt in der Verwendung der obigen Betätigungen gleichzeitig auf demselben Ventil nicht nur zur Steuerung der Menge an Luft und an verbrannten Gasen, die in der Verbrennungskammer gefangen sind, sondern auch der flüssigkeitsdynamischen Charakteristiken der Ladung bezüglich Turbulenz und Konvektionsbewegungen, um die Effizienz des Mischungs- und Verbrennungsprozesses zu steuern.

**[0014]** Die Erfindung wird nun beschrieben in Bezug zu den beigefügten Zeichnungen, welche nur als nichteinschränkendes Beispiel geboten sind und in denen:

**[0015]** Fig. 1 eine Querschnittsansicht einer Brennkraftmaschine entsprechend dem Stand der Technik ist, vom Typ, der z. B. in dem europäischen Patent Nr. EP 0 803 642 B1 beschrieben ist, angemeldet in dem Namen des vorliegenden Anmelders, welche hier gezeigt ist, um ein Beispiel eines Systems von variabler Betätigung der Ventile zu bieten, auf das die Erfindung anwendbar ist, ohne die Möglichkeit auszuschließen, dass das System der Ventilbetätigung, mit welcher die Maschine ausgestattet ist, auch von jedem anderen Typ sein kann, z. B. ein System des nockenlosen Typs oder des elektromechanischen Typs; und

**[0016]** Fig. 2–Fig. 8 Diagramme sind, die verschiedene Verfahren zur Steuerung der Einlassventile einer Maschine mit zwei Einlassventilen für jeden Zylinder zeigen, in Übereinstimmung mit der Lehre der vorliegenden Erfindung.

**[0017]** In der folgenden Beschreibung wird verwiesen auf eine Brennkraftmaschine mit elektrisch-hydraulisch variabler Betätigung der Ventile entsprechend dem Stand der Technik des Typs, der z. B. in dem europäischen Patent Nr. EP 0 803 642 B1 beschrieben ist, angemeldet in dem Namen des vorliegenden Anmelders, auf welche die vorliegende Erfindung anwendbar ist. Wie bereits erwähnt, wird das Beispiel verwendet zur Erleichterung der Beschreibung der Modi der Ventilbetätigung, aber schließt in keiner Weise die Verwendung der Modi der Ventilbetätigung beeinflusst durch ein Betätigungssystem eines anderen Typs aus.

**[0018]** Fig. 1 zeigt die Brennkraftmaschine, wie sie

in der vorausgegangenen europäischen Patentanmeldung Nr. EP-A-0 803 642, angemeldet in dem Namen des vorliegenden Anmelders, beschrieben ist, welche eine Mehrzylindermaschine ist, z. B. eine Maschine mit vier in einer Linie angeordneten Zylindern, umfassend einen Zylinderkopf **1**. Der Zylinderkopf **1** umfasst für jeden Zylinder einen in der Grundfläche **3** des Zylinderkopfs **1** gebildeten Hohlraum **2**, begrenzend die Verbrennungskammer, in welche zwei Einlassrohre **4**, **5** und zwei Auslassrohre **6** ausgeben, wobei die Rohre durch zwei Einlassventile **7** und zwei Auslassventile **70** gesteuert werden. Nochmals in dem Fall des gezeigten Beispiels werden die Einlassventile **7** beherrscht durch die Nocken **14** einer Nockenwelle **11** durch ein hydraulisches System. Das hydraulische Betätigungssystem jedes Ventils schließt eine hydraulische Kammer ein, die gesteuert wird durch ein normalerweise offenes Magnetventil **24**, beherrscht durch eine programmierbare elektronische Steuereinheit **25**. Wenn das Magnetventil **24** aktiviert (geschlossen) ist, folgt das Ventil der Maschine der Bewegung der Nocke (voller Ventilhub). Ein frühes Schließen des Ventils kann erreicht werden durch Deaktivierung (Öffnen) des Magnetventils **24**, um die Hydraulikkammer zu leeren und um das Schließen des Ventils der Maschine zu erreichen unter Betätigung der jeweiligen Rückkehrfeder. Ebenso kann ein spätes Öffnen des Ventils erreicht werden durch verspätete Betätigung des Magnetventils, wobei die Kombination aus einem späten Öffnen mit einem frühen Schließen des Ventils erreicht werden kann durch Betätigung und Deaktivierung des Magnetventils während dem Schub der entsprechenden Nocke.

**[0019]** Das Diagramm in Fig. 2 zeigt durch N den üblichen Hub eines Einlassventils der Maschine im Lauf der Rotation der Maschinenwelle während jedes Betriebszykluses der Maschine. Das Diagramm ist ausschließlich gegeben durch die Geometrie der Nocke, die das Ventil steuert.

**[0020]** Das in Fig. 2 gezeigte Beispiel bezieht sich auf den Fall, wenn von den zwei Einlassventilen jedes Zylinders der Maschine (bezeichnet durch die Indices A und B in dem Diagramm der Fig. 2–Fig. 8) eines beherrscht wird entsprechend zu dem Zyklus $N_A$, bestimmt durch die jeweilige Nocke insoweit, dass das jeweilige Steuerungsmagnetventil fortlaufend betätigt wird, während das andere gesteuert wird durch wiederholte Betätigung des jeweiligen Kontrollmagnetventils, um auf das Einlassventil drei aufeinanderfolgende Zyklen $EC_B$, $HY_B$ und $LO_B$ des Öffnen und Schließens des Ventils zu übermitteln innerhalb des einzigen üblichen Zyklus des Öffnen und Schließens, welches auf das Ventil übermittelt würde durch die Geometrie der Nocke.

**[0021]** Wie in dem Falle der Fig. 2 gesehen werden kann, stimmt der erste Öffnungszyklus $EC_B$ ursprünglich mit dem üblichen Öffnungszyklus, festgelegt durch die Nocke, überein. Dies wird insoweit erhalten, wie das Steuerungsmagnetventil anfangs aktiv (d. h. geschlossen) bleibt. Die Aktivierung des Magnetventils wird erreicht in einer Position entsprechend zu einem Maschinenschließwinkel von 380°, d. h. ein bisschen nach TDC des Einlasshubs. Dies führt zu einem Leeren der hydraulischen Kammer und folglich zu einem Schließen des Maschinenventils als Ergebnis seiner elastischen Rückkehrmittel, das Schließen wird abgeschlossen, wie gesehen werden kann, an einem Schließwinkel von 410°. Der einzelne Zyklus „$EC_B$" ist demnach ein frühschließender Zyklus des Ventils in Bezug auf den üblichen Zyklus $N_A$ und kann ein Füllen des Zylinders mit der nötigen Ladung zum Durchführen der erforderlichen Arbeit (Maschinenlast) garantieren.

**[0022]** An dem Ende des ersten Öffnungs- und Schließzyklus $EC_B$ ist dasselbe Einlassventil dennoch wieder geöffnet und geschlossen entsprechend zu einem Zyklus $HY_B$, welcher ein „Hybrid"-Zyklus aus spätem Öffnen und frühem Schließen des Ventils in Bezug zu dem üblichen Zyklus $N_A$ ist. In der Praxis, in einer Position entsprechend einem Schließwinkel von 410°, ist das Magnetventil, welches den Betrieb des Einlassventils steuert, wieder geschlossen, um die hydraulische Verbindung zwischen Ventil und Nocke wieder aufzubauen. Das Einlassventil der Maschine muss daher gesteuert werden beginnend am Winkel der Maschine entsprechend einem Gesetz in Zusammenhang mit dem geometrischen Profil der Steuerungsnocke. Entsprechend dieser besonderen Anwendung der Erfindung wird es dem Einlassventil erlaubt, zu öffnen, folgend dem Profil der Kontrollnoeke, bis zu einem Maschinenschließwinkel auf 440°, in einer Position, entsprechend zu welcher frühes Schließen des Ventils begründet ist durch erneutes Wiederöffnen des Kontrollmagnetventils. Dies bewirkt frühes Schließen des Maschinenventils als Ergebnis der entsprechenden elastischen Rückkehrmittel wegen Leerens der entsprechenden hydraulischen Kammer. Die Betätigung der Maschinenventile garantiert die Eingabe eines Gasstrahls mit hoher Geschwindigkeit in den Zylinder, übermittelt eine bestimmte Bewegung auf die Ladung, die in der Lage ist, die Turbulenz in der Kammer zu erhöhen, und zur gleichen Zeit in der Lage ist, die Mischung der Ladung zu begünstigen.

**[0023]** Wenn das Schließen des Ventils einmal erreicht wurde, mit einem Winkel etwas größer als 450°, wird das Magnetkontrollventil offen gelassen, um das Einlassventil inaktiv zu lassen bis zu einem Schließwinkel von 465°, in einer Position, entsprechend zu welcher das Magnetventil wieder geschlossen ist, wodurch der Druck in der hydraulischen Kammer wieder aufgebaut wird, was wiederum zu dem Hub des Ventils führt mit einem Gesetz entsprechend zu dem einen festgelegt durch die Nocke in dem be-

trachteten Bogenwinkel. Das bedeutet, dass in dem winkeligen Rotationsbereich der Maschinenwelle das Profil $LO_B$ dem Abschnitt des Profils $N_A$ entspricht, das in demselben Bereich umfasst ist. Wie man sehen kann, ist der Zyklus $LO_B$ ein Zyklus späten Öffnens des Einlassventils der Maschine und wird vorzugsweise verwendet zum Begünstigen der Turbulenz und weiterer Mischung der Ladung.

**[0024]** Das Diagramm in Fig. 2 ist natürlich ausschließlich als Beispiel gegeben. Jedes Einlassventil jedes Zylinders der Maschine ist offensichtlich steuerbar in der gleichen Art oder in einer anderen Art in Bezug zu dem anderen Einlassventil, mit oder ohne einen Mehrfachventilhubzyklus, und entsprechend zu verschiedenen möglichen Modalitäten.

**[0025]** Zum Beispiel bezieht sich Fig. 3 auf den Fall, in dem beide der Einlassventile der Maschine symmetrisch gesteuert werden entsprechend einem „Mehrfachhub"-Zyklus, umfassend einen ersten Früh-Schließen-Zyklus EC und nur einen zweiten Spät-Öffnen-Zyklus LO.

**[0026]** Fig. 4 zeigt den Fall, in dem beide der Einlassventile jedes Zylinders der Maschine anfangs entsprechend zwei verschiedenen Früh-Schließen-Zyklen $EC_A$ und $EC_B$ gesteuert werden und dann beide entsprechend einem und dem gleichen Spät-Öffnen-Zyklus $LO_A$ (= $LO_B$).

**[0027]** Fig. 5 bezieht sich auf den Fall, in dem nur eines der zwei Ventile abwechselnd gesteuert wird bei jedem folgenden Betriebszyklus der Maschine entsprechend einem Mehrfachhubzyklus, umfassend einen ersten Zyklus EC und einen folgenden Zyklus LO.

**[0028]** Fig. 6 zeigt den Fall, in dem eines der zwei Einlassventile beherrscht wird entsprechend einem Mehrfachventilhubzyklus, mit einem ersten Unterzyklus $EC_A$ und einem zweiten Unterzyklus $LO_A$, während das andere Einlassventil entsprechend einem einzelnen Zyklus $LO_B$ beherrscht wird.

**[0029]** Fig. 7 zeigt ein weiteres Beispiel zum Steuern der Maschine, in welchem ein erstes Einlassventil beherrscht wird entsprechend einem Mehrfachhubzyklus, umfassend zwei nachfolgende Unterzyklen $EC_A$ und $LO_A$, während das andere Einlassventil beherrscht wird entsprechend einem einzelnen Früh-Schließen-Zyklus $EC_B$.

**[0030]** Fig. 8 zeigt ein weiteres Beispiel, in welchem ein erstes Ventil beherrscht wird entsprechend einem Mehrfachventilhubzyklus $EC_A$–$LO_A$, während das andere Einlassventil beherrscht wird entsprechend einem einzelnen Hybridzyklus $HY_B$.

**[0031]** In dem Moment, in dem ein Ventil beherrscht wird entsprechend einem Mehrfachventilhubzyklus, kann der Zyklus natürlich jede Anzahl von folgenden Unterzyklen von Öffnungs- und Schließbewegungen des Ventils zeigen, wenn es durch ein spezielles Betätigungssystem unterstützt wird. Weiterhin können die Unterzyklen alle von einer Hybridart sein, oder aber der erste von ihnen kann von der Art mit einer Öffnung entsprechend der Geometrie der Nocke und frühem Schließen sein, oder aber nochmals kann der letzte von ihnen von der Art mit „später Öffnung" und Schließen entsprechend der Geometrie der Nocke sein, oder aber nochmals kann der Mehrfachhubzyklus den ersten seiner Unterzyklen der Art mit konventioneller Öffnung und frühem Schließen haben und den letzten Unterzyklus mit spätem Öffnen und konventionellem Schließen. Der letztere Betätigungsmodus ist sehr effizient bezüglich eines Verhältnisses zwischen Energieaufwendung und positiver Einflüsse auf Verbrennung.

**[0032]** In einer Mehrzylindermaschine kann der Betriebsmodus entsprechend der Erfindung symmetrisch angepasst sein durch den einzelnen Zylinder auf alle der Einlassventile, welche folglich alle entsprechend demselben Gesetz des Ventilhubs oder anders asymmetrisch folgen, wo jedes Einlassventil eines Zylinders betätigt wird entsprechend einem spezifischen Gesetz. Betätigungen eines symmetrischen Typs und eines asymmetrischen Typs verleihen der in dem Zylinder gefangenen Luft verschiedene Bewegungscharakteristiken, welche zu der gewünschten Modulation des Turbulenzbereichs und des Mischungsprozesses entsprechend dem Betriebspunkt der Maschine führen. Es ist zu bemerken, dass in dem Fall, in dem es das Ziel ist, beide der Ventile wieder symmetrisch zu betätigen und in Bezug zu dem in Fig. 1 beschriebenen Typ von Betätigung, es möglich ist, die Anpassung eines Betätigungssystems zu betrachten, umfassend nur eine Nocke **14**, ein Pumpelement **16** und einen Stößel **21**, welcher auf beide der Ventile desselben Zylinders wirkt durch eine mechanische Verbindung, oder alternativ nur eine Nocke **14**, und ein Pumpelement **16** in hydraulischer Kommunikation mit zwei Stößeln **21**, welche simultan auf die beiden Ventile wirken.

**[0033]** Im Allgemeinen kann jedes Ventil entsprechend dem Mehrfachhubmodus betätigt werden, was den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, oder anders entsprechend zu einem einzelnen Spät-Öffnen-Zyklus oder anders entsprechend zu einem einzelnen Früh-Schließen-Zyklus oder anders noch entsprechend zu einem einzelnen Hybridzyklus. Folglich kann im Allgemeinen das Ventil betätigt werden entsprechend vier verschiedenen Modi (spätes Öffnen, frühes Schließen, Hybridzyklus, Mehrfachhubzyklus). In dem Fall zweier Ventile mit asymmetrischer Steuerung führt die Möglichkeit, aus vier verschiedenen Betätigungsmodalitäten auswählen zu können für jedes Ventil, zu **18** verschiedenen Ma-

nagement-Modi, die implementiert werden können, was sehr nützlich ist zum Finden unter jeder Betriebsbedingung der Maschine des idealen Zyklus der Ventilbetätigung, um vorteilhafte Effekte zu erhalten aus dem Standpunkt von Pumpen, Gasaustausch, Modulation der Turbulenz in der Verbrennungskammer und im Allgemeinen der Konvektionsbewegungen zum Mischen des Treibstoffs mit dem Unterstützer der Verbrennung in der Verbrennungskammer.

**[0034]** Zu den oben beschriebenen Fällen soll auch die Möglichkeit hinzugeführt werden, das Einlass- und/oder Auslassventil zu öffnen während der Auslass- und/oder Einlassphasen jeweils, um das Fangen von verbrannten Gasen in der Kammer zu ermöglichen. Es ist offensichtlich, dass so ein Steuerungsmodus der Ventile besonders begünstigt wird durch die Idee einer multiplen Betätigung während der Einlassphase, da die Steuerung des Turbulenzlevels in der Kammer unabdinglich ist zum Steuern der Stabilität der Verbrennung in Anwesenheit von hohen Anteilen inerter Gase in der Kammer.

**[0035]** Im Fall von Zylinderköpfen mit zwei oder mehreren Einlassventilen für jeden Zylinder nehmen die möglichen Kombinationen offensichtlich zu.

**[0036]** Wie schon oben beschrieben, zielt die Erfindung besonders auf den Schutz der Verwendung der vorherigen Ideen von mehrfacher Betätigung der Ventile für ein variables Betätigungssystem des elektro-hydraulischen Typs, welches schon den Gegenstand der vorherigen, in dem Namen des vorliegenden Anmelders angemeldeten Patente bildete. Jedoch sind dieselben Konzepte anwendbar auf jede Brennkraftmaschine, ausgestattet mit jedem System zur variablen und flexiblen Betätigung der Ventile, welche es ermöglichen werden, dass der beschriebene Ventilbetätigungstyp durchgeführt wird.

**[0037]** Die anschließenden Reihen von Bewegungszyklen des Öffnens und Schließens des Ventils können auch einen oder mehrere Zyklen umfassen, die nicht zu einem vollständigen Schließen des Ventils führen. In anderen Worten ist es theoretisch nicht möglich, auszuschließen, dass z. B. in Bezug zu Fig. 2 der zweite Unterzyklus (HY1) sich mit dem ersten Unterzyklus EC trifft, so dass das Ventil beginnt, sich erneut wieder zu öffnen, bevor es komplett geschlossen wurde.

**[0038]** Natürlich, da die Betriebsbedingungen der Maschine variieren, kann das Kriterium, nach dem jedes Einlassventil der Maschine gesteuert wird, während die Betriebsbedingungen der Maschine variieren, vorher festgelegt werden entsprechend den spezifischen Anforderungen. Zum Beispiel ist es möglich, vorherzusehen, dass ein Einlassventil der Maschine betätigt werden wird entsprechend einem einzelnen Früh-Schließen-Zyklus EC, wenn die Maschine im Leerlauf ist, und dass die Zeit des Öffnens des Ventils fortschreitend erhöht wird, während die U/min und die Maschinenlast erhöht werden, dann überzugehen zu dem üblichen Zyklus N in extremen Nachfragebedingungen auf die Maschine nach höherer Leistung. In anderen spezifischen Betriebsbedingungen wird stattdessen dasselbe Ventil der Maschine betätigt entsprechend einem einzelnen Spät-Öffnen-Zyklus oder aber entsprechend einem einzelnen Hybridzyklus oder aber entsprechend dem Mehrfachhubmodus, welcher den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildet, zum Zweck spezifischer Anforderungen, beide verbunden zu dem Maschinentyp (z. B. gesteuerte Zündung oder Dieselmaschinen) und zu den spezifischen Umweltparametern und interessierenden Betriebsparametern.

**[0039]** Theoretisch kann die Maschine entsprechend der Erfindung ohne ein Drosselventil in dem Einlassrohr sein, da die Funktion des Drosselventils durch die Einlassventile der Maschine durchgeführt werden kann dank des elektronischen Steuerungssystems zur variablen Betätigung der Ventile, welches, wie schon erwähnt, in der Lage ist, die Menge der eingeführten Last und folglich die Maschinenlast zu regeln.

## Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit einer Vorrichtung zum Steuern von Last und Verbrennung in der Brennkraftmaschine, umfassend:
– zumindest einen Zylinder und zumindest ein Einlassventil (**7**) und ein Auslassventil zum Steuern des Flusses der Gase durch die jeweiligen Einlass- und Auslassrohre,
in der zumindest ein Ventil (**7**) beherrscht wird durch elektronisch gesteuerte variable Betätigungsmittel, konstruiert zum Übermitteln verschiedener Öffnungs- und Schließzeiten zu dem Ventil (**7**) und verschiedener Ventilhube, wenn die Betriebsbedingungen der Maschine variieren,
wobei die elektronisch gesteuerten variablen Betätigungsmittel durch elektronische Steuerungsmittel (**25**) gesteuert werden, die programmiert sind zum Beherrschen eines gegebenen Ventils in vordefinierten Betriebsbedingungen der Maschine, in einer Art, um dazu eine Vielzahl aufeinanderfolgender Bewegungszyklen des Öffnen und Schließens zu übermitteln, innerhalb derer der einfache konventionelle Öffnungs- und Schließzyklus wäre,
**dadurch gekennzeichnet**, dass aufeinanderfolgende Bewegungszyklen des Öffnens und Schließens des Ventils umfassen zumindest einen Hybridzyklus (HY) des späten Öffnens und frühen Schließens des Ventils, und dass der Hybridzyklus der erste der Reihen von aufeinanderfolgenden Zyklen ist.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die aufeinanderfolgenden Bewe-

gungszyklen des Öffnens und Schließens des Ventils umfassen zumindest einen letzten Zyklus, in dem Öffnen des Ventils verspätet wird in Abhängigkeit zu dem konventionellen Zyklus und in dem das Ventil schließt entsprechend dem konventionellen Zyklus.

3. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie umfasst eine Vielzahl von Einlassventilen in Verbindung mit dem Zylinder, dadurch gekennzeichnet, dass die elektronischen Steuerungsmittel programmiert sind zum Übermitteln der aufeinanderfolgenden Bewegungszyklen des Öffnens und Schließens des Ventils auf nur einem der Ventile.

4. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie eine Anzahl von Einlassventilen umfasst in Verbindung mit dem Zylinder und dass die elektronischen Steuerungsmittel programmiert sind zum Übermitteln der vorher erwähnten aufeinanderfolgenden Bewegungszyklen des Öffnens und Schließens auf zwei oder mehrere Ventile für jeden Zylinder in einer identischen Art für die verschiedenen Ventile eines und desselben Zylinders oder aber in einer differenzierten Art oder aber abwechselnd durch Umkehren des Zyklus, der auf die verschiedenen Ventile eines und desselben Zylinders übermittelt wird zu jedem aufeinanderfolgenden Betriebszyklus der Maschine.

5. Verfahren zum Steuern einer Brennkraftmaschine der Art umfassend zumindest einen Zylinder und zumindest ein Einlassventil (**7**) und ein Auslassventil, verbunden mit dem Zylinder zum Steuern jeweiliger Einlass- und Auslassrohre, und in dem zumindest ein Ventil beherrscht wird durch elektronisch gesteuerte variable Betätigungsmittel, konstruiert zum Übermitteln verschiedener Öffnungs- und Schließzeiten an das Ventil (**7**) und verschiedener Ventilhübe, da die Betriebsbedingungen der Maschine variieren, wobei die vorher erwähnten variablen Betätigungsmittel so gesteuert werden, dass in vorher festgelegten Betriebsbedingungen der Maschine eine Reihe von aufeinanderfolgenden Bewegungszyklen des Öffnen und des Schließens auf ein gegebenes Ventil (**7**) übermittelt wird, worin der einfache, konventionelle, theoretische Zyklus des Öffnens und Schließens des Ventils (**7**) wäre, dadurch gekennzeichnet, dass Reihen aufeinanderfolgender Bewegungszyklen des Öffnen und Schließens des Ventils umfassen zumindest einen Hybridzyklus (HY), in welchem Öffnen des Ventils verspätet wird und das Ventil im Voraus schließt in Bezug zu dem konventionellen Zyklus, und dass der Hybridzyklus (HY) der erste der Reihe aufeinanderfolgender Zyklen ist.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass Reihen aufeinanderfolgender Bewegungszyklen des Öffnens und Schließens des Ventils umfassen zumindest einen letzten Zyklus (LO), in welchem das Öffnen des Ventils verspätet wird in Bezug zu dem konventionellen Zyklus.

7. Verfahren nach Anspruch 5, angewendet auf eine Maschine, die umfasst eine Anzahl von Einlassventilen für jeden Zylinder, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Einlassventil gesteuert wird, wie die Betriebsbedingungen der Maschine variieren, sowohl entsprechend dem vorher erwähnten Mehrfachhubmodus bei aufeinanderfolgenden Zyklen des Öffnens und Schließens als auch in verschiedenen Betriebsbedingungen der Maschine entsprechend zumindest einem von mehreren verschiedenen Modi, umfassend: einen Modus, der einen einfachen Früh-Schließen-Zyklus (EC) vorhersieht, einen Modus, der einen einfachen Zyklus des späten Öffnens (LO) vorhersieht, und einen Modus, der einen einfachen Hybridzyklus (HY) des späten Öffnens und frühen Schließens vorhersieht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile eines und desselben Zylinders in einer identischen Art gesteuert werden in Bezug aufeinander.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile jedes Zylinders in einer differenzierten Art gesteuert werden in Bezug aufeinander.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Ventile jedes Zylinders gesteuert werden in einer abwechselnden Art durch Umkehren der jeweiligen Betriebsmodi bei jedem aufeinanderfolgenden Betriebszyklus der Maschine.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

FIG.1

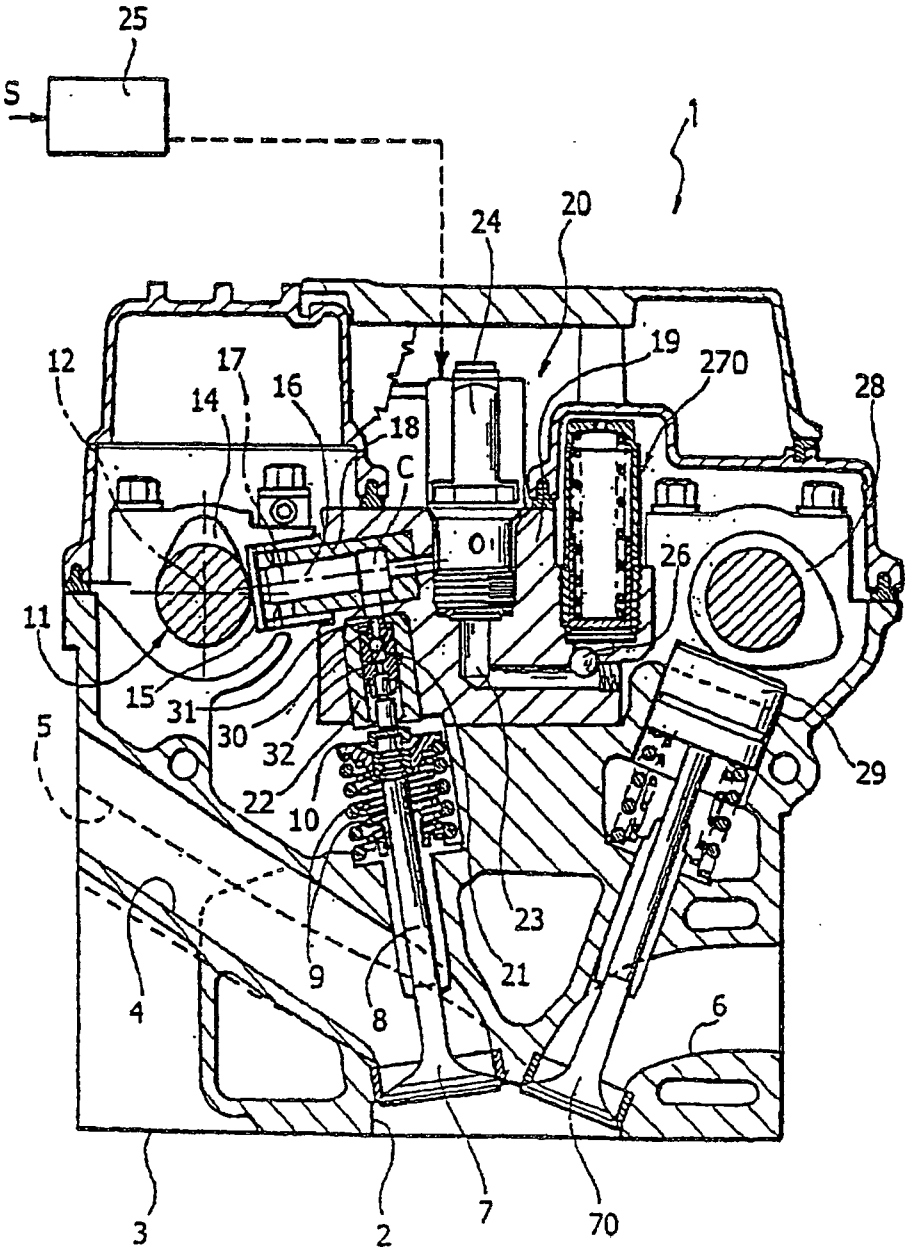


FIG. 2

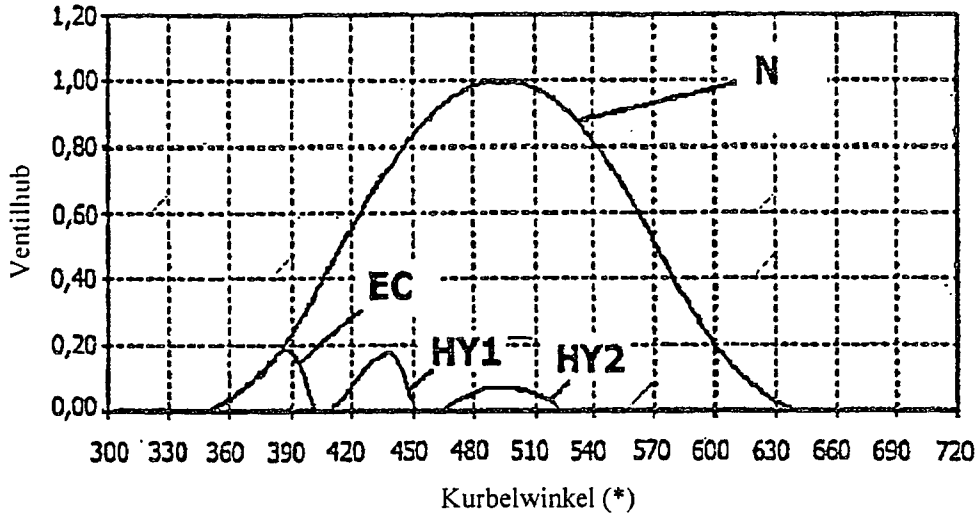

1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Ventilhub
N
EC
HY1
HY2
300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720
Kurbelwinkel (*)

FIG. 3

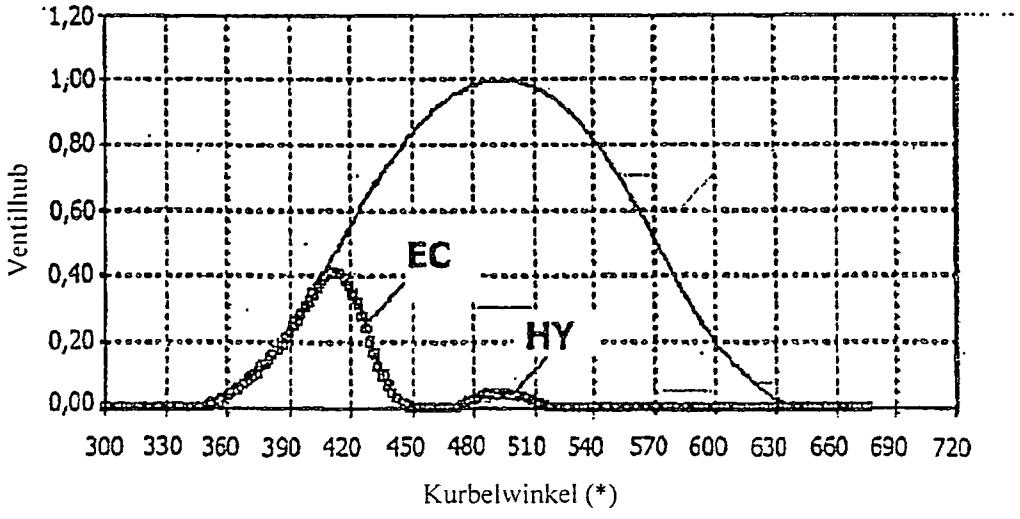

1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Ventilhub
EC
HY
300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720
Kurbelwinkel (*)

FIG. 4

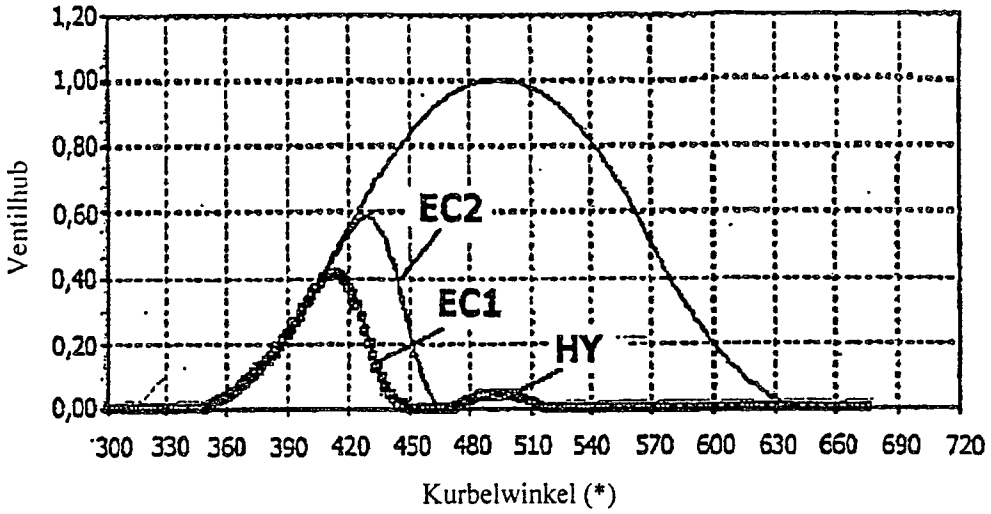

1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Ventilhub
EC2
EC1
HY
300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720
Kurbelwinkel (*)

FIG. 5

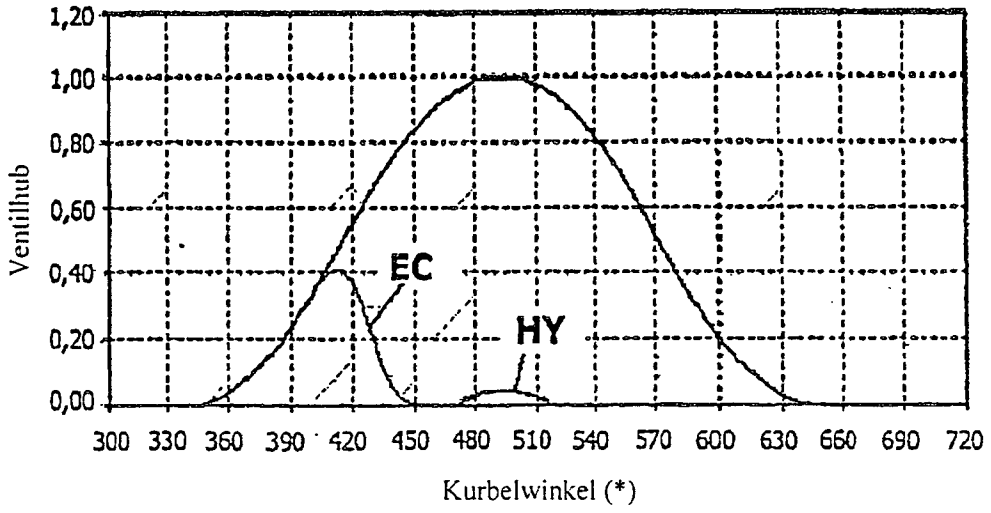

1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Ventilhub
EC
HY
300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720
Kurbelwinkel (*)

FIG. 6

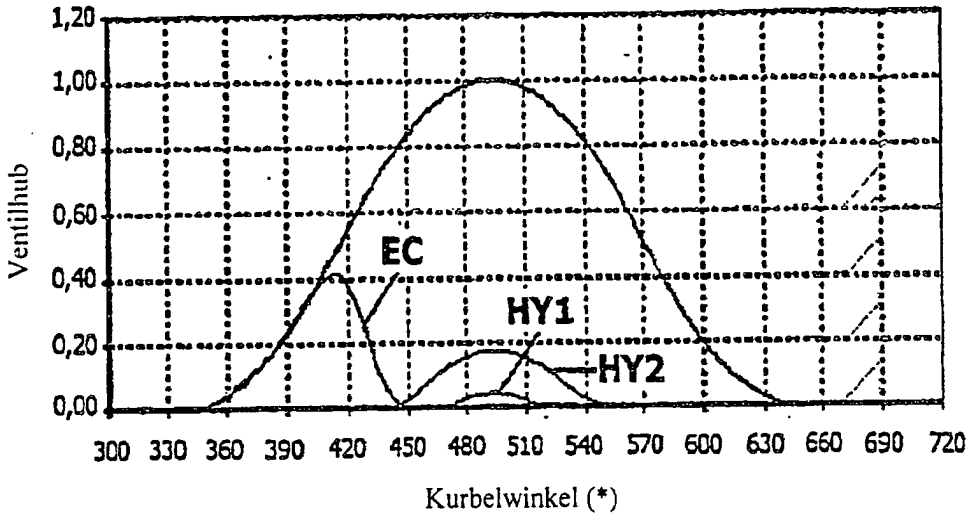

1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Ventilhub
EC
HY1
HY2
300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720
Kurbelwinkel (*)

FIG. 7

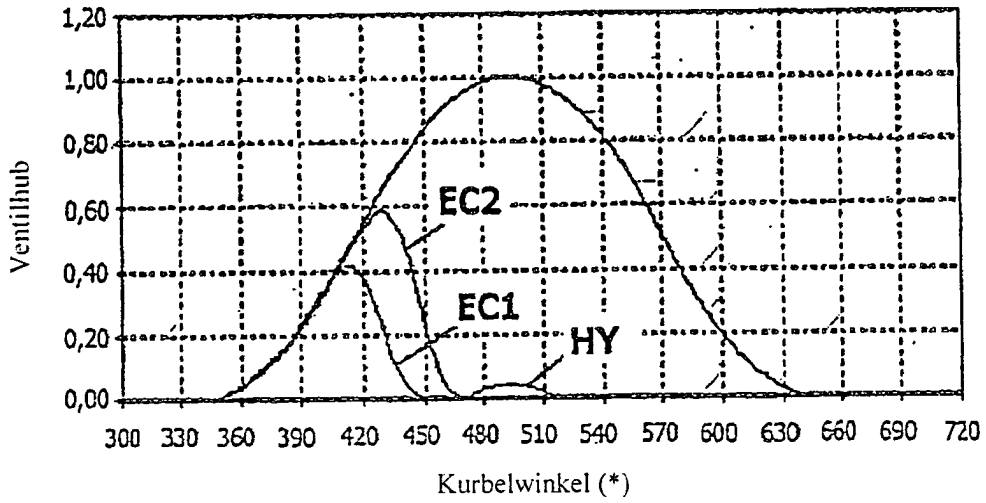
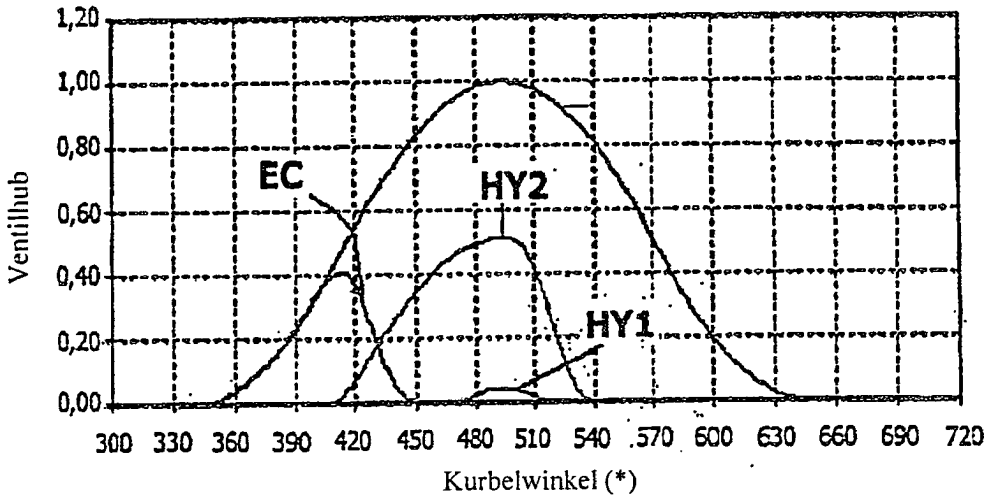

1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Ventilhub
EC2
EC1
HY
300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720
Kurbelwinkel (*)

FIG. 8


1,20
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
Ventilhub
EC
HY2
HY1
300 330 360 390 420 450 480 510 540 570 600 630 660 690 720
Kurbelwinkel (*)