



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.04.2005 Patentblatt 2005/14

(51) Int Cl.7: **F01L 3/08, F01L 13/00**

(21) Anmeldenummer: **03103656.9**

(22) Anmeldetag: **02.10.2003**

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

- **Kluge, Torsten**
51491, Overath (DE)
- **Verpoort, Clemens Maria**
52074, Aachen (DE)
- **Broda, Maik**
52249, Eschweiler (DE)

(71) Anmelder: **Ford Global Technologies, LLC, A
subsidiary of Ford Motor Company
Dearborn, MI 48126 (US)**

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten, Dr.-Ing. et al
Ford-Werke Aktiengesellschaft,
Patentabteilung NH/DRP,
Henry-Ford-Strasse 1
50725 Köln (DE)**

(72) Erfinder:
• **Figura, Michael Georg**
41542, Dormagen (DE)

(54) **Variabel steuerbares Ventilsystem und Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils einer Brennkraftmaschine**

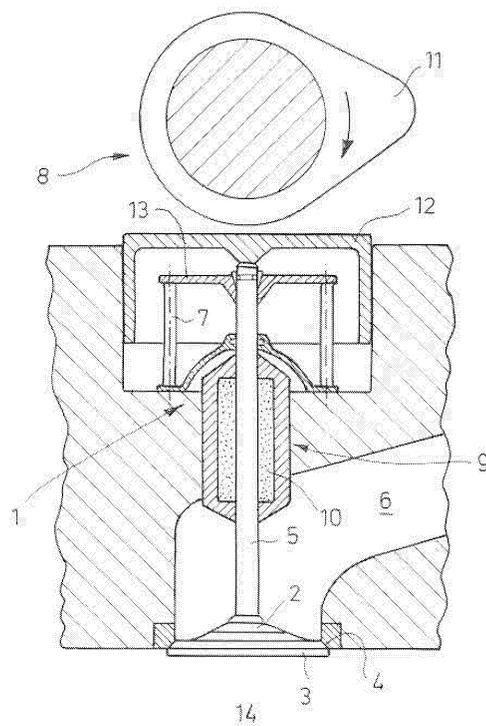
(57) Die Erfindung betrifft ein variabel steuerbares Ventilsystem (1) für eine Brennkraftmaschine mit einem Ventil (2), das zwischen einer Ventilschließstellung und einer Ventiloffenstellung bewegbar ist, um eine Einlaß- oder Auslaßöffnung einer Brennkammer der Brennkraftmaschine freizugeben bzw. zu versperren, mit Ventildfedermitteln (7), um das Ventil (2) in Richtung Ventilschließstellung vorzuspannen, und einer Ventilantriebs-einrichtung (8), um das Ventil entgegen der Vorspannkraft der Ventildfedermittel (7) zu öffnen.

Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur variablen Steuerung eines derartigen Ventilsystems (1).

Es soll ein variabel steuerbares Ventilsystem (1) bereitgestellt werden, mit dem die Steuerzeiten in möglichst vorteilhafter Weise beeinflussbar sind und mit dem die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden, und das insbesondere eine Steuerung des Schließvorganges ermöglicht. Ein entsprechendes Verfahren soll ebenfalls aufgezeigt werden.

Erreicht wird dies dadurch, daß ein Ventilsystem (1) der gattungsbildenden Art mit einer steuerbaren Klemmvorrichtung (9) mit Klemmelement (10) ausgestattet wird, mit welcher die Bewegung des Ventils (2) zumindest teilweise unabhängig bzw. entgegen den von den Ventildfedermitteln (7) auf das Ventil (2) ausgeübten Kräften beeinflussbar und damit steuerbar ist.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein variabel steuerbares Ventilsystem für eine Brennkraftmaschine mit einem Ventil, das zwischen einer Ventilschließstellung und einer Ventiloffenstellung bewegbar ist, um eine Einlaß- oder Auslaßöffnung einer Brennkammer der Brennkraftmaschine freizugeben bzw. zu versperren, mit Ventildermitteln, um das Ventil in Richtung Ventilschließstellung vorzuspannen, und einer Ventilantriebseinrichtung, um das Ventil entgegen der Vorspannkraft der Ventildermittel zu öffnen.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils einer Brennkraftmaschine mit einem Ventil, das zwischen einer Ventilschließstellung und einer Ventiloffenstellung bewegbar ist, um eine Einlaß- oder Auslaßöffnung einer Brennkammer der Brennkraftmaschine freizugeben bzw. zu versperren, mit Ventildermitteln, um das Ventil in Richtung Ventilschließstellung vorzuspannen, und einer Ventilantriebseinrichtung, um das Ventil entgegen der Vorspannkraft der Ventildermittel zu öffnen.

[0003] Aufgrund der begrenzten Ressourcen an fossilen Energieträgern, insbesondere aufgrund der begrenzten Vorkommen an Mineralöl als Rohstoff für die Gewinnung von Brennstoffen für den Betrieb von Verbrennungskraftmaschinen, ist man bei der Entwicklung von Verbrennungsmotoren ständig bemüht, den Kraftstoffverbrauch zu minimieren, wobei eine verbesserte d. h. effektivere Verbrennung im Vordergrund der Bemühungen steht.

[0004] Problematisch ist der Kraftstoffverbrauch und damit der Wirkungsgrad insbesondere bei Ottomotoren. Der Grund hierfür liegt im prinzipiellen Arbeitsverfahren des Ottomotors. Der Ottomotor arbeitet mit einem homogenen Brennstoff-Luftgemisch, daß - sofern keine Direkteinspritzung vorliegt - durch äußere Gemischbildung aufbereitet wird, indem in die angesaugte Luft im Ansaugtrakt Kraftstoff eingebracht wird. Die Einstellung der gewünschten Leistung erfolgt durch Veränderung der Füllung des Brennraumes, so daß dem Arbeitsverfahren des Ottomotors - anders als beim Dieselmotor - eine Quantitätsregelung zugrunde liegt.

[0005] Diese Laststeuerung erfolgt in der Regel mittels einer im Ansaugtrakt vorgesehenen Drosselklappe. Durch Verstellen der Drosselklappe kann der Druck der angesaugten Luft hinter der Drosselklappe mehr oder weniger stark reduziert werden. Je weiter die Drosselklappe geschlossen ist d. h. je mehr sie den Ansaugtrakt versperrt desto höher ist der Druckverlust der angesaugten Luft über die Drosselklappe hinweg und desto geringer ist der Druck der angesaugten Luft hinter der Drosselklappe und vor dem Einlaß in den Brennraum. Bei konstantem Brennraumvolumen kann auf diese Weise über den Druck der angesaugten Luft die Luftmenge d. h. die Quantität eingestellt werden. Dies erklärt auch, weshalb sich diese Art der Quantitätsregelung gerade im Teillastbereich als nachteilig erweist, denn ge-

ringe Lasten erfordern eine hohe Drosselung und Druckabsenkung im Ansaugtrakt.

[0006] Die Quantitätsregelung mittels Drosselklappe hat thermodynamische Nachteile. Aufgrund der Druckabsenkung der angesaugten Luft wird der vier Takte umfassende Kreisprozeß thermodynamisch nachteilig beeinflusst, da durch die Drosselung der innere Mitteldruck p_{mi} infolge des reduzierten Drucks der angesaugten Luft und den damit verbundenen größeren Ladungswechselverlusten absinkt. Zusammen mit dem Hubvolumen V_h ergibt der innere Mitteldruck p_{mi} die gewonnene Arbeit pro Arbeitspiel W_A . Es gilt:

$$p_{mi} \cdot V_h - \int p \, dV - W_A$$

[0007] Um die beschriebenen Drosselverluste zu senken, wurden verschiedene Strategien zur Laststeuerung entwickelt, die sich im Stand der Technik wiederfinden.

[0008] Ein Lösungsansatz zur Entdrosselung des ottomotorischen Arbeitsverfahrens besteht in der Verwendung eines variablen Ventiltriebs. Im Gegensatz zu konventionellen Ventiltrieben, bei denen sowohl der Hub der Ventile als auch die Steuerzeiten, d. h. die Öffnungs- und Schließzeiten der Einlaß- und Auslaßventile, bedingt durch die nicht flexible, da nicht verstellbare Mechanik des Ventiltriebes als unveränderliche Größen vorgegeben sind, können diese den Verbrennungsprozeß und damit den Kraftstoffverbrauch beeinflussenden Parameter mittels variabler Ventiltriebe mehr oder weniger stark variiert werden. Die ideale Lösung wäre eine voll variable Ventilsteuerung, die für jeden beliebigen Betriebspunkt des Ottomotors speziell abgestimmte Werte für den Hub und die Steuerzeiten zuläßt.

[0009] Spürbare Kraftstoffeinsparungen können aber auch mit nur teilweise variablen Ventiltrieben erzielt werden. Ein solcher Ventiltrieb ist beispielsweise der VALVETRONIC Ventiltrieb von BMW, wie er in der Motor-technischen Zeitung, Jahrgang 2001, Heft 6, Seite 18 beschrieben wird.

[0010] Bei diesem Ventiltrieb kann die Schließzeit des Einlaßventils und der Einlaßventilhub variiert werden. Hierdurch ist eine drosselfreie und damit verlustfreie Laststeuerung möglich.

Die während des Ansaugvorganges in den Brennraum einströmende Gemischmasse wird dabei nicht wie bei konventionellen Ottomotoren mittels einer im Ansaugtrakt angeordneten Drosselklappe gesteuert d. h. bemessen, sondern über den Einlaßventilhub und die Öffnungsdauer des Einlaßventils.

[0011] Ein Ventilsystem der gattungsbildenden Art beschreibt auch die EP 312 216 A2. Das offenbarte Ventilsystem ist ausgestattet mit einer Ventilantriebseinrichtung, die eine Kipphebelwelle umfaßt, auf der ein erster Kipphebel drehbar angeordnet ist, der in Gleitkontakt mit dem Einlaßnocken steht, und des weiteren ein zweiter Kipphebel drehbar angeordnet ist, der am oberen

Ende des Einlaßventils anliegt. Der erste Kipphebel und der zweite Kipphebel sind gegeneinander verschwenkbar und über eine Torsionsfeder in der Art gekoppelt, daß ungeachtet einer Betätigung der Ventiltriebseinrichtung, das Einlaßventil in seiner geschlossenen Stellung gehalten wird und die aufgebrachte Ventilöffnungskraft in der Torsionsfeder zwischengespeichert werden kann. Um das Einlaßventil auch bei Kraftbeaufschlagung durch den zweiten Kipphebel in seiner geschlossenen Stellung zu halten, wird ein elektromagnetisches Stellglied verwendet. Dieses Stellglied umfaßt einen Elektromagneten, dessen Aktivierung eine Anziehung eines an dem Einlaßventil angeordneten magnetischen Elementes und damit ein Schließen des Einlaßventils bewirkt. Hierzu ist es erforderlich, daß die Anziehungskraft des Elektromagneten und die Federkraft der Ventildfederstellen größer sind als die Rückstellkräfte der Torsionsfeder.

[0012] Mit einem derartigen Ventilbetätigungssystem ist es jedoch nur möglich den Schließvorgang des Einlaßventils zu beschleunigen. Damit kann auf die Steuerzeit "Einlaß schließt" nur in der Art Einfluß genommen werden, daß der Zeitpunkt, zu dem das Einlaßventil schließt, nach früh verlegt wird, d. h. früher zu schließen als dies ohne elektromagnetisches Stellglied unter alleiniger Verwendung einer mechanischen Ventiltriebseinrichtung der Fall wäre. Die Variation der Steuerzeiten ist damit sehr beschränkt. Zudem weist dieses Ventilsystem Nachteile beim tatsächlichen Schließvorgang des Ventils auf, wenn der Ventilteller im Ventilsitz zur Anlage gebracht wird. Dieser Moment des Schließvorganges ist überaus kritisch, da ein zu schnelles Auftreffen des Ventils im Ventilsitz Beschädigungen hervorrufen kann. Das Ventil sollte also eigentlich während dieser Phase des Schließvorganges verzögert werden.

[0013] Die Verwendung eines variablen Ventiltriebs ist nicht nur im Hinblick auf die bereits beschriebene Entdrosselung der Brennkraftmaschine und eine damit verbundene Verbrauchsoptimierung der Brennkraftmaschine vorteilhaft, sondern auch im Hinblick auf die Problematik, die sich aus einer starren Steuerzeit einerseits und einer variablen Drehzahl andererseits ergibt, da hier immer ein Kompromiß gefunden werden muß, der dem gesamten Drehzahlbereich Rechnung trägt.

[0014] So beeinflusst die Steuerzeit, zu der das Einlaßventil schließt, die Füllung des Brennraums und damit die Drehmomentencharakteristik der Brennkraftmaschine. Bei niedrigen Drehzahlen ist es vorteilhaft, das Einlaßventil früh zu schließen, was jedoch bei hohen Drehzahlen, insbesondere bei der Nenndrehzahl, zu ungewollten Füllungsverlusten führt. Daher wird bei hohen Drehzahlen bevorzugt, das Einlaßventil spät zu schließen, um in diesem Drehzahlbereich eine gute Füllung des Brennraums sicherzustellen. Ein spätes Schließen des Einlaßventils führt aber durch teilweises Ausschleichen der frisch angesaugten Zylinderladung zu Füllungsverlusten bei niedrigen Drehzahlen. Eine feste Steuerzeit bildet daher immer einen Kompromiß zwi-

schen den beiden oben beschriebenen, kollidierenden Szenarien. Ideal ist es, wenn die Steuerzeit, zu der das Einlaßventil schließt, variabel steuerbar ist, was mittels eines variablen Ventiltriebs realisiert werden kann. Bei niedrigen Drehzahlen könnte dann das Einlaßventil früh, bei hohen Drehzahlen spät geschlossen werden.

[0015] Ein weiterer Anwendungsfall für eine variable Ventilsteuerung ist die Variation der sogenannten Ventilüberschneidung d. h. der Kurbelwinkelbereich, in dem das Auslaßventil bei geöffnetem Einlaßventil noch nicht geschlossen ist. Im Bereich dieser Ventilüberschneidung kann es zu Spülverlusten kommen, wobei ein Teil des angesaugten Gemisches durch den Brennraum strömt ohne an der Verbrennung teilzunehmen. Dies führt einerseits zu schlechteren Wirkungsgraden, aber andererseits zu einer größeren Zylinderfüllung und damit zu einer höheren Leistung. Bei niedrigen Drehzahlen wird eine kleinere und bei größeren Drehzahlen eine größere Ventilüberschneidung angestrebt. Eine variable Ventilsteuerung ermöglicht eine Variation der Ventilüberschneidung in Abhängigkeit von der Drehzahl.

[0016] Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein variabel steuerbares Ventilsystem der gattungsbildenden Art bereitzustellen, mit dem die Steuerzeiten in möglichst vorteilhafter Weise beeinflussbar sind und mit dem die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden, und das insbesondere eine Steuerung des Schließvorganges ermöglicht.

[0017] Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils einer Brennkraftmaschine bereitzustellen.

[0018] Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch ein variabel steuerbares Ventilsystem für eine Brennkraftmaschine mit einem Ventil, das zwischen einer Ventilschließstellung und einer Ventiloffenstellung bewegbar ist, um eine Einlaß- oder Auslaßöffnung einer Brennkammer der Brennkraftmaschine freizugeben bzw. zu versperren, mit Ventildfedermitteln, um das Ventil in Richtung Ventilschließstellung vorzuspannen, und einer Ventiltriebseinrichtung, um das Ventil entgegen der Vorspannkraft der Ventildfedermittel zu öffnen, und das dadurch gekennzeichnet ist, daß eine steuerbare Klemmvorrichtung mit Klemmelement vorgesehen ist, mit welcher die Bewegung des Ventils zumindest teilweise unabhängig bzw. entgegen den von den Ventildfedermitteln auf das Ventil ausgeübten Kräften beeinflussbar und damit steuerbar ist. Vorzugsweise ist das Ventil ein Hubventil.

[0019] Bei dem erfindungsgemäßen Ventilsystem kann unmittelbar Einfluß auf den Schließvorgang des Ventils genommen werden. Durch Aktivierung der Klemmvorrichtung ist es beispielsweise möglich, das Ventil bei maximalem Ventilhub zu halten und dies entgegen den von den Ventildfedermitteln auf das Ventil ausgeübten Kräften, die das Ventil in Richtung Ventilschließstellung drücken wollen. Bei Verwendung eines Nockens und eines Stößels als Ventiltriebseinrich-

tung geht dabei zwar der Kraftschluß zwischen Nocken und Stößel verloren. Im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten Ventilsystemen, bei denen ein Abheben des Nockens vom Stößel gerade vermieden werden soll, ist der Verlust des Kraftschlusses zwischen Nocken und Stößel bei dem erfindungsgemäßen Ventilsystem unumgänglich und ein wesentlicher Bestandteil der variablen Steuerung, der durch Einsatz einer Klemmvorrichtung bewußt herbeigeführt wird.

[0020] Anders als bei dem in der EP 312 216 A2 beschriebenen Ventilsystem, welches den Schließvorgang zwar beschleunigen, aber nicht verzögern kann, treten bei dem erfindungsgemäßen Ventilsystem auch keine Nachteile beim tatsächlichen Schließvorgang des Ventils auf, wenn der Ventilteller im Ventilsitz zur Anlage gebracht wird. Zur Vermeidung von Beschädigungen sollte ein zu schnelles Auftreffen des Ventils vermieden und das Ventil während dieser Phase des Schließvorganges verzögert werden. Ein Erfordernis, dem das beanspruchte Ventilsystem anders als das in der EP 312 216 A2 beschriebene Ventilsystem nachkommt, und dies, ohne daß ein modular aufgebauter Kipphebel mit Torsionsfeder zu Speicherung der Schließkräfte notwendig wäre.

[0021] Im Gegensatz zu der aus dem Stand der Technik bekannten Beschleunigung des Schließvorganges wird mit dem erfindungsgemäßen Ventilsystem, dem die Verzögerung des Schließvorganges immanent ist, ein völlig andere Ansatz gewählt, der die aufgezeigten Vorteile mit sich bringt. Weitere wesentliche Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Zusammenhang mit der Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen erläutert.

[0022] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des variabel steuerbaren Ventilsystems, bei denen das Ventil ein Einlaßventil ist. Wie bereits beschrieben, beeinflusst die Steuerzeit, zu der das Einlaßventil schließt, die Füllung des Brennraums. Das erfindungsgemäße Ventilsystem ermöglicht es, die Schließbewegung des Einlaßventils mittels der Klemmvorrichtung zu verzögern und damit den Schließvorgang zu steuern. Ungewollte Füllungsverluste können vermieden werden, indem bei niedrigen Drehzahlen das Einlaßventil früh und bei hohen Drehzahlen spät geschlossen wird. Dafür wird die verwendete Ventilantriebseinrichtung auf ein frühes Schließen des Einlaßventils ausgelegt. Die Verschiebung der Schließzeit des Einlaßventils nach spät erfolgt dann über die Verzögerung des Schließvorganges mittels Klemmvorrichtung nach spät. Des Weiteren kann über eine Variation der Steuerzeit, bei der das Einlaßventil schließt, eine Laststeuerung erfolgen, was zu einer Entdrosselung der Brennkraftmaschine beiträgt.

[0023] Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des variabel steuerbaren Ventilsystems, bei denen das Ventil ein Auslaßventil ist. Dies ermöglicht eine Variation der Ventilüberschneidung d. h. des Kurbelwinkelbereichs, in dem das Auslaßventil bei geöffnetem Einlaßventil noch nicht geschlossen ist. Bei niedrigen Drehzahlen

kann das Ventil mittels der Ventilantriebseinrichtung und der Vorspannkraft der Ventulfedermitel geführt werden, ohne daß die Klemmvorrichtung aktiviert wird. Dies führt zu der bei kleineren Drehzahlen gewollten kleineren Ventilüberschneidung und einer guten Zylinderfüllung. Zu größeren Drehzahlen hin kann dann mit der Aktivierung der Klemmvorrichtung eine Verzögerung des Schließvorganges des Auslaßventils und damit eine größere Ventilüberschneidung realisiert werden. Dies führt zu einer guten Zylinderfüllung und einer hohen Leistung bei hohen Drehzahlen. Das beanspruchte Ventilsystem ermöglicht damit eine Variation der Ventilüberschneidung in Abhängigkeit von der Drehzahl.

[0024] Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des variabel steuerbaren Ventilsystems, bei denen die Klemmvorrichtung mit einem piezoelektrischen Element als Klemmelement ausgestattet ist. Vorteile bietet die Verwendung eines piezoelektrischen Elementes, da dieses kostengünstig ist und sich bereits bei vielen Anwendungen bewährt hat, so daß auch ausreichend Erfahrungen mit derartigen Elementen vorliegen.

[0025] Bei Anlegen einer Spannung kommt es zu geringfügigen Deformationen des piezoelektrischen Elementes, die aber bereits bei entsprechender Anordnung des Klemmelementes eine ausreichend große Klemmkraft auf das Ventil übertragen können. Außerdem ist die Deformation des piezoelektrischen Elementes und damit die Höhe der Klemmkraft und die Größe der Verzögerung des Ventils leicht über die Spannung regelbar.

[0026] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des variabel steuerbaren Ventilsystems, bei denen das Klemmelement um den Schaft des Hubventils herum angeordnet ist und die Klemmkräfte über den Schaft auf das Ventil ausübt. Eine Aktivierung des piezoelektrischen Elements bringt dann dieses ringförmig um den Ventilschaft angeordnete Element zur Anlage mit dem Schaft. Zwischen Klemmelement und Ventilschaft werden Reibungskräfte aufgebaut, die als Klemmkräfte wirken.

[0027] Grundsätzlich sind aber auch andere Klemmvorrichtungen bzw. Klemmelemente einsetzbar. Beispielsweise eine rein mechanische Klemmvorrichtung, die über eine Verstellvorrichtung ein Klemmelement mit dem Ventil in Eingriff bringt, so daß eine Verzögerung hervorgerufen wird. Eine um das Ventil angeordnete Spule könnte als berührungsloses Klemmelement eine Klemmkraft auf das Ventil ausüben.

[0028] Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des variabel steuerbaren Ventilsystems, bei denen die Ventilantriebseinrichtung eine pneumatische oder elektromagnetische Ventilantriebseinrichtung ist. Bei Verwendung derartiger Ventilantriebseinrichtungen besteht nämlich im Gegensatz zu einer rein mechanischen, nicht flexiblen Ventilantriebseinrichtung die zusätzliche Möglichkeit mittels der Klemmvorrichtung die Bewegung des Ventils auch entgegen den von der Ventilantriebseinrichtung auf das Ventil ausgeübten Kräfte zu beeinflussen und zu steuern. Damit kann dann auch der

Öffnungsvorgang des Ventils beeinflusst d. h. verzögert werden.

[0029] Vorteilhaft sind aber auch Ausführungsformen des variabel steuerbaren Ventilsystems, bei denen die Ventilantriebseinrichtung einen Nocken und einen Stößel umfaßt, wobei die Kontur des Nockens in dem Bereich, der für das Öffnen des Ventils zuständig ist, in der Art ausgebildet ist, daß oberhalb einer vorgebbaren Drehzahl der Kraftschluß zwischen Stößel und Nocken beim Öffnungsvorgang verloren geht. Diese vorteilhaft Ausführungsform eines Ventilsystems mit rein mechanischer Ventilantriebseinrichtung - einem Nocken und einem Stößel - ermöglicht wie bei der oben beschriebenen pneumatischen oder elektromagnetischen Ventilantriebseinrichtung die zusätzliche Möglichkeit, die Bewegung des Ventils mittels der Klemmvorrichtung auch während des Öffnungsvorgangs zu beeinflussen und damit zu steuern und zwar in den Zeitspannen, in denen kein Kraftschluß zwischen Stößel und Nocken vorliegt. Damit kann auch der Öffnungsvorgang des Ventils bei Verwendung rein mechanischer Ventilantriebseinrichtung beeinflusst werden.

[0030] Des weiteren ermöglicht diese Ausführungsform, bei der das Ventil gewissermaßen in den Brennraum hinein geworfen wird, eine sehr schnelle Öffnung der Ventileinlaß- bzw. Auslaßöffnung und damit die gewünschte schnelle Freigabe großer Strömungsquerschnitte.

[0031] Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des variabel steuerbaren Ventilsystems, bei denen die Ventilantriebseinrichtung einen zwischen Nocken und Stößel angeordneten Kipphebel umfaßt, der modular aufgebaut ist und einen ersten und einen zweiten Kipphebel umfaßt, wobei der erste und der zweite Kipphebel mittels eines Federelementes in der Art gegeneinander vorgespannt sind, daß der erste Kipphebel zum Nocken und der andere Kipphebel zum Stößel hin verschwenkt wird.

[0032] Auch diese Ausführungsform einer Ventilantriebseinrichtung eröffnet die zusätzliche Möglichkeit, die Bewegung des Ventils mittels der Klemmvorrichtung entgegen den von der Ventilantriebseinrichtung auf das Ventil ausgeübten Kräften zu beeinflussen d. h. zu verzögern, wobei die von der Ventilantriebseinrichtung aufgebrauchten Öffnungskräfte von dem Federelement, welches den ersten und den zweiten Kipphebel gegeneinander vorspannt, zwischengespeichert wird.

[0033] Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe wird durch ein Verfahren der gattungsbildenden Art gelöst, das dadurch gekennzeichnet ist, daß eine steuerbare Klemmvorrichtung mit Klemmelement verwendet wird, mit welcher die Bewegung des Ventils zumindest teilweise unabhängig bzw. entgegen den von den Ventildfermitteln auf das Ventil ausgeübten Kräften beeinflusst und gesteuert wird.

[0034] Die Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens zur variablen Steuerung eines Ventils einer Brennkraftmaschine wurden bereits ausführlich im Rahmen

der Erläuterung des Ventilsystems erörtert. Das Verfahren zeichnet sich insbesondere dadurch aus, daß die Steuerzeiten mit einfachen Mitteln beeinflusst d. h. variiert werden können, wobei das Grundprinzip des beanspruchten Verfahrens nicht wie bei herkömmlichen Verfahren in einer Beschleunigung des Schließvorganges zu finden ist, sondern im Gegenteil eine Verzögerung der Schließbewegung gelehrt wird, wodurch auch die Nachteile bei einem zu schnellen Aufsetzen des Ventiltellers im Ventilsitz vermieden werden. Zudem kann bei entsprechender Ventilantriebseinrichtung auch der Öffnungsvorgang beeinflusst werden.

[0035] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen als Klemmelement ein piezoelektrisches Element verwendet wird. Die Verwendung dieses Klemmelementes ermöglicht eine Klemmvorrichtung mit nur wenigen Bauteilen, die darüber hinaus kostengünstig und wenig störanfällig ist. Weiteren Anforderungen an das Klemmventil, wie sie sich durch den Einsatz in einer Brennkraftmaschine ergeben, erfüllt das piezoelektrische Element ebenso. Insbesondere hat es nur einen geringen Raumbedarf und weist nur eine geringe Temperaturempfindlichkeit auf.

[0036] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Klemmvorrichtung während des Schließvorganges des Ventils aktiviert wird, so daß der Schließvorgang verlangsamt wird. Die Effekte, welche über eine Variation des Schließvorganges herbeigeführt werden können, und die entsprechenden Steuerungsstrategien wurden bereits dargelegt.

[0037] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Klemmvorrichtung kurz vor Beendigung des Schließvorganges des Ventils aktiviert wird, um ein langsames Schließen zu ermöglichen. Diese Ausführungsform des Verfahrens ermöglicht ein sanftes Schließen des Ventils d. h. ein langsames, schonendes Einsetzen des Ventiltellers im Ventilsitz zur Vermeidung von Beschädigungen.

[0038] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen als Ventilantriebseinrichtung eine pneumatische oder elektromagnetische Ventilantriebseinrichtung verwendet wird. Diese Ausführungsform des Verfahrens gestattet die Verzögerung des Öffnungsvorganges des Ventils.

[0039] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen eine Ventilantriebseinrichtung verwendet wird, die einen Nocken und einen Stößel umfaßt, wobei vorzugsweise die Kontur des Nockens in dem Bereich, der für das Öffnen des Ventils zuständig ist, in der Art ausgebildet ist, daß oberhalb einer vorgebbaren Drehzahl der Kraftschluß zwischen Stößel und Nocken verloren geht. Diese Verfahrensvariante ermöglicht ebenfalls die Verzögerung des Öffnungsvorganges des Ventils zumindest in Teilbereichen.

[0040] Vorteilhaft sind ebenso Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen eine Ventilantriebseinrichtung verwendet wird, die einen zwischen Nocken und Stößel angeordneten Kipphebel umfaßt, der modular

aufgebaut ist und einen ersten und einen zweiten Kipphebel umfaßt, wobei der erste und der zweite Kipphebel mittels eines Federelementes in der Art gegeneinander vorgespannt sind, daß der erste Kipphebel zum Nocken und der andere Kipphebel zum Stößel hin verschwenkt wird.

[0041] Die beiden letztgenannten Verfahrensvarianten ermöglichen ebenso wie bei Einsatz einer pneumatische oder elektromagnetische Ventilantriebseinrichtung die Verzögerung des Öffnungsvorganges.

[0042] Vorteilhaft sind aber gerade Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Klemmvorrichtung sowohl während Schließvorganges als auch während des Öffnungsvorganges des Ventils aktiviert werden kann, so daß der Öffnungsvorgang neben dem Schließvorgang steuerbar wird. Auf diese Weise gewinnt die variable Ventilsteuerung zusätzliche Freiheitsgrade, was zu einer zusätzlichen Flexibilität bei der Ventilsteuerungsstrategie führt.

[0043] Das erfindungsgemäße Verfahren kann darüber hinaus mit anderen Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils kombiniert und ergänzt werden. Vorteilhaft ist insbesondere die Kombination des beanspruchten Verfahrens mit einem elektromagnetischen Ventiltrieb, bei dem gerade der Schließvorgang durch zu hartes Aufsetzen des Ventiltellers im Ventilsitz geprägt ist. Dem kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren abgeholfen werden.

[0044] Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels gemäß der Figur 1 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 schematisch eine erste Ausführungsform des variabel steuerbaren Ventilsystems

Figur 1 zeigt schematisch eine erste Ausführungsform des variabel steuerbaren Ventilsystems 1 für eine Brennkraftmaschine.

[0045] Das Ventilsystem 1 umfaßt ein Hubventil 2, das zwischen einer Ventilschließstellung und einer Ventilloffenstellung bewegbar ist, um einen Einlaß 6 der Brennkammer 14 der Brennkraftmaschine freizugeben bzw. zu versperren. Die in Figur 1 dargestellte Momentaufnahme zeigt das Ventil 2 in der Schließstellung, in der der Ventilteller 3 des Ventils 2 im Ventilsitz 4 angeordnet ist und den Brennraum 14 gegenüber dem Einlaß 6 abdichtet.

[0046] Das Ventilsystem 1 ist mit Ventildfedermitteln 7 ausgestattet, um das Ventil 2 in Richtung Ventilschließstellung vorzuspannen. Hierzu ist eine Halterung 13 vorgesehen, die am Ende des Ventilschaftes 5 befestigt ist und an der sich die Ventildfedermittel 7 abstützen.

[0047] Um das Ventil 2 entgegen der Vorspannkraft der Ventildfedermittel 7 zu öffnen ist eine mechanische Ventilantriebseinrichtung 8 vorgesehen, die einen Nocken 11 und einen Stößel 12 umfaßt. Bei Drehung des

Nockens 11 wird der Stößel 12 entgegen der Vorspannkraft der Ventildfedermittel 7 nach unten bewegt, wobei er den Schaft 5 des Ventils 2 in Richtung Brennraum 14 verschiebt, so daß der Einlaß 6 freigegeben wird. Nach Erreichen des maximalen Ventilhubes folgt der Schließvorgang. Bei deaktivierter Klemmvorrichtung 9 führen die an der Halterung 13 und dem Schaft 5 angreifenden Federkräfte der Ventildfedermittel 7 das Ventil 2 in Richtung Ventilschließstellung, wobei gleichzeitig der Stößel 12 in seine Ausgangsposition gebracht wird. Dabei sorgen die Federkräfte der Ventildfedermittel 7 auch für einen ausreichenden Kraftschluß zwischen Nocken 11 und Stößel 12 und verhindern ein Abheben.

[0048] Um nun den Schließvorgang des Ventils 5 zu verzögern, ist das Ventilsystem 1 mit einer steuerbaren Klemmvorrichtung 9 ausgestattet, die ein piezoelektrisches Element 10 als Klemmelement 10 umfaßt. Mit Hilfe dieser Klemmvorrichtung 9 kann die Bewegung des Ventils 2 entgegen den von den Ventildfedermitteln 7 auf das Ventil 2 ausgeübten Kräften beeinflusst d.h. verzögert werden. Unter Berücksichtigung der sich zeitlich ändernden Federkräfte kann der Schließvorgang durch Variation der Klemmkräfte völlig frei gesteuert werden. Dabei wird der Kraftschluß zwischen Nocken 11 und Stößel 12 aufgehoben. Übersteigen die Klemmkräfte die momentanen Federkräfte kommt das Ventil 2 zum Stehen.

Bezugszeichen

[0049]

1	Ventilsystem
2	Ventil
3	Ventilteller
4	Ventilsitz
5	Ventilschaft
6	Einlaß
7	Ventildfedermittel
8	Ventilantriebseinrichtung
9	Klemmvorrichtung
10	Klemmelement, piezoelektrisches Element
11	Nocken
12	Stößel
13	Halterung
14	Brennkammer

Patentansprüche

1. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) für eine Brennkraftmaschine mit einem Ventil (2), das zwischen einer Ventilschließstellung und einer Ventilloffenstellung bewegbar ist, um eine Einlaß- oder Auslaßöffnung einer Brennkammer der Brennkraftmaschine freizugeben bzw. zu versperren, mit Ventildfedermitteln (7), um das Ventil (2) in Richtung Ventilschließstellung vorzuspannen, und einer Ventil-

- antriebseinrichtung (8), um das Ventil entgegen der Vorspannkraft der Ventildfedermitte (7) zu öffnen, **dadurch gekennzeichnet, daß**
eine steuerbare Klemmvorrichtung (9) mit Klemmelement (10) vorgesehen ist, mit welcher die Bewegung des Ventils (2) zumindest teilweise unabhängig bzw. entgegen den von den Ventildfedermitte (7) auf das Ventil (2) ausgeübten Kräften beeinflussbar und damit steuerbar ist.
2. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß**
das Ventil (2) ein Hubventil (2) ist.
3. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß**
das Ventil (2) ein Einlaßventil ist.
4. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß**
das Ventil (2) ein Auslaßventil ist.
5. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Klemmvorrichtung (9) mit einem piezoelektrischen Element (10) als Klemmelement (10) ausgestattet ist.
6. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß**
das Klemmelement (10) um den Schaft (5) des Hubventils (2) herum angeordnet ist und Klemmkraft über den Schaft (5) auf das Ventil (2) ausübt.
7. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Ventilantriebseinrichtung (8) eine pneumatische oder elektromagnetische Ventilantriebseinrichtung ist.
8. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Ventilantriebseinrichtung (8) einen Nocken (11) und einen Stößel (12) umfaßt.
9. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Kontur des Nockens (11) in dem Bereich, der für das Öffnen des Ventils (2) zuständig ist, in der Art ausgebildet ist, daß oberhalb einer vorgebbaren Drehzahl der Kraftschluß zwischen Stößel (12) und Nocken (11) verloren geht.
10. Variabel steuerbares Ventilsystem (1) nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Ventilantriebseinrichtung (8) einen zwischen Nocken (11) und Stößel (12) angeordneten Kipphebel umfaßt, der modular aufgebaut ist und einen ersten und einen zweiten Kipphebel umfaßt, wobei der erste und der zweite Kipphebel mittels eines Federelementes in der Art gegeneinander vorgespannt sind, daß der erste Kipphebel zum Nocken (11) und der andere Kipphebel zum Stößel (12) hin verschwenkt wird.
11. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (2) einer Brennkraftmaschine mit einem Ventil (2), das zwischen einer Ventilschließstellung und einer Ventilloffnung bewegbar ist, um eine Einlaß- oder Auslaßöffnung einer Brennkammer der Brennkraftmaschine freizugeben bzw. zu versperren, mit Ventildfedermitte (7), um das Ventil (2) in Richtung Ventilschließstellung vorzuspannen, und einer Ventilantriebseinrichtung (8), um das Ventil (2) entgegen der Vorspannkraft der Ventildfedermitte (7) zu öffnen, **dadurch gekennzeichnet, daß**
eine steuerbare Klemmvorrichtung (9) mit Klemmelement (10) verwendet wird, mit welcher die Bewegung des Ventils (2) zumindest teilweise unabhängig bzw. entgegen den von den Ventildfedermitte (7) auf das Ventil (2) ausgeübten Kräften beeinflusst und gesteuert wird.
12. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß**
als Klemmelement (10) ein piezoelektrisches Element (10) verwendet wird.
13. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Klemmvorrichtung (9) während des Schließvorganges des Ventils (2) aktiviert wird, so daß der Schließvorgang verlangsamt wird.
14. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, daß**
die Klemmvorrichtung (9) kurz vor Beendigung des Schließvorganges des Ventils (2) aktiviert wird, um ein sanftes Schließen zu ermöglichen.
15. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14,

dadurch gekennzeichnet, daß

als Ventilantriebseinrichtung (8) eine pneumatische oder elektromagnetische Ventilantriebseinrichtung verwendet wird.

5

16. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach einem der Ansprüche 11 bis 14,

dadurch gekennzeichnet, daß

eine Ventilantriebseinrichtung (8) verwendet wird, die einen Nocken (11) und einen Stößel (12) umfaßt.

10

17. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach Anspruch 16,

dadurch gekennzeichnet, daß

ein Nocken (11) verwendet wird, dessen Kontur in dem Bereich, der für das Öffnen des Ventils (2) zuständig ist, in der Art ausgebildet ist, daß oberhalb einer vorgebbaren Drehzahl der Kraftschluß zwischen Stößel (12) und Nocken (11) verloren geht.

15

20

18. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach Anspruch 16 oder 17,

dadurch gekennzeichnet, daß

eine Ventilantriebseinrichtung (8) verwendet wird, die einen zwischen Nocken (11) und Stößel (12) angeordneten Kipphebel umfaßt, der modular aufgebaut ist und einen ersten und einen zweiten Kipphebel umfaßt, wobei der erste und der zweite Kipphebel mittels eines Federelementes in der Art gegeneinander vorgespannt sind, daß der erste Kipphebel zum Nocken (11) und der andere Kipphebel zum Stößel (12) hin verschwenkt wird.

25

30

35

19. Verfahren zur variablen Steuerung eines Ventils (1) nach Anspruch 15, 17 oder 18,

dadurch gekennzeichnet, daß

die Klemmvorrichtung (9) während des Öffnungsvorganges des Ventils (2) aktiviert wird, so daß der Öffnungsvorgang steuerbar wird.

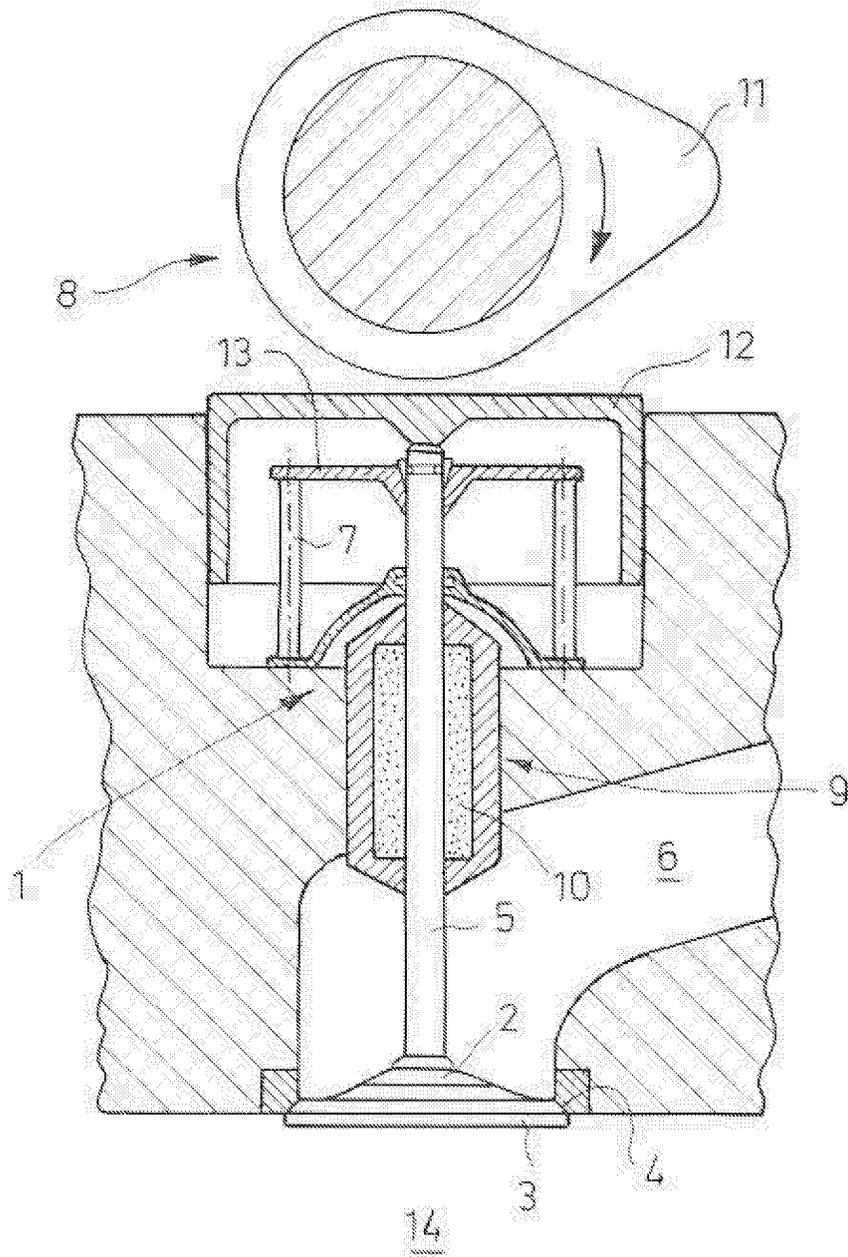
40

45

50

55

Fig.1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 10 3656

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 007, no. 287 (M-264), 21. Dezember 1983 (1983-12-21) -& JP 58 160506 A (NISSAN JIDOSHA KK), 24. September 1983 (1983-09-24)	1-4,6,11	F01L3/08 F01L13/00
Y	* Zusammenfassung *	5,7,8, 12-16	

X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no. 10, 31. August 1998 (1998-08-31) -& JP 10 121922 A (FUJI 00ZX INC), 12. Mai 1998 (1998-05-12)	1,2,4,6, 11	
Y	* Zusammenfassung *	5,7,8, 12,15, 16,19	

Y	US 6 477 997 B1 (WAKEMAN RUSSELL J) 12. November 2002 (2002-11-12) * Ansprüche 1,5; Abbildung 1 *	5,12-14, 19	

Y	DE 197 55 276 A (BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG) 17. Juni 1999 (1999-06-17) * Abbildung 1 *	7,15	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01L F02D

Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 018, no. 408 (M-1647), 29. Juli 1994 (1994-07-29) -& JP 06 117209 A (ISUZU MOTORS LTD), 26. April 1994 (1994-04-26) * Zusammenfassung *	8,16	

A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 042 (M-359), 22. Februar 1985 (1985-02-22) -& JP 59 183013 A (HINO JIDOSHA KOGYO KK), 18. Oktober 1984 (1984-10-18) * Zusammenfassung *	1,11	

	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 2. Februar 2004	Prüfer Clot, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 10 3656

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	DE 101 07 698 C (BOSCH GMBH ROBERT) 22. August 2002 (2002-08-22) * Absätze [0036]-[0038]; Abbildungen 1,2 * -----	1,11	
			RECHERCHIERTER SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 2. Februar 2004	Prüfer Clot, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2

EPO FORM 1503_03_82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 03 10 3656

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am

Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

02-02-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 58160506 A	24-09-1983	KEINE	
JP 10121922 A	12-05-1998	KEINE	
US 6477997 B1	12-11-2002	KEINE	
DE 19755276 A	17-06-1999	DE 19755276 A1	17-06-1999
JP 06117209 A	26-04-1994	KEINE	
JP 59183013 A	18-10-1984	KEINE	
DE 10107698 C	22-08-2002	DE 10107698 C1	22-08-2002
		WO 02066796 A1	29-08-2002
		EP 1364108 A1	26-11-2003

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82