

(19)



(11)

**EP 1 657 418 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**19.03.2008 Patentblatt 2008/12**

(51) Int Cl.:  
**F02D 41/04<sup>(2006.01)</sup> F02N 17/00<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **04105804.1**

(22) Anmeldetag: **16.11.2004**

(54) **Brennkraftmaschine und Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer Brennkraftmaschine**

Internal combustion engine and method of stop position control

Moteur à combustion interne et procédé pour le contrôle de l'arrêt du moteur

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

• **Kramer, Ulrich**  
**51427, Bergisch Gladbach (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**17.05.2006 Patentblatt 2006/20**

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

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

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 422 420 EP-A- 1 439 295**  
**WO-A-01/48373 WO-A-93/04278**  
**WO-A-03/012273 DE-A1- 10 123 037**  
**US-A1- 2004 159 297 US-B1- 6 195 985**

(72) Erfinder:  
• **Steiner, Bernd**  
**51467, Bergisch-Gladbach (DE)**  
• **Phlips, Patrick, Dr.**  
**50858, Köln (DE)**  
• **Grieser, Klemens**  
**40764, Langenfeld (DE)**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 1997, Nr. 02, 28. Februar 1997 (1997-02-28) & JP 08 261291 A (YAMAHA MOTOR CO LTD), 8. Oktober 1996 (1996-10-08)**

**EP 1 657 418 B1**

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).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle und einem Schwungrad, das auf der Kurbelwelle angeordnet ist.

**[0002]** Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer derartigen Brennkraftmaschine.

**[0003]** Zunächst soll auf die beiden explizit genannten Bauteile der Brennkraftmaschine, nämlich auf die Kurbelwelle und auf das Schwungrad, eingegangen werden, bevor auf das Verfahren und auf Vorrichtungen zur Durchführung eines solchen Verfahrens Bezug genommen wird.

**[0004]** Die Kurbelwelle einer Brennkraftmaschine nimmt die Pleuelstangenkräfte auf, die sich aus den Gaskräften infolge der Kraftstoffverbrennung im Brennraum und den Massenkräften infolge der ungleichförmigen Bewegung der Triebwerksteile zusammensetzen. Dabei wird die oszillierende Hubbewegung insbesondere der Kolben in eine rotierende Drehbewegung der Kurbelwelle transformiert. Die Kurbelwelle überträgt dabei das Drehmoment an den Antrieb und an das Schwungrad.

**[0005]** Die Kurbelwelle besitzt eine bestimmte Drehelastizität und bildet zusammen mit den an sie angelenkten Bauteilen, insbesondere den Pleuelstangen und Kolben, ein schwingungsfähiges System, welches durch die an den Kurbelzapfen angreifenden Gas- und Massenkräften zu Drehschwingungen angeregt werden kann.

**[0006]** Um die Drehschwingungen zu dämpfen, können Drehschwingungsdämpfer vorgesehen werden. Durch eine Relativbewegung der Masse des Schwingungsdämpfers zur Kurbelwelle wird ein Teil der Drehschwingungsenergie durch Reibungsarbeit abgebaut.

**[0007]** Zur Minderung der Drehzahlschwankungen wird die Masse des beschriebenen, schwingungsfähigen Systems durch die Anordnung eines Schwungrades auf der Kurbelwelle erhöht. Infolge der größeren Masse verfügt das System über eine erhöhte Trägheit, weshalb das System insgesamt unempfindlicher gegenüber Drehzahlschwankungen ist und die Drehbewegung der Kurbelwelle gleichförmiger wird. Das Schwungrad speichert Energie und gibt diese bei sinkender Drehzahl an die Kurbelwelle ab. D. h. das als Energiereservoir dienende Schwungrad gibt Energie an die Kurbelwelle ab, sobald es verzögert wird, und verleiht der Kurbelwelle und dem gesamten System damit eine gewisse Trägheit, indem es versucht, durch Energieabgabe der Verzögerung entgegenzuwirken und die Bewegung aufrecht zu erhalten. Auf diese Weise wirkt das Schwungrad sowohl bei Beschleunigungen als auch bei Verzögerungen für einen ruhigen und runden Lauf der Kurbelwelle und der mit der Kurbelwelle gekoppelten Bauteile.

**[0008]** Günstig wirkt sich das Schwungrad bzw. die hohe Masse daher auch bei Fehlzündungen und Zündaussetzern aus. Infolge der Trägheit des Schwungrades bleibt die Drehbewegung der Kurbelwelle mehr oder weniger gleichförmig erhalten d.h. die Drehbewegung wird

nur geringfügig gestört.

**[0009]** Das Schwungrad kann auch als Zweimassen-Schwungrad ausgebildet werden und übernimmt dann zusätzlich die Funktion eines Schwingungsdämpfers, welcher die Drehschwingungen zwischen Kupplung und Antrieb mindert. In der Regel ist das Schwungrad auf der einen Seite an der Kurbelwelle befestigt und auf der anderen Seite über die Kupplung mit dem Getriebe verbunden. Bei dem zweigeteilten Schwungrad sind üblicherweise die beiden scheibenförmigen Teile mittels innenliegender Schraubenfedern miteinander verbunden.

**[0010]** Nach dem Stand der Technik werden die Kurbelwelle und das Schwungrad als separate selbständige Bauteile gefertigt und dann bei der Montage miteinander verschraubt d.h. unlösbar miteinander verbunden. Hierzu verfügen beide Bauteile über Flansche und über in den Flanschen angeordnete Butzen bzw. Löcher.

**[0011]** Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer Brennkraftmaschine verfolgen in der Regel die Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs der Brennkraftmaschine. 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. Dabei steht einerseits die verbesserte d.h. effektivere Verbrennung im Vordergrund der Bemühungen. Andererseits können aber auch bestimmte Strategien im Hinblick auf den grundsätzlichen Betrieb der Brennkraftmaschine zielführend sein.

**[0012]** Ein Konzept zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs eines Fahrzeuges besteht beispielsweise darin, die Brennkraftmaschine - statt sie im Leelauf weiter zu betreiben - abzuschalten, wenn kein momentaner Leistungsbedarf besteht. In der Praxis bedeutet dies, daß zumindest bei Fahrzeugstillstand die Brennkraftmaschine ausgeschaltet wird. Ein Anwendungsfall ist der Stop-and-Go-Verkehr, wie er sich beispielsweise im Stau auf Autobahnen und Landstraßen einstellt. Im innerstädtischen Verkehr ist der Stop-and-Go-Verkehr infolge der vorhandenen und nicht aufeinander abgestimmten Ampelanlagen nicht mehr die Ausnahme, sondern sogar die Regel. Weitere Anwendungsfälle bieten beschränkte Bahnübergänge und dergleichen.

**[0013]** Problematisch bei den Konzepten, welche zur Verbesserung des Kraftstoffverbrauchs die Brennkraftmaschine bei fehlendem Bedarf abschalten, ist die Notwendigkeit die Brennkraftmaschine wieder zu starten. Probleme bereitet das Neustarten, weil bei unkontrolliertem Abstellen der Brennkraftmaschine, die Kurbel- und die Nockenwelle in einer beliebigen und zudem nicht bekannten Stellung zum Stehen kommen. Folglich ist die Position der Kolben in den einzelnen Zylindern der Brennkraftmaschine ebenfalls nicht bekannt und dem Zufall überlassen. Diese Informationen sind aber für einen unkomplizierten und möglichst schnellen und damit kraftstoffsparenden Neustart unerlässlich.

**[0014]** Bei einer Brennkraftmaschine, die mit einer elektronisch geregelten Zündung und/oder einer elektronisch geregelten Einspritzung ausgestattet ist, liefern an der Kurbelwelle angeordnete Marker Signale über die Kurbelwinkelstellung an mit der Motorsteuerung verbundene Sensoren zur Steuerung des Zünd- und des Einspritzzeitpunktes. Zur Generierung dieser Signale ist es aber zunächst erforderlich, die Kurbelwelle in Drehung zu versetzen. Direkt zu Beginn des Neustarts und des Starts im allgemeinen besteht Unklarheit über den richtigen Einspritz- und Zündzeitpunkt, so daß eine Einlaufphase zur Synchronisation der Kurbelwinkelstellung einerseits und der Motorbetriebsparameter andererseits erforderlich wird. Zudem müssen Geräte zum Starten bzw. Neustarten der Brennkraftmaschine vorgesehen werden, beispielsweise ein konventioneller Anlasser oder ein ähnliches Gerät, das geeignet ist, die Kurbelwelle zwangsweise in Drehung zu versetzen, wie beispielsweise ein Elektromotor.

**[0015]** Um den Neustart zu vereinfachen, werden nach dem Stand der Technik verschiedene Konzepte vorgeschlagen.

**[0016]** Die deutsche Offenlegungsschrift DE 42 30 616 schlägt beispielsweise vor, die Winkellage der Kurbelwelle, welche beim Abschalten registriert wird, zu speichern und für den Neustart zu verwenden, so daß die geeigneten Zündzeitpunkte und Einspritzzeitpunkte unmittelbar zur Verfügung stehen. Diese Vorgehensweise hat sich aber in der Praxis nicht bewährt, da die gespeicherten Informationen über die Stellung der Kurbelwelle zu ungenau sind.

**[0017]** Andere Lösungsansätze präferieren Verfahren zum kontrollierten Abstellen und Starten der Brennkraftmaschine. Das kontrollierte Abstellen besteht dabei darin, ganz bestimmte Kurbelwinkelpositionen - sogenannte Vorzugspositionen - bewußt beim Abschalten der Brennkraftmaschine anzufahren. Die Endstellung der Kurbelwelle wird dabei nicht mehr dem Zufall überlassen und mehr oder weniger genau registriert, sondern es werden gezielt für den Neustart vorteilhafte Kurbelwinkelstellungen herbeigeführt.

**[0018]** Bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung ist es bei geeigneter Kurbelwinkelstellung sogar ohne Starter möglich, aus dem Stillstand direkt zu starten bzw. neu zu starten. Dabei wird Kraftstoff direkt in die Brennräume der stillstehenden Brennkraftmaschine eingespritzt und mittels einer Zündkerze gezündet, so daß die Explosion des Luft-Kraftstoffgemisches die Kolben in Bewegung bringt, wodurch die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird.

**[0019]** Diese Art des Startens bzw. Neustartens erfordert aber die Einhaltung bestimmter Randbedingungen. Insbesondere muß die Kurbelwelle - wie bereits erwähnt - in einer bestimmten Position bzw. in einem bestimmten Kurbelwinkelbereich stehen. Insofern sind gerade bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung Verfahren zum kontrollierten Abstellen zielführend.

**[0020]** Ein Verfahren zum kontrollierten Abstellen ei-

ner Brennkraftmaschine wird beispielsweise in der WO 01/48373 offenbart. Die WO 01/48373 lehrt die Anwendung eines Verfahrens, bei dem nach dem Abschalten d. h. nach Beendigung des regulären Betriebes der Brennkraftmaschine eine Verstellvorrichtung aktiviert und angesteuert wird, mit der die Kurbelwelle und/oder die Nockenwelle in eine vorgebbare vorteilhafte Winkelstellung bewegt wird. Dabei können sowohl aktive wie passive Verstellvorrichtungen zum Einsatz kommen.

**[0021]** Als aktive Verstellvorrichtung kann ein Elektromotor dienen, der ein Drehmoment auf die Kurbelwelle überträgt und diese nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine in die gewünschte Position dreht, welche dann bis zum Neustarten der Brennkraftmaschine beibehalten wird. In der WO 01/48373 werden auch aktive Verstellvorrichtungen beschrieben, welche Mittel zur Aktivierung der Einspritzung und Zündung der Brennkraftmaschine nach Beendigung ihres regulären Betriebes aufweisen. Diese Mittel werden eingesetzt, um gezielt Verbrennungsvorgänge in den Zylindern zu initiieren, mit denen ein bestimmtes Drehmoment auf die Kurbelwelle übertragen wird, so daß eine vorgebbare vorteilhafte Kurbelwinkelstellung angefahren werden kann.

**[0022]** Passive Verstellvorrichtungen können aber gemäß der WO 01/48373 ebenfalls eingesetzt werden, wobei diese passiven Verstellvorrichtungen nach Beendigung des regulären Betriebes der Brennkraftmaschine die im Nachlauf der Kurbelwelle noch vorhandene Drehbewegung ausnutzen und in der Art beeinflussen, daß die Kurbelwelle in der vorgegebenen vorteilhaften Kurbelwellenstellung zum Stillstand kommt. Als passive Verstellvorrichtung werden Mittel vorgeschlagen, die beispielsweise eine Gaswechselventilsteuerung umfassen, welche bei geeigneter Ansteuerung ein Bremsmoment auf die Brennkraftmaschine bzw. Kurbelwelle überträgt, so daß die Verzögerung der Welle und damit ihre Endstellung steuerbar wird.

**[0023]** Die in der WO 01/48373 aufgezeigten Verstellvorrichtungen sind aber nicht geeignet, die Endstellung der Kurbelwelle mit der nötigen Genauigkeit anzusteuern. Zudem machen die aktiven Verstellvorrichtungen entweder zusätzliche Bauteile - wie unter Umständen noch nicht vorhandene Elektromotoren - zur Aufbringung eines Verstelldrehmomentes erforderlich, oder sie arbeiten wie bei der Initiierung gezielter Verbrennungsvorgänge zum Anfahren der vorgegebenen Kurbelwinkelstellung mittels einer zusätzlichen Kraftstoffeinspritzung und -zündung. Gerade das letztgenannte Verfahren, welches die Verwendung von Kraftstoff erfordert, steht in krassem Gegensatz zu dem grundsätzlichen Ziel der Abschaltung der Brennkraftmaschine, nämlich durch das Abstellen der Brennkraftmaschine Kraftstoff zu sparen und damit den Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeuges zu optimieren. Aber auch die Verwendung eines Elektromotors ist unter diesem Aspekt nicht zielführend, da der Energiebedarf des Elektromotors den Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine nachteilig beeinflusst, was ebenfalls im Widerspruch zu der eigentlichen Zielsetzung steht,

den Wirkungsgrad durch Kraftstoffersparnis zu optimieren.

**[0024]** Im Vergleich zu den aktiven Verstellvorrichtungen bieten die passiven Verstellvorrichtungen den Vorteil, daß ihr Energieverbrauch in der Regel niedriger ist und einen auch im Hinblick auf die zugrunde liegende Aufgabe akzeptablen Wert aufweist, da die passiven Verstellvorrichtungen eine Drehbewegung der Kurbelwelle nicht initiieren, sondern prinzipbedingt lediglich eine vorhandene Drehbewegung der Kurbelwelle in geeigneter Weise verzögern.

**[0025]** Ein Verfahren zur Auslaufsteuerung einer Brennkraftmaschine, bei dem gezielt die Gasaustauschventile der Brennkraftmaschine zur Ansteuerung der Vorzugspositionen verwendet werden, ist in der WO 01/44636 A2 beschrieben. Durch geeignete Ansteuerung d. h. durch geeignetes Öffnen und Schließen der Gasaustauschventile wird dabei Einfluß genommen auf den Brennraumdruck und damit auf das von den Gaskräften über den Kolben und die Pleuelstange auf die Kurbelwelle ausgeübte Drehmoment. Dieses Verfahren setzt aber eine Brennkraftmaschine voraus, die über eine zumindest teilweise variable Ventilsteuerung verfügt. Zudem ist eine komplexe und daher aufwendige Steuerung erforderlich.

**[0026]** Die deutsche Offenlegungsschrift DE 101 23 037 A1 erwähnt ein Zweimassen-Schwungrad im Zusammenhang mit einem Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer Brennkraftmaschine, wobei gemäß der DE 101 23 037 A1 das Abstellen vorzugsweise in der Art erfolgen soll, daß das Zweimassen-Schwungrad möglichst wenig zum Schwingen angeregt wird, also insbesondere die Resonanzfrequenz des Zweimassen-Schwungrades umgangen wird.

**[0027]** Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 d. h. der gattungsbildenden Art bereitzustellen, mit der gezielt - nach dem Abstellen der Brennkraftmaschine - eine für den Neustart der Brennkraftmaschine vorteilhafte, vorgebbare Endstellung der Kurbelwelle angefahren werden kann und mit der ein Neustart möglich ist, der sich insbesondere durch einen geringen Energieverbrauch auszeichnet, wobei die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden.

**[0028]** Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer derartigen Brennkraftmaschine aufzuzeigen.

**[0029]** Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch eine Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle und einem Schwungrad, das auf der Kurbelwelle angeordnet ist, und die dadurch gekennzeichnet ist, daß das Schwungrad zum kontrollierten Abstellen und Starten der Brennkraftmaschine eine veränderbare Schwungradmasse aufweist.

**[0030]** Mit Schwungradmasse wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung grundsätzlich die Gesamtmasse des Schwungrades bezeichnet. Hingegen wird bei Aus-

führungsformen, die über ein modular aufgebautes Schwungrad verfügen, mit Schwungradmasse die Masse des mindestens einen fest d. h. unlösbar mit der Kurbelwelle verbundenen Schwungradbauteils bezeichnet. Derartige Ausführungsformen werden noch weiter unten näher beschrieben.

**[0031]** Die Schwungradmasse hat wesentlichen Einfluß auf den Auslaufvorgang der Kurbelwelle d.h. auf die Drehbewegung der Kurbelwelle nach dem Abstellen der Brennkraftmaschine und damit auf die Endstellung der Kurbelwelle. Nach dem Abschalten der Zündung und/oder der Kraftstoffzufuhr wird die Drehbewegung der Kurbelwelle maßgeblich von den Trägheitskräften bestimmt, die sich durch die Verzögerung der einzelnen Triebwerksteile, beispielsweise der Kolben und der Pleuelstangen, und insbesondere durch die Verzögerung des Schwungrades ergeben.

**[0032]** Durch Veränderung der Masse des Schwungrades wird das Trägheitsmoment des Schwungrades variiert und auf die infolge der Verzögerung während des Auslaufvorganges am Schwungrad angreifenden Trägheitskräfte bzw. das angreifende Trägheitsmoment Einfluß genommen.

**[0033]** Bei der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine kann die Masse des Schwungrades gezielt erhöht und vermindert werden. Geschieht dies in der geeigneter Weise, kann die Brennkraftmaschine kontrolliert abgestellt werden d. h. die nach Abschalten der Zündung und/oder der Kraftstoffzufuhr von der Kurbelwelle bis zu ihrem Stillstand vollzogene Drehbewegung wird mittels der Variation der Schwungradmasse in der Weise verzögert, daß die Kurbelwelle in einer vorbestimmbaren Position angehalten wird. Die Arbeitsweise der Vorrichtung im einzelnen wird noch näher im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben.

**[0034]** Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine ermöglicht gleichzeitig einen einfachen und kraftstoffsparenden Neustart, da die Kurbelwelle gezielt in einer sogenannten Vorzugsposition angehalten werden kann d.h. in einem Kurbelwinkelbereich, der für den Start der Brennkraftmaschine als vorteilhaft anzusehen ist. So kann ein Ottomotor mit Direkteinspritzung direkt aus dem Stillstand durch Einspritzung von Kraftstoff in die Zylinder und Zündung des eingespritzten Kraftstoffes gestartet werden.

**[0035]** Die Schwungradmasse kann für den Start bzw. Neustart der Brennkraftmaschine minimiert werden, wodurch die benötigte Startenergie auf ein Minimum reduziert wird. Nach dem erfolgreichen Startvorgang wird die Schwungradmasse dann auf die für den normalen d. h. regulären Betrieb der Brennkraftmaschine notwendige Größe erhöht bzw. eingestellt.

**[0036]** Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Variation der Schwungradmasse bzw. die veränderbare Schwungradmasse kann grundsätzlich als eine passive Verstellvorrichtung angesehen werden, bei der durch geeignete Variation der Schwungradmasse ein infolge des veränderten Trägheitsmoments des Schwungrades

nicht konstantes Drehmoment auf die Kurbelwelle ausgeübt wird bis die Kurbelwelle - vorzugsweise in der gewünschten Vorzugsposition - zum Stillstand kommt.

**[0037]** Wie weiter unten noch zu sehen sein wird, sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine möglich, bei denen die erfindungsgemäß vorgeschlagene Variation der Schwungradmasse darüber hinaus auch als aktive Verstellvorrichtung dienen kann, wobei die Kurbelwelle in einem mehrstufigen Verfahren in eine gewünschte Vorzugsposition gebracht wird.

**[0038]** Des Weiteren kann die in einem von der Kurbelwelle entkoppelten Schwungradbauteil gespeicherte kinetische Energie unter gewissen Umständen für einen Neustart verwendet werden, was im Rahmen der bevorzugten Ausführungsformen näher erläutert werden wird.

**[0039]** Mit dem Schwungrad wird ein grundsätzlich schon vorhandenes Bauteil der Brennkraftmaschine verwendet, um ein kontrolliertes Abstellen zu bewerkstelligen. Das Vorsehen zusätzlicher Verstellvorrichtungen ist nicht erforderlich. Insbesondere muß keine aktive Verstellvorrichtung, beispielsweise ein Elektromotor, wie dies die WO 01/48373 vorschlägt, vorgesehen werden, um nach dem Abschalten der Brennkraftmaschine die Kurbelwelle in die gewünschte Position zu drehen. Es sind lediglich Mittel zur Variation der Schwungradmasse erforderlich.

**[0040]** Mit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird somit die erste der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich eine Brennkraftmaschine bereitzustellen, mit der gezielt - nach dem Abstellen der Brennkraftmaschine - eine für den Neustart der Brennkraftmaschine vorteilhafte, vorgebbare Endstellung der Kurbelwelle angefahren werden kann und mit der ein Neustart möglich ist, der sich insbesondere durch einen geringen Energieverbrauch auszeichnet, wobei die nach dem Stand der Technik bekannten Nachteile überwunden werden.

**[0041]** Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Brennkraftmaschine werden im Zusammenhang mit den Unteransprüchen erörtert.

**[0042]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das Schwungrad eine kontinuierlich d. h. stufenlos veränderbare Schwungradmasse aufweist. Eine stufenlos veränderbare Schwungradmasse gewährleistet ein Höchstmaß an Flexibilität beim Abstellen der Brennkraftmaschine und Anfahren der sogenannten Vorzugspositionen. Insbesondere erhöht eine stufenlos veränderbare Schwungradmasse die Genauigkeit, mit der die Vorzugspositionen angefahren werden können.

**[0043]** Eine stufenlos verstellbare Schwungradmasse kann beispielsweise dadurch verwirklicht werden, daß ein hohler Schwungradkörper vorgesehen wird, der mit Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, befüllbar ist. Durch Einleiten zusätzlicher Flüssigkeit in den Hohlkörper wird die Schwungradmasse erhöht, wohingegen durch Abführen von im Hohlkörper befindlicher Flüssigkeit die Masse des Schwungrades verkleinert wird.

**[0044]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen das Schwungrad modular aus mindestens zwei Schwungradsegmenten aufgebaut ist, die miteinander verbindbar und voneinander lösbar sind, so daß die Schwungradmasse zumindest zweistufig veränderbar ist, wobei mindestens ein Schwungradsegment als Basissegment mit der Kurbelwelle unlösbar verbunden ist. Dabei können die mindestens zwei Schwungradsegmente kraftschlüssig oder formschlüssig miteinander verbunden werden.

**[0045]** Die Masse des Basissegments stellt gewissermaßen die kleinste zu realisierende Schwungradmasse dar, wobei die maximale Schwungradmasse durch Verbinden sämtlicher Schwungradsegmente verwirklicht wird.

**[0046]** Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen der Brennkraftmaschine, bei denen die mindestens zwei Schwungradsegmente in Gestalt von Schwungradscheiben ausgebildet sind, die durch axiales Verschieben in Richtung der Längsachse der Kurbelwelle miteinander verbindbar und voneinander lösbar sind.

**[0047]** Die beiden zuletzt genannten Ausführungsformen unterteilen das Schwungrad und damit die Schwungradmasse in mindestens zwei bzw. eine Vielzahl von einzelnen Teilmassen, die miteinander verbunden bzw. voneinander separiert werden können. Damit ermöglichen diese Ausführungsformen nicht nur eine Veränderung des Trägheitsmomentes des Schwungrades zum kontrollierten Verzögern der Kurbelwelle bis zu ihrem Stillstand, wie dies bei passiven Verstellvorrichtungen prinzipiell geschieht.

**[0048]** Wie bereits weiter oben erwähnt, kann die erfindungsgemäß vorgeschlagene Variation der Schwungradmasse bei geeigneter Ausgestaltung der Brennkraftmaschine bzw. des Schwungrades darüber hinaus auch als aktive Verstellvorrichtung dienen. Die Aufteilung der Schwungradmasse in mehrere voneinander lösbare Einzelmassen ist ein Beispiel für eine derartige Ausgestaltung, wobei die Kurbelwelle in einem mehrstufigen Verfahren in eine gewünschte Vorzugsposition gebracht wird.

**[0049]** Dabei wird die rotierende Kurbelwelle in einem ersten Schritt durch geeignete Ablösung einzelner Schwungradsegmente vom Basissegment verzögert und zum Stillstand gebracht. Im Rahmen des ersten Schritts fungiert die veränderbare Schwungradmasse somit als passive Verstellvorrichtung, wobei die Ablösung der Schwungradsegmente vor dem Stillstand der Kurbelwelle erfolgt, so daß die abgelösten Schwungradsegmente unabhängig von der Drehbewegung der Kurbelwelle und der Verzögerung dieser Drehbewegung sich weiter bewegen, insbesondere rotieren, können. In einem zweiten Schritt werden die abgelösten Schwungradsegmente und die in ihnen gespeicherte kinetische Energie dazu verwendet, die Kurbelwelle in eine vorgebbare vorteilhafte Winkelstellung zu bewegen, wozu die vom Basissegment abgelösten Schwungradsegmente teilweise oder vollständig in geeigneter Weise mit dem

Basissegment verbunden werden. Dabei dient das variable Schwungrad dann als aktive Verstellvorrichtung, die aber im Gegensatz zu den aus dem Stand der Technik bekannten aktiven Verstellvorrichtungen keine externe Energiezufuhr benötigt. Die zum Verstellen der Kurbelwelle erforderliche Energie entstammt den abgelösten Schwungradsegmenten bzw. Schwungradscheiben.

**[0050]** Des Weiteren kann die in einem von der Kurbelwelle bzw. dem Basissegment abgelösten Schwungradbauteil gespeicherte kinetische Energie für einen Neustart verwendet werden.

**[0051]** Soll die Brennkraftmaschine infolge eines momentan fehlenden Leistungsbedarfs - beispielsweise an einer roten Ampelanlage - abgeschaltet anstatt im Leerlauf weiter betrieben zu werden, wird nach Abschalten der Zündung und/oder der Kraftstoffzufuhr das Trägheitsmoment des Schwungrades durch Ablösen einzelner Schwungradsegmente vom Basissegment kontrolliert in der Weise verändert, daß die Kurbelwelle in einer vorbestimmbaren Position, vorzugsweise in einer Vorzugsposition, zum Stillstand kommt.

**[0052]** Schaltet dann die Ampelanlage auf grün um, kann mittels der zuvor abgelösten Schwungradsegmente bzw. der in diesen Segmenten gespeicherten kinetischen Energie ein Neustart initiiert werden, indem die abgelösten und weiterhin rotierenden Segmente mit dem Basissegment verbunden werden, wodurch die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird.

**[0053]** Die zweite der Erfindung zugrunde liegende Teilaufgabe, nämlich ein Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer Brennkraftmaschine, die eine Kurbelwelle und ein auf dieser Kurbelwelle angeordnetes Schwungrad aufweist, aufzuzeigen, wird gelöst durch ein Verfahren, bei dem

- das Schwungrad zum kontrollierten Abstellen der Brennkraftmaschine mit einer veränderbaren Schwungradmasse ausgebildet wird, und

- beim Abstellen der Brennkraftmaschine nach Abschalten der Zündung und/oder der Kraftstoffzufuhr die Masse des Schwungrades verändert wird, so daß die Trägheit d.h. das Trägheitsmoment des Schwungrades variiert wird, wodurch auf die Auslaufbewegung der Kurbelwelle Einfluß genommen wird.

**[0054]** Im üblichen Fahrbetrieb, erhält das Schwungrad vorzugsweise seine maximale Masse, um die Drehzahlschwankungen weitestgehend zu minimieren.

**[0055]** Das im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine Gesagte gilt ebenfalls für das erfindungsgemäße Verfahren, weshalb an dieser Stelle Bezug genommen wird auf die zu der Brennkraftmaschine gemachten Ausführungen.

**[0056]** Das erfindungsgemäße Verfahren basiert darauf, daß der - nach Einstellung der in den Brennräumen der Brennkraftmaschine stattfindenden Verbrennungs-

prozesse - ablaufende Auslaufvorgang des Kurbeltriebes maßgeblich durch die sich infolge der Verzögerung der einzelnen Triebwerksteile einstellenden Trägheitskräfte und Trägheitsmomente bestimmt wird. Daher wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, auf die Trägheit bzw. Masse eines Triebwerksteils Einfluß zu nehmen, um damit den Auslaufvorgang der Kurbelwelle zu kontrollieren bzw. zu steuern. Als Triebwerksteil dient infolge der vergleichsweise großen Masse das auf der Kurbelwelle angeordnete Schwungrad.

**[0057]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Masse des Schwungrades in der Art verändert wird, daß die nach Abschalten der Brennkraftmaschine bis zu ihrem Stillstand abgegebene kinetische Energie kontrolliert in der Weise abgebaut wird, daß die Kurbelwelle in einer vorbestimmbaren Position angehalten wird.

**[0058]** Vorteilhaft sind dabei insbesondere Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- die Kurbelwelle in einer Vorzugsposition angehalten wird.

**[0059]** Diese Ausführungsform des Verfahrens ist vorteilhaft, weil das Anfahren einer Vorzugsposition günstig für einen Neustart ist.

**[0060]** Wenn die Kurbelwelle sich in einer Vorzugsposition befindet, besteht zu Beginn des Neustarts Klarheit über den richtigen Einspritzzeitpunkt und Zündzeitpunkt, so daß eine Einlaufphase zur Synchronisation der Motorbetriebsparameter nicht erforderlich ist. Ein schneller und damit insbesondere kraftstoffsparender Neustart wird ermöglicht.

**[0061]** Ein derartiges Verfahren gestattet beispielsweise bei Brennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung ein Starten ohne Starter d. h. direkt aus dem Stillstand zu starten, wofür lediglich Kraftstoff in die Brennräume der stillstehenden Brennkraftmaschine eingespritzt und mittels einer Zündkerze gezündet werden muß.

**[0062]** Um präzise eine bestimmte Vorzugsposition der Kurbelwelle anfahren zu können, ist aber eine Vielzahl von Informationen notwendig. Dabei kann auf alle bereits für die übliche Motorsteuerung gemessenen und/oder abgeleiteten Daten zurückgegriffen werden, insbesondere auf die Motordrehzahl, den Kurbelwellenwinkel, die Motortemperatur beziehungsweise eine hiermit korrelierende Temperatur wie die Kühlmitteltemperatur und/oder den Ansaugdruck im Ansaugkrümmer. Die genannten Größen haben erfahrungsgemäß den stärksten Einfluß auf die Auslaufbewegung der Brennkraftmaschine bzw. der Kurbelwelle.

**[0063]** Im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Variation der Schwungradmasse ist es erforderlich, zu ermitteln, wie viel kinetische Energie nach Abstellen der Brennkraftmaschine im Antriebsstrang vorliegt, um

die Auslaufbewegung der Kurbelwelle durch Veränderung des Trägheitsmomentes des Schwungrades gezielt beeinflussen zu können.

**[0064]** Ein Modell für die Auslaufbewegung der Brennkraftmaschine wird beispielsweise in der europäischen Patentanmeldung mit der Anmeldenummer 03101379.0 beschrieben. Dieses Modell berücksichtigt die aktuelle kinetische Energie des Antriebsstranges, die Reibungsverluste und/oder die Kompressions- und Expansionsvorgänge in den Zylindern der Brennkraftmaschine. Ein derartiges Modell kann aufgrund theoretischer Überlegungen gewonnen und in Form mathematischer Gleichungen implementiert werden. Vorzugsweise wird das Modell jedoch ganz oder zumindest teilweise empirisch gewonnen d. h. durch Beobachtung des Motorverhaltens und Aufbereitung der dabei gewonnenen Meßdaten (z. B. als eine Lookup-Tabelle).

**[0065]** Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- das Schwungrad modular aus mindestens zwei Schwungradsegmenten, die miteinander verbindbar und voneinander lösbar sind, aufgebaut wird und von denen mindestens ein Schwungradsegment als Basissegment mit der Kurbelwelle unlösbar verbunden wird, und

- die Trägheit d. h. das Trägheitsmoment des Schwungrades durch das Trennen der mindestens zwei Schwungradsegmente verkleinert bzw. durch das Verbinden der mindestens zwei Schwungradsegmente vergrößert wird, wodurch die Auslaufbewegung der Kurbelwelle verkürzt bzw. verlängert wird.

**[0066]** Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- mindestens ein Schwungradsegment vor dem Stillstand der Kurbelwelle von dem Basissegment getrennt wird, und

- falls sich die Kurbelwelle bei Stillstand nicht in einer Vorzugsposition befindet, die kinetische Energie des mindestens einen abgetrennten Schwungradsegmentes dazu genutzt wird, die Kurbelwelle in eine Vorzugsposition zu drehen, wozu das Basissegment durch erneutes Verbinden mit dem mindestens einen abgetrennten Schwungradsegment beschleunigt wird und die Kurbelwelle in Drehung versetzt wird.

**[0067]** Bei dieser Verfahrensvariante wird im Rahmen eines mehrstufigen Verfahrens sowohl aktiv als auch passiv auf die Stellung der Kurbelwelle Einfluß genommen d. h. die zuvor im Rahmen des passiven Verzögerungsprozesses vom Basissegment abgelösten Schwungradsegmente werden nach einem erstmaligen Stillstand der Kurbelwelle durch erneutes Verbinden dieser Segmente mit dem Basissegment dazu verwendet,

die Kurbelwelle erneut in Drehung zu versetzen und in eine Vorzugsposition zu bewegen. Dieses Verfahren kann gegebenenfalls wiederholt werden, falls nach Beschleunigung und erneuter Verzögerung der Kurbelwelle keine Vorzugsposition der Kurbelwelle vorliegt.

**[0068]** Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen

- mindestens ein Schwungradsegment vor dem Stillstand der Kurbelwelle von dem Basissegment getrennt wird, und

- die kinetische Energie des mindestens einen abgetrennten Schwungradsegmentes dazu genutzt wird, die Brennkraftmaschine erneut zu starten, wozu das Basissegment durch erneutes Verbinden mit dem mindestens einen abgetrennten Schwungradsegment beschleunigt wird, um die Kurbelwelle in Drehung zu versetzen.

**[0069]** Nach dem erfolgreichen Start der Brennkraftmaschine werden für den regulären Betrieb der Brennkraftmaschine eventuell noch abgelöste bzw. abgetrennte Schwungradsegmente mit dem Basissegment verbunden.

**[0070]** Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels gemäß den Figuren 1 und 2 näher beschrieben. Hierbei zeigt:

Fig. 1 schematisch Kurbelwelle und Schwungrad einer ersten Ausführungsform einer Brennkraftmaschine in einer ersten Momentaufnahme, und

Fig. 2 schematisch Kurbelwelle und Schwungrad der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform der Brennkraftmaschine in einer zweiten Momentaufnahme.

**[0071]** Figur 1 zeigt schematisch eine Kurbelwelle 1 und ein Schwungrad 4 einer ersten Ausführungsform einer Brennkraftmaschine.

**[0072]** Das Schwungrad 4 ist modular aus zwei Schwungradsegmenten 2,3 aufgebaut, wobei die zwei Schwungradsegmente 2,3 in Gestalt von Schwungradscheiben 2,3 ausgebildet sind, die miteinander verbindbar und voneinander lösbar sind. Das erste Schwungradsegment 2 ist unlösbar mit der Kurbelwelle 1 verbunden und dient als Basissegment 8. Die gezeigte Ausführungsform gestattet eine stufenförmige Variation der Schwungradmasse zwischen einer minimalen Schwungradmasse, die durch die Masse des Basissegmentes 8 bestimmt wird, und einer maximalen Schwungradmasse, die sich aus der Summe der beiden Schwungradscheiben 2,3 ergibt.

**[0073]** Die erste Schwungradscheibe 2 nimmt zwangsläufig an der Drehbewegung der Kurbelwelle 1 um die Drehachse 7 d. h. an der Verzögerung und an der Beschleunigung der Kurbelwelle 1 teil, während die zweite Schwungradmasse 3 vom Basissegment 8 abge-

trennt oder mit dem Basissegment 8 verbunden werden kann.

**[0074]** Die Trägheit bzw. das Trägheitsmoment des Schwungrades 4 wird durch das Abtrennen der zweiten Schwungradscheibe 3 verkleinert bzw. durch das Verbinden der zweiten Schwungradscheibe 3 mit dem Basissegment 8 vergrößert, wodurch die Auslaufbewegung der Kurbelwelle 1 verkürzt bzw. verlängert wird.

**[0075]** Die zweite Schwungradscheibe 3 wird dabei durch axiales Verschieben in Richtung der Längsachse 6 der Kurbelwelle 1 mit dem Basissegment 8 verbunden (siehe Figur 2) bzw. von dem Basissegment 8 abgelöst (siehe Figur 1). Hierzu ist ein Gewinde 5a auf der äußeren Mantelfläche der Kurbelwelle 1 vorgesehen, das sich in Richtung der Längsachse 6 an das Basissegment 8 anschließt. Das zweite Schwungradsegment 3 verfügt auf der Innenseite einer Bohrung über ein zu diesem Gewinde 5a korrespondierendes Gewinde 5b, wobei sich beide Gewinde 5a,5b nicht miteinander in Eingriff befinden, wenn das zweite Schwungradsegment 3 vom Basissegment 8 abgelöst und beabstandet angeordnet ist.

**[0076]** Die in Figur 1 dargestellte Momentaufnahme zeigt ein Schwungrad 4, bei dem die zweite Schwungradscheibe 3 vom Basissegment 8 abgetrennt ist und folglich keine Verbindung bzw. Kopplung zwischen der zweiten Schwungradscheibe 3 und der Kurbelwelle 1 besteht. Insofern hat die Masse der zweiten Schwungradscheibe 3 auch keinen Einfluß auf die Auslaufbewegung der Kurbelwelle 1. Lediglich die an dem Basissegment 8 angreifenden Trägheitskräfte und -momente beeinflussen die Drehbewegung der Kurbelwelle 1.

**[0077]** Die in dem abgelösten zweiten Schwungradsegment 3 gespeicherte kinetische Energie kann in vielfältiger Weise genutzt werden. Eine zum Stillstand gekommene Kurbelwelle 1 kann durch Verbinden der beiden Segmente 2,3 erneut in Drehung versetzt werden. Auf diese Weise kann die Kurbelwelle 1 aktiv in eine Vorzugsposition gedreht bzw. bewegt werden.

**[0078]** Die kinetische Energie des abgelösten Segments 3 kann auch für einen Neustart der Brennkraftmaschine verwendet werden, was ebenfalls durch ein Verbinden des zuvor abgelösten Schwungradsegments 3 mit dem fest auf der Kurbelwelle 1 angeordneten Basissegments 8 erfolgt.

**[0079]** Figur 2 zeigt schematisch die Kurbelwelle 1 und das Schwungrad 4 der in Figur 1 dargestellten Ausführungsform der Brennkraftmaschine in einer zweiten Momentaufnahme. Es sollen nur die Unterschiede zu der in Figur 1 dargestellten Momentaufnahme erörtert werden, weshalb im übrigen Bezug genommen wird auf Figur 1. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

**[0080]** Im Gegensatz zu Figur 1 ist bei der in Figur 2 dargestellten Momentaufnahme das zweite Schwungradsegment 3 mit dem Basissegment 8 verbunden.

**[0081]** Dabei ist das auf der äußeren Mantelfläche der Kurbelwelle 1 vorgesehene Gewinde 5a in Eingriff mit dem korrespondierenden Gewinde 5b des zweiten

Schwungradsegmentes 3. Auf diese Weise wird auch das zweite Schwungradsegment 3 von der umlaufenden Kurbelwelle 1 mitgenommen, wodurch die beiden Schwungradsegmente 2,3 miteinander verbunden sind. Die Kurbelwelle 1 dient bei dieser Ausführungsform als Verbindungselement der beiden Segmente 2,3.

## Bezugszeichen

### 10 [0082]

1	Kurbelwelle
2	erstes Schwungradsegment, erste Schwungradscheibe
15 3	zweites Schwungradsegment, zweite Schwungradscheibe
4	Schwungrad
5a	Gewinde auf der Kurbelwelle
5b	Gewinde am zweiten Schwungradsegment
20 6	Längsachse der Kurbelwelle, Drehachse
7	freies Wellenende
8	Basissegment

### 25 Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit einer Kurbelwelle (1) und einem Schwungrad (4), das auf der Kurbelwelle (1) angeordnet ist,  
30 **dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Schwungrad (4) zum kontrollierten Abstellen und Starten der Brennkraftmaschine eine veränderbare Schwungradmasse aufweist.
- 35 2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Schwungrad (4) eine kontinuierlich d. h. stufenlos veränderbare Schwungradmasse aufweist.
- 40 3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
das Schwungrad (4) modular aus mindestens zwei Schwungradsegmenten (2,3) aufgebaut ist, die miteinander verbindbar und voneinander lösbar sind, so daß die Schwungradmasse zumindest zweistufig veränderbar ist, wobei mindestens ein Schwungradsegment (2) als Basissegment (8) mit der Kurbelwelle (1) unlösbar verbunden ist.
- 45 4. Brennkraftmaschine nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet, daß**  
die mindestens zwei Schwungradsegmente (2,3) in Gestalt von Schwungradscheiben (2,3) ausgebildet sind, die durch axiales Verschieben in Richtung der Längsachse (6) der Kurbelwelle (1) miteinander verbindbar und voneinander lösbar sind.
- 50 5. Verfahren zum kontrollierten Abstellen einer Brenn-

kraftmaschine, die eine Kurbelwelle (1) und ein auf dieser Kurbelwelle (1) angeordnetes Schwungrad (4) aufweist,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

■ das Schwungrad (4) zum kontrollierten Abstellen der Brennkraftmaschine mit einer veränderbaren Schwungradmasse ausgebildet wird, und

■ beim Abstellen der Brennkraftmaschine nach Abschalten der Zündung und/oder der Kraftstoffzufuhr die Masse des Schwungrades (4) verändert wird, so daß die Trägheit d.h. das Trägheitsmoment des Schwungrades (4) variiert wird, wodurch auf die Auslaufbewegung der Kurbelwelle (1) Einfluß genommen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

■ die Masse des Schwungrades (4) in der Art verändert wird, daß die nach Abschalten der Brennkraftmaschine bis zu ihrem Stillstand abgegebene kinetische Energie kontrolliert in der Weise abgebaut wird, daß die Kurbelwelle (1) in einer vorbestimmbaren Position angehalten wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

■ die vorbestimmbare Position eine Vorzugsposition ist und die Kurbelwelle (1) in dieser Vorzugsposition angehalten wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 7,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

■ das Schwungrad (4) modular aus mindestens zwei Schwungradsegmenten (2,3), die miteinander verbindbar und voneinander lösbar sind, aufgebaut wird und von denen mindestens ein Schwungradsegment (2) als Basissegment (8) mit der Kurbelwelle (1) unlösbar verbunden wird, und

■ die Trägheit d.h. das Trägheitsmoment des Schwungrades (4) durch das Trennen der mindestens zwei Schwungradsegmente (2,3) verkleinert bzw. durch das Verbinden der mindestens zwei Schwungradsegmente (2,3) vergrößert wird, wodurch die Auslaufbewegung der Kurbelwelle (1) verkürzt bzw. verlängert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

■ mindestens ein Schwungradsegment (3) vor dem Stillstand der Kurbelwelle (1) von dem Ba-

sissegment (8) getrennt wird, und

■ falls sich die Kurbelwelle (1) bei Stillstand nicht in einer Vorzugsposition befindet, die kinetische Energie des mindestens einen abgetrennten Schwungradsegmentes (3) dazu genutzt wird, die Kurbelwelle (1) in eine Vorzugsposition zu drehen, wozu das Basissegment (8) durch erneutes Verbinden mit dem mindestens einen abgetrennten Schwungradsegment (3) beschleunigt wird und die Kurbelwelle (1) in Drehung versetzt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9,

**dadurch gekennzeichnet, daß**

■ mindestens ein Schwungradsegment (3) vor dem Stillstand der Kurbelwelle (1) von dem Basissegment (8) getrennt wird, und

■ die kinetische Energie des mindestens einen abgetrennten Schwungradsegmentes (3) dazu genutzt wird, die Brennkraftmaschine erneut zu starten, wozu das Basissegment (8) durch erneutes Verbinden mit dem mindestens einen abgetrennten Schwungradsegment (3) beschleunigt wird, um die Kurbelwelle (1) in Drehung zu versetzen.

## Claims

1. Internal combustion engine having a crankshaft (1) and a flywheel (4) which is arranged on the crankshaft (1), **characterized in that** the flywheel (4) has a variable flywheel mass for the controlled shutting down and starting of the internal combustion engine.
2. Internal combustion engine according to Claim 1, **characterized in that** the flywheel (4) has a flywheel mass which can be varied continuously, i.e. in an infinitely variable fashion.
3. Internal combustion engine according to Claim 1, **characterized in that** the flywheel (4) is constructed in a modular fashion from at least two flywheel segments (2, 3) which can be connected to one another and detached from one another so that the flywheel mass can be varied at least in two stages, in which case at least one flywheel segment (2) is nondetachably connected to the crankshaft (1) as a basic segment (8).
4. Internal combustion engine according to Claim 3, **characterized in that** the at least two flywheel segments (2, 3) are embodied in the form of flywheel disks (2, 3) which can be connected to one another and detached from one another by axial displacement in the direction of the longitudinal axis (6) of the crankshaft (1).

5. Method for the controlled shutting down of an internal combustion engine which has a crankshaft (1) and a flywheel (4) which is arranged on this crankshaft (1), **characterized in that**

- the flywheel (4) is designed to shut down the internal combustion engine in a controlled fashion with a variable flywheel mass, and
- when the internal combustion engine is shut down after the ignition and/or the fuel supply has been switched off, the mass of the flywheel (4) is changed so that the inertia, i.e. the moment of inertia, of the flywheel (4) is varied, as a result of which the coasting movement of the crankshaft (1) is influenced.

6. Method according to Claim 5, **characterized in that**

- the mass of the flywheel (4) is changed in such a way that the kinetic energy which is emitted after the internal combustion engine has been switched off, until it comes to a standstill, is reduced in a controlled fashion such that the crankshaft (1) is stopped in a predetermined position.

7. Method according to Claim 6, **characterized in that**

- the predetermined position is a preferred position and the crankshaft (1) is stopped in this preferred position.

8. Method according to one of Claims 5 to 7, **characterized in that**

- the flywheel (4) is constructed in a modular fashion from at least two flywheel segments (2, 3) which can be connected to one another and detached from one another, and at least one flywheel segment (2) of which is nondetachably connected to the crankshaft (1) as a basic segment (8), and
- the inertia, i.e. the moment of inertia, of the flywheel (4) is decreased by the separation of the at least two flywheel segments (2, 3) and respectively increased by the connection of the at least two flywheel segments (2, 3), as a result of which the coasting movement of the crankshaft (1) is shortened and respectively prolonged.

9. Method according to Claim 8, **characterized in that**

- at least one flywheel segment (3) is separated from the basic segment (8) before the crankshaft (1) comes to a standstill, and
- if the crankshaft (1) is not in a preferred position when it comes to a standstill, the kinetic energy

of the at least one separated flywheel segment (3) is utilized to rotate the crankshaft (1) into a preferred position, for which purpose the basic segment (8) is accelerated by connecting it again to the at least one separated flywheel segment (3) and the crankshaft (1) is made to rotate.

10. Method according to Claim 8 or 9, **characterized in that**

- at least one flywheel segment (3) is separated from the basic segment (8) before the crankshaft (1) comes to a standstill, and
- the kinetic energy of the at least one separated flywheel segment (3) is utilized to start the internal combustion engine again, for which purpose the basic segment (8) is accelerated by connecting it again to the at least one separated flywheel segment (3) in order to make the crankshaft (1) rotate.

#### Revendications

1. Moteur à combustion interne comprenant un vilebrequin (1) et une roue volante (4), qui est disposée sur le vilebrequin (1),

##### **caractérisé en ce que**

la roue volante (4) présente une masse de roue volante modifiable pour l'arrêt et le démarrage contrôlés du moteur à combustion interne.

2. Moteur à combustion interne selon la revendication 1,

##### **caractérisé en ce que**

la roue volante (4) présente une masse de roue volante modifiable en continu, c'est-à-dire à variation continue.

3. Moteur à combustion interne selon la revendication 1,

##### **caractérisé en ce que**

la roue volante (4) est construite sous forme modulaire à partir d'au moins deux segments de roue volante (2, 3), qui peuvent être connectés l'un à l'autre et séparés l'un de l'autre, de sorte que la masse de roue volante puisse être modifiée au moins en deux échelons, au moins un segment de roue volante (2) étant connecté en tant que segment de base (8) de manière inséparable au vilebrequin (1).

4. Moteur à combustion interne selon la revendication 3,

##### **caractérisé en ce que**

les au moins deux segments de roue volante (2, 3) sont réalisés sous forme de disques de roue volante (2, 3) qui peuvent être connectés l'un à l'autre ou séparés l'un de l'autre par déplacement axial dans

la direction de l'axe longitudinal (6) du vilebrequin (1).

5. Procédé pour l'arrêt contrôlé d'un moteur à combustion interne, qui présente un vilebrequin (1) et une roue volante (4) disposée sur ce vilebrequin (1), **caractérisé en ce que**

- la roue volante (4) est réalisée pour l'arrêt contrôlé du moteur à combustion interne avec une masse de roue volante modifiable, et  
- lors de l'arrêt du moteur à combustion interne après la coupure de l'allumage et/ou de l'alimentation en carburant, la masse de la roue volante (4) est modifiée, de sorte que l'inertie c'est-à-dire le couple d'inertie de la roue volante (4) soit modifié(e), de sorte que l'on puisse influencer sur le mouvement de ralentissement du vilebrequin (1).

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que**

- la masse de la roue volante (4) est modifiée de telle sorte que l'énergie cinétique fournie après l'arrêt du moteur à combustion interne jusqu'à son immobilisation soit réduite de manière contrôlée de telle sorte que le vilebrequin (1) soit arrêté dans une position prédéterminable.

7. Procédé selon la revendication 6, **caractérisé en ce que**

- la position prédéterminable est une position préférée et le vilebrequin (1) est arrêté dans cette position préférée.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que**

- la roue volante (4) est réalisée de manière modulaire à partir d'au moins deux segments de roue volante (2, 3) qui peuvent être connectés l'un à l'autre et séparés l'un de l'autre, et dont au moins un segment de roue volante (2) est connecté de manière inséparable en tant qu'élément de base (8) au vilebrequin (1), et  
- l'inertie c'est-à-dire le couple d'inertie de la roue volante (4) est réduit(e) par la séparation des au moins deux segments de roue volante (2, 3) ou est augmenté(e) par la connexion des au moins deux segments de roue volante (2, 3), de sorte que le mouvement de ralentissement du vilebrequin (1) soit raccourci ou prolongé.

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que**

- au moins un segment de roue volante (3) est séparé du segment de base (8) avant l'arrêt du vilebrequin (1), et

- au cas où le vilebrequin (1) à l'arrêt ne se trouve pas dans une position préférée, l'énergie cinétique de l'au moins un segment de roue volante séparé (3) est utilisée pour faire tourner le vilebrequin (1) dans une position préférée, l'élément de base (8) étant ainsi accéléré par reconnexion à l'au moins un segment de roue volante séparé (3) et le vilebrequin (1) étant ainsi mis en rotation.

10. Procédé selon la revendication 8 ou 9, **caractérisé en ce que**

- au moins un segment de roue volante (2) est séparé du segment de base (8) avant l'arrêt du vilebrequin (1) et

- l'énergie cinétique de l'au moins un segment de roue volante séparé (3) est utilisée pour redémarrer le moteur à combustion interne, le segment de base (8) étant pour cela accéléré par une reconnexion à l'au moins un segment de roue volante séparé (3), afin de mettre le vilebrequin (1) en rotation.

Fig.1

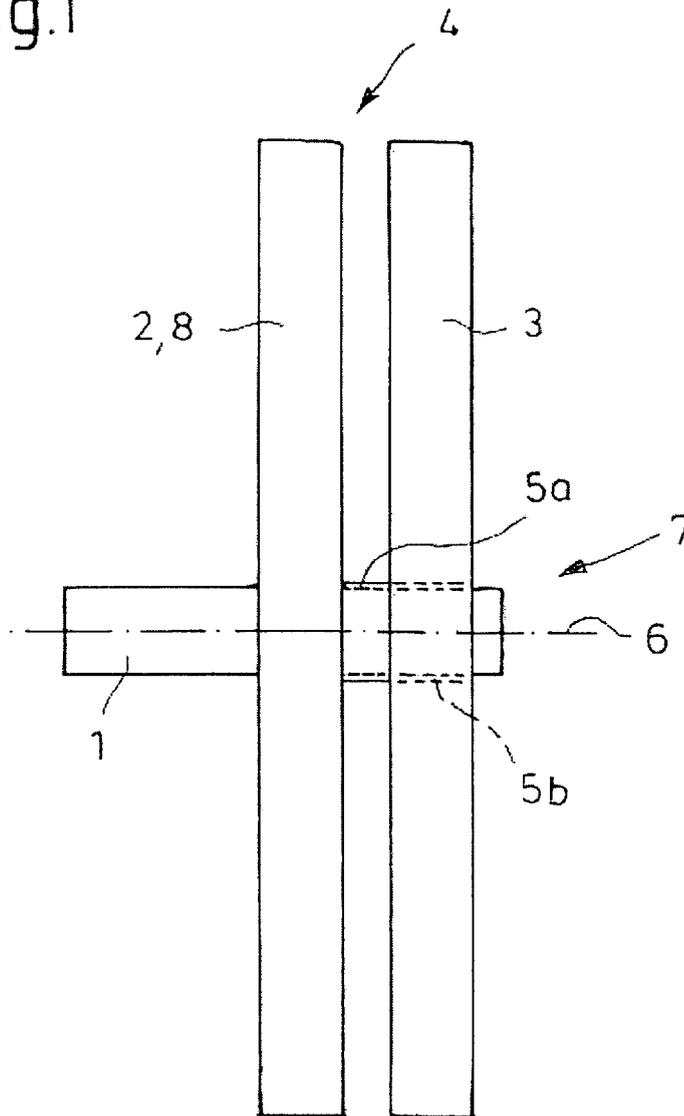
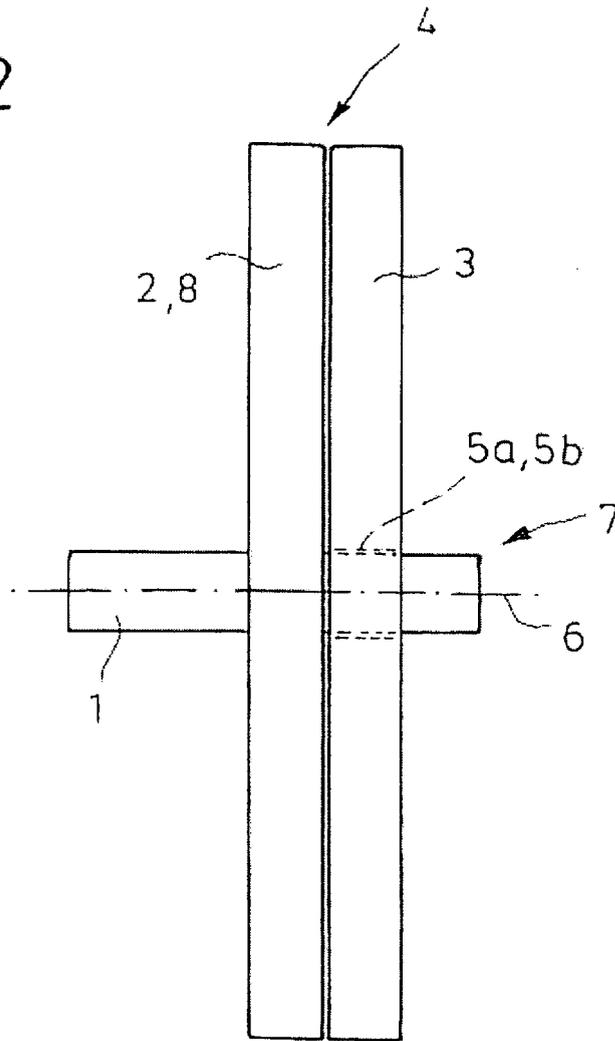


Fig.2



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 4230616 [0016]
- WO 0148373 A [0020] [0020] [0021] [0022] [0023] [0039]
- WO 0144636 A2 [0025]
- DE 10123037 A1 [0026] [0026]