

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 985 089 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.10.2003 Patentblatt 2003/40

(51) Int Cl.7: **F02D 41/30**, F02D 41/40,
F02D 41/14

(21) Anmeldenummer: **99923374.5**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/DE99/00827

(22) Anmeldetag: **22.03.1999**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 99/049198 (30.09.1999 Gazette 1999/39)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE INSBESONDERE EINES KRAFTFAHRZEUGS**

METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE MAINLY INTENDED FOR A MOTOR VEHICLE

PROCEDE DE FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE NOTAMMENT POUR UN VEHICULE A MOTEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 849 458 DE-A- 19 737 375
US-A- 5 078 107

(30) Priorität: **26.03.1998 DE 19813379**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
15.03.2000 Patentblatt 2000/11

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 017, no. 233 (M-1407), 12. Mai 1993 (1993-05-12) & JP 04 362221 A (TOYOTA MOTOR CORP), 15. Dezember 1992 (1992-12-15)
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 097, no. 010, 31. Oktober 1997 (1997-10-31) & JP 09 151771 A (NISSAN MOTOR CO LTD), 10. Juni 1997 (1997-06-10)

(72) Erfinder: **ODER, Michael**
D-75428 Illingen (DE)

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).

EP 0 985 089 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum eingespritzt wird, und bei dem die in den Brennraum eingespritzte Kraftstoffmasse in den beiden Betriebsarten unterschiedlich gesteuert und/oder geregelt wird. Des weiteren betrifft die Erfindung eine Brennkraftmaschine insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Einspritzventil, mit dem Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Ansaugphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Verdichtungsphase direkt in einen Brennraum einspritzbar ist, und mit einem Steuergerät zur unterschiedlichen Steuerung und/oder Regelung der in den Brennraum eingespritzten Kraftstoffmasse in den beiden Betriebsarten. Während des Betriebs der Brennkraftmaschine wird von der ersten Betriebsart zuerst in einen Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart und dann in einen Normalbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet.

[0002] Derartige Systeme zur direkten Einspritzung von Kraftstoff in den Brennraum einer Brennkraftmaschine sind allgemein bekannt. Es wird dabei als erste Betriebsart ein sogenannter Schichtbetrieb und als zweite Betriebsart ein sogenannter Homogenbetrieb unterschieden. Der Schichtbetrieb wird insbesondere bei kleineren Lasten verwendet, während der Homogenbetrieb bei größeren, an der Brennkraftmaschine anliegenden Lasten zur Anwendung kommt.

[0003] Im Schichtbetrieb wird der Kraftstoff während der Verdichtungsphase der Brennkraftmaschine in den Brennraum derart eingespritzt, dass sich im Zeitpunkt der Zündung eine Kraftstoffwolke in unmittelbarer Umgebung einer Zündkerze befindet. Diese Einspritzung kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. So ist es möglich, dass die eingespritzte Kraftstoffwolke sich bereits während bzw. unmittelbar nach der Einspritzung bei der Zündkerze befindet und von dieser entzündet wird. Ebenfalls ist es möglich, dass die eingespritzte Kraftstoffwolke durch eine Ladungsbewegung zu der Zündkerze geführt und dann erst entzündet wird. Bei beiden Brennverfahren liegt keine gleichmäßige Kraftstoffverteilung vor, sondern eine Schichtladung.

[0004] Der Vorteil des Schichtbetriebs liegt darin, dass dort mit einer sehr geringen Kraftstoffmenge die anliegenden kleineren Lasten von der Brennkraftmaschine ausgeführt werden können. Größere Lasten können allerdings nicht durch den Schichtbetrieb erfüllt werden.

[0005] Im für derartige größere Lasten vorgesehenen Homogenbetrieb wird der Kraftstoff während der Ansaugphase der Brennkraftmaschine eingespritzt, so dass eine Verwirbelung und damit eine Verteilung des Kraftstoffs in dem Brennraum noch ohne weiteres erfol-

gen kann. Insoweit entspricht der Homogenbetrieb etwa der Betriebsweise von Brennkraftmaschinen, bei denen in herkömmlicher Weise Kraftstoff in das Ansaugrohr eingespritzt wird. Bei Bedarf kann auch bei kleineren Lasten der Homogenbetrieb eingesetzt werden.

[0006] Im Schichtbetrieb wird die Drosselklappe in dem zu dem Brennraum führenden Ansaugrohr weit geöffnet und die Verbrennung wird im wesentlichen nur durch die einzuspritzende Kraftstoffmasse gesteuert und/oder geregelt. Im Homogenbetrieb wird die Drosselklappe in Abhängigkeit von dem angeforderten Moment geöffnet bzw. geschlossen und die einzuspritzende Kraftstoffmasse wird in Abhängigkeit von der angesaugten Luftmasse gesteuert und/oder geregelt.

[0007] In beiden Betriebsarten, also im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb, wird die einzuspritzende Kraftstoffmasse in Abhängigkeit zusätzlich von einer Mehrzahl weiterer Eingangsgrößen auf einen im Hinblick auf Kraftstoffeinsparung, Abgasreduzierung und dergleichen optimalen Wert gesteuert und/oder geregelt. Die Steuerung und/oder Regelung ist dabei in den beiden Betriebsarten unterschiedlich.

[0008] Es ist erforderlich, die Brennkraftmaschine von dem Schichtbetrieb in den Homogenbetrieb und wieder zurück umzuschalten. Während im Schichtbetrieb die Drosselklappe weit geöffnet ist und die Luft damit weitgehend entdrosselt zugeführt wird, ist die Drosselklappe im Homogenbetrieb nur teilweise geöffnet und vermindert damit die Zufuhr von Luft. Vor allem bei der Umschaltung vom Schichtbetrieb in den Homogenbetrieb muss dabei die Fähigkeit des zu dem Brennraum führenden Ansaugrohrs berücksichtigt werden, Luft zu speichern. Wird dies nicht berücksichtigt, so kann das Umschalten zu einer Erhöhung des von der Brennkraftmaschine abgegebenen Moments führen.

[0009] Ein Verfahren der eingangs genannten Art ist aus der DE 197 37 375 A1 bekannt. Allerdings kann dieser Druckschrift kein Hinweis darauf entnommen werden, die zugeführte Luftmasse als Umschaltkriterium zum Umschalten zwischen den Betriebsarten heranzuziehen.

[0010] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zu schaffen, mit dem ein optimales Umschalten zwischen den Betriebsarten möglich ist.

[0011] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art bzw. bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die zugeführte Luftmasse ermittelt wird und in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmasse von der ersten Betriebsart in den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet wird.

[0012] Es wird also nicht sofort in den Homogenbetrieb, also zu einem stöchiometrischen oder fetten Luft/Kraftstoffgemisch umgeschaltet, sondern es wird die Brennkraftmaschine zuerst in einem Übergangsbetrieb des Homogenbetriebs betrieben. Durch diesen Übergangsbetrieb wird erreicht, dass der gesamte Umschalt-

vorgang vom Schichtbetrieb in den Homogenbetrieb eine wesentlich geringere Erhöhung des von der Brennkraftmaschine erzeugten Moments zur Folge hat. Es muss also wesentlich weniger überschüssiges Moment beispielsweise durch eine Spätverstellung des Zündwinkels wieder vernichtet werden. Dies stellt nicht nur eine deutliche Kraftstoffeinsparung dar, sondern es wird auch durch die geringere Spätverstellung des Zündwinkels die Möglichkeit von Veränderungen des von der Brennkraftmaschine erzeugten Moments deutlich verringert. Störungen haben somit nur noch eine verminderte Einwirkung auf die Laufruhe der Brennkraftmaschine. Des weiteren wird durch die verringerte Spätverstellung des Zündwinkels auch eine geringere Erhöhung der Abgastemperatur erreicht, was ebenfalls für die Laufruhe der Brennkraftmaschine und deren Lebensdauer vorteilhaft ist.

[0013] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird vorgeschlagen, von der ersten Betriebsart in den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart umzuschalten, sobald die zugeführte Luftmasse einen ersten Schwellwert unterschreitet.

[0014] Ebenso wird vorgeschlagen, dass in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmasse von dem Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart in den Normalbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet wird, und zwar insbesondere sobald die zugeführte Luftmasse einen zweiten Schwellwert unterschreitet.

[0015] Die Umschaltvorgänge werden also in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmasse durchgeführt. Die zugeführte Luftmasse kann dabei beispielsweise mit Hilfe eines Luftmassensensors ermittelt werden. Dann werden gegebenenfalls in Abhängigkeit von der Drehzahl der Brennkraftmaschine und/oder sonstigen Parametern die beiden Schwellwerte für die Umschaltvorgänge ermittelt. Verringert sich nun die in dem Ansaugrohr gespeicherte Luftmasse, so wird zuerst der erste Schwellwert unterschritten. Die Brennkraftmaschine wird daraufhin von dem Schichtbetrieb in den Übergangsbetrieb des Homogenbetriebs umgeschaltet. Die in dem Ansaugrohr zwischengespeicherte Luftmasse verringert sich weiter und unterschreitet dann den zweiten Schwellwert. Die Brennkraftmaschine wird dann von dem Übergangsbetrieb in den Normalbetrieb des Homogenbetriebs umgeschaltet. Die Abhängigkeit der Umschaltvorgänge von der zugeführten Luftmasse stellt dabei eine besonders einfache und genaue Möglichkeit dar, die gesamte Umschaltung der Brennkraftmaschine vom Schichtbetrieb in den Homogenbetrieb durchzuführen.

[0016] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird in dem Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart das zugeführte Kraftstoff/Luft-Gemisch auf einen etwa mageren Wert gesteuert und/oder geregelt. Bei dem Übergangsbetrieb des Homogenbetriebs handelt es sich also um einen mageren Homogenbetrieb bzw. homogenen Magerbetrieb mit einem mageren Luft/Kraftstoffverhältnis. Das Kraftstoff/Luft-Gemisch besitzt

somit einen Wert größer als 1.

[0017] Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn die einzuspritzende Kraftstoffmasse nach dem Umschalten von der ersten Betriebsart auf den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart aus der zugeführten Luftmasse und dem angeforderten Moment ermittelt wird. Dies stellt eine einfache und genaue Möglichkeit dar, den mageren Homogenbetrieb zu realisieren.

[0018] Des weiteren ist es besonders zweckmäßig, wenn der Zündwinkel nach dem Umschalten von der ersten Betriebsart auf den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart aus der zugeführten Luftmasse, der eingespritzten Kraftstoffmasse und dem angeforderten Moment ermittelt wird. Damit kann das angeforderte Moment einfach und genau während des mageren Homogenbetriebs erzeugt werden.

[0019] Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird in dem Normalbetrieb der zweiten Betriebsart das zugeführte Kraftstoff/Luft-Gemisch auf einen vorgegebenen, insbesondere stöchiometrischen Wert gesteuert und/oder geregelt wird. Das Kraftstoff/Luft-Gemisch besitzt somit einen definierten vorgegebenen Wert, beispielsweise 1. Damit wird ein besonders schadstoffarmer Betrieb der Brennkraftmaschine erreicht.

[0020] Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn die einzuspritzende Kraftstoffmasse nach dem Umschalten von dem Übergangsbetrieb in den Normalbetrieb der zweiten Betriebsart aus der zugeführten Luftmasse ermittelt wird. Auf diese Weise kann gewährleistet werden, daß der vorgegebene bzw. stöchiometrische Wert des Kraftstoff/Luft-Gemischs erhalten bleibt.

[0021] Des weiteren ist es besonders zweckmäßig, wenn der Zündwinkel nach dem Umschalten von dem Übergangsbetrieb in den Normalbetrieb der zweiten Betriebsart aus dem angeforderten Moment ermittelt wird. Mit Hilfe des Zündwinkels können damit insbesondere kurzfristige Momentenänderungen erreicht werden, ohne den vorgegebenen bzw. stöchiometrischen Wert verändern zu müssen.

[0022] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauf- und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so daß dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein Read-Only-Memory.

- Figur 1 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs,
- Figur 2 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der Brennkraftmaschine der Figur 1, und
- Figur 3 zeigt ein schematisches Zeitdiagramm von Signalen der Brennkraftmaschine der Figur 1 bei Durchführung des Verfahrens nach der Figur 2.

[0023] In der Figur ist eine Brennkraftmaschine 1 dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, an den über Ventile 5 ein Ansaugrohr 6 und ein Abgasrohr 7 angeschlossen sind. Des Weiteren sind dem Brennraum 4 ein mit einem Signal TI ansteuerbares Einspritzventil 8 und eine mit einem Signal ZW ansteuerbare Zündkerze 9 zugeordnet.

[0024] Das Ansaugrohr 6 ist mit einem Luftmassensensor 10 und das Abgasrohr 7 kann mit einem Lambda-Sensor 11 versehen sein. Der Luftmassensensor 10 mißt die Luftmasse der dem Ansaugrohr 6 zugeführten Frischluft und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal LM. Der Lambda-Sensor 11 mißt den Sauerstoffgehalt des Abgases in dem Abgasrohr 7 und erzeugt in Abhängigkeit davon ein Signal λ .

[0025] In dem Ansaugrohr 6 ist eine Drosselklappe 12 untergebracht, deren Drehstellung mittels eines Signals DK einstellbar ist.

[0026] In einer ersten Betriebsart, dem Schichtbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 12 weit geöffnet. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Verdichtungsphase in den Brennraum 4 eingespritzt, und zwar örtlich in die unmittelbare Umgebung der Zündkerze 9 sowie zeitlich in geeignetem Abstand vor dem Zündzeitpunkt. Dann wird mit Hilfe der Zündkerze 9 der Kraftstoff entzündet, so daß der Kolben 2 in der nunmehr folgenden Arbeitsphase durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs angetrieben wird.

[0027] In einer zweiten Betriebsart, dem Homogenbetrieb der Brennkraftmaschine 1, wird die Drosselklappe 12 in Abhängigkeit von der erwünschten, zugeführten Luftmasse teilweise geöffnet bzw. geschlossen. Der Kraftstoff wird von dem Einspritzventil 8 während einer durch den Kolben 2 hervorgerufenen Ansaugphase in den Brennraum 4 eingespritzt. Durch die gleichzeitig angesaugte Luft wird der eingespritzte Kraftstoff verwirbelt und damit in dem Brennraum 4 im wesentlichen gleichmäßig verteilt. Danach wird das Kraftstoff/Luft-Gemisch während der Verdichtungsphase verdichtet, um dann von der Zündkerze 9 entzündet zu werden. Durch die Ausdehnung des entzündeten Kraftstoffs wird der Kolben 2 angetrieben.

[0028] Im Schichtbetrieb wie auch im Homogenbe-

trieb wird durch den angetriebenen Kolben eine Kurbelwelle 14 in eine Drehbewegung versetzt, über die letztendlich die Räder des Kraftfahrzeugs angetrieben werden. Der Kurbelwelle 14 ist ein Drehzahlsensor 15 zugeordnet, der in Abhängigkeit von der Drehbewegung der Kurbelwelle 14 ein Signal N erzeugt.

[0029] Die im Schichtbetrieb und im Homogenbetrieb von dem Einspritzventil 8 in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse wird von einem Steuergerät 16 insbesondere im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch und/oder eine geringe Schadstoffentwicklung gesteuert und/oder geregelt. Zu diesem Zweck ist das Steuergerät 16 mit einem Mikroprozessor versehen, der in einem Speichermedium, insbesondere in einem Read-Only-Memory ein Programm abgespeichert hat, das dazu geeignet ist, die genannte Steuerung und/oder Regelung durchzuführen.

[0030] Das Steuergerät 16 ist von Eingangssignalen beaufschlagt, die mittels Sensoren gemessene Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine darstellen. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Luftmassensensor 10, dem Lambda-Sensor 11 und dem Drehzahlsensor 15 verbunden. Des Weiteren ist das Steuergerät 16 mit einem Fahrpedalsensor 17 verbunden, der ein Signal FP erzeugt, das die Stellung eines von einem Fahrer betätigbaren Fahrpedals angibt. Das Steuergerät 16 erzeugt Ausgangssignale, mit denen über Aktoren das Verhalten der Brennkraftmaschine entsprechend der erwünschten Steuerung und/oder Regelung beeinflußt werden kann. Beispielsweise ist das Steuergerät 16 mit dem Einspritzventil 8, der Zündkerze 9 und der Drosselklappe 12 verbunden und erzeugt die zu deren Ansteuerung erforderlichen Signale TI, ZW und DK.

[0031] Von dem Steuergerät 16 wird das nachfolgend anhand der Figuren 2 und 3 beschriebene Verfahren zum Umschalten von einem Schichtbetrieb in einen Homogenbetrieb durchgeführt. Die in der Figur 2 gezeigten Blöcke stellen dabei Funktionen des Verfahrens dar, die beispielsweise in der Form von Softwaremodulen oder dergleichen in dem Steuergerät 16 realisiert sind.

[0032] In der Figur 2 wird in einem Block 18 davon ausgegangen, daß sich die Brennkraftmaschine 1 in einem stationären Schichtbetrieb befindet. In einem Block 19 wird dann beispielsweise aufgrund einer von dem Fahrer erwünschten Beschleunigung des Kraftfahrzeugs ein Übergang in einen Homogenbetrieb angefordert. Der Zeitpunkt der Anforderung des Homogenbetriebs ist auch aus der Figur 3 ersichtlich.

[0033] Danach erfolgt mittels der Blöcke 20, 21 eine Entprellung, mit der ein kurz aufeinanderfolgendes Hin- und Herschalten zwischen dem Schicht- und dem Homogenbetrieb verhindert wird. Wenn der Homogenbetrieb freigegeben ist, dann wird der Übergang von dem Schichtbetrieb in den Homogenbetrieb durch einen Block 22 gestartet. Der Zeitpunkt, in dem der Umschaltvorgang beginnt, ist in der Figur 3 mit dem Bezugszeichen 23 gekennzeichnet.

[0034] In dem genannten Zeitpunkt 23 wird die Dros-

selklappe 12 mittels eines Blocks 24 aus ihrem im Schichtbetrieb vollständig geöffneten Zustand wdksh in einen zumindest teilweise geöffneten bzw. geschlossenen Zustand wdkhom für den Homogenbetrieb gesteuert. Die Drehstellung der Drosselklappe im Homogenbetrieb ist dabei auf ein stöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Gemisch, also auf $\lambda = 1$ ausgerichtet und hängt des weiteren von z.B. dem angeforderten Moment und/oder der Drehzahl N der Brennkraftmaschine 1 usw. ab.

[0035] Durch die Verstellung der Drosselklappe 12 geht die Brennkraftmaschine 1 von dem stationären Schichtbetrieb in einen instationären Schichtbetrieb über. In diesem Betriebszustand fällt die dem Brennraum 4 zugeführte Luftmasse von einer Füllung rlsch während des Schichtbetriebs langsam zu kleineren Füllungen hin ab. Dies ist aus der Figur 3 ersichtlich. Die dem Brennraum 4 zugeführte Luftmasse rl bzw. dessen Füllung wird dabei von dem Steuergerät 16 u.a. aus dem Signal LM des Luftmassensensors 10 ermittelt.

[0036] In einem Block 25 der Figur 2 wird geprüft, ob die dem Brennraum 4 zugeführte Luftmasse einen bestimmten Wert erreicht hat, und zwar ob die Füllung rl kleiner geworden ist als eine maximale Füllung für einen homogenen Magerbetrieb rlmachommager. Es wird also geprüft, ob $rl < rlmachommager$ ist. Die Füllung rlmachommager ist dabei derart vorgegeben, daß das von der Brennkraftmaschine 1 abgegebene Moment etwa konstant bleibt.

[0037] Ist $rl < rlmachommager$ nicht erfüllt, so wird in einer Schleife über den Block 24 weiter abgewartet. Ist dies jedoch der Fall, was in der Figur 3 in einem mit der Bezugsziffer 26 gekennzeichneten Zeitpunkt gegeben ist, so wird in diesem Zeitpunkt von dem instationären Schichtbetrieb in einen instationären Homogenbetrieb umgeschaltet. Gemäß der Figur 2 wird das Umschalten dabei mittels eines Blocks 27 durchgeführt.

[0038] Der instationäre Homogenbetrieb unterscheidet sich von einem stationären Homogenbetrieb dadurch, daß das Kraftstoff/Luft-Gemisch mager ist, λ also größer als 1 ist, und sich die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine 1, z.B. die Füllung des Brennraums 4, weiter verändern. Es handelt sich also um einen mageren Homogenbetrieb bzw. einen homogenen Magerbetrieb der Brennkraftmaschine 1. Dieser magere Homogenbetrieb stellt eine Übergangsbetriebsart zu der Normalbetriebsart des Homogenbetriebs dar.

[0039] In dem mageren Homogenbetrieb wird die Brennkraftmaschine 1 gemäß einem Block 28 der Figur 2 derart gesteuert bzw. geregelt, daß die Kraftstoffmasse rk aus dem angeforderten Moment mdsoll und der dem Brennraum 4 zugeführten Luftmasse rl ermittelt wird. Aus der zugeführten Luftmasse rl und der in den Brennraum 4 eingespritzten Kraftstoffmasse rk ergibt sich dann das Kraftstoff/Luft-Gemisch λ . Der Zündwinkel ZW für die Zündkerze 9 der Brennkraftmaschine 1 wird in Abhängigkeit von dem angeforderten Moment mdsoll, der Luftmasse rl und der Kraftstoffmasse rk er-

mittelt und eingestellt.

[0040] In dem mageren Homogenbetrieb fällt die dem Brennraum 4 zugeführte Luftmasse rl weiter zu kleineren Füllungen hin ab. Dies ist in der Figur 2 mittels eines Blocks 29 dargestellt. In einem Block 30 wird geprüft, ob die dem Brennraum 4 zugeführte Luftmasse einen bestimmten Wert erreicht hat, und zwar ob die Füllung rl kleiner geworden ist als eine maximale Füllung für den normalen Homogenbetrieb rlmachom. Es wird also geprüft, ob $rl < rlmachom$ ist. Die Füllung rlmachom ist dabei derart vorgegeben, daß in dem normalen Homogenbetrieb ein stöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Gemisch, also $\lambda = 1$ vorhanden ist. Des weiteren ist diese Füllung derart vorgegeben, daß das abgegebene Moment Md konstant bleibt.

[0041] Ist $rl < rlmachom$ nicht erfüllt, so wird in einer Schleife über die Blöcke 28, 29 weiter abgewartet. Ist dies jedoch der Fall, was in der Figur 3 in einem mit der Bezugsziffer 31 gekennzeichneten Zeitpunkt gegeben ist, so wird in diesem Zeitpunkt von dem instationären mageren Homogenbetrieb in einen Homogenbetrieb umgeschaltet. Gemäß der Figur 2 wird das Umschalten dabei mittels eines Blocks 32 durchgeführt.

[0042] In dem genannten Zeitpunkt 31 wird die Lambda-Regelung eingeschaltet, damit der genannte Homogenbetrieb mit einem vorgegebenen λ -Wert, beispielsweise mit $\lambda = 1$, also einem stöchiometrischen Kraftstoff/Luftgemisch weitergeführt wird. Dies ist in der Figur 2 in einem Block 33 dargestellt. Die Lambda-Regelung steuert und/oder regelt die in den Brennraum 4 eingespritzte Kraftstoffmasse rk derart, daß z.B. ein stöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Gemisch entsteht, daß also $\lambda = 1$ ist.

[0043] Die auf diese Weise beeinflusste Kraftstoffmasse rk hat zur Folge, daß - zumindest während einer gewissen Zeitdauer - das von der Brennkraftmaschine 1 abgegebene Moment Md ansteigen würde. Dies wird dadurch ausgeglichen, daß im Zeitpunkt 31, also mit dem Zuschalten der Lambda-Regelung, der Zündwinkel ZW derart verstellt wird, daß das abgegebene Moment Md etwa konstant bleibt.

[0044] Dies wird in der Figur 2 über einen Block 34 erreicht. Dort wird die Kraftstoffmasse rk aus der dem Brennraum 4 zugeführten Luftmasse rl unter Zugrundelegung eines stöchiometrischen Kraftstoff/Luft-Gemischs ermittelt. Des weiteren wird der Zündwinkel ZW in Abhängigkeit von dem abzugebenden Moment mdsoll in Richtung einer Spätzündung verstellt. Im Hinblick auf diese Spätverstellung liegt somit noch eine gewisse Abweichung von dem normalen Homogenbetrieb vor, mit der vorübergehend die noch zuviel zugeführte Luftmasse und das daraus resultierende zuviel erzeugte Moment der Brennkraftmaschine 1 vernichtet wird.

[0045] In einem Block 35 wird geprüft, ob die dem Brennraum 4 zugeführte Luftmasse rl schließlich auf diejenige Füllung gefallen ist, die zu einem stationären Homogenbetrieb bei einem stöchiometrischem Kraftstoff/Luft-Gemisch gehört. Ist dies noch nicht der Fall,

so wird in einer Schleife über den Block 34 weiter abgewartet. Ist dies jedoch der Fall, so wird die Brennkraftmaschine 1 in dem stationären Homogenbetrieb ohne eine Zündwinkelverstellung mittels des Blocks 36 weiterbetrieben. In der Figur 3 ist dies in einem mit der Bezugsziffer 37 gekennzeichneten Zeitpunkt der Fall.

[0046] In diesem stationären Homogenbetrieb entspricht die dem Brennraum 4 zugeführte Luftmasse der Füllung ρ_{hom} für den Homogenbetrieb und der Zündwinkel α_{hom} für die Zündkerze 9 entspricht ebenfalls demjenigen für den Homogenbetrieb. Entsprechendes gilt für die Drehstellung ω_{hom} der Drosselklappe 12.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, bei dem Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum (4) eingespritzt wird, und bei dem die in den Brennraum (4) eingespritzte Kraftstoffmasse in den beiden Betriebsarten unterschiedlich gesteuert und/oder geregelt wird, wobei von der ersten Betriebsart zuerst (26) in einen Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart und dann (31, 37) in einen Normalbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zugeführte Luftmasse (ρ_l) ermittelt wird und in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmasse (ρ_l) von der ersten Betriebsart in den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** nach Unterschreiten (26) der zugeführten Luftmasse (ρ_l) unter einen ersten Schwellwert (ρ_{lmaxhom}) von der ersten Betriebsart in den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmasse (ρ_l) von dem Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart in den Normalbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet wird, insbesondere nach Unterschreiten (31) der zugeführten Luftmasse (ρ_l) unter einen zweiten Schwellwert (ρ_{lmaxhom}).
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart das zugeführte Kraftstoff/Luft-Gemisch auf einen etwa mageren Wert ($\lambda > 1$) gesteuert und/oder geregelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzuspritzende Kraftstoffmasse (m_k) nach dem Umschalten (26) von der ersten Betriebsart auf den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart aus der zugeführten Luftmasse (ρ_l) und dem angeforderten Moment (m_{dsoll}) ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zündwinkel (ZW) nach dem Umschalten (26) von der ersten Betriebsart auf den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart aus der zugeführten Luftmasse (ρ_l), der eingespritzten Kraftstoffmasse (m_k) und dem angeforderten Moment (m_{dsoll}) ermittelt wird.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Normalbetrieb der zweiten Betriebsart das zugeführte Kraftstoff/Luft-Gemisch auf einen vorgegebenen, insbesondere stöchiometrischen Wert ($\lambda = 1$) gesteuert und/oder geregelt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzuspritzende Kraftstoffmasse (m_k) nach dem Umschalten (31) von dem Übergangsbetrieb in den Normalbetrieb der zweiten Betriebsart aus der zugeführten Luftmasse (ρ_l) ermittelt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zündwinkel (ZW) nach dem Umschalten (31) von dem Übergangsbetrieb in den Normalbetrieb der zweiten Betriebsart aus dem angeforderten Moment (m_{dsoll}) ermittelt wird.
10. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory, für ein Steuergerät (16) einer Brennkraftmaschine (1) insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechnergerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig ist, zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
11. Brennkraftmaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einem Einspritzventil (8), mit dem Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart während einer Verdichtungsphase oder in einer zweiten Betriebsart während einer Ansaugphase direkt in einen Brennraum (4) einspritzbar ist, und mit einem Steuergerät (16) zur unterschiedlichen Steuerung und/oder Regelung der in den Brennraum (4) eingespritzten Kraftstoffmasse in den beiden Betriebsarten, wobei das Steuergerät (16) von der ersten Betriebsart zuerst (26) in einen Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart und dann (31, 37) in einen Normalbetrieb der zweiten Betriebsart umschaltet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zugeführte Luftmasse (ρ_l) ermittelt wird und das Steuergerät (16) in Abhängigkeit von der zugeführten Luftmasse (ρ_l) von dem Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart in den Normalbetrieb der zweiten Betriebsart umgeschaltet wird.

se (rl) von der ersten Betriebsart in den Übergangsbetrieb der zweiten Betriebsart umschaltet.

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine (1), in particular of a motor vehicle, in which fuel is injected directly into a combustion chamber (4) either during a compression phase in a first operating mode or during an induction phase in a second operating mode, and in which the fuel mass injected into the combustion chamber (4) is controlled differently in the two operating modes, the engine firstly (26) being switched from the first operating mode into transition operation of the second operating mode and then (31, 37) into normal operation of the second operating mode, **characterized in that** the supplied air mass (rl) is determined and the engine is switched from the first operating mode to the transition operation of the second operating mode as a function of the supplied air mass (rl). 10
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** after the supplied air mass (rl) has dropped (26) below a first threshold value (rlmaxhommager) the engine is switched from the first operating mode to the transition operation of the second operating mode. 15
3. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** the engine is switched from the transition operation of the second operating mode into the normal operation of the second operating mode as a function of the supplied air mass (rl), in particular after the supplied air mass (rl) has dropped (31) below a second threshold value (rlmaxhom). 20
4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in the transition operation of the second operating mode the supplied fuel/air mix is controlled to approximately a lean value ($\lambda > 1$). 25
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the fuel mass (rk) which is to be injected is determined from the supplied air mass (rl) and the required torque (mdsoll) after the engine has been switched (26) from the first operating mode to the transition operation of the second operating mode. 30
6. Method according to one of Claims 4 or 5, **characterized in that** the ignition angle (ZW) is determined from the supplied air mass (rl), the injected fuel mass (rk) and the required torque (mdsoll) after the engine has been switched (26) from the first operating mode to the transition operation of the second operating mode. 35

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** in the normal operation of the second operating mode the supplied fuel/air mix is controlled to a predetermined, in particular stoichiometric value ($\lambda = 1$). 40
8. Method according to Claim 7, **characterized in that** the fuel mass (rk) which is to be injected is determined from the supplied air mass (rl) after the engine has been switched (31) from the transitional operation into the normal operation of the second operating mode. 45
9. Method according to one of Claims 7 or 8, **characterized in that** the ignition angle (ZW) is determined from the required torque (mdsoll) after the engine has been switched (31) from the transition operation to the normal operation of the second operating mode. 50
10. Control element, in particular read only memory, for a control unit (16) of an internal combustion engine (1), in particular of a motor vehicle, which stores a program which can run on a computer unit, in particular on a microprocessor, for implementing a method according to one of Claims 1 to 9. 55
11. Internal combustion engine (1), in particular for a motor vehicle, having an injection valve (8), by means of which fuel can be injected directly into a combustion chamber (4) either during a compression phase in a first operating mode or during an induction phase in a second operating mode, and having a control unit (16) for differently controlling the fuel mass injected into the combustion chamber (4) in the two operating modes, the control unit (16) firstly (26) switching from the first operating mode into a transitional operation of the second operating mode and then (31, 37) into a normal operation of the second operating mode, **characterized in that** the supplied air mass (rl) is determined and the control unit (16) switches from the first operating mode into the transitional operation of the second operating mode as a function of the supplied air mass (rl).

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne (1), notamment pour un véhicule à moteur, dans lequel le carburant est injecté directement dans une chambre de combustion (4), soit dans un premier mode de fonctionnement pendant la phase de compression, soit dans un second mode de fonctionnement pendant la phase d'admission, et dans lequel la masse de carburant injectée dans la chambre de combustion (4) est pilotée et/ou régulée différemment selon le mode de fonction-

- nement, selon lequel on passe d'abord (26) du premier mode de fonctionnement à un mode de transition du second mode de fonctionnement et ensuite (31, 37) on passe à un mode normal du second mode de fonctionnement,
caractérisé en ce qu'
on détermine la masse d'air aspirée (rl) et on passe du premier mode de fonctionnement au mode de transition du second mode de fonctionnement en fonction de la masse d'air aspirée (rl).
2. Procédé selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
on passe du premier mode de fonctionnement au mode de transition du second mode de fonctionnement après que la masse d'air aspirée (rl) est passée en dessous (26) d'un premier seuil (rlmaxhom-mager).
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2,
caractérisé en ce qu'
on passe du mode de transition du second mode de fonctionnement au mode normal du second mode de fonctionnement en fonction de la masse d'air aspirée (rl), notamment après que la masse d'air (rl) passe en dessous d'un second seuil (rlmaxhom).
4. Procédé d'après l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'
en mode de transition du second mode de fonctionnement, le mélange carburant/air aspiré est piloté et/ou régulé à une valeur assez pauvre ($\lambda > 1$).
5. Procédé d'après la revendication 4,
caractérisé en ce que
la masse de carburant à injecter (rk) après le passage du premier mode de fonctionnement au mode de transition du second mode de fonctionnement est déterminé à partir de la masse d'air aspirée (rl) et du couple requis (mdsoll).
6. Procédé d'après l'une des revendications 4 ou 5,
caractérisé en ce que
l'angle d'allumage (ZW) après le passage du premier mode de fonctionnement au mode de transition du second mode de fonctionnement est déterminé à partir de la masse d'air aspirée (rl), de la masse de carburant injectée (rk) et du couple requis (mdsoll).
7. Procédé d'après l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que
en mode normal du second mode de fonctionnement, le mélange carburant/air aspiré est piloté et/ou régulé à une valeur prédéfinie, notamment stoechiométrique ($\lambda = 1$).
8. Procédé d'après la revendication 7,
caractérisé en ce que
la masse de carburant à injecter (rk), après le passage du mode de transition dans le mode normal du second mode de fonctionnement, est déterminé à partir de la masse d'air aspirée (rl).
9. Procédé d'après l'une des revendications 7 ou 8,
caractérisé en ce que
l'angle d'allumage (ZW), après le passage (31) du mode de transition dans le mode normal du second mode de fonctionnement, est déterminé à partir du couple requis (mdsoll).
10. Élément de pilotage, notamment une mémoire ROM (Read-Only Memory), pour une unité de commande (16) d'un moteur à combustion interne (1) notamment pour un véhicule à moteur, dans lequel est stocké un programme qui est exécutable sur un calculateur, notamment sur un microprocesseur, pour la réalisation d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.
11. Moteur à combustion interne (1) notamment pour un véhicule à moteur, comprenant un injecteur (8) avec lequel le carburant est injecté directement dans une chambre de combustion (4), soit dans un premier mode de fonctionnement pendant la phase de compression, soit dans un second mode de fonctionnement pendant la phase d'admission, et comprenant une unité de commande (16) pour piloter et/ou réguler la masse de carburant injectée dans la chambre de combustion (4) différemment selon le mode de fonctionnement, dans lequel l'unité de commande (16) passe d'abord (26) du premier mode de fonctionnement à un mode de transition du second mode de fonctionnement et ensuite (31, 37) à un mode normal du second mode de fonctionnement,
caractérisé en ce qu'
on détermine la masse d'air aspirée (rl) et l'unité de commande (16) passe du premier mode de fonctionnement au mode de transition du second mode de fonctionnement en fonction de la masse d'air aspirée (rl).





