



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 17 468 T2 2006.10.12**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 347 156 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 17 468.2**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP01/11654**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 272 921.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/053889**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.12.2001**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **11.07.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.09.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.03.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **12.10.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01N 3/20 (2006.01)**

**F02D 41/30 (2006.01)**

**F02D 41/40 (2006.01)**

**F02B 17/00 (2006.01)**

**F02D 41/04 (2006.01)**

**F02D 41/14 (2006.01)**

**F02D 41/02 (2006.01)**

**F02D 9/04 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**2000400304 28.12.2000 JP**

**2001347564 13.11.2001 JP**

**2001388237 20.12.2001 JP**

(73) Patentinhaber:

**Mitsubishi Jidosha Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP**

(74) Vertreter:

**Schieber und Kollegen, 80469 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR**

(72) Erfinder:

**TAMURA, Yasuki, c/o MITSUBISHI JIDOSHA**

**KOGYO, Tokyo 108-8410, JP; KAWASHIMA, K., c/o**

**MITSUBISHI JIDOSHA KOGYO K.K., Tokyo**

**108-8410, JP**

(54) Bezeichnung: **Abgasreinigungsvorrichtung für einen fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylindereinspritzung**

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

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

**Beschreibung**

Technisches Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Abgasreinigungsvorrichtung für einen fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylindereinspritzung und insbesondere ein Verfahren zur Verbesserung der Abgasreinigungsleistung, um die Wirkung der Emissionsmengenverringerung von im Abgas enthaltenen Schadstoffen zu verbessern.

Stand der Technik

**[0002]** Als eines der Verfahren zur Verringerung von im Abgas enthaltenen Schadstoffen (wobei nicht nur unverbrannte Substanzen wie HC, CO und H<sub>2</sub>, sondern auch Rauch, NO<sub>x</sub>, usw. inbegriffen sind) ist ein Abgasreinigungsverfahren bekannt, das auf eine Reaktion mit Hilfe eines Katalysators zurückgreift.

**[0003]** Dieses Abgasreinigungsverfahren erweist sich jedoch als nachteilig, zumal unverbrannte Substanzen wie HC an die Umgebung abgegeben werden, bevor der Katalysator aktiviert wird. Dieser Nachteil kann ein schwerwiegendes Problem darstellen, weil sich die vor Aktivierung des Katalysators abgegebene Schadstoffmenge gelegentlich 90% der Gesamtemissionsmenge während des Kaltmodus-Betriebes beläuft ausmacht.

**[0004]** Zur Problemlösung ist ein zweistufiges Verbrennungsverfahren (oder zweistufiges Einspritzverfahren) für einen fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylindereinspritzung vorgeschlagen worden. Gemäß diesem Verfahren erfolgt die Kraftstoffeinspritzung in zwei Stufen, das heißt, eine Haupteinspritzung (wobei das Luft-Brennstoff-Verhältnis derart eingestellt ist, dass ein übermäßig mageres Gemisch bereitgestellt wird) und eine Zusatzeinspritzung, die beim oder nach dem Expansionshub stattfindet, damit der nach einer Hauptverbrennung (geschichtete Verbrennung) im Anschluss an die Haupteinspritzung übrig gebliebene Sauerstoff mit unverbranntem Kraftstoff der Zusatzeinspritzung in einer Abgasanlage (einschließlich Teile des Motors von der Verbrennungskammer bis zum Katalysator) zur Reaktion gelangt, wodurch die Schadstoffe verringert werden und die Aktivierung des Katalysators beschleunigt wird.

**[0005]** Ein zweistufiges Einspritzverfahren wird in der Patentschrift EP-A-1 072 775, das unter Art. 54(3) EPC fällt, offenbart.

**[0006]** Es ist auch ein Verfahren zur Reaktionsbeschleunigung durch Erhöhung des Abgasdruckes (durch Begrenzung des Abgasstromes) vorgeschlagen worden, wodurch die Aktivierung des Katalysators im Kaltmodus beschleunigt wird wie beispielsweise in den ungeprüften japanischen Patentverfö-

fentlichungen (KOKAI) Nr. 3-117611 und Nr. 4-183921 offenbart.

**[0007]** Ferner ist ebenfalls eine Kombination dieser Verfahren entwickelt worden, wobei die zweistufige Verbrennung bei gleichzeitiger Erhöhung des Abgasdruckes stattfindet, um die Aktivierung des Katalysators im Kaltmodus zu beschleunigen.

**[0008]** Wenn die zweistufige Verbrennung erfolgt, stellt sich jedoch ein Problem, selbst wenn die Reaktion in der Abgasanlage drastisch beschleunigt und der Katalysator rasch aktiviert werden kann, das darin besteht, dass die Zusatzeinspritzung zu einem entsprechend niedrigeren Kraftstoffwirkungsgrad führt, weil der bei der Zusatzeinspritzung eingespritzte Kraftstoff nicht direkt zur Erzeugung des Motordrehmomentes beiträgt.

**[0009]** Im Falle der zweistufigen Verbrennung muss ferner das Luft-Brennstoff-Verhältnis derart gesteuert werden, dass das während der Hauptverbrennung im Anschluss an die Haupteinspritzung verbrannte Luft/Kraftstoffgemisch übermäßig mager ist. Natürlich ist das Motordrehmoment, das erzeugt werden kann, begrenzt und falls der Abgasdruck erhöht wird, nimmt der Auslasswiderstand ebenfalls zu, wobei es sogar schwierig ist, die Begrenzung beizubehalten. Diese Begrenzung des Motordrehmomentes ist unerwünscht, zumal es möglich ist, dass die Beschleunigungsnachfrage des Fahrers nicht erfüllt wird.

Offenbarung der Erfindung

**[0010]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht in der Bereitstellung einer Abgasreinigungsvorrichtung für einen fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylindereinspritzung, die in der Lage ist, die Verringerung des Kraftstoffwirkungsgrades selbst während des Kaltmodus-Betriebes auf ein Mindestmaß zu begrenzen und die Abgasreinigungsleistung zu verbessern, um die Emissionsmenge von Schadstoffen bei gleichzeitiger Gewährleistung der Beschleunigungsleistung zu begrenzen.

**[0011]** Um diese Aufgabe zu erfüllen, stellt die vorliegende Erfindung eine Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 1 bereit.

**[0012]** Bisher glaubte man, dass falls der Kraftstoff bei einem fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylindereinspritzung im Verdichtungshub eingespritzt wird, die Zündkerze wahrscheinlich nass werde, weil Kraftstoff nahe der Zündkerze eingespritzt wird. Aus den vom Anmelder durchgeführten Versuchen ging jedoch hervor, dass bei Einspritzen des Kraftstoffes im Verdichtungshub insbesondere während sich der Motor in einem kalten Zustand befand, der eingespritzte Kraftstoff tatsächlich eine zufriedenstellende Sprühstruktur mit geringer Benässung der Zündkerze

aufzeigte. Es wurde ebenfalls festgestellt, dass eine große Menge an CO (Kohlenmonoxid) bei gleichzeitiger Gewährleistung des Motordrehmomentes erzeugt wurde. In Übereinstimmung mit den Versuchsergebnissen wird bei kaltem Zustand des Motors der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt, wobei das Verbrennungs-Luft-Brennstoff-Verhältnis derart gesteuert wird, dass ein leicht mageres Luft/Kraftstoffgemisch erzeugt wird, das dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoffgemisch entspricht oder leicht magerer ist, und wobei Kraftstoff im Verdichtungshub eingespritzt wird, wodurch CO in den Auslasskanal als unverbrannte Substanz zusammen mit dem übrig gebliebenen Sauerstoff ( $O_2$ ) ausgestoßen wird, und zudem gleichzeitig wird der Abgasstrom eingeschränkt.

**[0013]** Folglich, während sich der Motor in einem kalten Zustand befindet und der Katalysator noch nicht aktiviert ist, kann veranlasst werden, dass das Abgas eine große Menge an CO als unverbrannte Substanz zusammen mit  $O_2$  ohne Durchführen der Zusatzeinspritzung der zweistufigen Verbrennung enthält. CO reagiert mit  $O_2$  leichter als HC, so dass die Reaktion in der Abgasanlage auch mit Hilfe der Abgasstrom-Begrenzungswirkung weiter beschleunigt wird. Daher ist es möglich, die Abgasreinigungsleistung zu verbessern, wobei das Luft/Kraftstoffgemisch als ein ganzes auf ein leicht mageres Gemisch eingestellt wird, um die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades zu verhindern und gleichzeitig das Motordrehmoment zu gewährleisten und zudem die Aktivierung des Katalysators zu beschleunigen.

**[0014]** Die Abgasreinigungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann ferner ein Auslassöffnungs-Umgebungstemperatur-Erfassungsmittel zum Erfassen der Temperatur oder Umgebungstemperatur einer Auslassöffnung umfassen, die sich von der Verbrennungskammer bis zum Auslasskanal erstreckt. Wenn das Katalysatoraktivierungs-Erfassungsmittel bestimmt, dass sich der Katalysator nicht im aktivierten Zustand befindet und ferner die vom Auslassöffnungs-Umgebungstemperatur-Erfassungsmittel erfasste Temperatur oder Umgebungstemperatur der Auslassöffnung einer vorbestimmten Temperatur entspricht oder höher ist, wird der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt und es wird zudem der Abgasstrom begrenzt.

**[0015]** Die vom Anmelder durchgeführten Versuche bestätigten, dass die Reaktion von CO in der Abgasanlage innerhalb der Auslassöffnung, in die das Abgas direkt von der Verbrennungskammer strömt, beschleunigt wurde. Die Reaktionsgeschwindigkeit steigt mit der Zunahme der Temperatur der Auslassöffnung und dementsprechend wenn sich der Motor in einem kalten Zustand befindet und wenn die Umgebungstemperatur der Auslassöffnung der vorbestimmten Temperatur entspricht oder höher ist, wird

der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt, um CO in den Auslasskanal als unverbrannte Substanz zusammen mit dem übrig gebliebenen  $O_2$  auszustoßen, wobei auch der Abgasstrom begrenzt wird.

**[0016]** Folglich, während sich der Motor in einem kalten Zustand befindet und der Katalysator noch nicht aktiviert ist, wird die Reaktion von CO mit  $O_2$  in der Abgasanlage auf geeignetere Art und Weise beschleunigt, wodurch die Abgasreinigungsleistung weiterhin verbessert werden kann, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und gleichzeitig das Motordrehmoment gewährleistet wird, wobei der Katalysator zudem rascher aktiviert werden kann.

**[0017]** Die Abgasreinigungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann ferner ein zweistufiges Verbrennungsbetriebsmittel zur Kraftstoffversorgung der Verbrennungskammer für die Hauptverbrennung und dann erneut zur Kraftstoffversorgung der Verbrennungskammer zu einem Zeitpunkt nach Erlöschen der durch die Hauptverbrennung erzeugten Flamme und vor dem Öffnen eines Abgasventils umfassen, um dadurch einen zweistufigen Verbrennungsbetrieb durchzuführen. Wenn das Katalysator-Aktivierungs-Erfassungsmittel bestimmt, dass sich der Katalysator nicht im aktivierten Zustand befindet, wird der zweistufige Verbrennungsbetrieb oder der leicht magere Verdichtungshubbetrieb mittels des zweistufigen Verbrennungsbetriebsmittels oder des leicht mageren Verdichtungshub-Betriebsmittels wahlweise durchgeführt, wobei auch der Abgasstrom begrenzt wird.

**[0018]** Dementsprechend kann der zweistufige Verbrennungsbetrieb oder der leicht magere Verdichtungshubbetrieb in Übereinstimmung mit den Betriebsbedingungen des Motors passend ausgewählt werden. Wenn der zweistufige Verbrennungsbetrieb ausgewählt wird und ferner der Abgasstrom begrenzt wird, kann die Abgasreinigungsleistung verbessert werden, während die Aktivierung des Katalysators vorzugsweise beschleunigt wird. Andererseits, wenn der leicht magere Verdichtungshubbetrieb ausgewählt und auch der Abgasstrom begrenzt wird, kann die Abgasreinigungsleistung verbessert werden, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades vorzugsweise verhindert und gleichzeitig das Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0019]** Ferner kann in der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung zuerst der zweistufige Verbrennungsbetrieb und anschließend der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt werden, wenn das Katalysator-Aktivierungs-Erfassungsmittel bestimmt, dass der Katalysator sich nicht im aktivierten Zustand befindet.

**[0020]** Folglich, wenn der Katalysator sich nicht im aktivierten Zustand befindet, wird zuerst der zweistufige Verbrennungsbetrieb durchgeführt, während gleichzeitig der Abgasstrom begrenzt wird, wobei der Katalysator rasch aktiviert werden kann. Zu dem Zeitpunkt, zu dem der Katalysator bis zu einem bestimmten Grad aktiviert worden ist, wird der Betriebsmodus in den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb geschaltet, wodurch die Abgasreinigungsleistung wirksam verbessert werden kann, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und zudem das Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0021]** In der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung stellt das Abgas-Durchflussregelungsmittel bei Durchführen des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes eine Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes auf einen Wert ein, der höher als jener ist, der bei Durchführen des zweistufigen Verbrennungsbetriebes angewandt wird.

**[0022]** Spezieller erläutert, ist, während des zweistufigen Verbrennungsbetriebes, bei dem das Luft-Brennstoff-Verhältnis für die Hauptverbrennung derart eingestellt ist, dass ein übermäßig leichtes Gemisch erzeugt wird, die Menge an Ansaugluft groß und somit ist der Volumenstrom des Abgases hoch. Folglich, selbst wenn die Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes verhältnismäßig gering ist, kann der Abgasstrom leicht begrenzt werden, um die Reaktion in der Abgasanlage zu beschleunigen. Während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes ist jedoch der Volumenstrom des Abgases gering und deshalb wird die Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes erhöht, um den Abgasstrom auf verlässliche Art und Weise zu begrenzen.

**[0023]** Demzufolge kann die Abgasreinigungsleistung wirksamer verbessert werden, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und gleichzeitig das Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0024]** Ebenfalls kann die Abgasreinigungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung ferner ein Lasterfassungsmittel zum Erfassen der Motorlast umfassen. Wenn die vom Lasterfassungsmittel erfasste Motorlast einem vorbestimmten Wert entspricht oder höher ist, wird der leicht magere Verdichtungshubbetrieb vorzugsweise mittels des zweistufigen Verbrennungsbetriebes durchgeführt.

**[0025]** Folglich wird, wenn eine Beschleunigungsnachfrage besteht, selbst wenn der Katalysator sich noch nicht im aktivierten Zustand befindet, der leicht magere Verdichtungshubbetrieb vorzugsweise mittels des zweistufigen Verbrennungsbetriebes durchgeführt, wodurch die Abgasreinigungsleistung verbessert werden kann, während die Minderung des

Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und gleichzeitig das Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0026]** Die Abgasreinigungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann ferner ein leicht mageres Ansaughub-Betriebsmittel umfassen, um das Luft-Brennstoff-Verhältnis-Steuermittel zu veranlassen, das Verbrennungs-Luft-Brennstoff-Verhältnis zu steuern, damit ein leicht mageres Luft/Kraftstoffgemisch erzeugt wird, das einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoffgemisch entspricht oder leicht magerer ist, und auch das Kraftstoffeinspritz-Steuermittel zu veranlassen, Kraftstoff im Ansaughub einzuspritzen, um dadurch einen leicht mageren Ansaughubbetrieb durchzuführen. Wenn das Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt, dass der Katalysator sich nicht im aktivierten Zustand befindet, wird der leicht magere Verdichtungshubbetrieb oder der leicht magere Ansaughubbetrieb mittels des leicht mageren Verdichtungshub-Betriebsmittels oder des leicht mageren Ansaughub-Betriebsmittels wahlweise durchgeführt, wobei zudem der Abgasstrom begrenzt wird.

**[0027]** Dementsprechend kann der leicht magere Verdichtungshubbetrieb oder der leicht magere Ansaughubbetrieb in Übereinstimmung mit den Motorbetriebsbedingungen passend ausgewählt werden. Wenn der leicht magere Verdichtungshubbetrieb ausgewählt und ferner der Abgasstrom begrenzt wird, kann die Abgasreinigungsleistung verbessert werden, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades vorzugsweise verhindert und gleichzeitig das Motordrehmoment gewährleistet wird. Andererseits, wenn der leicht magere Ansaughubbetrieb ausgewählt und ferner der Abgasstrom begrenzt wird, kann die Abgasreinigungsleistung verbessert werden, während das Motordrehmoment vorzugsweise gewährleistet wird.

**[0028]** Ferner, wenn in der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung das Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt, dass der Katalysator sich nicht im aktivierten Zustand befindet, kann zuerst der leicht magere Verdichtungshubbetrieb und anschließend der leicht magere Ansaughubbetrieb durchgeführt werden.

**[0029]** Folglich, wenn der Katalysator sich nicht im aktivierten Zustand befindet, wird zuerst der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt, während gleichzeitig der Abgasstrom begrenzt wird, wodurch ein ausreichendes Motordrehmoment gewährleistet werden kann während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert wird. Wenn der Katalysator bis zu einem bestimmten Grad aktiviert worden ist, wird gleichzeitig der Betriebsmodus in den leicht mageren Ansaughubbetrieb geschaltet, wodurch das Motordrehmoment auf zuverlässigere Art und Weise gewährleistet werden kann, während

gleichzeitig die Abgasreinigungsleistung wirksam verbessert werden kann.

**[0030]** Wenn in der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung der leicht magere Ansaughubtrieb durchgeführt wird, stellt das Abgas-Durchflussregelungsmittel eine Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes auf einen Wert ein, der höher als jener ist, der bei Durchführen des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes angewandt wird.

**[0031]** Genauer erläutert, ist während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes, bei dem eine geschichtete Verbrennung stattfindet, die Menge an Ansaugluft verhältnismäßig groß und demzufolge der Volumenstrom des Abgases verhältnismäßig hoch. Folglich, selbst wenn die Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes einigermaßen gering ist, kann der Abgasstrom begrenzt werden, um die Reaktion in der Abgasanlage zu beschleunigen. Während des leicht mageren Ansaughubbetriebes ist jedoch der Volumenstrom des Abgases sogar geringer und deshalb wird die Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes erhöht, um den Abgasstrom auf zuverlässige Art und Weise zu begrenzen.

**[0032]** Demzufolge kann die Abgasreinigungsleistung wirksamer verbessert werden, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und gleichzeitig ein ausreichendes Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0033]** Ferner kann die Abgasreinigungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung außerdem ein Lasterfassungsmittel zum Erfassen einer Motorlast umfassen. Wenn die vom Lasterfassungsmittel erfasste Motorlast einem vorbestimmten Wert entspricht oder höher ist, wird der leicht magere Ansaughubtrieb vorzugsweise mittels des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes durchgeführt.

**[0034]** Folglich, wenn eine Beschleunigungsnachfrage selbst bei dem sich noch nicht im aktivierten Zustand befindenden Katalysator besteht, wird der leicht magere Ansaughubtrieb vorzugsweise mittels des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes durchgeführt, wodurch die Abgasreinigungsleistung verbessert werden kann, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und gleichzeitig ein ausreichendes Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0035]** In der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung benutzt das Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel zumindest eine vom Start des Motors abgelaufene Zeit, eine Temperatur des Kühlwassers des Motors, eine Temperatur des Schmiermittels des Motors, eine Temperatur des Katalysators, einen Volumenstrom des Abgases und eine Gesamtmenge

der an den Katalysator angelegten Wärme als Parameter, um den aktivierten Zustand des Katalysators zu erfassen.

**[0036]** Folglich kann der aktivierte Zustand des Katalysators mühelos auf der Grundlage der vom Start des Motors abgelaufenen Zeit, der Temperatur des Kühlwassers des Motors, der Temperatur des Schmiermittels des Motors, der Temperatur des Katalysators, des Volumenstromes des Abgases und der Gesamtmenge der an den Katalysator angelegten Wärme usw. erfasst werden.

**[0037]** Ferner verringert das Abgas-Durchflussregelungsmittel in der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung entweder die Querschnittsfläche des Auslasskanals oder die Öffnung eines im Auslasskanal angeordneten Abgasdrosselventils, um dadurch den Abgasstrom im Auslasskanal zu begrenzen.

**[0038]** Dementsprechend kann der Abgasstrom im Auslasskanal durch Verringerung der Querschnittsfläche des Auslasskanals oder der Öffnung des im Auslasskanal angeordneten Abgasdrosselventils leicht begrenzt werden.

**[0039]** In der erfindungsgemäßen Abgasreinigungsvorrichtung erfasst das Lasterfassungsmittel die Motorlast auf der Grundlage zumindest einer Drosselventilöffnung, eines Ansaugrohrdruckes, und einer Ansaugluftmenge.

**[0040]** Solchermaßen kann die Motorlast aufgrund der Drosselventilöffnung, des Ansaugrohrdruckes, und der Ansaugluftmenge usw. leicht erfasst werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0041]** [Fig. 1](#) ist ein Diagramm, das einen schematischen Aufbau einer Abgasreinigungsvorrichtung für einen fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylindereinspritzung gemäß der vorliegenden Erfindung aufzeigt;

**[0042]** [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, das ein als Abgasstromregler dienendes Abgasdruckregelventil veranschaulicht;

**[0043]** [Fig. 3](#) ist ein Flussdiagramm, das eine Startsteuer-Routine gemäß einer ersten Ausführungsform darstellt;

**[0044]** [Fig. 4](#) ist ein Zeitdiagramm, das zeitabhängige Änderungen der HC-Emissionsmenge und Abgastemperatur bei Durchführen der Startsteuerung gemäß der ersten Ausführungsform aufzeigt;

**[0045]** [Fig. 5](#) ist ein Flussdiagramm, das eine Startsteuer-Routine gemäß einer zweiten Ausführungs-

form darstellt;

**[0046]** **Fig. 6** ist ein Flussdiagramm, das eine Startsteuer-Routine gemäß einer dritten Ausführungsform veranschaulicht;

**[0047]** **Fig. 7** ist ein Flussdiagramm, das eine Startsteuer-Routine gemäß einer vierten Ausführungsform darstellt; und

**[0048]** **Fig. 8** ist ein Abbild, das ein Verhältnis zwischen dem Abgasdruck und dem Abgasdruckkoeffizienten, das bei der Berechnung des Wärmemenge-Äquivalenzindex benutzt wird, aufzeigt.

#### Beste Ausführungsweise der Erfindung

**[0049]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen beschrieben.

**[0050]** Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** wird ein schematischer Aufbau einer Abgasreinigungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht, die auf einen in einem Kraftfahrzeug eingebauten fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylindereinspritzung Anwendung findet. Nachfolgend wird der Aufbau der Abgasreinigungsvorrichtung beschrieben werden.

**[0051]** Wie in der Zeichnung aufgezeigt, wird für einen Motorkörper (nachfolgend lediglich als Motor bezeichnet) **1**, der ein Verbrennungsmotor ist, ein fremdgezündeter Benzinmotor mit Zylindereinspritzung benutzt, der zum Umschalten des Kraftstoffeinspritzmodus zwischen Kraftstoffeinspritzung im Ansaughub (Ansaughubeinspritzung) und Kraftstoffeinspritzung im VerdichtungsHub (VerdichtungsHubeinspritzung) fähig ist.

**[0052]** Durch Schalten des Kraftstoffeinspritzmodus und auch durch Durchführen der Luft-Brennstoff-Verhältnis-Steuerung kann der Zylindereinspritzmotor **1**, neben einem Betrieb mit einem stöchiometrischen (STOICHI)O) Luft-Brennstoff-Verhältnis und einem Betrieb mit einem reichen Luft-Brennstoff-Verhältnis (reicher Luft-Brennstoff-Verhältnis-Betrieb), einen Betrieb mit einem mageren Luft-Brennstoff-Verhältnis (magerer Luft-Brennstoff-Verhältnis-Betrieb) leicht durchführen. Ferner kann mit diesem Zylindereinspritzmotor **1** ein zweistufiger Verbrennungsmodus ebenfalls ausgewählt werden, um den zweistufigen Verbrennungsbetrieb durchzuführen, wobei die Kraftstoffhaupteinspritzung für die Hauptverbrennung im VerdichtungsHub durchgeführt wird und zusätzlich wird eine Zusatzeinspritzung beim oder nach dem ExpansionsHub durchgeführt.

**[0053]** Der Motor **1** weist einen Zylinderkopf **2** auf, auf dem Zündkerzen **4** und Kraftstoffeinspritz-Mag-

netventile **6** zusammen mit den jeweiligen Zylindern angebracht sind. Folglich kann der Kraftstoff direkt in die jeweiligen Verbrennungskammern eingespritzt werden.

**[0054]** Jede Zündkerze **4** ist mit einer Zündspule **8** zur Ausgabe von Hochspannung verbunden. Ferner ist jedes Kraftstoffeinspritzventil **6** über eine Kraftstoffleitung **7** mit einer (nicht dargestellten) Kraftstoffversorgungsvorrichtung, die einen Kraftstofftank umfasst, verbunden. Insbesondere weist die Kraftstoffversorgungsvorrichtung eine Niederdruck-Kraftstoffpumpe und eine Hochdruck-Kraftstoffpumpe auf. Folglich wird der Kraftstoff im Kraftstofftank unter Nieder- oder Hochdruck an die einzelnen Kraftstoffeinspritzventile **6** geliefert, so dass der Kraftstoff mit dem erwünschten Kraftstoffdruck von den Einspritzventilen **6** in die jeweiligen Verbrennungskammern eingespritzt werden kann.

**[0055]** Der Zylinderkopf **2** verfügt über darin ausgebildete Einlasskanäle **9**, die jedem Zylinder entsprechen und sich nahezu senkrecht erstrecken. Ein Ansaugrohr **10**, weist ein mit den Einlasskanälen **9** verbundenes Ende auf, das damit in Verbindung steht. Das Ansaugrohr **10** ist mit einem Magnetdrosselventil **14** zum Steuern der Ansaugluftmenge und auch mit einem Ansaugluftmengensensor **16** zum Erfassen der Ansaugluftmenge ausgestattet. Für den Ansaugluftmengen-Sensor **16** wird beispielsweise ein Kármán-Wirbel-Luftmengenmesser benutzt.

**[0056]** Der Zylinderkopf **2** verfügt ferner über darin ausgebildete Auslassöffnungen **11**, die jedem Zylinder entsprechen und sich im Wesentlichen horizontal erstrecken, und über ein Abgas-Sammelrohr **12**, dessen eine Ende mit den Auslassöffnungen **11** verbunden ist und damit in Verbindung steht. Für das Abgas-Sammelrohr **12** wird eine zweisträngige Abgassammelanlage eingesetzt. Alternativ dazu kann das Abgas-Sammelrohr **12** eine einsträngige Abgassammelanlage oder eine muschelartige Abgassammelanlage darstellen.

**[0057]** Der Zylindereinspritzmotor **1** ist mit einem im Stand der Technik bereits bekannten Motor identisch, weshalb eine eingehende Beschreibung seines Aufbaus unterlassen wird.

**[0058]** Mit dem anderen Ende des Abgas-Sammelrohres **12** ist eine Abgasleitung (Auslasskanal) **20** verbunden, in der ein als Abgasreinigungs-Katalysatorvorrichtung dienender Dreiwegekatalysator (Katalysator) **30** angeordnet ist. Der Dreiwegekatalysator **30** verfügt über einen Träger, auf dem ein wirksames Edelmetall wie beispielsweise Kupfer (Cu), Kobalt (Co), Silber (Ag), Platin (Pt), Rhodium (Rh) oder Palladium (Pd) aufgetragen ist.

**[0059]** Außerdem ist ein Abgasdruck-Sensor **21**

zum Erfassen des Abgasdruckes an der Abgasleitung **20** wie in der Figur dargestellt befestigt.

**[0060]** Ferner ist ein als Abgasstromregler dienendes Abgasdruck-Steuerventil (Abgas-Durchflussregelungsmittel oder Abgasdrosselventil) **40** in einem Teil der Abgasleitung **20** stromabwärts vom Dreiwegkatalysator **30** angeordnet.

**[0061]** Das Abgasdruck-Steuerventil **40** ist dazu bestimmt, den Abgasstrom zu begrenzen und dadurch die Schadstoffverringerung (einschließlich  $\text{NO}_x$ , Rauch,  $\text{H}_2$ , usw., neben unverbrannten Substanzen wie beispielsweise HC und CO) im Abgas zu fördern. Das Steuerventil **40** ist fähig, zumindest den Druck, die Dichte oder die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases zu verändern.

**[0062]** Es wird auf [Fig. 2](#) Bezug genommen, wo ein Abgasdruck-Steuerventil **40** eingehender veranschaulicht wird. Wie in der Figur aufgezeigt, umfasst das Abgasdruck-Steuerventil **40** ein Klappenventil **42**, das fähig ist, den Strömungsbereich der Abgasleitung **20** und ein Entlastungsventil **46** einzustellen.

**[0063]** Das Klappenventil **42** ist mit einem Stellglied **43** zum Rotieren eines Ventilelementes **44** verbunden. Zumal das Ventilelement **44** durch das Stellglied **43** rotiert wird, öffnet oder schließt sich das Klappenventil **42**, um die Querschnittsfläche des Auslasskanals zu verändern, wodurch der Abgasstrom begrenzt wird.

**[0064]** Ferner wird ein Entlastungsdurchgang **22** gebildet, um das Klappenventil **42** zu umgehen, und ein Entlastungsventil **46** ist fähig, die Querschnittsfläche des Entlastungsdurchganges **22** genau einzustellen. Genauer erläutert, ist das Entlastungsventil **46** mit einem Stellglied **47** zum Hin- und Herbewegen eines Ventilelementes **48** verbunden. Wenn das Ventilelement **48** mit einem Ventilsitz **24** durch das Stellglied **47** in Verbindung gebracht wird, wird der Entlastungsdurchgang **22** geschlossen und der Volumenstrom des Abgases, der durch den Entlastungsdurchgang **22** strömt, wird in Übereinstimmung mit dem Trennungsabstand zwischen dem Ventilelementen **48** und dem Ventilsitz **24** genau eingestellt. Durch Einstellung der Ventilöffnung des Entlastungsventils **46**, ist es nämlich möglich, eine Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes zu verändern. Alternativ dazu kann eine Feder oder Ähnliches an Stelle des Stellgliedes **47** benutzt werden, so dass das Entlastungsventil **46** durch die Feder oder Ähnliches automatisch gesteuert werden kann.

**[0065]** Eine elektronische Steuerung (ECU) **60** umfasst Eingabe/Ausgabeeinheiten, Speichereinheiten (ROM, RAM, nichtflüchtiger RAM, usw.), eine Zentraleinheit (CPU), Timer/Zähler, usw. und führt eine integrierte Steuerung der Abgasreinigungsvorrich-

tung einschließlich des Motors **1** durch.

**[0066]** Die Eingabeseite der elektronischen Steuerung **60** ist mit verschiedenen Sensoren wie beispielsweise dem Ansaugluftmengen-Sensor **16** und dem Abgasdruck-Sensor **21** wie vorstehend erwähnt sowie einem Kurbelwinkel-Sensor **62** zum Erfassen des Motorkurbelwinkels verbunden. Die von diesen Sensoren gelieferten Erfassungsinformationen werden der elektrischen Steuerung übermittelt. Ferner erhält man auf der Grundlage der vom Kurbelwinkel-Sensor **62** gelieferten Kurbelwinkelinformation eine Motordrehzahl  $N_e$ .

**[0067]** Andererseits ist die Ausgabeseite der elektronischen Steuerung **60** mit verschiedenen Ausgabeeinheiten wie beispielsweise den Kraftstoffeinspritzventilen **6**, der Zündspule **8**, dem Drosselventil **14** und den Stellgliedern **43** und **47** wie vorstehend erwähnt verbunden. Die elektronische Steuerung **60** stellt den Kraftstoffeinspritzmodus und auch ein Verbrennungs-Luft-Brennstoff-Verhältnis, das heißt das Ziel-Luft-Brennstoff-Verhältnis (Ziel L/B), ein, woraufhin die die Kraftstoffeinspritzmenge, den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt, den Zündzeitpunkt und die Drosselöffnung aufzeigenden Signale, die auf der Grundlage des Ziel-L/Bs und der Erfassungsinformationen, die von den verschiedenen Sensoren bereitgestellt werden, berechnet werden, an die entsprechenden Ausgabeeinheiten (Kraftstoffeinspritz-Steuermittel, Luft-Brennstoff-Verhältnis-Steuermittel) geliefert werden. Daraus folgt, dass richtige Mengen an Kraftstoff von den Kraftstoffeinspritzventilen **6** zum richtigen Zeitpunkt eingespritzt, die Zündkerzen **4** zum richtigen Zeitpunkt gezündet und auch die Öffnung des Drosselventils **14** auf eine richtige Öffnung eingestellt wird. Ferner wird das Klappenventil **42** in Übereinstimmung mit dem Kraftstoffeinspritzmodus und den Erfassungsinformationen, die von den verschiedenen Sensoren geliefert werden, zum richtigen Zeitpunkt geöffnet und geschlossen und auch die Öffnung des Entlastungsventils **46** wird genau eingestellt, so dass der Grad, auf den der Abgasstrom begrenzt wird einem erwünschten Begrenzungsgrad (z. B. Ziel-Abgasdruck) entsprechen kann.

**[0068]** Der Betrieb der Abgasreinigungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung, die wie vorstehend erwähnt gestaltet ist, wird nun beschrieben.

**[0069]** Eine erste Ausführungsform wird zunächst erläutert.

**[0070]** [Fig. 3](#) stellt ein Flussdiagramm dar, das eine Startsteuer-Routine gemäß der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Nachstehend wird die Steuer-routine unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm beschrieben.

**[0071]** In Schritt S10 wird bestimmt, ob eine vorbe-

stimmte Zeit  $t_1$  (z. B. 3 Sekunden) nach dem Start des Motors **1** abgelaufen ist. Insbesondere wird beim Start des Motors **1** die Auslassöffnungs-Temperaturzunahme-Steuerung wie beispielsweise die Zündzeitpunkt-Verzögerung zum Verzögern des Zündzeitpunktes durchgeführt und die oben erwähnte Ermittlung wird vorgenommen, um zu bestimmen, ob die Abgasanlage, insbesondere die Auslassöffnungen **11**, nach dem Start des Motors **1** derart aufgewärmt worden sind, dass die Temperatur oder Umgebungstemperatur der Auslassöffnungen **11** einer vorbestimmten Temperatur entspricht oder höher ist (Auslassöffnungs-Umgebungstemperatur-Erfassungsmittel).

**[0072]** Ein Sensor zum Erfassen der Temperatur oder Umgebungstemperatur der Auslassöffnung **11** kann bereitgestellt werden und die erfasste Temperatur der Auslassöffnung **11** kann mit der vorbestimmten Temperatur direkt verglichen werden, anstatt die abgelaufene Zeit zu ermitteln.

**[0073]** Alternativ dazu kann die Beendigung der Auslassöffnungs-Temperaturzunahme-Steuerung als ein Ablaufen der vorbestimmten Zeit betrachtet werden.

**[0074]** Wenn die Entscheidung in Schritt S10 negativ (Nein) ist, wird die Routine beendet. Andererseits, wenn die Entscheidung positiv (Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die vorbestimmte Zeit  $t_1$  abgelaufen ist, schreitet der Fluß zum Schritt S12.

**[0075]** In Schritt S12 wird bestimmt, ob eine vorbestimmte Zeit  $t_2$  (z. B. 45 Sekunden bis 2 Minuten) nach dem Start des Motors **1** (Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel) abgelaufen ist. Wenn die Entscheidung negativ (Nein) ist, das heißt, wenn die vorbestimmte Zeit  $t_2$  noch nicht abgelaufen ist und folglich der Dreiwegekatalysator **30** sich noch nicht in einem aktivierten Zustand befindet, schreitet der Fluß zum Schritt S14.

**[0076]** In Schritt S14 wird der leicht magere Verdichtungshubbetrieb (in [Fig. 3](#) als L/M Verdichtungsbetrieb abgekürzt) durchgeführt (leicht mageres Verdichtungshub-Betriebsmittel), wobei das Ziel L/B auf ein leicht mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis (für den Motor und die Abgasanlage optimiertes Verhältnis z. B. 15) eingestellt wird, das ein Luft/Kraftstoffgemisch bereitstellt, das leicht magerer als das stöchiometrische Luft/Kraftstoffgemisch ist, wobei auch Kraftstoff im Verdichtungshub eingespritzt wird. Wenn das Ziel-L/B auf das stöchiometrische Luft-Brennstoff-Verhältnis eingestellt wird, wird praktisch die Regelungsverstärkung der Luft-Brennstoff-Verhältnis-Rückkopplungsregelung auf die magerere Seite des Luft-Brennstoff-Verhältnisses geschaltet. Alternativ dazu kann die Regelungsverstärkung unverändert bleiben, wobei das Ziel-L/B auf das stöchiomet-

rische Luft-Brennstoff-Verhältnis eingestellt wird. Der Zündzeitpunkt und der Zeitpunkt für die Kraftstoffeinspritzung im Verdichtungshub werden vorher optimiert, um die Reaktion in den Auslassöffnungen **11** bestmöglich zu beschleunigen, und man erhält sie in der vorliegenden Erfindung als Abbild-Werte, die in Übereinstimmung mit den Betriebsbedingungen ausgewählt werden (einer oder mehrere werden aus der Motordrehzahl  $N_e$ , dem volumetrischen Wirkungsgrad, der mittleren Bremsleistung, dem mittleren Nutzdruck, dem Krümmerdruck, der Drosselventilöffnung, der Auslassöffnungs-Umgebungstemperatur, der Kühlwassertemperatur, der Ansaugluftmenge und dem Volumenstrom des Abgases ausgewählt).

**[0077]** In Schritt S16 werden die Stellglieder **43** und **47** derart gesteuert, dass sie das Abgasdruck-Steuerventil **40**, das heißt das Klappenventil **42** und das Entlastungsventil **46**, in Schließrichtung (Abgas-Durchflussregelungsmittel) betätigen. genauer erläutert, wird das Klappenventil **42** geschlossen, während die Öffnung des Entlastungsventils **46** genau eingestellt wird, so dass der Begrenzungsgrad des Abgasstromes mit einem erwünschten Begrenzungsgrad übereinstimmen kann. Folglich wird der Abgasstrom in der Abgasanlage stromaufwärts vom Abgasdruck-Steuerventil **40** auf den erwünschten Begrenzungsgrad gesteuert mit dem Ergebnis, dass der Abgasdruck erhöht wird.

**[0078]** Wenn der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt wird, wobei der Abgasstrom auf diese Art und Weise begrenzt wird, werden die Zündkerzen **4** selten nass, zumal der Kraftstoff, der während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes eingespritzt wird, eine zufriedenstellende Sprühstruktur wie vorstehend ausgeführt bilden kann, wobei eine ausgiebige Menge an CO ebenfalls erzeugt wird. Das dadurch erzeugte CO wird zusammen mit dem übrig gebliebenen für die Verbrennung nicht benutzten  $O_2$  an die Abgasanlage abgegeben, und die Reaktion von CO mit dem übrig gebliebenen  $O_2$  wird in der Abgasanlage, insbesondere in den Auslassöffnungen **11** auf geeignete Art und Weise beschleunigt. Zu dieser Zeit sind die Auslassöffnungen **11** bereits bis zu einem bestimmten Grad aufgewärmt wie von der Entscheidung in Schritt S10 bestätigt und demzufolge wird die Reaktion von CO mit dem übrig gebliebenen  $O_2$  in den Auslassöffnungen **11** zufriedenstellend beschleunigt.

**[0079]** Folglich kann veranlasst werden, dass sich ausreichende Mengen an CO und  $O_2$  in der Abgasanlage befinden, und die Reaktion von CO mit dem übrig gebliebenen  $O_2$  kann auf geeignete Art und Weise in der Abgasanlage beschleunigt werden, selbst wenn keine Zusatzeinspritzung der zweistufigen Verbrennung erfolgt. Es ist deshalb unnötig Kraftstoff zu liefern, der nicht zum Motordrehmoment beiträgt, wobei die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades ver-

hindert wird, während gleichzeitig die HC-Emissionsmenge begrenzt werden kann, um die Abgasreinigungsleistung zu verbessern, und ferner kann die Abgastemperatur auf geeignete Art und Weise erhöht werden, um die Aktivierung des Dreiwegekatalysators **30** wie durch die durchgehenden Linien in [Fig. 4](#) veranschaulicht zu beschleunigen.

**[0080]** In [Fig. 4](#) veranschaulichen die gebrochenen Linien die beobachtete HC-Emissionsmenge und Abgastemperatur, wenn der leicht magere Verdichtungshubbetrieb ohne Begrenzung des Abgasstromes durchgeführt wird, und die durch zwei Punkte unterbrochenen Linien geben die beobachtete HC-Emissionsmenge und die Abgastemperatur an, wenn der Abgasstrom begrenzt wird und Kraftstoff im Ansaughub eingespritzt wird, wobei das Ziel L/B auf ein leicht mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis (leicht magerer Ansaughubbetrieb) eingestellt wird. Wenn der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt wird, während der Abgasstrom begrenzt wird, kann die HC-Emissionsmenge auf einem niedrigen Pegel gehalten und ferner die Abgastemperatur erhöht werden wie durch die durchgehenden Linien gezeigt, verglichen mit dem Fall, in dem lediglich der leicht magere Verdichtungshubbetrieb durchgeführt oder mit dem Fall, in dem der leicht magere Ansaughubbetrieb vorgenommen wird. Auch bei Durchführen des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes ist es möglich, die plötzliche Zunahme der HC-Emissionsmenge sofort nach dem Motorstart zu verhindern, wobei dieses Phänomen im leicht mageren Ansaughubbetrieb stattfindet.

**[0081]** Ferner, wenn die zweistufige Verbrennung bei Durchführen des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes erfolgt, wobei der Abgasstrom begrenzt wird, kann ein Motordrehmoment-Grenzwert erzeugt werden, weil das Luft-Brennstoff-Verhältnis der während der Hauptverbrennung verbrannten Mischung im Anschluss an die Haupteinspritzung auf ein übermäßig mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis eingestellt werden muss, und die auf die Abgasstrombegrenzung zurückzuführende Zunahme des Auslasswiderstandes erschwert es sogar, den Grenzwert beizubehalten. Beim leicht mageren Luft-Brennstoff-Verhältnis kann jedoch ein ausreichendes Motordrehmoment erzeugt werden und selbst wenn die Beschleunigungsnachfrage umgehend nach dem Start besteht, kann eine ausreichend hohe Beschleunigungsleistung gewährleistet werden.

**[0082]** Andererseits, wenn die Entscheidung in Schritt S12 positiv (Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die vorbestimmte Zeit  $t_2$  (z. B. 45 Sekunden bis 2 Minuten) abgelaufen ist, schreitet der Fluß zum Schritt S18. Schritt S12 wird nämlich durchgeführt, um zu bestimmen, ob die Abgasstrombegrenzung und der leicht magere Verdichtungshubbetrieb beendet werden sollen. Wenn bestimmt wird, dass

die vorbestimmte Zeit  $t_2$  abgelaufen ist, ist der Dreiwegekatalysator **30** aufgrund der Zunahme der Abgastemperatur vollkommen aktiviert, und es ist nicht mehr erforderlich, die Abgasstrombegrenzung und den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb durchzuführen; demzufolge schreitet der Fluß zum Schritt S18.

**[0083]** In Schritt S18 wird das Abgasdruck-Steuerventil **40**, das heißt das Klappenventil **42**, in Öffnungsrichtung betätigt, um die Abgasstrombegrenzung aufzuheben. Dann wird in Schritt S20 der leicht magere Verdichtungshubbetrieb beendet und die Verbrennungssteuerung des Motors **1** auf die normale Steuerung zurückgestellt.

**[0084]** Eine zweite Ausführungsform wird nun beschrieben.

**[0085]** [Fig. 5](#) stellt ein Flussdiagramm dar, das eine Startsteuer-Routine gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung veranschaulicht, und nachstehend wird die zweite Ausführungsform unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm erläutert. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich von der ersten Ausführungsform in erster Linie dadurch, dass der leicht magere Verdichtungshubbetrieb im Anschluss an den zweistufigen Verbrennungsbetrieb durchgeführt wird.

**[0086]** In Schritt S30 wird bestimmt, ob die vorbestimmte Zeit  $t_1$  (z. B. 3 Sekunden) nach dem Start des Motors **1** wie aus Schritt S10 in [Fig. 3](#) ersichtlich abgelaufen ist. Speziell wird bestimmt, ob die Abgasanlage, insbesondere die Auslassöffnungen **11**, nach dem Start des Motors **1** dermaßen aufgewärmt worden sind, dass die Temperatur oder Umgebungstemperatur der Auslassöffnungen **11** einer vorbestimmten Temperatur entspricht oder höher ist. Wenn die Entscheidung negativ (Nein) ist, wird die Routine beendet; wenn die Entscheidung positiv (Ja) ist und folglich bestimmt wird, dass die vorbestimmte Zeit  $t_1$  abgelaufen ist, schreitet der Fluß zum Schritt S32.

**[0087]** In Schritt S32 wird bestimmt, ob die vorbestimmte Zeit  $t_2$  (z. B. 45 Sekunden bis 2 Minuten) nach dem Start des Motors **1** (Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel) abgelaufen ist wie aus Schritt S12 in [Fig. 3](#) ersichtlich. Wenn die Entscheidung negativ (Nein) ist, das heißt, wenn die vorbestimmte Zeit  $t_2$  noch nicht abgelaufen ist und folglich der Dreiwegekatalysator **30** noch nicht aktiviert ist, schreitet der Fluß zum Schritt S34.

**[0088]** In Schritt S34 wird bestimmt, ob eine vorbestimmte Zeit  $t_3$  (z. B. 15 Sekunden) nach dem Start des Motors **1** abgelaufen ist. Es wird nämlich bestimmt, ob der Zustand des Dreiwegekatalysators **30** einen halbaktivierten Zustand (Zustand kurz vor einem vollkommen aktivierten Zustand) erreicht hat.

Wenn die Entscheidung negativ (Nein) ist, das heißt, wenn die vorbestimmte Zeit  $t_3$  noch nicht abgelaufen ist und sich der Dreiwegekatalysator **30** folglich noch nicht im halbaktivierten Zustand befindet, schreitet der Fluß zum Schritt S36.

**[0089]** In Schritt S36 wird bestimmt, ob eine Motorlast  $L$  einen Wert verwendet, der einem vorbestimmten Wert  $L_1$  entspricht oder niedriger ist, das heißt, ob eine Beschleunigung des Motors **1** gefordert worden ist. Die Motorlast  $L$  wird beispielsweise auf der Grundlage der Öffnung des Drosselventils **14**, das heißt der Drosselventilöffnung, erfasst. Alternativ dazu kann ein Druck-Sensor im Ansaugrohr **10** angeordnet werden, so dass die Motorlast auf der Grundlage des Druckes im Ansaugrohr **10** erfasst werden kann, das heißt, der Ansaugrohrdruck oder die Motorlast kann auf der Grundlage der vom Ansaugluftmengen-Sensor **16** gelieferten Ansaugluftmengen-Informationen erfasst werden.

**[0090]** Wenn die Entscheidung in Schritt S36 positiv (Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die Motorlast  $L$  dem vorbestimmten Wert  $L_1$  entspricht oder geringer ist und folglich dass die Beschleunigung des Motors **1** nicht gefordert wird, schreitet der Fluß zum Schritt S38.

**[0091]** In Schritt S38 wird ein zweistufiger Verbrennungsbetrieb durchgeführt, das heißt, die Hauptverbrennung des durch die Haupteinspritzung erzeugten Gemisches wird im VerdichtungsHub und die Zusatzeinspritzung wird beim oder nach dem ExpansionsHub (zweistufiges Verbrennungsbetriebsmittel) durchgeführt. In diesem Falle wird die Haupteinspritzmenge derart eingestellt, dass das durch die Hauptverbrennung verbrannte Luft/Kraftstoffgemisch ein übermäßig mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis aufweist, während die Zusatzeinspritzmenge derart eingestellt wird, dass das gesamte Luft/Kraftstoffgemisch ein vorbestimmtes mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis (z. B. 16) aufweist. Der Zusatzkraftstoff-Einspritzzeitpunkt wird vorzugsweise zu einem Zeitpunkt nach dem Erlöschen der Flamme und vor dem Öffnungsvorgang der Abgasventile eingestellt.

**[0092]** Wenn der zweistufige Verbrennungsbetrieb auf diese Art und Weise durchgeführt wird, nimmt der Kraftstoffwirkungsgrad um einen Wert, der der Zusatzeinspritzmenge entspricht, geringfügig ab, weil der durch die Zusatzeinspritzung eingespritzte Kraftstoff nicht direkt zur Erzeugung des Motordrehmomentes beiträgt, aber die Reaktion von unverbrannten Kraftstoffsubstanzen (HC usw.), die durch die Zusatzeinspritzung geliefert werden, wobei nach der Hauptverbrennung (geschichtete Verbrennung) Rest- $O_2$  übrig bleibt, kann rasch in der Abgasanlage stattfinden. Demzufolge steigt die Abgastemperatur rasch an und folglich kann der Katalysator schnell aktiviert werden.

**[0093]** In Schritt S40 werden die Stellglieder **43** und **47** wie in Schritt S16 aus [Fig. 3](#) dargestellt gesteuert, um das Abgasdruck-Steuerventil **40**, das heißt das Klappenventil **42** und das Entlastungsventil **46**, in Schließrichtung zu betätigen. In diesem Falle wird das Klappenventil **42** geschlossen, während sich die Öffnung des Entlastungsventils **46** automatisch durch eine erste Begrenzungsmenge ändert, zum Beispiel, damit der Grad, auf den der Abgasstrom begrenzt wird, einem erwünschten Begrenzungsgrad (z. B. Ziel-Abgasdruck) entsprechen kann. Daraus folgt, dass der Abgasstrom in der Abgasanlage stromaufwärts vom Abgasdruck-Steuerventil **40** auf den erwünschten Begrenzungsgrad gesteuert wird und der Abgasdruck folglich steigt.

**[0094]** Andererseits, wenn die Entscheidung in Schritt S34 positiv (Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die vorbestimmte Zeit  $t_3$  abgelaufen ist und folglich der Dreiwegekatalysator **30** halbaktiviert worden ist, schreitet der Fluß zum Schritt S42.

**[0095]** Wenn einmal der Dreiwegekatalysator **30** halbaktiviert ist, wird der Katalysator **30** in Kürze vollkommen aktiviert sein, selbst wenn die Abgastemperatur nicht so hoch ist. In Schritt S42 wird der zweistufige Verbrennungsbetrieb aus diesem Grunde gestoppt.

**[0096]** In Schritt S46 wird der leicht magere VerdichtungsHubbetrieb (in [Fig. 5](#) als L/M Verdichtungsbetrieb abgekürzt) wie in Schritt S14 aus [Fig. 3](#) dargestellt durchgeführt.

**[0097]** Folglich, wenn der zweistufige Verbrennungsbetrieb zuerst durchgeführt und nach Halbaktivierung des Dreiwegekatalysators **30** der leicht magere VerdichtungsHubbetrieb vorgenommen wird, kann ein ausreichendes Motordrehmoment sooft wie möglich zur Gewährleistung der Beschleunigungsleistung gesichert werden, während gleichzeitig die Aktivierung des Dreiwegekatalysators **30** beschleunigt und ferner die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert wird. Daraus folgt, dass die Abgasreinigungsleistung insgesamt wirksam verbessert werden kann.

**[0098]** In Schritt S48 wird der Abgasstrom wie vorstehend in Schritt S40 erläutert begrenzt. In diesem Falle ist jedoch das Klappenventil **42** geschlossen, während die Öffnung des Entlastungsventils **46** automatisch durch eine vorbestimmte zweite Begrenzungsmenge, die größer als die oben erwähnte erste Begrenzungsmenge (zweite Begrenzungsmenge > erste Begrenzungsmenge) ist, verringert wird, so dass der Grad, auf den der Abgasstrom begrenzt wird, einem erwünschten Begrenzungsgrad entsprechen kann (z. B. Ziel-Abgasdruck). Genauer erläutert, ist während des zweistufigen Verbrennungsbetriebes, bei dem das Luft-Brennstoff-Verhältnis für die

Hauptverbrennung auf ein übermäßig mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis eingestellt wird, die Ansaugluftmenge groß und folglich der Volumenstrom des Abgases hoch. Selbst wenn die Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes verhältnismäßig gering ist, kann folglich der Abgasstrom leicht begrenzt werden, um die Reaktion in der Abgasanlage zu beschleunigen. Während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes ist jedoch der Volumenstrom des Abgases gering und deshalb wird die zweite Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes höher als die erste Begrenzungsmenge eingestellt, um den Abgasstrom auf zuverlässige Art und Weise zu begrenzen.

**[0099]** Daraus folgt, dass auch während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes ein Abgasstrom-Begrenzungsgrad beibehalten werden kann, der demjenigen entspricht, der während des zweistufigen Verbrennungsbetriebes angewandt wird, wodurch die Abgasreinigungsleistung wirksamer verbessert werden kann, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und ferner das Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0100]** Schritt S42 und die folgenden Schritte werden ebenfalls durchgeführt, wenn die Entscheidung in Schritt S36 negativ (Nein) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die Motorlast  $L$  größer als der vorbestimmte Wert  $L_1$  ist. Wenn nämlich die Beschleunigung des Motors **1** selbst bei Durchführung des zweistufigen Verbrennungsbetriebes gefordert wird, wird der Betriebsmodus in den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb geschaltet, wodurch ein größeres Motordrehmoment gewährleistet werden kann. Dies ermöglicht es, eine ausreichend hohe Beschleunigungsleistung mit einem zufriedenstellenden Ergebnis in Übereinstimmung mit der Beschleunigungsnachfrage zu erreichen.

**[0101]** Wenn die Entscheidung in Schritt S32 positiv (Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die vorbestimmte Zeit  $t_2$  (z. B. 45 Sekunden bis 2 Minuten) abgelaufen ist, dann kann daraus gefolgt werden, dass der Dreiwegekatalysator **30** aufgrund einer ausreichend hohen Abgastemperatur vollkommen aktiviert worden ist. Deshalb fließt in diesem Falle der Strom zu Schritt S50, in dem das Abgasdruck-Steuerventil **40**, das heißt das Klappenventil **42** und das Entlastungsventil **46**, in Öffnungsrichtung betätigt werden, um die Abgasstrombegrenzung wie in Schritt S18 aus [Fig. 3](#) veranschaulicht aufzuheben, und in Schritt S52 wird der leicht magere Verdichtungshubbetrieb beendet, so dass die Verbrennungssteuerung für den Motor **1** auf die normale Steuerung zurückgestellt wird.

**[0102]** Eine dritte Ausführungsform wird nun beschrieben.

**[0103]** [Fig. 6](#) stellt ein Flussdiagramm dar, das eine Startsteuer-Routine gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufzeigt, und nachstehend wird die dritte Ausführungsform unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm erläutert. Die dritte Ausführungsform unterscheidet sich von der zweiten Ausführungsform dadurch, dass zuerst der leicht magere Verdichtungshubbetrieb und anschließend der leicht magere Ansaughubbetrieb durchgeführt wird. Demzufolge werden dieselben Schrittziffern benutzt, um Schritte, die mit jenen der zweiten Ausführungsform identisch sind, zu kennzeichnen, wobei die Beschreibung dieser Schritte unterlassen wird. Nachstehend werden lediglich die Unterschiede beschrieben.

**[0104]** Nachdem in Schritt S30 bestimmt worden ist, ob eine vorbestimmte Zeit  $t_1'$  abgelaufen ist, in Schritt S32 bestimmt worden ist, ob eine vorbestimmte Zeit  $t_2'$  abgelaufen ist und in Schritt S34 bestimmt worden ist, ob eine vorbestimmte Zeit  $t_3'$  abgelaufen ist, wenn die Entscheidung in Schritt S36 positiv (Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die Motorlast  $L$  dem vorbestimmten Wert  $L_1$  entspricht oder geringer ist und folglich dass die Beschleunigung des Motors **1** nicht gefordert wird, schreitet der Fluß zum Schritt S38'. Die vorbestimmten Zeiten  $t_1'$ ,  $t_2'$  und  $t_3'$  werden jeweils auf Bestwerte eingestellt und können jeweils den oben erwähnten vorbestimmten Zeiten  $t_1$ ,  $t_2$  und  $t_3$  entsprechen.

**[0105]** In Schritt S38' wird der leicht magere Verdichtungshubbetrieb (in [Fig. 6](#) als L/M Verdichtungsbetrieb abgekürzt) durchgeführt.

**[0106]** Dann wird in Schritt S40' das Klappenventil **42** geschlossen, während die Öffnung des Entlastungsventils **46** durch die vorbestimmte zweite Begrenzungsmenge automatisch eingestellt wird, so dass der Grad, auf den der Abgasstrom begrenzt wird, einem erwünschten Begrenzungsgrad (z. B. Ziel-Abgasdruck) wie aus Schritt S48 in [Fig. 5](#) ersichtlich entsprechen kann. Daraus folgt, dass der Abgasstrom in der Abgasanlage stromaufwärts vom Abgasdruck-Steuerventil **40** auf den erwünschten Begrenzungsgrad begrenzt wird, mit dem Ergebnis, dass der Abgasdruck steigt.

**[0107]** Andererseits, wenn die Entscheidung in Schritt S34 positiv (Ja) ist, das heißt, wenn die vorbestimmte Zeit  $t_3'$  abgelaufen ist und folglich bestimmt wird, dass der Dreiwegekatalysator **30** halbaktiviert worden ist oder wenn die Entscheidung in Schritt S36 negativ (Nein) ist und folglich bestimmt wird, dass die Motorlast  $L$  größer als der vorbestimmte Wert  $L_1$  ist, schreitet der Fluß zum Schritt S42', in dem der leicht magere Verdichtungshubbetrieb gestoppt wird.

**[0108]** Dann wird in Schritt S46' der leicht magere Ansaughubbetrieb (in [Fig. 6](#) als L/M Ansaughbetrieb

abgekürzt) durchgeführt, wobei das Ziel-L/B auf ein leicht mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis (z. B. 15; der Wert muss jedoch nicht notwendigerweise mit dem, der beim leicht mageren Verdichtungshubbetrieb angewandt wird, übereinstimmen) eingestellt wird, das ein Luft/Kraftstoffgemisch, das leicht magerer als das stöchiometrische Luft/Kraftstoffgemisch ist, bereitstellt, wobei Kraftstoff im Ansaughub eingespritzt wird.

**[0109]** Auf diese Art und Weise wird zuerst der leicht magere Verdichtungshubbetrieb und nach Halbaktivierung des Dreiwegekatalysators **30** der leicht magere Ansaughubbetrieb durchgeführt. Durch den leicht mageren Ansaughubbetrieb erhält man ein größeres Motordrehmoment als durch den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb. Daraus folgt, dass ein ausreichendes Motordrehmoment zur Gewährleistung der Beschleunigungsleistung sogar bei verschiedenen Gelegenheiten gesichert werden kann, während gleichzeitig die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert wird, und die Abgasreinigungsleistung kann insgesamt wirksam verbessert werden, während vorzugsweise die Beschleunigungsleistung gesichert wird.

**[0110]** In Schritt S48' wird der Abgasstrom wie vorstehend in Schritt S40' erläutert begrenzt. In diesem Falle ist jedoch das Klappenventil **42** geschlossen, während die Öffnung des Entlastungsventils **46** automatisch durch eine vorbestimmte dritte Begrenzungsmenge, die größer als die oben erwähnte zweite Begrenzungsmenge (dritte Begrenzungsmenge > zweite Begrenzungsmenge) ist, verringert wird, so dass der Grad, auf den der Abgasstrom begrenzt wird, einem erwünschten Begrenzungsgrad entsprechen kann (z. B. Ziel-Abgasdruck). Insbesondere wird während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes eine geschichtete Verbrennung durchgeführt und folglich ist der Volumenstrom des Abgases verhältnismäßig hoch, aber während des leicht mageren Ansaughubbetriebes wird eine einheitliche Verbrennung durchgeführt und folglich ist der Volumenstrom des Abgases gering. Deshalb wird die dritte Begrenzungsmenge zum Begrenzen des Abgasstromes höher als die zweite Begrenzungsmenge eingestellt, um den Abgasstrom auf zuverlässige Art und Weise zu begrenzen.

**[0111]** Daraus folgt, dass auch während des leicht mageren Ansaughubbetriebes ein Abgasstrom-Begrenzungsgrad beibehalten werden kann, der demjenigen entspricht, der beim leicht mageren Verdichtungshubbetrieb angewandt wird, wodurch die Abgasreinigungsleistung wirksamer verbessert werden kann, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und ferner ein ausreichendes Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0112]** Wenn die Entscheidung in Schritt S32 positiv

(Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die vorbestimmte Zeit  $t_2'$  abgelaufen ist, schreitet der Fluß zum Schritt S50 wie in den oben genannten Ausführungsformen ausgeführt, in dem das Abgasdruck-Steuerventil **40**, das heißt das Klappenventil **42** und das Entlastungsventil **46**, in Öffnungsrichtung betätigt werden, um die Abgasstrombegrenzung aufzuheben, und in Schritt S52 wird der leicht magere Ansaughubbetrieb beendet, so dass die Verbrennungssteuerung für den Motor **1** auf die normale Steuerung zurückgestellt wird.

**[0113]** Eine vierte Ausführungsform wird nun beschrieben.

**[0114]** [Fig. 7](#) stellt ein Flussdiagramm dar, das eine Startsteuer-Routine gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufzeigt, und nachstehend wird die vierte Ausführungsform unter Bezugnahme auf das Flussdiagramm erläutert. Die vierte Ausführungsform unterscheidet sich von der zweiten und dritten Ausführungsform (Schritte S30 bis S34 aus [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#)) durch die Bestimmung über die Beendigung der Startsteuerung und durch die Bestimmung über den halbaktivierten Zustand (Schritte S60 bis S70). Demzufolge wird die Beschreibung jenes Teiles des Flussdiagramms (Teil (1) aus [Fig. 5](#) und Teil (2) aus [Fig. 6](#)), das mit dem entsprechenden Teil der zweiten und dritten Ausführungsform übereinstimmt, unterlassen, und es werden lediglich die Unterschiede beschrieben.

**[0115]** In Schritt S60 wird bestimmt, ob die vorbestimmte Zeit  $t_1$  (z. B. 3 Sekunden) nach dem Start des Motors **1** wie vorstehend in Schritt S30 erläutert abgelaufen ist. Wenn die Entscheidung positiv (Ja) ist, schreitet der Fluß zum Schritt S62.

**[0116]** In Schritt S62 wird bestimmt, ob die Motordrehzahl  $N_e$  niedriger als ein vorbestimmter Wert  $N_{e1}$  (z. B. 2200 U/min) ist. Wenn die Motordrehzahl  $N_e$  so hoch wie der vorbestimmte Wert  $N_{e1}$  oder höher ist, sind der Volumenstrom und die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases hoch, und folglich kann der Schluss gezogen werden, dass der Dreiwegekatalysator **30** ausreichend aufgewärmt und aktiviert worden ist. Demzufolge, wenn die Entscheidung in Schritt S62 positiv (Ja) ist, und folglich die Motordrehzahl  $N_e$  niedriger als der vorbestimmte Wert  $N_{e1}$  ist, schreitet der Fluß zum Schritt S64; andererseits, wenn die Entscheidung negativ (Nein) ist, schreitet der Fluß zum oben erwähnten Schritt S50, um die Abgasstrombegrenzung aufzuheben, und in Schritt S52 wird wie vorstehend ausgeführt der leicht magere Verdichtungshubbetrieb oder der leicht magere Ansaughubbetrieb beendet, so dass die Verbrennungssteuerung für den Motor **1** auf die normale Steuerung zurückgestellt wird.

**[0117]** In Schritt S64 wird bestimmt, ob das Überset-

zungsverhältnis eines (nicht gezeigten) Getriebes, das mit dem Motor **1** verbunden ist, geändert worden ist. Beim Start des Motors steht das Kraftfahrzeug für gewöhnlich still und daraus kann gefolgt werden, dass das Übersetzungsverhältnis auf dem niedrigsten Drehzahl-Übersetzungsverhältnis (niedrige Übersetzung) eingestellt ist. Demzufolge kann eine Änderung des Übersetzungsverhältnisses von diesem Zustand als eine Veränderung des Übersetzungsverhältnisses zu einem höheren Drehzahl-Bereich betrachtet werden, wobei eine Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit einhergeht. Wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt, steigt auch die Motorgeschwindigkeit  $N_e$  mit dem Ergebnis, dass der Volumenstrom und die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases zunehmen. Deshalb kann daraus der Schluss gezogen werden, dass der Dreiwegekatalysator **30** wie im oben erwähnten Falle in ausreichendem Maße beheizt und aktiviert worden ist. Wenn folglich die Entscheidung in Schritt S64 negativ (Nein) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass keine Änderung des Übersetzungsverhältnisses des Getriebes stattgefunden hat, schreitet der Fluß zum Schritt S66; andererseits, wenn die Entscheidung positiv (Ja) ist und folglich bestimmt wird, dass das Übersetzungsverhältnis des Getriebes eine Änderung erfahren hat, werden Schritte S50 und S52 wie im oben erwähnten Falle durchgeführt.

**[0118]** In Schritt S66 wird ein Wärmemenge-Äquivalenzindex berechnet. Dieser Index entspricht einer Wärmegesamtmenge (Gesamtwärmemenge), die an den Dreiwegekatalysator **30**, als die Abgasstrombegrenzung und der leicht magere Verdichtungshubbetrieb gestartet wurden, angelegt wurde. Insbesondere erhält man den Index gemäß der nachstehend aufgeführten Berechnungsgleichung.

Index = integrierter Wert {Abgas (Volumen) Volumenstrom  $\times$  Abgasdruck  $\times$  Abgastemperatur  $\times$  Abgasdruckkoeffizient}

**[0119]** Die Parameter des Volumenstromes des Abgases (Volumen) und des Abgasdruckes können jeweils durch den oben erwähnten Ansaugluftmengen-Sensor **16** und den Abgasdruck-Sensor **21** erfasst werden. Die Abgastemperatur kann man aus den in Übereinstimmung mit den Betriebsbedingungen voreingestellten Abbild-Werten erhalten. Alternativ dazu kann ein Abgastemperatursensor bereitgestellt werden, um die Abgastemperatur direkt zu erfassen.

**[0120]** Der Abgasdruckkoeffizient ist ein Abgasdruck-Korrekturkoeffizient zum Optimieren des Wertes, der der an den Dreiwegekatalysator **30** angelegten Gesamtwärmemenge entspricht, und kann beispielsweise aus dem in [Fig. 8](#) dargestellten Abbild erhalten werden. Wie aus dem Abbild ersichtlich steigt der Korrekturkoeffizient mit Zunahme des Abgasdr-

ckes, denn je höher der Abgasdruck, desto leichter werden die innerhalb des Dreiwegekatalysators **30** umzuwandelnden Substanzen ( $H_2$ , HC, CO, usw.) im Katalysator **30** verbreitet, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, so dass die durch die Reaktion dieser Substanzen im Dreiwegekatalysator **30** erzeugte Wärmemenge eine steigende Neigung aufweist.

**[0121]** Nachdem der Wärmemenge-Äquivalenzindex berechnet worden ist, wird in Schritt S68 bestimmt, ob der Index kleiner als ein voreingestellter Wert  $X$  ist. Wenn die Entscheidung positiv (Ja) ist, das heißt, wenn der Index kleiner als der voreingestellte Wert  $X_1$  ist, schreitet der Fluß zum Schritt S70. Andererseits, wenn die Entscheidung negativ (Nein) ist, das heißt, wenn der Index dem voreingestellten Wert  $X_1$  entspricht oder größer ist, folgt daraus, dass der Dreiwegekatalysator **30** ausreichend beheizt und aktiviert worden ist und demzufolge werden Schritte S50 und S52 wie im oben erwähnten Falle durchgeführt.

**[0122]** In Schritt S70 wird bestimmt, ob der Index kleiner als ein vorbestimmter Wert  $X_2$  ( $X_2 < X_1$ ) ist. Es wird nämlich bestimmt, ob der Dreiwegekatalysator **30** halbaktiviert ist, indem eine Gesamtwärmemenge an ihn angelegt worden ist, die nicht so groß wie der voreingestellte Wert  $X_1$  ist, aber dem voreingestellten Wert  $X_2$  entspricht. Wenn die Entscheidung positiv (Ja) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass der Index kleiner als der vorbestimmte Wert  $X_2$  ist, fließt der Strom, wie vorstehend erläutert, zu Schritt S36.

**[0123]** Andererseits, wenn die Entscheidung in Schritt S70 negativ (Nein) ist, das heißt, wenn der Index dem voreingestellten Wert  $X_2$  entspricht oder größer ist und folglich bestimmt wird, dass sich der Dreiwegekatalysator **30** in einem halbaktivierten Zustand befindet, fließt der Strom, wie vorstehend erläutert, zu Schritt S42 oder S42'.

**[0124]** Auf diese Art und Weise kann die Bestimmung über die Beendigung der Startsteuerung und die Bestimmung über den halbaktivierten Zustand leicht auf der Grundlage der Motordrehzahl  $N_e$ , der Änderung des Übersetzungsverhältnisses des Getriebes und des Wärmemenge-Äquivalenzindex erfolgen. Auch in diesem Falle kann die Abgasreinigungsleistung wirksam verbessert werden, während die Minderung des Kraftstoffwirkungsgrades verhindert und gleichzeitig das Motordrehmoment gewährleistet wird.

**[0125]** Die Bestimmung über die Beendigung der Startsteuerung kann mit verschiedenen anderen Methoden erfolgen. Der Dreiwegekatalysator **30** kann beispielsweise mit einem Hochtemperatur-Sensor ausgestattet sein, und es kann bestimmt werden, ob die durch den Hochtemperatur-Sensor erfasste Kata-

lysatortemperatur einen Wert benutzt, der einer vorbestimmten Temperatur (z. B. 450°C) entspricht oder höher ist (Katalysatortemperatur  $\geq$  vorbestimmte Temperatur), um zu bestimmen, ob die Startsteuerung beendet werden soll. Alternativ dazu kann bestimmt werden, ob die Kühlwassertemperatur des Motors **1** einen Wert benutzt, der einer vorbestimmten Temperatur (z. B. 40°C) entspricht oder höher ist (Kühlwassertemperatur  $\geq$  vorbestimmte Temperatur), oder ob die Schmiermitteltemperatur des Motors **1** einen Wert benutzt, der einer vorbestimmten Temperatur (z. B. 35°C) entspricht oder höher ist (Schmiermitteltemperatur  $\geq$  vorbestimmte Temperatur), um dadurch zu bestimmen, ob die Startsteuerung beendet werden soll.

**[0126]** Auf ähnliche Art und Weise kann die Bestimmung über den halbaktivierten Zustand ebenfalls mit verschiedenen anderen Methoden erfolgen. Der Dreiwegekatalysator **30** kann beispielsweise mit einem Hochtemperatur-Sensor ausgestattet sein, und es kann bestimmt werden, ob die durch den Hochtemperatur-Sensor erfasste Katalysatortemperatur einen Wert benutzt, der einer vorbestimmten Temperatur (z. B. 300°C) entspricht oder höher ist (Katalysatortemperatur  $\geq$  vorbestimmte Temperatur), um den halbaktivierten Zustand zu ermitteln. Alternativ dazu kann bestimmt werden, ob die Kühlwassertemperatur des Motors **1** einen Wert benutzt, der einer vorbestimmten Temperatur (z. B. 29°C) entspricht oder höher ist (Kühlwassertemperatur  $\geq$  vorbestimmte Temperatur), oder ob die Schmiermitteltemperatur des Motors **1** einen Wert benutzt, der einer vorbestimmten Temperatur (z. B. 27°C) entspricht oder höher ist (Schmiermitteltemperatur  $\geq$  vorbestimmte Temperatur), um den halbaktivierten Zustand zu ermitteln.

**[0127]** Obgleich die vorliegende Erfindung beschrieben worden ist, wird darauf hingewiesen, dass sich die vorliegende Erfindung nicht ausschließlich auf die vorstehend dargelegten Ausführungsformen beschränkt.

**[0128]** Obwohl beispielsweise in den oben erwähnten Ausführungsformen das Abgasdruck-Steuerventil **40** zum Steuern des Grades, auf den der Abgasstrom begrenzt wird, benutzt wird, ist jedes andere Mittel einsetzbar, insofern es in der Lage ist, das Verringerungsvolumen der Auslasskanalfläche oder der Querschnittsfläche des Auslasskanals zu steuern. In diesem Falle wird bei der zweiten bis vierten Ausführungsform das Verringerungsvolumen der Auslasskanalfläche oder der Querschnittsfläche des Auslasskanals auf jeweilige Werte gesteuert, die der ersten, zweiten und dritten Begrenzungsmenge (dritte Begrenzungsmenge  $>$  zweite Begrenzungsmenge  $>$  erste Begrenzungsmenge) entsprechen.

**[0129]** In den oben erwähnten Ausführungsformen

werden ferner die Begrenzungsmengen zur Begrenzung des Abgasstromes wie z. B. die erste, zweite und dritte Begrenzungsmenge beispielhaft auf feste Werte eingestellt, aber die Begrenzungsmengen können in Übereinstimmung mit den Veränderungen des Volumenstromes des Abgases oder der Abgastemperatur genau eingestellt werden.

**[0130]** Ferner, wenn in der zweiten bis vierten Ausführungsform die Entscheidung in Schritt S36 negativ (Nein) ist, das heißt, wenn bestimmt wird, dass die Motorlast L höher als der vorbestimmte Wert  $L_1$  ist und folglich die Beschleunigungsnachfrage vorliegt, wird der Betriebsmodus in den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb oder in den leicht mageren Ansaughubbetrieb geschaltet. Wenn der so geschaltete Betriebsmodus es weiterhin unterlässt, das geforderte Motordrehmoment bereitzustellen, kann Schritt S52 durchgeführt werden, damit die normale Steuerung stattfindet und in diesem Falle kann der Abgasstrom nach Bedarf begrenzt werden.

**[0131]** In der zweiten bis vierten Ausführungsform wird ferner der Betriebsmodus vom zweistufigen Verbrennungsbetrieb zum leicht mageren Verdichtungshubbetrieb oder vom leicht mageren Verdichtungshubbetrieb zum leicht mageren Ansaughubbetrieb geschaltet. In den Fällen, in denen die Katalysator-Aktivierung vorzugsweise beschleunigt werden soll, kann jedoch der zweistufige Verbrennungsbetrieb oder der leicht magere Verdichtungshubbetrieb einzeln durchgeführt werden, ohne in den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb oder den leicht mageren Ansaughubbetrieb geschaltet zu werden. Andererseits, wenn der Beschleunigungsleistung Vorrang gewährt werden soll, kann der leicht magere Verdichtungshubbetrieb oder der leicht magere Ansaughubbetrieb gleich von Anfang an einzeln durchgeführt werden, ohne den zweistufigen Verbrennungsbetrieb oder den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb durchzuführen.

**[0132]** In den Schritten S10, S30 und S60 der vorstehenden Ausführungsformen wird bestimmt, ob die vorbestimmte Zeit  $t_1$  (z. B. 3 Sekunden) nach dem Start des Motors **1** abgelaufen ist, das heißt, ob die Abgasanlage nach dem Start des Motors **1** dermaßen aufgewärmt worden ist, dass seine Temperatur der voreingestellten Temperatur entspricht oder höher ist. Wenn die benutzte Abgasanlage auf die Begrenzung des Abgasstromes gut reagiert, kann jedoch die vorbestimmte Zeit  $t_1$  auf 0 (Null) Sekunden eingestellt werden und der leicht magere Verdichtungshubbetrieb oder der zweistufige Verbrennungsbetrieb kann sofort nach vollständiger Explosion des Motors **1** gestartet werden.

**[0133]** Ferner kann die Begrenzung des Abgasstromes, das heißt das Schließen des Abgasdruck-Steuerventils **40** zum Zeitpunkt begonnen werden, wenn

der Zündschlüssel gedreht wird. Dies löst das mit der Reaktionsverzögerung bei der Abgasstrombegrenzung zusammenhängende Problem.

**[0134]** In den oben erwähnten Ausführungsformen wird der Kraftstoff während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes nur im Verdichtungshub eingespritzt. Alternativ dazu kann Kraftstoff während des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes derart eingespritzt werden, dass der Kraftstoff beispielsweise nicht nur im Verdichtungshub, sondern auch im Ansaughub eingespritzt wird. In diesem Falle kann man sowohl über die Vorteile der Verdichtungshub- als auch der Ansaughubeinspritzung verfügen, wodurch die Beschleunigungsleistung weiter verbessert werden kann.

**[0135]** In der oben erwähnten Beschreibung der Ausführungsformen ist das Abgasdruck-Steuerventil **40** unmittelbar stromabwärts vom Dreiwegekatalysator **30** angeordnet. Wenn jedoch das eingesetzte Abgasdruck-Steuerventil **40** eine hohe Wärmebeständigkeit aufweist, kann es stromaufwärts vom Katalysator angeordnet werden. Diese Anordnung ermöglicht es, das Volumen jenes Teiles der Abgasanlage zu verringern, das sich stromaufwärts vom Abgasdruck-Steuerventil **40** befindet, wobei auch die Wirkung der Abgasstrombegrenzung verbessert wird.

**[0136]** Ferner verfügt das in den oben erwähnten Ausführungsformen eingesetzte Abgasdruck-Steuerventil **40** über das Klappenventil **42** und das Entlastungsventil **46**. Wenn die Einlass-Abgasanlage mit einem Turbolader ausgestattet ist, kann jedoch das Ladedruck-Regelventil des Turboladers anstatt des Abgasdruck-Steuerventils **40** benutzt werden. Insbesondere weist das Ladedruck-Regelventil eine Ventilfunktion auf, die jener des Abgasdruck-Steuerventils **40** ähnlich ist, und demzufolge können durch Steuern des Ladedruck-Regelventils in Übereinstimmung mit dem Grad, auf den der Abgasstrom begrenzt werden soll, vorteilhafte Auswirkungen, die den oben beschriebenen ähnlich sind, erzielt werden.

**[0137]** Ferner, obwohl in den oben erwähnten Ausführungsformen der Dreiwegekatalysator **30** als ein Katalysator eingesetzt wird, kann an seiner Stelle jeder erwünschte Katalysator wie beispielsweise der leichte NO<sub>x</sub>-Katalysator oder HC-absorbierende Katalysator benutzt werden.

**[0138]** Falls auf technische Merkmale, die in irgend einem Anspruch genannt sind, Bezugszeichen folgen, dienen diese Bezugszeichen lediglich dazu, die Verständlichkeit der Ansprüche zu verbessern, weshalb diese Bezugszeichen keine einschränkende Wirkung auf die Auslegung jedes durch diese Bezugszeichen beispielhaft gekennzeichneten Elementes aufweisen.

## Patentansprüche

1. Eine Abgasreinigungsvorrichtung für einen fremdgezündeten Verbrennungsmotor mit Zylinder-einspritzung, der ein Einspritzventil (**6**) zum direkten Einspritzen von Kraftstoff in eine Verbrennungskammer, ein Kraftstoffeinspritz-Steuermittel (**6**, **60**) zum Steuern der Kraftstoffeinspritzung durch das Einspritzventil (**6**), und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuermittel (**14**, **16**, **60**) zum Steuern des Verbrennungs-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses einschließt, wobei die Abgasreinigungsvorrichtung Folgendes umfasst:

einen Katalysator (**30**), der in einem Auslasskanal (**20**) angeordnet ist, um das Abgas von Schadstoffen zu reinigen;

Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel (**60**, S12) zum Erfassen eines aktivierten Zustandes des Katalysators;

ein leicht mageres Verdichtungshub-Betriebsmittel (**40**, S14, **60**), um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuermittel (**6**, **14**, **16**, **60**) zu veranlassen, das Verbrennungs-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu steuern, damit ein leicht mageres Luft/Kraftstoffgemisch erzeugt wird, das einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoffgemisch entspricht oder leicht magerer als dieses ist, und auch das Kraftstoffeinspritz-Steuermittel (**6**, **60**) zu veranlassen, Kraftstoff in einen Verdichtungshub einzuspritzen, um dadurch einen leicht mageren Verdichtungshubbetrieb durchzuführen, bei dem der übrig gebliebene Sauerstoff und CO in einer Abgasanlage des Motors (**1**) miteinander zum Reagieren gebracht werden;

ein Abgas-Durchflussregelungsmittel (**40**, **60**, S16) zum Begrenzen eines Abgasstromes im Auslasskanal (**20**); und

eine Steuerung (**60**) mit Steuerrouitinen (S12, S14, S16), um das leicht magere Verdichtungshub-Betriebsmittel (**40**, S14) zu veranlassen, den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb durchzuführen und auch das Abgas-Durchflussregelungsmittel zu veranlassen, den Abgasstrom im Auslasskanal (**20**) zu begrenzen, wenn vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt wird, dass der Katalysator (**30**) sich nicht in dem vollkommen aktivierten Zustand befindet.

2. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, die ferner ein Auslassöffnungs-Umgebungstemperatur-Erfassungsmittel zum Erfassen der Temperatur von oder der Umgebungstemperatur von einer Auslassöffnung (**11**) umfasst, die sich von der Verbrennungskammer bis zum Auslasskanal (**20**) erstreckt; wobei die Steuerung (**60**) mit Steuerrouitinen (S12, S14, S16) dazu ausgebildet ist, den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb durchzuführen, wenn die vom Auslassöffnungs-Umgebungstemperatur-Erfassungsmittel erfasste Temperatur oder Umgebungstemperatur der Auslassöffnung (**11**) höher als oder gleich mit einer \*\*vorbestimmten Temperatur ist,

und auch den Abgasstrom (S10, S12, S14, S16) zu begrenzen, wenn vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel (S12, **60**) bestimmt wird, dass der Katalysator (**30**) sich nicht in dem vollkommen aktivierten Zustand befindet.

3. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, die ferner ein zweistufiges Verbrennungsbetriebsmittel (S38, **60**) umfasst, um die Verbrennungskammer für die Hauptverbrennung mit Kraftstoff zu versorgen und dann erneut die Verbrennungskammer zu einem Zeitpunkt nach Erlöschen der durch die Hauptverbrennung erzeugten Flamme und vor dem Öffnen eines Abgasventils mit Kraftstoff zu versorgen, um dadurch einen zweistufigen Verbrennungsbetrieb durchzuführen, wobei das Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel ferner dazu ausgebildet ist, einen halbaktivierten Zustand des Katalysators (**30**) zu erfassen, und wobei das Reinigungsmittel dazu ausgebildet ist, das zweistufige Verbrennungsbetriebsmittel (S38, **60**) zu veranlassen, den zweistufigen Verbrennungsbetrieb durchzuführen und auch den Abgasstrom (S34, S38, S40) zu begrenzen, wenn vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt wird, dass der Katalysator (**30**) sich nicht im halbaktivierten Zustand befindet.

4. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei das Reinigungsmittel dazu ausgebildet ist, den zweistufigen Verbrennungsbetrieb (S34, S38) durchzuführen, wenn vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt wird, dass der Katalysator (**30**) sich nicht im halbaktivierten Zustand befindet, und den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb (S34, S46) durchzuführen, wenn danach vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt wird, dass sich der Katalysator (**30**) im halbaktivierten Zustand befindet.

5. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei bei Durchführen des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes das Abgas-Durchflussregelungsmittel (**40**, **60**) dazu ausgebildet ist, eine begrenzte Menge zum Begrenzen des Abgasstromes auf einen Wert einzustellen, der höher als derjenige ist, der bei Durchführen des zweistufigen Verbrennungsbetriebes angewandt wird (S48).

6. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 3, die ferner ein Lasterfassungsmittel zum Erfassen einer Last des Motors (**1**) umfasst, wobei das Reinigungsmittel dazu ausgebildet ist, den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb bevorzugt über den zweistufigen Verbrennungsbetrieb (S36, S46) durchzuführen, wenn die vom Lasterfassungsmittel erfasste Last des Motors (**1**) höher als oder gleich mit einem vorbestimmten Wert ist.

7. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß An-

spruch 1, die ferner ein leicht mageres Ansaughub-Betriebsmittel umfasst, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuerungsmittel zu veranlassen, das Verbrennungs-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu steuern, um ein leicht mageres Luft/Kraftstoffgemisch zu erzeugen, das einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoffgemisch entspricht oder leicht magerer als dieses ist, und auch das Kraftstoffeinspritz-Steuerungsmittel veranlasst, Kraftstoff in einen Ansaughub einzuspritzen, um dadurch einen leicht mageren Ansaughubbetrieb durchzuführen, wobei das Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel ferner dazu ausgebildet ist, einen halbaktivierten Zustand des Katalysators (**30**) zu erfassen, und das Reinigungsmittel dazu ausgebildet ist, das leicht magere Ansaughub-Betriebsmittel zu veranlassen, den leicht mageren Ansaughubbetrieb durchzuführen und auch den Abgasstrom (S34, S46', S48') zu begrenzen, wenn vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt wird, dass sich der Katalysator (**30**) im halbaktivierten Zustand befindet.

8. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei das Reinigungsmittel dazu ausgebildet ist, den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb (S34, S38') durchzuführen, wenn vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt wird, dass der Katalysator (**30**) sich nicht im halbaktivierten Zustand befindet, und den leicht mageren Ansaughubbetrieb (S34, S46') durchzuführen, wenn danach vom Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel bestimmt wird, dass sich der Katalysator (**30**) im halbaktivierten Zustand befindet.

9. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 7, wobei bei Durchführen des leicht mageren Ansaughubbetriebes das Abgas-Durchflussregelungsmittel dazu ausgebildet ist, eine begrenzte Menge zum Begrenzen des Abgasstromes auf einen Wert einzustellen, der höher als derjenige ist, der bei Durchführen des leicht mageren Verdichtungshubbetriebes angewandt wird (S48').

10. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 7, die ferner ein Lasterfassungsmittel zum Erfassen einer Last des Motors (**1**) umfasst, wobei das Reinigungsmittel dazu ausgebildet ist, den leicht mageren Verdichtungshubbetrieb bevorzugt über den leicht mageren Ansaughubbetrieb (S36, S38') durchzuführen, wenn die vom Lasterfassungsmittel erfasste Last des Motors (**1**) niedriger als oder gleich mit einem vorbestimmten Wert ist.

11. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das Katalysator-Aktivierung-Erfassungsmittel (**60**, S12) dazu ausgebildet ist, zumindest eine vom Start des Motors (**1**) abgelaufene Zeit (t2), eine Temperatur des Kühlwassers des Motors (**1**), eine Temperatur des Schmiermittels des Motors (**1**), eine Temperatur des Katalysators (**30**), ein Volu-

menstrom des Abgases und eine Gesamtmenge von an den Katalysator angelegter Wärme als Parameter zu benutzen, um den aktivierten Zustand des Katalysators **(30)** zu erfassen.

12. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei das Abgas-Durchflussregelungsmittel **(40, 60, S16)** dazu ausgebildet ist, entweder die Querschnittsfläche des Auslasskanals **(20)** oder die Öffnung eines im Auslasskanal **(20)** angeordneten Abgasdrosselventils **(42)** zu verringern.

13. Die Abgasreinigungsvorrichtung gemäß Anspruch 6 oder 10, wobei das Lasterfassungsmittel dazu ausgebildet ist, die Last des Motors **(1)** auf der Grundlage von entweder der Öffnungen des Drosselventils **(42)**, oder des Druckes des Einlasskanals **(10)**, oder der Menge an Ansaugluft zu erfassen.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

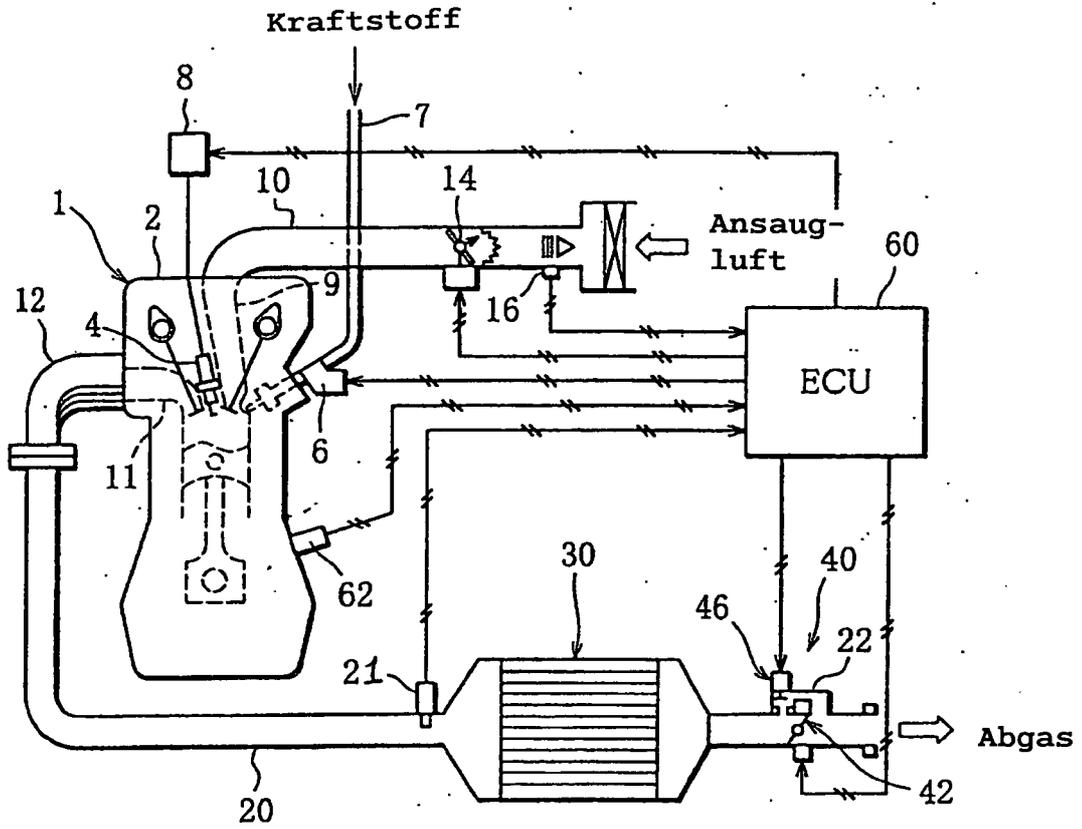


FIG. 2

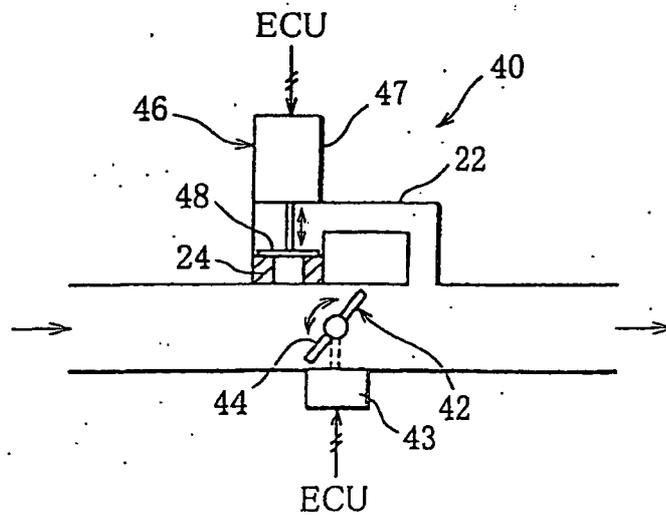


FIG. 3

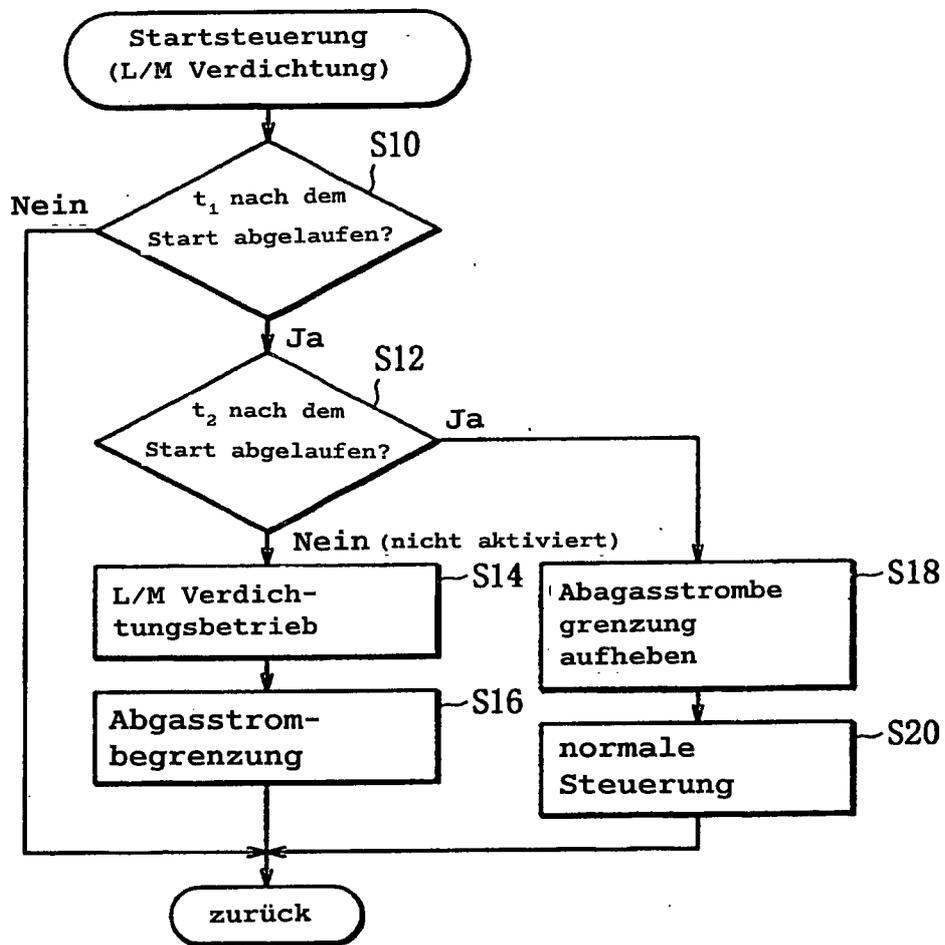


FIG. 4

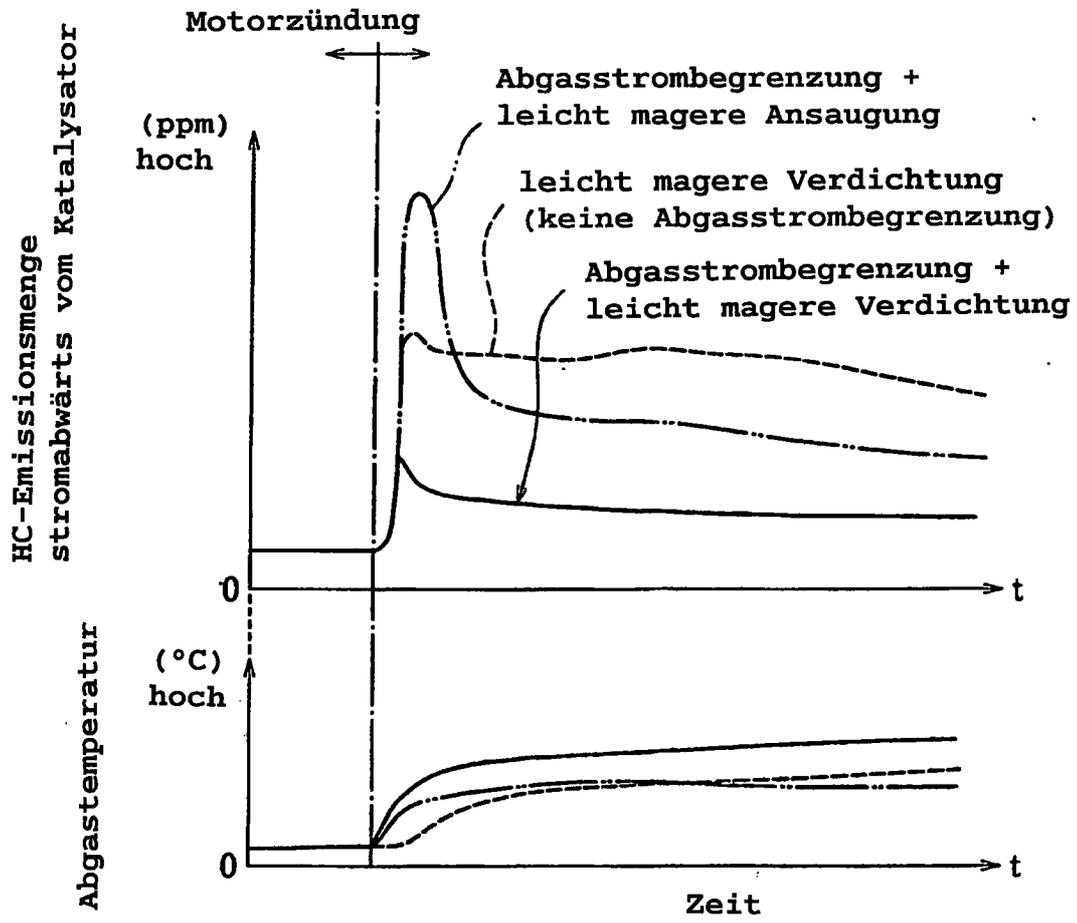


FIG. 5

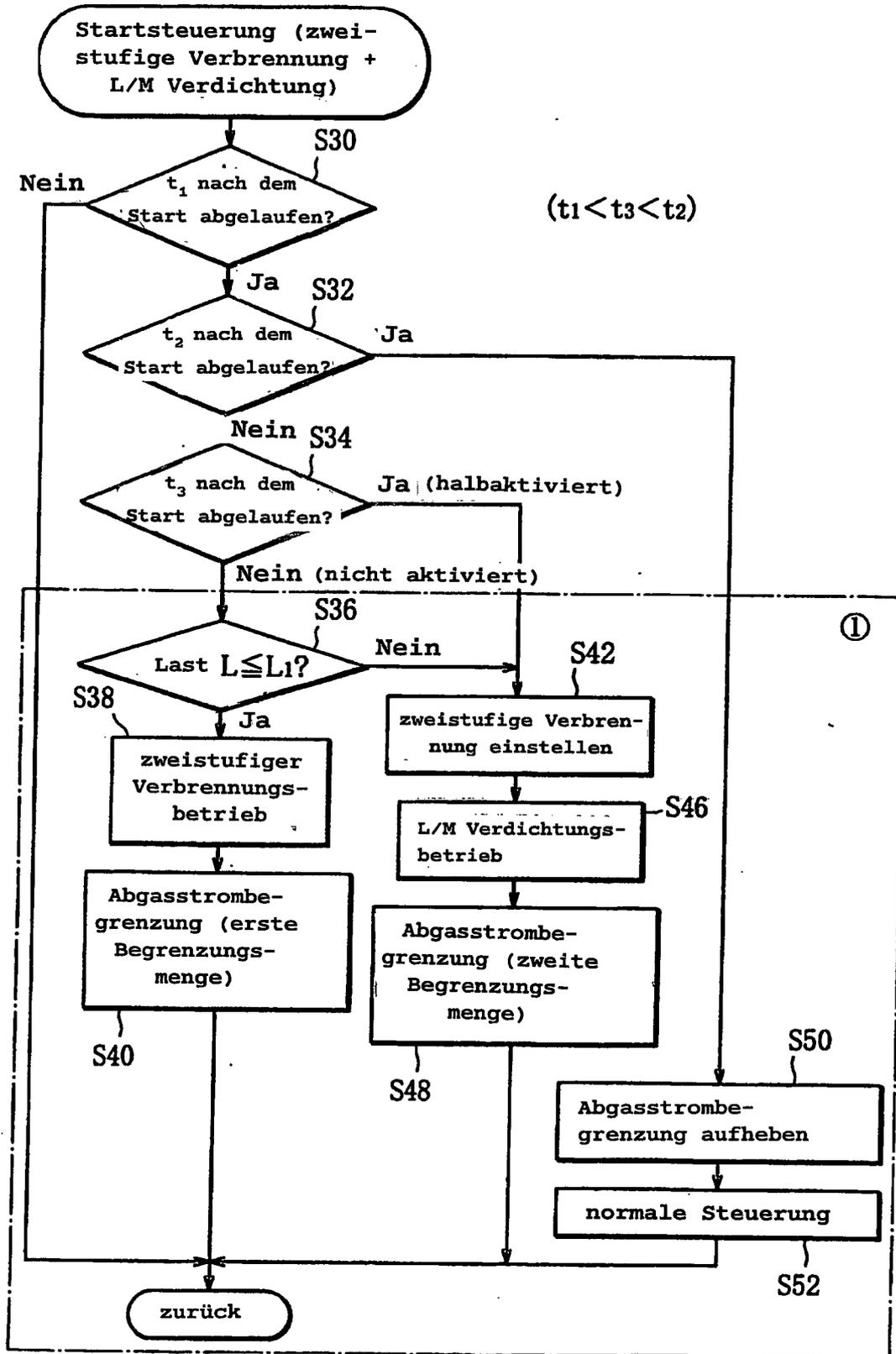


FIG. 6

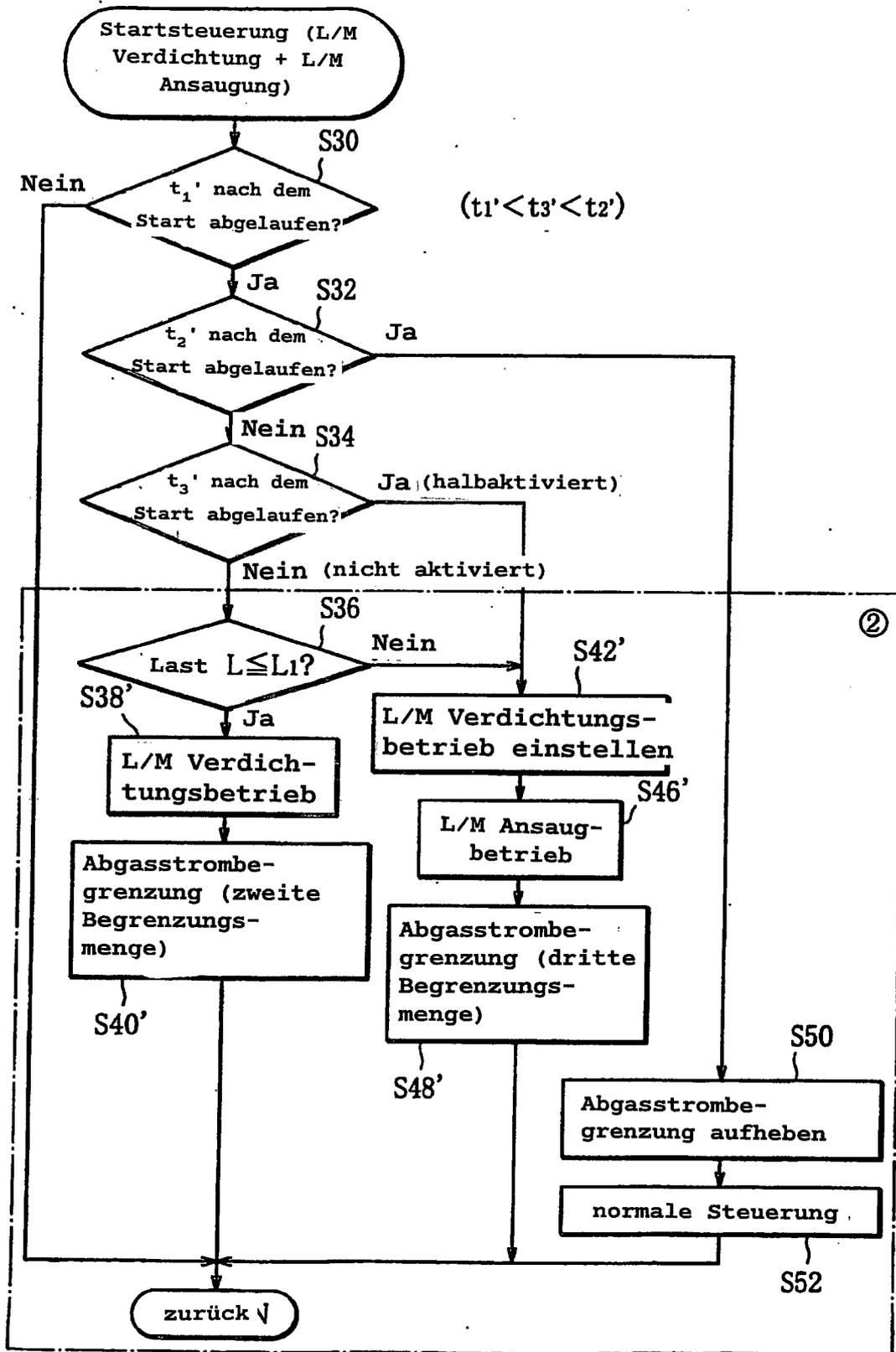


FIG. 7

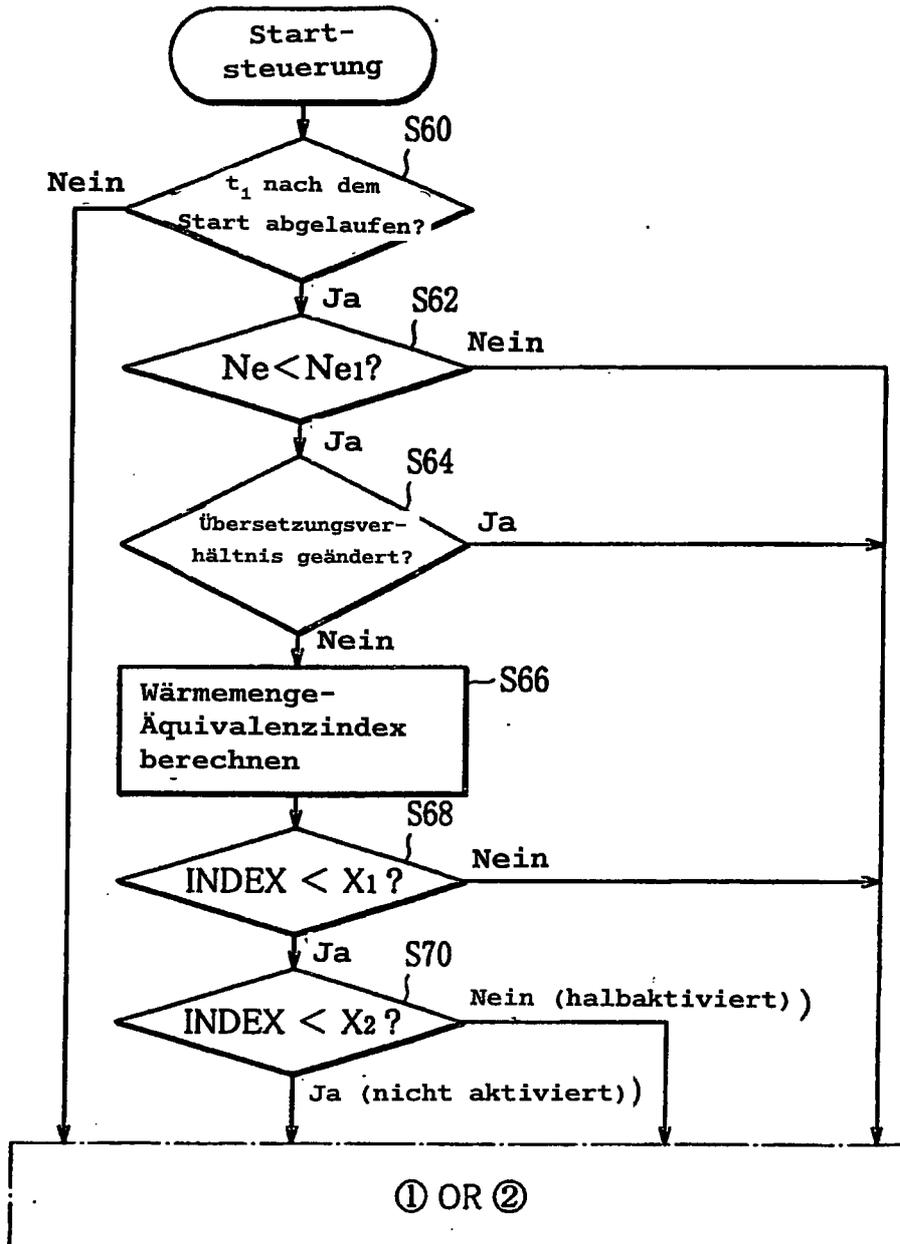


FIG. 8

