



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 02 985 T2** 2005.05.04

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 176 289 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 02 985.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 117 845.6**

(96) Europäischer Anmeldetag: **23.07.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **30.01.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **28.04.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.05.2005**

(51) Int Cl.7: **F01N 3/08**

**F01N 3/20, F02D 41/02, B01D 53/94,**

**F01N 3/36**

(30) Unionspriorität:

**2000223051 24.07.2000 JP**

**2001212889 12.07.2001 JP**

(73) Patentinhaber:

**Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP**

(74) Vertreter:

**Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner GbR, 80336 München**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB**

(72) Erfinder:

**Shibata, Daisuke, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Matsushita, Souichi, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Tsukasaki, Yukihiro, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Matsuoka, Hiroki, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Hayashi, Kotaro, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Ishiyama, Shinobu, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Ohtsubo, Yasuhiko, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Magarida, Naofumi, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Kobayashi, Masaaki, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Negami, Akihiko, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Oda, Tomihisa, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Harada, Yasuo, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Ono, Tomoyuki, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP**

(54) Bezeichnung: **Abgasemissions-Steuerungssystem für Verbrennungsmotoren**

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**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Emissions-Steuersystem einer internen Verbrennungskraftmaschine mit magerer Verbrennung, die einen NOx-Katalysator umfasst, der Stickstoffoxide (NOx) aus dem von der internen Verbrennungskraftmaschine mit magerer Verbrennung, die in einem mageren Verbrennungsbetrieb arbeitet, ausgegebenen Abgasen entfernt.

## 2. Beschreibung des Standes der Technik

**[0002]** NOx-Katalysatoren, wie z.B. selektive Reduktions-NOx-Katalysatoren und Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysatoren, sind als Emissions-Steuer- vorrichtungen zur Entfernung von NOx, insbesondere aus von internen Verbrennungskraftmaschinen, wie z.B. Dieselmotoren oder Benzinmotoren mit magerer Verbrennung, die in einem mageren Verbrennungsbetrieb arbeiten können, ausgegebenen Abgasen, bekannt.

**[0003]** Der selektive Reduktions-NOx-Katalysator kann NOx in der Gegenwart von Kohlenwasserstoffen (HC) bei einer Überschuss-Sauerstoffatmosphäre reduzieren oder zersetzen. Eine geeignete Menge einer HC-Verbindung (die im Folgenden als „Reduktionsmittel“ oder „Reduktant“ bezeichnet wird), wird benötigt, damit der selektive Reduktions-NOx-Katalysator NOx reduzieren oder zersetzen kann. Wenn der selektive Reduktions-NOx-Katalysator zur Abgasreinigung der oben genannten Arten von internen Verbrennungskraftmaschinen, wie Dieselmotoren, verwendet wird, die Abgase mit einer extrem geringen HC-Menge während des normalen Betriebs emittieren, ist es notwendig, ein Reduktionsmittel, wie z.B. Leichtöl, das als Kraftstoff dient, dem selektiven Reduktions-NOx-Katalysator zuzugeben, so dass der NOx-Katalysator während des normalen Betriebs des Motors NOx entfernen kann.

**[0004]** Andererseits ist der Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysator in der Lage, NOx zu absorbieren, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, das in den NOx-Katalysator eintritt, mager ist, und absorbiertes NOx freizugeben und in N<sub>2</sub> zu reduzieren, wenn die Sauerstoffkonzentration des eintretenden Abgases erniedrigt wird.

**[0005]** Wenn der Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysator zur Abgasreinigung der obigen Arten von internen Verbrennungskraftmaschinen verwendet wird, wird in den Abgasen enthaltenes NOx in den NOx-Katalysator während des normalen Betriebs des Motors absorbiert, bei dem das Luft-Kraft-

stoff-Verhältnis des Abgases mager ist. Wenn das Abgas mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis dem NOx-Katalysator zugeführt wird, wird jedoch die NOx-Absorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators gesättigt und es wird kein weiteres NOx in dem NOx-Katalysator absorbiert. Hierdurch wird das in den Abgasen enthaltene NOx durchgelassen oder zur Atmosphäre ausgegeben.

**[0006]** In Anbetracht der obigen Situation ist es nötig, die NOx-Absorptionsfähigkeit des Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysators, bevor er gesättigt ist, wiederherzustellen. Hierzu wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des in den NOx-Katalysator eintretenden Gases zu einem bestimmten Zeitpunkt so gesteuert, dass es fett wird, und die Sauerstoffkonzentration des Abgases wird auf diese Weise vermindert, so dass das in dem NOx-Katalysator absorbierte NOx freigegeben und zu N<sub>2</sub> reduziert wird. Dieses Verfahren zur Steuerung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Abgases, so dass es vorübergehend fett wird, wird im Folgenden als „Fettspitze“ bezeichnet, wenn es notwendig ist.

**[0007]** Um die NOx-Absorptionsfähigkeit des obigen NOx-Katalysators wiederherzustellen, muss das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases geeignet gesteuert werden, damit es fett wird. Bei üblichen Emissions-Steuersystemen wird daher eine dem Abgas zugegebene Reduktionsmittelmenge auf der Grundlage einer Motordrehzahl, einer Motorlast und anderen Parametern berechnet und die berechnete Reduktionsmittelmenge wird dem Abgassystem zugegeben oder zugeführt, wenn die NOx-Abgabe/Reduktionsbedingungen erfüllt sind.

**[0008]** Wenn das Reduktionsmittel dem Abgas z.B. in einer Auslassöffnung des Abgassystems des Motors zugegeben wird, um so geeignet das Luft-Kraftstoff-Verhältnis, gemessen in der Umgebung des NOx-Katalysators, zu steuern und dadurch NOx freizugeben und zu reduzieren, wird eine Verzögerung bei den Änderungen des an dem NOx-Katalysator gemessenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses beobachtet, da der Katalysator in einem gewissen Abstand von der Auslassöffnung angeordnet ist. Weiter ist es schwierig, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis an dem NOx-Katalysator im Wesentlichen gleich dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis, das bei fetten Spitzen erreicht wird, während der Reduktionsmittelzugabe zu halten.

**[0009]** Beispielsweise wird eine vorbestimmte Reduktionsmittelmenge in einer Auslassöffnung oder ähnlichem für eine vorbestimmte Zeitdauer entsprechend einem in [Fig. 9A](#) dargestellten Muster eingespritzt, bei einem Versuch, das an dem NOx-Katalysator erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis so zu steuern, dass es im Wesentlichen gleich dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis wird. Der in [Fig. 9A](#) dargestellte Ab-

lauf zeigt zeitabhängige Änderungen in einem Befehlssignal (EIN/AUS-Signal), das einem Injektor zum Einspritzen des Reduktionsmittels zugeführt wird.

**[0010]** Wenn das Reduktionsmittel entsprechend dem in [Fig. 9A](#) dargestellten Ablauf zugegeben wird, ändert sich das in der Umgebung des NOx-Katalysators gemessene Luft-Kraftstoff-Verhältnis, wie in [Fig. 9B](#) dargestellt. Wie in [Fig. 9B](#) dargestellt, fällt das an dem NOx-Katalysator gemessene Luft-Kraftstoff-Verhältnis weit unter das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis, das in der Nähe des stöchiometrischen Wertes liegen sollte, und wird für eine bestimmte Zeitdauer in einem unnötig fetten Zustand gehalten. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases wird nämlich für eine Zeitdauer in einem unteren Bereich gehalten, der fetter ist, als ein zur Freigabe und Reduzierung von NOx erforderliches Niveau. D.h., die in die Abgasöffnung eingespritzte Reduktionsmittelmenge ist größer, als eine zur Entfernung von NOx von dem NOx-Katalysator erforderliche Menge, und somit gelangt eine erhöhte Reduktionsmittelmenge durch den NOx-Katalysator ohne Verwendung zur Reduzierung von NOx. In diesem Fall gelangt eine HC-Verbindung in dem Reduktionsmittel durch den NOx-Katalysator und verschlechtert die Abgasemission. In Anbetracht dieser Möglichkeit ist eine zusätzliche Maßnahme, wie z.B. ein Oxidationskatalysator, der stromabwärts des NOx-Katalysators im Abgaskanal angeordnet ist, erforderlich, um die HC-Verbindung, die durch den NOx-Katalysator geströmt ist, zu entfernen.

**[0011]** Aus dem Stand der Technik sind die Dokumente JP-A-06-212961 und EP-A-0 896 136 eines Emissions-Steuersystems und eines Verfahrens zur Abgasreinigung einer internen Verbrennungskraftmaschine bekannt, die für eine interne Verbrennungskraftmaschine mit einem mageren Verbrennungsbetrieb gedacht sind. Dieses bekannte System umfasst einen in einem Abgaskanal des Motors angeordneten NOx-Katalysator, so dass der NOx-Katalysator im Abgas enthaltenes NOx absorbiert, wobei eine Reduktionsmittel-Zugabeinrichtung stromaufwärts vom NOx-Katalysator zur Zugabe eines Reduktionsmittels zum Abgas vorgesehen ist, um eine Abgabe und eine Reduktion des in dem NOx-Katalysator absorbierten NOx zu erreichen. Weiter ist eine Lasterfassungseinrichtung, um eine Last der internen Verbrennungskraftmaschine zu erfassen, und eine Berechnungseinrichtung zur Berechnung der Reduktionsmittelmenge, die in einem NOx-Reduktionsverfahren zugegeben werden muss, auf der Grundlage der Last der internen Verbrennungskraftmaschine, vorgesehen. Weiter ist eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Reduktionsmittelzugabemenge mittels Durchführen von mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren vorgesehen, so dass die berechnete Reduktionsmittelmenge bereitgestellt wird.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0012]** Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, ein Emissions-Steuersystem für eine interne Verbrennungskraftmaschine und ein Verfahren zur Reinigung eines von einer internen Verbrennungskraftmaschine ausgegebenen Abgases zu schaffen, das einen NOx-Katalysator zur Absorption des in dem Abgas enthaltenen NOx und eine Reduktionsmittelzugabeinrichtung zur Zugabe eines Reduktionsmittels zum Abgas verwendet, um eine Freigabe und Reduktion des in dem NOx-Katalysator absorbierten NOx zu erreichen, wobei eine Steuerung des in der Umgebung des NOx-Katalysators gemessenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses ausreichend nahe an einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis liegen soll, das in der Nähe des stöchiometrischen Wertes liegt, wenn ein Reduktionsmittel im Abgaskanal stromaufwärts des NOx-Katalysators zugegeben wird.

**[0013]** Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen von Anspruch 1 in Bezug auf das Emissions-Steuersystem und durch die Merkmale von Anspruch 11 in Bezug auf das Verfahren zur Abgasreinigung gelöst.

**[0014]** Gemäß der Erfindung ist ein Emissions-Steuersystem für eine interne Verbrennungskraftmaschine mit einer mageren Verbrennung vorgesehen, umfassend (a) einen in einem Abgaskanal der internen Verbrennungskraftmaschine so angeordneten NOx-Absorptionskatalysator, dass der NOx-Absorptionskatalysator das in einem Abgas enthaltene NOx absorbiert, und (b) eine Reduktionsmittelzuführeinrichtung, die stromaufwärts vom NOx-Absorptionskatalysator zur Zugabe eines Reduktionsmittels zum Abgas angeordnet ist, um in dem NOx-Absorptionskatalysator absorbiertes NOx freizugeben und zu reduzieren. Das Emissions-Steuersystem umfasst weiter (1) eine Lasterfassungseinrichtung zur Erfassung einer Last der internen Verbrennungskraftmaschine; (2) eine Berechnungseinrichtung zur Berechnung einer Reduktionsmittelmenge, die in einem NOx-Freigabe- und Reduktionsverfahren auf der Grundlage der Last der internen Verbrennungskraftmaschine zugegeben wird; und (3) eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Zugabe des Reduktionsmittels mittels Durchführung mehrerer Reduktionsmittelzugabeverfahren, so dass die berechnete Reduktionsmittelmenge bereitgestellt wird.

**[0015]** Bei dem oben beschriebenen Emissions-Steuersystem wird die zur Freigabe und Reduzierung von NOx zugegebene Reduktionsmittelmenge in Abhängigkeit von der Last der internen Verbrennungskraftmaschine gesteuert. Genauer, die Reduktionsmittelmenge wird erhöht, wenn der Motor unter einer relativ geringen Last arbeitet, und die gleiche Menge wird vermindert, wenn die Motorlast erhöht wird. Auf diese Weise wird die Reduktionsmittelzuga-

bemenge geeignet gesteuert unter Berücksichtigung der möglichen Ablagerung des Reduktionsmittels an den Wänden eines Abgaskanals in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit und der Temperatur des Abgases, so dass eine ausreichende Reduktionsmittelmenge konstant dem NOx-Katalysator zugeführt werden kann, unabhängig von den Betriebsbedingungen des Motors.

**[0016]** Dann wird die berechnete Reduktionsmittelmenge, die auf der Grundlage der Motorlast, wie oben beschrieben, bestimmt wurde, mittels Durchführen von mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben, so dass das in der Umgebung des NOx-Katalysators gemessene Luft-Kraftstoff-Verhältnis zwischen der fetten und der mageren Seite in Bezug auf den stöchiometrischen Wert schwankt. Somit wird verhindert, dass das an dem NOx-Katalysator gemessene Luft-Kraftstoff-Verhältnis in einem übermäßig fetten Zustand für eine längere Zeitdauer gehalten wird, und das mittlere Luft-Kraftstoff-Verhältnis während der Zugabe des Reduktionsmittels wird ausreichend eng an dem stöchiometrischen Wert gesteuert. Auf diese Weise wird die durch den NOx-Katalysator gelangte Kohlenstoffmenge in vorteilhafter Weise vermindert, während gleichzeitig das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis für eine längere Zeitdauer bei stöchiometrischen oder fetten Werten gehalten werden kann.

**[0017]** Während der mehrfachen Reduktionsmittelzugabe, bei der das Reduktionsmittel mehrfach in einem Verfahren zugegeben wird, wird die Reduktionsmittelzugabemenge in jedem der zweiten und folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren kleiner eingestellt als in dem ersten Zugabeverfahren. Durch Steuern der Reduktionsmittelzugabemenge auf diese Weise kann eine sonst mögliche Ansammlung des Reduktionsmittels am NOx-Katalysator infolge der wiederholten Reduktionsmittelzugabe verhindert werden, und eine übermäßige Steigerung des fetten Kraftstoffniveaus des Abgases ebenfalls vermieden werden.

**[0018]** In dem obigen Fall wird die Reduktionsmittelzugabemenge in jedem der zweiten und folgenden Zugabeverfahren kleiner eingestellt als bei dem ersten Zugabeverfahren mittels (1) Steuern der Zeitdauer der Zugabe des Reduktionsmittels in jedem der zweiten und folgenden Zugabeverfahren, so dass sie kürzer als bei dem ersten Zugabeverfahren ist, oder (2) Steuern des Drucks, bei dem das Reduktionsmittel in jedem der zweiten und folgenden Zugabeverfahren zugegeben wird, so dass er niedriger als in dem ersten Zugabeverfahren ist. Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird weiter das Intervall zwischen dem ersten und dem zweiten Reduktionsmittel-Zugabeverfahren kleiner eingestellt als das zwischen den folgenden Zugabeverfahren.

**[0019]** Gemäß der Erfindung kann die oben beschriebene Steuereinrichtung die zweiten und folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren auf der Grundlage einer gesteuerten Variablen steuern, die auf der Grundlage eines in der Umgebung des NOx-Katalysators nach der Durchführung des ersten Reduktionsmittelzugabeverfahrens gemessenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses korrigiert wird. Mit dieser durchgeführten Steuerung kann das Reduktionsmittel mit größerer Genauigkeit zugegeben werden, wodurch eine wirksamere Abgasreinigung möglich wird.

**[0020]** Gemäß der Erfindung kann die Steuereinrichtung die mehreren Reduktionsmittel-Zugabeverfahren entsprechend einem Kurbelwellenwinkel der internen Verbrennungskraftmaschine durchführen, so dass das Reduktionsmittel zugegeben wird, wenn ein Auslassventil des Motors geöffnet ist. Mit dieser Steuerung kann das Reduktionsmittel sicher dem NOx-Katalysator zusammen mit einer Abgasströmung zugeführt werden, so dass eine bessere Zugabe des Reduktionsmittels ermöglicht wird.

**[0021]** Vorzugsweise umfasst das Emissions-Steuersystem gemäß der Erfindung eine Bestimmungseinrichtung zur Bestimmung, ob die Reduktionsmittelzugabe möglich ist, in Abhängigkeit von einem Betriebszustand des Fahrzeuges. Beispielsweise wird bestimmt, ob der NOx-Katalysator bei einer Aktivierungstemperatur gehalten wird, oder ob sich die interne Verbrennungskraftmaschine in einem Betriebsbereich befindet, der die Zugabe des Reduktionsmittels gestattet. Somit wird das Reduktionsmittel zugeführt, wenn der Motor oder die Fahrzeugbedingungen eine Freigabe und Reduktion von NOx gestatten, so dass verhindert wird, dass Reduktionsmittel durch den NOx-Katalysator strömt, ohne zur Reduzierung von NOx verwendet zu werden.

**[0022]** Beispiele der internen Verbrennungskraftmaschine mit einem mageren Verbrennungsbetrieb, die das erfindungsgemäße Emissions-Steuersystem verwenden, umfassen Benzinmotoren mit Direkteinspritzung mit magerer Verbrennung und Dieselmotoren.

**[0023]** Die oben beschriebene Lasterfassungseinrichtung kann die Motorlast auf der Grundlage eines Ausgangssignals eines Fahrpedalpositionssensors oder einer Ansaugluftströmungsmenge, die mittels eines Luftdurchflussmengenmessers erfasst wird, erfasst werden.

**[0024]** Der in dem Emissions-Steuersystem gemäß der Erfindung verwendete NOx-Katalysator kann beispielsweise ein Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysator oder ein selektiver Reduktions-NOx-Katalysator sein.

**[0025]** Der Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysa-

tor absorbiert NO<sub>x</sub>, wenn das Abgas, das in den Katalysator eintritt, ein mageres Luft-Kraftstoff-Verhältnis aufweist, und gibt das absorbierte NO<sub>x</sub> frei und reduziert es zu N<sub>2</sub>, wenn die Sauerstoffkonzentration im Abgas vermindert wird. Der Okklusions-Reduktions-NO<sub>x</sub>-Katalysator umfasst (a) einen Träger aus, z.B. Aluminium (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), (b) mindestens ein auf dem Träger gelagertes Element aus der Gruppe von Alkalimetallen, wie z.B. Kalium (K), Natrium (Na), Lithium (Li) und Cäsium (Cs), alkalischen Erdmetallen, wie z.B. Barium (Ba) und Calcium (Ca) und seltene Erdmetalle, wie z.B. Lanthan (La) und Yttrium (Y) und (c) mindestens ebenfalls ein auf dem Träger gelagertes Edelmetall, wie z.B. Platin (Pt).

[0026] Beispiele des erfindungsgemäß verwendeten Reduktionsmittels können Leichtöl, Benzin, Kerosin und andere Substanzen umfassen, die Kohlenwasserstoffe (HC) enthalten.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0027] [Fig. 1](#) ist eine schematische Ansicht zur Darstellung des Aufbaus einer internen Verbrennungskraftmaschine mit einem Emissions-Steuersystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung;

[0028] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Ansichten zur Erläuterung der NO<sub>x</sub>-Absorptions- und Freigabefunktionen bei einem Okklusions-Reduktions-NO<sub>x</sub>-Katalysator;

[0029] [Fig. 3A](#) ist ein Diagramm zur Darstellung eines Verlaufs der Aufbringung eines Kraftstoff-Zugabebefehls (EIN/AUS) gemäß dem Kraftstoff eingespritzt wird;

[0030] [Fig. 3B](#) ist ein Diagramm zur Darstellung der Änderungen des in der Umgebung des NO<sub>x</sub>-Katalysators gemessenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses im Laufe der Zeit während der Mehrfachkraftstoffzugabe gemäß dem Ablauf von [Fig. 3A](#);

[0031] [Fig. 4](#) ist eine Ansicht zur Darstellung eines Kraftstoffeinspritzverlaufs, der Mehrfachkraftstoffzugabe und der Änderungen in dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis;

[0032] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5B](#) sind Ansichten zur Darstellung der Kraftstoffeinspritzverläufe der Mehrfachkraftstoffzugabe;

[0033] [Fig. 6](#) ist eine Ansicht zur Darstellung eines anderen Kraftstoffeinspritzverlaufs der Mehrfachkraftstoffzugabe;

[0034] [Fig. 7](#) ist eine Ansicht zur Darstellung eines Kraftstoffeinspritzverlaufs der Mehrfachkraftstoffzugabe, bei der die Kraftstoffeinspritzmenge in dem zweiten und folgenden Kraftstoffeinspritzverfahren

vermindert wird und der Änderungen in dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis;

[0035] [Fig. 8](#) ist ein Fließbild zur Darstellung eines Kraftstoffzugabeprogramms, das zur Mehrfachkraftstoffzugabe durchgeführt wird; und

[0036] [Fig. 9A](#) ist ein Diagramm zur Darstellung des Ablaufs der Aufbringung von Kraftstoffzugabebefehlen (EIN/AUS), gemäß denen der Kraftstoff eingespritzt wird) und

[0037] [Fig. 9B](#) ist ein Diagramm zur Darstellung der Änderungen im Laufe der Zeit des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, gemessen in der Umgebung des NO<sub>x</sub>-Katalysators während der Kraftstoffeinspritzung gemäß dem Verlauf von [Fig. 9A](#).

#### GENAUE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0038] Ein Emissions-Steuersystem einer internen Verbrennungskraftmaschine gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 6](#) im Einzelnen beschrieben. Bei der folgenden Ausführungsform ist die Erfindung bei einem Emissions-Steuersystem angewendet, das in einem Dieselmotor zum Antrieb eines Motorfahrzeugs, wie z.B. ein Automobil, Verwendung findet.

[0039] [Fig. 1](#) zeigt den Aufbau der internen Verbrennungskraftmaschine **1** in Form eines Vier-Zylinder-Reihen-Dieselmotors, der ein Emissions-Steuersystem gemäß der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung aufweist. Wie in [Fig. 1](#) dargestellt, wird Ansaugluft in eine Verbrennungskammer jedes Zylinders durch ein Ansaugrohr **3** und Ansaugverteilerrohr **2** angesaugt. An einem Ende des Ansaugrohres **3**, an dem die Ansaugluft anfangs in das Ansaugrohr **3** angesaugt wird, ist ein Luftreiniger **4** vorgesehen. Ein Luftdurchflussmengenmesser **5**, ein Kompressor **6a** eines Turboladers **6**, ein Zwischenkühler **7** und ein Drosselventil **8** sind ebenfalls zwischen den gegenüberliegenden Enden des Ansaugrohres **3** vorgesehen.

[0040] Der Durchflussmengenmesser **5** erfasst die Menge der Frischluft, die in das Ansaugrohr **3** durch den Luftreiniger **4** strömt und erzeugt ein Ausgangssignal entsprechend der Frischluftmenge für eine elektronische Steuereinheit (ECU) **9** zur Steuerung des Motors **1**. Die ECU **9** berechnet dann die Ansaugluftmenge oder die Durchflussmenge der Ansaugluft auf der Grundlage des Ausgangssignals des Durchflussmengenmessers **5**.

[0041] In der folgenden Beschreibung dieser Ausführungsform sind die vier Zylinder des Motors **1** in Richtung von rechts nach links in [Fig. 1](#) als erster,

zweiter, dritter und vierter Zylinder #1, #2, #3, #4 nummeriert.

**[0042]** Jeder der vier Zylinder des Motors **1** ist mit einem Kraftstoffeinspritzventil **10** versehen, das zur Einspritzung eines Kraftstoffs (z.B. Leichtöl) in eine Verbrennungskammer des entsprechenden Zylinders dient. Jedes der Kraftstoffeinspritzventile **10** ist mit einem „Common Rail“ **11** verbunden, dem der Kraftstoff von einer Kraftstoffpumpe **12** zugeführt wird. Die Kraftstoffpumpe **12** wird von einer Kurbelwelle (nicht dargestellt) des Motors **1** angetrieben. Im Betrieb wird das von der Kurbelwelle erzeugte Drehmoment zur Eingangswelle der Kraftstoffpumpe **12** übertragen und die Kraftstoffpumpe **12** liefert den Kraftstoff bei einem Druck, der von dem übertragenen Drehmoment abhängt.

**[0043]** Der von der Pumpe **12** über eine Kraftstoffzuführleitung dem Common Rail **11** zugeführte Kraftstoff, wo der Druck des Kraftstoffs auf ein gewisses Niveau angehoben wird, wird dann durch die Kraftstoffeinspritzventile **10** der entsprechenden Zylinder verteilt. Wenn ein Antriebsstrom auf eines der so mit unter Druck stehendem Kraftstoff versorgten Kraftstoffeinspritzventile **10** aufgebracht wird, öffnet das Kraftstoffeinspritzventil **10**, um Kraftstoff davon einzuspritzen. Die ECU **9** steuert die Ventilöffnungszeit und die Ventilschließzeitdauer (oder Einspritzdauer) jedes Kraftstoffventils **10** entsprechend den Betriebsbedingungen des Motors **1**.

**[0044]** Das in der Verbrennungskammer jedes Zylinders des Motors **1** erzeugte Abgas wird in einen Abgaskrümmen **14** ausgegeben und dann über eine Abgassammelleitung **15**, eine Abgasleitung **16** und einen Schalldämpfer (nicht dargestellt in [Fig. 1](#)) zur Atmosphäre ausgegeben. Ein Teil des in den Abgaskrümmen **14** ausgegebenen Abgases kann in den Ansaugkrümmen **2** durch eine Abgasrückführleitung **23** zurückgeführt werden. Ein EGR-Kühler **24** und ein EGR-Ventil **25** sind zwischen den gegenüberliegenden Enden der Abgasrückführleitung **23** angeordnet. Die ECU **9** steuert den Öffnungsbetrag des EGR-Ventils **25** entsprechend den Betriebsbedingungen des Motors **1**, so dass die in den Ansaugkrümmen **2** rückgeführte Abgasmenge gesteuert wird.

**[0045]** Eine Turbine **6b** des Turboladers **6** ist an einem Ende der Abgassammelleitung **15** von dem Abgaskrümmen **14** entfernt angeordnet und ein Gehäuse **18**, das den Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysator **17** (oder Mager-NOx-Katalysator) aufnimmt, ist in der Mitte der Abgasleitung **16** angeordnet. Weiter ist ein Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26**, der ein elektrisches Signal zur Anzeige des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des durch die Abgasleitung **16** fließenden Abgases erzeugt, stromabwärts des Gehäuses **18** in der Abgasleitung vorgesehen. Die Turbine **6b**, die mittels des Abgases angetrieben wird,

treibt den mit der Turbine **6b** verbundenen Kompressor **6a** an, um so den Druck der Ansaugluft zu erhöhen.

**[0046]** Im Folgenden soll der Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysator **17** (der einfach als „NOx-Katalysator“ bezeichnet wird) in dem Gehäuse **18** der Abgasleitung **16** beschrieben werden.

**[0047]** Der Okklusions-Reduktions-NOx-Katalysator **17** umfasst (a) einen Träger (Träger), gebildet aus z.B. Aluminium ( $Al_2O_3$ ), (b) mindestens ein auf den Träger aufgebracht Element aus einer Gruppe von Alkalimetallen, z.B. Kalium (K), Natrium (Na), Lithium (Li) und Cäsium (Cs), alkalischen Erdmetallen, wie z.B. Barium (Ba) und Calcium (Ca) und seltene Erdmetalle, wie z.B. Lanthan (La) und Yttrium (Y), und (c) mindestens ein ebenfalls auf den Träger aufgebracht Edelmetall, wie z.B. Platin (Pt).

**[0048]** Der NOx-Katalysator **17** dient zur Absorption und Freigabe von NOx. Genauer gesagt, absorbiert der NOx-Katalysator **17** NOx, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (das im Folgenden „Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis“ genannt wird) des Abgases, dem der NOx-Katalysator ausgesetzt ist, auf der mageren Seite des stöchiometrischen Wertes liegt, und gibt das absorbierte NOx in Form von NO<sub>2</sub> oder NO frei, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis gleich oder fetter als der stöchiometrische Wert wird und die Sauerstoffkonzentration im Abgas erniedrigt wird. Das von dem NOx-Katalysator **17** freigegebene NOx (NO<sub>2</sub> oder NO) wird unmittelbar zu N<sub>2</sub> mittels der Reaktion mittels unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und/oder im Abgas enthaltenem Kohlenmonoxid (CO) reduziert. Es ist somit möglich, HC, CO und NOx aus dem Abgas durch geeignete Steuerung des Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses zu entfernen.

**[0049]** In dieser Beschreibung bedeutet das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis das Verhältnis der gesamten dem Motor **1** zugeführten Luftmenge zur gesamten dem Motor **1** zugeführten Kraftstoffmenge (Kohlenwasserstoff). Die gesamte Luft- oder Kraftstoffmenge umfasst die Luft- oder Kraftstoffmengen, die einem Abgaskanal stromaufwärts vom NOx-Katalysator, den Motorverbrennungskammern, einem Ansaugkanal und anderen Teilen des Motors **1** zugeführt werden. Wenn kein Kraftstoff (oder Reduktionsmittel) und Luft dem Abgaskanal stromaufwärts des NOx-Katalysators zugeführt wird, ist das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis gleich dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis einer Luft-Kraftstoff-Mischung, die den Motorverbrennungskammern zugeführt wird.

**[0050]** In Dieselmotoren wird normalerweise eine Luft-Kraftstoff-Mischung in den Verbrennungskammern verbrannt, die beträchtlich mager ist, d.h., das Luft-Kraftstoff-Verhältnis der zu verbrennenden Luft-Kraftstoff-Mischung ist beträchtlich größer als

der stöchiometrische Wert (der zwischen 14 und 15 liegt). Wenn der Dieselmotor normal betrieben wird, ist somit das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, das in den NOx-Katalysator eintritt, beträchtlich mager. In diesem normalen Betriebszustand wird das in dem Abgas enthaltene NOx in dem NOx-Katalysator absorbiert, wobei nur eine äußerst geringe NOx-Menge von dem Katalysator freigegeben wird.

**[0051]** Bei Benzinmotoren kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis einer den Verbrennungskammern zugeführten Luft-Kraftstoff-Mischung gesteuert werden, so dass es stöchiometrisch oder fett ist, so dass das sich ergebende Abgas ein stöchiometrisches oder fettes Luft-Kraftstoff-Verhältnis aufweist. Auf diese Weise kann die Sauerstoffkonzentration im Abgas vermindert werden, so dass das in dem NOx-Katalysator absorbierte NOx vom Katalysator freigegeben werden kann. Im Fall von Dieselmotoren ist es jedoch unerwünscht oder unpraktisch, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis in einer den Verbrennungskammern zugeführten Luft-Kraftstoff-Mischung so zu steuern, dass es das stöchiometrische Verhältnis oder ein fettes Verhältnis ist, da bei der Verbrennung einer derartigen Luft-Kraftstoff-Mischung Ruß erzeugt wird. Bei Dieselmotoren muss daher ein Reduktionsmittel in geeigneten Zeitabschnitten, bevor die NOx-Absorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators gesättigt wird, zugeführt werden, so dass das absorbierte NOx in dem NOx-Katalysator freigegeben und reduziert wird. Allgemein kann Leichtöl, das als Kraftstoff von Dieselmotoren verwendet wird, als Reduktionsmittel verwendet werden.

**[0052]** In Anbetracht der obigen Situation schätzt die ECU 9 des Emissions-Steuersystems gemäß dieser Ausführungsform die in dem NOx-Katalysator absorbierte NOx-Menge auf der Grundlage des letzten Betriebszustandes des Motors 1 und bewirkt, dass ein Durchflusssteuerventil 22 eine gewisse Zeitdauer geöffnet wird, um eine bestimmte Kraftstoffmenge durch eine Kraftstoffeinspritzdüse 19 einzuspritzen, wenn die geschätzte NOx-Menge einen vorbestimmten Wert erreicht.

**[0053]** Hierdurch wird die Sauerstoffkonzentration im Abgas, das in den NOx-Katalysator gelangt, abgesenkt und das in dem NOx-Katalysator absorbierte NOx freigegeben und zu NO<sub>2</sub> reduziert.

**[0054]** Genauer gesagt, ist die interne Verbrennungskraftmaschine gemäß dieser Ausführungsform mit einer Reduktionsmittelzugabevorrichtung versehen, die zur Kraftstoffzugabe (z.B. Leichtöl) als Reduktionsmittel zum Abgas dient, das durch den Abgaskanal stromaufwärts des NOx-Katalysators 17 fließt. Bei der vorliegenden Ausführungsform umfasst die Reduktionsmittelzugabevorrichtung eine Kraftstoffpumpe 12 und das Kraftstoffeinspritzventil 19, wie oben erwähnt, eine Kraftstoffpumpe 20, einen

Kraftstoffkanal 21, das oben erwähnte Durchflussmengensteuerventil 22 und andere Bauteile. Die Kraftstoffeinspritzdüse 19, die als Zuführöffnung der Reduktionsmittelzugabevorrichtung dient, ist an einem Zylinderkopf 30 des Motors 1 befestigt, so dass die Düse 19 einer Auslassöffnung 13 des Zylinders zugeordnet ist. Im Betrieb kann der von der Kraftstoffpumpe 12 gepumpte Kraftstoff der Kraftstoffeinspritzdüse 19 über die Kraftstoffleitung 20 und den Kraftstoffkanal 21 in dem Zylinderkopf 30 zugeführt werden. Das Durchflusssteuerventil 22 in der Mitte der Kraftstoffleitung 20 dient zur Steuerung der Durchflussmenge oder der durch die Kraftstoffleitung 20 fließenden Kraftstoffmenge, um dadurch die dem Abgas zugegebene Reduktionsmittelmenge zu steuern.

**[0055]** Ein Teil der Kraftstoffleitung 20, die stromaufwärts des Durchflusssteuerventils 22 angeordnet ist, ist mit einem Absperrventil 31 zum Absperrn oder Unterbrechen der Kraftstoffströmung durch die Leitung 20 und einem Reduktionsmitteldrucksensor 32, der ein elektrisches Signal zur Anzeige des Drucks innerhalb der Kraftstoffleitung 20 ausgibt, versehen. Der Reduktionsmitteldrucksensor 32 ist zwischen dem Durchflusssteuerventil 22 und dem Absperrventil 31 angeordnet.

**[0056]** Die Kraftstoffeinspritzdüse 19 ist auf dem Zylinderkopf 30 so befestigt, dass der von der Düse 19 eingespritzte Kraftstoff in Richtung der Abgassammelleitung 15 eingespritzt wird. Wenn das Durchflusssteuerventil 22 geöffnet ist, wird von der Kraftstoffpumpe 12 gelieferter Hochdruckkraftstoff durch die Kraftstoffleitung 20 der Kraftstoffeinspritzdüse 19 zugeführt. Der Druck des Kraftstoffs wirkt auf die Kraftstoffeinspritzdüse 19 und die Kraftstoffeinspritzdüse 19 öffnet, wenn der Kraftstoffdruck ein bestimmtes Ventilöffnungsniveau erreicht, so dass das Reduktionsmittel durch die Kraftstoffeinspritzdüse 19 eingespritzt wird.

**[0057]** Wenn das Durchflusssteuerventil 22 geschlossen ist und die Zuführung des Kraftstoffs von der Kraftstoffpumpe 12 unterbrochen ist, wird andererseits der auf die Kraftstoffeinspritzdüse 19 wirkende Kraftstoffdruck kleiner als das oben beschriebene Ventilöffnungsniveau. Hierdurch wird die Kraftstoffeinspritzdüse 19 geschlossen und die Kraftstoffeinspritzung unterbrochen.

**[0058]** Die ECU 19 steuert das Öffnen und Schließen des Durchflusssteuerventils 22 und steuert ebenfalls den Öffnungsbetrag des Durchflusssteuerventils 22. Der Druck des der Kraftstoffeinspritzdüse 19 zugeführten Kraftstoffs steigt mit einer Steigerung des Öffnungsbetrages des Ventils 22 und wird mit einer Verminderung des Öffnungsbetrages des Ventils 22 geringer.

**[0059]** Die Abgasrückführleitung 23 (im Folgenden

als „EGR-Leitung“ bezeichnet), durch die ein Teil des Abgases zum Einlasssystem zurückgeführt wird, ist mit einem Ende eines Teils des Abgasverteilers **14** verbunden, der dem vierten Zylinder **#4** zugewandt ist. Das andere Ende der EGR-Leitung **23** ist mit dem Ansaugverteilerrohr **2** verbunden. Der EGR-Kühler **24** und das EGR-Ventil **25** sind zwischen den gegenüberliegenden Enden der EGR-Leitung **23** vorgesehen, wie oben beschrieben. Die ECU **9** steuert den Öffnungsbetrag des EGR-Ventils **25** entsprechend dem Betriebszustand des Motors **1**, um so die rückgeführte Abgasmenge zu steuern. Bei dieser Ausführungsform bilden das EGR-Rohr **23**, der EGR-Kühler **24** und das EGR-Ventil **25** ein Abgasrückführ-(EGR-)System.

**[0060]** Da die Kraftstoffeinspritzdüse **19** Kraftstoff in Richtung der Abgassammelleitung **15** einspritzt, wie oben beschrieben, strömt der dem Abgas zugegebene Kraftstoff störungsfrei in die Abgassammelleitung **15**. Weiter ist das Kraftstoffeinspritzventil **19** an der Auslassöffnung **13** des ersten Zylinders **#1** befestigt, während die EGR-Leitung **23** mit dem Abgasverteiler **14** an einer Stelle in der Nähe des vierten Zylinders **#4** verbunden ist. Diese Anordnung vermindert oder schließt eine Möglichkeit aus, dass der von der Einspritzdüse **19** zugeführte Kraftstoff in die EGR-Leitung **23** gelangt.

**[0061]** Die ECU **9** umfasst einen Digitalcomputer, einschließlich eines Nur-Lese-Speichers (ROM), eines Speichers mit wahlfreiem Zugriff (RAM), einer zentralen Verarbeitungseinheit (CPU), eines Eingangs und eines Ausgangs, die miteinander über einen bidirektionalen Bus verbunden sind. Die ECU **9** führt die Grund-Motor-Steuerverfahren durch, wie z.B. ein Verfahren zur Steuerung der in den Motor **1** eingespritzten Kraftstoffmenge.

**[0062]** Um die Motor-Steuerverfahren durchzuführen, empfängt die ECU **9** am Eingang ein Eingangssignal von einem Fahrpedalsensor **28** und ein Eingangssignal von einem Kurbelwellensensor **27**. Der Fahrpedalpositionssensor **28** erzeugt eine Ausgangsspannung, die der Fahrpedalposition proportional ist (d.h., der Betrag des Herunterdrückens des Fahrpedals) für die ECU **9**, die wiederum die Motorlast auf der Grundlage des Ausgangssignals des Fahrpedalpositionssensors **28** berechnet. Der Kurbelwellenwinkelsensor erzeugt einen Ausgangsimpuls für die ECU **9**, jedes Mal, wenn die Kurbelwelle sich um einen vorbestimmten Winkel dreht, und die ECU **9** berechnet die Motordrehzahl auf der Grundlage des Ausgangsimpulses. Die ECU **9** bestimmt den laufenden Motorbetriebszustand auf der Grundlage der Motorlast und der Motordrehzahl und berechnet eine Kraftstoffeinspritzmenge, die für den laufenden Motorbetriebszustand geeignet ist, bezugnehmend auf eine Einspritzmengentabelle (nicht gezeigt). Die ECU **9** berechnet dann eine Ventilöffnungsdauer des

Kraftstoffeinspritzventils **10**, die der so berechneten Kraftstoffeinspritzmenge entspricht, und steuert den Betrieb des Kraftstoffeinspritzventils **10** auf der Grundlage der so bestimmten Ventilöffnungsdauer.

**[0063]** Bei der internen Verbrennungskraftmaschine **1** ist der NOx-Katalysator **17** im Abgaskanal **16** angeordnet, wie oben beschrieben, und ein auf dem NOx-Katalysator **17** gelagertes NOx-Absorptionsmittel dient zur Absorption und Freigabe von NOx. Der Mechanismus der Absorption und Reduktion von NOx ist in [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) beispielhaft dargestellt. Während [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) ein Beispiel zeigen, in dem Platin Pt und Barium Ba auf dem Träger des NOx-Katalysators **17** angeordnet sind, kann ein ähnlicher Mechanismus geschaffen werden, wenn andere Edelmetalle, Alkalimetalle, Alkalierdmetalle oder seltene Erdmetalle verwendet werden. Der Mechanismus gemäß [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) wird kurz beschrieben.

**[0064]** Wenn das von der Verbrennungskammer des Motors **1** ausgegebene Abgas weiter kraftstoffarm ist, nimmt die NOx-Konzentration des in den NOx-Katalysator **17** eintretenden Abgases zu und der so erhöhte Sauerstoff  $O_2$  wird in Form von  $O_2^-$  oder  $O^{2-}$  auf der Oberfläche des Platins Pt, wie in [Fig. 2A](#) gezeigt, abgelagert. Dann reagiert  $O_2^-$  oder  $O^{2-}$  mit dem in dem Abgas enthaltenen NO zur Bildung von  $NO_2$  (dargestellt durch:  $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ ). Ein Teil des so erzeugten  $NO_2$  wird weiter auf dem Platin Pt oxidiert und in dem NOx-Absorptionsmittel, um sich mit Bariumoxid BaO zu verbinden. Hierdurch diffundieren Stickstoffionen  $NO_3^-$  in das NOx-Absorptionsmittel, wie in [Fig. 2A](#) dargestellt. Auf diese Weise wird NOx in dem NOx-Absorptionsmittel absorbiert.

**[0065]** Während das in den NOx-Katalysator **17** eintretende Abgas eine hohe Sauerstoffkonzentration aufweist, wird  $NO_2$  auf der Oberfläche des Platins Pt erzeugt, und das  $NO_2$  in dem NOx-Absorptionsmittel absorbiert gehalten, um Stickstoffionen  $NO_3^-$  zu bilden, bis die NOx-Absorptionsfähigkeit des NOx-Absorptionsmittels gesättigt ist.

**[0066]** Wenn die Sauerstoffkonzentration des Abgases abnimmt und die auf der Oberfläche des Pt erzeugte  $NO_2$ -Menge vermindert wird, finden andererseits umgekehrte Reaktionen, d.h.,  $NO_3^- \rightarrow NO_2$ , statt, und das von den Nitrationen  $NO_3$  gebildete  $NO_2$  wird von dem NOx-Absorptionsmittel freigegeben. Wenn nämlich das Abgas, das in den NOx-Katalysator **17** eintritt, weniger kraftstoffmager ist, wobei die Sauerstoffkonzentration des Abgases vermindert ist, wird NOx von dem NOx-Absorptionsmittel des NOx-Katalysators **17** freigegeben.

**[0067]** Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases kraftstoffreich ist, reagiert andererseits HC und

CO mit dem Sauerstoff  $O_2^-$  oder  $O^{2-}$  auf dem Platin Pt und wird oxidiert. Da die Sauerstoffkonzentration des Abgases beträchtlich vermindert ist, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases fett ist, wird  $NO_2$  von dem NOx-Absorptionsmittel freigegeben, und das so freigegebene  $NO_2$  wird mittels der Reaktion mit unverbranntem HC und CO reduziert, wie dies in [Fig. 2B](#) dargestellt ist, und in Form von  $N_2$  entfernt. Wenn kein  $NO_2$  auf der Oberfläche des Platins Pt vorhanden ist, wird mehr  $NO_2$  darauffolgend von dem NOx-Absorptionsmittel freigegeben.

**[0068]** Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases fett ist, wird daher NOx von dem NOx-Absorptionsmittel in relativ kurzer Zeit freigegeben und reduziert und in Form von  $N_2$  entfernt.

**[0069]** Bei dieser Ausführungsform, bei der der Dieselmotor **1** verwendet wird, ist das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des während des normalen Betriebs des Motors **1** erzeugten Abgases kraftstoffarm und daher absorbiert das NOx-Absorptionsmittel NOx in dem Abgas in dem normalen Betriebszustand des Motors **1**. Wenn das Reduktionsmittel der Abgasöffnung stromaufwärts von dem NOx-Katalysator **17** zugeführt wird, wechselt das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, das durch den NOx-Katalysator **17** strömt, in den fetten Zustand und NOx wird von dem NOx-Absorptionsmittel des Katalysators freigegeben und reduziert.

**[0070]** Bei dieser Ausführungsform wird Leichtöl, das als Kraftstoff für den Motor **1** verwendet wird, ebenfalls als Reduktionsmittel zur NOx-Reduktion verwendet. Die Verwendung des Leichtöls ist in Anbetracht der Lagerung, Nachfüllung oder Auffüllung und anderen Faktoren von Vorteil.

**[0071]** Allgemein wird das Reduktionsmittel (z.B. Kraftstoff in dieser Ausführungsform) unter verschiedenen Bedingungen zugeführt, die beispielsweise den Druck, unter dem das Reduktionsmittel zugeführt oder eingespritzt wird, die Dauer oder das Zuführintervall des Reduktionsmittels umfassen. Bei dieser Ausführungsform wird Kraftstoff, der als Reduktionsmittel dient, der in einem Verfahren zur Freigabe und Reduktion von NOx verwendet wird, dem Abgas mehrfach statt nur einmal zugegeben. Mit anderen Worten, die Zugabe des Kraftstoffs wird zwei- oder mehrmals während eines NOx-Freigabe- und Reduktionsverfahrens durchgeführt, so dass man eine wirksame Freigabe und Reduktion des NOx erhält. Diese Art der Zugabe des Kraftstoffs als ein Reduktionsmittel wird als „Mehrfachzugabe“ des Kraftstoffs oder Reduktionsmittels, wenn notwendig, bezeichnet.

**[0072]** Wenn der Kraftstoff von der Kraftstoffeinspritzdüse **19** dem Abgas in der Auslassöffnung **13** zugeführt wird, werden die zugeführte Kraftstoffmenge und das Durchführen der Mehrfachzugabe des

Kraftstoffs in der weiter unten beschriebenen Weise gesteuert, und zwar auf der Grundlage eines Lastzustandes des Motors **1**.

#### Erstes Beispiel

**[0073]** In einem ersten Beispiel eines mittels des Emissions-Steuersystems gemäß dieser Ausführungsform durchgeführten Steuerverfahrens liest die ECU **9** anfänglich die Betriebsbedingungen des Motors **1**. Genauer gesagt, berechnet die ECU **9** die Motorlast auf der Grundlage des Ausgangssignals des Fahrpedalpositionssensors **28** und berechnet die Motordrehzahl auf der Grundlage der Ausgangsimpulse des Kurbelwellenwinkelsensors **27**. Die ECU **9** bestimmt dann den Motorbetriebszustand auf der Grundlage einer Motorlast und der Motordrehzahl und berechnet eine Kraftstoffeinspritzmenge, die für den Motorbetriebszustand geeignet ist, unter Bezugnahme auf eine Einspritzmengentabelle (nicht dargestellt).

**[0074]** Darauffolgend schätzt die ECU **9** die in dem NOx-Katalysator absorbierte NOx-Menge von dem letzten Betriebszustand des Motors **1** oder der Vergangenheit des Betriebszustands des Motors **1** und bewirkt die Einspritzung von Kraftstoff als Reduktionsmittel von der Kraftstoffeinspritzdüse **19** in das Abgas, wenn die geschätzte NOx-Menge einen vorbestimmten Wert erreicht. Zur Durchführung der Kraftstoffeinspritzung wird das Durchflußsteuerventil **22** so geöffnet, dass ein Teil des von der Kraftstoffpumpe **12** gelieferten Kraftstoffs der Kraftstoffeinspritzdüse **19** durch die Kraftstoffleitung **20** zugeführt wird.

**[0075]** Die Kraftstoffeinspritzung in einem NOx-Freigabe- und Reduktionsverfahren, wie oben beschrieben, wird erreicht, indem mehrere Kraftstoffeinspritzverfahren durchgeführt werden, bei denen jeweils der Kraftstoff mit einer vorbestimmten Menge eingespritzt wird. Um die Mehrfachkraftstoffzugabe zu ermöglichen, steuert die ECU **9** das Durchflußsteuerventil **22** zum abwechselnden Öffnen und Schließen, so dass der Kraftstoff von der Kraftstoffeinspritzdüse in vorbestimmten Zeitintervallen eingespritzt wird. Genauer gesagt, die ECU **9** erzeugt Zugabebefehle (oder EIN/AUS-Signale) dreimal, wie in [Fig. 3A](#) dargestellt, so dass das Durchflußsteuerventil **22** entsprechend diesen Befehlen geöffnet und geschlossen wird. Somit wird die Kraftstoffeinspritzung in vorbestimmten Intervallen durchgeführt, so dass jede Kraftstoffeinspritzung eine vorbestimmte Zeitdauer dauert.

**[0076]** Während der Mehrfachkraftstoffzugabe, wie oben beschrieben, nimmt das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, gemessen an dem NOx-Katalysator **17**, das mittels des Luft-Kraftstoff-Sensors **26** gemessen wird, in Bezug auf ein Soll-Luft-Kraft-

stoff-Verhältnis, das nahe bei dem stöchiometrischen Wert, wie in [Fig. 3B](#) gezeigt, liegt, zu und ab. Auch mit derartigen Schwankungen des Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses kann das mittlere Luft-Kraftstoff-Verhältnis während der Mehrfachkraftstoffzugabe im Wesentlichen gleich dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemacht werden.

**[0077]** Auf diese Weise kann das rings um den NOx-Katalysator gemessene Luft-Kraftstoff-Verhältnis mimetisch gleich dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis gemacht werden und eine unwirksame Kraftstoffzugabe kann unterdrückt oder vermieden werden, wodurch eine verminderte HC-Menge durch den NOx-Katalysator **17** strömt. Weiter kann das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des NOx-Katalysators nahe bei dem stöchiometrischen Wert für längere Zeit gehalten werden, so dass das NOx mit besserem Wirkungsgrad entfernt werden kann.

#### Zweites Beispiel

**[0078]** In einem zweiten Beispiel eines mittels des Emissions-Steuersystems dieser Erfindung durchgeführten Steuervorgangs wird die Kraftstoffeinspritzung mehrmals durchgeführt, so dass die in dem zweiten und folgenden Kraftstoffeinspritzvorgang zugeführte Kraftstoffmenge geringer als die in dem ersten Kraftstoffeinspritzvorgang zugeführte Menge ist.

**[0079]** In dem ersten oben beschriebenen Beispiel wird im Wesentlichen die gleiche Kraftstoffmenge in drei Einspritzverfahren während der Mehrfachkraftstoffeinspritzung zugegeben. Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis mittels der ersten Kraftstoffeinspritzung fett wird und die nächste Kraftstoffeinspritzung durchgeführt wird, bevor das Luft-Kraftstoff-Verhältnis vollständig zum ursprünglichen mageren Wert zurückgekehrt ist, wie in [Fig. 4](#) beispielsweise dargestellt, wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis übermäßig fett, da kraftstoffreiche Abgase aufeinanderfolgend dem NOx-Katalysator **17** zugeführt werden. In diesem Fall wird die nicht zur NOx-Reduktion beitragende Kraftstoffmenge gesteigert und das in dem Kraftstoff enthaltene HC gelangt durch den NOx-Katalysator **17**, ohne von dem NOx-Katalysator **17** verbraucht zu werden.

**[0080]** In Anbetracht dieser obigen Situation wird die von der Kraftstoffeinspritzdüse **19** in jedem des zweiten und folgenden Einspritzverfahrens eingespritzte Kraftstoffmenge gesteuert, so dass sie geringer wird als die in dem ersten Einspritzverfahren eingespritzte Menge. Hierzu kann die ECU **9** das Durchflußsteuerventil **22** beispielsweise steuern, so dass der Kraftstoff für eine relativ lange Zeitdauer im ersten Einspritzverfahren eingespritzt wird und die Kraftstoffeinspritzdauer für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren vermindert wird.

**[0081]** Andere Einrichtungen und Verfahren können zur Steuerung der eingespritzten Kraftstoffmenge in dem zweiten und den folgenden Einspritzverfahren verwendet werden, so dass der Kraftstoff geringer als der in dem ersten Einspritzverfahren eingespritzte Kraftstoff ist. Beispielsweise wird der Kraftstoff bei einem relativ hohen Druck in dem ersten Verfahren eingespritzt und der Druck wird für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren für den eingespritzten Kraftstoff vermindert. In einem anderen Verfahren wird das Intervall zwischen dem ersten und zweiten Einspritzverfahren kürzer als das zwischen dem dem ersten Einspritzverfahren folgenden Verfahren eingestellt.

**[0082]** [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) zeigen verschiedene Kraftstoffzugabeverläufe. Die ECU **9** steuert das Durchflußsteuerventil **22** entsprechend einem Kraftstoffzugabeverlauf, der aus den Verläufen von [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5D](#) ausgewählt wird, die vorher in dem ROM gespeichert wurden.

**[0083]** In dem in [Fig. 5A](#) gezeigten Verlauf wird eine relativ große Kraftstoffmenge im ersten Einspritzverfahren zugegeben und die zugegebene Kraftstoffmenge wird für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren vermindert.

**[0084]** Um den Kraftstoffzugabeverlauf gemäß [Fig. 5A](#) zu realisieren, ist die Größe der Düsenöffnung der Kraftstoffeinspritzdüse **19** variabel ausgebildet und wird so gesteuert, dass sie während des ersten Einspritzverfahrens relativ groß ist, und dann wird die Größe der Düsenöffnung für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren vermindert.

**[0085]** In dem in [Fig. 5B](#) gezeigten Verlauf wird der Kraftstoff für eine relativ lange Zeitdauer im ersten Einspritzverfahren eingespritzt und die Kraftstoffeinspritzzeitdauer (die ebenfalls als „Kraftstoffeinspritzzeit“ bezeichnet werden kann) wird für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren vermindert. Mit der so veränderten Kraftstoffeinspritzzeit ist das Anfangsintervall zwischen dem ersten und zweiten Einspritzverfahren relativ groß und das Intervall zwischen zwei dem ersten Einspritzverfahren folgenden Einspritzverfahren wird verglichen mit dem Anfangsintervall vermindert. Hier wird das Intervall zwischen zwei folgenden Einspritzverfahren als eine Zeitdauer zwischen dem Anfang der Kraftstoffeinspritzung in einem Kraftstoffeinspritzverfahren und dem Anfang der Kraftstoffeinspritzung in dem nächsten Einspritzverfahren, das direkt nach dem oben genannten einen Einspritzverfahren eintritt, definiert.

**[0086]** Um den Kraftstoffzugabeverlauf gemäß [Fig. 5B](#) durchzuführen, wird das Durchflußsteuerventil **22** für eine relativ lange Zeitdauer im ersten Kraftstoffeinspritzverfahren geöffnet und die Ventilöffnungsdauer des Durchflußsteuerventils **22** wird für

das zweite und die folgenden Einspritzverfahren vermindert.

**[0087]** In dem in [Fig. 5C](#) dargestellten Verlauf wird der Kraftstoff im ersten Einspritzverfahren bei einem relativ hohen Druck eingespritzt, und der Druck mit dem der Kraftstoff eingespritzt wird, wird für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren vermindert. In diesem Fall ist das Intervall zwischen zwei folgenden Einspritzverfahren konstant. Wenn der Druck, bei dem der Kraftstoff eingespritzt wird, erhöht wird, wird eine größere Kraftstoffmenge von der Kraftstoffeinspritzdüse **19** eingespritzt. Somit wird innerhalb der gleichen Kraftstoffeinspritzzeitdauer die eingespritzte Kraftstoffmenge mit einer Erhöhung des Kraftstoffeinspritzdrucks erhöht.

**[0088]** Um den in [Fig. 5C](#) dargestellten Kraftstoffzugebelauf durchzuführen, wird das Durchflusssteuerventil **22** während des ersten Kraftstoffeinspritzverfahrens vollständig geöffnet, so dass der Druck in dem Kraftstoffkanal **21** hoch gehalten wird, und der Öffnungsbetrag des Durchflusssteuerventils **22** wird in dem zweiten und den folgenden Einspritzverfahren vermindert, so dass der Kraftstoffeinspritzdruck an der Kraftstoffeinspritzdüse **19** vermindert wird.

**[0089]** In dem in [Fig. 5D](#) dargestellten Verlauf ist das Intervall zwischen dem ersten und dem zweiten Kraftstoffeinspritzverfahren kürzer als das zwischen dem zweiten und dem dritten Einspritzverfahren.

**[0090]** Um den in [Fig. 5D](#) dargestellten Kraftstoffzugebelauf durchzuführen, wird das Durchflusssteuerventil **22** in dem zweiten Einspritzverfahren nach einer relativ kurzen Zeit nach dem Schließen des Durchflusssteuerventils **22** am Ende des ersten Einspritzverfahrens geöffnet. Darauf folgend wird das Durchflusssteuerventil **22** für eine relativ lange Zeit zwischen zwei folgenden Einspritzverfahren geschlossen.

**[0091]** Die in den [Fig. 5A](#), [Fig. 5B](#), [Fig. 5C](#) und [Fig. 5D](#) dargestellten Verläufe sind in dem ROM der ECU **9** gespeichert und die Steuerung entsprechend diesen Verläufen kann nach Bedarf durchgeführt werden, in Abhängigkeit von den Motorbetriebszuständen, wie z.B. der Motorlast. Möglicherweise können zwei oder mehrere dieser Steuerungen in Kombination durchgeführt werden. Beispielsweise wird der Kraftstoff bei einem relativ hohen Druck für eine relativ lange Zeitdauer im ersten Einspritzverfahren eingespritzt und der Kraftstoffeinspritzdruck erniedrigt und die Kraftstoffeinspritzzeit für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren verkürzt.

**[0092]** Durch Änderungen der Art der Kraftstoffzugebe als Reduktionsmittel in dem zweiten und den folgenden Einspritzverfahren gegenüber dem ersten Einspritzverfahren entsprechend einem oder mehre-

ren ausgewählten Verläufen von [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5B](#) kann das am NOx-Katalysator **17** gemessene Luft-Kraftstoff-Verhältnis gesteuert werden, um gemittelt nahe beim Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu liegen, was zu einer Verminderung der Kraftstoffmenge führt, die nicht zur Reduktion des in dem NOx-Absorptionsmittel absorbierten NOx beiträgt.

#### Drittes Beispiel

**[0093]** In einem dritten Beispiel eines mittels des Emissions-Steuersystems dieser Ausführung durchgeführten Steuerung, in der eine Mehrfachkraftstoffzugabe durchgeführt wird, wird die Kraftstoffzugabe-Steuerung nach dem ersten Einspritzverfahren durchgeführt. Die Kraftstoffeinspritzmenge, die Kraftstoffeinspritzzeit, das Einspritzintervall oder ähnliche mit dem zweiten und folgenden Einspritzverfahren verbundene Werte werden auf der Grundlage eines Motorbetriebszustandes (z.B. einem A/F-Verhältnis) korrigiert, das nach dem ersten Einspritzverfahren erfasst wurde, wie dies schematisch in [Fig. 6](#) dargestellt ist. Beispielsweise wird die in dem zweiten und folgenden Einspritzverfahren eingespritzte Kraftstoffmenge auf einen Wert gesteuert, der auf der Grundlage des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses korrigiert wird, das von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26** stromabwärts des NOx-Katalysators **17** nach dem ersten Einspritzverfahren erfasst wurde, wie dies in [Fig. 7](#) gezeigt ist.

**[0094]** In der oben beschriebenen Steuerung berechnet die ECU **9** anfänglich die Kraftstoffzugabemenge, die erforderlich ist, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis am NOx-Katalysator **17** im Wesentlichen gleich dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis einzustellen, und zwar auf der Grundlage der Motordrehzahl  $N_e$  und der Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{fin}$ . Wenn die berechnete Kraftstoffmenge mittels Durchführen von mehreren Kraftstoffeinspritzverfahren zugegeben wird, mit anderen Worten, wenn die Mehrfachkraftstoffzugabe durchgeführt wurde, um die Zugabe der berechneten Kraftstoffmenge zu erreichen, wird die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  des ersten Einspritzverfahrens auf der Grundlage der Motordrehzahl  $N_e$  und der Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{fin}$  bestimmt, und das Intervall  $T_{intml}$  zwischen zwei darauffolgenden Einspritzverfahren bei der Mehrfachzugabe entsprechend dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis bestimmt, und zwar auf der Grundlage der Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$ . Ebenfalls wird die Grundfettzeit  $Trichb$  entsprechend der Grundeinspritzzeit  $t_b$  berechnet. Weiter wird die eingestellte Anzahl der in der Mehrfachzugabe durchzuführenden Kraftstoffeinspritzverfahren bestimmt, so dass die gesamte während der Mehrfachkraftstoffzugabe eingespritzte Kraftstoffmenge gleich einem vorbestimmten Wert wird (d.h., die berechnete Kraftstoffmenge, wie oben erläutert).

**[0095]** Hier wird die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  als eine Grundzeitdauer definiert, in der die Kraftstoffeinspritzdüse **19** geöffnet ist und der Kraftstoff von der Düse **19** eingespritzt wird. Das Zeitintervall  $t_{int}$  der Mehrfachkraftstoffzugabe wird als ein Zeitintervall zwischen dem Beginn eines Kraftstoffeinspritzverfahrens und dem Beginn des nächsten Kraftstoffeinspritzverfahrens definiert. Die Grundfettzeit  $t_{fch}$  wird als eine Zeitdauer definiert, während der das Kraftstoffverhältnis sich in einem fetten Bereich, in Bezug auf einen Schwellwert  $t_{fch}$  (nämlich das Luft-Kraftstoff-Verhältnis ist fetter als der Schwellwert  $t_{fch}$ ) als Ergebnis eines einzigen Kraftstoffeinspritzverfahrens befindet.

**[0096]** Darauffolgend führt die ECU das erste Einspritzverfahren mittels Öffnen des Durchflusssteuerventils **22** durch und vergleicht das von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26** nach der Kraftstoffeinspritzung erzeugte Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit dem Schwellwert  $t_{fch}$ . Hier wird der Schwellwert  $t_{fch}$ , der höher (d.h. magerer) als das Soll-Kraftstoff-Verhältnis in der Nähe des stöchiometrischen Wertes ist, als ein Grenzwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses definiert, das mindestens für den NOx-Katalysator erforderlich ist, um NOx mittels der fetten Spitzen freizugeben und zu reduzieren. Wenn das von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26** erzeugte Luft-Kraftstoff-Verhältnis magerer als der Schwellwert ist, erhöht die ECU **9** die Fettzeit  $t_{fch}$  im nächsten Einspritzverfahren, so dass das sich ergebende Luft-Kraftstoff-Verhältnis fetter als der Schwellwert  $t_{fch}$  wird.

**[0097]** Darauffolgend führt die ECU **9** das nächste Kraftstoffeinspritzverfahren durch und vergleicht das mittels des Luft-Kraftstoff-Verhältnissensors **26** erzeugte Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit dem Schwellwert  $t_{fch}$  erneut. Wenn der Ausgang des Luft-Kraftstoff-Verhältnissensors **26** fetter als der Schwellwert  $t_{fch}$  ist, wird die Fettzeit  $t_{fch}$  des zweiten und der folgenden Kraftstoffeinspritzverfahren mit der Grundfettzeit  $t_{fch}$  des ersten Einspritzverfahrens verglichen und die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  wird in Abhängigkeit von dem Ergebnis des Vergleichs korrigiert. Wenn der Vergleich zwischen der Grundfettzeit  $t_{fch}$  und der Fettzeit  $t_{fch}$  zeigt, dass die Fettzeit  $t_{fch}$  gleich oder größer als die Grundfettzeit  $t_{fch}$  ist, wird die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  für die folgenden Einspritzverfahren verkürzt. Wenn die Fettzeit  $t_{fch}$  geringer als die Grundfettzeit  $t_{fch}$  ist, wird andererseits die Grundeinspritzzeit  $t_b$  für die folgenden Einspritzverfahren verlängert. Mit dieser Korrektur ersetzt die ECU **9** die Fettzeit  $t_{fch}$ . Wenn alle Kraftstoffeinspritzverfahren der Mehrfachkraftstoffzugabe noch nicht beendet wurden, wird die nächste Kraftstoffeinspritzung auf der Grundlage der ersetzten Fettzeit  $t_{fch}$  durchgeführt.

**[0098]** Wenn die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  zur

Verkürzung berichtigt wurde, wie in [Fig. 7](#) dargestellt, wird die Fettzeit  $t_{fch}$  in dem zweiten und den folgenden Einspritzverfahren entsprechend um eine bestimmte Länge verkürzt, und das fetteste Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Fettspitze in [Fig. 7](#)), das während jeder Kraftstoffeinspritzung erreicht werden kann, wird bei im Wesentlichen dem gleichen Niveau gehalten. Wenn die obige Korrektur nicht durchgeführt wird, wird das fetteste Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Fettspitze) bei jedem Kraftstoffeinspritzverfahren fetter, wie in [Fig. 4](#) dargestellt, wodurch eine übermäßig große Kraftstoffmenge dem Abgas zugegeben wird.

**[0099]** Die fettesten Werte (Fettspitze) des Kraftstoffverhältnisses können, wie in [Fig. 7](#) gezeigt, zur Berichtigung der Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  verwendet werden. In diesem Fall wird der Fettspitzenwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses nach jedem Kraftstoffeinspritzverfahren integriert und, wenn der integrierte Wert einen vorbestimmten Wert überschreitet, wird die Grundeinspritzzeit  $t_b$  zur Verkürzung berichtigt, in Abhängigkeit von dem Grad, mit dem der integrierte Wert den vorbestimmten Wert überschreitet.

**[0100]** Ähnlich kann ein Wert, den man durch Subtrahieren des Schwellwerts  $t_{fch}$  vom Ausgang des Luft-Kraftstoff-Verhältnissensors **26** erhält, zur Berichtigung der Grundeinspritzzeit  $t_b$  verwendet werden. In diesem Fall wird der oben gezeigte Wert nach jedem Kraftstoffeinspritzverfahren integriert, und, wenn der integrierte Wert einen vorbestimmten Wert überschreitet, wird die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  zur Verkürzung korrigiert, in Abhängigkeit von dem Grad, mit dem der integrierte Wert den vorbestimmten Wert überschreitet.

**[0101]** Andererseits wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis verändert oder zur mageren Seite während einer Zeitdauer zwischen einem Kraftstoffeinspritzverfahren und dem nächsten Kraftstoffeinspritzverfahren verschoben, indem kein Kraftstoff dem Abgas zugegeben wird. Wie in [Fig. 7](#) dargestellt, wird der magerste Kraftstoffwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, den man während dieser Zeitdauer erhält, im Wesentlichen konstant in Bezug auf die Mehrfachkraftstoffeinspritzverfahren gehalten. Bei der so durchgeführten Mehrfachzugabe schwankt das Luft-Kraftstoff-Verhältnis zwischen der mageren Seite und der reichen Seite des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, so dass das mittlere Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Wesentlichen nahe bei dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis liegt.

**[0102]** Entsprechend wird verhindert, dass der Kraftstoff als Reduktionsmittel durch den NOx-Katalysator **17** gelangt. Weiter kann die Mehrfachkraftstoffeinspritzung mit höherer Genauigkeit infolge der Rückführsteuerung auf der Grundlage des tatsächlichen von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26**

nach der Kraftstoffeinspritzung erzeugten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses durchgeführt werden, so dass ein höherer Wirkungsgrad bei der Entfernung von NOx sichergestellt ist.

**[0103]** Die beschriebene Kraftstoffzugabesteuerung wird entsprechend einem Kraftstoffzugabeprogramm gemäß [Fig. 8](#) durchgeführt. Dieses Steuerprogramm ist vorher in dem ROM der ECU **9** gespeichert und wird wiederholt von der CPU durchgeführt. Die Kraftstoffzugabesteuerung wird nun unter Bezugnahme auf das Programm von [Fig. 8](#) beschrieben.

**[0104]** Zuerst wird Schritt **100** durchgeführt, um die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  des ersten Einspritzverfahrens und das Mehrfacheinspritzintervall  $T_{intml}$  auf der Grundlage der Motordrehzahl  $N_e$  und der Kraftstoffeinspritzmenge  $Q_{fin}$  zu bestimmen. Ebenfalls wird in Schritt **100** die Grundfettzeit  $Trichb$  entsprechend der Grundeinspritzzeit  $t_b$  und die Anzahl der Kraftstoffeinspritzverfahren eingestellt, die erforderlich ist, um die Gesamtmenge des zugegebenen Kraftstoffs im Wesentlichen gleich einer vorbestimmten Menge zu machen.

**[0105]** Das Steuerverfahren geht dann zu Schritt **101**, in dem der erste Einspritzvorgang durchgeführt wird, indem der Kraftstoff als ein Reduktionsmittel von der Kraftstoffeinspritzdüse **19** unter den oben beschriebenen Bedingungen eingespritzt wird.

**[0106]** Darauffolgend wird Schritt **102** durchgeführt, um den Ausgangswert des Luft-Kraftstoff-Verhältnissensors **26** nach der Kraftstoffeinspritzung mit dem Schwellwert  $Trichaf$  zu vergleichen. Wenn das von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26** erzeugte Luft-Kraftstoff-Verhältnis magerer als der Schwellwert  $Trichaf$  ist, geht das Steuerverfahren zu Schritt **103**.

**[0107]** In Schritt **103** wird die Fettzeit  $Trich$  für das zweite und die folgenden Einspritzverfahren erhöht, so dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis fetter als der Schwellwert  $Trichaf$  wird.

**[0108]** Dann wird Schritt **104** durchgeführt, um zu bestimmen, ob die Fettzeit  $Trich$  größer als das Mehrfacheinspritzintervall  $T_{intml}$  ist. Wenn die Fettzeit  $Trich$  größer als das Mehrfacheinspritzintervall  $T_{intml}$  ist, geht das Steuerverfahren zu Schritt **105**, in dem eine weitere Kraftstoffzugabe unterbrochen wird, mit der Annahme, dass das Abgas sich in einem übermäßig fetten Zustand befindet, oder die Kraftstoffeinspritzung, die Berechnungseinrichtung oder ähnliches wird als fehlerhaft bestimmt.

**[0109]** Wenn in Schritt **104** bestimmt wird, dass die Fettzeit  $Trich$  kürzer als das Mehrfacheinspritzintervall  $T_{intml}$  ist, wird das nächste Kraftstoffeinspritzverfahren durchgeführt, und dann wird das von dem

Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26** erhaltene Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit dem Schwellwert  $Trichaf$  verglichen. Wenn der Ausgang des Luft-Kraftstoff-Verhältnissensors **26** fetter als der Schwellwert  $Trichaf$  ist, geht das Steuerverfahren zu Schritt **106**, in dem die Fettzeit  $Trich$  der folgenden Einspritzverfahren mit der Grundfettzeit  $Trichab$  (d.h. der Fettzeit  $Trich$  im letzten Umlauf) des ersten Einspritzverfahrens verglichen wird. Wenn die Fettzeit  $Trich$  geringer als die Grundfettzeit  $Trichb$  ist, geht das Steuerverfahren zu Schritt **108**, in dem die Grundkraftstoffeinspritzzeit  $t_b$  zur Verkürzung berichtigt wird, und dann wird Schritt **109** durchgeführt, um die Fettzeit  $Trich$  zurückzustellen. Wenn die Fettzeit  $Trich$  gleich oder größer als die Grundfettzeit  $Trichb$  ist, wird andererseits die Grundeinspritzzeit  $t_b$  zur Steigerung berichtigt und dann wird Schritt **109** zum Ersetzen der Fettzeit  $Trich$  durchgeführt.

**[0110]** Im nächsten Schritt **110** wird bestimmt, ob die eingestellte Anzahl der Kraftstoffeinspritzverfahren durchgeführt wurde. Wenn die in Schritt **110** erhaltene Entscheidung negativ ist (NEIN), geht das Steuerverfahren zurück zu Schritt **101**, in dem Kraftstoff von der Kraftstoffeinspritzdüse **19** eingespritzt wird.

**[0111]** Wenn die eingestellte Anzahl der Kraftstoffeinspritzverfahren beendet ist, ist das Programm beendet.

**[0112]** In dem oben beschriebenen dritten Beispiel wird die in dem zweiten und den folgenden Einspritzverfahren zugegebene Kraftstoffmenge auf der Grundlage des von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **26**, der stromabwärts von dem NOx-Katalysator **17** angeordnet ist, nach dem ersten Einspritzverfahren ausgegebenen Luft-Kraftstoff-Verhältnis berichtigt, so dass eine bessere Genauigkeit bei der Zugabe des Kraftstoffs zum Abgas erreicht wird.

#### Andere Ausführungsformen

**[0113]** Bei der dargestellten Ausführungsform wird die Erfindung bei einem Dieselmotor verwendet, wobei jedoch die Erfindung ebenfalls bei Benzinmotoren, die bei magerer Verbrennung arbeiten, angewendet werden kann.

**[0114]** In einer anderen Ausführungsform der Erfindung steuert die ECU **9** den Zeitablauf der Kraftstoffeinspritzung von der Kraftstoffeinspritzdüse **19**, so dass sie mit dem Zeitablauf des Öffnens der Abgasventile (nicht dargestellt), durch die das Abgas von den entsprechenden Zylindern in den Abgaskrümmern **14** ausgegeben wird, in Übereinstimmung mit der Drehzahl der Motors **1**, wie sie mittels des Signals von dem Kurbelwellenwinkelsensor **27** dargestellt wird. Mit dieser Steuerung kann der von der Kraftstoffeinspritzdüse **19** eingespritzte Kraftstoff zusammen

mit dem von den Zylindern ausgehenden Abgas durch die Abgassammelleitung **15** und die Abgasleitung **16** strömen. Somit neigt der zugegebene Kraftstoff weniger dazu, sich auf den Wänden der Abgassammelleitung **15** und dem Abgaskanal **16** abzusetzen. Entsprechend erreicht der zugegebene Kraftstoff den NO<sub>x</sub>-Katalysator **17** ohne Fehler und reduziert das in dem NO<sub>x</sub>-Absorptionsmittel des Katalysators **17** absorbierte NO<sub>x</sub> wirksam und gibt es frei.

### Patentansprüche

1. Emissions-Steuersystem für eine interne Verbrennungskraftmaschine (**1**) mit einer mageren Verbrennung, umfassend (a) einen in einem Abgaskanal (**16**) der internen Verbrennungskraftmaschine (**1**) so angeordneten NO<sub>x</sub>-Absorptionskatalysator (**17**), dass der NO<sub>x</sub>-Absorptionskatalysator (**17**) das in einem Abgas enthaltene NO<sub>x</sub> absorbiert, und (b) eine Reduktionsmittelzuführeinrichtung (**12**, **19**, **20**, **21**, **22**), die stromaufwärts vom NO<sub>x</sub>-Absorptionskatalysator (**17**) zur Zugabe eines Reduktionsmittels zum Abgas angeordnet ist, um in dem NO<sub>x</sub>-Absorptionskatalysator (**17**) absorbiertes NO<sub>x</sub> freizugeben und zu reduzieren, weiter umfassend:

eine Lasterfassungseinrichtung (**5**, **28**) zur Erfassung einer Last der internen Verbrennungskraftmaschine; eine Berechnungseinrichtung zur Berechnung einer Reduktionsmittelmenge, die in einem NO<sub>x</sub>-Freigabe- und Reduktionsverfahren auf der Grundlage der Last der internen Verbrennungskraftmaschine (**1**) zugegeben wird; und

eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Zugabe des Reduktionsmittels mittels Durchführung mehrerer Reduktionsmittelzugabeverfahren, so dass die berechnete Reduktionsmittelmenge bereitgestellt wird,

**dadurch gekennzeichnet**, dass

die Steuereinrichtung eine Reduktionsmittelmenge in jedem von mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren so zugibt, dass die in dem zweiten und den folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegebene Reduktionsmittelmenge kleiner ist als das in einem ersten Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegebene Reduktionsmittel.

2. Emissions-Steuersystem nach Anspruch 1, weiter umfassend eine Einrichtung zur Bestimmung, ob eine Reduktionsmittelmengenzugabe möglich ist, in Abhängigkeit eines Betriebszustandes des Fahrzeugs mit der internen Verbrennungskraftmaschine (**1**).

3. Emissions-Steuersystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Steuereinrichtung eine Zeitdauer steuert, während der Reduktionsmittel in jedem der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird, so dass die Zeitdauer der Reduktionsmittelzugabe in einem ersten Reduktionsmittelzugabeverfahren länger als die des Reduktions-

mittels in jedem der zweiten und folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren ist.

4. Emissions-Steuersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Steuereinrichtung einen Druck steuert, bei dem Reduktionsmittel in jedem der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird, so dass der Druck, bei dem das Reduktionsmittel in einem ersten Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird, höher als der ist, bei dem das Reduktionsmittel in jedem der zweiten und folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird.

5. Emissions-Steuersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Steuereinrichtung ein Intervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren steuert, so dass das Intervall zwischen dem ersten und zweiten Reduktionsmittelzugabeverfahren kürzer als das zwischen den folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren ist.

6. Emissions-Steuersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Steuereinrichtung das zweite und die folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren auf der Grundlage einer gesteuerten Variablen, die auf der Grundlage eines in der Umgebung des NO<sub>x</sub>-Absorptionskatalysators (**17**) gemessenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses nach der Durchführung eines ersten Reduktionsmittelzugabeverfahrens korrigiert wird, steuert.

7. Emissions-Steuersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die gesteuerte Variable eine Zeitdauer ist, während der das Reduktionsmittel in jedem der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird.

8. Emissions-Steuersystem nach Anspruch 1 oder 2, wobei mehrere Reduktionsmittelzugabeverfahren an vorbestimmten Zeitintervallen durchgeführt werden, so dass eine vorbestimmte Reduktionsmittelmenge für eine vorbestimmte Zeitdauer in jedem der Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird.

9. Emissions-Steuersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Steuereinrichtung die mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren entsprechend einem Kurbelwellenwinkel der internen Verbrennungskraftmaschine (**1**) durchführt, so dass das Reduktionsmittel zugegeben wird, wenn ein Auslassventil der internen Verbrennungskraftmaschine (**1**) geöffnet ist.

10. Emissions-Steuersystem nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Lasterfassungseinrichtung (**5**, **28**) eine Last auf der Grundlage von mindestens einem Ausgangssignal eines Fahrpedalpositionsen-

sors (28) und einer mittels eines Luftdurchflussmessers (5) erfassten Ansaugluftdurchflussmenge erfasst.

11. Verfahren zur Reinigung eines von einer internen Verbrennungskraftmaschine (1) abgegebenen Abgases beim Betrieb mit magerer Verbrennung, wobei die interne Verbrennungskraftmaschine (1) mit (a) einem in einem Abgaskanal (16) angeordneten NOx-Absorptionskatalysator (17) versehen ist, so dass der NOx-Absorptionskatalysator (17) im Abgas enthaltenes NOx absorbiert, und (b) mit einer stromaufwärts vom NOx-Absorptionskatalysator (17) angeordneten Reduktionsmittelzugabeeinrichtung (12, 19, 20, 21, 22) zur Zugabe eines Reduktionsmittels zum Abgas versehen ist, so dass in dem NOx-Absorptionskatalysator (17) absorbiertes NOx freigegeben und reduziert wird, umfassend folgende Schritte: Erfassen einer Last der internen Verbrennungskraftmaschine;

Berechnen einer Reduktionsmittelmenge, die in dem NOx-Freigabe- und Reduktionsverfahren zugegeben wird, auf der Grundlage der Last der internen Verbrennungskraftmaschine (1); und

Steuern der Reduktionsmittelzugabe mittels Durchführen von mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren, so dass eine berechnete Reduktionsmittelmenge bereitgestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

eine in jedem der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegebene Reduktionsmittelmenge so gesteuert wird, dass die in jedem zweiten und folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegebene Reduktionsmittelmenge kleiner als das in einem ersten Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegebene Reduktionsmittel ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, weiter umfassend einen Schritt zur Bestimmung, ob eine Reduktionsmittelzugabe möglich ist, in Abhängigkeit eines Betriebszustandes eines Fahrzeugs mit der internen Verbrennungskraftmaschine (1).

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei eine Zeitdauer, während der Reduktionsmittel in jedem der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird, gesteuert wird, so dass die Zeitdauer der Reduktionsmittelzugabe in einem ersten Reduktionsmittelzugabeverfahren länger als die des Reduktionsmittels in jedem der zweiten und folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei ein Druck, bei dem das Reduktionsmittel in jedem der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird, gesteuert wird, so dass der Druck, bei dem das Reduktionsmittel in dem ersten Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird, höher als der ist, bei dem das Reduktionsmittel in jedem der zweiten und folgenden Reduktionsmittelzu-

gabeverfahren zugegeben wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 14, wobei ein Intervall zwischen den aufeinanderfolgenden der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren gesteuert wird, so dass das Intervall zwischen dem ersten und zweiten Reduktionsmittelzugabeverfahren kürzer als das zwischen den folgenden Reduktionsmittelzugabeverfahren ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, wobei das zweite und die folgenden der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren auf der Grundlage einer gesteuerten Variablen, die auf der Grundlage eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses, gemessen in der Umgebung des NOx-Absorptionskatalysators (17) nach Durchführung eines ersten Reduktionsmittelzugabeverfahrens korrigiert wird, gesteuert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die gesteuerte Variable eine Zeitdauer ist, während der das Reduktionsmittel in jedem der mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird.

18. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Reduktionsmittelzugabeverfahren bei vorbestimmten Zeitintervallen durchgeführt werden, so dass eine vorbestimmte Reduktionsmittelmenge für eine vorbestimmte Zeitdauer in jedem Reduktionsmittelzugabeverfahren zugegeben wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 18, wobei die mehreren Reduktionsmittelzugabeverfahren entsprechend einem Kurbelwellenwinkel der internen Verbrennungskraftmaschine (1) durchgeführt werden, so dass das Reduktionsmittel zugegeben wird, wenn das Auslassventil der internen Verbrennungskraftmaschine (1) geöffnet ist.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 19, wobei die Last der internen Verbrennungskraftmaschine (1) auf der Grundlage von mindestens einem Ausgangssignal eines Fahrpedalpositionssensors (28) und einer mittels eines Luftdurchflussmessers (5) erfassten Ausgangsluftdurchflussmenge erfasst wird.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

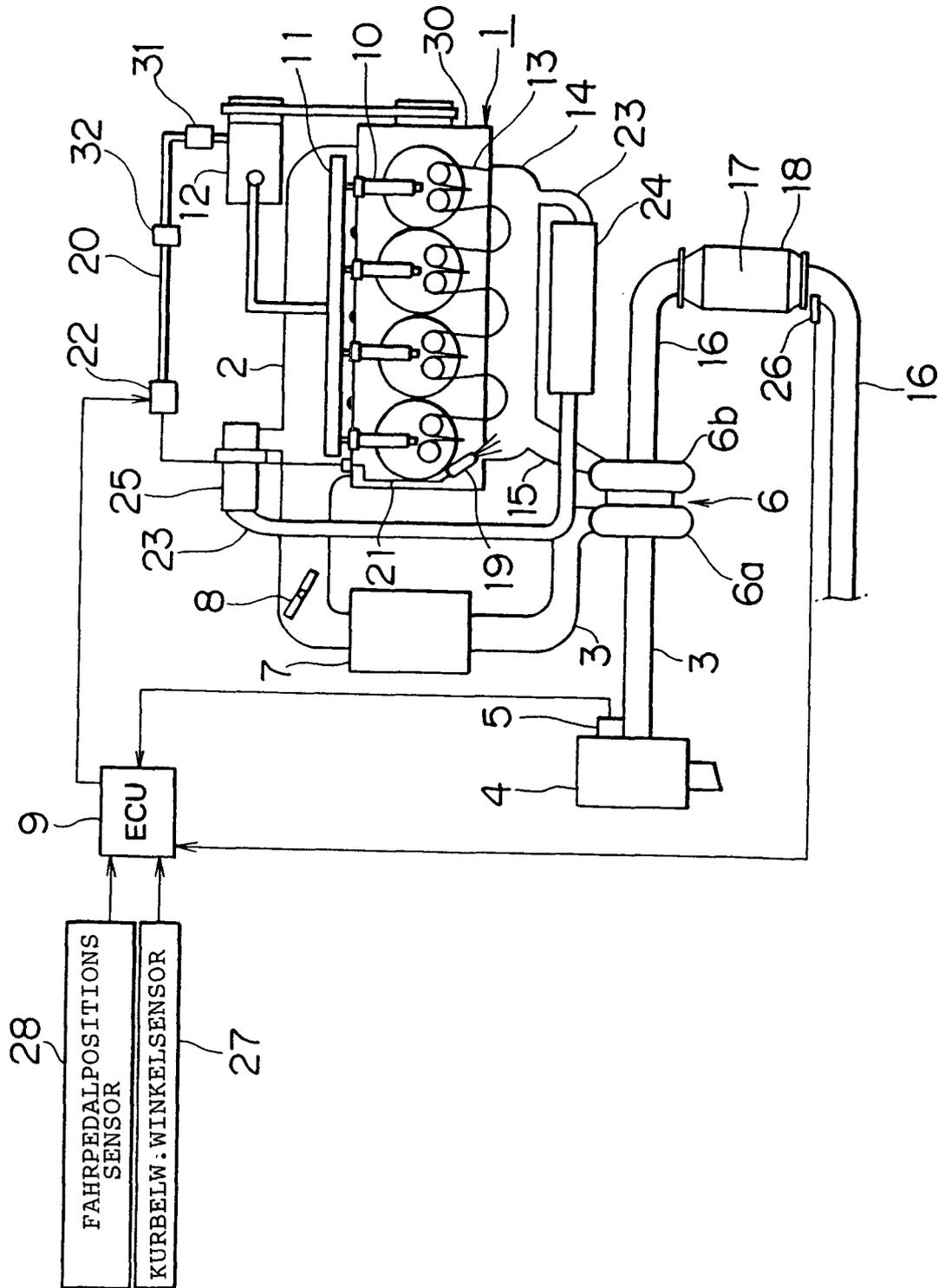


FIG. 2A

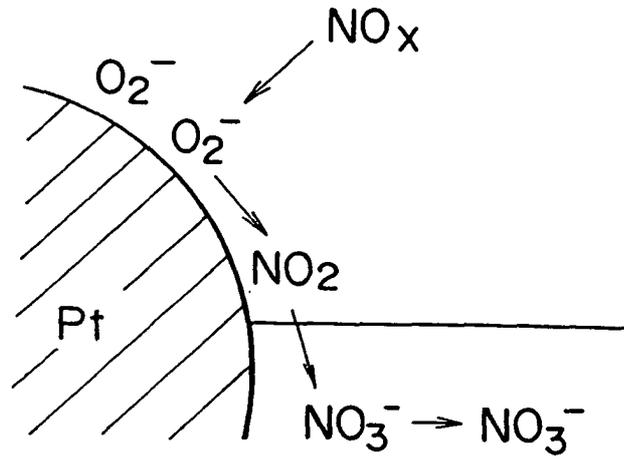
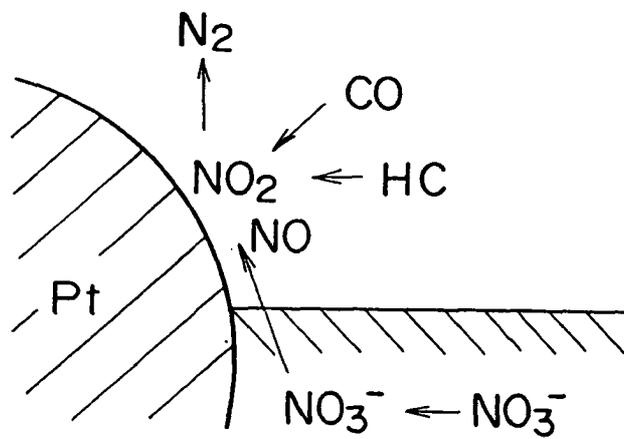
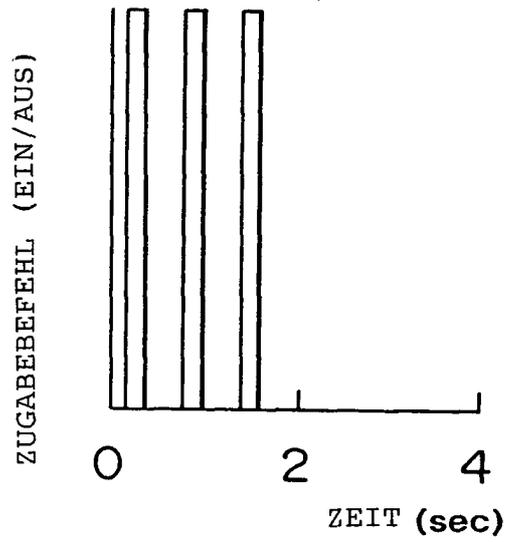


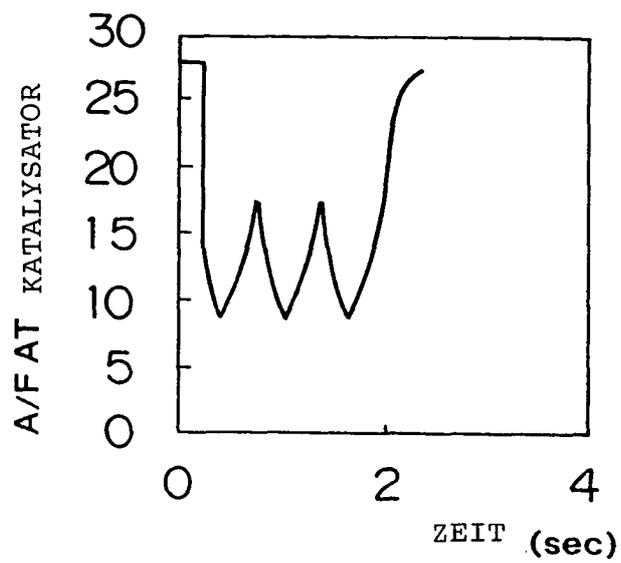
FIG. 2B



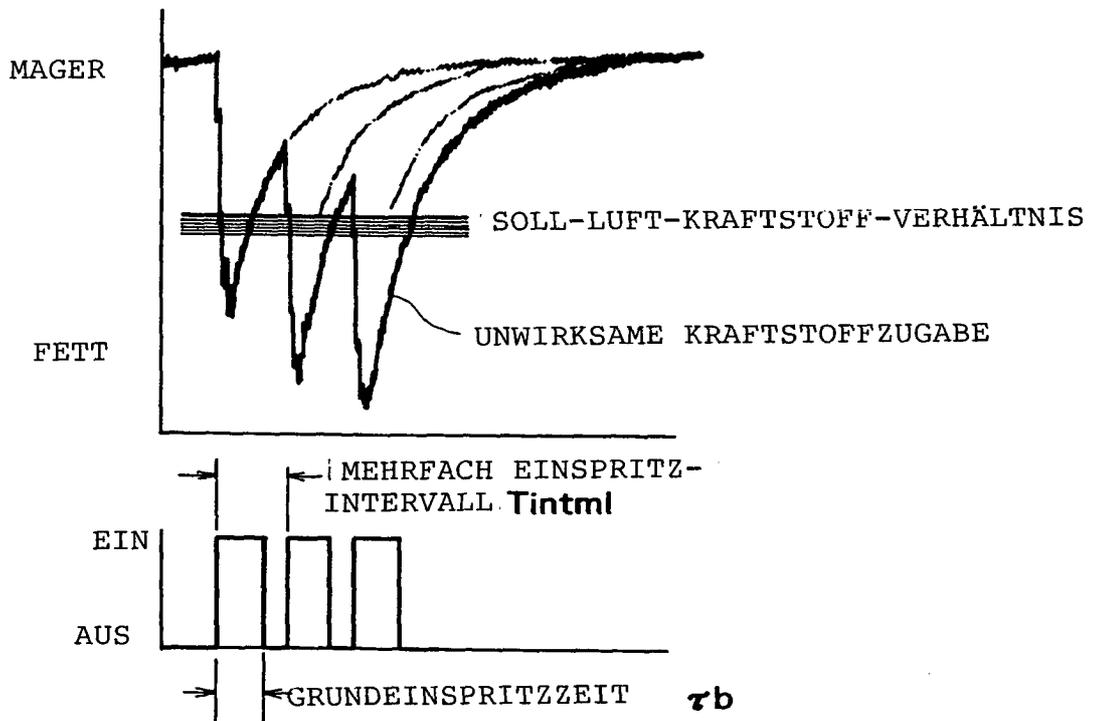
# FIG. 3A

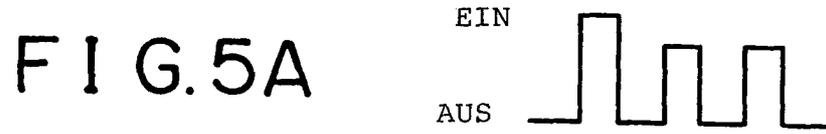


# FIG. 3B

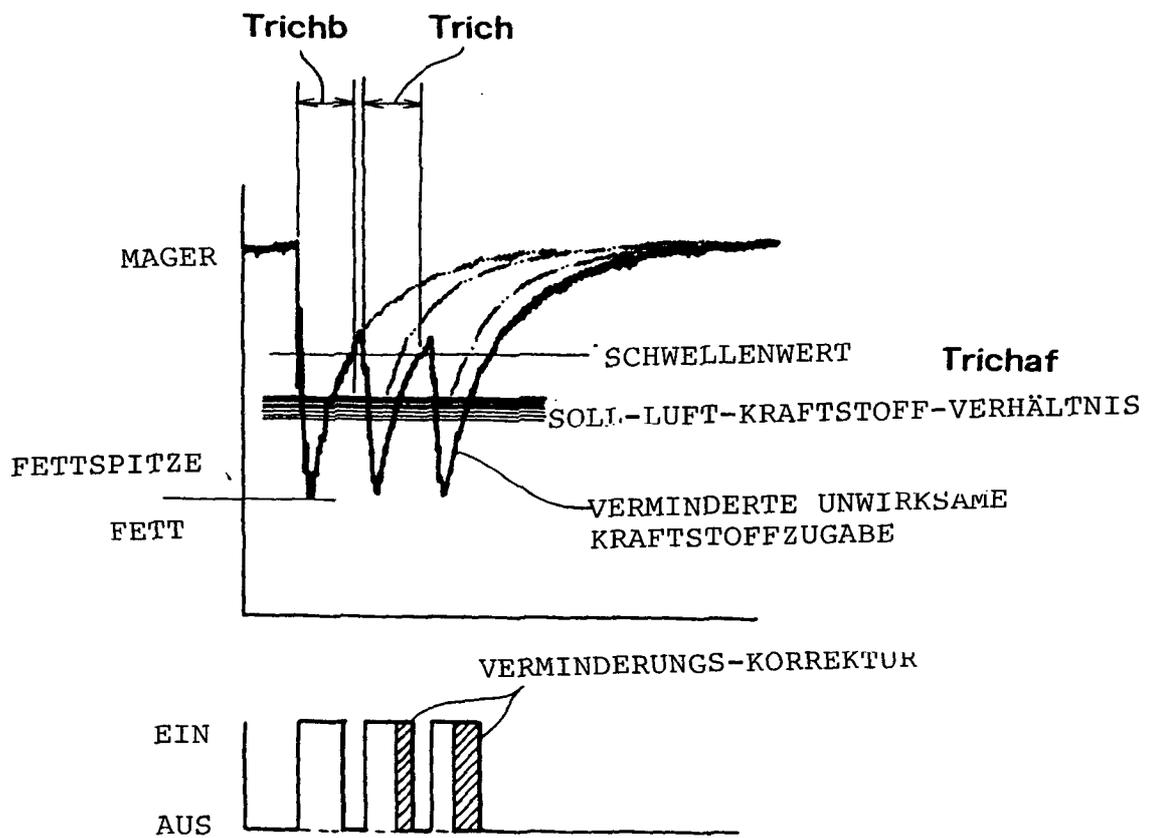


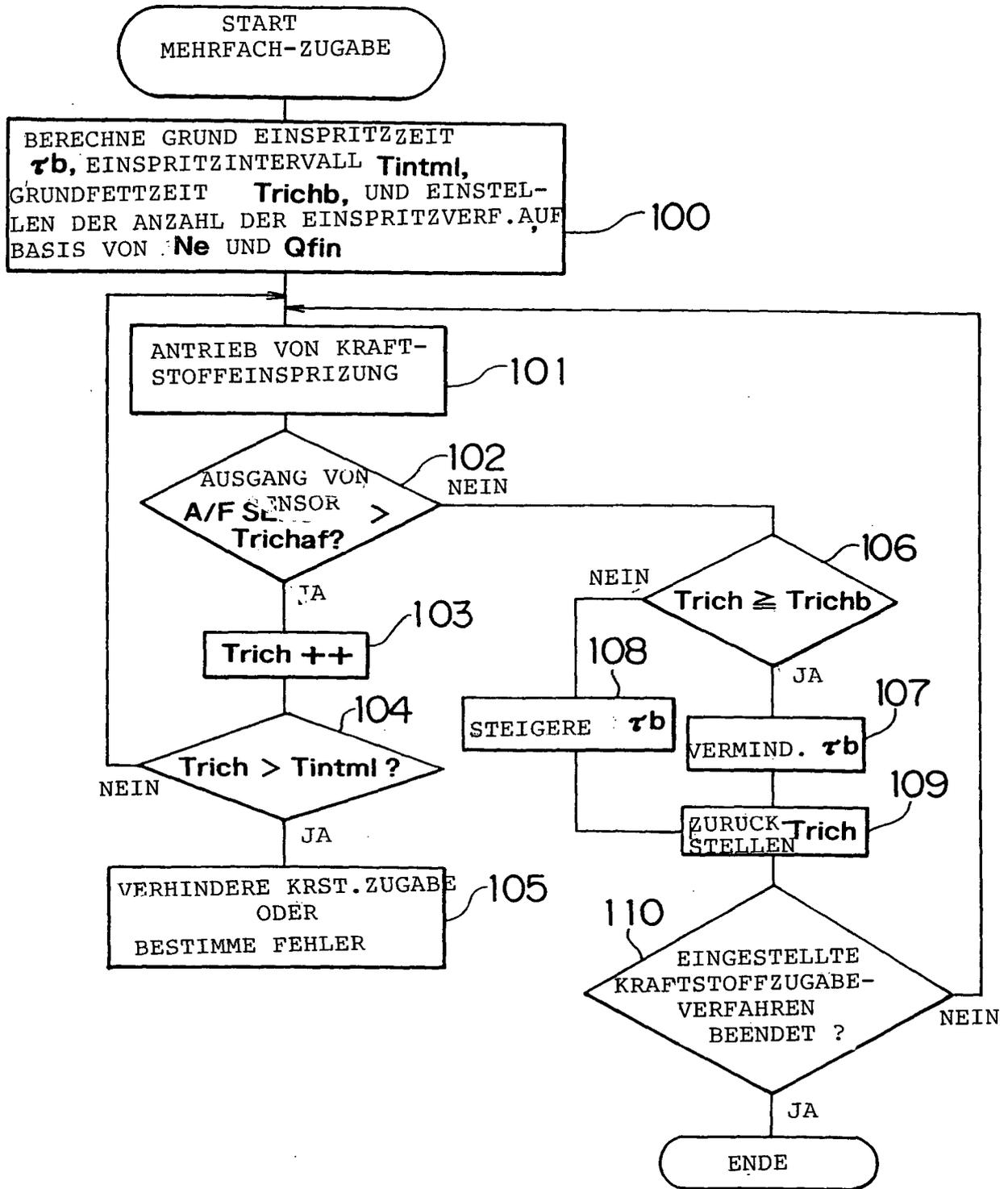
# FIG. 4



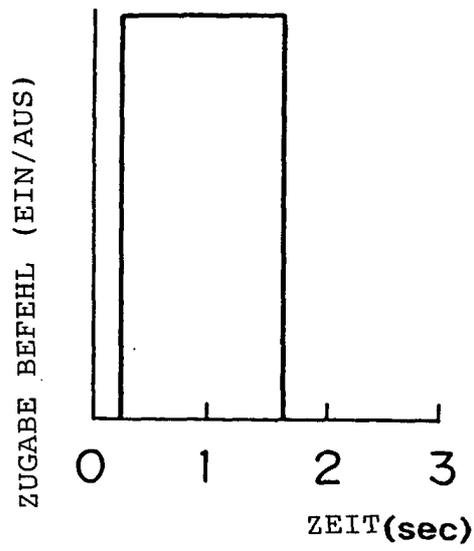


# FIG. 7





# FIG. 9A



# FIG. 9B

