



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 696 36 436 T2 2007.08.16**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 861 972 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **696 36 436.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP96/03288**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **96 937 542.7**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1997/019261**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.11.1996**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.05.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.09.1998**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **09.08.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **16.08.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F01N 3/08 (2006.01)**

F01N 3/20 (2006.01)

F01N 3/24 (2006.01)

F02D 41/14 (2006.01)

F02D 41/02 (2006.01)

B01J 23/40 (2006.01)

B01J 23/58 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

29993595 17.11.1995 JP

(73) Patentinhaber:

Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota, Aichi, JP

(74) Vertreter:

TBK-Patent, 80336 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**KINUGASA, Yukio, Toyota-shi Aichi 471-71, JP;
IGARASHI, Kouhei, Toyota-shi Aichi 471-71, JP;
ITOU, Takaaki, Toyota-shi Aichi 471-71, JP;
SUZUKI, Naoto, Toyota-shi Aichi 471-71, JP;
YAEGASHI, Takehisa, 1, Toyota-cho Toyota-shi
Aichi 471-71, JP; TANAKA, Toshiaki, Toyota-shi
Aichi 471-71, JP; MIYOSHI, Naoto, 1, Toyota-cho
Toyota-shi Aichi 471-71, JP**

(54) Bezeichnung: **ABGASEMISSIONSREGELUNGSVORRICHTUNG FÜR BRENNKRAFTMASCHINEN**

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

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Reinigen eines Abgases einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

ZUGEHÖRIGER STAND DER TECHNIK

[0002] Die japanische ungeprüfte Patentveröffentlichung Nr. 4-365920 offenbart eine Vorrichtung zum Reinigen eines Abgases einer Brennkraftmaschine, die eine Vielzahl von Zylindern hat, die in erste und zweite Zylindergruppen geteilt sind, wobei die Vorrichtung einen NH_3 -Synthesekatalysator, der in einem ersten Auslassdurchlass angeordnet ist, der an der ersten Zylindergruppe angeschlossen ist, wobei der NH_3 -Synthesekatalysator aus Stickoxid NO_x in dem einströmenden Abgas Ammoniak NH_3 synthetisiert, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases fett ist, sowie einen Zusammenführungsauslassdurchlass aufweist, der den ersten Durchlass stromabwärts des NH_3 -Synthesekatalysators und einen an der zweiten Zylindergruppe angeschlossen zweiten Auslassdurchlass zusammenführt, wobei die erste Zylindergruppe einen Fettbetrieb durchführt, um NH_3 zu dem Zusammenführungsdurchlass zuzuführen, um dadurch NO_x in dem von der zweiten Zylindergruppe, die einen Magerbetrieb durchführt, ausgelassenen Abgas unter Verwendung des NH_3 zu reduzieren. Während in der Vorrichtung die Rate des Kraftstoffverbrauchs der Kraftmaschine so niedrig wie möglich gemacht ist, indem die Anzahl von die zweite Zylindergruppe bildenden Zylindern erhöht wird, wird das durch die zweite Zylindergruppe erzeugte NO_x durch NH_3 gereinigt, sodass die Menge des in die Umgebungsluft ausgelassenen NO_x so stark wie möglich reduziert wird.

[0003] Der vorstehend beschriebene NH_3 -Synthesekatalysator kann aus einem Dreiwegekatalysator bestehen, der ein Edelmetall, etwa Palladium Pd, Platin Pt oder Rhodium Rh aufweist. Wenn der NH_3 -Synthesekatalysator jedoch aus dem vorstehend erwähnten Dreiwegekatalysator besteht, wird die katalytische Aktivität des NH_3 -Synthesekatalysators relativ leicht verloren, falls das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NH_3 -Synthesekatalysator strömenden Abgases für eine lange Zeitspanne fett gehalten wird, das heißt, falls der NH_3 -Synthesekatalysator mit dem Abgas, das ein fettes Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis hat, in Kontakt gehalten wird. Als ein Ergebnis kann NH_3 nicht auf hervorragende Weise synthetisiert werden und daher kann NO_x nicht auf hervorragende Weise gereinigt werden.

[0004] Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung zum Reinigen eines Abgases zu schaffen, die in der Lage ist, eine hervorragende katalytische Aktivität des NH_3 -Synthesekatalysators beizubehalten.

[0005] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung zum Reinigen eines Abgases einer Brennkraftmaschine gemäß Anspruch 1 vorgesehen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0006] [Fig. 1](#) ist eine Gesamtansicht der Brennkraftmaschine;

[0007] [Fig. 2](#) ist ein Schaubild, das die Charakteristiken eines Dreiwegekatalysators zeigt;

[0008] [Fig. 3](#) ist ein Schaubild, das die Charakteristiken eines Abgasreinigungskatalysators zeigt;

[0009] [Fig. 4](#) ist eine schematische Illustration, die ein Konzept des grundlegenden Abgasreinigungsverfahrens der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0010] [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) sind Schaubilder, die eine Menge von von der ersten Zylindergruppe pro Zeiteinheit ausgelassenem HC zeigt;

[0011] [Fig. 6](#) ist ein Zeitschaubild, das die Änderungen in einem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis erläutert;

[0012] [Fig. 7](#) ist ein Ablaufdiagramm zum Ausführen der Betriebssteuerung;

[0013] [Fig. 8](#) ist ein Ablaufdiagramm zum Berechnen der Kraftstoffeinspritzzeit;

[0014] [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#) sind Schaubilder, die eine Menge von pro Zeiteinheit von der zweiten Zylindergruppe ausgelassenem NO_x zeigen;

[0015] [Fig. 10A](#) und [Fig. 10B](#) sind Schaubilder, die eine Menge von von einem NO_x okkludierenden und reduzierenden Katalysator pro Zeiteinheit freigegebenem NO_x zeigen;

[0016] [Fig. 11](#) ist ein Schaubild, das eine Temperatur des zu dem NO_x okkludierenden und reduzierenden Katalysator strömenden Abgases zeigt; und

[0017] [Fig. 12](#) ist ein Ablaufdiagramm zum Ausführen der Betriebssteuerung gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

BESTE ART ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[0018] Stickoxide NO_x können im Allgemeinen

Stickmonoxid NO, Stickstoffdioxid NO₂, Distickstoff-Tetraoxid N₂O₄, Distickstoff-Monoxid N₂O usw. beinhalten. Während die folgenden Erläuterungen unter Bezugnahme auf NO_x hauptsächlich als Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO₂ gegeben werden, kann eine Vorrichtung zum Reinigen eines Abgases gemäß der vorliegenden Erfindung auch andere Stickoxide reinigen.

[0019] Unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) hat ein Kraftmaschinenkörper **1** für ein Automobil vier Zylinder, das heißt, einen ersten Zylinder #1, einen zweiten Zylinder #2, einen dritten Zylinder #3 und einen vierten Zylinder #4. Jeder der Zylinder #1 bis #4 ist an einem gemeinsamen Zwischenbehälter **3** über eine entsprechende Einlassabzweigung **2** angeschlossen und der Zwischenbehälter **3** ist an einem Luftreiniger (nicht gezeigt) über eine Einlassleitung **4** angeschlossen. In jeder Einlassabzweigung **2** ist ein Kraftstoffinjektor **5** angeordnet, um Kraftstoff zu dem entsprechenden Zylinder zu speisen. In der Einlassleitung **4** ist ein Drosselventil **6** angeordnet, dessen Öffnung größer wird, wenn der Niederdrückbetrag eines Beschleunigerpedals (nicht gezeigt) größer wird. Man beachte, dass die Kraftstoffinjektoren **5** in Übereinstimmung mit den Eingangssignalen von einer elektrischen Steuereinheit **20** gesteuert werden.

[0020] Der erste Zylinder #1 ist über ein Auslassrohr **7** an einem katalytischen Wandler **9** angeschlossen, in dem ein NH₃-Synthesekatalysator **8** aufgenommen ist. Andererseits sind der zweite Zylinder #2, der dritte Zylinder #3 und der vierte Zylinder #4 über einen gemeinsamen Auslasskrümmer **10** an einem katalytischen Wandler **12** angeschlossen, in dem ein okkludierendes bzw. absorbierendes Material **11** aufgenommen ist. In der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine bildet der erste Zylinder #1 eine erste Zylindergruppe **1a** und der zweite Zylinder #2, der dritte Zylinder #3 und der vierte Zylinder #4 bilden eine zweite Zylindergruppe **1b**. Dementsprechend wird das von der ersten Zylindergruppe **1a** ausgelassene Abgas in den NH₃-Synthesekatalysator **8** eingebracht und das von der zweiten Zylindergruppe **1b** ausgelassene Abgas wird zu dem okkludierenden Material **11** eingebracht. Die katalytischen Wandler **9** und **12** sind über ein gemeinsames Zusammenführungsauslassrohr **13** an einem katalytischen Wandler **15** angeschlossen, in dem ein Abgasreinigungskatalysator **14** aufgenommen ist.

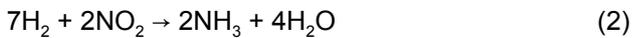
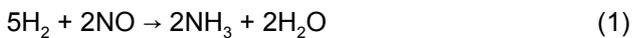
[0021] Die elektronischen Steuereinheit **20** besteht aus einem Digitalcomputer, der einen ROM (nur Lesespeicher) **22**, einen RAM (Direktzugriffsspeicher) **23**, eine CPU (Mikroprozessor) **24**, einen Eingangsanschluss **25** und einen Ausgangsanschluss **26** aufweist, die miteinander über einen bidirektionalen Bus **21** verbunden sind. Ein Drucksensor **27**, der eine zu dem Druck in dem Zwischenbehälter **3** proportionale Ausgangsspannung erzeugt, ist an dem Zwischenbe-

hälter **3** angebracht. Die Ausgangsspannung des Drucksensors **27** wird über einen AD-Wandler **28** in den Eingangsanschluss **25** eingegeben. In der CPU **24** wird die Menge der Einlassluft in Übereinstimmung mit dem Ausgabesignal des AD-Wandlers **28** berechnet. Ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **29**, der eine Ausgangsspannung in Übereinstimmung mit einem Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (später beschrieben) des durch das Auslassrohr **7** strömenden Abgases erzeugt, ist an dem Auslassrohr **7** angebracht. Die Ausgangsspannung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors **27** wird über einen AD-Wandler **30** in den Eingangsanschluss **25** eingegeben. In dem Sammelabschnitt des Auslasskrümmers **10** befindet sich ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **31**, der eine Ausgangsspannung in Übereinstimmung mit dem Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des durch den Sammelabschnitt des Auslasskrümmers **10** strömenden Abgases erzeugt. Die Ausgangsspannung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors **31** wird über einen AD-Wandler **32** in den Eingangsanschluss **25** eingegeben. Ein Kurbelwinkelsensor **33**, der Ausgabeimpulse jedes mal dann erzeugt, wenn sich die Kurbelwelle beispielsweise um 30 Grad dreht, ist an dem Eingangsanschluss **25** angeschlossen. Durch die CPU **24** wird die Kraftmaschinendrehzahl in Übereinstimmung mit diesen Ausgabeimpulsen berechnet. Andererseits ist der Ausgangsanschluss **26** über eine entsprechende Treiberschaltung **34** an jedem Kraftstoffinjektor **5** angeschlossen.

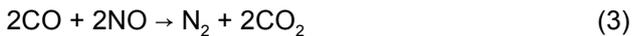
[0022] In dem in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsbeispiel besteht der NH₃-Synthesekatalysator **8** aus einem Dreiwegekatalysator **8a**. Der Dreiwegekatalysator **8a** besteht aus Edelmetallen, etwa Palladium Pd, Platin Pt und Rhodium Rh, die an einer „wash coat“-Schicht, beispielsweise Tonerde, getragen sind, die an der Oberfläche des Trägers ausgebildet ist.

[0023] [Fig. 2](#) veranschaulicht die Reinigungseffizienz eines Dreiwegekatalysators. Falls ein Verhältnis der Gesamtmenge der in den Einlassdurchlass, die Brennkammer und den Auslassdurchlass stromaufwärts einer bestimmten Stelle in dem Auslassdurchlass eingebrachten Luft zu der Gesamtmenge des in den Einlassdurchlass, die Brennkammer und den Auslassdurchlass stromaufwärts der vorstehend erwähnten Stelle eingebrachten Kraftstoffs als ein Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des durch diese Stelle strömenden Abgases bezeichnet wird, führt der Dreiwegekatalysator **8a** das einströmende NO_x dort hindurch, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases mit Bezug auf das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S (= circa 14,6 und λ = 1,0) mager ist, und synthetisiert NH₃ aus dem NO_x in dem einströmenden Abgas, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases fett ist, wie dies in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Die

NH₃-Synthesefunktion des Dreiwegekatalysators **8a** ist unklar, aber es wird vermutet, dass ein Teil des NO_x in dem Abgas, dessen Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis fett ist, gemäß den folgenden Reaktionen (1) und (2) in NH₃ umgewandelt wird:



[0024] Im Gegensatz dazu wird vermutet, dass das andere NO_x gemäß den folgenden Reaktionen (3) bis (6) zu Stickstoff N₂ reduziert wird:



[0025] Dementsprechend wird das in den Dreiwegekatalysator **8a** strömende NO_x entweder zu NH₃ oder zu N₂ umgewandelt, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases fett ist und somit wird verhindert, das NO_x von dem Dreiwegekatalysator **8a** ausgelassen wird.

[0026] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt ist, wird eine Effizienz ETA der Umwandlung des in den Dreiwegekatalysator **8a** strömenden NO_x in NH₃ höher, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases mit Bezug auf das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis kleiner wird, und sie wird konstant, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis noch kleiner wird. In dem in [Fig. 2](#) gezeigten Beispiel erreicht die Umwandlungseffizienz ETA ihren konstanten Wert, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases kleiner als circa 13,8 ist (das Luftüberschussverhältnis λ ist circa 0,95).

[0027] Man beachte, dass in der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine aus den nachstehend beschriebenen Gründen erwünscht wird, NH₃ in einer so groß wie möglichen Menge zu synthetisieren und den unverbrannten Kohlenwasserstoff HC so gut wie möglich zu reinigen, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des in den Dreiwegekatalysator **8a** strömenden Abgases fett ist. Dementsprechend wird als der Dreiwegekatalysator **8a** ein Dreiwegekatalysator verwendet, der Palladium Pd trägt, das die hohe Effizienz der Umwandlung von NO_x zu NH₃ hat, und der Cer Ce trägt, das eine Sauerstoffspeicherfunktion hat. Ferner ist zu beachten, dass der das Rhodium Rh tragende Dreiwegekatalysator die Synthese von NH₃ darin unterdrückt und dadurch ein Dreiwegekatalysator ohne Rhodium Rh wünschenswerter Weise als der Dreiwegekatalysator **8a** zu verwenden ist.

[0028] Andererseits dient das okkludierende Material **11** dazu, das NO_x in dem einströmenden Abgas zeitweise zu speichern, um zu verhindern, dass eine große Menge von NO_x zu dem Abgasreinigungskatalysator **14** strömt. Während das okkludierende Material **11** nicht notwendigerweise mit einer katalytischen Funktion versehen ist, besteht das okkludierende Material **11** des vorliegenden Ausführungsbeispiels aus einem NO_x okkludierenden bzw. absorbierenden und reduzierenden (NO_x-OR) Katalysator **11a**, der die Funktionen des Okkludierens und Freigebens von NO_x und des Reduzierens von NO_x hat. Der NO_x-OR-Katalysator **11a** hat zumindest eine Substanz, die aus Alkalimetallen etwa Kalium K, Natrium Na, Lithium Li und Cäsium Cs, Alkalierdmetallen, etwa Barium Ba und Kalzium Ca, Edelerdmetallen, etwa Lanthan La und Yttrium Y sowie Übergangsmetallen, etwa Eisen Fe und aus Edelmetallen, etwa Platin Pt ausgewählt sind, die an einer an der Oberfläche des Trägers ausgebildeten „wash coat“-Schicht beispielsweise aus Tonerde getragen sind. Der NO_x-OR-Katalysator **11a** führt die NO_x okkludierende und freigebende Funktion aus, bei der der Katalysator **11a** NO_x darin okkludiert, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases mager ist und das okkludierte NO_x davon freigibt, wenn die Sauerstoffkonzentration in dem einströmenden Abgas niedriger wird.

[0029] Falls der NO_x-OR-Katalysator **11a** in dem Auslassdurchlass der Kraftmaschine angeordnet ist, führt der NO_x-OR-Katalysator **11a** tatsächlich die NO_x okkludierende und freigebende Funktion durch, jedoch ist der detaillierte Mechanismus der Funktion immer noch unklar. Es wird jedoch vermutet, dass die Funktion gemäß dem folgenden Mechanismus durchgeführt wird. Dieser Mechanismus wird unter Verwendung eines Beispiels beschrieben, in dem Platin Pt und Barium Ba an dem Träger getragen werden, aber ein ähnlicher Mechanismus wird erhalten, wenn ein anderes Edelmetall, Alkalimetall, Alkalierdmetall, Edelerdmetall oder Übergangsmetall verwendet wird.

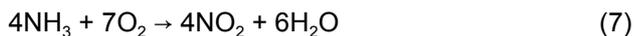
[0030] Das heißt, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases mager wird, das heißt, wenn die Sauerstoffkonzentration in dem einströmenden Abgas stark zunimmt, wird Sauerstoff O₂ an der Oberfläche von Platin Pt in der Form von O₂⁻ oder O²⁻ abgelagert. Andererseits reagiert das NO in dem einströmenden Abgas mit O₂⁻ oder dem O²⁻ an der Oberfläche des Platins Pt und wird zu NO₂ (2NO + O₂ → 2NO₂). Daraufhin wird ein Teil des erzeugten NO₂ an dem Platin Pt oxidiert und wird in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** adsorbiert und wird in den NO_x-OR-Katalysator **11a** in der Form von Salpetersäureionen NO₃⁻ diffundiert, während er mit Bariumoxid BaO verbunden wird. Auf diese Weise wird NO_x in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludiert.

[0031] Wenn im Gegensatz dazu die Sauerstoffkonzentration in dem einströmenden Abgas niedriger wird und die erzeugte Menge von NO_2 gesenkt wird, dann schreitet die Reaktion in einer umgekehrten Richtung fort ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$) und somit werden die Salpetersäureionen NO_3^- in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** in der Form von NO_2 von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** freigegeben. Das heißt, wenn die Sauerstoffkonzentration in dem einströmenden Abgas gesenkt ist, mit anderen Worten, wenn beispielsweise das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases von mager auf fett geändert ist, wird NO_x von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** freigegeben. Falls zu diesem Zeitpunkt ein Reduktionsmittel, etwa HC um den NO_x -OR-Katalysator **11a** herum existiert, dann wird das NO_x durch das HC reduziert und gereinigt.

[0032] Der in jedem nachfolgend beschrieben Ausführungsbeispiel verwendete Abgasreinigungskatalysator **14** besteht aus zumindest einem Übergangselement, das in der vierten Periode des Periodensystems oder der Gruppe VIII enthalten ist, etwa Kupfer Cu, Chrom Cr, Vanadium V, Titan Ti, Eisen Fe, Nickel Ni, Kobalt Co, Platin Pt, Palladium Pd, Rhodium Rh und Iridium Ir, die an einer „wash coat“-Schicht aus an dem Träger geformter Tonerde getragen werden.

[0033] Wenn die Temperatur des Abgasreinigungskatalysators **14** innerhalb eines durch die katalytische Komponente bestimmten Temperaturbereichs liegt (das heißt, ein später beschriebener optimaler Temperaturbereich), dann wandelt der Katalysator **14** die in dem Abgas der oxidierenden Atmosphäre enthaltenen NH_3 -Komponenten nahezu vollständig in N_2 um und reinigt dadurch das NH_3 .

[0034] Wenn die Temperatur des Abgasreinigungskatalysators **14** höher als dieser optimale Temperaturbereich ist, dann oxidiert der Katalysator **14** NH_3 in dem einströmenden Abgas zu NO_x und das NO_x strömt zu der stromabwärtigen Seite des Katalysators **14** aus. Das heißt, in einem Katalysatortemperaturbereich, der höher als der optimale Temperaturbereich liegt, sind die nachfolgenden NH_3 -Oxidationsreaktionen (7) und (8) in dem Katalysator **14** vorherrschend und somit nimmt die Menge von NO_x (NO_2 , NO) in dem Abgas zu, das den Katalysator **14** passiert hat.



[0035] Wenn die Temperatur des Abgasreinigungskatalysators **14** niedriger als der optimale Temperaturbereich ist, dann werden die Ammoniak zerlegenden Reaktionen in dem Katalysator **14** gesenkt und die Menge des den Katalysator **14** passierenden und zu der stromabwärtigen Seite des Katalysators **14** ausströmenden NH_3 nimmt zu.

[0036] **Fig. 3** ist eine schematische Veranschaulichung, die eine Änderung der Abgasreinigungseigenschaften des Abgasreinigungskatalysators **14** in Abhängigkeit der Temperaturänderung zeigt. **Fig. 3** zeigt die Beziehungen zwischen der Konzentration von NH_3 und NO_x in dem Abgas an dem Ausgang des Katalysators **14** und der Temperatur des Katalysators **14**, wenn ein NH_3 enthaltendes Gas einer vorbestimmten Konzentration der oxidierenden Atmosphäre zu dem Katalysator **14** zugeführt wird. Die Abszisse und die Ordinate aus **Fig. 3** geben die Temperatur des Katalysators **14** bzw. die Konzentration einer jeden Komponente wieder. In **Fig. 3** repräsentieren die durchgezogene Linie und die gepunktete Linie die NH_3 -Konzentration an dem Katalysatorausgang bzw. die NO_x -Konzentration an dem Katalysatorausgang.

[0037] Wie in **Fig. 3** gezeigt ist, wird dann, wenn die NH_3 -Konzentration in dem Abgas an dem Katalysatoreingang konstant gehalten ist, in einem Bereich, in dem die Katalysatortemperatur niedrig ist (der Bereich I in **Fig. 3**), die NH_3 -Konzentration an dem Katalysatorausgang nahezu gleich der NH_3 -Konzentration an dem Katalysatoreingang. Im Gegensatz dazu wird die NO_x -Konzentration nahezu null. Das heißt, das NH_3 in dem einströmenden Gas passiert den Katalysator **14** wie es ist und strömt zu der stromabwärtigen Seite aus.

[0038] In einem Bereich, in dem die Temperatur davon höher als die des Temperaturbereichs I ist (der Bereich II in **Fig. 3**), wird die NH_3 -Konzentration an dem Ausgang in Übereinstimmung mit der Zunahme der Temperatur verringert und die NO_x -Konzentration an dem Ausgang wird nicht geändert und wird nahezu bei null gehalten. Das heißt, wenn in diesem Bereich die Temperatur des Abgasreinigungskatalysators **14** ansteigt, nimmt das Verhältnis von in N_2 umgewandelten NH_3 zu in den Katalysator **14** strömenden NH_3 zu.

[0039] Wenn die Temperatur des Abgasreinigungskatalysators **14** weiter erhöht wird (der Bereich III in **Fig. 3**), wird an dem Katalysatorausgang die NH_3 -Konzentration weiter verringert, während die NO_x -Konzentration nahezu bei null gehalten wird und sowohl die NH_3 -Konzentration als auch die NO_x -Konzentration werden zu null. Das heißt, in diesem Temperaturbereich wird nahezu alles des zu dem Katalysator **14** strömenden NH_3 in N_2 umgewandelt und wird gereinigt ohne NO_x zu synthetisieren.

[0040] Wenn die Temperatur des Abgasreinigungskatalysators **14** höher als der vorstehend erwähnte Temperaturbereich III erhöht wird (der Temperaturbereich IV in **Fig. 3**), dann wird die NO_x -Konzentration an dem Katalysatorausgang mit dem Temperaturanstieg erhöht und wenn die Temperatur des Katalysators **14** weiter erhöht wird (der Temperaturbereich V in **Fig. 3**), dann wird alles des zu dem Katalysator **14**

strömenden NH_3 in NO_x umgewandelt.

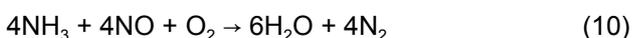
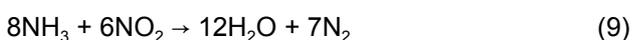
[0041] In dieser Beschreibung wird der in [Fig. 3](#) gezeigte Temperaturbereich III, in dem nahezu das gesamte NH_3 in dem zu dem Abgasreinigungskatalysator **14** strömenden Abgas in NO_2 umgewandelt wird, ohne dass NO_x synthetisiert wird, als der optimale Temperaturbereich des Katalysators **14** bezeichnet.

[0042] Dieser optimale Temperaturbereich ist in Übereinstimmung mit der als die Katalysatorkomponente verwendeten Substanz definiert und startet von einer Temperatur, die niedriger als beispielsweise die Aktivierungstemperatur des Dreiwegekatalysators ist. Wenn beispielsweise Platin Pt, Palladium Pd oder Rhodium Rh an dem Träger als eine Katalysatorkomponente getragen ist, dann ist der optimale Temperaturbereich ca. von 100 bis 400 °C (bevorzugter Weise von 100 bis 250 °C und noch bevorzugter Weise von 100 bis 250°C). Wenn Chrom Cr, Kupfer Cu oder Eisen Fe als eine Katalysatorkomponente an dem Träger getragen ist, dann ist der optimale Temperaturbereich ca. von 150 bis 650 °C (bevorzugter Weise von 150 bis 500 °C).

[0043] Wenn der Abgasreinigungskatalysator **14** aus einem Tandemkatalysator besteht, der ein mit Bezug auf die Abgasströmung an der stromabwärtigen Seite angeordnetes Edelmetall, etwa Platin Pt sowie ein an der stromaufwärtigen Seite angeordnetes Basismetall, etwa Chrom Cr hat, ist es möglich, den anwendbaren Temperaturbereich des gesamten Katalysators aufzuweiten.

[0044] Der Grund, warum der Abgasreinigungskatalysator **14** in dem vorstehend beschränkten Temperaturbereich fast vollständig das NH_3 in dem einströmenden Abgas in N_2 umwandelt ohne NO_x zu synthetisieren und der Grund, warum der Katalysator **14** in dem Temperaturbereich, der den vorstehenden Temperaturbereich überschreitet, NH_3 in dem einströmenden Abgas in NO_x umwandelt, sind immer noch unklar. Jedoch wird vermutet, dass dies daran liegt, dass die folgenden chemischen Reaktionen in dem optimalen Temperaturbereich des Katalysators **14** auftreten.

[0045] Das heißt, wenn sich die Katalysatortemperatur innerhalb des optimalen Temperaturbereichs befindet, treten die folgenden Denitrierungsreaktionen (9) und (10) zusätzlich zu den vorstehend erwähnten NH_3 -Oxidationsreaktionen (7) und (8) auf



[0046] Somit wird vermutet, dass infolge der sequentiellen Reaktionen, in denen durch die Oxidationsreaktionen (7) und (8) synthetisiertes NO_x mit NH_3

in dem Abgas reagiert und unmittelbar durch die Denitrierungsreaktionen (9) und (10) in N_2 umgewandelt wird, fast das gesamte NH_3 in dem Abgas in N_2 umgewandelt wird.

[0047] Wenn andererseits die Temperatur des Abgasreinigungskatalysators **14** höher als der optimale Temperaturbereich liegt, dann werden die Oxidationsreaktionen (7) und (8) aktiv und ein Anteil von NH_3 , das in NO_x umgewandelt wird, welches zu dem Katalysator **14** strömt, wird hoch. Somit treten die Denitrierungsreaktionen (9) und (10) kaum auf. Daher strömt bei Temperaturen, die höher als der optimale Temperaturbereich liegen, das synthetisierte NO_x von dem Katalysator **14** aus wie es ist, ohne dass es durch die Denitrierungsreaktionen (9) und (10) reduziert wird.

[0048] Bei Temperaturen, die niedriger als der optimale Temperaturbereich liegen, werden die Oxidationsreaktionen (7) und (8) inaktiv. Somit wird die Menge von synthetisiertem NO_x verringert und die Denitrierungsreaktionen (9) und (10) treten kaum auf. Daher strömt bei Temperaturen, die niedriger als der optimale Temperaturbereich sind, NH_3 von dem Abgasreinigungskatalysator **14** aus, ohne dass es durch die Denitrierungsreaktionen (9) und (10) verbraucht wird.

[0049] Wie vorstehend beschrieben ist, wird vermutet, dass der optimale Temperaturbereich des Abgasreinigungskatalysators ein Temperaturbereich ist, in dem die NH_3 -Oxidationsreaktionen (7) und (8) und die Denitrierungsreaktionen (9) und (10) einander ausgleichen und das erzeugte NO_x unmittelbar mit NH_3 reagiert und durch das NH_3 durch die sequentiellen Reaktionen reduziert wird. Daher wird der optimale Temperaturbereich in Übereinstimmung mit der Oxidationsfähigkeit des Katalysators und der Änderung in der Oxidationsfähigkeit mit der Temperatur definiert. Dementsprechend wird vermutet, dass verglichen mit einem Katalysator, der eine relativ niedrige Oxidationsfähigkeit hat, und der beispielsweise Chrom Cr verwendet, der optimale Temperaturbereich eines Katalysators, der eine hohe Oxidationsfähigkeit hat, der beispielsweise Platin Pt verwendet, wie dies vorstehend erwähnt ist, dazu neigt, an einer Hochtemperaturseite zu liegen.

[0050] Während der Mechanismus noch nicht klar wurde, wie vorstehend erwähnt ist, wurde Folgendes bestätigt. Das heißt, wenn der Abgasreinigungskatalysator **14** tatsächlich in dem vorstehend genannten optimalen Temperaturbereich verwendet wird, dann wird NH_3 in dem einströmenden Oxidationsgas nahezu vollständig in N_2 umgewandelt.

[0051] Unter Bezugnahme darauf wurden die folgenden drei Punkte bestätigt, wenn der Abgasreinigungskatalysator **14** in dem vorgenannten optimalen Temperaturbereich verwendet wird.

[0052] Der erste Punkt ist der, dass dann, wenn das zu dem Abgasreinigungskatalysator **14** strömende Abgas eine Oxidationsatmosphäre ist, das heißt, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Katalysator **14** strömenden Abgases mit Bezug auf das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis mager ist, das einströmende NH_3 vollständig in N_2 umgewandelt bzw. konvertiert wird und diese Umwandlung nicht durch den Grad der Magerheit des Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des einströmenden Abgases beeinträchtigt wird.

[0053] Der zweite Punkt ist der, dass dann, wenn NO_x zusammen mit NH_3 in dem zu dem Abgasreinigungskatalysator **14** strömenden Abgas enthalten ist, NO_x zusammen mit NH_3 in dem Katalysator **14** gereinigt wird und die NO_x -Konzentration an dem Ausgang des Katalysators nahezu null beträgt. In diesem Fall ist das Verhältnis der Menge des zu dem Katalysator **14** strömenden NH_3 zu der von NO_x , also NO_2 oder NO , nicht notwendigerweise ein äquivalentes Verhältnis (4:3 oder 1:1) der vorstehend erwähnten Denitrierreaktionen (9) und (10). Wenn die Menge des in dem einströmenden Abgas enthaltenen NH_3 größer als die zum Reduzieren von NO_2 und NO in dem einströmenden Abgas erforderliche Menge ist, dann wird NO_x (NO_2 und NO) in dem einströmenden Abgas vollständig gereinigt. Wie vorstehend beschrieben ist wird dann, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Katalysator **14** strömenden Abgases mager ist, überschüssiges NH_3 vollständig durch den Katalysator **14** gereinigt und es besteht keine Möglichkeit, dass das Überschüssige NH_3 zu der stromabwärtigen Seite des Katalysators ausströmt.

[0054] Wenn jedoch sowohl NH_3 als auch NO in dem zu dem Abgasreinigungskatalysator **14** strömenden Abgas enthalten sind, dann startet der Bereich, in dem die NO_x -Konzentration an dem Katalysatorausgang zunimmt, wie dies in [Fig. 3](#) gezeigt ist (der in [Fig. 3](#) gezeigte Bereich IV), an einer niedrigeren Temperatur verglichen mit einem Fall, in dem das zu dem Katalysator **14** strömende Abgas NH_3 enthält und kein NO_x enthält. Dementsprechend wird der optimale Temperaturbereich in diesem Fall eng.

[0055] Dies liegt daran, dass es in einem Fall, in dem das zu dem Abgasreinigungskatalysator **14** strömende Abgas bereits NO_x enthält, nötig ist, sowohl durch die Oxidation von NH_3 in dem Hochtemperaturbereich synthetisiertes NO_x als auch in dem einströmenden Abgas enthaltenes NO_x zu reinigen und es passiert leicht, dass NH_3 unzureichend wird. Herkömmlicherweise ist ein Katalysator aus einem Vanadium-Oxid/Titanium ($\text{V}_2\text{O}_5/\text{TiO}_2$ -System) als ein Katalysator, der eine Denitrierungsreaktionen zwischen NH_3 und NO_x in dem einströmenden Abgas hervorruft, wohlbekannt. Um NH_3 mit NO_x in dem Katalysator **14** in einem gut ausbalancierten Zustand reagieren zu lassen, sodass das überschüssige NH_3 oder

NO_x nicht zu der stromabwärtigen Seite ausströmt, ist es nötig, das Verhältnis von NH_3 zu NO_x präzise auf das äquivalente Verhältnis der Denitrierungsreaktion einzustellen. Das heißt, wenn sowohl NO_2 als auch NO in dem Abgas enthalten sind, ist es nötig, die Menge von NH_3 so präzise einzustellen, dass sie eine Aufsummierung von 4/3 Mal der NO_2 -Menge und der NO -Menge in dem Abgas ist. Falls andererseits in dem Fall des Katalysators **14** gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Menge von NH_3 mit Bezug auf die Menge von NO_x (NO_2 und NO) gleich oder größer als das vorstehend erwähnte äquivalente Verhältnis ist und falls das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases mager ist, werden sowohl NO_x als auch NH_3 in dem einströmenden Abgas vollständig gereinigt, sodass NO_x und NH_3 nicht zu der stromabwärtigen Seite ausströmen. Der Katalysator **14** gemäß der vorliegenden Erfindung unterscheidet sich in diesem Punkt stark von dem herkömmlichen Denitrierungskatalysator.

[0056] Der dritte Punkt ist der, dass selbst dann, wenn HC und CO in dem zu dem Abgasreinigungskatalysator **14** strömenden Abgas enthalten sind, solange das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis mager ist, das HC und CO in dem Abgas durch den Katalysator **14** oxidiert werden und nicht zu der stromabwärtigen Seite des Katalysators ausströmen.

[0057] Der Abgasreinigungskatalysator **14** zerlegt NH_3 in dem einströmenden Abgas vollständig, wenn die Temperatur innerhalb des optimalen Temperaturbereichs liegt, wie dies vorstehend erwähnt ist. Wenn jedoch die Temperatur innerhalb des Temperaturbereichs liegt, der niedriger als der optimale Temperaturbereich ist, wie in [Fig. 3](#) erläutert ist, wird das NH_3 in dem einströmenden Abgas nicht gereinigt und strömt zu der stromabwärtigen Seite des Katalysators aus.

[0058] Es ist bekannt, dass säurehaltige, anorganische Komponenten (einschließlich Brønstedtsäuren, etwa Zeolith, Siliziumoxid SiO_2 , Siliziumaluminiumoxid $\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ und Titan sowie eine Lewisäure etwa die Oxide von Übergangsmetallen etwa Kupfer Cu , Kobalt Co , Nickel Ni und Eisen Fe) NH_3 in einem Niedrigtemperaturbereich adsorbieren. Falls dementsprechend die vorgenannten säurehaltigen, anorganischen Komponenten an dem Abgasreinigungskatalysator **14** getragen werden oder falls alternativ ein poröses Material aus den vorgenannten säurehaltigen, anorganischen Komponenten besteht und als der Träger verwendet wird, dann wird das überschüssige NH_3 in dem einströmenden Abgas in dem Träger adsorbiert und zwar bei dem Temperaturbereich, der niedriger als der optimale Temperaturbereich liegt. Somit ist es möglich, die Menge von zu der stromabwärtigen Seite des Katalysators ausströmenden ungereinigten NH_3 in dem Temperaturbereich zu reduzieren, der niedriger als der optimale Temperaturbe-

reich ist. Ferner wird das in den säurehaltigen, anorganischen Komponenten adsorbierte NH_3 dann desorbiert, wenn die Temperatur des Katalysators **14** ansteigt oder wenn die NH_3 -Konzentration in dem einströmenden Abgas gesenkt wird. Da das von dem Abgasreinigungskatalysator **14** desorbierte NH_3 durch den Katalysator **14** zerlegt wird, wird die NH_3 -Reinigungseffizienz durch Verwendung des vorstehend erwähnten Säureträgers insgesamt verbessert, wenn die Temperatur des Katalysators **14** schwankt.

[0059] In der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine wird die Kraftstoffeinspritzzeit TAU durch folgende Gleichung berechnet:

$$\text{TAU} = \text{TB} \cdot ((\text{A/F})\text{S}/(\text{A/F})\text{T}) \cdot \text{FAF}$$

[0060] Falls das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Luft-Kraftstoff-Gemischs in der Brennkammer in jedem Zylinder als ein Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis bezeichnet wird, dann gibt TB eine Kraftstoffeinspritzbasiszeit wieder, die dazu geeignet ist, das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines jeden Zylinders gleich zu dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S zu machen, und wird durch die folgende Gleichung berechnet:

$$\text{TB} = (\text{Q}/\text{N}) \cdot \text{K},$$

wobei Q, N und K die Einlassluftmenge, die Kraftmaschinendrehzahl bzw. eine Konstante wiedergeben. Somit wird die Kraftstoffeinspritzbasiszeit erhalten, indem die Einlassluftmenge pro einer Umdrehung der Kraftmaschine mit der Konstanten multipliziert wird. (A/F)T gibt einen Sollwert für die Steuerung des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses wieder. Wenn der Sollwert (A/F)T erhöht wird, um das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis magerer als das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S zu machen, dann wird die Kraftstoffeinspritzzeit TAU verkürzt und somit wird die einzuspritzende Kraftstoffmenge verringert. Wenn der Sollwert (A/F)T erhöht wird, um das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis fetter als das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S zu machen, dann wird die Kraftstoffeinspritzzeit TAU verlängert und somit wird die einzuspritzende Kraftstoffmenge erhöht. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Sollwerte (A/F)T des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der Zylinder der zweiten Zylindergruppe **1b** die Gleichen.

[0061] FAF gibt einen Rückkopplungskorrekturkoeffizienten wieder, um das tatsächliche Luft-Kraftstoff-Verhältnis gleich zu dem Sollwert (A/F)T zu machen. Dieser Rückkopplungskorrekturkoeffizient wird zu FAF gemacht, wenn die Kraftstoffeinspritzzeit TAU für den Zylinder der ersten Zylindergruppe **1a**, das heißt, den ersten Zylinder #1, berechnet wird, und

wird zu FAFB gemacht, wenn die Kraftstoffeinspritzzeit TAU für jeden Zylinder der zweiten Zylindergruppe **1b**, das heißt, den zweiten Zylinder #2, den dritten Zylinder #3 oder den vierten Zylinder #4 berechnet wird. Der Rückkopplungskorrekturkoeffizient FAFB wird in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors **29** bestimmt und der Rückkopplungskorrekturkoeffizient FAFB wird in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors **31** bestimmt. In der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine bestehen die Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren **29** und **31** jeweils aus sogenannten Gesamtbereichs-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren, die kontinuierliche Signale erzeugen, die dem Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis über den weiten Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in dem Auslassrohr **7**, das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **29** erfasst wird, ist gleich dem Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis der ersten Zylindergruppe **1a**. Wenn das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **29** erfasste Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis magerer als der Sollwert (A/F)T ist, dann wird der Rückkopplungskorrekturkoeffizient FAFB erhöht, um dadurch die einzuspritzende Kraftstoffmenge zu erhöhen. Wenn das durch den Sensor **29** erfasste Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis fetter als der Sollwert (A/F)T ist, dann wird der Rückkopplungskorrekturkoeffizient FAFB verringert, um dadurch die einzuspritzende Kraftstoffmenge zu verringern. Auf diese Weise wird das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis der ersten Zylindergruppe **1a** gleich zu dem Sollwert (A/F)T gemacht.

[0062] Das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in dem Auslasskrümmer **10** ist gleich zu dem Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis der zweiten Zylindergruppe **1b**. Wenn das durch den Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **31** erfasste Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis magerer als der Sollwert (A/F)T ist, dann wird der Korrekturkoeffizient FAFB erhöht, um dadurch die einzuspritzende Kraftstoffmenge zu erhöhen. Wenn das durch den Sensor **31** erfasste Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis fetter als der Sollwert (A/F)T ist, dann wird der Rückkopplungskorrekturkoeffizient FAFB verringert, um dadurch die einzuspritzende Kraftstoffmenge zu verringern. Auf diese Weise wird das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines jeden Zylinders der zweiten Zylindergruppe **1b** gleich zu dem Sollwert (A/F)T gemacht. Die Rückkopplungskorrekturkoeffizienten FAFB, FAFB schwanken jeweils um 1,0 herum.

[0063] Um das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis präziser dem Sollwert (A/F)T gleich zu machen, kann in dem Zusammenführungsrohr **13** ein zusätzlicher Luft-Kraftstoff-Sensor dort angeordnet sein, wo der zusätzliche Sensor mit dem von der

zweiten Zylindergruppe **1b** ausgelassenen Abgas nicht in Kontakt kommt, das heißt, beispielsweise in dem Zusammenführungsrohr **13** unmittelbar stromabwärts des Dreibegekatalysators **8a**, und die Abweichung des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der ersten Zylindergruppe **1a** von dem Sollwert (A/F)T kann in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal des zusätzlichen Sensors kompensiert werden, wobei die Abweichung durch die Verschlechterung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors **29** verursacht wird. Alternativ kann ein zusätzlicher Luft-Kraftstoff-Sensor in dem Zusammenführungsrohr **13** dort angeordnet sein, wo der Sensor nicht mit dem von der ersten Zylindergruppe **1a** ausgelassenen Abgas in Kontakt kommt, das heißt, beispielsweise in dem Zusammenführungsrohr **13** unmittelbar stromabwärts des NO_x-OR-Katalysators **11a**, und die Abweichung des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von dem Sollwert (A/F)T kann in Übereinstimmung mit einem Ausgangssignal des Sensors kompensiert werden, wobei die Abweichung durch die Verschlechterung des Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensors **31** verursacht wird. Als die zusätzlichen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren können zusätzlich zu den Gesamtbereich-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren ein sogenannter Sauerstoffsensor der Z-Charakteristikbauweise verwendet werden, dessen Ausgangsspannung sich stufenweise ändert, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zunimmt oder abnimmt, wobei es das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis überschreitet. In diesem Fall sind die Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren in dem Auslassdurchlass in Reihe angeordnet. Die Verschlechterung des zwischen den zusätzlichen Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren angeordneten Katalysators kann in Übereinstimmung mit den Ausgangssignalen der Vielzahl der Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Sensoren erfasst werden.

[0064] In der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine ist eine Vorrichtung zum sekundären Zuführen von Kraftstoff oder Luft in den Abgasdurchlass vorgesehen. Dementsprechend ist das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegekatalysator **8a** strömenden Abgases gleich wie das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis der ersten Zylindergruppe **1a**, das heißt, wie das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des ersten Zylinders #1, und das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases ist gleich wie das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis der zweiten Zylindergruppe **1b**, das heißt, wie die Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisse des zweiten Zylinders #2, des dritten Zylinders #3 und des vierten Zylinders #4.

[0065] Als Nächstes wird unter Bezugnahme auf [Fig. 4](#) das grundlegende Abgasreinigungsverfahren der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine erläutert.

[0066] In der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine wird das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegekatalysator **8a** strömenden Abgases fett gemacht und das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysators **11a** strömenden Abgases wird mager gemacht. Wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegekatalysator **8a** strömenden Abgases fett gemacht ist, dann wird aus dem NO_x in dem einströmenden Abgas in dem Dreibegekatalysator **8a** NH₃ synthetisiert. Das NH₃ strömt dann über das Zusammenführungsrohr **13** zu dem Abgasreinigungskatalysator **14**. Wenn andererseits das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases mager gemacht ist, wird das NO_x in dem einströmenden Abgas in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludiert. In diesem Fall wird nicht notwendigerweise das Gesamte zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömende NO_x in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludiert, sondern ein Teil des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden NO_x wird nicht in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludiert und passiert den NO_x-OR-Katalysator **11a**, ohne dass es in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludiert wird. Das NO_x strömt dann über das Zusammenführungsrohr **13** zu dem Katalysator **14**.

[0067] Sowohl das Abgas von dem Dreibegekatalysator **8a** als auch jenes von dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömen zu dem Abgasreinigungskatalysator **14**. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Katalysator **14** strömenden Abgases immer mager gehalten. Daher wird NO_x und NH₃ in dem zu dem Katalysator **14** strömenden Abgas durch die durch die Reaktionen (7) bis (10), die vorstehend erwähnt wurden, wiedergegebenen Reaktionen in dem Katalysator **14** gereinigt. Dementsprechend wird verhindert, dass NO_x und NH₃ in die Umgebungsluft ausgegeben werden. Man beachte, dass das zu dem Katalysator **14** strömende Abgas Kohlenwasserstoff HC, Kohlenmonoxid CO oder Wasserstoff H₂ enthält. Es wird vermutet, dass HC, CO usw. als das Reduktionsmittel wirkt und einen Teil des NO_x in dem Katalysator **14** reduzieren. Jedoch ist die Reduktionsfähigkeit von NH₃ größer als die von HC, CO usw. Somit wird das NO_x unter Verwendung von NH₃ als ein Reduktionsmittel sicher reduziert.

[0068] Um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegekatalysator **8a** strömenden Abgases fett zu machen, führt der Zylinder der ersten Zylindergruppe **1a** einen Fettbetrieb durch, in dem das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit Bezug auf das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S fett gemacht wird. Das heißt, falls der Sollwert des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines jeden Zylinders als ein Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T bezeichnet ist, dann wird das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibege-

katalysator **8a** strömenden Abgases fetter gemacht, indem das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T des ersten Zylinders #1 gleich einem fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R gemacht wird, das mit Bezug auf das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)F fett ist.

[0069] Um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases mager zu machen, führt jeder Zylinder der zweiten Zylindergruppe **1b** einen Magerbetrieb aus, in dem das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis mit Bezug auf das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S mager ist. Das heißt, das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases wird mager gemacht, indem jedes Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T des zweiten Zylinders #2, des dritten Zylinders #3 und des vierten Zylinders #4 gleich einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L gemacht wird, das mit Bezug auf das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S mager ist.

[0070] Man beachte, dass zum Fettmachen des Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des zu dem Dreibegegekatalysator **8a** strömenden Abgases bspw. eine Sekundärkraftstoffeinspeisungsvorrichtung vorgesehen sein kann, um Kraftstoff sekundär zu dem Abgasrohr **7** stromaufwärts des Dreibegegekatalysators **8a** einzuspeisen. In diesem Fall wird das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegegekatalysator **8a** strömenden Abgases durch sekundäre Einspeisung von Kraftstoff durch die Sekundärkraftstoffeinspeisungsvorrichtung fett gemacht, während die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb durchführt.

[0071] Das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R und das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L können in Übereinstimmung mit dem Kraftmaschinenbetriebszustand geändert werden. Jedoch werden in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R und das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L im Wesentlichen ungeachtet des Kraftmaschinenbetriebszustands konstant gehalten. Das heißt, das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R ist auf circa 14,0 eingestellt und das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L ist auf circa 25,0 eingestellt. Dementsprechend wird das Soll-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T des ersten Zylinders #1 bei circa 14,0 gehalten und jenes eines jeden des zweiten Zylinders #2, des dritten Zylinders #3 und des vierten Zylinders #4 wird bei circa 25,0 gehalten.

[0072] Der Magerbetrieb reduziert die Rate des Kraftstoffverbrauchs. Somit ist in der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine, in der die zweite Zylindergruppe **1b** im Wesentlichen den Magerbetrieb durchführt, die Rate des Kraftstoffverbrauchs reduziert, während das Abgas zufriedenstellend gereinigt wird. Insbe-

sondere ist in der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine die Anzahl der Zylinder der zweiten Zylindergruppe **1b** größer als die Hälfte aller Zylinder der Kraftmaschine. Somit ist die Rate des Kraftstoffverbrauchs der Kraftmaschine **1** stark reduziert.

[0073] Wenn auf diese Weise die erste Zylindergruppe **1a** den Fettbetrieb durchführt und die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb durchführt, dann wird verhindert, dass NO_x und NH₃ in die Umgebungsluft ausgelassen werden.

[0074] Falls somit die erste Zylindergruppe **1a** immer den Fettbetrieb durchführt und die zweite Zylindergruppe **1b** immer den Magerbetrieb durchführt, wird ständig verhindert, dass NO_x und NH₃ in die Umgebungsluft ausgelassen werden. Jedoch haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung gefunden, dass die katalytische Aktivität des Dreibegegekatalysators **8a** verschlechtert wird, falls der Dreibegegekatalysator **8a** mit einem Abgas in Kontakt kommt, dessen Luft-Kraftstoff-Verhältnis für eine lange Zeit fett ist, und dass die katalytische Aktivität insbesondere dann beträchtlich verschlechtert wird, wenn ein Dreibegegekatalysator Palladium Pd aufweist. Somit wird, falls die erste Zylindergruppe **1a** immer den Fettbetrieb durchführt und daher das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegegekatalysator **8a** strömenden Abgases immer fett gemacht ist, die katalytische Aktivität des Dreibegegekatalysators **8a** allmählich verschlechtert. Als ein Ergebnis werden NO_x und NH₃ in die Umgebungsluft abgegeben.

[0075] Andererseits haben die Erfinder der vorliegenden Erfindung zudem gefunden, dass dann, falls der Dreibegegekatalysator, dessen katalytische Aktivität durch in Kontaktkommen mit dem Abgas, dessen Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis für eine lange Zeit fett ist, verschlechtert ist, die katalytische Aktivität des Dreibegegekatalysators durch Kontakt mit dem Abgas, dessen Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis mager ist, wiederhergestellt wird. Somit wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegegekatalysator **8a** strömenden Abgases temporär mager gemacht, um die katalytische Aktivität des Dreibegegekatalysators **8a** wiederherzustellen. Als ein Ergebnis wird die gute katalytische Aktivität des Dreibegegekatalysators **8a** sichergestellt und somit werden NO_x und NH₃ immer hervorragend gereinigt.

[0076] Um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreibegegekatalysator **8a** strömenden Abgases mager zu machen kann eine Sekundärlufteinspeisungsvorrichtung zum Einspeisen von Sekundärluft zu dem Dreibegegekatalysator **8a** vorgesehen sein und die Sekundärluft kann temporär durch die Sekundärluftzuführrichtung eingespeist werden, während die erste Zylindergruppe **1a** den Fettbetrieb durchführt. Andererseits ist das Kraftmaschi-

nen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis der ersten Zylindergruppe **1a** gleich dem Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden Abgases, wie vorstehend erwähnt ist. Somit führt in dem ersten Ausführungsbeispiel die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb temporär durch, um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden Abgases temporär mager zu machen. Das heißt, in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel führt die erste Zylindergruppe **1a** normalerweise den Fettbetrieb durch, und wenn die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** verschlechtert ist, dann führt die erste Zylindergruppe **1a** temporär den Magerbetrieb durch.

[0077] Genauer gesagt wird bestimmt, ob die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** niedriger als ein vorbestimmter tolerierbarer Wert wird, und wenn bestimmt ist, dass die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** niedriger als der tolerierbare Wert wird, dann wird das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T des ersten Zylinders #1 beispielsweise für eine vorbestimmte Zeit „t“ zu dem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)LL gemacht, welches magerer als das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S ist, sodass der erste Zylinder #1 den Magerbetrieb durchführt. Wenn der erste Zylinder #1 den Magerbetrieb durchführt und daher das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegekatalysators **8a** strömenden Abgases mager gemacht ist, wird die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** wiederhergestellt. Man beachte, dass in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)LL ungeachtet des Kraftmaschinenbetriebszustands konstant ist und beispielsweise auf 25,0 eingestellt ist. Wahlweise kann das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)LL beispielsweise in Übereinstimmung mit der katalytischen Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** oder den Kraftmaschinenbetriebszuständen auf geeignete Weise geändert werden.

[0078] Es ist schwierig, die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** direkt herauszufinden. Daher wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** auf Grundlage der Menge des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden HC abgeschätzt. Das heißt, es wird vermutet, dass dann, wenn die Menge von zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden HC größer wird, die Oberfläche einer Katalysatorkomponente, etwa Palladium Pd oder Platin Pt von dem HC bedeckt wird, so dass die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** verschlechtert wird, obwohl ein Mechanismus, durch den die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** verschlechtert wird, wenn das Abgas, dessen Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis fett ist, in den Dreiwegekatalysator **8a** eingebracht wird, immer noch unklar ist. Somit kann, falls eine Menge von zum Senken der katalytischen Akti-

vität des Dreiwegekatalysators **8a** auf unterhalb des tolerierbaren Werts erforderliche Menge von HC im Vorfeld erhalten wird, die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** abgeschätzt werden, indem die Menge des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden HC herausgefunden wird. Man beachte, dass die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** auf Grundlage der Kraftmaschinenbetriebszustände, der Kraftmaschinenbetriebszeit oder einer Menge von den Dreiwegekatalysator **8a** passierendem Abgas abgeschätzt werden kann.

[0079] **Fig. 5A** zeigt durch Versuche erhaltene Beziehungen zwischen der Menge Q(HC) des von der ersten Zylindergruppe **1a** pro Zeiteinheit ausgelassenen HC und der Kraftmaschinenlast Q/N und der Kraftmaschinendrehzahl N bei einem konstanten Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R. In **Fig. 5A** gibt jede Kurve eine identische HC-Menge wieder. Wenn die Kraftmaschinendrehzahl N zunimmt, dann nimmt die Menge des von der Kraftmaschine pro Zeiteinheit ausgelassenen Abgases zu. Zudem nimmt dann, wenn die Kraftmaschinenlast Q/N zunimmt, die Menge des von der Kraftmaschine ausgelassenen Abgases zu. Somit nimmt, wie in **Fig. 5A** gezeigt ist, die Menge Q(HC) von von der ersten Zylindergruppe **1a** pro Zeiteinheit ausgelassenem HC, das heißt, die pro Zeiteinheit zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömende HC-Menge zu, wenn die Kraftmaschinenlast Q/N zunimmt und wenn die Kraftmaschinendrehzahl N zunimmt. Die HC-Menge Q(HC), die in **Fig. 5A** gezeigt ist, wird im Vorfeld in dem ROM **22** in Form eines in **Fig. 5B** gezeigten Kennfelds gespeichert.

[0080] Daher wird die Menge S(HC) von zu dem Dreiwegekatalysator **8a** beim Durchführen des Fettbetriebs des ersten Zylinders **1** strömenden HC durch folgende Gleichung gefunden:

$$S(HC) = S(HC) + Q(HC) \cdot \text{DELTAa},$$

wobei DELTAa ein Zeitintervall der Erfassung von Q(HC) wiedergibt und somit Q(HC)·DELTAa die Menge von zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden HC seit der vorangegangenen Verarbeitungsroutine bis zu der gegenwärtigen Verarbeitungsroutine wiedergibt.

[0081] Das Zeitdiagramm aus **Fig. 6** zeigt eine Änderung des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der ersten Zylindergruppe **1a**. In **Fig. 6** gibt Null eine Zeit wieder, bei der der Fettbetrieb in der ersten Zylindergruppe **1a**, das heißt, in dem ersten Zylinder #1 startet. In diesem Fall wird das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T des ersten Zylinders #1 bei dem fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R gehalten, wie in **Fig. 6** gezeigt ist. Wenn der Fettbetrieb des ersten Zylinders #1 startet, nimmt die HC-Menge S(HC) allmählich zu und überschreitet den tolerierbaren Maximalwert TM zum Zeitpunkt „a“.

Der tolerierbare Maximalwert TM ist eine Menge von HC, die zum Verschlechtern der katalytischen Aktivität auf jenseits des vorstehend erwähnten tolerierbaren Werts erforderlich ist und wird im Vorfeld durch Versuche herausgefunden. Das heißt, wenn $S(\text{HC}) > \text{TM}$ ist, wird bestimmt, dass die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** verschlechtert ist und zu diesem Zeitpunkt wird das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T des ersten Zylinders #1 gleich wie das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)LL gemacht. Das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T wird für eine gewählte Zeit „t“ bei dem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)LL gehalten. Die ausgewählte Zeit „t“ ist eine Magerbetriebszeit, die zum Wiederherstellen der katalytischen Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** erforderlich ist und wird im Vorfeld durch Versuche herausgefunden. Wenn die ausgewählte Zeit t verstrichen ist, nachdem das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T gleich dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)LL gemacht wurde, dann wird das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T des ersten Zylinders #1 wieder zu dem fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R gemacht. Man beachte, dass $S(\text{HC})$ zum Zeitpunkt „a“ zurückgestellt wird und die Berechnung von $S(\text{HC})$ wieder aufgenommen wird, wenn der Fettbetrieb des ersten Zylinders #1 zum Zeitpunkt „a + t“ wieder aufgenommen wird.

[0082] Wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb auf diese Weise durchführt, dann erreicht das zu diesem Zeitpunkt von der ersten Zylindergruppe **1a** ausgelassenen NO_x den Abgasreinigungskatalysator **14**, ohne dass es durch den Dreiwegekatalysator **8a** in NH_3 oder N_2 umgewandelt wird. Wenn jedoch die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb zu dieser Zeit durchführt, strömen sowohl das von der ersten Zylindergruppe **1a** ausgelassene NO_x als auch das von der zweiten Zylindergruppe **1b** ausgelassene NO_x zu dem Katalysator **14**. Als ein Ergebnis wird NO_x in die Umgebungsluft freigelassen, ohne dass es in dem Katalysator **14** gereinigt wird. Wenn andererseits die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführt, dann passiert ein Teil des von der zweiten Zylindergruppe **1b** ausgelassenen HC den NO_x -OR-Katalysator **11a**, ohne dass es in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** oxidiert wird. Daher führt in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb dann durch, um HC zu dem Katalysator **14** zuzuführen, wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb durchführen muss, um dadurch das von der ersten Zylindergruppe **1a** ausgelassene NO_x durch das HC zu reinigen. Als ein Ergebnis ist es selbst dann möglich das NO_x hervorragend zu reinigen, wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Fettbetrieb oder den Magerbetrieb durchführt.

[0083] Das heißt, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, wird dann, wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Mager-

betrieb zeitweise durchführen muss, das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T eines jeden Zylinders der zweiten Zylindergruppe **1b** zeitweise zu einem fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)RR gemacht, welches fetter als das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)S ist, sodass die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb zeitweise durchführt. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)RR ungeachtet der Kraftmaschinenbetriebsbedingungen konstant eingestellt und wird beispielsweise bei 14,0 gehalten.

[0084] Wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x -OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases fett gemacht ist, wird in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** okkludiertes NO_x davon freigegeben. Somit wird dann, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb auf diese Weise durchführt, zumindest ein Teil von in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x davon freigeben und somit wird die NO_x -Absorptionsfähigkeit des NO_x -OR-Katalysators **11a** wieder hergestellt. Daher ist es selbst dann, wenn die Menge von zu dem NO_x -OR-Katalysator **11a** strömenden NO_x stark zunimmt, möglich zu verhindern, dass eine große Menge von NO_x zu dem Katalysator **14** strömt, um dadurch NO_x auf hervorragende Weise in dem Katalysator **14** zu reinigen. Man beachte dass dann, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x -OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases fett gemacht ist, das von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** freigegebene NO_x durch HC und CO usw. in dem einströmenden Abgas reduziert wird.

[0085] In einem Fall, in dem das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T sehr mager, etwa 25,0 ist, falls ein Luft-Kraftstoff-Gemisch gebildet ist, das die Brennkammer im Wesentlichen gleichmäßig ausfüllt, wird das Luft-Kraftstoff-Gemisch selbst dann nicht gezündet, wenn die (nicht gezeigte) Zündkerze zündet, da das Luft-Kraftstoff-Gemisch sehr mager ist. Als ein Ergebnis wird eine Fehlzündung auftreten. Daher wird dann in der in [Fig. 1](#) gezeigten Kraftmaschine, wenn die Kraftmaschine einen Magerbetrieb durchführen muss, ein zündbares Luft-Kraftstoff-Gemisch in einem beschränkten Bereich der Brennkammer ausgebildet und der andere Bereich der Brennkammer ist lediglich mit Luft oder nur mit Luft und dem EGR-Gas gefüllt und dann wird das Luft-Kraftstoff-Gemisch durch die Zündkerze gezündet. Als ein Ergebnis kann selbst dann, wenn ein Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis sehr mager ist, eine Fehlzündung verhindert werden. Alternativ können das gleichmäßige Luft-Kraftstoff-Gemisch und ein Wirbelstrom in der Brennkammer ausgebildet werden, um dadurch eine Fehlzündung zu verhindern.

[0086] Als Nächstes wird unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) die Routine zum Ausüben des vorstehend erwähnten Ausführungsbeispiels erläutert.

[0087] [Fig. 7](#) zeigt eine Betriebssterroutine. Diese Routine wird durch Unterbrechung zu jeder vorbestimmten Zeit ausgeübt.

[0088] Zunächst wird unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) in Schritt **40** beurteilt, ob ein Merker gesetzt ist, der dann gesetzt wird, wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb durchführen muss. Wenn der Merker zurückgesetzt ist, schreitet die Routine zu Schritt **41**, wo aus dem in [Fig. 5B](#) gezeigten Kennfeld in Übereinstimmung mit der Kraftmaschinenlast Q/N und der Kraftmaschinendrehzahl N [der Wert] $Q(HC)$ berechnet wird. In dem folgenden Schritt **42** wird die HC-Menge $S(HC)$ durch die folgende Gleichung berechnet:

$$S(HC) = S(HC) + Q(HC) \cdot \Delta A_a$$

[0089] Dann schreitet die Routine zu Schritt **43** vor, bei dem beurteilt wird, ob die HC-Menge $S(HC)$ größer als der tolerierbare Maximalwert TM ist. Wenn $S(HC) > TM$ ist, dann schreitet die Routine zu Schritt **44** vor, wo der Merker gesetzt wird. Das heißt, wenn $S(HC) > TM$ ist, wird beurteilt, dass sich die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** verschlechtert hat und die erste Zylindergruppe **1a** wird dazu gebracht, den Magerbetrieb durchzuführen. In dem folgenden Schritt **45** wird die HC-Menge $S(HC)$ zurückgestellt. Dann wird der Verarbeitungskreislauf beendet. Wenn andererseits $S(HC) \leq TM$ in Schritt **43** ist, dann endet der Verarbeitungszyklus. Das heißt, wenn $S(HC) \leq TM$ ist, wird beurteilt, dass sich die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** nicht verschlechtert hat und der Fettbetrieb der ersten Zylindergruppe **1a** wird fortgeführt.

[0090] Wenn der Merker gesetzt ist, schreitet die Routine von Schritt **40** zu Schritt **46** vor, bei dem der Zeitzählwert C um 1 inkrementiert wird. Der Zeitzählwert C gibt die Zeit wieder, während der die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb durchführt. In dem folgenden Schritt **47** wird beurteilt, ob der Zeitzählwert C größer als ein vorbestimmter Wert C_{MAX} ist. C_{MAX} entspricht der vorstehend erwähnten gewählten Zeit „t“. Wenn $C \leq C_{MAX}$ ist, wird beurteilt, dass die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** nicht ausreichend wiederhergestellt wurde und der Verarbeitungszyklus wird beendet. Das heißt, der Magerbetrieb der ersten Zylindergruppe **1a** wird fortgeführt. Wenn andererseits $C > C_{MAX}$ ist, wird beurteilt, dass die gewählte Zeit „t“, seit dann verstrichen ist, als der Magerbetrieb des ersten Zylinders **1a** gestartet wurde. Das heißt, es wird beurteilt, dass die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** wieder hergestellt wurde und die Routine schreitet zu Schritt **48** vor, bei dem der Merker zurückgesetzt wird. Dementsprechend wird der Magerbetrieb der ersten Zylindergruppe **1a** gestoppt und der Fettbetrieb wird wieder aufgenommen. Dann schreitet die Routine zu Schritt **49** vor, bei dem der Zeitzählwert C

gelöscht wird. Dann ist der Verarbeitungszyklus beendet.

[0091] [Fig. 8](#) zeigt eine Berechnungsroutine der Kraftstoffeinspritzzeit TAU . Diese Routine wird durch Unterbrechung zu jedem vorbestimmten Kurbelwinkel ausgeführt.

[0092] Unter Bezugnahme auf [Fig. 8](#) wird zunächst in Schritt **60** die Kraftstoffeinspritzgrundzeit TB in Übereinstimmung mit der folgenden Gleichung auf Grundlage der Einlassluftmenge Q und der Kraftmaschinendrehzahl N berechnet.

$$TB = (Q/N) \cdot K$$

[0093] Im folgenden Schritt **61** wird beurteilt, ob die in dem vorliegenden Verarbeitungszyklus zu findende Kraftstoffeinspritzzeit TAU die Kraftstoffeinspritzzeit für die erste Zylindergruppe **1a** oder für die zweite Zylindergruppe **1b** ist. Wenn beurteilt wurde, dass die in dem gegenwärtigen Verarbeitungszyklus zu findende Kraftstoffeinspritzzeit TAU die Kraftstoffeinspritzzeit für die erste Zylindergruppe **1a**, das heißt, den ersten Zylinder #1 ist, dann schreitet die Routine zu Schritt **62**, bei dem der Rückkopplungskorrekturkoeffizient $FAFA$ für die erste Zylindergruppe **1a** berechnet wird. In dem folgenden Schritt **63** wird $FAFA$ als FAF gespeichert. In dem folgenden Schritt **64** wird beurteilt, ob der Merker der in der in [Fig. 7](#) gezeigten Routine gesetzt oder zurückgesetzt ist. Wenn der Merker gesetzt ist, das heißt, wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb durchführen muss, dann schreitet die Routine zu Schritt **65** vor, bei dem das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $(A/F)_T$ auf das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis $(A/F)_{LL}$ eingestellt wird. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis $(A/F)_{LL}$ ungeachtet der Kraftmaschinenbetriebsbedingung bei einem konstanten Wert von 25,0 beibehalten. Daher wird in Schritt **65** $(A/F)_T$ auf 25,0 eingestellt. Dann schreitet die Routine zu Schritt **72**. Wenn andererseits der Merker in Schritt **64** zurückgestellt ist, das heißt, wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Fettbetrieb durchführen muss, dann schreitet die Routine zu Schritt **66** vor, bei dem das Luft-Kraftstoff-Verhältnis $(A/F)_T$ auf das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis $(A/F)_R$ eingestellt wird. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis $(A/F)_R$ ungeachtet der Kraftmaschinenbetriebsbedingung bei einem konstanten Wert von 14,0 beibehalten. Somit wird in Schritt **66** $(A/F)_T$ auf 14,0 eingestellt. Die Routine schreitet als Nächstes zu Schritt **72** vor.

[0094] Wenn in Schritt **61** bestimmt wird, dass die in dem vorliegenden Verarbeitungszyklus zu findende Kraftstoffeinspritzzeit TAU für die zweite Zylindergruppe **1b**, also für jeden von dem zweiten Zylinder #2, dem dritten Zylinder #3 und dem vierten Zylinder

#4 ist, dann schreitet die Routine zu Schritt **67** vor, bei dem der Rückkopplungskorrekturkoeffizient FAFB für die zweite Zylindergruppe **1b** berechnet wird. In dem folgenden Schritt **68** wird FAFB als FAF gespeichert. Im folgenden Schritt **69** wird beurteilt, ob der Merker eingestellt ist.

[0095] Wenn der Merker eingestellt ist, das heißt, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführen muss, schreitet die Routine zu Schritt **70** vor, bei dem das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T auf das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)RR eingestellt wird. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)RR ungeachtet der Kraftmaschinenbetriebsbedingung bei einem konstanten Wert von 14,0 beibehalten. Somit wird in Schritt **70** (A/F)T auf 14,0 eingestellt. Dann schreitet die Routine zu Schritt **72** vor. Wenn im Gegensatz dazu der Merker zurückgestellt ist, das heißt wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb durchführen muss, dann schreitet die Routine zu Schritt **71**, bei dem das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T auf das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L eingestellt wird. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L ungeachtet der Kraftmaschinenbetriebsbedingung bei einem konstanten Wert von 25,0 beibehalten. Somit wird in Schritt **71** (A/F)T auf 25,0 eingestellt. Dann schreitet die Routine zu Schritt **72**.

[0096] In Schritt **72** wird die Kraftstoffeinspritzzeit TAU gemäß der folgenden Gleichung berechnet.

$$\text{TAU} = \text{TB} \cdot ((\text{A/F})\text{S}/(\text{A/F})\text{T}) \cdot \text{FAF}$$

[0097] Der Kraftstoff wird von jedem Kraftstoffinjektor **5** für die Zeitspanne der Kraftstoffeinspritzzeit TAU eingespritzt.

[0098] Als Nächstes wird ein weiteres Ausführungsbeispiel des Betriebssteuerverfahrens erläutert.

[0099] Wenn in dem vorstehend erwähnten Ausführungsbeispiel die kumulative Menge S(HC) des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden HC den tolerierbaren Maximalwert TM überschreitet, dann wird das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden Abgases zeitweise mager gemacht, um die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** wieder herzustellen, wobei die folgende Tatsache berücksichtigt wird. Das heißt, die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** verschlechtert sich, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden Abgases fett ist und die kumulative HC-Menge S(HC) erhöht ist. Mit anderen Worten wird der Wiederherstellungsbetrieb der katalytischen Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** nicht durchgeführt, solange die kumulative HC-Menge S(HC) den tolerierbaren Maximalwert TM nicht über-

schreitet, das heißt, solange die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** nicht auf den tolerierbaren Wert verschlechtert ist. Jedoch ist es möglich, den Wiederherstellungsbetrieb der katalytischen Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** bei relativ kurzen Intervallen durchzuführen, bevor sich die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** auf den tolerierbaren Wert verschlechtert hat. Ein solcher Wiederherstellungsbetrieb der katalytischen Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** bei kurzen Intervallen hält die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** bei einem hohen Niveau.

[0100] Es ist andererseits wünschenswert, dass die Größe der Abgasreinigungsvorrichtung so klein wie möglich ist. Somit ist es nicht vorzuziehen, dass das Volumen des NO_x-OR-Katalysators **11a** erhöht ist. Falls jedoch das Volumen des NO_x-OR-Katalysators **11a** verringert ist, dann ist die NO_x-Okklusionsfähigkeit des NO_x-OR-Katalysators **11a** reduziert. Somit kann der NO_x-OR-Katalysator **11a** einfach mit NO_x gesättigt werden. Daher ist es zum Freigeben von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x nötig, dass das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases zeitweise bei relativ kurzen Intervallen fett gemacht wird. Auf diese Weise wird eine Menge von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x gefunden und wenn die gefundene NO_x-Menge einen vorbestimmten Maximalwert überschreitet, dann wird das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases temporär fett gemacht. Als ein Ergebnis wird in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludiertes NO_x freigegeben und die NO_x-Okklusionsfähigkeit des NO_x-OR-Katalysators **11a** wird sichergestellt.

[0101] Wie vorstehend erwähnt ist, ist es für die Abgasreinigung vorzuziehen, dass das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden Abgases mager gemacht ist, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases fett gemacht ist. Falls das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases in Übereinstimmung mit der Menge von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x zeitweise fett gemacht ist und das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** in Übereinstimmung mit dem Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases mager gemacht ist, werden die folgenden drei Punkte erhalten. Das heißt, die NO_x-Okklusionsfähigkeit des NO_x-OR-Katalysators **11a** ist sichergestellt, das Abgas wird hervorragend gereinigt und der Wiederherstellungsbetrieb der katalytischen Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** wird bei relativ kurzen Intervallen durchgeführt. Daher wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Menge von in dem

NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x herausgefunden und wenn die NO_x-Menge den vorstehend erwähnten Maximalwert überschreitet, dann wird das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases zeitweise fett gemacht und das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegkatalysator **8a** strömenden Abgases wird zeitweise mager gemacht.

[0102] Zudem führt in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die erste Zylindergruppe **1a** den Fettbetrieb durch, um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegkatalysator **8a** strömenden Abgases fett zu machen und führt den Magerbetrieb aus, um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem Dreiwegkatalysator **8a** strömenden Abgases mager zu machen. Ferner führt die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durch, um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases fett zu machen und führt den Magerbetrieb durch, um das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases mager zu machen. Das heißt, in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel führt die erste Zylindergruppe **1a** den Fettbetrieb durch und die zweite Zylindergruppe **1b** führt den Magerbetrieb durch. Falls die Menge von in dem NO_x-OR-Katalysator okkludierten NO_x den Maximalwert überschreitet, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb durchführt, dann führt die erste Zylindergruppe **1a** zeitweise den Magerbetrieb durch und die zweite Zylindergruppe **1b** führt zeitweise den Fettbetrieb durch. Man beachte dass dann, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** zeitweise den Fettbetrieb durchführen muss und die erste Zylindergruppe **1a** zeitweise den Magerbetrieb durchführen muss, das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)_T eines jeden Zylinders der zweiten Zylindergruppe **1b** gleich dem vorstehend erwähnten fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)_{RR} gemacht sein kann und dass jenes des Zylinders der ersten Zylindergruppe **1a** gleich dem vorstehend erwähnten mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)_{LL} gemacht sein kann.

[0103] Die Zeitspanne, während der die zweite Zylindergruppe **1b** zeitweise den Fettbetrieb durchführt und die erste Zylindergruppe **1a** zeitweise den Magerbetrieb durchführt, kann auf jede Zeitspanne eingestellt sein. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird die zweite Zylindergruppe **1b** dazu gebracht, den Magerbetrieb wieder aufzunehmen und die erste Zylindergruppe **1a** wird dazu gebracht, in Übereinstimmung damit den Magerbetrieb wieder aufzunehmen, falls die Menge von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x auf unterhalb eines vorbestimmten Minimalwerts abnimmt, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführt.

[0104] Es ist schwierig, die Menge von in dem NO_x-OR-Katalysator okkludierten NO_x direkt herauszufinden. Somit wird in diesem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Menge von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x aus der Menge von zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden NO_x, das heißt, der Menge von NO_x abgeschätzt, die von der zweiten Zylindergruppe **1b** ausgelassen wird. Die Menge von von einer Kraftmaschine pro Zeiteinheit ausgelassenem Abgas nimmt nämlich zu, wenn die Kraftmaschinendrehzahl N zunimmt und somit nimmt die Menge von pro Zeiteinheit zu dem NO_x-OR-Katalysator **11a** strömenden NO_x zu, wenn die Kraftmaschinendrehzahl N zunimmt. Wenn die Kraftmaschinenlast Q/N zunimmt, dann nimmt die Menge von von der Kraftmaschine ausgelassenem Abgas zu und die Verbrennungstemperatur wird erhöht und somit nimmt die Menge von einströmendem NO_x zu.

[0105] [Fig. 9A](#) zeigt die durch Versuche erhaltene Beziehung zwischen der Menge Q(NO_x) von von der zweiten Zylindergruppe **1b** pro Zeiteinheit ausgelassenem NO_x, der Kraftmaschinenlast Q/N und der Kraftmaschinendrehzahl N bei einem konstanten mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)_L. In [Fig. 9A](#) drückt jede Kurve eine gleiche NO_x-Menge aus. Wie in [Fig. 9A](#) gezeigt ist, nimmt die Menge Q(NO_x) von von der zweiten Zylindergruppe **1b** pro Zeiteinheit ausgelassenem NO_x zu, wenn die Kraftmaschinenlast Q/N zunimmt und wenn die Kraftmaschinendrehzahl N zunimmt. Man beachte, dass die in [Fig. 9A](#) gezeigte NO_x-Menge Q(NO_x) in Form eines in [Fig. 9B](#) gezeigten Kennfelds in dem ROM **22** gespeichert wird.

[0106] Das heißt, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb durchführt, dann nimmt die Menge S(NO_x) von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** NO_x um Q(NO_x) pro Zeiteinheit zu. Somit wird die Menge S(NO_x) von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb durchführt, durch die folgende Gleichung ausgedrückt:

$$S(\text{NO}_x) = S(\text{NO}_x) + Q(\text{NO}_x) \cdot \text{DELTA}_{\text{Ana}},$$

wobei DELTA_{Ana} ein Intervall einer Erfassungszeit von Q(NO_x) wiedergibt. Somit gibt Q(NO_x)·DELTA_{Ana} die Menge von in dem NO_x-OR-Katalysator **11a** seit der vorangehenden Verarbeitungsroutine bis zur gegenwärtigen Verarbeitungsroutine okkludierten NO_x wieder. Falls die NO_x-Menge S(NO_x) einen vorbestimmten Maximalwert MAX(NO_x) überschreitet, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb durchführt und die erste Zylindergruppe **1a** den Fettbetrieb durchführt, dann muss die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführen und die erste Zylindergruppe **1a** muss den Magerbetrieb durchführen.

[0107] Andererseits zeigt [Fig. 10A](#) eine Menge $D(\text{NO}_x)$ von von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** pro Zeiteinheit ausgelassenem NO_x , die durch Versuche erhalten wird. In [Fig. 10A](#) gibt die durchgezogene Linie einen Zustand wieder, in dem die Temperatur des NO_x -OR-Katalysators **11a** hoch ist und die gestrichelte Linie gibt einen Zustand wieder, in dem die Temperatur des NO_x -OR-Katalysators **11a** niedrig ist. In [Fig. 10A](#) bezeichnet TIME eine Zeit von dann, wenn die Fettbetriebszeit TR gestartet wurde, das heißt, von dann, wenn das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)T von dem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L auf das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)R geändert wurde. Wenn die Temperatur des NO_x -OR-Katalysators **11a** höher ist, dann nimmt die Zerlegungsrate von NO_x in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** zu. Somit wird dann, wie durch die durchgezogene Linie in [Fig. 10A](#) gezeigt ist, wenn die Temperatur des NO_x -OR-Katalysators **11a** hoch ist, das heißt, wenn eine Temperatur TNC des zu dem NO_x -OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases hoch ist, eine große Menge von NO_x von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** freigegeben, bevor das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases an der Oberfläche des NO_x -OR-Katalysators **11a** ausreichend fett wird. Wie durch die gestrichelte Linie in [Fig. 10A](#) gezeigt ist, wird dann, wenn die Temperatur des NO_x -OR-Katalysators **11a** niedrig ist, das heißt, wenn die Temperatur TNC niedrig ist, eine kleine Menge von NO_x von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** freigegeben. Mit anderen Worten nimmt die Menge $D(\text{NO}_x)$ von von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** freigegebenen NO_x mit dem Höherwerden der Abgastemperatur TNC zu. Die NO_x -Menge $D(\text{NO}_x)$ wird im Vorfeld als eine Funktion der Abgastemperatur TNC und der Zeit TIME in dem ROM **22** in Form des in [Fig. 10B](#) gezeigten Kennfelds gespeichert.

[0108] Die Temperatur TNC des zu dem NO_x -OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases kann beispielsweise durch einen Sensor bestimmt werden. Jedoch wird in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Temperatur TNC des zu dem NO_x -OR-Katalysator **11a** strömenden Abgases aus dem Kraftmaschinenbetriebszustand, das heißt, der Kraftmaschinenlast Q/N und der Kraftmaschinendrehzahl N abgeschätzt. TNC wird nämlich im Vorfeld durch Versuche erhalten und in dem ROM **22** in der Form eines in [Fig. 11](#) gezeigten Kennfelds gespeichert.

[0109] Man beachte, dass die Menge $Q(\text{NO}_x)$ des von der zweiten Zylindergruppe **1b** pro Zeiteinheit ausgelassenen NO_x in Übereinstimmung mit dem Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis variiert. Falls das magere Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L beispielsweise in Übereinstimmung mit dem Kraftmaschinenbetriebszustand dazu gebracht wird, sich zu ändern, ist es somit nötig, das aus dem in [Fig. 9B](#) gezeigten Kennfeld erhaltene $Q(\text{NO}_x)$ in Übereinstimmung mit dem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis

(A/F)L zu korrigieren. Alternativ ist es notwendig, $Q(\text{NO}_x)$ unter Verwendung eines Kennfelds zu finden, das die Beziehungen zwischen dem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis (A/F)L und der Menge $Q(\text{NO}_x)$ ausdrückt.

[0110] Das heißt, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführt, dann wird die Menge $S(\text{NO}_x)$ von in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x um $D(\text{NO}_x)$ pro Zeiteinheit reduziert. Somit wird dann, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführt, die Menge $S(\text{NO}_x)$ von in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x durch folgende Gleichung ausgedrückt.

$$S(\text{NO}_x) = S(\text{NO}_x) - D(\text{NO}_x) \cdot \text{DELTA}nd,$$

wobei DELTAnd ein Intervall der Erfassungszeit von $D(\text{NO}_x)$ wiedergibt. Somit gibt $Q(\text{NO}_x) - \text{DELTA}nd$ eine Menge von von dem NO_x -OR-Katalysator **11a** in einer Zeitspanne seit der vorangehenden Verarbeitungsroutine bis zu der gegenwärtigen Verarbeitungsroutine freigegebenem NO_x wieder. Falls die NO_x -Menge $S(\text{NO}_x)$ niedriger als ein vorbestimmter Minimalwert $\text{MIN}(\text{NO}_x)$ wird, wenn die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführt und die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb durchführt, dann muss die zweite Zylindergruppe **1b** den Magerbetrieb durchführen und die erste Zylindergruppe **1a** muss den Fettbetrieb durchführen.

[0111] [Fig. 12](#) zeigt eine Betriebssteuerroutine gemäß dem vorstehend erwähnten Ausführungsbeispiel. Diese Routine wird durch Unterbrechung zu jeder vorbestimmten Zeit ausgeführt.

[0112] Unter Bezugnahme auf [Fig. 12](#) wird zunächst in Schritt **80** beurteilt, ob der Merker gesetzt ist, der dann gesetzt wird, wenn die erste Zylindergruppe **1a** den Magerbetrieb durchführen muss und die zweite Zylindergruppe **1b** den Fettbetrieb durchführen muss, um die katalytische Aktivität des Dreiwegekatalysators **8a** wieder herzustellen. Wenn der Merker zurückgesetzt ist, schreitet die Routine zu Schritt **81** vor, wo $Q(\text{NO}_x)$ aus dem in [Fig. 9B](#) gezeigten Kennfeld berechnet wird. Im folgenden Schritt **82** wird die Menge $S(\text{NO}_x)$ des okkludierten NO_x auf Grundlage der folgenden Gleichung berechnet.

$$S(\text{NO}_x) = S(\text{NO}_x) + Q(\text{NO}_x) \cdot \text{DELTA}na,$$

wobei DELTAna ein Zeitintervall seit dem vorhergehenden Verarbeitungszyklus bis zu dem gegenwärtigen Verarbeitungszyklus wiedergibt. In dem folgenden Schritt **83** wird bestimmt, ob die NO_x -Menge $S(\text{NO}_x)$ größer als die maximale Menge $\text{MAX}(\text{NO}_x)$ ist, die in Übereinstimmung mit der Okklusionskapazität des NO_x -OR-Katalysators **11a** bestimmt wird. Wenn $S(\text{NO}_x) \leq \text{MAX}(\text{NO}_x)$ ist, dann wird der Verarbeitungszyklus beendet.

[0113] Das heißt, wenn $S(\text{NO}_x) \leq \text{MAX}(\text{NO}_x)$ ist, dann wird beurteilt, dass die NO_x -Okklusionsfähigkeit des NO_x -OR-Katalysators **11a** noch groß ist und der Magerbetrieb der zweiten Zylindergruppe **1b** und der Fettbetrieb der ersten Zylindergruppe **1a** werden fortgeführt.

[0114] Wenn im Gegensatz dazu in Schritt **83** $S(\text{NO}_x) > \text{MAX}(\text{NO}_x)$ ist, dann schreitet die Routine zu Schritt **84** vor, wo der Merker gesetzt wird und dann wird der Verarbeitungszyklus beendet. Das heißt, wenn $S(\text{NO}_x) > \text{MAX}(\text{NO}_x)$ ist, dann wird beurteilt, dass die NO_x -Okklusionsfähigkeit des NO_x -OR-Katalysators **11a** kleiner wird und somit wird der Magerbetrieb der zweiten Zylindergruppe **1b** gestoppt und der Fettbetrieb wird gestartet. Zu diesem Zeitpunkt wird der Fettbetrieb der ersten Zylindergruppe **1a** gestoppt und der Magerbetrieb wird gestartet.

[0115] Wenn der Merker gesetzt ist, dann schreitet die Routine von Schritt **80** zu Schritt **85**, wo die Abgastemperatur TNC aus dem in [Fig. 11](#) gezeigten Kennfeld berechnet wird. Im folgenden Schritt **86** wird aus dem in [Fig. 10B](#) gezeigten Kennfeld $D(\text{NO}_x)$ berechnet. In dem folgenden Schritt **87** wird die Menge $S(\text{NO}_x)$ von in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x auf Grundlage der folgenden Gleichung berechnet.

$$S(\text{NO}_x) = S(\text{NO}_x) - D(\text{NO}_x) \cdot \text{DELTA}nd,$$

wobei $\text{DELTA}nd$ ein Zeitintervall von dem vorhergehenden Verarbeitungszyklus bis zu dem gegenwärtigen Verarbeitungszyklus ist. Im folgenden Schritt **88** wird beurteilt, ob die NO_x -Menge $S(\text{NO}_x)$ kleiner als der Minimalwert $\text{MIN}(\text{NO}_x)$ ist. Wenn $S(\text{NO}_x) > \text{MIN}(\text{NO}_x)$ ist, dann wird der Verarbeitungszyklus beendet. Das heißt, wenn $S(\text{NO}_x) \geq \text{MIN}(\text{NO}_x)$ ist, dann wird beurteilt, dass die Okklusionskapazität des NO_x -OR-Katalysators **11a** nicht ausreichend groß wird und der Fettbetrieb der zweiten Zylindergruppe **1b** und der Magerbetrieb der ersten Zylindergruppe **1a** werden fortgeführt.

[0116] Wenn im Gegensatz dazu in Schritt **88** $S(\text{NO}_x) < \text{MIN}(\text{NO}_x)$ ist, dann schreitet die Routine zu Schritt **89** vor, wo der Merker zurückgesetzt wird und dann wird der Verarbeitungszyklus beendet. Das heißt, wenn $S(\text{NO}_x) < \text{MIN}(\text{NO}_x)$ ist, dann wird beurteilt, dass die Okklusionsfähigkeit des NO_x -OR-Katalysators **11a** ausreichend groß wird und der Fettbetrieb der zweiten Zylindergruppe **1b** wird gestoppt und der Magerbetrieb wird gestartet. Zu diesem Zeitpunkt wird der Magerbetrieb der ersten Zylindergruppe **1a** gestoppt und der Fettbetrieb wird gestartet. In der in [Fig. 8](#) gezeigten Routine wird die Kraftstoffeinspritzzeit TAU auf Grundlage dessen berechnet, ob der in der in [Fig. 12](#) gezeigten Routine gesteuerte Merker gesetzt oder zurückgesetzt ist.

[0117] In dem unter Bezugnahme auf [Fig. 1](#) bis [Fig. 7](#) erläuterten Ausführungsbeispiel wird die Menge $S(\text{HC})$ des kumulativen HC, das zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömt, herausgefunden und die Betriebsbedingungen der ersten und zweiten Zylindergruppe **1a** und **1b** werden in Übereinstimmung mit dem Wert $S(\text{HC})$ geändert. Das heißt, die Betriebsbedingung der ersten Zylindergruppe **1a** wird von dem Fettbetrieb auf den Magerbetrieb geändert und die der zweiten Zylindergruppe **1b** wird von dem Magerbetrieb auf den Fettbetrieb geändert. In dem unter Bezugnahme auf [Fig. 8](#) bis [Fig. 12](#) erläuterten Ausführungsbeispiel wird die Menge $S(\text{NO}_x)$ von in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x herausgefunden und die Betriebszustände der ersten und zweiten Zylindergruppen **1a** und **1b** werden in Übereinstimmung mit dem $S(\text{NO}_x)$ geändert. Wahlweise werden sowohl die kumulative Menge $S(\text{HC})$ des zu dem Dreiwegekatalysator **8a** strömenden HC als auch die Menge $S(\text{NO}_x)$ des in dem NO_x -OR-Katalysator **11a** okkludierten NO_x herausgefunden und die Betriebsbedingungen der ersten und zweiten Zylindergruppe **1a** und **1b** können in Übereinstimmung mit einem von $S(\text{HC})$ und $S(\text{NO}_x)$ geändert werden. In diesem Fall können die Betriebsbedingungen der ersten und zweiten Zylindergruppe **1a** und **1b** geändert werden, wenn $S(\text{HC})$ größer als der tolerierbare Maximalwert TM wird oder wenn $S(\text{NO}_x)$ größer als der Maximalwert MAX wird. Ferner können alternativ die Betriebsbedingungen der ersten und zweiten Zylindergruppe **1a** und **1b** in Übereinstimmung mit den Charakteristiken, dem Material oder der Kapazität eines jeden Katalysators oder okkludierten Materials oder dem Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases oder dessen Strömungsrate geändert werden.

[0118] Ferner können der tolerierbare Maximalwert TM für die kumulative HC-Menge $S(\text{HC})$ und der Maximalwert MAX und der Minimalwert MIN für die okkludierte NO_x -Menge $S(\text{NO}_x)$ in Übereinstimmung mit der Charakteristik, dem Material oder der Kapazität eines jeden Katalysators oder okkludierenden Materials oder dem Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases oder dessen Strömungsrate oder dem Kraftmaschinenbetriebszustand geändert werden. In den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen besteht die erste Zylindergruppe **1a** aus einem einzelnen Zylinder und die zweite Zylindergruppe **1b** besteht aus drei Zylindern. Alternativ kann die erste Zylindergruppe **1a** aus einer Vielzahl von Zylindern bestehen und die zweite Zylindergruppe **1b** kann aus einem einzelnen Zylinder bestehen. Jedoch ist es wünschenswert, die Kraftstoffverbrauchsrate so stark wie möglich zu reduzieren. Somit ist es vorzuziehen, dass die Anzahl von Zylindern der zweiten Zylindergruppe **1b**, die im Wesentlichen den Magerbetrieb durchführt, so groß wie möglich ist. Man beachte, dass in einem Fall, in dem die erste Zylindergruppe **1a** aus einer Vielzahl von Zylindern be-

steht, die Sollsteuerwerte (A/F)T des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von allen Zylindern der ersten Zylindergruppe **1a** für jeden Zylinder gleich gemacht sind.

Bezugszeichenliste

1	Kraftmaschinenkörper
1a	Erster Zylindergruppe
1b	Zweiter Zylindergruppe
5	Kraftstoffinjektor
8	NH ₃ -Synthesekatalysator
8a	Dreiwegekatalysator
11	NO _x okkludierender und freigebender Katalysator
13	Zusammenführungsauslassrohr
14	Abgasreinigungskatalysator

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Reinigen eines Abgases einer Brennkraftmaschine, die eine Vielzahl von Zylindern hat, welche in erste und zweite Zylindergruppen (**1a**, **1b**) geteilt sind, und die jeweils an die ersten und zweiten Zylindergruppen (**1a**, **1b**) angeschlossene erste (**7**) und zweite (**10**) Auslassdurchlässe hat, wobei die Vorrichtung folgendes aufweist:
einen NH₃-Synthesekatalysator (**8**), der in dem ersten Auslassdurchlass (**7**) angeordnet ist, wobei der NH₃-Synthesekatalysator (**8**) NH₃ von zumindest einem Teil von NO_x in dem einströmenden Abgas synthetisiert, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases fett ist;
erste Fettungsmittel zum Fettmachen des Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des in den NH₃-Synthesekatalysator (**8**) strömenden Abgases, um NH₃ zu synthetisieren;
einen Zusammenführungsauslassdurchlass (**13**), der den ersten Durchlass (**7**) stromabwärts des NH₃-Synthesekatalysators (**8**) und den zweiten Auslassdurchlass (**10**) zusammenführt, um in dem NH₃-Synthesekatalysator (**8**) synthetisiertes NH₃ und NO_x von dem zweiten Auslassdurchlass (**10**) miteinander in Kontakt kommen zu lassen, um das NO_x durch das NH₃ zu reduzieren;
erste Magerungsmittel zum temporären Magermachen des Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des in den NH₃-Synthesekatalysator (**8**) strömenden Abgases; wobei eine kumulative Menge von zu dem NH₃-Synthesekatalysator (**8**) strömenden Kohlenwasserstoff (HC) erhalten wird, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des zu dem NH₃-Synthesekatalysator (**8**) strömenden Abgases fett ist, und **dadurch gekennzeichnet**, dass das erste Magerungsmittel den Magerungsbetrieb durchführt, wenn die kumulative HC-Menge größer als ein vorbestimmter oberer Grenzwert wird.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, die ferner eine zweite Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhält-

nis-Steuereinrichtung zum Steuern des Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses der zweiten Zylindergruppe aufweist, wobei die zweite Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuereinrichtung das Kraftmaschinen-Luft-Kraftstoff-Verhältnis der zweiten Zylindergruppe mager macht.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, die ferner einen NO_x absorbierenden und reduzierenden (NO_x-OR) Katalysator aufweist, der in dem zweiten Auslassdurchlass angeordnet ist, wobei der NO_x-OR Katalysator NO_x darin absorbiert, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases mager ist, und das aufgeschlossene NO_x davon freigibt und das NO_x reduziert, wenn das Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnis des einströmenden Abgases fett ist, und mit einem zweiten Fettungsmittel zum temporären Fettmachen des Abgas-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des zu dem NO_x-OR-Katalysators strömenden Abgases, um das absorbierte NO_x von dem NO_x-OR-Katalysators freizugeben, wobei das erste Magerungsmittel den Magerungsbetrieb durchführt, wenn das zweite Fettungsmittel den Fettungsbetrieb durchführt.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, ferner mit einer Abschätzeinrichtung zum Abschätzen einer Menge von in dem NH₃-OR-Katalysator absorbierten NO_x, wobei das zweite Fettungsmittel den Fettungsbetrieb durchführt, wenn die abgeschätzte NO_x-Menge größer als ein vorbestimmter oberer Grenzwert wird.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei das zweite Fettungsmittel den Fettungsbetrieb stoppt.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Fig.1

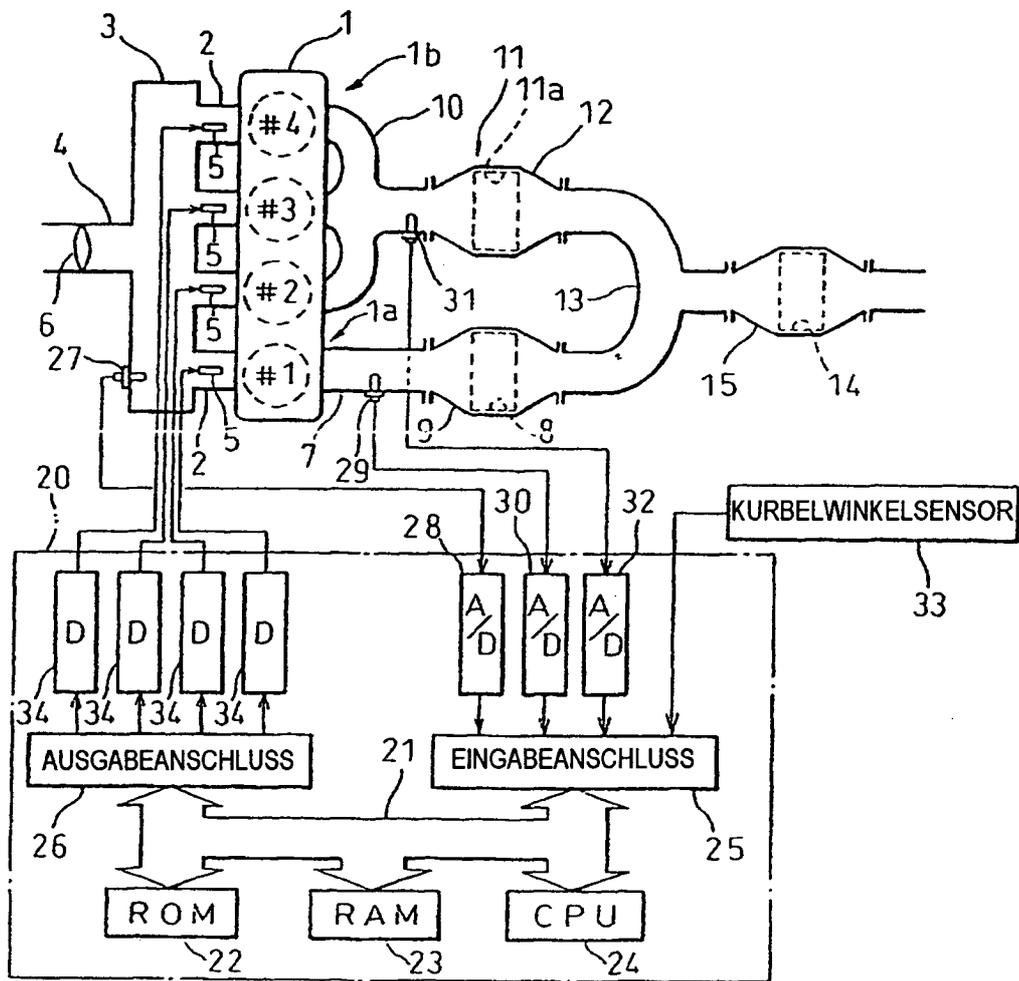


Fig. 2

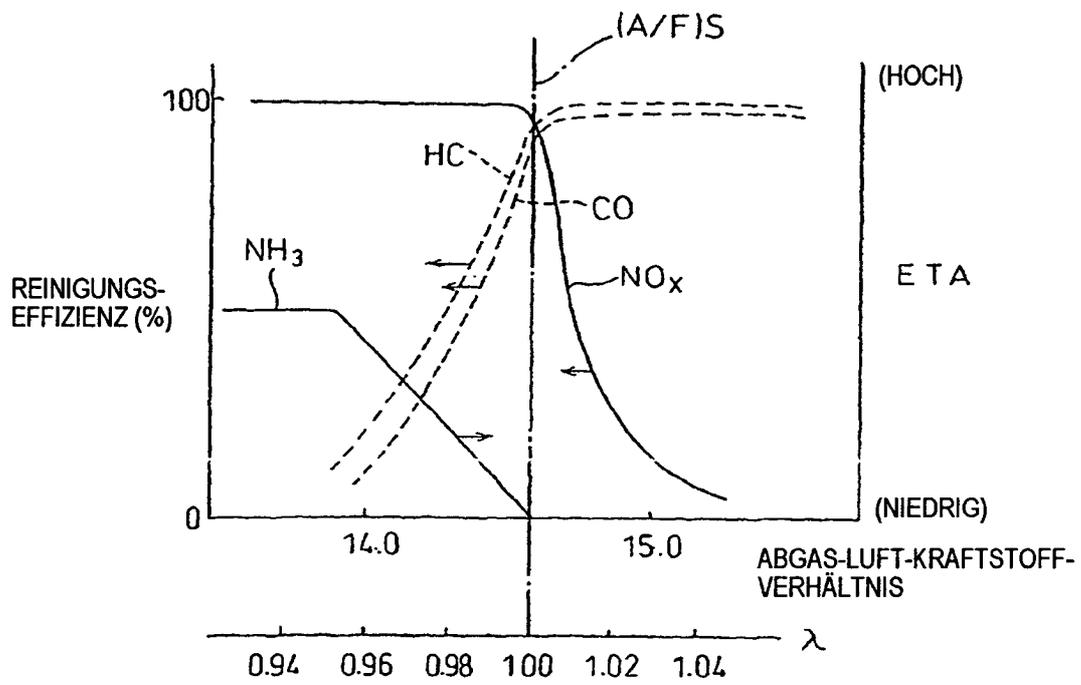


Fig. 3

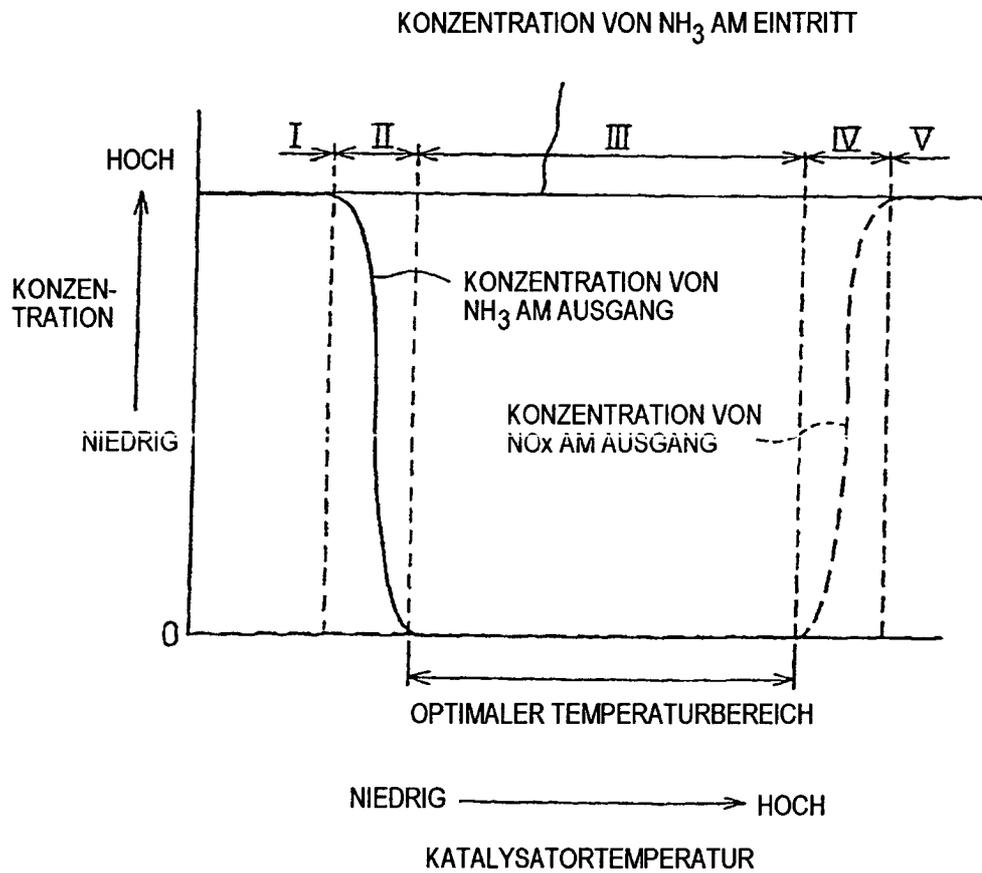


Fig. 4

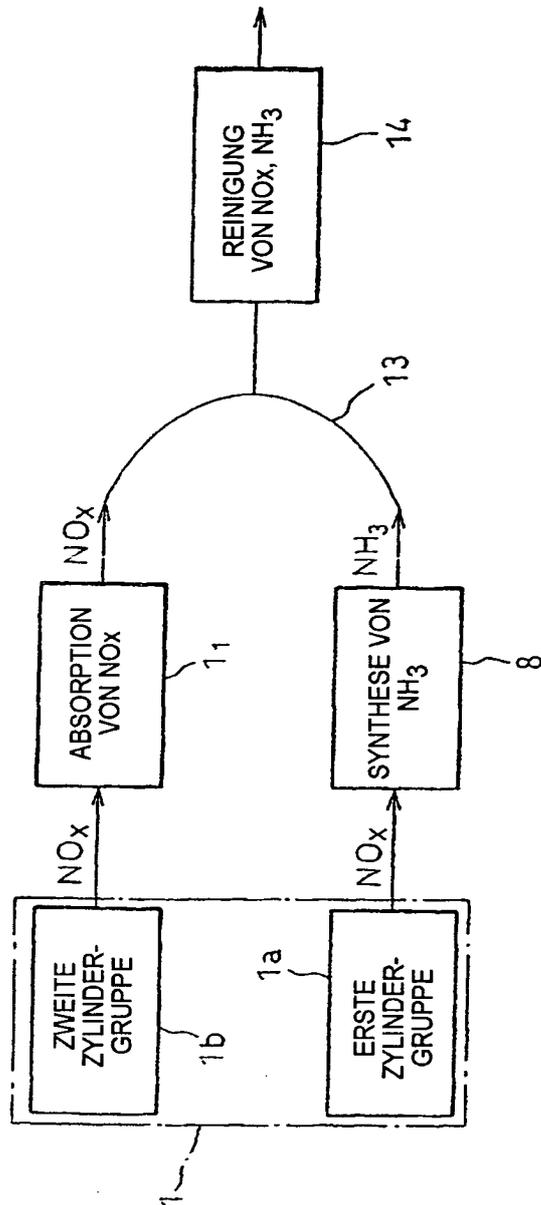


Fig.5A

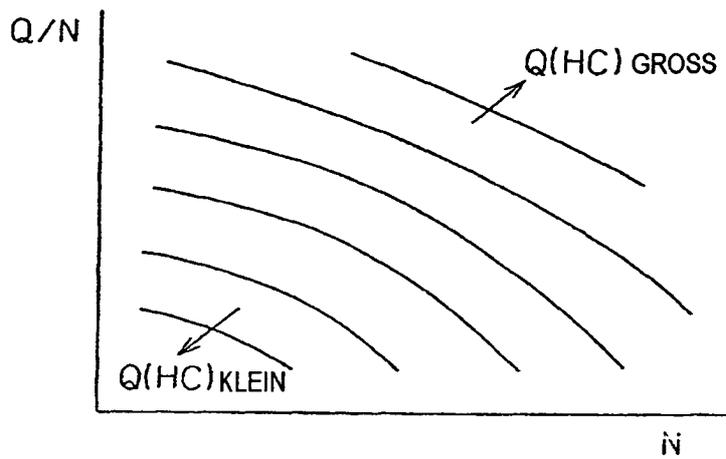


Fig.5B

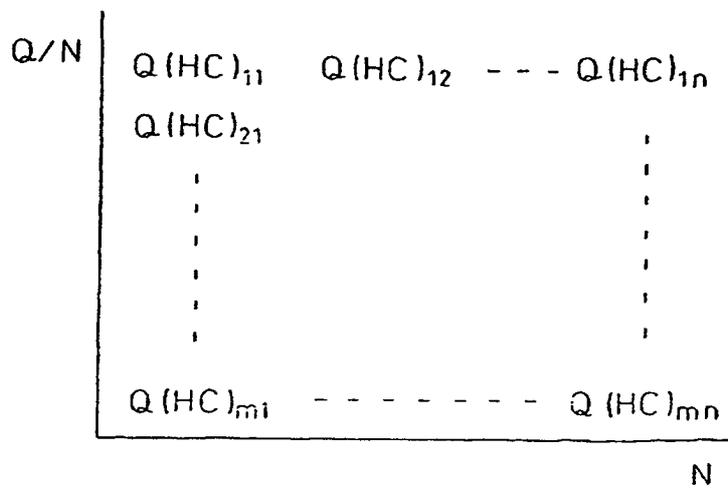


Fig.6

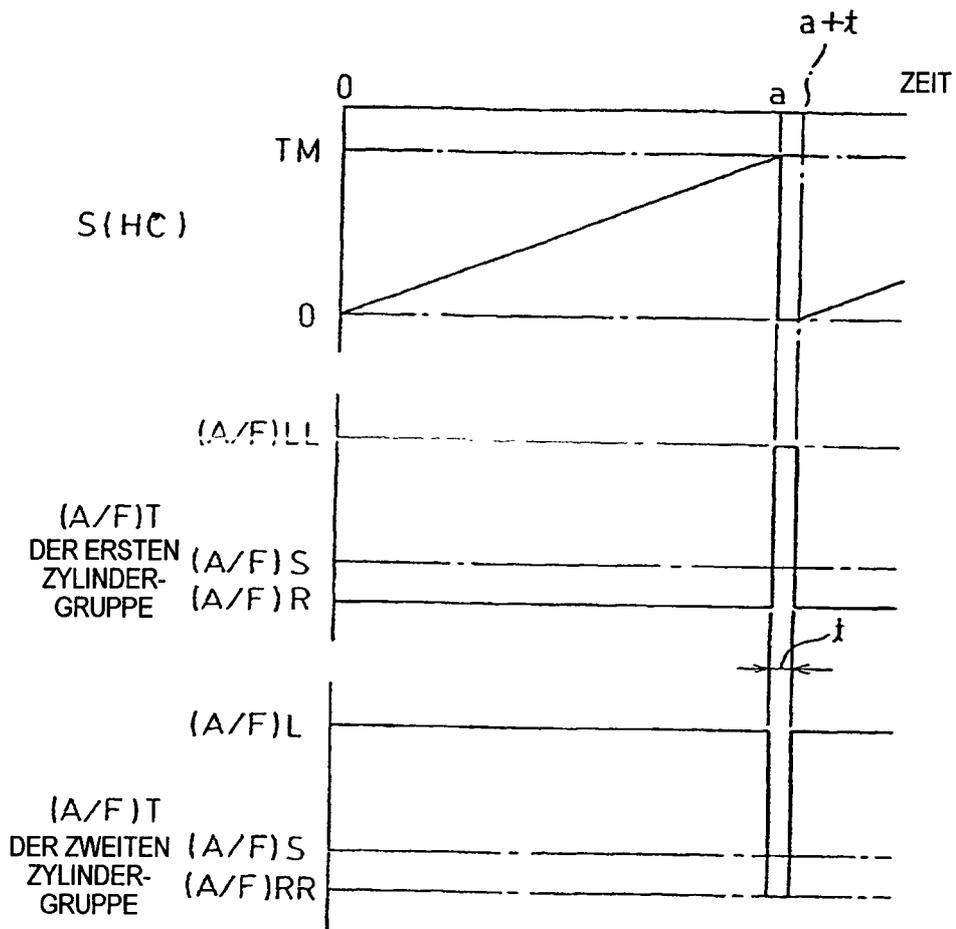


Fig. 7

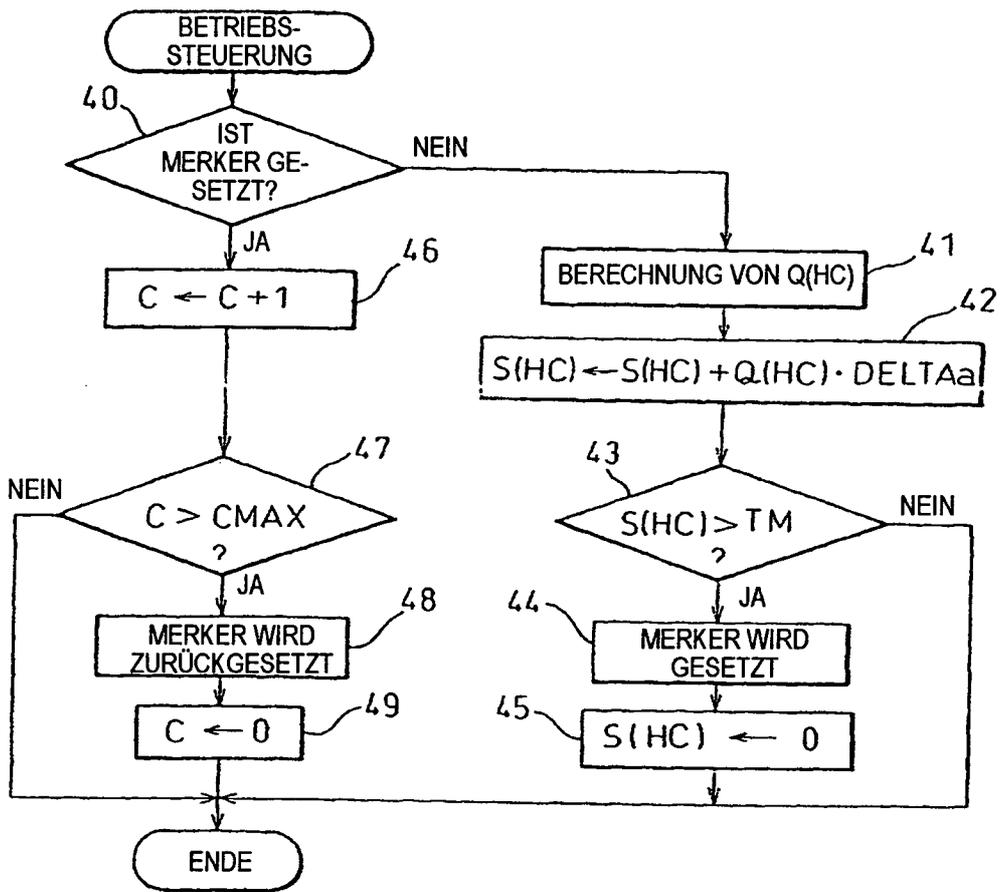


Fig. 8

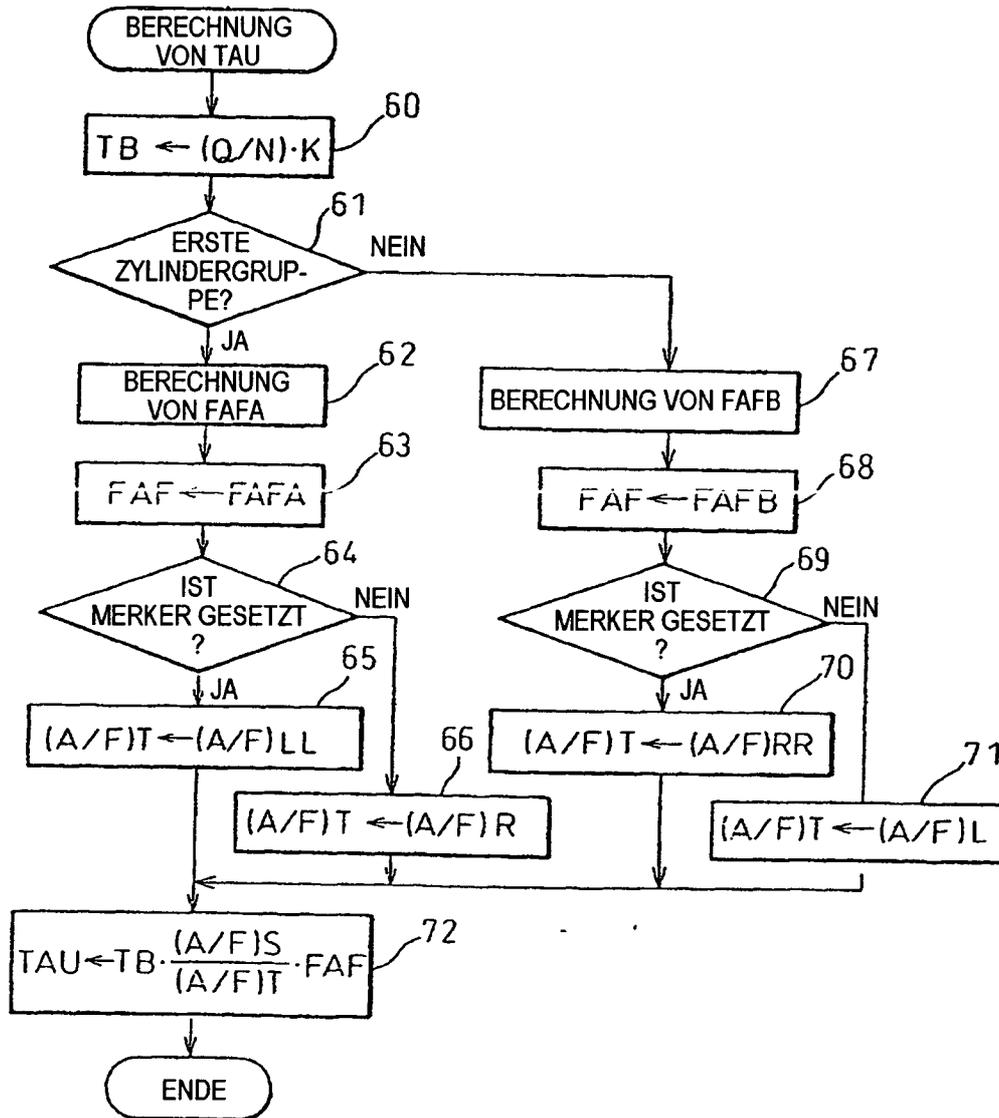


Fig. 9A

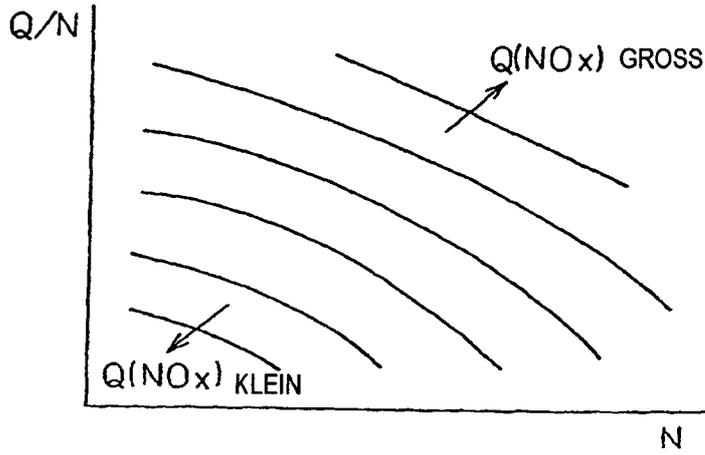


Fig. 9B

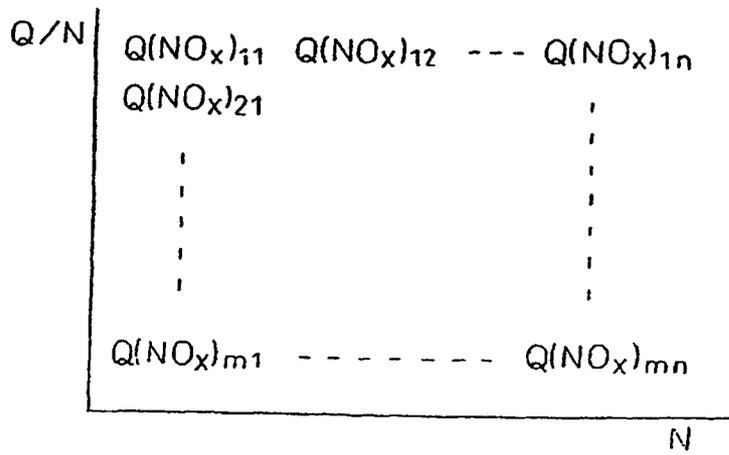


Fig.10A

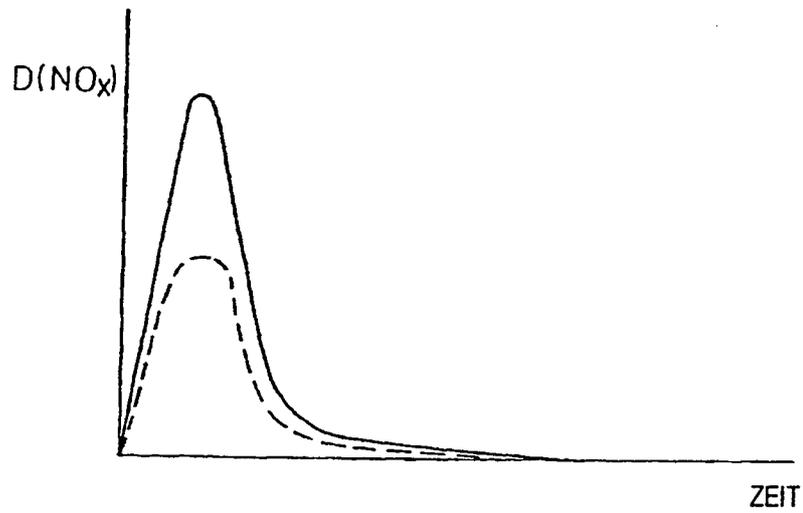


Fig.10B

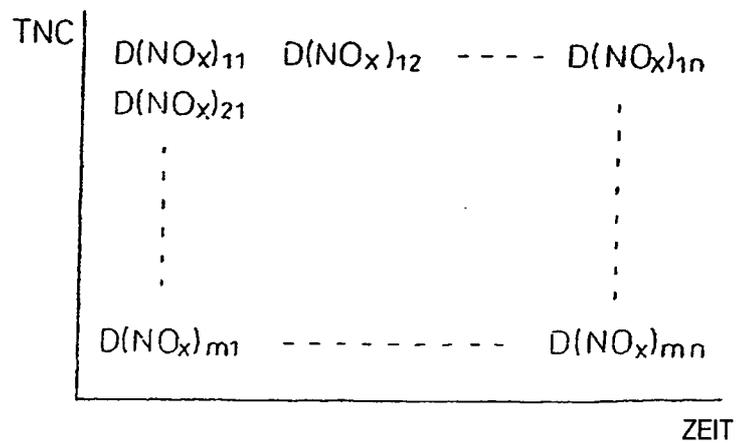


Fig. 11

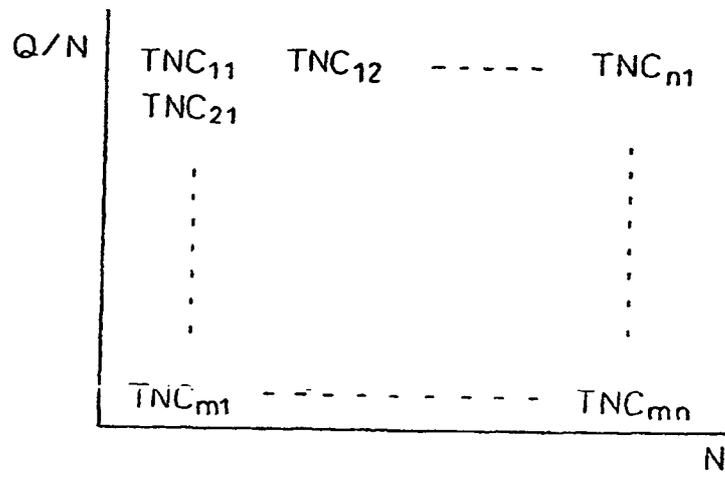


Fig.12

