



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 01 367 T2 2005.10.13**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 245 801 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 01 367.4**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 007 169.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **28.03.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.10.2002**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **29.09.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **13.10.2005**

(51) Int Cl.7: **F01N 3/035**

**F01N 3/08, F01N 3/031, F01N 3/023,**

**F01N 3/20, F01N 3/28, F01N 9/00**

(30) Unionspriorität:

**2001096770 29.03.2001 JP**

**2002022164 30.01.2002 JP**

(73) Patentinhaber:

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

(74) Vertreter:

**Kuhnen & Wacker Patent- und  
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**DE, FR, GB, IT**

(72) Erfinder:

**Mikami, Akira, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP;**

**Hirota, Shinya, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571,**

**JP; Itoh, Kazuhiro, Toyota-shi, Aichi-ken,**

**471-8571, JP; Asanuma, Takamitsu, Toyota-shi,**

**Aichi-ken, 471-8571, JP; Kimura, Koichi,**

**Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Toshioka,**

**Shunsuke, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP;**

**Nakatani, Koichiro, Toyota-shi, Aichi-ken,**

**471-8571, JP; Tanaka, Toshiaki, Toyota-shi,**

**Aichi-ken, 471-8571, JP; Gotoh, Masato,**

**Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP; Ito, Takekazu,**

**Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571, JP**

(54) Bezeichnung: **Abgasreiniger für eine Brennkraftmaschine**

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

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

**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Abgasreinigungsvorrichtung für einen Verbrennungsmotor.

## 2. Beschreibung des einschlägigen Stands der Technik

**[0002]** Beim Verbrennungsmotor, insbesondere bei einem Dieselmotor, sind im Abgas Partikel enthalten, die hauptsächlich aus Ruß bestehen. Da es sich bei solchen Partikeln um schädliche Stoffe handelt, wird vorgeschlagen, daß ein Partikelfilter zum Auffangen der Partikel, bevor diese in die Atmosphäre abgeführt werden, in einem Abgassystem des Motors angeordnet wird. Um jedoch den Anstieg eines Abgaswiderstands aufgrund einer Verstopfung zu verhindern, sollten die aufgefangenen Partikel verbrannt werden. Bei einer solchen Filterregenerierung können die Partikel zur Verbrennung bei etwa 600°C gezündet werden, jedoch ist die Abgastemperatur des Dieselmotors allgemein niedriger als 600°C, und es besteht die Notwendigkeit, daß der Filter an sich erwärmt werden muß.

**[0003]** Gemäß der offengelegten, japanischen Patentanmeldung 60-235620 ist offenbart, daß die Partikel auf dem Filter kontinuierlich bei der Temperatur von etwa 400°C verbrannt werden, wobei es sich um die Normaltemperatur des Dieselmotorabgases handelt, indem dem Filter Platinmetall und Erdalkalimetall hinzugefügt werden. Selbst wenn jedoch ein solcher Filter verwendet wird, ist es nicht sicher, ob die Temperatur des Abgases stets auf 400°C gehalten wird und, abhängig vom Fahrzustand des Motors, kann eine große Menge an Partikeln aus dem Dieselmotor abgeführt werden und sich allmählich auf dem Filter ansammeln, wo sie nicht bei jedesmal verbrannt werden.

**[0004]** Wenn sich die Partikel auf diesem Filter zu einer gewissen Menge angesammelt haben, wird die Verbrennungskapazität für die Partikel gemindert, so daß sich der Filter nicht mehr selbst regenerieren kann. Daher ist es nicht ausreichend, einen solchen Filter einfach nur im Motorabgassystem vorzusehen. Dies kann zu einer vorzeitigen Verstopfung führen und die Abgabelitung des Motors beeinflussen.

## KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0005]** Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine Abgasreinigungsvorrichtung für einen Verbrennungsmotor zu schaffen, die eine frühzeitige Verstopfung eines Partikelfilters verhindern und gleichzeitig die in die Atmosphäre abgeführte Menge der in dem Abgas

enthaltenen, schädlichen Substanzen außer den Partikeln senken kann.

**[0006]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung weist die Abgasreinigungsvorrichtung für den Verbrennungsmotor einen in dem Motorabgassystem angeordneten Partikelfilter zum Auffangen der Partikel und eine Umkehrreinrichtung auf, die eine Seite stromauf eines Abgasstroms und eine stromabwärtige Seite des Abgasstroms des Partikelfilters umkehrt. Die durch den Filter aufgefangenen Partikel werden oxidiert, und der Filter weist eine Auffangwand zum Auffangen der Partikel auf. Die Auffangwand weist eine erste Auffangoberfläche und eine zweite Auffangoberfläche auf, die zum Auffangen der Partikel abwechselnd verwendet werden, indem die Seite stromauf des Abgasstroms und die stromabwärtigen Seite des Abgasstroms des Filters durch die Umkehrreinrichtung umgekehrt wird. Eine Katalysatorvorrichtung ist benachbart zu dem Partikelfilter an der Position angeordnet ist, wo sie sich stets an der stromabwärtigen Seite des Filters befindet.

**[0007]** Einige Partikel können aufgrund einer unzureichenden Oxidation entsprechend dem Fahrzustand auf der ersten Auffangoberfläche zurückbleiben. Gemäß dem ersten Aspekt der Abgasreinigungsvorrichtung für den Verbrennungsmotor sorgt die Umkehrung der Seite stromauf und der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms durch die Umkehrreinrichtung dafür, daß die Partikel sich nicht auf der ersten Auffangoberfläche der Auffangwand ansammeln, und es ist eine allmähliche Oxidationsentfernung der Partikel möglich. Gleichzeitig beginnen das Auffangen und die Oxidation der Partikel durch die zweite Auffangoberfläche der Auffangwand. Durch abwechselndes Verwenden der ersten und zweiten Auffangwand für das Auffangen der Partikel kann die Menge der aufgefangenen Partikel an einer jeweiligen Auffangoberfläche im Vergleich zum Auffangen durch Verwendung einer einzelnen Auffangoberfläche reduziert werden. Bei der Oxidationsentfernung der Partikel ist dies vorteilhaft, um die Ansammlung der Partikel auf dem Filter zu vermeiden, um letztendlich ein Verstopfen des Filters zu verhindern.

**[0008]** Ferner dient die Katalysatorvorrichtung durch den Temperaturanstieg infolge der Wärmeleitfähigkeit von dem Partikelfilter in relativ wirksamer Weise dazu, eine möglicherweise große Abfuhrmenge von schädlichen Substanzen außer den in dem Abgas enthaltenen Partikeln zu reduzieren, da die Katalysatorvorrichtung an der stromabwärtigen Seite des zur ihr benachbarten Partikelfilters vorgesehen ist.

**[0009]** In dem ersten Aspekt der Erfindung kann die Auffangwand ein Aktivsauerstofffreisetzungsmittel tragen, um die Partikel durch Aktivsauerstoff zu oxidieren, der aus dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel

freigesetzt wird.

**[0010]** In dem obigen Aspekt erfaßt und behält das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel den umgebenden Sauerstoffüberschuß ein und gibt den aufgefangenen Sauerstoff in der Form von aktivem Sauerstoff ab, wenn die umgebende Sauerstoffkonzentration gesenkt wird.

**[0011]** In dem ersten Aspekt der Erfindung kann die Katalysatorvorrichtung strukturiert sein, um den Oxidationskatalysator zu tragen.

**[0012]** In dem ersten Aspekt der Erfindung kann die Katalysatorvorrichtung strukturiert sein, um den NOx-Katalysator zu tragen.

**[0013]** In dem ersten Aspekt kann die Umkehreinrichtung einen Ventilkörper aufweisen, und die Seite stromauf des und die stromabwärtige Seite des Partikelfilters kann umgekehrt werden, in dem die Position des Ventilkörpers von einer ersten Position in eine zweite Position geändert wird, und das Abgas kann in die Katalysatorvorrichtung strömen, ohne durch den Partikelfilter zu gelangen, wenn der Ventilkörper an einer Zwischenposition zwischen der ersten und der zweiten Position positioniert ist.

**[0014]** In dem obigen Aspekt der Erfindung kann der Ventilkörper unmittelbar nach dem Start des Motors an der Zwischenposition positioniert sein.

**[0015]** In dem obigen Aspekt der Erfindung kann die Abgasreinigungsvorrichtung eine Temperaturerfassungseinrichtung aufweisen, die eine Temperatur der Katalysatorvorrichtung erfaßt oder annimmt, und wenn durch diese Temperaturerfassungseinrichtung erfaßte oder angenommene Temperatur nicht innerhalb eines vorbestimmten Temperaturbereichs ist, kann der Ventilkörper in die Zwischenposition gestellt werden, um den Abgaszustand zu ändern, um die Temperatur der Katalysatorvorrichtung zu steuern, so daß sie innerhalb eines vorbestimmten Bereichs ist.

**[0016]** In dem obigen Aspekt der Erfindung kann das Abgasdrosselventil in dem Motorabgassystem vorgesehen sein, und die Position des Ventilkörpers kann unmittelbar vor Öffnen des Abgasdrosselventils an die Zwischenposition gesteuert werden.

**[0017]** In dem obigen Aspekt der Erfindung, wenn der Motor abgebremst wird, kann der Ventilkörper an die Zwischenposition positioniert werden, und die Temperatur des Abgases kann gleichzeitig erhöht oder die Desoxidationssubstanzen in dem Abgas können vermehrt werden.

**[0018]** In dem ersten Aspekt der Erfindung kann die Umkehreinrichtung einen Ventilkörper aufweisen und die Seite stromauf des und die stromabwärtige Seite

des Partikelfilters umkehren, indem der Ventilkörper von einer ersten Position in eine zweite Position geschaltet wird, und die Katalysatorvorrichtung kann benachbart stromab Seite des Ventilkörpers angeordnet sein.

**[0019]** In dem ersten Aspekt der Erfindung kann die Katalysatorvorrichtung näher an dem Verbrennungsmotor als der Partikelfilter angeordnet sein, und die Katalysatorvorrichtung kann mit dem Partikelfilter verbunden sein, so daß das aus dem Partikelfilter herausströmende Abgas in die Katalysatorvorrichtung einströmt.

**[0020]** In dem ersten Aspekt der Erfindung kann die Katalysatorvorrichtung eine Trennwand aufweisen, die aus einem porösen Material gebildet ist und das Innere der Katalysatorvorrichtung in eine Mehrzahl von axialen Räumen unterteilt, und einen Strömungsmengen-Steuerabschnitt, der an zumindest entweder einem Ende stromauf des oder einem stromabwärtigen Ende des axialen Raums angeordnet ist und eine Strömungsmenge des Abgases steuert.

**[0021]** In dem vorstehenden Aspekt der Erfindung kann der Strömungsmengen-Steuerabschnitt an dem Ende stromauf der oder dem stromabwärtigen Ende der Trennwand angeordnet sein, die eine von zwei benachbarten axialen Räumen umgibt.

**[0022]** In dem vorstehenden Aspekt der Erfindung kann es sich bei dem Strömungsmengen-Steuerabschnitt um einen Stopfen handeln, der entweder an einer Seite stromauf oder einer stromabwärtigen Seite eines jeweiligen axialen Raums angeordnet ist und das Strömen des Abgases verhindert.

**[0023]** In dem vorstehenden Aspekt der Erfindung kann es sich bei dem Strömungsmengen-Steuerabschnitt um einen verjüngten Abschnitt handeln, der einen Öffnungsbereich des axialen Raums vergrößert oder verkleinert.

**[0024]** In dem vorstehenden Aspekt der Erfindung kann der verjüngte Abschnitt mit einem Durchlaß versehen sein, der eine Querschnittsfläche aufweist, die kleiner ist als eine Querschnittsfläche des axialen Raums.

**[0025]** In dem vorstehenden Aspekt der Erfindung kann der verjüngte Abschnitt durch Verformen der Trennwand ausgebildet sein.

**[0026]** In dem vorstehenden Aspekt der Erfindung kann es sich bei dem Strömungsmengen-Steuerabschnitt um eine Katalysatorbeschichtungsschicht handeln, die einen Katalysator auf der Trennwand trägt.

**[0027]** In dem ersten Aspekt der Erfindung können

sowohl der Partikelfilter als auch die Katalysatorvorrichtung in einem Gehäuse angeordnet sein.

[0028] In dem ersten Aspekt der Erfindung kann die Katalysatorvorrichtung um den Partikelfilter herum angeordnet sein.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0029] [Fig. 1](#) ist eine Querschnittsansicht eines Dieselmotors, der mit einer Abgasreinigungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung verwendet wird;

[0030] [Fig. 2](#) ist eine vergrößerte Querschnittsansicht eines Verbrennungsraums in [Fig. 1](#);

[0031] [Fig. 3](#) ist eine Seitenansicht des Zylinderkopfs von unten;

[0032] [Fig. 4](#) ist eine im Querschnitt erstellte Seitenansicht des Verbrennungsraums;

[0033] [Fig. 5](#) ist eine Ansicht, die eine Kraftstoffeinspritzung und Erhebung der Einlaß- und Auslaßventile darstellt;

[0034] [Fig. 6](#) stellt eine erzeugte Menge von Rauch, eine erzeugte Menge von NO<sub>x</sub>, und so weiter dar;

[0035] [Fig. 7A](#) u. [Fig. 7B](#) sind Graphen, die einen Verbrennungsdruck darstellen;

[0036] [Fig. 8](#) stellt Kraftstoffmoleküle dar;

[0037] [Fig. 9](#) stellt eine Beziehung zwischen der Raucherzeugungsmenge und dem AGR-Verhältnis dar;

[0038] [Fig. 10](#) zeigt eine Beziehung zwischen der Kraftstoffeinspritzmenge und der Gasgemischmenge;

[0039] [Fig. 11](#) zeigt einen ersten Optimierungsbereich I und einen zweiten Optimierungsbereich II;

[0040] [Fig. 12](#) zeigt ein Ausgangssignal eines Kraftstoff-Luft-Sensors;

[0041] [Fig. 13](#) zeigt einen Drosselventilöffnungsgrad des Drosselventils und so weiter,

[0042] [Fig. 14](#) zeigt ein Kraftstoff-Luftverhältnis in dem ersten Optimierungsbereich I;

[0043] [Fig. 15A](#) u. [Fig. 15B](#) zeigen Kennfelder für einen Soll-Öffnungsgrad des Drosselventils u. a.

[0044] [Fig. 16](#) zeigt ein Kraftstoff-Luftverhältnis bei der Sekundärverbrennung;

[0045] [Fig. 17A](#) u. [Fig. 17B](#) zeigen einen Soll-Öffnungsgrad des Drosselventils;

[0046] [Fig. 18](#) zeigt eine Querschnittsansicht der Abgasreinigungsvorrichtung;

[0047] [Fig. 19](#) zeigt eine Seitenansicht der Abgasreinigungsvorrichtung, die in [Fig. 18](#) gezeigt ist;

[0048] [Fig. 20](#) zeigt eine weitere unterbrechende Position des Ventilkörpers;

[0049] [Fig. 21](#) zeigt eine Zwischenposition des Ventilkörpers;

[0050] [Fig. 22A](#) u. [Fig. 22B](#) zeigen Strukturen des Partikelfilters;

[0051] [Fig. 23A](#), [Fig. 23B](#) zeigen Erläuterungen zur Oxidation der Partikel;

[0052] [Fig. 24](#) stellt eine Beziehung zwischen der Menge von durch Oxidation entfernbaren Partikeln und der Temperatur des Partikelfilters dar.

[0053] [Fig. 25A](#), [Fig. 25B](#) u. [Fig. 25C](#) zeigen Erläuterungen zur Partikelansammlung;

[0054] [Fig. 26](#) zeigt ein erstes Flußdiagramm zur Verhinderung einer Ansammlung der Partikel auf dem Partikelfilter;

[0055] [Fig. 27A](#) u. [Fig. 27B](#) zeigen vergrößerte Ansichten der Trennwand des Partikelfilters;

[0056] [Fig. 28](#) zeigt ein zweites Flußdiagramm zur Erhöhung der Katalysatorvorrichtungstemperatur;

[0057] [Fig. 29](#) zeigt ein drittes Flußdiagramm zum Steuern der Katalysatorvorrichtungstemperatur;

[0058] [Fig. 30](#) zeigt ein viertes Flußdiagramm zum Entfernen der Partikelmasse von der Katalysatorvorrichtung;

[0059] [Fig. 31](#) ist ein fünftes Flußdiagramm zur Temperaturanstiegssteuerung der Katalysatorvorrichtung;

[0060] [Fig. 32](#) ist eine im Querschnitt erstellte Seitenansicht der Katalysatorvorrichtung, die die Partikel auffangen kann;

[0061] [Fig. 33](#) ist eine im Querschnitt erstellte Seitenansicht einer ersten modifizierten Ausführungsform der Katalysatorvorrichtung von [Fig. 32](#);

[0062] [Fig. 34](#) ist eine im Querschnitt erstellte Seitenansicht einer zweiten modifizierten Ausführungsform der Katalysatorvorrichtung von [Fig. 32](#);

[0063] [Fig. 35](#) ist eine im Querschnitt erstellte Seitenansicht einer dritten modifizierten Ausführungsform der Katalysatorvorrichtung von [Fig. 32](#);

[0064] [Fig. 36](#) ist eine im Querschnitt erstellte Seitenansicht einer vierten modifizierten Ausführungsform der Katalysatorvorrichtung von [Fig. 32](#);

[0065] [Fig. 37](#) ist eine im Querschnitt erstellte Seitenansicht einer weiteren Ausführungsform der Abgasreinigungsvorrichtung gemäß der Erfindung;

[0066] [Fig. 38](#) ist eine Seitenansicht der in [Fig. 37](#) gezeigten Abgasreinigungsvorrichtung.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0067] In der nachstehenden Beschreibung und der beigefügten Zeichnung erfolgt eine ausführlichere Beschreibung der Erfindung bezüglich spezifischer Ausführungsformen.

[0068] [Fig. 1](#) zeigt eine Abgasreinigungsvorrichtung, die in einem Viertakt-Dieselmotor gemäß der Ausführungsform der Erfindung verwendet wird. [Fig. 2](#) ist eine vergrößerte Schnittansicht eines Verbrennungsraums des Dieselmotors in [Fig. 1](#). [Fig. 3](#) ist eine Unteransicht des Zylinderkopfs des Dieselmotors in [Fig. 1](#). [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) zeigen einen Motor 1, einen Zylinderblock 2, einen Zylinderkopf 3, einen Kolben 4, einen Hohlraum 5a, einen Verbrennungsraum 5 in dem Hohlraum 5a, eine elektronisches Kraftstoffeinspritzventil 6, ein Paar von Einlaßventilen 7, einen Ansaugkanal 8, ein Paar von Auslaßventilen 9, und einen Auslaßkanal 10. Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist der Ansaugkanal 8 mit einem Druckluftbehälter 12 durch eine entsprechende Ansaugabzweigung 11 verbunden. Der Druckluftbehälter 12 ist mit einem Luftreiniger 14 über einen Einlaßkanal 13 verbunden. Ein Drosselventil 16, das durch einen elektrischen Motor 15 angesteuert wird, ist in dem Einlaßkanal 13 angeordnet. Ferner ist der Auslaßkanal 10 mit einem Abgaskrümmmer 17 verbunden.

[0069] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, ist der Abgaskrümmmer 17 mit einem Kraftstoff-Luftverhältnis-Sensor 21 versehen. Der Abgaskrümmmer 17 und der Druckluftbehälter 12 sind durch einen AGR-Kanal 22 miteinander verbunden, und das elektronisch gesteuerte AGR-Steuerventil 23 ist innerhalb des AGR-Kanals 22 vorgesehen.

[0070] Ferner ist eine Kühleinheit 24 zum Kühlen des AGR-Gases, das durch den AGR-Kanal 22 strömt, um den AGR-Kanal 22 herum angeordnet. In der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform, wird das Motorkühlmittel in die Kühleinheit 24 eingeführt und kühlt das AGR-Gas. Jedes Kraftstoffeinspritzventil 6 ist hingegen mit einem Kraftstoffreservoir, nämlich ei-

ner sogenannten Common-Rail 26 (bzw. gemeinsamen Druckleitung), durch eine Kraftstoffzufuhrleitung 25, verbunden. Die Common-Rail 26 wird von einer elektronischen Kraftstoffpumpe 27, deren Fördermenge variabel ist, mit Kraftstoff versorgt. Der Kraftstoff, der der Common-Rail 26 zugeführt worden ist, wird dem Kraftstoffeinspritzventil 6 durch jede Kraftstoffzufuhrleitung 25 zugeführt. Ein Kraftstoffdrucksensor 28 zum Erfassen des Kraftstoffdrucks in der Common-Rail 26 ist an derselben befestigt. Basierend auf dem Ausgangssignal von dem Kraftstoffdrucksensor 28 wird die Fördermenge der Kraftstoffpumpe 27 derart gesteuert, daß der Kraftstoffdruck in der Common-Rail 26 gleich einem Soll-Kraftstoffdruck wird.

[0071] In eine elektronische Steuereinheit 20 wird ein Ausgangssignal von dem Kraftstoff-Luftverhältnis-Sensor 21 und ein Ausgangssignal von dem Kraftstoffdrucksensor 28 eingegeben. Ein Lastsensor 41, der eine Ausgangsspannung proportional zu dem Verstellweg L eines Fahrpedals 40 erzeugt, ist mit demselben verbunden. Eine Ausgangsspannung des Lastsensors 41 wird in die Steuereinheit 30 eingegeben. Ferner ist ein Kurbelwinkelsensor 42, der jedesmal, wenn sich eine Kurbelwelle um beispielsweise 30°CA dreht, einen Ausgangsimpuls erzeugt, mit der Steuereinheit 30 verbunden. Somit betätigt die elektrische Steuereinheit 30 das Kraftstoffeinspritzventil 6, den elektrischen Motor 15, das AGR-Steuerventil 23 und die Kraftstoffpumpe 27 basierend auf einem jeweiligen Ausgangssignal.

[0072] Wie in [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) gezeigt ist, ist das Kraftstoffeinspritzventil 6 durch eine mit Öffnungen versehenen Düse mit sechs Düsenöffnungen ausgebildet, und ein Kraftstoff F wird von den Düsenöffnungen in einer unteren Richtungen relativ zu der horizontalen Richtung mit einem gleichmäßigen Intervall eingespritzt. Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, werden zwei von den sechs Kraftstoffsprühnebeln F entlang der Unterseite des Ventilkörpers eines jeden Abgasventils 9 eingespritzt. [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) zeigen die Kraftstoffeinspritzung zum Ende der Verdichtungsstufe. Die Kraftstoffsprühnebel F bewegen sich zu der Innenoberfläche des Hohlraums 5a vor und werden zur Verbrennung entzündet.

[0073] [Fig. 4](#) zeigt den zusätzlichen Kraftstoffeinspritzzustand von dem Kraftstoffeinspritzventil 6 bei dem maximalen Erhebungsbetrag des Abgasventils 9 während der Ausstoßstufe. Genauer erfolgt die Hauptkraftstoffeinspritzung Qm am oberen Totpunkt der Verdichtung, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist, und dann wird der zusätzliche Kraftstoff Qa in der Mitte der Ausstoßstufe eingespritzt. Die Kraftstoffsprühnebel F, die sich zu dem Ventilkörper des Auslaßventils 9 vorbewegen, bewegen sich in Richtung der Position zwischen der Rückseite des Regenschirmbereichs des Einspritzventils 6 und dem Auslaßkanal 10 vor. In

anderen Worten sind die beiden Düsenöffnungen von den sechs der Kraftstoffeinspritzventile **6** ausgebildet, um sich in Richtung der Position zwischen der Rückseite des Regenschirmabschnitts des Einspritzventils **6** und dem Auslaßkanal **10** zu bewegen, wenn der zusätzliche Kraftstoff Qa eingespritzt wird, während das Auslaßventil **9** geöffnet wird. In der in [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsform kollidieren die eingespritzten Kraftstoffsprühnebel F auf der Rückseite des Regenschirmabschnitts des Auslaßventils **9**, und die kollidierten Kraftstoffsprühnebel F werden auf der Rückseite des Regenschirmabschnitts des Ventils **9** umgelenkt, so daß sie sich in Richtung des Auslaßkanals **10** weiterbewegen.

**[0074]** Normalerweise wird der zusätzliche Kraftstoff Qa nicht eingespritzt, und es wird nur die Hauptkraftstoffeinspritzung Qm eingespritzt. [Fig. 6](#) zeigt eine Ausgangsdrehmomentänderung, wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis A/F (horizontale Achse in [Fig. 6](#)) geändert wird, indem der Drosselventilöffnungsgrad und das AGR-Verhältnis geändert werden, während sich der Motor im Niedriglastbetrieb befindet, sowie experimentelle Beispiele der Abgas-mengenveränderung von Rauch, HC, CO und NOx. Wie in den Beispielen von [Fig. 6](#) gezeigt ist, steigt das AGR-Verhältnis an, wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis A/F abnimmt, und unter dem theoretischen Kraftstoff-Luftverhältnis (etwa 14, 6) erreicht das AGR-Verhältnis 65% oder mehr.

**[0075]** Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, beginnt die Rauchmenge bei einem AGR-Verhältnis von etwa 40% und einem Kraftstoff-Luftverhältnis A/F von **30** zuzunehmen, indem das AGR-Verhältnis erhöht wird, wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis A/F reduziert wird. Wenn das AGR-Verhältnis weiter erhöht wird und das Kraftstoff-Luftverhältnis A/F weiter reduziert wird, steigt die Rauchmenge plötzlich an, um Spitzenwert zu erreichen. Ein weiterer Anstieg des AGR-Verhältnisses und eine weitere Desoxidation des Kraftstoff-Luftverhältnisses A/F führen zu einer plötzlichen Abnahme der Rauchmenge. Wenn das AGR-Verhältnis 65% übersteigt und das Kraftstoff-Luftverhältnis A/F etwa 15,0 beträgt, wird die Rauchmenge nahezu null. In anderen Worten wird an diesem Punkt sehr wenig Ruß erzeugt, aber andererseits beginnt statt dessen ein Anstieg von HC oder CO.

**[0076]** [Fig. 7A](#) zeigt die Verbrennungsdruckänderung in dem Verbrennungsraum **5** bei der am stärksten angestiegenen Rauchmenge, wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis **21** beträgt, und [Fig. 7B](#) zeigt die Verbrennungsdruckänderung in dem Verbrennungsraum **5** bei einer Rauchmenge von einem Wert von im wesentlichen null, wobei das Kraftstoff-Luftverhältnis etwa 18 beträgt. Wie aus einem Vergleich zwischen dem Zustand von [Fig. 7A](#) und dem Zustand von [Fig. 7B](#) deutlich hervorgeht, ist der Verbrennungsdruck bei der Rauchmenge von null, wie in

[Fig. 7B](#) gezeigt ist, niedriger als der Zustand der großen Menge von Rauch, die erzeugt wird, wie in [Fig. 7A](#) gezeigt ist.

**[0077]** Anhand der Beispiele von [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) ist folgendes festzustellen:

**[0078]** Erstens wird bei einem Kraftstoff-Luftverhältnis A/F unter 15,0 und der Rauchmenge von nahezu null die NOx-Erzeugung reduziert, wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist. Dies bedeutet, daß die Verbrennungstemperatur in dem Verbrennungsraum **5** gesenkt ist und die Temperatur in dem Verbrennungsraum gering ist, wenn sehr wenig Ruß erzeugt wird. Dies kann gemäß der Graphen in [Fig. 7](#) festgestellt werden. Wenn der Ruß nicht wie in [Fig. 7B](#) gezeigt erzeugt wird, ist der Verbrennungsdruck niedrig und dementsprechend ist die Verbrennungstemperatur in dem Verbrennungsraum **5** niedrig.

**[0079]** Zweitens, steigt die Menge an abgeführtem HC und CO an, wenn die Rauch- oder Rußerzeugung nahezu null ist. Dies bedeutet, daß der Kohlenwasserstoff HC abgeführt wird, bevor er zu Ruß wird. Wenn der "Liner"-Kohlenwasserstoff und der aromatische Kohlenwasserstoff, die in dem Kraftstoff enthalten sind, einem thermischen Cracken unterzogen werden, um einen Rußvorläufer (Rußvorläufer) zu bilden, wenn die Temperatur unter dem Sauerstoffmangelzustand ansteigt, wird dann Ruß gebildet, der hauptsächlich aus festem, abgefangenem Kohlenstoff besteht (feste Ansammlung von Kohlenstoffatomen). Der tatsächliche Vorgang dieser Entstehung ist kompliziert, und es gibt keine Bestätigung, wie der Rußvorläufer erzeugt wird. Wie in [Fig. 8](#) gezeigt ist, wächst der Kohlenwasserstoff jedoch, um zu Ruß zu werden, nachdem sich ein solcher Rußvorläufer gebildet hat. Wie beschrieben, ist die abgeführte Menge von HC und CO am Zunehmen, wenn die Erzeugung von Ruß null erreicht. Der HC kann in dieser Stufe ein Rußvorläufer oder ein sich in einem früheren Stadium befindlicher HC sein, der aus dem Verbrennungsraum **5** abgeführt wird. Dahingehend wurden eingehendere Untersuchungen durchgeführt und die Tatsache ermittelt, daß, wenn die Temperatur des Kraftstoffs in dem Verbrennungsraum und des umgebenden Gases eine bestimmte Temperatur unterschreitet, das Rußwachstum dabei gestoppt wird und kein Ruß erzeugt wird, und wenn die Temperatur einen bestimmten Wert erreicht, Ruß erzeugt wird.

**[0080]** Eine derartige Temperatur zur Bildung von Ruß oder eines Rußvorläufers kann aufgrund der verschiedenen Faktoren, die involviert sind, wie z. B. Kraftstofftyp oder Kraftstoff-Luftverhältnis und Verdichtungsverhältnis, nicht definiert werden, aber sie steht in enger Beziehung zur Erzeugung von NOx. Daher kann die bestimmte Temperatur anhand der Erzeugungsmenge von NOx auf einen bestimmten Wert definiert werden. Wenn das AGR-Verhältnis an-

steigt, sinkt die Temperatur des Kraftstoffs oder des umgebenden Gases ab, um die NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge zu reduzieren. Wenn die NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge etwa 10 ppm oder weniger beträgt, wird kein Ruß erzeugt. Dementsprechend ist die bestimmte Temperatur näherungsweise gleich der Temperatur bei der NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge von 10 ppm oder weniger.

**[0081]** Sobald sich Ruß gebildet hat, kann die Nachbehandlung, bei der einfach der Katalysator mit einer Oxidationsfunktion verwendet wird, nicht für die Reinigung von Ruß sorgen. Im Gegensatz dazu kann unter Verwendung eines solchen Katalysators mit einer Oxidationsfunktion der Rußvorläufer oder der sich einem früheren Stadium befindliche HC ohne weiteres gereinigt werden. Daher ist es effektiv, das Abgas durch Abführen von Kohlenwasserstoff unter den Bedingungen des Rußvorläufers oder des sich in einem früheren Stadium befindlichen HC aus dem Verbrennungsraum **5** sowie durch Reduzierung der NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge zu reinigen.

**[0082]** Es besteht die Notwendigkeit, die Temperatur des Kraftstoffs und des Umgebungsgases bei der Verbrennung in dem Verbrennungsraum **5** zu beschränken, um den Kohlenwasserstoff Einhalt zu gebieten, bevor er zu Ruß wird. In diesem Fall hat die wärmeabsorbierende Funktion des Gases, das den verbrannten Kraftstoff umgibt, großen Einfluß auf die Beschränkung der Temperatur.

**[0083]** Unter Zusammenfassung der Ergebnisse der Beispiele in [Fig. 6](#) und 7 ist die Rußerzeugung fast null, wenn die Verbrennungstemperatur in dem Verbrennungsraum **5** niedrig ist und in dieser Stufe ein Rußvorläufer oder ein in einem früheren Stadium befindlicher HC vorliegt.

**[0084]** Das heißt, daß Kraftstoffdämpfe unmittelbar mit dem in der Luft enthaltenen Sauerstoff reagieren und verbrennen, wenn sich um den Kraftstoff herum nichts als Luft befindet. In diesem Fall steigt die Temperatur der vom Kraftstoff entfernt befindlichen Luft nicht wesentlich an, und nur die Temperatur des den Kraftstoff umgebenden Gases steigt lokal auf ein erhebliches Maß an. Das heißt, daß die sich vom Kraftstoff entfernt befindliche Luft in diesem Augenblick selten den endothermen Effekt der Verbrennungswärme des Kraftstoffs ausübt. In diesem Fall erzeugen die unverbrannten Kohlenwasserstoffe, die die Verbrennungswärme aufgenommen haben, Ruß, da die Verbrennungstemperatur lokal auf ein erhebliches Maß ansteigt.

**[0085]** Die Umstände sind hingegen geringfügig anders, wenn in dem Gasgemisch, das aus einer großen Menge an inaktivem Gas und einer geringen Menge Luft besteht, Kraftstoff vorliegt. In diesem Fall werden Kraftstoffdämpfe diffundiert, reagieren mit

dem zu einem inaktiven Gas vermischten Sauerstoff und verbrennen. In diesem Fall steigt die Verbrennungstemperatur nicht merklich an, da das umgebende inaktive Gas die Verbrennungswärme absorbiert. Das heißt, daß die Möglichkeit besteht, die Verbrennungstemperatur niedrig zu halten. In anderen Worten, kann das Vorliegen von inaktivem Gas eine wichtige Rolle bei der Reduktion der Verbrennungstemperatur spielen, und der endotherme Effekt des inaktiven Gases ermöglicht es, die Verbrennungstemperatur niedrig zu halten.

**[0086]** In diesem Fall erfordert das Halten der Temperatur des Kraftstoffs und des umgebenden Gases auf einem niedrigeren Wert als eine Temperatur, die der Erzeugung von Ruß entspricht, eine derartige Menge an inaktivem Gas, die Wärme ausreichend absorbieren kann. Dementsprechend steigt die erforderliche Menge an inaktivem Gas im Verhältnis zum Anstieg der Kraftstoffmenge an. In diesem Fall wird der endotherme Effekt im Verhältnis zu der spezifischen Wärme des inaktiven Gases verstärkt. Daher ist es wünschenswert, daß ein Gas mit einer großen spezifischen Wärme als inaktives Gas verwendet wird. Diesbezüglich gelangt man zu dem Schluß, daß ein AGR-Gas wünschenswerter Weise als inaktives Gas verwendet werden kann, da CO<sub>2</sub> und ein AGR-Gas eine relativ große spezifische Wärme aufweisen.

**[0087]** [Fig. 9](#) zeigt die Beziehung zwischen dem AGR-Verhältnis und der Rauchkonzentration, wenn das AGR-Gas als inaktives Gas verwendet wird und der Abkühlungsgrad des AGR-Gases geändert wird. [Fig. 9](#) zeigt die Kurven A, C und C. Die Kurve A zeigt einen Fall an, in dem die Temperatur des AGR-Gases durch intensives Kühlen des AGR-Gases näherungsweise auf 90°C gehalten wird. Die Kurve B zeigt einen Fall an, in dem ein AGR-Gas durch eine kompakte Kühleinheit gekühlt wird. Die Kurve C zeigt einen Fall an, in dem ein AGR nicht zwangsgekühlt wird. Wird ein AGR-Gas intensiv gekühlt, wie durch die in [Fig. 9](#) gezeigte Kurve A angezeigt ist, erreicht die Rußerzeugungsmenge ihren Spitzenwert, wenn das AGR-Verhältnis geringfügig niedriger ist als 50%. In diesem Fall wird nahezu kein Ruß erzeugt, wenn das AGR-Verhältnis auf näherungsweise gleich oder mehr als 55% gestellt ist. Wenn ein AGR-Gas hingegen geringfügig gekühlt wird, wie durch die in [Fig. 9](#) gezeigte Kurve B angezeigt ist, erreicht die Rußerzeugungsmenge ihren Spitzenwert, wenn das AGR-Verhältnis geringfügig höher ist als 50%. In diesem Fall wird nahezu kein Ruß erzeugt, wenn das AGR-Verhältnis auf näherungsweise gleich oder mehr als 65% gestellt wird. Wenn ferner ein AGR-Gas nicht zwangsgekühlt wird, wie in der in [Fig. 9](#) gezeigten Kurve C angezeigt ist, erreicht die Rußerzeugungsmenge ihren Spitzenwert, wenn das AGR-Verhältnis fast 55% beträgt. In diesem Fall wird nahezu kein Ruß erzeugt, wenn das AGR-Verhältnis

auf näherungsweise gleich oder mehr als 70% gestellt wird. [Fig. 9](#) zeigt die Raucherzeugungsmenge, wenn die Motorlast relativ hoch ist. Nimmt die Motorlast ab, nimmt das AGR-Verhältnis, bei dem die Rußerzeugungsmenge ihren Spitzenwert erreicht, leicht ab, und die untere Grenze des AGR-Verhältnisses, bei der nahezu kein Ruß erzeugt wird, nimmt ebenfalls geringfügig ab. Die untere Grenze des AGR-Verhältnisses, bei der nahezu kein Ruß erzeugt wird, ändert sich abhängig vom Kühlgrad des AGR-Gases und der Motorlast.

**[0088]** [Fig. 10](#) zeigt die Menge des Gasgemischs, das aus einem AGR-Gas und Luft besteht, die notwendig ist, die Temperatur des Kraftstoffs und des umgebenden Gases niedriger als eine Temperatur zu halten, die der Rußerzeugung entspricht, das Verhältnis von Luft zu dem Gasgemisch und das Verhältnis des AGR-Gases zu dem Gasgemisch, in dem Fall, wo das AGR-Gas als inaktives Gas verwendet wird. In [Fig. 10](#) stellt die Ordinatenachse die Gesamtmenge des Einlaßgases dar, das in den Verbrennungsraum **5** eingeführt werden kann, und eine gestrichelte Linie Y stellt die Gesamtmenge des Einlaßgases dar, das in den Verbrennungsraum **5** eingeführt werden kann, wenn kein Ladebetrieb ausgeführt wird. Die X-Achse stellt die Sollast dar.

**[0089]** Unter Bezugnahme auf [Fig. 10](#) zeigt das Luftverhältnis, nämlich die Menge an Luft im Gasgemisch die Luftmenge an, die für eine vollständige Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs erforderlich ist. In dem in [Fig. 10](#) gezeigten Fall ist das Verhältnis der Luftmenge zur Kraftstoffeinspritzmenge nämlich gleich dem theoretischen Kraftstoff-Luftverhältnis. Unter Bezugnahme auf [Fig. 10](#) hingegen zeigt das Verhältnis des AGR-Gases, nämlich die Menge des AGR-Gases in dem Gasgemisch, die Mindestmenge des AGR-Gases an, die erforderlich ist, um die Temperatur des Kraftstoffs und des umgebenden Gases, während der Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs, niedriger zu halten als eine Temperatur, die der Rußbildung entspricht. Diese erforderliche Mindestmenge an AGR-Gas entspricht dem AGR-Verhältnis, das näherungsweise gleich oder höher als 55% ist. In der in [Fig. 10](#) gezeigten Ausführungsform ist das AGR-Verhältnis gleich oder höher als 70%. Das heißt, unter der Annahme, daß die Gesamtmenge des Einlaßgases, das in den Verbrennungsraum **5** eingeführt wird, durch eine durchgehende Linie X angezeigt ist, die in [Fig. 10](#) gezeigt ist, und daß die Verhältnisse der Luftmenge und der AGR-Gas-Menge zur Gesamtmenge des Einlaßgases X sind wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist, ist die Temperatur des Abgases und des umgebenden Gases niedriger als eine Temperatur, die der Rußerzeugung entspricht. Folglich wird kein Ruß erzeugt. Die NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge ist in diesem Moment näherungsweise gleich oder kleiner als 10 ppm und ist daher verhältnismäßig gering.

**[0090]** Da der Wärmefreigabewert während der Verbrennung des Kraftstoffs als Reaktion auf den Anstieg der Kraftstoffeinspritzmenge ansteigt, muß die durch das AGR-Gas absorbierte Wärmemenge erhöht werden, um die Temperatur des Kraftstoffs und des umgebenden Gases niedriger zu halten als eine Temperatur, die der Rußerzeugung entspricht. Wie in [Fig. 10](#) gezeigt ist, muß somit die AGR-Gasmenge im Verhältnis zum Anstieg der Kraftstoffeinspritzmenge erhöht werden. In anderen Worten, muß die AGR-Gasmenge im Verhältnis zum Anstieg der Sollast erhöht werden. Im Last-Bereich Z2 in [Fig. 10](#) überschreitet die Gesamtmenge des Einlaßgases X, die erforderlich ist, um die Erzeugung von Ruß zu verhindern, die Gesamtmenge des Einlaßgases Y, bei der es sich um die Obergrenze des in den Verbrennungsraum **5** eingeführten Gases X handelt. Dementsprechend besteht die Notwendigkeit, einen Ladebetrieb oder Druckanstiegsbetrieb von AGR-Gas und Luft oder AGR-Gas vorzunehmen, um das gesamte Einlaßgas X ausreichend in den Verbrennungsraum zu führen, um die Erzeugung von Ruß zu verhindern. Im Lastbereich Z2 entspricht das gesamte Einlaßgas X der Obergrenze Y des gesamten Einlaßgases, wenn der Ladebetrieb nicht ausgeführt wird. Um die Erzeugung von Ruß zu verhindern, muß daher die Luftmenge geringfügig reduziert werden, um die AGR-Gasmenge dadurch zu erhöhen, um den Kraftstoff unter einem relativ fetten Kraftstoff-Luftverhältnis zu verbrennen.

**[0091]** Wie erläutert, zeigt [Fig. 10](#) einen Fall, in dem der Kraftstoff unter dem theoretischen Kraftstoff-Luftverhältnis verbrannt wird. Im Niedriglastbetriebsbereich Z1 wird die Rußerzeugung verhindert, und gleichzeitig kann die NO<sub>x</sub>-Menge auf 10 ppm max. eingeschränkt werden, wobei selbst die Luftmenge von der in [Fig. 10](#) gezeigten Menge reduziert wird (um das Kraftstoff-Luftverhältnis anzufetten).

**[0092]** Im Niedriglastbetriebsbereich Z1 wird die Rußerzeugung verhindert und gleichzeitig kann die NO<sub>x</sub>-Menge auf 10 ppm maximum eingeschränkt werden, wobei selbst die Luftmenge von der in [Fig. 10](#) gezeigten Menge erhöht wird (um das Kraftstoff-Luftverhältnis auf den Durchschnittswert zwischen 17 und 18 abzumagern).

**[0093]** Das heißt, daß die Kraftstoffmenge übermäßig ansteigt, wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis angefettet wird. Da die Verbrennungstemperatur jedoch niedrig gehalten wird, wird aus dem überschüssigen Kraftstoff kein Ruß. Folglich wird kein Ruß erzeugt. Zu diesem Zeitpunkt ist die NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge beträchtlich gering. Eine geringe Rußmenge wird hingegen als Reaktion auf einen Anstieg der Verbrennungstemperatur erzeugt, wenn das durchschnittliche Kraftstoff-Luftverhältnis mager oder das Kraftstoff-Luftverhältnis theoretisch ist. Erfindungsgemäß wird jedoch kein Ruß erzeugt, da die Verbrennungs-

temperatur niedrig gehalten wird. Ferner ist die NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge ebenfalls beträchtlich gering. Daher wird während der Niedrigtemperaturverbrennung ungeachtet des Kraftstoff-Luftverhältnisses, d. h. ob das Kraftstoff-Luftverhältnis fett oder theoretisch ist, oder ob das durchschnittliche Kraftstoff-Luftverhältnis mager ist, kein Ruß erzeugt. Das soll heißen, daß die NO<sub>x</sub>-Erzeugungsmenge beträchtlich gering ist. Vom Standpunkt der Verbesserung der Kraftstoffverbrauchsrate ist es daher wünschenswert, daß das durchschnittliche Kraftstoff-Luftverhältnis in diesem Fall abgemagert wird.

**[0094]** Die Temperatur des Kraftstoffs und des umgebenden Gases während der Verbrennung in dem Verbrennungsraum kann gleich einer oder niedriger als eine Temperatur gemacht werden, bei der das Wachstum von Kohlenwasserstoffen vor ihrer Vollen- dung unterbunden wird, nur wenn eine relativ geringe Menge Wärme aufgrund der Verbrennung freigegeben wird, nämlich wenn die Motorlast mittel oder niedrig ist. Daher wird bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform, wenn die Motorlast mittel oder niedrig ist, eine erste Verbrennung, nämlich eine Niedrigtemperaturverbrennung, ausgeführt, wobei die Temperatur des Kraftstoffs und des umgebenden Gases während der Verbrennung gleich oder kleiner als eine Temperatur gehalten wird, bei der das Wachstum von Kohlenwasserstoffen vor ihrer Vollen- dung unterbunden wird. In dieser Ausführungsform wird bei hoher Motorlast die zweite Verbrennung, nämlich eine normale Verbrennung, ausgeführt. Wie aus der vorstehenden Beschreibung hervorgeht, be- zieht sich die erste Verbrennung, nämlich eine Nied- rigtemperaturverbrennung, auf die Verbrennung eines Typs, bei der die Menge an inaktivem Gas in dem Verbrennungsraum größer ist als die Menge an in- aktivem Gas, die einer maximalen Rußerzeugungsmenge entspricht, und wobei nahezu kein Ruß er- zeugt wird, und die zweite Verbrennung, nämlich die normale Verbrennung, bezieht sich auf die Verbren- nung eines Typs, bei der die Menge an inaktivem Gas in dem Verbrennungsraum geringer ist als die Menge an inaktivem Gas, die einer maximalen Rußerzeugungsmenge entspricht.

**[0095]** [Fig. 11](#) zeigt einen ersten Betriebsbereich I, bei dem die erste Verbrennung, nämlich eine Niedrig- temperaturverbrennung, ausgeführt wird, und einen zweiten Betriebsbereich II, in dem die zweite Ver- brennung, nämlich eine normale Verbrennung, aus- geführt wird. In [Fig. 11](#) stellt die Ordinatenachse L den Verstellweg des Fahrpedals **40** dar, nämlich die Sollast, und die Y-Achse N stellt die Motordrehzahl dar. In [Fig. 11](#) stellt X(N) eine erste Grenzlinie zwischen dem ersten Betriebsbereich I und dem zweiten Betriebsbereich II dar, und Y(N) stellt eine zweite Grenzlinie zwischen dem ersten Betriebsbereich I und dem zweiten Betriebsbereich II dar. Eine Ver- schiebung des Betriebsbereichs vom ersten Be-

triebsbereich I zum zweiten Betriebsbereich II wird basierend auf der ersten Grenzlinie X(N) bestimmt, und eine Verschiebung des Betriebsbereichs vom zweiten Betriebsbereich II zum ersten Betriebsbe- reich I wird basierend auf der zweiten Grenzlinie (N) bestimmt. Das heißt, wenn die Sollast L die erste Grenzlinie X(N) überschreitet, die als eine Funktion der Motordrehzahl N während der Niedrigtemperatur- verbrennung ausgedrückt wird, wobei der Motor sich im ersten Betriebsbereich I befindet, wird bestimmt, daß der Betriebsbereich sich in einen zweiten Be- triebsbereich II verschoben worden ist, und eine nor- male Verbrennung ausgeführt. Wenn die Sollast L die zweite Grenzlinie Y(N) unterschreitet, die als eine Funktion der Motordrehzahl N ausgedrückt wird, wird bestimmt, daß der Betriebsbereich sich in den ersten Betriebsbereich I verschoben hat, und es wird erneut eine Niedrigtemperaturverbrennung ausgeführt.

**[0096]** [Fig. 12](#) zeigt das Ausgangssignal eines Kraftstoff-Luftverhältnis-Sensors (nicht gezeigt). Wie in [Fig. 12](#) gezeigt ist, ändert sich der Ausgangsstrom I des Kraftstoff Luftverhältnissensors abhängig von dem Kraftstoff-Luftverhältnis A/F. Somit kann das Kraftstoff-Luftverhältnis anhand des Ausgangs- stroms I des Kraftstoff-Luftverhältnis-Sensors erfaßt werden.

**[0097]** Es wird nun auf [Fig. 13](#) Bezug genommen, in der ein Umriß von Betriebsteuerungen im ersten Be- triebsbereich I und im zweiten Betriebsbereich II be- schrieben wird. [Fig. 13](#) zeigt, wie sich die Öffnung des Drosselventils **16**, die Öffnung des AGR-Steuer- ventils **25**, das AGR-Verhältnis, das Kraftstoff-Luft- verhältnis, die Kraftstoffeinspritzungs-Zeitsteuerung und die Kraftstoffeinspritzmenge sich mit der Sollast L ändern. Wie in [Fig. 13](#) gezeigt ist, steigt im ersten Betriebsbereich I, wo die Sollast L niedrig ist, die Öff- nung des Drosselventils **16** allmählich an, nähe- rungsweise von dessen vollständig geschlossenem Zustand zu dessen Öffnung von zwei Dritteln mit An- stieg der Sollast L, und die Öffnung des AGR-Steuer- ventils **25** steigt allmählich an, näherungsweise von dessen vollständig geschlossenem Zustand zu des- sen vollständig geöffnetem Zustand mit Anstieg der Sollast L. In dem in [Fig. 13](#) gezeigten Beispiel beträgt das AGR-Verhältnis im ersten Betriebsbereich I nä- herungsweise gleich 70% und das Kraftstoff-Luftver- hältnis ist einigermaßen mager.

**[0098]** In anderen Worten werden im ersten Be- triebsbereich I der Öffnungsgrad des Drosselventils **16** und des AGR-Steuer-ventils **25** derart gesteuert, daß das AGR-Verhältnis näherungsweise gleich 70% wird und das Kraftstoff-Luftverhältnis einigermaßen mager wird. Im ersten Betriebsbereich I wird die Kraftstoffeinspritzung vor der Verdichtung am oberen Totpunkt TDC ausgeführt. In diesem Fall wird der Kraftstoffeinspritzungsstart-Steuerzeitpunkt  $\theta_S$  im Verhältnis zum Anstieg der Sollast L auf spät gestellt.

Der Kraftstoffeinspritzungsende-Steuerzeitpunkt  $\theta_S$  wird ebenfalls im Verhältnis zur Spätverstellung des Kraftstoffeinspritzungsstart-Steuerzeitpunkts  $\theta_S$  auf spät verstellt. Während des Leerlaufbetriebs wird das Drosselventil **16** näherungsweise in seinen vollständig geschlossenen Zustand geschlossen, und das AGR-Steuerventil **25** wird ebenfalls näherungsweise in seinen vollständig geschlossenen Zustand geschlossen. Wird das Drosselventil **16** näherungsweise in seinen vollständig geschlossenen Zustand geschlossen, nimmt der Druck im Verbrennungsraum **5** zu Beginn der Verdichtung ab und somit nimmt der Verdichtungsdruck ab. Nimmt der Verdichtungsdruck ab, nimmt die durch den Kolben **4** ausgeführte Verdichtungsarbeit ab, und folglich wird die Vibration des Motors **1** gedämpft. Das heißt, während des Leerlaufbetriebs wird das Drosselventil **16** näherungsweise in seinen vollständig geschlossenen Zustand geschlossen, um die Vibration des Motors **1** zu dämpfen.

**[0099]** Verschiebt sich hingegen der Betriebsbereich des Motors vom ersten Betriebsbereich I zum zweiten Betriebsbereich II, wird die Öffnung des Drosselventils **20** schrittweise von der Öffnung von zwei Dritteln zu dessen vollständig offenem Zustand erweitert. Zu diesem Zeitpunkt wird in dem in [Fig. 13](#) gezeigten Beispiel das AGR-Verhältnis schrittweise näherungsweise von 70% auf 40% oder weniger reduziert, und das Kraftstoff-Luftverhältnis wird schrittweise erhöht. Das heißt, da das AGR-Verhältnis einen AGR-Verhältnis-Bereich (siehe [Fig. 9](#)) überschreitet, wo eine große Menge an Rauch erzeugt wird, bewirkt eine Verschiebung des Betriebsbereichs des Motors vom ersten Betriebsbereich I in den zweiten Betriebsbereich II keine Erzeugung einer großen Rauchmenge. Im zweiten Betriebsbereich II wird eine normale Verbrennung ausgeführt. Im zweiten Betriebsbereich II wird das Drosselventil **16** meistens in seinem vollständig geöffneten Zustand gehalten, und die Öffnung des AGR-Steuerventils **25** wird im Verhältnis zum Anstieg der Sollast L allmählich reduziert. Im Betriebsbereich II nimmt das AGR-Verhältnis im Verhältnis zum Anstieg der Sollast L ab, und das Kraftstoff-Luftverhältnis nimmt im Verhältnis zum Anstieg der Sollast L ab. Das Kraftstoff-Luftverhältnis bleibt jedoch mager, selbst wenn die Sollast L angestiegen ist. Im zweiten Betriebsbereich II befindet sich der Kraftstoffeinspritzungsstart-Steuerzeitpunkt  $\theta_S$  nahe dem oberen Totpunkt TDC der Verdichtung.

**[0100]** [Fig. 14](#) zeigt die Kraftstoff-Luftverhältnisse A/F im ersten Betriebsbereich I. In [Fig. 14](#) zeigen die mit  $A/F = 15,5$ ,  $A/F = 16$ ,  $A/F = 17$  und  $A/F = 18$  gekennzeichneten Kurven an, daß das Soll-Kraftstoff-Luftverhältnis gleich 15,5, 16, 17 bzw. 18 ist, und die Kraftstoff-Luftverhältnisse den Kurven werden durch proportionale Verteilung bestimmt. Wie in [Fig. 14](#) gezeigt ist, ist das Kraftstoff-Luftverhältnis im ersten Betriebsbereich I mager ist, und das Kraft-

stoff-Luftverhältnis A/F magert mit Abnahme der Sollast L im ersten Betriebsbereich I ab. Das heißt, daß der aus der Verbrennung resultierende Wärmeabgabewert im Verhältnis zur Abnahme der Sollast L abnimmt. Daher erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß eine Niedrigtemperaturverbrennung ausgeführt wird, im Verhältnis zur Abnahme der Sollast L, selbst wenn das AGR-Verhältnis reduziert worden ist. Das Kraftstoff-Luftverhältnis steigt an, wenn das AGR-Verhältnis reduziert wird. Wie in [Fig. 14](#) gezeigt ist, steigt daher das Soll-Kraftstoff-Luftverhältnis A/F im Verhältnis zur Abnahme der Sollast L an. Die Kraftstoffverbrauchsrate wird im Verhältnis zum Anstieg des Soll-Kraftstoff-Luftverhältnisses A/F verbessert. In dieser Ausführungsform steigt daher das Soll-Kraftstoff-Luftverhältnis A/F im Verhältnis zur Abnahme der Sollast L an, um das Kraftstoff-Luftverhältnis möglichst mager zu machen.

**[0101]** Die Soll-Öffnungen ST des Drosselventils **16**, die erforderlich sind, um das Kraftstoff-Luftverhältnis den Soll-Kraftstoff-Luftverhältnissen, die in [Fig. 14](#) gezeigt sind, gleich zu machen, werden im voraus in einem ROM **32** in Form eines Kennfeldes als eine Funktion der Sollast L und der Motordrehzahl N gespeichert, wie in [Fig. 15A](#) gezeigt ist. Die Soll-Öffnungen SE des AGR-Steuerventils **23**, die erforderlich sind, um das Kraftstoff-Luftverhältnis den Soll-Kraftstoff-Luftverhältnissen, die in [Fig. 14](#) gezeigt sind, gleich zu machen, werden im voraus in dem ROM **23** in Form eines Kennfeldes als eine Funktion der Sollast L und der Motordrehzahl N gespeichert, wie in [Fig. 15B](#) gezeigt ist.

**[0102]** [Fig. 16](#) zeigt die Soll-Kraftstoff-Luftverhältnisse A/F während der zweiten Verbrennung, nämlich der normalen Verbrennung. In [Fig. 16](#) zeigen die mit  $A/F = 24$ ,  $A/F = 35$ ,  $A/F = 45$  und  $A/F = 60$  markierten Kurven an, daß das Kraftstoff-Luftverhältnis gleich 24, 35, 45 bzw. 60 ist. Die Soll-Öffnungen ST des Drosselventils **16**, die erforderlich sind, um das Kraftstoff-Luftverhältnis den Kraftstoff-Luftverhältnissen gleich zu machen, werden im voraus im ROM **32** in Form eines Kennfeldes als eine Funktion der Sollast L und der Motordrehzahl N gespeichert, wie in [Fig. 17A](#) gezeigt ist. Die Soll-Öffnungen SE des AGR-Steuerventils **23**, die erforderlich sind, um das Kraftstoff-Luftverhältnis den Soll-Kraftstoff-Luftverhältnissen gleich zu machen, werden im voraus im ROM **32** in der Form eines Kennfeldes als eine Funktion der Sollast L und der Motordrehzahl N gespeichert, wie in [Fig. 17B](#) gezeigt ist.

**[0103]** Gemäß der Ausführungsform der Erfindung werden beim Dieselmotor die erste Verbrennung, in anderen Worten die Niedrigtemperaturverbrennung, und die zweite Verbrennung, in anderen Worten die normale Verbrennung, basierend auf dem Stellweg L des Fahrpedals **40** und der Motordrehzahl N umgeschaltet, und an jeder Verbrennungsstufe wer-

den die Öffnungen des Drosselventils **16** und das AGR-Ventils durch das in **Fig. 15** oder **17** gezeigte Kennfeld gesteuert.

[0104] **Fig. 18** zeigt eine Draufsicht der Abgasreinigungsvorrichtung, und **Fig. 19** ist eine Seitenansicht der Reinigungsvorrichtung von **Fig. 18**. Die Abgasreinigungsvorrichtung weist ein zentrales Rohrelement **71** und ein Abdeckungselement **72** auf, das das zentrale Rohrelement **71** umgibt. Das Ende stromauf des zentralen Rohrelements **71** ist mit der stromabwärtigen Seite des Abgaskrümmers **17** durch das Abgasrohr **18** verbunden, und das stromabwärtige Ende ist mit einem stromabwärtigen Abgasrohr **74** über einen Schalldämpfer zum Abführen des Abgases in die Atmosphäre verbunden. Das zentrale Rohrelement **71** weist einen stromauf befindlichen Abschnitt **71b**, der mit einem Ventilkörper **71a** versehen ist, einen mittleren Stromabschnitt **71c**, der unmittelbar an der unteren Seite des stromauf befindlichen Abschnitts **71b** positioniert ist, und einen stromabwärtigen Abschnitt **71d** auf, der unmittelbar an der unteren Seite des mittleren Stromabschnitts **71c** positioniert ist, auf.

[0105] Eine erste Öffnung **71e** und eine gegenüber derselben befindliche zweite Öffnung **71f** sind auf der seitlichen Oberfläche des stromauf befindlichen Abschnitts **71b** ausgebildet. Der Ventilkörper **71a** wird gedreht, um in zwei unterbrechenden Positionen zum Unterbrechen des stromauf befindlichen Abschnitts **71b** zwischen der Aufwärts- und Abwärtsströmung durch Drehung eines Vakuumstellglieds oder eines Schrittmotors vorzuliegen.

[0106] An der einen unterbrechenden Position des Ventilkörpers **71a**, der in **Fig. 18** gezeigt ist, stehen die stromauf befindliche Seite und die erste Öffnung **71e** in Verbindung, und gleichzeitig stehen die stromabwärtige Seite und die zweite Öffnung **71f** in Verbindung. An der anderen unterbrechenden Position des Ventilkörpers **71a**, der in **Fig. 20** gezeigt ist, stehen die stromauf befindliche Seite und die zweite Öffnung **71f** in Verbindung, und gleichzeitig stehen die stromabwärtige Seite und die erste Öffnung **71e** in Verbindung.

[0107] Ein Temperatursensor **76** ist in dem mittleren Stromabschnitt **71c**, in dem die Katalysatorvorrichtung **73** angeordnet ist, direkt an der Abwärtsströmung der Katalysatorvorrichtung **73** zum Erfassen der Abgastemperatur darin vorgesehen. Ein Partikelfilter **70** mit einer im Querschnitt länglichen Kreisform ist zusammen mit einem Außengehäuse **70a** angeordnet und durchdringt den stromabwärtigen Abschnitt **71d** entlang der seitlichen Oberfläche.

[0108] Wenn das Ventil **71a** gedreht wird, um sich in der einen unterbrechenden Position zu befinden, strömt das Abgas von der Seite stromauf des strom-

auf befindlichen Abschnitts **71b** durch die erste Öffnung **71e** zu einem Raum zwischen dem Abdeckungselement **72** und dem mittleren Rohrelement **71**, wie in **Fig. 19** und **Fig. 20** durch Pfeile gezeigt ist. Das Abgas gelangt dann durch den Partikelfilter **70** durch die zweite Öffnung **71f** und strömt erneut in den stromauf befindlichen Abschnitt **71b**. Anschließend strömt das Abgas um das Außengehäuse **70a** des Filters **70** und strömt in Richtung der stromabwärtigen Abgasrohre **74**.

[0109] Wenn das Ventil **71a** hingegen gedreht wird, um sich in der anderen unterbrechenden Position zu befinden, strömt das Abgas von der Seite stromauf des stromauf befindlichen Abschnitts **71b** durch die zweite Öffnung **71f** zu dem Raum zwischen dem Abdeckungselement **72** und dem zentralen Rohrelement **71**, wie in **Fig. 20** durch die Pfeile gezeigt ist. Das Abgas gelangt dann durch den Partikelfilter **70** in der zum Fall der einen unterbrechenden Position entgegengesetzten Richtung und strömt durch die erste Öffnung **71e** und strömt erneut in den stromauf befindlichen Abschnitt **71b**. Danach strömt das Abgas um das Außengehäuse **70a** des Filters **70** herum und strömt in Richtung des stromabwärtigen Abgasrohres **74**.

[0110] Wie in **Fig. 21** gezeigt, kann der Ventilkörper **71a** auch an eine Zwischenposition zwischen den zwei unterbrechenden Positionen positioniert sein. An dieser Zwischenposition ist der stromauf befindliche Abschnitt **71b** des zentralen Rohrelements **71** offen, das Abgas strömt direkt in die Katalysatorvorrichtung **73**, die in dem mittleren Stromabschnitt **71c** angeordnet ist, ohne durch den Raum zwischen dem Abdeckungselement **72** und dem mittleren Rohrelement **71** zu gelangen, in anderen Worten, ohne durch den Partikelfilter **70** zu gelangen.

[0111] Gemäß dieser Struktur kann die erfindungsgemäße Abgasreinigungsvorrichtung eine einfache Konstruktion sein, und durch Umschalten der unterbrechenden Position von einer Stelle zur anderen, kann der Abgasstromweg zwischen der stromabwärtigen und stromauf befindlichen Seite umgekehrt werden. Wenn der Ventilkörper **71a** ferner in der Mitte, zwischen den beiden unterbrechenden Positionen positioniert ist, kann das Abgas den Partikelfilter **70** umgehen.

[0112] Der Partikelfilter **70** muß normalerweise einen großen Öffnungsbereich aufweisen, damit das Abgas ohne weiteres hindurchgelangen kann, jedoch kann gemäß dieser Ausführungsform ein großer Öffnungsbereich vorgesehen werden, ohne dadurch Einfluß auf die Fahrzeuginstabilität zu nehmen, wie in **Fig. 18** gezeigt ist. Ein Abgassrosselventil **75** ist in dem Abgasrohr **18** vorgesehen, wie in **Fig. 18** gezeigt ist.

[0113] [Fig. 22A](#) und [Fig. 22B](#) zeigen die Struktur des Filters **70**, und [Fig. 22A](#) ist eine Vorderansicht des Partikelfilters, und [Fig. 22B](#) ist eine Seitenansicht desselben. Wie in diesen Zeichnungen gezeigt ist, weist der Partikelfilter **70** eine längliche Kreisform auf ein verfügt über eine Bienenwabenstruktur, die aus einem porösen Material wie Cordierit gefertigt ist. Der Filter ist vom Wandströmungstyp und weist eine Mehrzahl von Räumen in axialer Richtung auf und ist durch die Trennwände, die sich in axialer Richtung erstrecken, fein aufgeteilt. Einer der beiden benachbarten Räume in axialer Richtung ist an der stromabwärtigen Seite des Abgases durch einen Stopfen **52** verschlossen, und der andere ist an der Seite stromauf des Abgasstroms durch den Stopfen **53** verschlossen.

[0114] Diese beiden Räume bestehen aus Abgasstromkanälen **50**, die an der Abwärtströmung geschlossen sind, und Abgasausströmkanälen **51**, die an der Aufwärtströmung geschlossen sind, und das gesamte Abgas gelangt durch die Trennwände **54**. Die in dem Abgas enthaltenen Partikel sind im Vergleich zur Größe der feinen Löcher der Wände **54** sehr klein und werden auf der stromauf befindlichen Oberfläche der Wände **54** und durch die feinen Löcher in den Wänden **54** durch Kollision auf denselben abgefangen.

[0115] Gemäß dem Partikelfilters **70** der Ausführungsform wird Aluminiumoxid zur Oxidationsentfernung der Partikel auf beiden Seitenoberflächen der Trennwand **54** und bevorzugt auf der vorderen Oberfläche der feinen Löcher in der Trennwand **54** verwendet, und nachstehendes Aktivsauerstofffreisetzungsmittel und nachstehender Edelmetallkatalysator werden dadurch getragen.

[0116] Als der Edelmetallkatalysator wird beispielsweise Platin Pt verwendet, und als ein Aktivsauerstofffreisetzungsmittel wird zumindest ein Material verwendet, das aus alkalischen Metallen, wie z. B. Kalium K, Natrium Na, Lithium Li, Rubidium Rb und Cäsium Cs, Erdalkalielelementen, wie z. B. Barium Ba, Strontium Sr und Calcium Ca, und Seltenerdelementen, wie z. B. Lanthan und Yttrium Y, ausgewählt ist.

[0117] Als das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel wird ein alkalisches Metall oder ein Erdalkalimetall, dessen Ionisierungstendenz höher ist als Calcium Ca, nämlich Kalium K, Lithium Li, Cäsium Cs, Rubidium Rb, Barium Ba oder Strontium Sr, bevorzugt.

[0118] Anhand eines Beispiels, bei dem Platin Pt und Kalium K auf dem Träger getragen werden, wird nun beschrieben, wie der Partikelfilter die Partikel in dem Abgas eliminiert. Ein ähnlicher Effekt zur Eliminierung von Partikeln wird erreicht, wenn andere Edelmetalle, alkalische Metalle, Erdalkalimetalle, Seltenerdmetalle und Übergangsmetalle verwendet

werden.

[0119] Da die Verbrennung mit einem überschüssigen Menge Luft im Dieselmotor ausgeführt wird, enthält das Abgas eine große Menge an überschüssiger Luft. Das heißt, wenn das Verhältnis von Luft und Kraftstoff, die dem Einlaßkanal und dem Verbrennungsraum zugeführt werden, auf das Kraftstoff-Luftverhältnis des Abgases bezogen ist, ist das Kraftstoff-Luftverhältnis mager. Da im Verbrennungsraum NO erzeugt wird, enthält das Abgas NO. Der Kraftstoff enthält Schwefel S, der mit dem Sauerstoff im Verbrennungsraum reagiert und sich zu SO<sub>2</sub> verwandelt. Daher weist das Abgas SO<sub>2</sub> auf. Dementsprechend strömt das Abgas, das überschüssigen Sauerstoff, NO und SO<sub>2</sub> enthält, in die Seite stromauf des Partikelfilters **70**.

[0120] [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) sind allgemeine, vergrößerte Ansichten der Kontaktflächen des Abgases in dem Partikelfilter **70**.

[0121] [Fig. 23A](#) und [Fig. 23B](#) zeigen ein Partikel **60** aus Platin Pt und ein Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61**, das Kalium K enthält. Das Abgas enthält ein große Menge an überschüssigem Sauerstoff, wie vorstehend beschrieben. Wenn das Abgas die Oberflächen in dem Partikelfilter **70** kontaktiert, haften daher die Sauerstoffelemente O<sub>2</sub> an der Oberfläche des Platins Pt in der Form von O<sub>2</sub>- oder O<sub>2</sub>-, wie in [Fig. 23A](#) gezeigt ist. Das NO im Abgas reagiert hingegen mit O<sub>2</sub>- oder O<sub>2</sub>- auf der Oberfläche des Platins Pt und verwandelt sich zu NO<sub>2</sub> (2NO + O<sub>2</sub> → 2NO<sub>2</sub>). Ein Teil des erzeugten NO<sub>2</sub> wird dann in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** absorbiert, während es auf dem Platin Pt oxidiert wird. In Verbindung mit Kalium K wird NO<sub>2</sub> in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** in der Form eines Nitrations NO<sub>3</sub>- diffundiert, wie in [Fig. 23A](#) gezeigt ist, und erzeugt Kaliumnitrat KNO<sub>3</sub>-.

[0122] Wie vorstehend beschrieben, enthält das Abgas hingegen auch SO<sub>2</sub>, das auch in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** durch einen zu dem von NO ähnlichen Mechanismus absorbiert wird. Das heißt, daß, wie vorstehend beschrieben, die Sauerstoffelemente O<sub>2</sub> an der Oberfläche des Platins Pt in Form von O<sub>2</sub>- oder O<sub>2</sub>- haften, und das SO<sub>2</sub> im Abgas reagiert mit O<sub>2</sub>- oder O<sub>2</sub>- auf der Oberfläche des Platins Pt und verwandelt sich in SO<sub>3</sub>-. Ein Teil des erzeugten SO<sub>3</sub> wird in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** absorbiert, während es auf dem Platin Pt weiterhin oxidiert wird. In Verbindung mit Kalium K wird SO<sub>3</sub> in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** in der Form eines Sulfations SO<sub>4</sub>2- diffundiert und erzeugt Kaliumsulfat K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Auf diese Weise werden Kaliumnitrat KNO<sub>3</sub> und Kaliumsulfat K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** erzeugt.

[0123] Die im Abgas enthaltenen Partikel **62** haften

an der Oberfläche des Aktivsauerstofffreisetzungsmittels **61**, wie in **Fig. 32B** gezeigt ist. Die Temperatur der kontaktierenden Oberflächen zwischen den Partikeln und dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel nimmt durch diesen Kontakt ab. Wenn die Konzentration von Sauerstoff abnimmt, entsteht eine Konzentrationsdifferenz zwischen dem Partikel **62** und dem Inneren des Aktivsauerstofffreisetzungsmittels **61**, was eine hohe Sauerstoffkonzentration beweist. Daher wird der Sauerstoff in dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** dazu gezwungen, sich zu der Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** zu bewegen. Folglich wird das Kaliumnitrat  $\text{KNO}_3$ , das in dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** gebildet wird, zu Kalium K, Sauerstoff O und NO zerlegt. Der Sauerstoff O bewegt sich zur Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61**, und NO wird aus dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** nach außen freigesetzt. Das nach außen freigesetzte NO wird auf dem stromabwärtigen Platin Pt oxidiert und erneut in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** absorbiert.

**[0124]** Das Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$  hingegen, das in dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** gebildet wird, wird ebenfalls zu Kalium K, Sauerstoff O und  $\text{SO}_2$  zersetzt. Der Sauerstoff bewegt sich zu der Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61**, und  $\text{SO}_2$  wird aus dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** nach außen freigesetzt. Das nach außen freigesetzte  $\text{SO}_2$  wird auf dem stromabwärtigen Platin Pt oxidiert und erneut in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** absorbiert. Das Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ist jedoch stabilisiert worden und somit es unwahrscheinlicher als bei Kaliumsulfat  $\text{KNO}_3$ , daß es aktiven Sauerstoff freisetzt.

**[0125]** Der Sauerstoff O, der sich zur Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** bewegt, wird hingegen aus Verbindungen, wie z. B. Kaliumnitrat  $\text{KNO}_3$  und Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , aufgespalten. Der aus einer Verbindung aufgespaltene Sauerstoff O weist ein hohes Energieniveau auf und zeigt einen extrem hohen Aktivitätsgrad. Dementsprechend handelt es sich bei dem sich zu der Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** bewegenden Sauerstoff um aktiven Sauerstoff O. Gelangt der aktive Sauerstoff O mit dem Partikel **62** in Kontakt, werden die Partikel **62** innerhalb kurzer Zeit, also in einigen Minuten oder einigen mehreren Minuten, oxidiert, ohne eine leuchtende Flamme zu erzeugen. Man ist der Ansicht, daß  $\text{NO}_x$  in dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** in der Form eines Nitrations  $\text{NO}_3$ - diffundiert werden, während wiederholt mit Sauerstoffatomen eine Verbindung eingegangen und eine Trennung von denselben vollzogen wird. Der aktive Sauerstoff wird also während diese

Zeitraums erzeugt. Dieser aktive Sauerstoff sorgt zudem für eine Oxidierung der Partikel **62**. Ferner werden die Partikel **62**, die so an den Partikelfilter **70** haften geblieben sind, durch den aktiven Sauerstoff O oxidiert, werden aber auch durch den Sauerstoff im Abgas oxidiert.

**[0126]** Das Platin Pt und das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** werden im Verhältnis zum Temperaturanstieg des Partikelfilters **70** aktiviert. Die Menge des aktiven Sauerstoffs O, der aus dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** pro Zeiteinheit freigesetzt werden kann, steigt im Verhältnis zum Temperaturanstieg des Partikelfilters **70** an. Selbstverständlich ist es wahrscheinlicher, daß die Partikel durch Oxidation entfernt werden, während die Temperatur der Partikel an sich ansteigt. Dementsprechend steigt die Menge der Partikel, die durch Oxidation auf dem Partikelfilter **70** pro Zeiteinheit ohne Erzeugung von leuchtenden Flammen eliminiert werden kann, im Verhältnis zum Anstieg der Temperatur des Partikelfilters **70** an.

**[0127]** **Fig. 24** zeigt mit einer durchgehenden Linie die Menge G der Partikel, die durch Oxidation pro Zeiteinheit ohne Erzeugung von leuchtenden Flammen eliminiert werden kann. In **Fig. 24** stellt die X-Achse die Temperatur TF des Partikelfilters **70** dar. Obwohl **Fig. 24** die Menge der Partikel G zeigt, die durch Oxidation in dem Fall entfernt werden können, indem es sich bei der Zeiteinheit um eine Sekunde handelt, d. h. pro eine Sekunde, kann die Zeiteinheit eine willkürliche Zeitdauer, wie z. B. eine Minute, zehn Minuten etc., sein. In dem Fall, in dem es sich bei der Zeiteinheit um zehn Minuten handelt, stellt die Menge der Partikel G, die pro zehn Minuten durch Oxidation entfernt werden kann, die Menge der Partikel G dar, die pro zehn Minuten durch Oxidation entfernt werden kann. In diesem Fall steigt die Menge der Partikel G, die pro Zeiteinheit durch Oxidation auf dem Partikelfilter **70** ohne leuchtende Flamme entfernt werden kann, in der gleichen Weise an wie die Temperatur des Partikelfilters **70** ansteigt, wie in **Fig. 24** gezeigt ist. Die Menge der aus dem Verbrennungsraum pro Zeiteinheit abgeführten Partikel wird als die Menge M der abgeführten Partikel bezeichnet. Wenn die Menge M der abgeführten Partikel kleiner ist als die Menge G der Partikel, die durch Oxidation eliminiert werden können, wie in einem **Fig. 24** gezeigten Bereich I, werden alle Partikel, die aus dem Verbrennungsraum abgeführt werden, nacheinander durch Oxidation auf dem Partikelfilter **70** innerhalb eines kurzen Zeitraums ohne Erzeugung einer leuchtenden Flamme eliminiert, wenn sie mit dem Partikelfilter **70** in Kontakt gelangen.

**[0128]** Wenn die Menge M der abgeführten Partikel hingegen größer ist als die Menge G der Partikel, die durch Oxidation eliminiert werden können, wie im in **Fig. 24** gezeigten Bereich II, ist die Menge an aktivem Sauerstoff zur Oxidierung aller Partikel unzurei-

chend. Die [Fig. 25A](#), [Fig. 25B](#) und [Fig. 25C](#) zeigen, wie ein Partikel in so einem Fall oxidiert wird. Das heißt, in dem Fall, in dem die Menge an aktivem Sauerstoff unzureichend ist, um alle Partikel zu oxidieren, wenn das Partikel **62** an dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** haftet, wie in [Fig. 25A](#) gezeigt ist, wird nur ein Teil des Partikels **62** oxidiert, und der Teil des Partikels **62**, der nicht ausreichend oxidiert worden ist, verbleibt auf der Trägerschicht. Wenn die Menge an aktivem Sauerstoff weiterhin unzureichend ist, bleibt der Teil des Partikels, der nicht oxidiert worden ist, allmählich ein ums andere mal auf der Trägerschicht zurück. Folglich, wie in [Fig. 25B](#) gezeigt ist, ist die Oberfläche der Seite stromauf des Filters mit einem zurückgebliebenen Partikelanteil **63** bedeckt.

**[0129]** Der zurückgebliebene Partikelanteil **63** wandelt sich allmählich in ein Kohlenstoffmaterial um, das wahrscheinlich nicht oxidiert wird. Somit tendiert der zurückgebliebene Partikelanteil **63** dazu, da zu bleiben, wo er ist. Wenn die Oberfläche der stromauf befindlichen Seite mit dem zurückgebliebenen Partikelanteil **63** bedeckt ist, wird der NO- und SO<sub>2</sub>-Oxidationseffekt des Platins Pt und der Effekt des Aktivsauerstofffreisetzungsmittels **61** geschwächt. Folglich sammelt sich ein Partikel **64** nach dem anderen auf dem zurückgebliebenen Partikelanteil **63** an, wie in [Fig. 25C](#) gezeigt ist. Das heißt, daß sich die Partikel schichtweise ansammeln. Wenn sich die Partikel schichtweise so ansammeln, werden die Partikel durch den aktiven Sauerstoff O nicht mehr oxidiert. Selbst wenn die Partikel wahrscheinlich oxidiert werden, werden sie nicht durch den aktiven Sauerstoff oxidiert, da sie vom Platin Pt und dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** beabstandet sind. Somit sammelt sich ein Partikel nach dem anderen auf dem Partikel **64** an. Wenn nämlich die Menge M der abgeführten Partikel größer als die Menge G der Partikel bleibt, die durch Oxidation eliminiert werden kann, sammeln sich die Partikel schichtweise auf dem Partikelfilter an. Daher können die angesammelten Partikel erst durch Zündung verbrannt werden, wenn das Abgas oder der Partikelfilter **70** aufgewärmt sind.

**[0130]** Auf diese Weise werden die meisten Partikel auf dem Partikelfilter **70** innerhalb eines relativ kurzen Zeitraums ohne Erzeugung von leuchtenden Flammen im Bereich I, der in [Fig. 24](#) gezeigt ist, oxidiert, und die Partikel sammeln sich schichtweise auf dem Partikelfilter im Bereich II an, der in [Fig. 24](#) gezeigt ist. Somit können die Partikel, die sich schichtweise auf dem Partikelfilter angesammelt haben, verhindert werden, indem die Beziehung zwischen der Menge M der abgeführten Partikel und der Menge G der Partikel, die durch Oxidation eliminiert werden können, entsprechend der Beziehung angepaßt wird, die im Bereich I angezeigt wird, der in [Fig. 24](#) gezeigt ist.

**[0131]** Daher ändert sich der Druckunterschied der

Abgasströmung im Partikelfilter **70** kaum und wird bei einem im wesentlichen konstanten minimalen Druckverlustwert beibehalten. Daher kann die Abnahme der Motorleistung auf ihrem minimalen Wert gehalten werden.

**[0132]** Dies wird jedoch nicht immer realisiert und wenn nichts unternommen wird, können sich die Partikel auf dem Partikelfilter ansammeln.

**[0133]** Gemäß der Ausführungsform steuert die elektronische Steuereinheit **30** den Ventilkörper **71a**, um gemäß dem ersten Flußdiagramm in [Fig. 26](#) zu arbeiten, um die Ansammlung von Partikeln auf dem Filter zu verhindern. Der Prozeß dieses Flußdiagramms wird für eine bestimmte Zeitdauer wiederholt. Bei Schritt **101** bestimmt die Steuereinheit, ob das Ventil umgeschaltet wird oder nicht. Der Ventilschalt-Steuerzeitpunkt wird durch eine vorbestimmte Zeitdauer bestimmt oder ist durch eine bestimmte Fahrleistung des Fahrzeugs zu bestimmen. Wird Nein bestimmt wird, endet das Verfahren, und wenn Ja bestimmt wird, wird es bei Schritt **102** fortgesetzt, um den Ventilkörper **71a** von der aktuellen unterbrechenden Position in die andere unterbrechende Position zu drehen.

**[0134]** [Fig. 27A](#) und [Fig. 27B](#) zeigen einen vergrößerten Querschnitt der Trennwand **54** des Filters. Wie beschrieben, fangen die vordere Oberfläche der Trennwand **54** an der Seite stromauf des Abgasstroms und die dem Abgasstrom entgegengesetzte Oberfläche in den feinen Löchern die Partikel durch Kollision als eine Auffangoberfläche auf und entfernen die abgefangenen Partikel durch einen aktiven Sauerstoff, der von dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel durch Oxidation abgegeben wird. Während des eingestellten Steuerzeitpunkts oder des eingestellten Fahrleistungs-Steuerzeitpunkts kann das Fahrzeug gemäß dem Bereich I in [Fig. 24](#) betrieben werden, und die Partikel verbleiben aufgrund einer unzureichenden Oxidation auf dem Gitter, wie in [Fig. 27A](#) gezeigt ist. Die in geringer Menge vorliegende Ansammlung kann das Fahrverhalten des Fahrzeugs nicht beeinflussen, wird jedoch die Ansammlungsmenge größer, kann die Motorleistung um einen großen Betrag abnehmen. Wird jedoch die Umkehrung zwischen der Seite stromauf des Abgasstroms und stromabwärtigen Seite des Filters vorgenommen, entsteht kein weiterer Anstieg der verbleibenden Partikel auf der Auffangoberfläche der einen Seite der Wand **54**, und die aufgefangenen Partikel werden allmählich oxidiert, um durch den aktiven Sauerstoff, der von der anderen Auffangoberfläche freigesetzt wird, entfernt zu werden. Die verbleibenden Partikel in den feinen Löchern werden durch die Umkehrströmung des Abgases zerstört und in kleine Stücke zerteilt, wie in [Fig. 27B](#) gezeigt ist, und bewegen sich zur stromabwärtigen Seite.

**[0135]** Ein Großteil der fein aufgeteilten Partikel wird in den feinen Löchern in der Trennwand **54** dispergiert, in anderen Worten werden derart strömende Partikel durch Oxidation durch direkten Kontakt mit dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel, das auf der Oberfläche der feinen Löcher der Wand **54** getragen wird, entfernt. Dadurch daß das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel in den feinen Löchern der Trennwand **54** getragen wird, können die verbleibenden Partikel ohne weiteres durch die Oxidation entfernt werden.

**[0136]** Neben der Oxidation wird durch Umkehren der Abgasströmung die andere Auffangoberfläche der Trennwand **54** zur stromauf befindlichen Seite, und es findet auf der Oberfläche dieser Seite (gegenüber der anderen Auffangoberfläche) mit den neuen Partikeln in dem Abgas eine Kollision statt, und die neuen Partikel werden durch den von dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel abgegebenen aktiven Sauerstoff oxidiert. Der Teil des aktiven Sauerstoffs, der von dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel abgegeben wird, strömt in Stromabwärtsrichtung mit dem Abgas und oxidiert die verbleibenden Partikel, die trotz der Umkehrströmung des Abgases zurückgeblieben sind.

**[0137]** In anderen Worten werden die zurückgebliebenen Partikel auf der einen Seite der Auffangoberfläche der Trennwand **54** oxidiert, um nicht nur durch den von der Auffangoberfläche freigegebenen aktiven Sauerstoff sondern auch von dem verbleibenden aktiven Sauerstoff entfernt zu werden, der durch die Oxidation auf der anderen Seite der Auffangoberfläche durch Umkehren der Abgasströmung verwendet wird.

**[0138]** Zum Ventilumschalt-Steuerzeitpunkt werden, selbst wenn sich einige Partikel in Schichten oder schichtweise angesammelt haben, auf einer seitlichen Auffangoberfläche durch Umkehren der Strömung des Abgases die angesammelten Partikel durch den aktiven Sauerstoff oxidiert, der von dieser Seite kommt, und zudem sammeln sich keine weiteren Partikel an. Somit kann der aktive Sauerstoff die angesammelten Partikel allmählich entfernen, und bis zum nächsten Umkehrzeitpunkt wird eine ausreichende Oxidation abgeschlossen sein.

**[0139]** Der Umschaltsteuerzeitpunkt des Ventilkörpers **71a** erfolgt nicht notwendigerweise periodisch. Er kann jedes Mal beim Abbremsen des Motors umgeschaltet werden. Die Bestimmung einer Abbremsung kann durch die Absicht des Fahrzeuglenkers, das Fahrzeug zu verlangsamen, wie z. B. Loslassen des Fahrpedals oder Betätigen des Bremspedals oder einen Kraftstoffverringervorgang, erfolgen.

**[0140]** Oder er kann zu dem Zeitpunkt umgeschaltet werden, wenn die angesammelten Partikel eine bestimmte Sollmenge erreichen. Eine Annahme bezüg-

lich der Ansammlungsmenge kann gemäß dem Druckunterschied zwischen der direkt stromauf befindlichen Seite und der direkt stromabwärtigen Seite des Filters **70** erfolgen. Der Druckunterschied steigt entsprechend dem Anstieg der Ansammlung der Partikel an. Er kann auch durch den elektrischen Widerstandswert auf der Trennwand eines vorbestimmten Partikelfilters definiert sein. Der elektrische Widerstandswert nimmt entsprechend der Zunahme der Partikelansammlung ab. Auch kann die Lichtdurchlässigkeit oder Reflexion auf der Filterwand verwendet werden, die entsprechend des Anstiegs der Partikelansammlung abnimmt. Gemäß dem Graphen in [Fig. 24](#) wird die Differenz (M-G) ferner als die Ansammlungsmenge der Partikel betrachtet, wobei M sich auf die abgeführte Partikelmenge, die durch den aktuellen Motorbetriebszustand angenommen wird, und G sich auf die möglich Oxidationsmenge unter Berücksichtigung der Partikeltemperatur bezieht, die durch den aktuellen Motorbetriebszustand angenommen wird.

**[0141]** Wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis des Abgases fetter wird, in anderen Worten, wenn die Sauerstoffkonzentration in dem Abgas reduziert ist, wird der aktive Sauerstoff O von dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** auf einmal nach außen abgegeben. Durch diesen aktiven Sauerstoff O, der auf einmal abgegeben wird, können die angesammelten Partikel ohne weiteres oxidiert und entfernt werden. Wenn hingegen das Kraftstoff-Luftverhältnis mager gehalten wird, wird die Oberfläche des Platins Pt mit Sauerstoff bedeckt, d. h. es liegt eine sogenannte Sauerstofftoxizität vor. Dadurch wird die Oxidation von NOx verringert, und dementsprechend wird das NOx-Absorptionsverhältnis reduziert, um die Aktivsauerstofffreisetzungsmenge von dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** zu reduzieren. Wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis jedoch fetter gemacht wird, wird der Sauerstoff auf der Oberfläche des Platins Pt verbraucht, um die Sauerstofftoxizitäten aufzulösen. Wird das Kraftstoff-Luftverhältnis wieder mager, steigt die Oxidation von NOx an, um die Aktivsauerstoffabfuhrmenge aus dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** zu erhöhen.

**[0142]** Dementsprechend können die Sauerstofftoxizitäten des Platins Pt jedesmal aufgelöst werden, wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis von mager auf Anfechtung geändert wird, um die Oxidation der Partikel auf dem Filter **70** durch den Anstieg der Abfuhrmenge des aktiven Sauerstoffs zum Zeitpunkt des mageren Kraftstoff-Luftverhältnisses zu beschleunigen. Ferner handelt es sich bei der Auflösung des Sauerstoffs um eine Verbrennung der Desoxidationssubstanz, und dementsprechend steigt die Temperatur des Partikelfilters **70** mit der Wärmeerzeugung an. Die durch Sauerstoff entfernbaren Partikel nehmen auf dem Filter zu, und der Sauerstoff von verbleibenden und angesammelten Partikel auf dem Filter ist

ohne weiteres entfernbar.

**[0143]** Unmittelbar nach der Umkehr der Seite stromauf des Abgasstroms und der stromabwärtigen Seite, wenn das Kraftstoff-Luftverhältnis angefettet wird, gibt die andere Auffangoberfläche der Trennwand, auf der keine Partikel zurückgeblieben sind, im Vergleich zu der einen Seitenoberfläche ohne weiteres den aktiven Sauerstoff frei, und dementsprechend können die verbleibenden Partikel auf der einen Seitenoberfläche aufgrund der großen Menge an freigesetztem aktiven Sauerstoff mit Sicherheit oxidiert werden. Es ist zudem akzeptabel, das Kraftstoff-Luftverhältnis des Abgases unabhängig von dem Schaltvorgang des Ventilkörpers **71a** anzufetten, um so kein Verbleiben von Partikeln auf dem Filter oder deren Ansammlung hervorzurufen.

**[0144]** Als ein Verfahren zur Anfettung des Kraftstoff-Luftverhältnisses des Abgases kann die Niedrigtemperaturverbrennung durchgeführt werden. Es ist zudem akzeptabel, das Verbrennungs-Kraftstoff-Luftverhältnis einfach anzufetten. Neben der normalen Hauptkraftstoffeinspritzung während der Verbrennungsstufe kann der Kraftstoff durch das Motorkraftstoffeinspritzventil während der Auslaß- oder Arbeitsstufe (Nacheinspritzung) oder während des Einlaßvorgangs eingespritzt werden. Es ist nicht notwendig, ein Intervall zwischen der Hauptkraftstoffeinspritzung und einer solchen Nacheinspritzung oder VI-GOM-Einspritzung vorzusehen. Es ist auch möglich, dem Motorabgassystem Kraftstoff zuzuführen.

**[0145]** Der Partikelfilter der Ausführungsform absorbiert NOx in dem Abgas, jedoch handelt es sich bei der Filterstruktur um einen Wanddurchgangs-Typ, bei dem das Abgas durch die feinen Löcher der Auffangwand gelangt. Im Vergleich zu dem Typ, bei dem das Abgas sich entlang der den Katalysator tragenden Trennwand bewegt, muß der Abstand zwischen den Auffangwänden groß genug sein, um das Abgas der gleichen Menge hindurchzulassen. Die Möglichkeit einer Kontaktierung mit dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel, das auf der Auffangwandoberfläche des Filters getragen wird, ist im Vergleich zur Monolith-Katalysatorvorrichtung geringer. Wenn das Abgas durch die feinen Löcher der Auffangwand gelangt, kontaktiert das Abgas das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel, das auf der Auffangwandoberfläche getragen wird, kontaktiert jedoch hauptsächlich nur das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel, das auf der Auffangwand getragen wird. Der Bereich der Auffangwandoberfläche, der den Katalysator trägt, ist jedoch nicht so groß. Selbst wenn das NOx absorbierende Aktivsauerstofffreisetzungsmittel auf dem Partikelfilter getragen wird, werden dementsprechend die NOx in dem Abgas nicht ausreichend gereinigt.

**[0146]** Dementsprechend ist die Katalysatorvorrichtung **73**, die das Edelmetall und die Substanz trägt,

die in der Lage ist, das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel für den Katalysator eines NOx-Desoxidationskatalysators gemäß der Ausführungsform zu verwenden, in dem mittleren Stromabschnitt **71c** des mittleren Rohrelements **71** an der stets an der stromabwärtigen Seite des Partikelfilters befindlichen Position unabhängig vom Umkehrvorgang der Seite stromauf und der stromabwärtigen Seite des Filters vorgesehen. NOx, die am Filter nicht absorbiert worden sind, können zur ausreichenden Verringerung der Abführung in die Atmosphäre absorbiert werden. Der NOx-Katalysator, der durch die Katalysatorvorrichtung **73** getragen wird, ist nicht auf den NOx-Desoxidationskatalysator beschränkt, sondern es kann auch ein anderer Katalysator, wie z. B. ein NOx-selektiver Desoxidationskatalysator zur Reinigung der NOx verwendet werden.

**[0147]** Wenn das Abgas mit einem Abgas eines fetten Kraftstoff-Luftverhältnisses, das die Desoxidationssubstanz enthält, in die Partikel strömt oder das Abgas mit einer relativ großen Menge an HC oder CO durch Durchführen der Niedrigtemperaturverbrennung in den Partikelfilter strömt, werden nicht immer alle Desoxidationssubstanzen durch das Edelmetall des Filters oxidiert oder für die NOx-Desoxidation verwendet, die aus dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel abgegeben wird, und daher müssen die durch den Filter gelangenden Desoxidationssubstanzen gereinigt werden.

**[0148]** Es besteht die Möglichkeit, die durch den Filter gelangenden Substanzen durch eine NOx-Desoxidationsreinigung, die aus dem Edelmetallkatalysator abgegeben wird, zu reinigen, wenn der NOx-absorbierende Desoxidationskatalysator durch die Katalysatorvorrichtung **73** getragen wird, es ist jedoch auch möglich, die durch den Filter gelangenden Substanzen zu reinigen, wenn die Katalysatorvorrichtung **73** zumindest den Oxidationskatalysator, wie z. B. das Edelmetall, trägt.

**[0149]** Es ist daher wirksam, eine NOx-Katalysatorvorrichtung oder Oxidationskatalysatorvorrichtung an der stromabwärtigen Seite des Partikelfilters vorzusehen, um die durch den Filter gelangenden schädlichen Substanzen zu reinigen. Wenn die Katalysatorvorrichtung des obigen Typs an der Seite stromauf des Filters vorgesehen ist, wird der Partikelfilter nicht mit ausreichend NOx- und Desoxidationssubstanzen versorgt, und die Partikeloxidationsentfernungsfunktion am Filter wird geschwächt. Es ist daher wichtig, die Katalysatorvorrichtung an der stromabwärtigen Seite vorzusehen. Wird die Katalysatorvorrichtung einfach an der stromabwärtigen Seite vorgesehen, wird die Reinigung der schädlichen Substanzen nicht zufriedenstellend erreicht, wenn sich die Katalysatorvorrichtung fernab des Motors an sich befindet. Dies ist darin begründet, daß der Temperaturanstieg der Katalysatorvorrichtung durch das Abgas unzurei-

chend ist und der Katalysator nicht ausreichend aktiviert wird.

**[0150]** Gemäß der Katalysatorvorrichtung **73** der Ausführungsform ist die Vorrichtung stets an der stromabwärtigen Seite des Filters **70** und nahe des Filters positioniert. Durch die Oxidationsentfernung der Partikel durch den aktiven Sauerstoff am Filter und die Verbrennung der Desoxidationssubstanzen durch das Edelmetall wird der Partikelfilter **70** dementsprechend erwärmt, um die Wärme von dem Filter zur Katalysatorvorrichtung **73** zu übertragen, um die Katalysatorvorrichtung **73** dadurch zu erwärmen, um den Katalysator ausreichend zu aktivieren.

**[0151]** Wenn der Motor startet oder unmittelbar nach dem Start des Motors, ist jedoch das Edelmetall des Filters nicht aktiviert, und die Oxidationsentfernung der Partikel und die Verbrennung der Desoxidationssubstanzen ist nicht ausreichend. Der Filter kann also nicht frühzeitig erwärmt werden. Dementsprechend dauert es lange Zeit, bis Wärme von dem Filter zu dem Katalysator übertragen worden ist, damit er aufgewärmt ist. Während diese Zeiträume werden die schädlichen Substanzen, wie z. B. HC, CO und NO<sub>x</sub> in die Atmosphäre abgeführt. Gemäß der Ausführungsform wird der Katalysator unmittelbar nach dem der Motor gestartet worden ist, in einem frühen Stadium erwärmt, wie in dem Flußdiagramm in [Fig. 28](#) gezeigt ist.

**[0152]** Bei Schritt **201** wird bestimmt, ob der Motorzustand unmittelbar nach dem Start ist oder nicht. Wird bestimmt, daß er es nicht ist, endet der Prozeß hier. Wenn Ja, wird bei Schritt **202** der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert. Das Abgas strömt direkt in die Katalysatorvorrichtung **73**, wobei es den Filter **70** umgeht, um nicht gekühlt zu werden, und es besteht die Möglichkeit, die Katalysatorvorrichtung aufzuwärmen. Bei Schritt **203** wird das Abgas an sich erwärmt, um die Temperatur zu erhöhen. Diese Temperatursteuerung wird durch Zuführen von Kraftstoff in den Zylinder während der Ausstoßstufe durch Nacheinspritzung vorgenommen, um die Verbrennung während der Ausstoßstufe zu erhalten, um die Abgastemperatur zu erwärmen.

**[0153]** Das durch die Katalysatorvorrichtung **73** gelangende Abgas bewegt sich um den Partikelfilter **70** am stromabwärtigen Abschnitt **71d** des zentralen Rohrelements **71**, und das Abgas gelangt nicht durch den Filter, jedoch wird die Temperatur des Filters erhöht. Bei Schritt **204** erfaßt der Temperatursensor **76** als Temperatur der Katalysatorvorrichtung **73** die Temperatur des Abgases an der direkt stromabwärtigen Seite der Katalysatorvorrichtung **73**, und es wird bestimmt, ob die erfaßte Temperatur T die Temperatur T1 der Aktivierung des Katalysators erreicht, der durch die Katalysatorvorrichtung **73** getragen wird. Wird Ja bestimmt, wird davon ausgegangen, daß die

Aufwärmung der Katalysatorvorrichtung **73** abgeschlossen ist, und bei Schritt **205** wird die Temperaturanstiegssteuerung des Abgases beendet. Bei Schritt **206** wird der Ventilkörper **71a** auf eine der beiden unterbrechenden Positionen eingestellt. Es besteht auch die Möglichkeit, die Temperatur des Abgases, das in die Katalysatorvorrichtung einströmt (die Temperatur des Abgases direkt an der Seite stromauf der Katalysatorvorrichtung) zu erfassen, und die Temperatur der Katalysatorvorrichtung kann basierend auf dieser Temperatur angenommen werden. Es besteht zudem die Möglichkeit, die Temperatur des in die Katalysatorvorrichtung einströmenden Abgases gemäß dem Motorbetriebszustand als die Katalysatorvorrichtung anzunehmen.

**[0154]** Das Abgas strömt erst nach Abschluß der Aufwärmung der Katalysatorvorrichtung **73** in den Partikelfilter, um mit dem Auffangen der Partikel zu beginnen. Davor werden die Partikel in die Atmosphäre freigesetzt.

**[0155]** Der Abschluß der Aufwärmung der Katalysatorvorrichtung dauert nicht so lange und kann vernachlässigt werden. Nach Abschluß der Aufwärmung wird die Temperatur des Filters wie vorstehend beschrieben auf ein Maß erhöht, und die Menge der Partikel für eine Oxidation wird verbessert. Somit ist die wirksame Oxidation der Partikel ab dem Beginn ihres Auffangens möglich.

**[0156]** Unmittelbar nach dem Starten des Motors ist die Temperatur des Filters niedrig, und die Oxidation der Partikel kann in dieser Stufe nicht effizient erreicht werden. Unter solchen Umständen, wenn das Auffangen der Partikel beginnt, sammeln sich die Partikel auf dem Filter an, um eine Verstopfung zu erzeugen. Es ist zu bevorzugen, daß das Abgas nicht unmittelbar nach dem Motorstart in den Filter strömt, um die Verstopfung des Filters zu verhindern. Obwohl die Desoxidationssubstanzen in dem Abgas zur Erhöhung der Temperatur des Filters und zur Verbrennung durch den Edelmetallkatalysator des Filters enthalten sind, funktioniert die Katalysatorvorrichtung **73** zum Steuerzeitpunkt des Einströmens des Abgases in den Filter ausreichend, um einen Teil der durch den Filter gelangenden Desoxidationssubstanzen zu reinigen.

**[0157]** Der NO<sub>x</sub>-absorbierende Desoxidationskatalysator kann NO<sub>x</sub> nicht effektiv reinigen, wenn die Katalysatortemperatur zu hoch oder zu niedrig ist. Der NO<sub>x</sub>-absorbierende Desoxidationskatalysator weist zur effektiven Reinigung von NO<sub>x</sub> einen optimalen Temperaturbereich von etwa 300°C bis 500°C auf. Wenn die Katalysatorvorrichtung den NO<sub>x</sub>-absorbierenden Desoxidationskatalysator trägt, ist es notwendig, dessen Temperatur auf den vorstehend beschriebenen Bereich zu steuern. Wenn jedoch einfach das durch den Partikelfilter **70** gelangende Ab-

gas in die Katalysatorvorrichtung eingeführt wird, kann eine derartige Steuerung nicht ausgeführt werden, um die Reinigungsfunktion der Katalysatorvorrichtung zu verringern. Gemäß der Ausführungsform, wie in [Fig. 29](#) gezeigt, wird die Temperatur der Katalysatorvorrichtung, gemäß dem Flußdiagramm gesteuert, das in [Fig. 29](#) gezeigt ist.

**[0158]** Bei Schritt **301** erfaßt der Temperatursensor **76** die Abgastemperatur T direkt stromab der Katalysatorvorrichtung **73** als die Katalysatortemperatur, und es wird bestimmt, ob die Katalysatortemperatur T gleich oder höher als die untere Temperaturgrenze T1 (300°C) ist. Wird bestimmt, daß Nein vorliegt, wird bei Schritt **302** der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert, und das Abgas umgeht den Filter und strömt direkt in die Katalysatorvorrichtung ein. Bei Schritt **303** wird die Temperaturanstiegssteuerung für die Katalysatorvorrichtung durchgeführt. Bei dieser Temperatursteuerung soll eine relativ große Menge der Desoxidationssubstanzen in dem Abgas gemäß einem der vorstehend beschriebenen Verfahren beinhaltet sein. Die Desoxidationssubstanzen werden durch den Edelmetallkatalysator, der durch die Katalysatorvorrichtung getragen wird, verbrannt, und diese Verbrennungswärme erhöht die Temperatur der Katalysatorvorrichtung. Durch Fortsetzen der Verbrennung während der Ausstoßstufe durch Nach einspritzung kann ferner die Temperatur des Abgases, das in die Katalysatorvorrichtung strömt, erwärmt werden. Bei beiden Arten der Temperatursteuerung ist es möglich, die Temperatur der Katalysatorvorrichtung effektiv zu erhöhen, da das Abgas direkt in die Katalysatorvorrichtung eingeführt wird, wobei der Verbrauch der Desoxidationssubstanzen am Filter oder eine Abkühlung des Abgases verhindert wird.

**[0159]** Wenn die Temperatur T der Katalysatorvorrichtung hingegen die untere Grenztemperatur T1 überschreitet, lautet die Bestimmung bei Schritt **301** Ja, und das Programm wird bei Schritt **304** fortgesetzt, um zu bestimmen, ob die Temperatur niedriger als oder gleich der oberen Grenztemperatur T2 (500°C) ist oder nicht. Wird Nein bestimmt, wird bei Schritt **305** der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert, und das Abgas umgeht den Filter, um direkt in die Katalysatorvorrichtung einzuströmen. Bei Schritt **306** wird die Temperaturdesoxidationssteuerung für die Katalysatorvorrichtung durchgeführt. Die Niedrigtemperatursteuerung bedeutet, daß die Niedrigtemperaturverbrennung bei einem mageren Kraftstoff-Luftverhältnis oder einem theoretischen Kraftstoff-Luftverhältnis durchgeführt wird. Die Verbrennungstemperatur wird durch die Niedrigtemperaturverbrennung zur Senkung der Abgastemperatur verringert, um die Temperatur der Katalysatorvorrichtung zu senken.

**[0160]** Wird das Kraftstoff-Luftverhältnis bei der

Niedrigtemperaturverbrennung angefettet, enthält das Abgas mehr Desoxidationssubstanzen zur Erhöhung der Temperatur. Eine Abgassenkung durch eine Kraftstoffverringern kann die Temperaturverringernssteuerung ebenfalls erreichen. Obwohl die Kraftstoffverringern schwierig ist, wenn der Motor am Beschleunigen ist, können unter den anderen Fahrbedingungen außer der Beschleunigung keine Probleme auftreten, falls eine sofortige Kraftstoffverringern durchgeführt wird. Es ist möglich, die Temperatur der Katalysatorvorrichtung durch Wiederholen des sofortigen Kraftstoffverringernsvorgangs zu verringern. In Erwartung der Motorabbremung, wird der Ventilkörper **71a** in den Zwischenposition geschaltet und gleichzeitig Kraftstoff verringert.

**[0161]** Bei beiden Temperaturverringernssteuerungen wird das Abgas direkt in die Katalysatorvorrichtung eingeführt, und die Temperatur der Katalysatorvorrichtung kann ohne Erwärmung des Abgases durch Entfernen der Partikel am Filter durch Oxidation wirksam gesenkt werden.

**[0162]** Ungeachtet der Temperatursteuerung, wie z. B. Anstieg oder Senkung, oder ohne Temperatursteuerung, insofern die Temperatur der Katalysatorvorrichtung innerhalb des Soll-Temperaturbereichs ist, die Bestimmungen bei beiden Schritten **301** und **304** Ja lauten, und wenn die Temperatursteuerung bei Schritt **307** durchgeführt wird, wird diese Steuerung angehalten, und wenn der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition bei Schritt **308** positioniert ist, kann das Abgas durch den Filter gelangen, indem der Ventilkörper **71a** auf eine der beiden unterbrechenden Positionen geschaltet wird. Wenn der Ventilkörper **71a** von der Zwischenposition auf die unterbrechende Position geschaltet wird, wird die unterbrechende Position bei Schritt **308** so eingestellt, daß sie die andere unterbrechende Position einnimmt, die sich von der unterscheidet, bevor der Ventilkörper **71a** in der Zwischenposition war. Dadurch wird die Seite stromauf und die stromabwärtige Seite des Filters umgekehrt, um die Verstopfung des Filters zu verhindern, wie vorstehend erklärt wurde.

**[0163]** Wenn der durch die Katalysatorvorrichtung **73** getragene Katalysator als der NOx-absorbierende Desoxidationskatalysator die obere und die untere Temperaturgrenze beinhaltet, die effektiv funktionieren, ist es notwendig, die Temperaturanstiegs- und Temperaturverringernssteuerung zu steuern, wenn jedoch der Oxidationskatalysator auf der Katalysatorvorrichtung getragen wird, ist die Temperatur, die effektiv funktioniert, nur die untere Grenze, und es ist nicht notwendig, die Temperaturverringern bei Schritt **304** und **306** zu steuern.

**[0164]** Gemäß der Ausführungsform ist die Katalysatorvorrichtung an der stromabwärtigen Seite des Filters angeordnet und die relativ große Menge der

Partikelmasse, die von dem Filter getrennt ist, strömt in die Katalysatorvorrichtung zusammen mit dem Abgas und verbleibt am Einlaß der Katalysatorvorrichtung oder innerhalb der Katalysatorvorrichtung, um den Abgaswiderstand der Katalysatorvorrichtung zu erhöhen. Gemäß der Ausführungsform wird die Seite stromauf und die stromabwärtige Seite des Filters umgekehrt, und wenn die große Menge an Partikeln sich aus bestimmten Gründen auf dem Filter ansammelt, kann die Partikelmasse ohne weiteres vom Filter getrennt werden. Die Trennung der Partikel vom Filter bedeutet, daß die Partikel vom Filter entfernt werden, um die Verstopfung des Filters zu verhindern. Wenn die große Menge an angesammelten Partikeln sich zur Verbrennung auf einmal entzünden, kann die Temperatur des Filters ansteigen oder sehr hoch werden, was zu einer Beschädigung des Filters durch Schmelzen führen kann. Daher ist es sinnvoll, dieses Risiko zu meiden.

**[0165]** Es ist jedoch nicht zu bevorzugen, daß die angesammelten Partikel den Abgaswiderstand der Katalysatorvorrichtung erhöhen, da dies zur Desoxidation der Motorausgabe führen kann, was es zu verhindern gilt. Gemäß der Ausführungsform verhindert das vierte Flußdiagramm, wie in [Fig. 30](#) gezeigt, das Zurückbleiben der von dem Katalysator getrennten Partikel. Bei Schritt **401** wird bestimmt, ob das Bremspedal durch Verwendung eines Bremsschalters oder dergleichen betätigt ist oder nicht. Wird Nein bestimmt, endet das Verfahren, und wenn Ja bestimmt wird, wird bei Schritt **402** das Abgasdrosselventil **75** geöffnet, um den Abgaswiderstand zu erhöhen, um die Abgasbremskraft zu erzeugen. Bei Schritt **403** wird der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert. Wenn das Bremspedal betätigt ist, bremst der Motor normalerweise ab, und eine Verbrennung durch den Kraftstoffverringervorgang wird nicht durchgeführt. Daher sind die Partikel nicht im Abgas enthalten, und dementsprechend werden die Partikel nicht in die Atmosphäre abgeführt, selbst wenn der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert ist und das Abgas den Filter umgeht.

**[0166]** Bei Schritt **404** wird bestimmt, ob das betätigte Bremspedal losgelassen worden ist oder nicht. Diese Bestimmung wird wiederholt, bis die Bestimmung Ja lautet. Wenn Ja bestimmt wird, wird das Abgasdrosselventil **405** bei Schritt **405** unter der Annahme geöffnet, daß die Fahrzeugverlangsamung nicht mehr erforderlich ist. Durch dieses Öffnen des Drosselventils gelangt das Abgas, dessen Druck stromauf des Abgasdrosselventils sehr hoch geworden ist, auf einmal durch das Ventil. Die Strömungsgeschwindigkeit des Abgases ist sehr hoch und es wird direkt über den sich in der Zwischenposition befindlichen Ventilkörper **71a** in die Katalysatorvorrichtung eingeführt. Dann wird die verbleibende Partikelmasse in der Katalysatorvorrichtung zerstört und an die stromabwärtige Seite der Katalysatorvorrichtung abge-

führt. Somit ist es möglich, die Partikelmasse von der Katalysatorvorrichtung zu entfernen. Bei Schritt **406** wird der Ventilkörper **71a** aus der Zwischenposition auf eine der unterbrechenden Positionen umgeschaltet. Bei Schritt **406** befindet sich die unterbrechende Position des Ventilkörpers **71a** bevorzugt in der anderen unterbrechenden Position, die sich von der unterscheidet, bevor der Ventilkörper **71a** in der Zwischenposition war. Daher erfolgt die Umkehrung der stromabwärtigen Seite und der Seite stromauf des Abgasstroms, um die Verstopfung des Filters zu verhindern.

**[0167]** Gemäß der Ausführungsform, unmittelbar bevor das Abgasdrosselventil **75** offen ist, ist der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert worden, um dem eine hohe Geschwindigkeit aufweisenden Abgas zu erlauben, direkt in die Katalysatorvorrichtung einzuströmen, indem bei Öffnen des Ventils **75** der Filter umgangen wird. Das eine hohe Geschwindigkeit aufweisende Abgas strömt sicher in die Katalysatorvorrichtung ein und verhindert, daß sich die Partikelmasse vom Filter trennt. Wenn jedoch die Menge der angesammelten Partikel bereits zu einer beträchtlichen Größe angewachsen ist, ist es möglich, das eine hohe Geschwindigkeit aufweisende Abgas zum positiven Trennen der Partikel vom Filter zu verwenden.

**[0168]** Gemäß der Ausführungsform ist das Abgasdrosselventil an der Seite stromauf der Katalysatorvorrichtung positioniert, es ist aber nicht auf diese Position beschränkt und kann an der stromabwärtigen Seite der Katalysatorvorrichtung positioniert sein. Gemäß dieser Position des Abgasdrosselventils kann das langsam in die Katalysatorvorrichtung einströmende Abgas durch das Schließen des Abgasdrosselventils mit einer hohen Geschwindigkeit in die Katalysatorvorrichtung einströmen, um die Partikelmasse, wie oben erwähnt, von der Katalysatorvorrichtung zu entfernen.

**[0169]** Wie oben angemerkt, ist es, wenn der NOx-absorbierende Desoxidationskatalysator durch die Katalysatorvorrichtung **73** getragen wird, notwendig, die Katalysatorvorrichtungstemperatur unter den oberen Temperaturgrenzwert zu senken, wenn sich aber die Katalysatorvorrichtung **73** stromab des Filters **70** befindet, steigt die Temperatur der Katalysatorvorrichtung praktisch kaum über den oberen Grenzwert an, und um die Temperatur der Katalysatorvorrichtung über dem unteren Grenzwert zu halten, ist es notwendig, die Temperatur so weit wie möglich zu erhöhen. Wenn der Oxidationskatalysator auf der Katalysatorvorrichtung **73** getragen wird, existiert in diesem Fall die obere Temperaturgrenze nicht, und es ist notwendig, die Temperatur so weit wie möglich zu erhöhen.

**[0170]** [Fig. 31](#) zeigt das fünfte Flußdiagramm, bei dem bei Schritt **501** bestimmt wird, ob der Motor ab-

gebremst wird oder nicht. Diese Bestimmung erfolgt durch die Erfassung der Betätigung des Fahrpedals oder des Loslassens des Pedals. Wird Nein bestimmt, endet das Verfahren, und wenn bei Schritt **502** Ja bestimmt wird, wird der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert und das Abgas strömt direkt unter Umgehen des Filters in die Katalysatorvorrichtung. Bei Schritt **503** wird die Temperaturanstiegssteuerung vorgenommen.

**[0171]** Die Temperaturanstiegssteuerung erfolgt genauso wie bei dem dritten Flußdiagramm, wobei möglichst viele Desoxidationssubstanzen in dem Abgas enthalten sind. Die Desoxidationssubstanzen werden durch das Edelmetall verbrannt, das durch die Katalysatorvorrichtung getragen wird, und es besteht die Möglichkeit, die Temperatur durch die dabei erzeugte Verbrennungswärme zu erhöhen. Bei Abbremsen des Motors, wenn keine Kraftstoffverringerng zur Beibehaltung der Verbrennung vorgenommen wird, wird die Temperaturanstiegssteuerung durch Nacheinspritzung ausgeführt, um die Abgastemperatur in der Ausstoßstufe zu erhöhen. Bei beiden Arten der Temperatursteuerung ist es möglich, die Temperatur der Katalysatorvorrichtung wirksam zu erhöhen, da das Abgas direkt in die Katalysatorvorrichtung eingeführt wird, wodurch der Verbrauch von Desoxidationssubstanzen am Filter oder eine Abkühlung des Abgases verhindert wird.

**[0172]** Bei Schritt **504** wird bestimmt, ob das Abbremsen des Motors beendet ist oder nicht. Diese Bestimmung wird wiederholt, bis die Bestimmung Ja lautet, um den Temperaturanstiegsvorgang fortzusetzen. Wird bei Schritt **504** Ja bestimmt, wird bei Schritt **505** die Temperaturanstiegssteuerung gestoppt, und bei Schritt **506** befindet sich die unterbrechende Position des Ventilkörpers **71a** bevorzugt in der anderen unterbrechenden Position, die sich von der unterscheidet, bevor der Ventilkörper **71** in der Zwischenposition war.

**[0173]** Unter der Temperaturanstiegssteuerung der Katalysatorvorrichtung durch die Desoxidationssubstanzen, kann ein Teil der Desoxidationssubstanzen in die Atmosphäre abgeführt werden, indem sie durch die Katalysatorvorrichtung gelangen, und unter der Temperaturanstiegssteuerung durch Nacheinspritzung wird der Kraftstoffverbrauch erhöht, und dementsprechend ist es nicht zu bevorzugen, diese unnötig häufig durchzuführen. Wenn die Temperatur der Katalysatorvorrichtung einer Prognose zufolge durch den Hochlastbetrieb unmittelbar vor dem Abbremsen des Motors ausreichend hoch ist, wird der Ventilkörper **71a** nicht in die Zwischenposition geschoben, selbst wenn der Motor den Abbremszustand erreicht, und ferner ist die Temperaturanstiegssteuerung in diesem Fall nicht zu empfehlen. Diese ist nicht sinnvoll, wenn das Edelmetall unter der Desoxidationssubstanz-Temperaturanstiegssteuerung nicht akti-

viert ist, und daher ist es, unter der Annahme, daß das Edelmetall unmittelbar nach dem Starten des Motors nicht aktiviert ist, nicht zu bevorzugen, die Temperaturanstiegssteuerung durch die Desoxidationssubstanzen durchzuführen. Es ist möglich, den Temperaturanstiegsvorgang durch Nacheinspritzung durchzuführen, selbst wenn der Edelmetallkatalysator inaktiv ist.

**[0174]** Bei Vorliegen von  $\text{SO}_3$  in dem Calcium Ca im Abgas erzeugt das Calcium Calciumsulfat  $\text{CaSO}_4$ . Das Calciumsulfat  $\text{CaSO}_4$  ist schwer zu oxidieren und verbleibt als Asche auf dem Filter. Um das Verstopfen des Filters durch das Calciumsulfat  $\text{CaSO}_4$  zu vermeiden, wird dementsprechend ein alkalisches Metall oder ein Erdalkalimetall, das eine höhere Ionisierungstendenz aufweist als Calcium Ca, wie z. B. Kalium, als das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** verwendet, das in das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** diffundierte  $\text{SO}_3$  wird mit dem Kalium K verbunden und bildet ein Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , und das Calcium Ca gelangt durch die Trennwände des Partikelfilters **70**, ohne mit dem  $\text{SO}_3$  eine Bindung einzugehen und strömt durch die Trennwand des Filters. Somit wird verhindert, daß der Partikelfilter **70** verstopft. Wie vorstehend beschrieben, ist es somit wünschenswert, daß ein alkalisches Metall oder ein Erdalkalimetall, das eine höhere Ionisierungstendenz aufweist als Calcium Ca, nämlich Kalium K, Lithium Li, Cäsium Cs, Rubidium Rb, Barium Ba oder Strontium Sr, als Aktivsauerstofffreisetzungsmittel **61** verwendet wird.

**[0175]** Ferner ist die Erfindung auch auf einen Fall anwendbar, in dem nur ein Edelmetall, wie z. B. Platin Pt, auf den Trägerschichten getragen wird, die auf der vorderen und hinteren Oberfläche des Partikelfilters **70** ausgebildet sind. Es ist zu beachten, daß eine durchgehende Linie, die die Menge G der Partikel anzeigt, die durch Oxidation eliminiert werden können, zur rechten Seite der durchgehenden Linie, die in [Fig. 24](#) gezeigt ist, leicht versetzt ist. In diesem Fall wird aktiver Sauerstoff aus dem  $\text{NO}_2$  oder  $\text{SO}_3$ , die auf der Oberfläche des Platins Pt einbehalten sind, freigegeben. Ferner wird Cer Ce als Aktivsauerstofffreisetzungsmittel verwendet. Das Cer absorbiert den Sauerstoff, wenn die Sauerstoffkonzentration im Abgas hoch ist ( $\text{Ce}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CeO}_2$ ), und falls die Konzentration des Sauerstoffs abnimmt, wird der aktive Sauerstoff abgeführt ( $2\text{Ce}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{Ce}_2\text{O}_3$ ). Um den Sauerstoff von den Partikeln zu entfernen, wird das Kraftstoff-Luftverhältnis des Abgases periodisch oder nicht periodisch angefettet. Anstatt Cer Ce zu verwenden, kann Fe oder Sn verwendet werden.

**[0176]** Als das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel kann der  $\text{NO}_x$ -absorbierende Desoxidationskatalysator zur Reinigung von  $\text{NO}_x$  im Abgas verwendet werden. In diesem Fall ist es erforderlich, daß das Kraftstoff-Luftverhältnis des Abgases zur Abführung von

NO<sub>x</sub> oder SO<sub>x</sub> vorübergehend angefettet wird.

**[0177]** Gemäß der Ausführungsform trägt der Partikelfilter selbst das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel, um die Partikel durch den von dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel freigesetzten aktiven Sauerstoff zu oxidieren, ist aber nicht auf eine solche Struktur beschränkt. Die Partikeloxidationskomponente, wie z. B. aktiver Sauerstoff und CO<sub>2</sub>, der die gleiche Funktion wie der aktive Sauerstoff hat, kann von dem Filter oder der darauf getragenen Substanz abgeführt werden oder kann von außen in den Partikelfilter strömen. In dem Fall, in dem die Partikeloxidationskomponente von außen in den Filter einströmt, um die Partikel aufzufangen, werden abwechselnd die erste Auffangoberfläche und die zweite Auffangoberfläche der Auffangwand verwendet, wobei die eine Auffangoberfläche, die zur stromabwärtigen Seite wird, keine Ansammlung von weiteren neu eingeströmten Partikeln aufweist und die angesammelten Partikel allmählich oxidiert werden, um durch die Partikeloxidationskomponente entfernt zu werden, die von der anderen Seite der Auffangoberfläche strömt, um die angesammelten Partikel ausreichend zu entfernen, was eine gewisse Zeit dauert. Während dieser Zeit fängt die andere Auffangoberfläche die Partikel auf und oxidiert durch die Oxidationskomponente der Partikel. Dadurch können die gleichen Effekte wie oben erreicht werden.

**[0178]** Der Dieselmotor gemäß der Ausführungsform führt die Verbrennung bei niedrigerer Temperatur und die Verbrennung bei höherer Temperatur durch Umschalten derselben aus, jedoch ist die Erfindung nicht auf dieses Verfahren beschränkt, und es ist ein Dieselmotor akzeptabel, der nur die normale Verbrennung durchführt, oder ein Ottomotor, der die Partikel abführt, kann auf die Erfindung angewendet werden.

**[0179]** Die beschriebenen Katalysatorvorrichtung **73** ist ein normaler Monolith-Typ, jedoch kann die Katalysatorvorrichtung **731** eines Typs mit einem Querschnitt wie in [Fig. 32](#) gezeigt verwendet werden. Die Katalysatorvorrichtung **731**, die in [Fig. 32](#) gezeigt ist, weist eine Mehrzahl von Trennwänden **731a** auf, die sich in axialer Richtung erstrecken und aus porösen Materialien, wie z. B. Cordierit, gebildet sind, genauso wie bei dem Partikelfilter **70** im dem äußeren Rahmen **731e**. Das Innere der Katalysatorvorrichtung **731** ist durch jede Trennwand **731a** in eine Mehrzahl von Räumen unterteilt.

**[0180]** Eine Trennwand **731a**, die einen der beiden benachbarten axialen Räume **731b** umgibt, bildet einen verjüngten Abschnitt **731c**, der nach außen, an der Seite stromauf des Abgasstroms verjüngt ist, und die andere Trennwand **731a**, die den anderen der beiden benachbarten Räume **731b** umgibt, bildet einen anderen verjüngten Abschnitt **731c** aus, der

nach außen, an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms verjüngt ist. Jeder verjüngte Abschnitt **731c** weist eine quadratische, konische Form auf, wenn der axiale Raum **731b** einen rechtwinkligen Querschnitt aufweist, und die konische Form des verjüngten Abschnitts **731c** ist abhängig von der Querschnittsform des axialen Raums **731b** variabel. Der Öffnungsbereich des axialen Raums **731b**, der durch den verjüngten Abschnitt **731c** an der Seite stromauf des Abgasstroms umgeben ist, ist weit größer als die Querschnittsfläche (am mittleren Abschnitt) des axialen Raums **731b**. Der verjüngte Abschnitt **731c** kann durch Verformen eines Endes der Trennwand **731a** ausgebildet sein.

**[0181]** Die verjüngten Abschnitte **731c** sowohl an der Seite stromauf als auch der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms verschließen die jeweiligen entsprechenden axialen Räume **731b** nicht, und sie weisen jeweils einen Durchlaß **731d** auf, der eine kleinere Querschnittsfläche aufweist als die Querschnittsfläche des entsprechenden axialen Raums **731b**. Das in die Katalysatorvorrichtung **731** einströmende Abgas strömt etwa in die Hälfte der axialen Räume **731b** mit verjüngten Abschnitten **731c** an der Seite stromauf des Abgases über einen Durchlaß **731d** mit einer kleineren Querschnittsfläche, wie durch die gestrichelte Pfeillinie dargestellt ist. Das in die Katalysatorvorrichtung **731** einströmende Abgas strömt in die andere Hälfte der axialen Räume **731b** ohne verjüngte Abschnitte **731c** an der Seite stromauf des Abgasstroms über eine große Öffnung, und insgesamt unterscheidet sich der Abgasströmungswiderstand nicht so sehr im Wert von der Katalysatorvorrichtung des Monolithtyps.

**[0182]** Der Teil des Abgases, der in den entsprechenden axialen Raum **731b** über die große Öffnung strömt, strömt über den Durchlaß **731d** des verjüngten Abschnitts **731c** hinaus, wie durch die gestrichelte Pfeillinie dargestellt ist, da der axiale Raum **731b** den verjüngten Abschnitt **731c** an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms aufweist. Die Hauptströmung des Abgases gelangt jedoch durch die Trennwand **731a**, die den axialen Raum **731b** umgibt, und strömt aus dem benachbarten axialen Raum **731b** heraus. Daher unterscheidet sich der Gesamtströmungswiderstand des Abgases in seinem Wert nicht so sehr vom Katalysator des Monolithtyps. Das Abgas gelangt ohne weiteres durch die Katalysatorvorrichtung **731**.

**[0183]** Jede Trennwand **731a** trägt den NO<sub>x</sub>-absorbierenden Desoxidationskatalysator, den NO<sub>x</sub>-selektiven Desoxidationskatalysator oder den Oxidationskatalysator wie bei der Katalysatorvorrichtung **73**. Daher kann die Katalysatorvorrichtung **731** ähnlich der Katalysatorvorrichtung **73** die schädlichen Substanzen wie NO<sub>x</sub> oder Desoxidationssubstanzen im Abgas, das durch den Partikelfilter **70** gelangt, reini-

gen, bevor sie in die Atmosphäre abgeführt werden. Wie zuvor erwähnt, können die Partikel durch die Trennwände wie beim Partikelfilter **70** aufgefangen werden, da die Katalysatorvorrichtung **731** so strukturiert ist, daß sie die Trennwände **731a** aufweist, durch die das Abgas jeweils gelangt. Wenn beispielsweise der Motor startet und der Ventilkörper **71a** an der Zwischenposition positioniert ist oder während des Ventilschaltvorgangs, umgeht das die Partikel enthaltende Abgas den Filter **70**. Die Partikel werden durch die Katalysatorvorrichtung **731** aufgefangen und werden nicht in die Atmosphäre abgeführt.

**[0184]** Daher werden die aufgefangenen Partikel durch Oxidation durch den Edelmetallkatalysator, genauso wie beim Partikelfilter **70**, und den aktiven Sauerstoff entfernt, der von den Substanzen abgegeben wird, bei denen es sich um die Substanzen handelt, die als das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel verwendbar sind, das durch die Katalysatorvorrichtung **731** als der NO<sub>x</sub>-absorbierende Desoxidationskatalysator getragen wird. Somit tritt keine Ansammlung der Partikel an den Trennwänden **731a** der Katalysatorvorrichtung **731** auf. Für den Fall, daß das Edelmetall, wie z. B. Platin Pt, durch die Katalysatorvorrichtung **731** als der Oxidationskatalysator getragen wird, kann der aktive Sauerstoff freigesetzt werden, um die Ansammlung der Partikel auf den Trennwänden **731** zu verhindern.

**[0185]** Die Katalysatorvorrichtung **731** nimmt nur die Partikel in dem Abgas, die den Filter **70** umgehen, und die Partikel, die nicht aufgefangen werden können, auf, und die Wahrscheinlichkeit, daß die Partikel über die durch Oxidation entfernbaren Partikel der Katalysatorvorrichtung **731** hinaus durch die Katalysatorvorrichtung **731** aufgefangen werden, ist gering aufgrund des Verfahrens, das dem Partikelfilter **70** ähnlich ist.

**[0186]** Falls sich aus irgendwelchen Gründen eine verhältnismäßig größere Menge von Partikeln auf den Trennwänden **731a** der Katalysatorvorrichtung **731** angesammelt hat, da der durch die Trennwände **731a** der Katalysatorvorrichtung **731** getragene Katalysator den aktiven Sauerstoff nicht abgibt, und aufgrund längerer Verwendung sich die verhältnismäßig größere Menge von Partikeln selbst auf den Trennwänden **731a** angesammelt hat, strömt das Abgas in den entsprechenden Raum **731b** des verjüngten Abschnitts **731c** an der Seite stromauf des Abgasstroms, selbst wenn das Abgas aufgrund der Ansammlung der Partikel nicht durch jede Trennwand **731a** gelangen kann, da die Katalysatorvorrichtung **731** mit dem Durchlaß **731d** des verjüngten Abschnitts **731** versehen ist, und strömt dann aus dem entsprechenden Raum **731b**. Ferner strömt das Abgas in die große Öffnung benachbart zu jedem benachbarten Abschnitt **731c** an der Seite stromauf des Abgasstroms und strömt aus dem Durchlaß **731d** des

verjüngten Abschnitts **731c** an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms.

**[0187]** Selbst wenn sich die große Menge an Partikeln auf jeder Trennwand **731a** angesammelt hat, wird daher das Fahrzeug vor seiner Fehlfunktion bewahrt, indem der Anstieg des Strömungswiderstands der Katalysatorvorrichtung **731** eingeschränkt wird.

**[0188]** Das Abgas kontaktiert zu diesem Zeitpunkt den auf der Oberfläche der Trennwände **731a** getragenen Katalysator, wenn es durch die Katalysatorvorrichtung **731** gelangt, um die schädlichen Substanzen wie HC, CO und NO<sub>x</sub> im Abgas entsprechend dem getragenen Katalysator zu reinigen.

**[0189]** [Fig. 33](#) ist eine Querschnittsansicht, die eine erste Modifizierung der Katalysatorvorrichtung **731** darstellt, die in [Fig. 32](#) erörtert ist. Nachstehend erfolgt lediglich eine Erörterung des Unterschieds zur Katalysatorvorrichtung **731**.

**[0190]** Gemäß einer Katalysatorvorrichtung **731** dieser Modifizierung ist anstelle des verjüngten Abschnitts **732b** an der Seite stromauf des Abgasstroms ein Stopfen **732c** vorgesehen, und der entsprechende axiale Raum **732b** ist durch den Stopfen **732** an der Seite stromauf des Abgasstroms verschlossen. Auf den verjüngten Abschnitt an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms wird verzichtet. Ein äußerer Rahmen **732e** ist eine aus porösem Material gefertigte Trennwand.

**[0191]** Gemäß der Katalysatorvorrichtung **732** wird das Abgas von dem axialen Raum **732b**, der durch den Stopfen **732c** verschlossen ist, umgeben und strömt in den axialen Raum, der nicht mit dem Stopfen **732c** versehen ist. Ein Teil des Abgases strömt aus dem axialen Raum **732b**, aber ein anderer Teil des Abgases strömt aus einem anderen axialen Raum **732b** benachbart zu diesem axialen Raum **732b** heraus, wobei er durch die Trennwand **732a** gelangt.

**[0192]** Die Partikel in dem Abgas, die durch die Trennwand **732a** gelangen, werden durch die Wand **732a** aufgefangen. Die durch die Trennwand **732a** aufgefangenen Partikel werden wie bei der Katalysatorvorrichtung in [Fig. 32](#) oxidiert, um durch den aktiven Sauerstoff entfernt zu werden, der von dem durch die Trennwand **732a** getragenen Katalysator abgegeben wird. Selbst wenn sich eine große Menge an Partikeln auf der Trennwand **732a** angesammelt hat, strömt das Abgas in den axialen Raum **732b**, der nicht mit dem Stopfen **732c** versehen ist und strömt aus dem axialen Raum **732b** heraus, um die Fehlfunktion des Fahrzeugbetriebs zu verhindern, der durch den ungewöhnlich großen Strömungswiderstand des Katalysators **732a** bewirkt wird.

[0193] Das Abgas kontaktiert zu diesem Zeitpunkt den auf der Oberfläche der Trennwände **732a** getragenen Katalysator, wenn es durch die Katalysatorvorrichtung **732** gelangt, um die schädlichen Substanzen, wie HC, CO und NO<sub>x</sub>, im Abgas entsprechend dem getragenen Katalysator zu reinigen.

[0194] [Fig. 34](#) ist eine Querschnittsansicht, die eine zweite Modifizierung der Katalysatorvorrichtung **731**, die in [Fig. 32](#) erörtert wird, darstellt. Nachstehend wird lediglich der Unterschied zur Katalysatorvorrichtung **731** erörtert.

[0195] Gemäß der Katalysatorvorrichtung **733** dieser Modifizierung ist ein axialer Raum **733b** nicht mit einem Stopfen **733c** an der Seite stromauf des Abgasstroms versehen, die Katalysatorbeschichtungsschicht **733d** (z. B. Aluminiumoxid) zum Tragen des Katalysators auf der Trennwand **733a** ist nur an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms verdickt. Durch diese verdickte Katalysatorschicht **733d** wird die Querschnittsfläche des axialen Raums **733b** ohne Stopfen **733c** gedrosselt, um die Strömung des Abgases von dem axialen Raum **733b** einzuschränken.

[0196] Im Vergleich zur ersten Modifizierung wird bei dieser Modifizierung für die Menge des Abgases, das in den axialen Raum **733b** strömt, der nicht mit dem Stopfen **733c** versehen ist, die ausströmende Menge aus dem axialen Raum **733b**, die mit der gestrichelten Pfeillinie dargestellt ist, reduziert, und die ausströmende Menge aus dem axialen Raum benachbart zu dem axialen Raum **733b**, die durch die Trennwand **733a** gelangt, die mit der durchgehenden Pfeillinie dargestellt ist, wird erhöht.

[0197] Die Strömung des Abgases, die durch die gestrichelte Pfeillinie angezeigt ist, kann die Partikel in dem Abgas nicht auffangen, jedoch kann durch Reduzieren der Strömungsmenge, die direkt durch den axialen Raum **733b** gelangt, ein Großteil der Partikel in dem Abgas, das in die Katalysatorvorrichtung **733** strömt, durch die Trennwände **733a** aufgefangen werden.

[0198] Selbst wenn sich eine große Menge der Partikel auf der Trennwand **733a** angesammelt hat, strömt das Abgas in den axialen Raum **733b**, der nicht mit dem Stopfen **733c** versehen ist, und strömt von dem axialen Raum **733b** heraus, um die Fehlfunktion des Fahrzeugbetriebs zu verhindern, die durch den ungewöhnlich großen Strömungswiderstand des Katalysators **733a** bewirkt wird.

[0199] Das Abgas kontaktiert zu diesem Zeitpunkt den auf der Oberfläche der Trennwände **733a** getragenen Katalysator, wenn es durch die Katalysatorvorrichtung **733** gelangt, um die schädlichen Substanzen, wie HC, CO und NO<sub>x</sub>, in dem Abgas ent-

sprechend dem getragenen Katalysator zu reinigen.

[0200] [Fig. 35](#) ist eine Querschnittsansicht, die eine dritte Modifizierung der Katalysatorvorrichtung **731** darstellt, die in [Fig. 32](#) erörtert wird. Nachstehend erfolgt lediglich eine Erörterung des Unterschieds zur Katalysatorvorrichtung **731**.

[0201] Gemäß einer Katalysatorvorrichtung **734** dieser Modifizierung ist, anstatt den verjüngten Abschnitt der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms zu verwenden, eine dicke Katalysatorschicht **734d** ähnlich der zweiten Modifizierung vorgesehen.

[0202] Durch diese Modifizierung können die gleichen Effekte wie bei der Katalysatorvorrichtung **731** in [Fig. 32](#) erreicht werden. Da es einfacher ist, die dicke Katalysatorschicht **734d** bereitzustellen als den Durchlaß **734f** durch Bilden eines verjüngten Abschnitts **734c** durch die Trennwand **734a** bereitzustellen, kann die Katalysatorvorrichtung **734** im Vergleich zur Katalysatorvorrichtung **731** von [Fig. 32](#) einfacher hergestellt werden. Die Katalysatorvorrichtung **734** dieser Modifizierung ist ferner einfacher zu fertigen, indem der verjüngte Abschnitt **734c** und der Durchlaß **734d** an der Seite stromauf des Abgasstroms genauso wie an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms mit der dicken Katalysatorschicht ausgetauscht werden.

[0203] [Fig. 36](#) ist eine Querschnittsansicht, die eine vierte Modifizierung der Katalysatorvorrichtung **731** darstellt, die in [Fig. 32](#) erörtert ist. Nachstehend wird lediglich der Unterschied zur Katalysatorvorrichtung **731** erörtert.

[0204] Gemäß einer Katalysatorvorrichtung **735** dieser Modifizierung ist, anstatt den Stopfen an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms bereitzustellen, ein Stopfen **735c** an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms bereitgestellt, und anstatt die dicke Katalysatorschicht an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms bereitzustellen, ist eine dicke Katalysatorschicht **735d** an der Seite stromauf des Abgasstroms bereitgestellt.

[0205] An der Seite stromauf des Abgasstroms des axialen Raums **735b**, der durch den Stopfen **735c** an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms verschlossen ist, ist die Trennwand **725a**, die den axialen Raum **735b** umgibt, abgeschrägt, um die Öffnung des axialen Raums an der Seite stromauf des Abgasstroms groß zu gestalten. Dementsprechend ist es einfach, das Abgas in die Katalysatorvorrichtung **735b** strömen zu lassen.

[0206] Gemäß dieser Struktur strömt das in die Katalysatorvorrichtung **735** einströmende Abgas in etwa die Hälfte der axialen Räume **735b**, die jeweils an der Seite stromauf des Abgasstroms eine große Öffnung

aufweisen, die mit der gestrichelten Linie dargestellt ist, strömt das Abgas in die andere Hälfte der axialen Räume **735b**, das durch die dicke Katalysatorschicht **735d** an der Seite stromauf des Abgasstroms gedrosselt wird.

[0207] Ferner sind die axialen Räume **735b** mit der großen Öffnung durch den Stopfen **735c** an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms verschlossen, und das in die axialen Räume **735b** geströmte Abgas strömt aus den benachbarten Räumen **735b** heraus, indem es durch die Trennwände **735a** gelangt, die die axialen Räume **735b** umgeben, wie durch die durchgehende Pfeillinie gezeigt ist.

[0208] Daher gelangt ein Großteil des in die Katalysatorvorrichtung **735** strömenden Abgases durch die Trennwände **735b**, um die Partikel in dem Abgas durch die Trennwände **735b** effektiv aufzufangen.

[0209] Die durch die Trennwände **735a** abgefangenen Partikel werden wie bei der Katalysatorvorrichtung in [Fig. 32](#) durch die Oxidation des aktiven Sauerstoffs entfernt, der von dem durch die Trennwände **735a** getragenen Katalysator freigesetzt wird.

[0210] Selbst wenn sich eine große Menge von Partikeln auf der Trennwand **735a** angesammelt hat, strömt das Abgas in den axialen Raum **735b**, der nicht mit dem Stopfen **735c** versehen ist, und strömt aus dem axialen Raum **735b** heraus, um eine Fehlfunktion des Fahrzeugbetriebs zu verhindern, die durch den ungewöhnlich großen Strömungswiderstand der Katalysatorvorrichtung **735** bewirkt wird.

[0211] Das Abgas kontaktiert zu diesem Zeitpunkt den auf der Oberfläche der Trennwände **735a** getragenen Katalysator, wenn es durch die Katalysatorvorrichtung **735** gelangt, um die schädlichen Substanzen, wie z. B. HC, CO und NO<sub>x</sub>, in dem Abgas entsprechend dem getragenen Katalysator zu reinigen.

[0212] [Fig. 37](#) ist eine Draufsicht, die eine weitere Ausführungsform der Abgasreinigungsvorrichtung darstellt, und [Fig. 38](#) zeigt eine Seitenansicht der Reinigungsvorrichtung von [Fig. 37](#). Der Unterschied zu den Reinigungsvorrichtungen, die in [Fig. 18](#) und [Fig. 19](#) gezeigt sind, ist die Position der Katalysatorvorrichtung **73'**.

[0213] Gemäß einer Katalysatorvorrichtung **73'** dieser Ausführungsform ist die Katalysatorvorrichtung **73'** um das äußere Gehäuse **70a** des Partikelfilters **70** innerhalb des stromabwärtigen Abschnitts **71d** des zentralen Rohrelements **71** positioniert. Die Form des Querschnitts der Katalysatorvorrichtung **73'** ist so, daß sie eine rechtwinkelige Querschnittsform des mittleren äußeren Gehäuses **70a** von der kreisförmigen Querschnittsform entfernt, wenn der

stromabwärtige Abschnitt **71d** einen kreisförmigen Querschnitt aufweist. Daher befindet sich die Katalysatorvorrichtung **73'** im Vergleich zu derjenigen in der Abgasreinigungsvorrichtung, die in der vorherigen Ausführungsform beschrieben wurde, näher am Partikelfilter **70**.

[0214] Dementsprechend wird eine ausreichende Wärmeübertragung von dem Partikelfilter **70** an die Katalysatorvorrichtung **73'** erreicht, wenn die Temperatur des Filters **70** durch die Oxidation der Partikel durch den aktiven Sauerstoff und die Verbrennung der Desoxidationssubstanzen durch den Edelmetallkatalysator erhöht wird, um die Temperatur der Katalysatorvorrichtung **73'** für eine ausreichende Aktivierung des Katalysators zu erhöhen.

[0215] Die über das äußere Gehäuse **70a** des Filters **70** abgegebene Wärme kann hauptsächlich zur Erwärmung der Katalysatorvorrichtung **73'** durch die Position der Katalysatorvorrichtung **73'** verwendet werden.

[0216] Wenn die Temperatur der Katalysatorvorrichtung **73'** erhöht wird, kann die abgegebene Wärmemenge von dem Partikelfilter **70** reduziert werden, was bedeutet, daß die Partikel zur Oxidationsentfernung des Filters **70** vermehrt werden können, indem die hohe Temperatur des Filters selbst beibehalten wird.

[0217] Wenn die Temperatur der Katalysatorvorrichtung **73'** höher ist als die Temperatur des Filters **70** durch die erzeugte Wärme bei der Reinigung des Abgases, kann die effektive Wärmeübertragung von der Katalysatorvorrichtung **73'** an den Filter umgekehrt erreicht werden, um die Partikel zur Oxidationsentfernung durch Erwärmung des Partikelfilters **70** zu vermehren. Es stimmt, daß die Katalysatorvorrichtung **73** der vorherigen Ausführungsform die Temperatur des Filters **70** durch die Wärmeübertragung erhöhen kann, wenn die Temperatur ausreichend erhöht wird. Die Katalysatorvorrichtung **73'** kann den Katalysator tragen, der mit dem Katalysator identisch ist, der durch die Katalysatorvorrichtung **73** getragen wird, und ebenso anwendbar sind die Monolithtyp-Träger oder die in [Fig. 32](#) bis [Fig. 36](#) gezeigten Träger.

## Patentansprüche

1. Eine Abgasreinigungsvorrichtung weist einen Partikelfilter (**70**) auf, der in einem Motorabgassystem zum Auffangen von Partikeln angeordnet ist, eine Umkehrinrichtung (**71a**), die eine Seite stromauf eines Abgasstroms und eine stromabwärtige Seite des Abgasstroms des Partikelfilters (**70**) umkehrt, wobei die aufgefangenen Partikel an dem Partikelfilter (**70**) oxidiert werden, wobei der Partikelfilter (**70**) eine Auffangwand zum Auffangen der Partikel aufweist, die Auffangwand eine erste Auffangoberfläche

und eine zweite Auffangoberfläche aufweist, und wobei die erste und die zweite Auffangoberfläche abwechselnd zum Auffangen von Partikeln durch Umkehren der Seite stromauf des Abgasstroms und der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms des Partikelfilters (70) durch die Umkehreinrichtung (71a) verwendet werden, wobei die Abgasreinigungsvorrichtung **dadurch gekennzeichnet** ist, daß sie folgende Merkmale aufweist:

eine Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73'), die benachbart zu dem Partikelfilter (70) an einer Position angeordnet ist, die sich stets an der stromabwärtigen Seite des Abgasstroms des Partikelfilters (70) befindet.

2. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Aktivsauerstofffreisetzungsmittel durch die Auffangwand getragen wird, und ein aktiver Sauerstoff, der von dem Aktivsauerstofffreisetzungsmittel freigesetzt wird, die Partikel oxidiert.

3. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel den Sauerstoff auffängt und einbehält, wenn um das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel herum ein Sauerstoffüberschuß vorliegt, wobei das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel den einbehaltenen Sauerstoff als aktiven Sauerstoff freisetzt, wenn eine Sauerstoffkonzentration um das Aktivsauerstofffreisetzungsmittel herum gesenkt wird.

4. Abgasreinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') einen Oxidationskatalysator trägt.

5. Abgasreinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') einen NOx-Katalysator trägt.

6. Abgasreinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Umkehreinrichtung (71a) einen Ventilkörper aufweist und die Seite stromauf des und die stromabwärtige Seite des Partikelfilters (70) durch Schalten des Ventilkörpers von einer ersten Position auf eine zweite Position umkehrt, wobei das Abgas in die Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') direkt einströmt, ohne durch den Partikelfilter (70) zu gelangen, wenn der Ventilkörper auf eine Zwischenposition zwischen der ersten und der zweiten Position geschaltet ist.

7. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Ventilkörper (71a) unmittelbar nach Start des Motors an der Zwischenposition positioniert ist.

8. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasreinigungsvorrichtung ferner eine Temperaturerfassungseinrichtung (76) aufweist, die eine Temperatur der Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') erfaßt oder annimmt, wobei der Abgaszustand verändert wird, so daß er innerhalb eines vorbestimmten Temperaturbereichs liegt, wenn die durch die Temperaturerfassungseinrichtung (76) erfaßte oder angenommene Temperatur der Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') von dem vorbestimmten Temperaturbereich abweicht, indem der Ventilkörper in die Zwischenposition positioniert wird.

9. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein Abgasdrosselventil (75) in dem Motorabgassystem vorgesehen ist, und der Ventilkörper (71a) an die Zwischenposition positionierbar ist, bevor das Abgasdrosselventil öffnet.

10. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß, wenn der Motor abgebremst wird, der Ventilkörper (71a) an der Zwischenposition positioniert ist und zumindest die Abgastemperatur erhöht wird oder die Menge der Desoxidationssubstanzen im Abgas erhöht wird.

11. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') benachbart stromab des Ventilkörpers angeordnet ist.

12. Abgasreinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') näher am Verbrennungsmotor angeordnet ist als der Partikelfilter (70), wobei die Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') mit dem Partikelfilter (70) verbunden ist, so daß das Abgas, das aus dem Partikelfilter (70) herausströmt, in die Katalysatorvorrichtung einströmt.

13. Abgasreinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') folgende Merkmale aufweist: eine Trennwand (73a, 731a, 732a, 733a, 734a, 735a), die aus einem porösen Material gebildet ist und das Innere der Katalysatorvorrichtung (73, 731, 732, 733, 734, 735, 73') in eine Mehrzahl von axialen Räumen unterteilt; einen Strömungsmengen-Steuerabschnitt (52, 53, 731c, 732c, 733c, 733d, 734c, 734d, 735c, 735d), der an zumindest entweder einem Ende stromauf des oder einem stromabwärtigen Ende des axialen Raums angeordnet ist und eine Strömungsmenge des Abgases steuert.

14. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmengen-Steuerabschnitt (52, 53, 731c, 732c, 733c,

**733d, 734c, 734d, 735c, 735d**) an dem Ende stromauf der Trennwand angeordnet ist, die einen von zwei benachbarten axialen Räumen umgibt.

15. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmengen-Steuerabschnitt (**52, 53, 731c, 732c, 733d, 734c, 734d, 735c, 735d**) an dem stromabwärtigen Ende der Trennwand angeordnet ist, die einen von zwei benachbarten axialen Räumen umgibt.

16. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmengen-Steuerabschnitt ein Stopfen (**52, 53, 732c, 733c, 735c**) ist, der entweder an der Seite stromauf oder der stromabwärtigen Seite von jeweils einem axialen Raum angeordnet ist und ein Strömen des Abgases verhindert.

17. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmengen-Steuerabschnitt ein verjüngter Abschnitt (**731c, 734c**) ist, der einen Öffnungsbereich des axialen Raums vergrößert oder reduziert.

18. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der verjüngte Abschnitt (**731c, 734c**) mit einem Durchlaß (**731d, 734f**) versehen ist, der über einen Querschnitt verfügt, der kleiner als ein Querschnitt des axialen Raums ist.

19. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 17, bei der der verjüngte Abschnitt (**731c, 734c**) durch Verformen der Trennwand (**731a, 734a**) ausgebildet ist.

20. Abgasreinigungsvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der Strömungsmengen-Steuerabschnitt eine Katalysatorbeschichtungsschicht (**733d, 734d, 735d**) ist, die einen Katalysator auf der Trennwand trägt.

21. Abgasreinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl der Partikelfilter (**70**) als auch die Katalysatorvorrichtung (**73, 731, 732, 733, 734, 735, 73'**) in einem Gehäuse (**72**) angeordnet sind.

22. Abgasreinigungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Katalysatorvorrichtung (**73'**) um den Partikelfilter (**70**) herum positioniert ist.

Es folgen 27 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

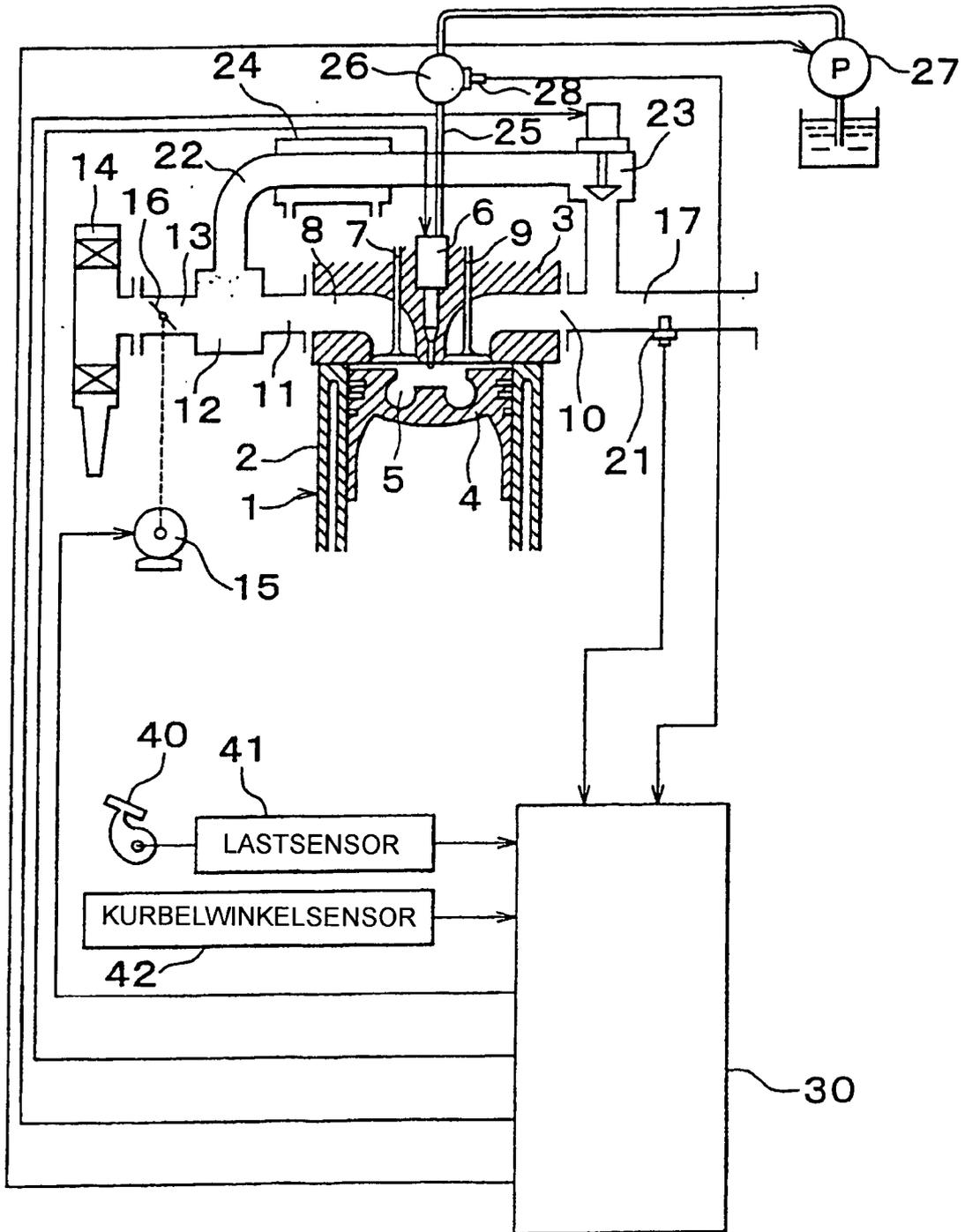


FIG. 2

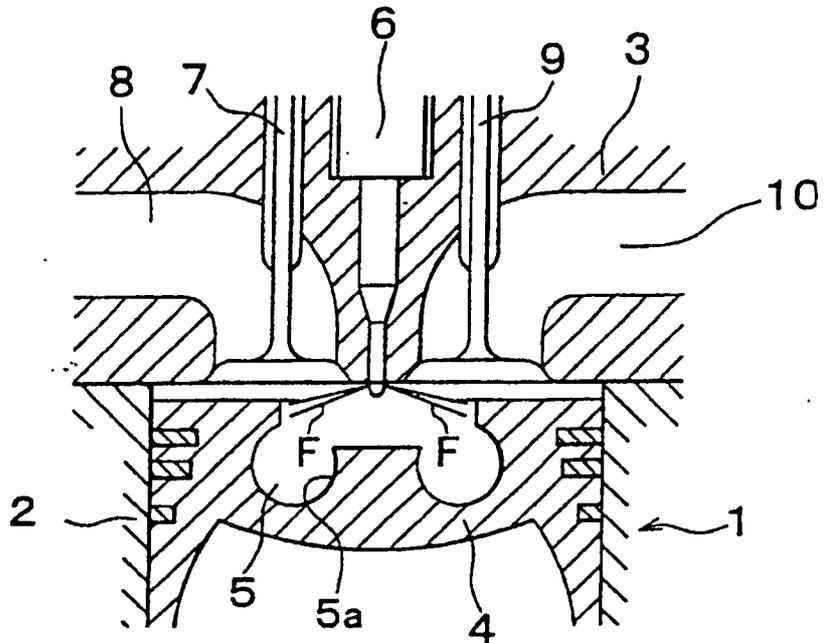


FIG. 3

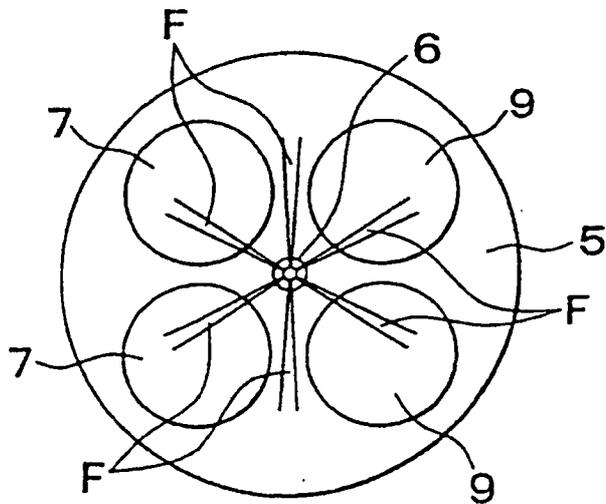


FIG. 4

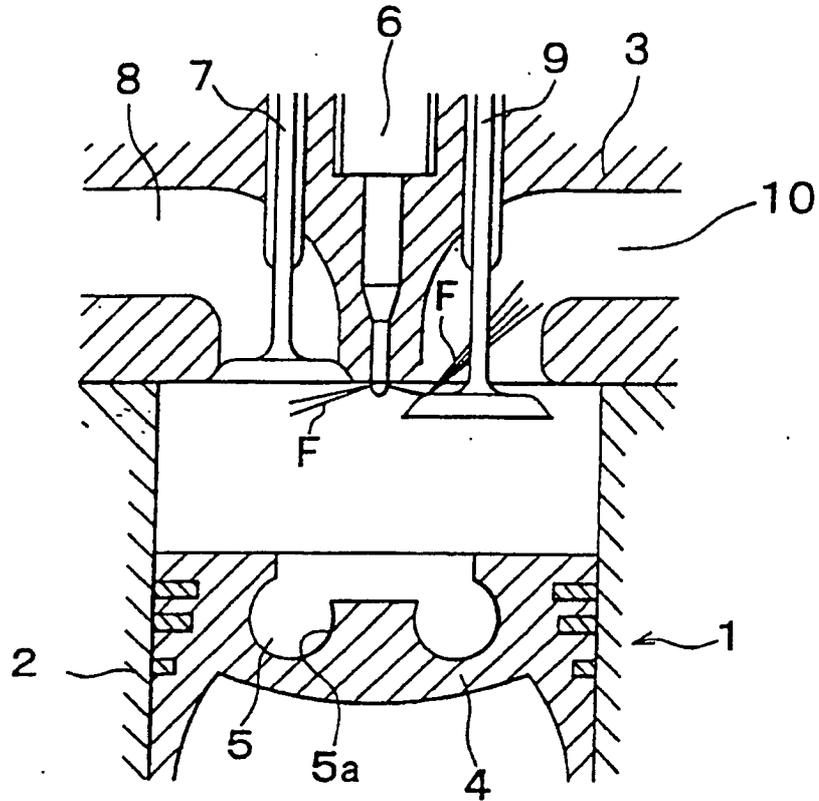
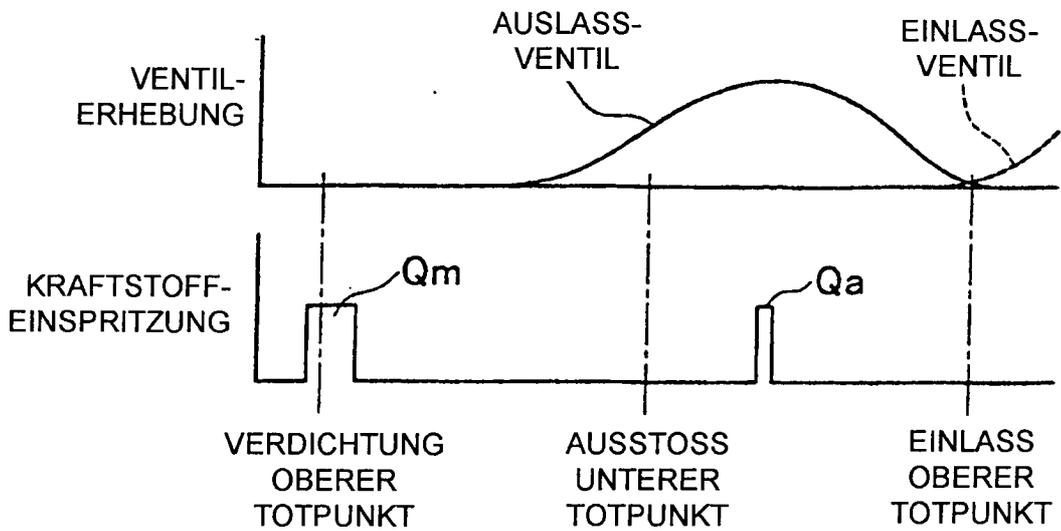


FIG. 5



# FIG. 6

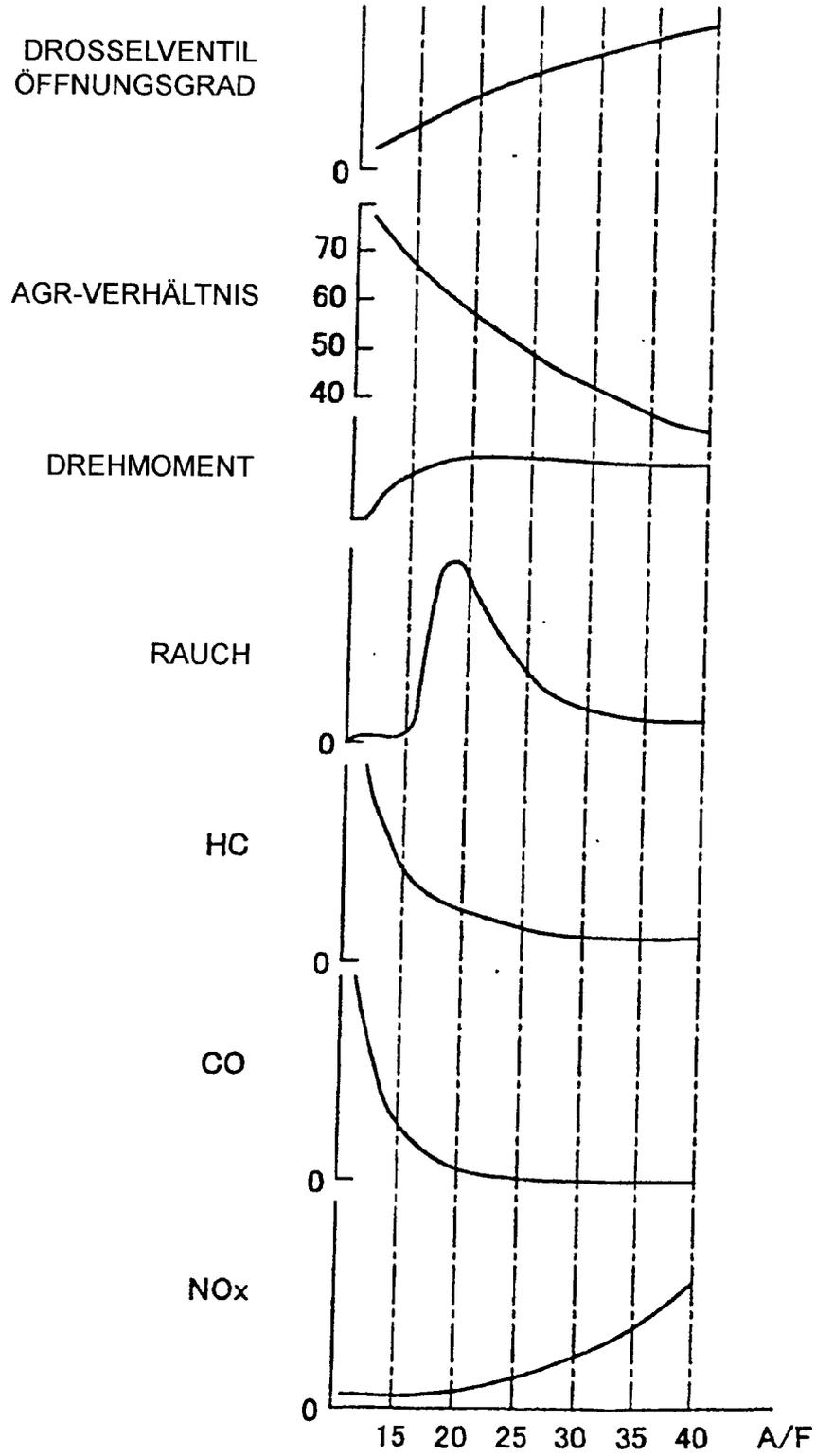


FIG. 7A

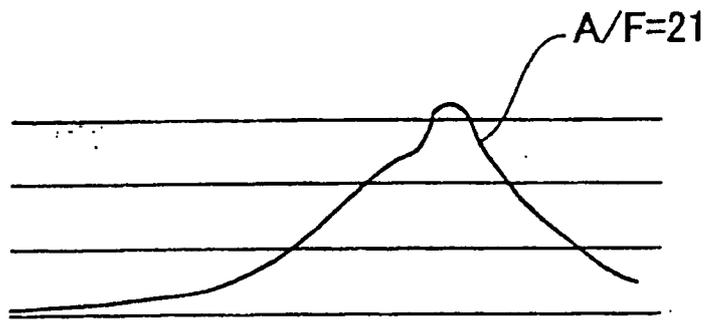
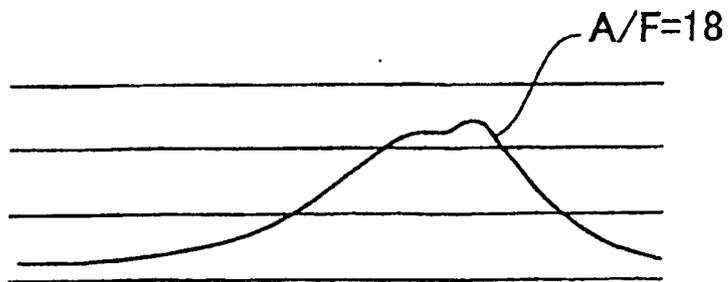
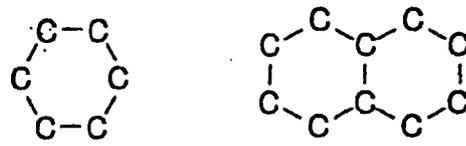
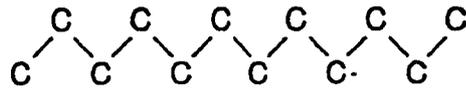


FIG. 7B



# FIG. 8



# FIG. 9

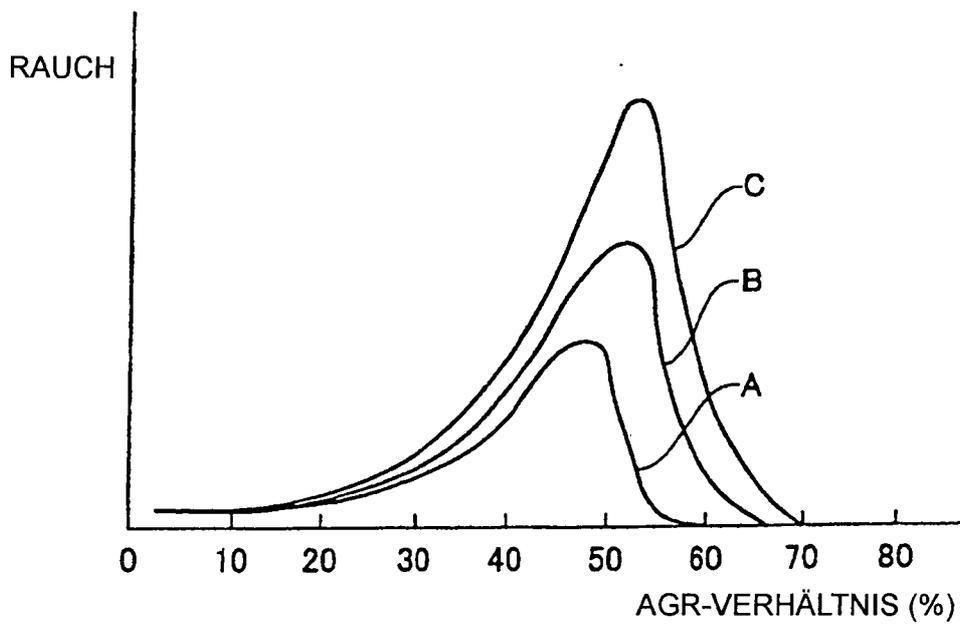
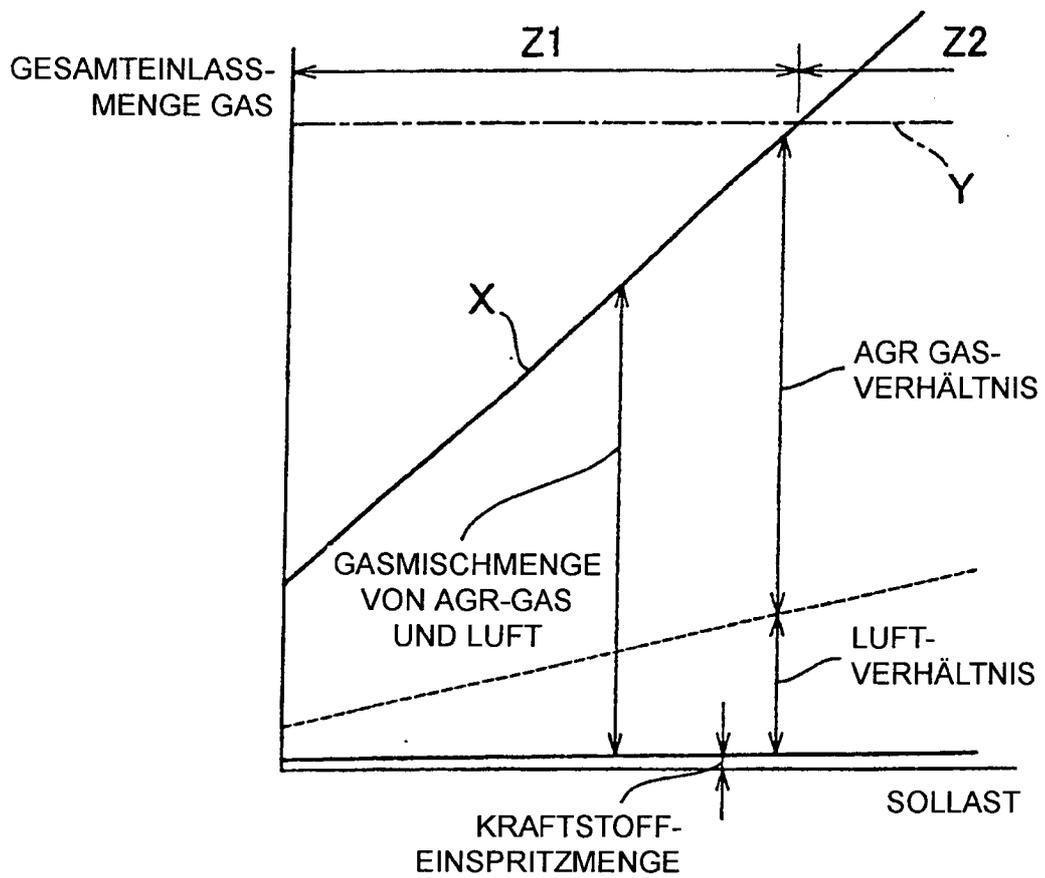
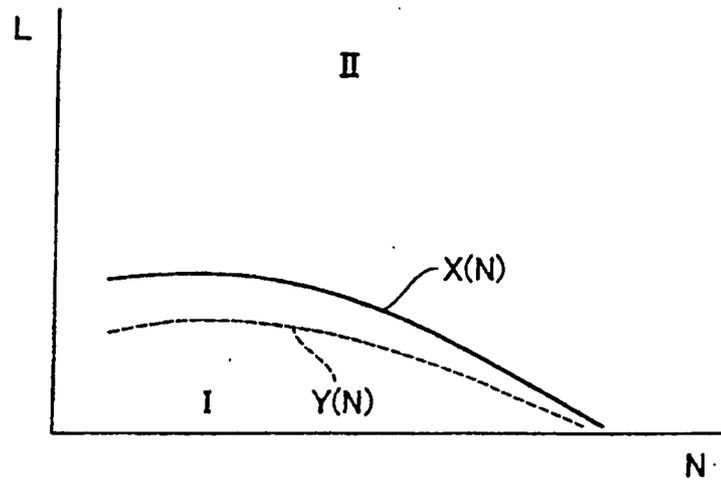


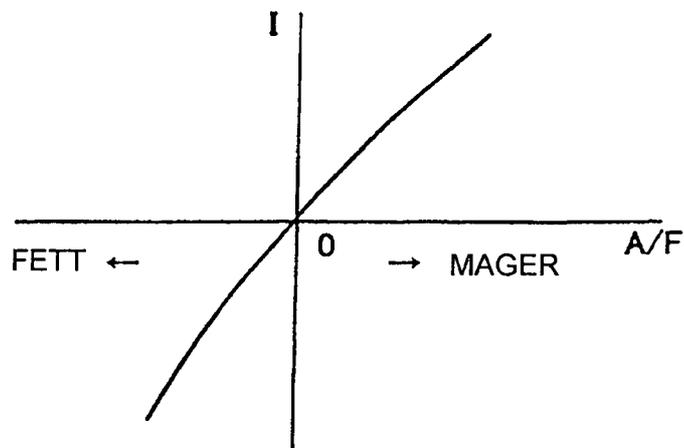
FIG. 10



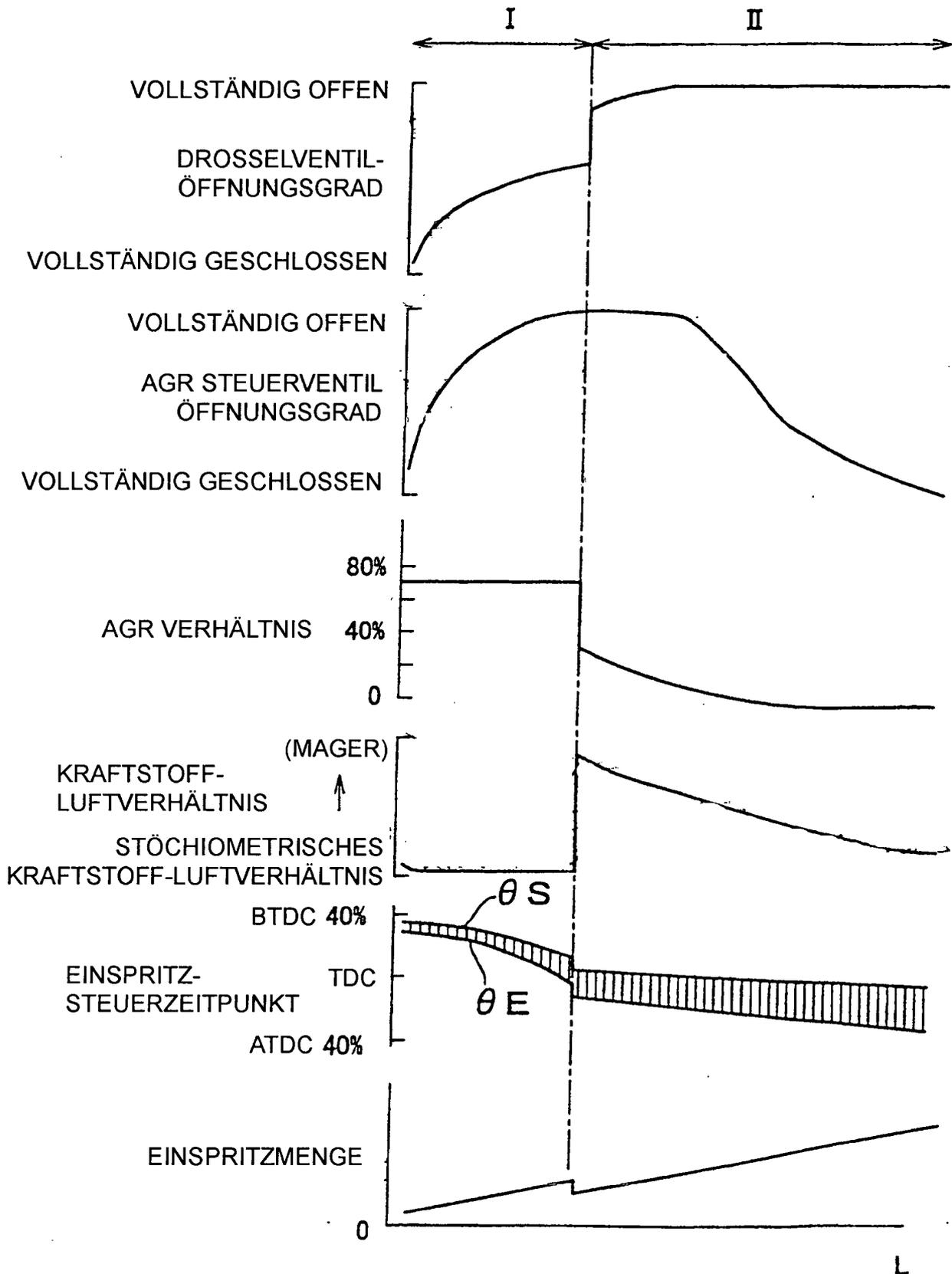
# FIG. 11



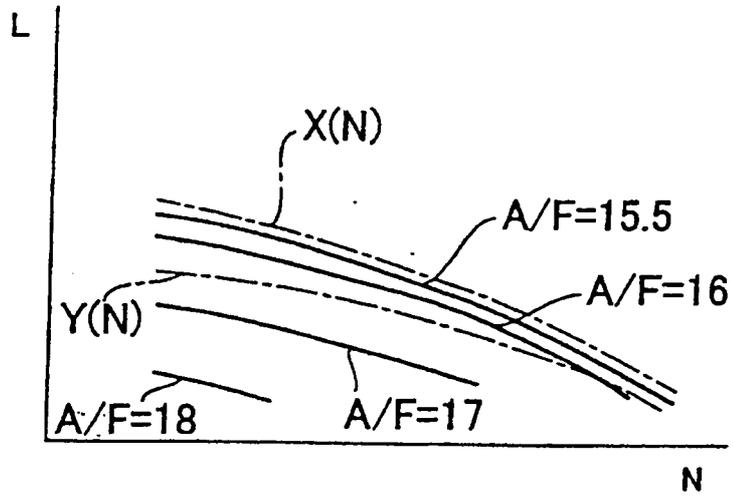
# FIG. 12



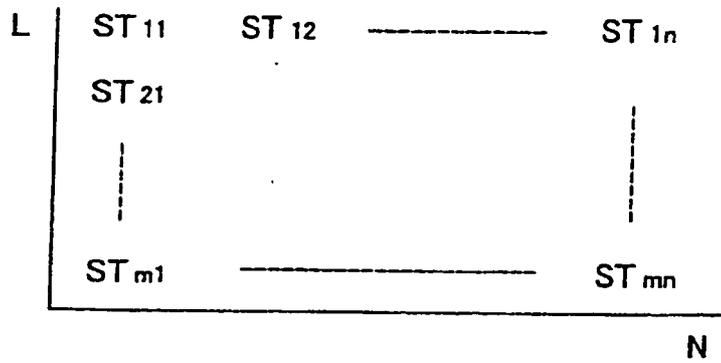
# FIG. 13



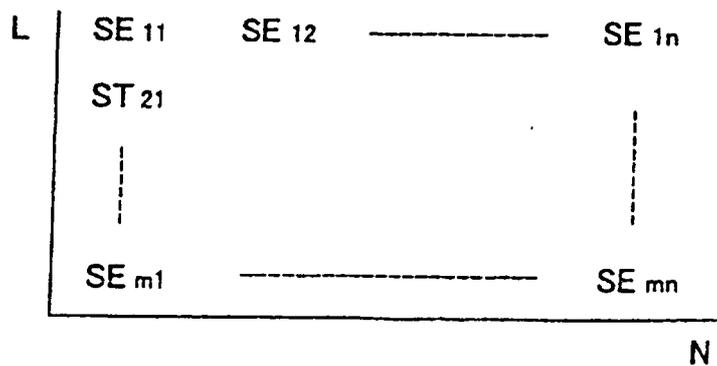
# FIG. 14



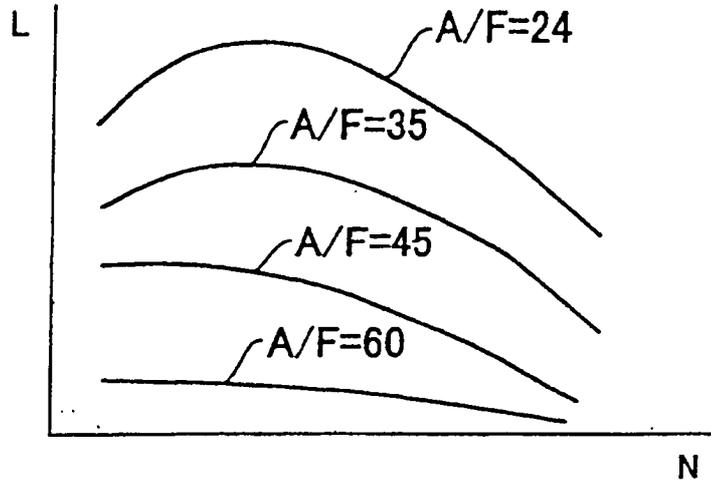
# FIG. 15A



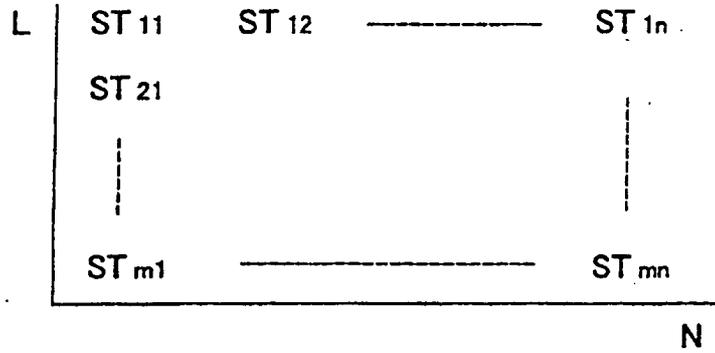
# FIG. 16B



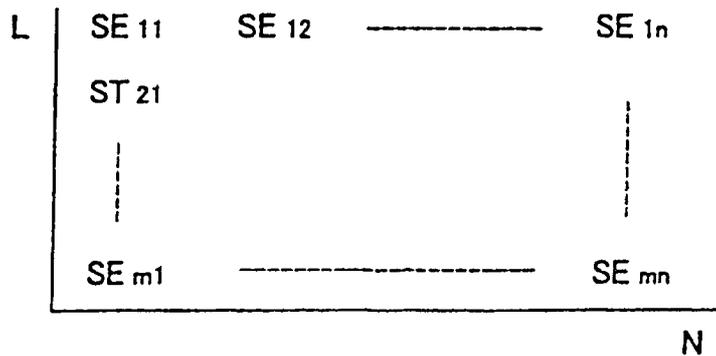
# FIG. 16



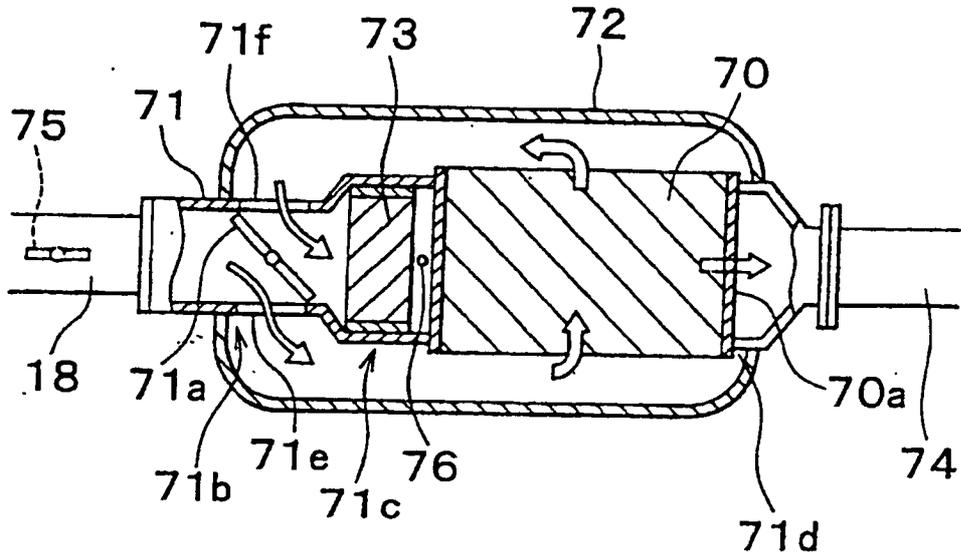
# FIG. 17A



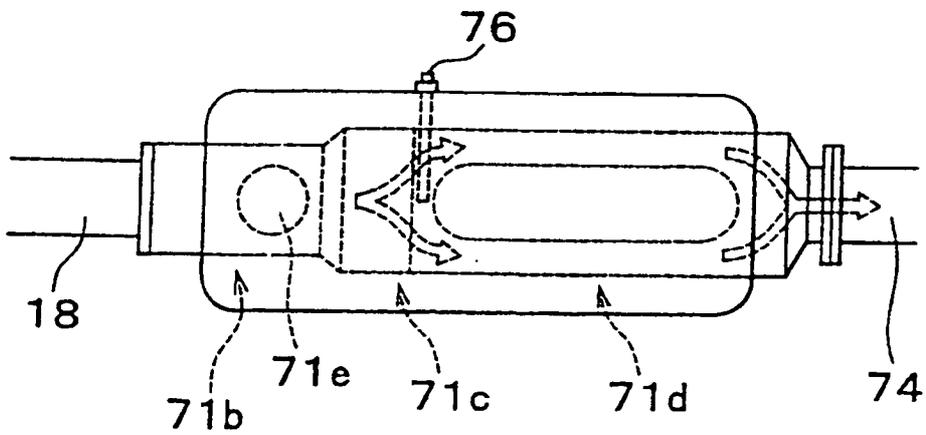
# FIG. 17B



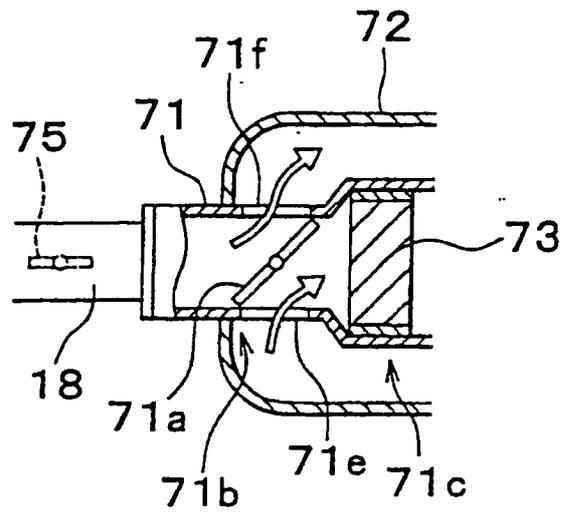
# FIG. 18



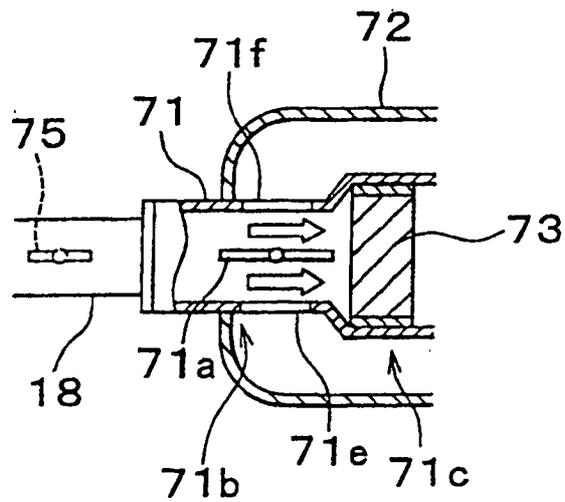
# FIG. 19



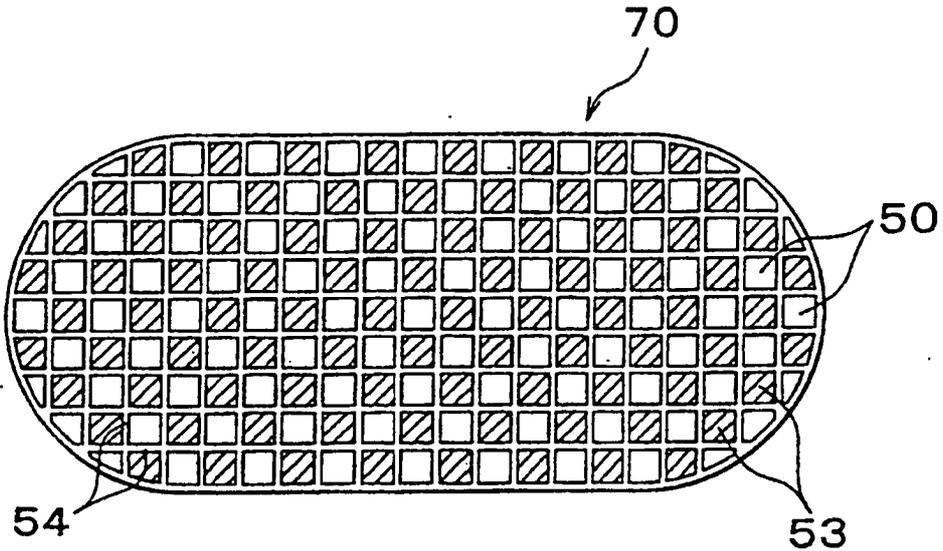
# FIG. 20



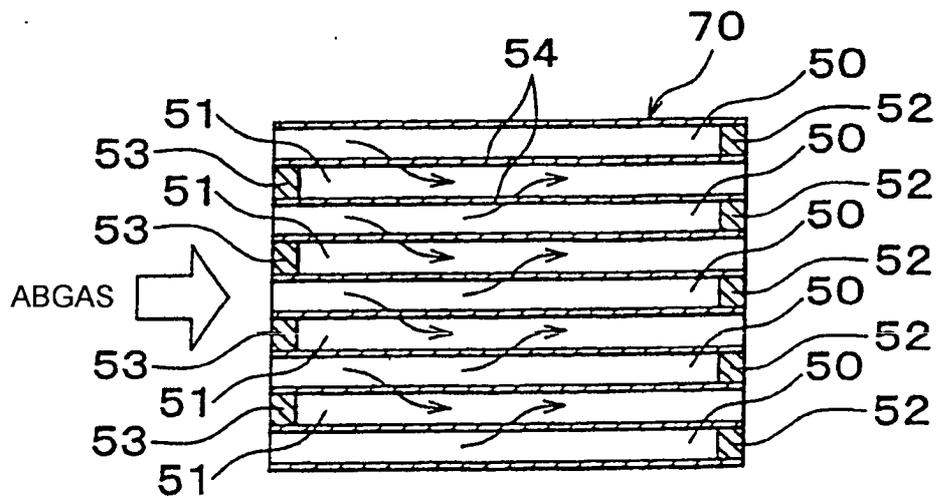
# FIG. 21



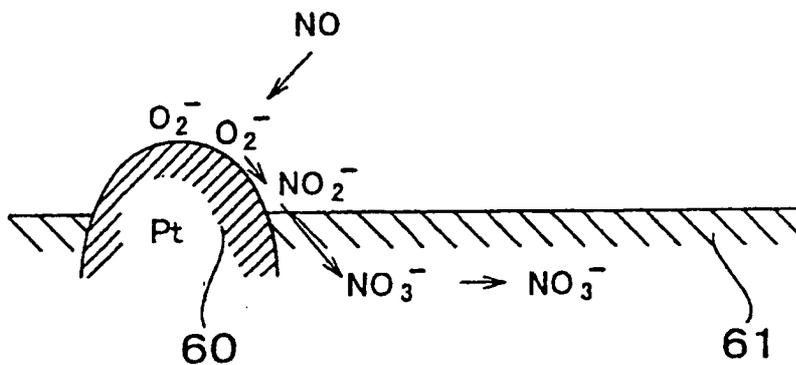
# FIG. 22A



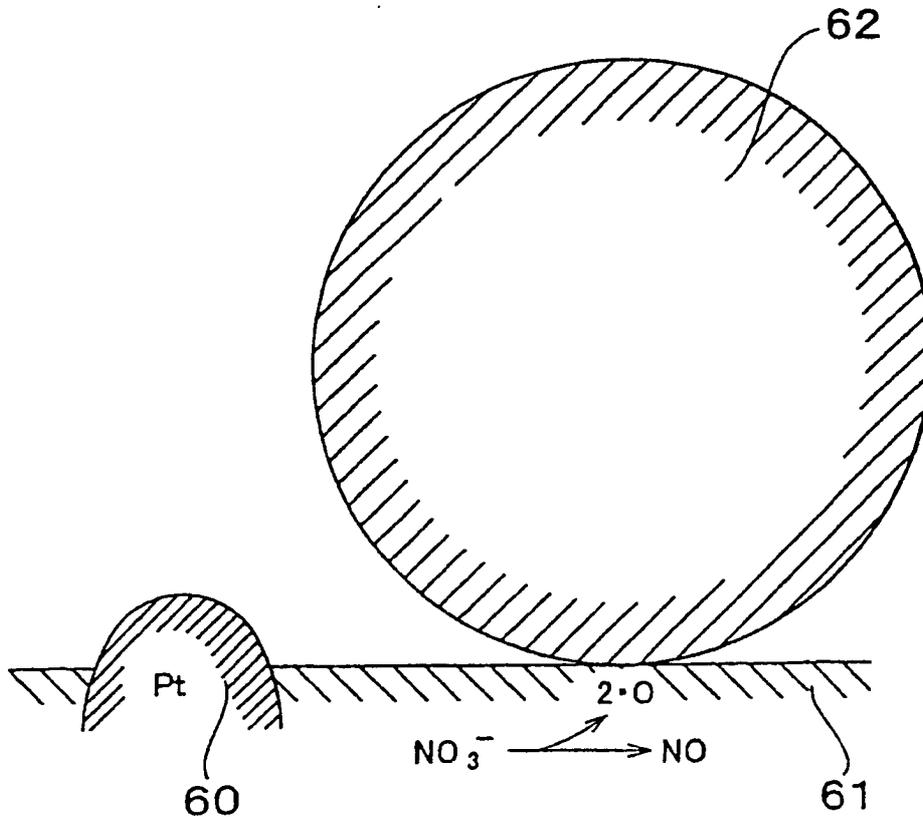
# FIG. 22B



# FIG. 23A



# FIG. 23B



# FIG. 24

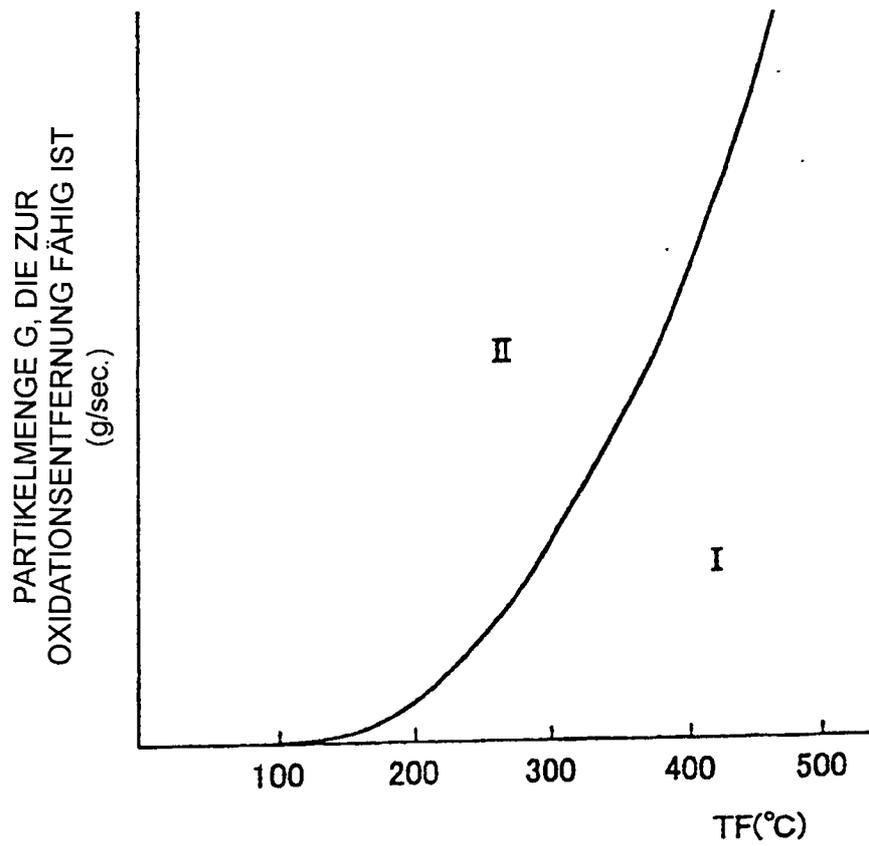


FIG. 25A

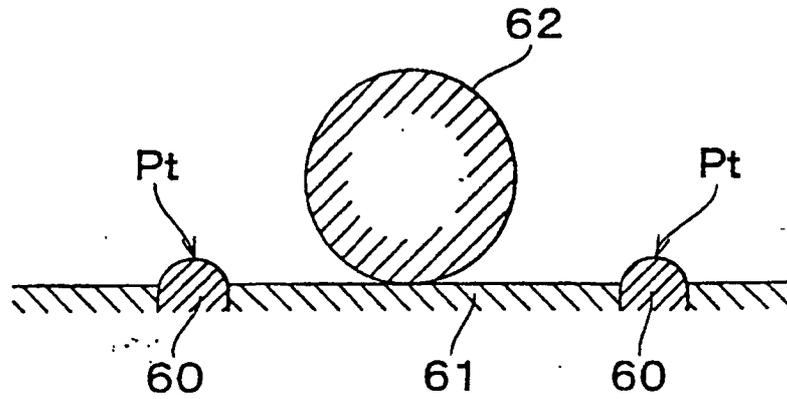


FIG. 25B

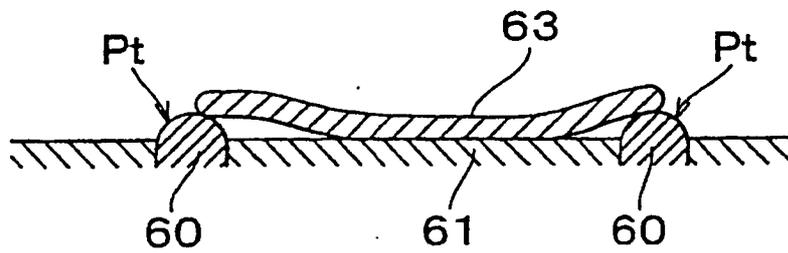


FIG. 25C

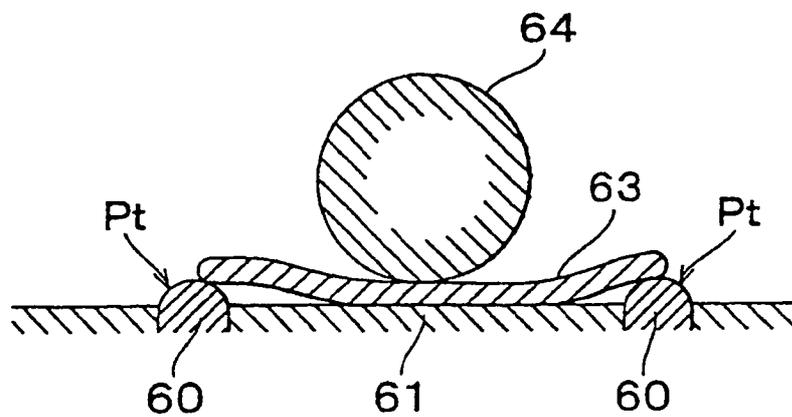
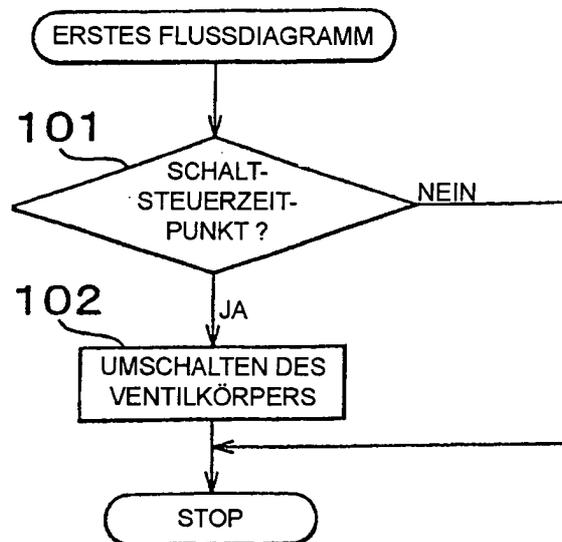
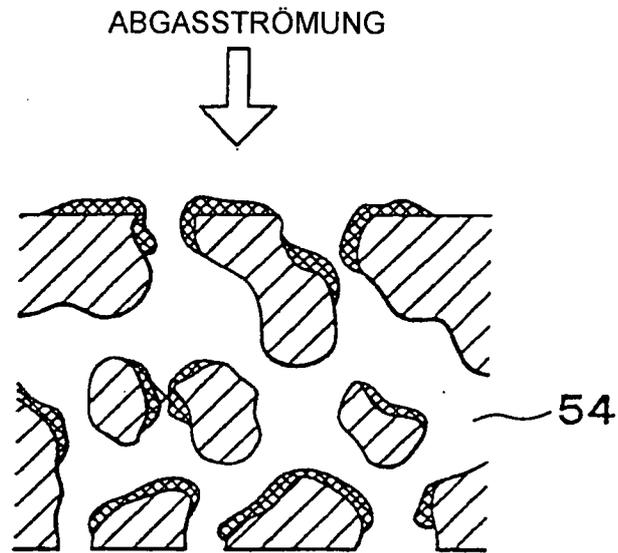


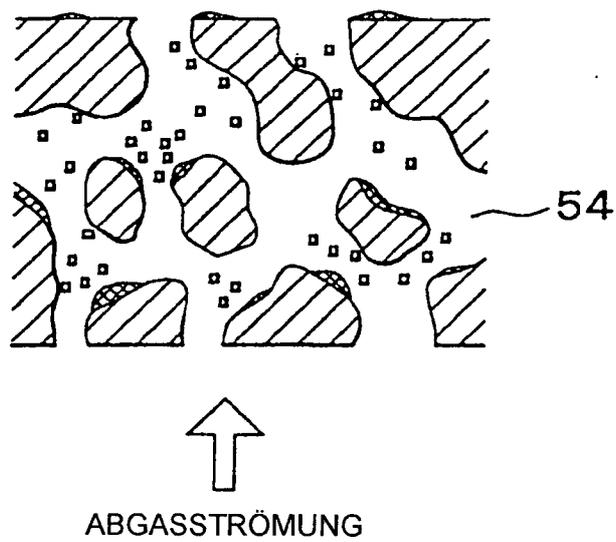
FIG. 26



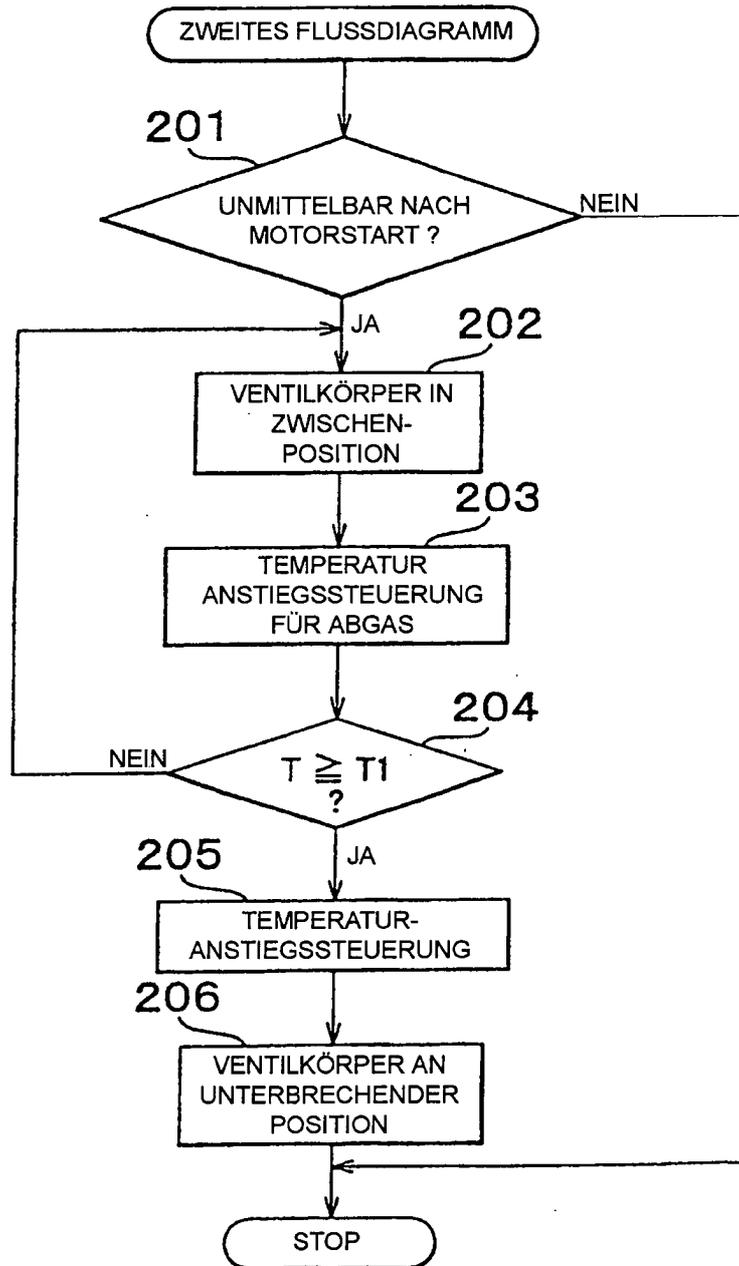
# FIG. 27A



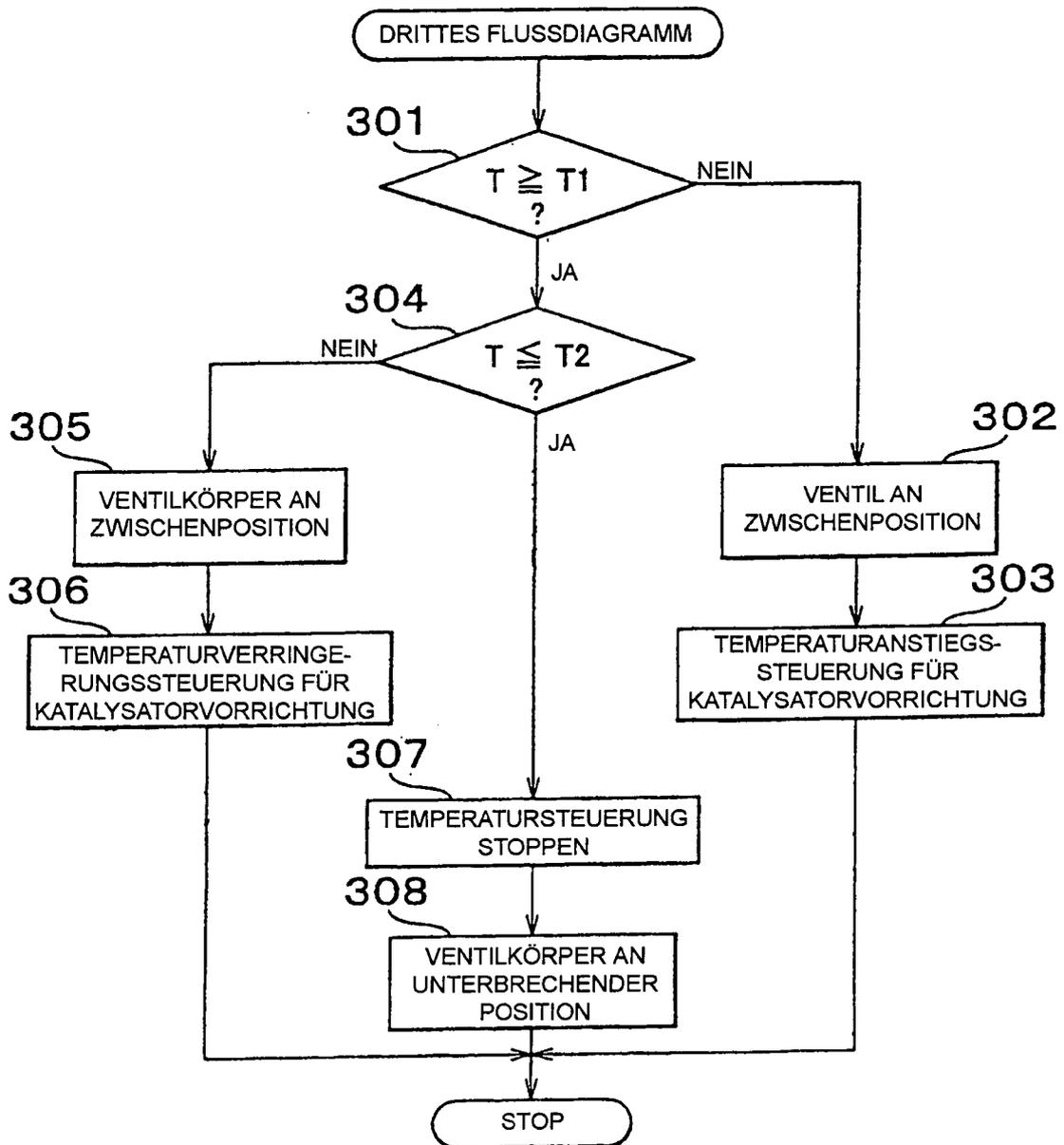
# FIG. 27B



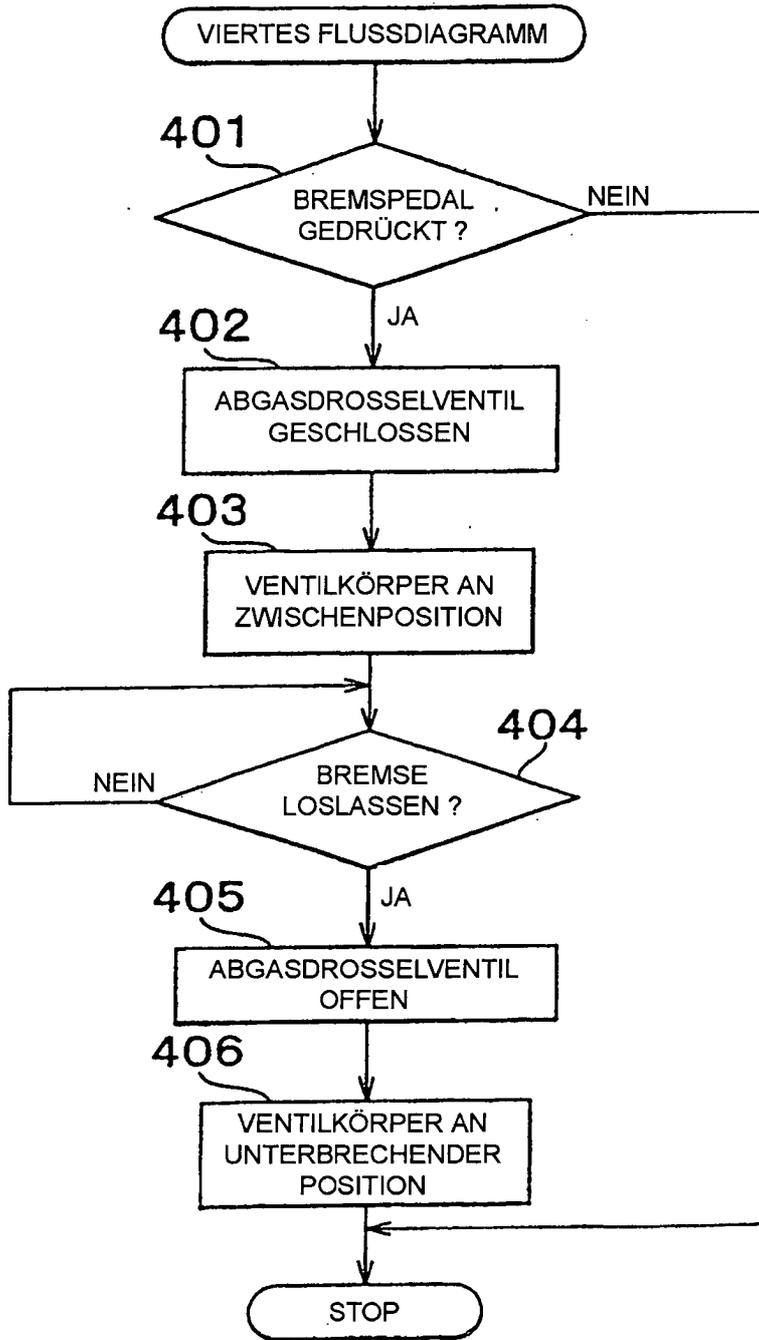
# FIG. 28



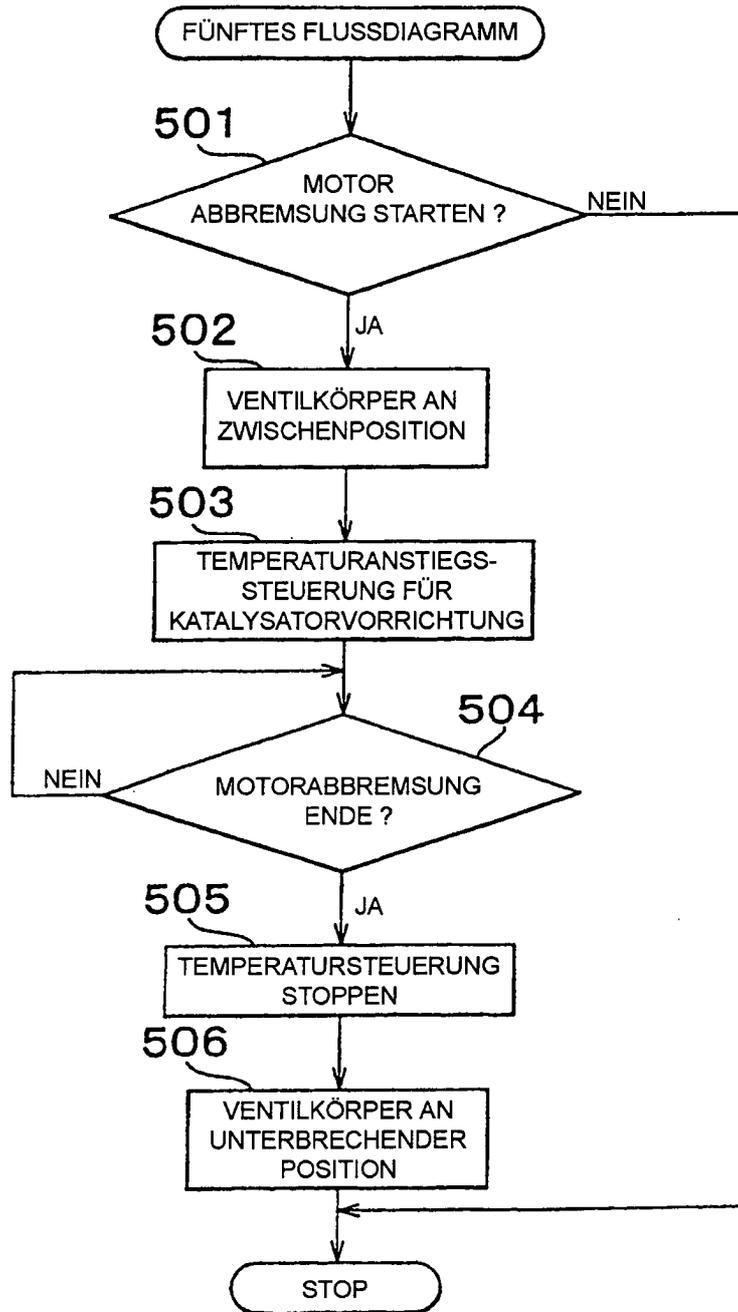
# FIG. 29



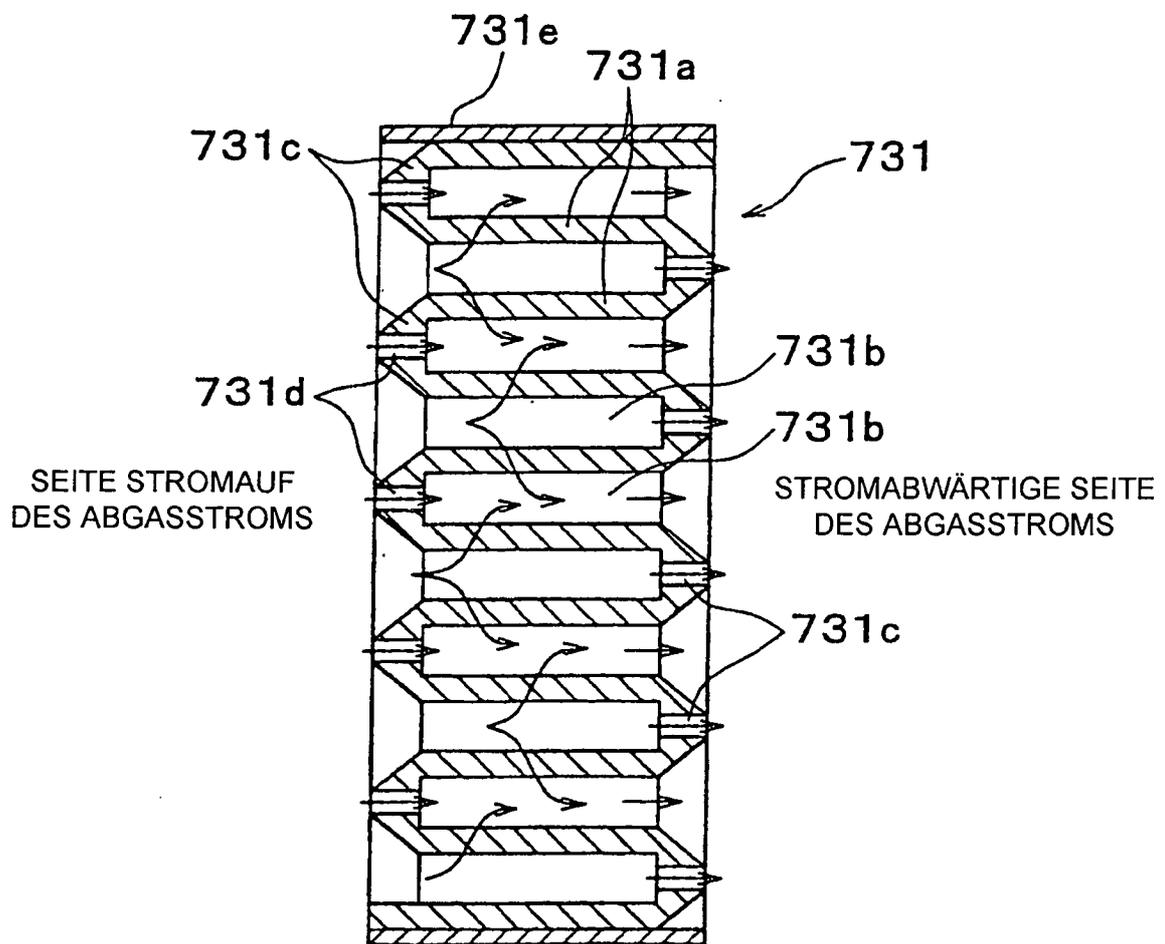
# FIG. 30



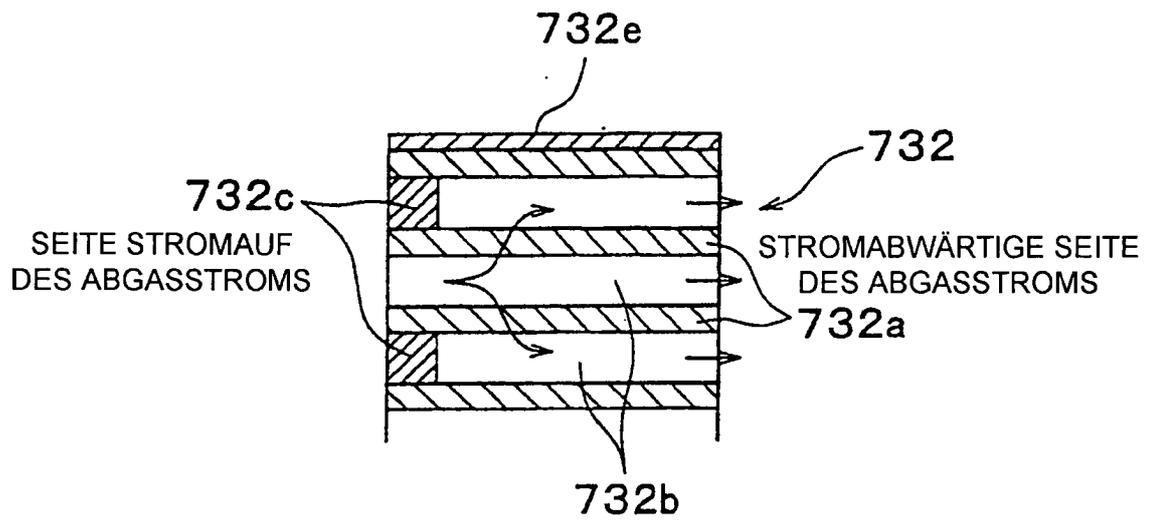
# FIG. 31



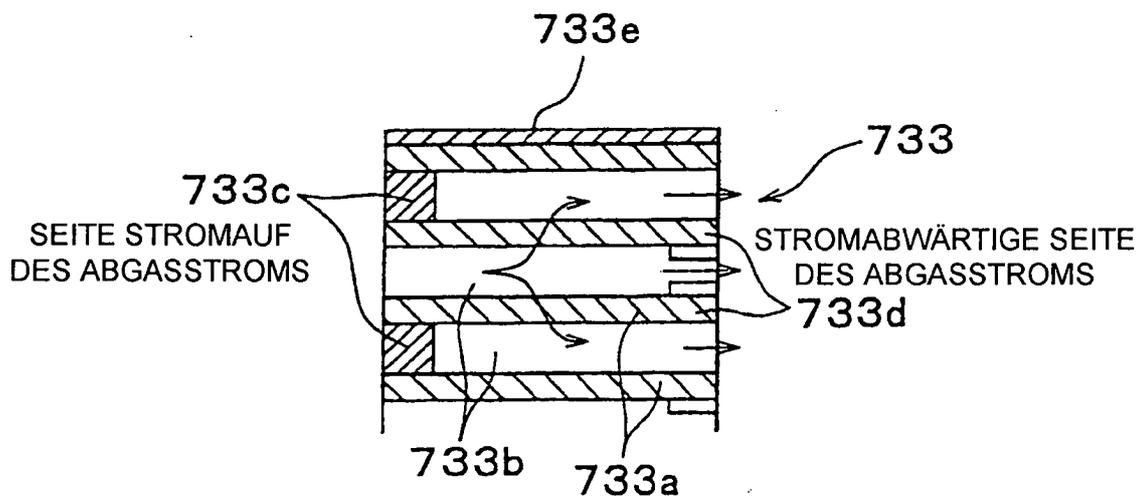
# FIG. 32



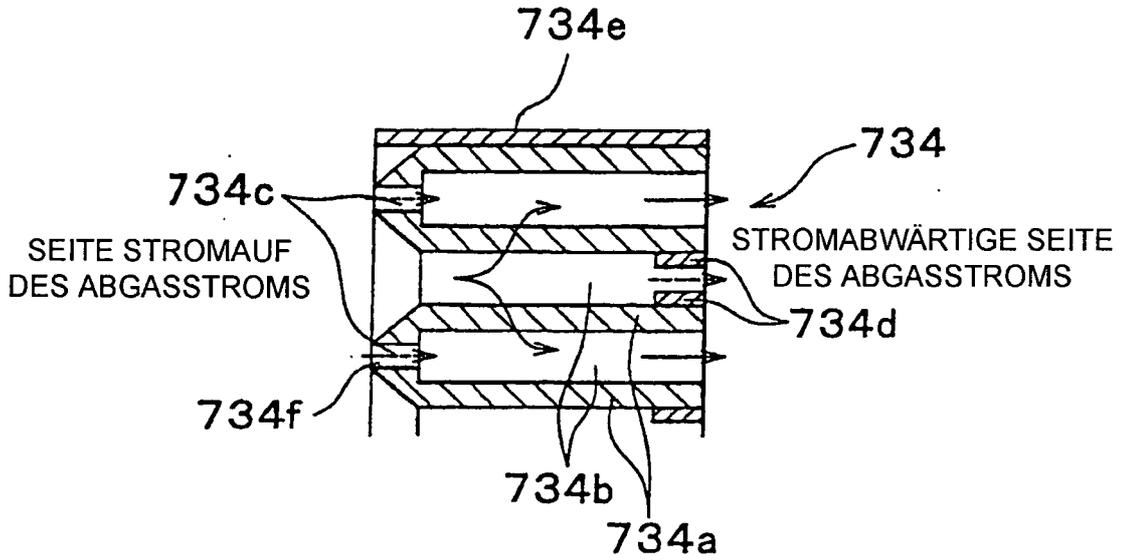
# FIG. 33



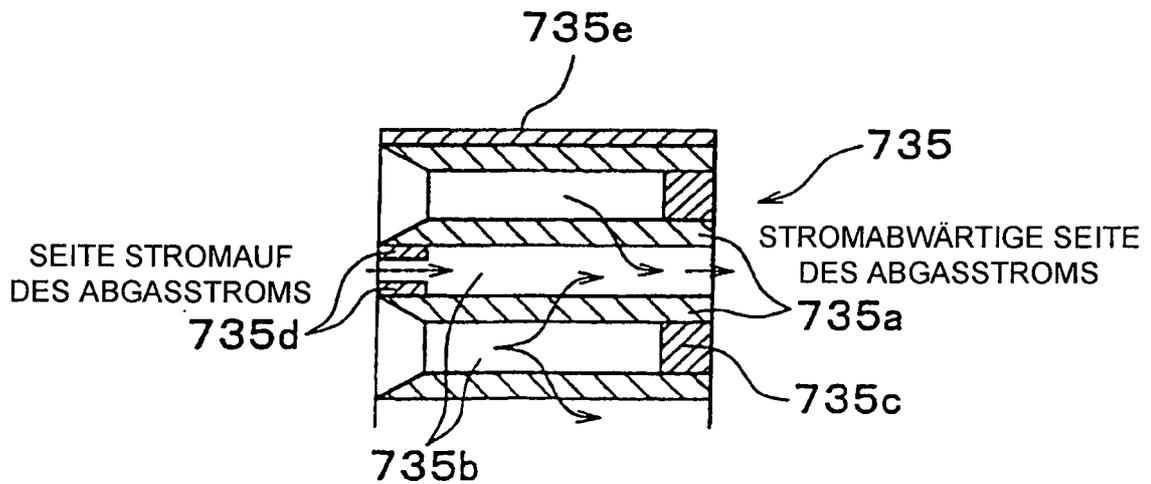
# FIG. 34



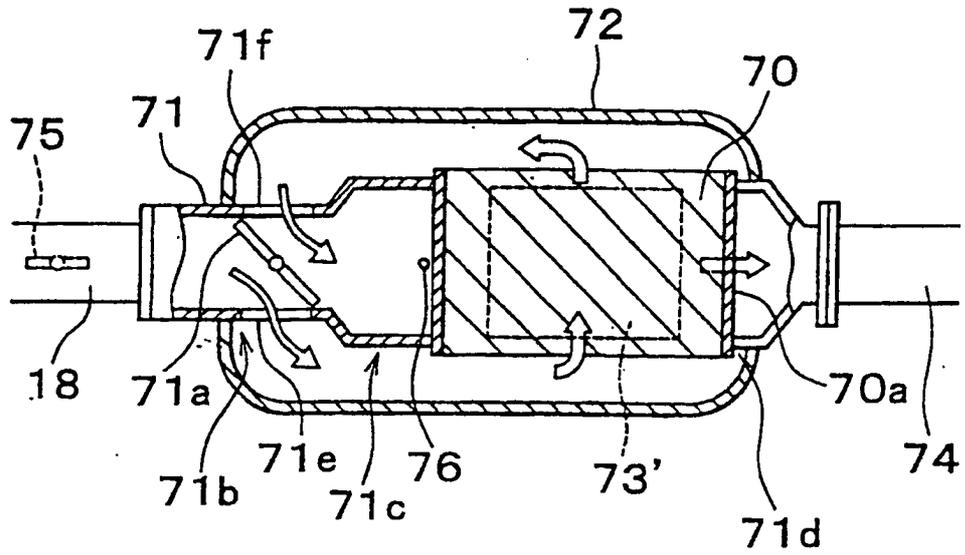
# FIG. 35



# FIG. 36



# FIG. 37



# FIG. 38

