



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 601 11 106 T2 2006.05.04**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 138 889 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 11 106.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 107 620.5**

(96) Europäischer Anmeldetag: **27.03.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **01.06.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **04.05.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **F01N 3/023** (2006.01)  
**F01N 3/035** (2006.01)

(30) Unionspriorität:

**2000090755 27.03.2000 JP**

**2000093023 28.03.2000 JP**

**2000221877 24.07.2000 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**

(72) Erfinder:

**Kimura, Koichi, Toyota-shi, Aichi-ken, 471-8571,  
JP; Tanaka, Toshiaki, 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;  
Nakatani, Koichiro, Toyota-shi, Aichi-ken,  
471-8571, JP**

(54) Bezeichnung: **Abgasreiniger einer Brennkraftmaschine und Verfahren zur Reinigung von Abgasen**

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 einen Abgasreiniger für einen Verbrennungsmotor und ein Verfahren zum Reinigen von Abgas.

## 2. Beschreibung der verwandten Technik

**[0002]** Partikel, die hauptsächlich aus Ruß bestehen, sind im Abgas eines Verbrennungsmotors enthalten, insbesondere bei einem Dieselmotor. Da die Partikel schädlich sind, wurde vorgeschlagen, ein Filter, das die Partikel einfängt, bevor sie in die Atmosphäre abgegeben werden, im Abgassystem des Motors anzuordnen. Um einen Anstieg des Abgaswiderstands infolge von Verstopfungen zu vermeiden, muss ein solches Filter die darin eingefangenen Teilchen verbrennen.

**[0003]** Während dieser Regeneration des Filters verbrennen die Partikel durch Entzündung, sobald sie etwa 600 °C erreicht haben. Da die Temperatur des Abgases in einem Dieselmotor in der Regel jedoch viel niedriger als 600 °C ist, sind in der Regel einige Maßnahmen erforderlich, um das Filter selbst aufzuheizen.

**[0004]** Das Dokument JP-A-7-189,655 offenbart ein Abgasreinigungssystem und ein Verfahren zum Reinigen von Abgas, in dem zwei Partikelfilter im Abgassystem eines Verbrennungsmotors angeordnet sind, um Partikel, die im Abgas mitgerissen werden, aufzufangen und zu oxidieren. Mittels einer Umkehreinrichtung kann der Abgasstrom aufgeteilt werden, so dass er zum ersten der beiden Filter in zwei entgegengesetzten Richtungen strömt, so dass die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des ersten Filters umgekehrt werden, während der Abgasstrom das andere Filter immer in der gleichen Richtung passiert. somit kann der Abgasstrom die beiden Filter entweder parallel oder nacheinander passieren.

**[0005]** Das Dokument EP-A-0 984 142 offenbart ein Emissionsbegrenzungssystem für Verbrennungsmotoren, das ein Partikelfilter einschließt, das in der Abgasleitung des Motors angeordnet ist. Das Partikelfilter schließt am stromaufwärtigen Ende offene Zellen und am stromabwärtigen Ende offene Zellen ein, die an zwei Seiten einer porösen (d.h. keramischen) Wand angeordnet sind. Nur die Innenwandfläche der am stromabwärtigen Ende offenen Zellen des Partikelfilters sind mit einem NO<sub>x</sub>-Adsorptionsmittel bedeckt, während nur die Innenwandfläche der am stromaufwärtigen Ende offenen Zellen mit einem Adsorptionsmittel für Kohlenwasserstoff (HC) bedeckt ist. Partikel im Abgas werden vom HC-Adsorptions-

mittel oder den keramischen Wänden eingefangen und dadurch daran gehindert, das NO<sub>x</sub>-Adsorptionsmittel zu erreichen. Bei einer niedrigen Filtertemperatur wird NO<sub>x</sub> im Abgas am NO<sub>x</sub>-Adsorptionsmittel adsorbiert und Kohlenwasserstoffe werden im HC-Adsorptionsmittel adsorbiert. Mit einem Anstieg der Filtertemperatur werden die adsorbierten Materialien aus ihren jeweiligen Adsorptionsmitteln desorbiert, und die bzw. die desorbierte(n) Kohlenwasserstoff(e) reduziert bzw. reduzieren das NO<sub>x</sub>, das aus dem NO<sub>x</sub>-Adsorptionsmittel desorbiert wurde.

**[0006]** Das Dokument JP-A 7-189656 offenbart einen Abgasreiniger für einen Verbrennungsmotor, in dem ein Ventil in eine erste Position geschaltet wird, wenn eine Last  $T_0$  eines Motors eine vorgegebene Last  $T_0$  erreicht oder übertrifft, und in eine zweite Position geschaltet wird, wenn die Last  $T$  unter der vorgegebenen Last  $T_0$  liegt. Partikel, die ausgestoßen werden, wenn der Motor im Niedriglastzustand läuft ( $T < T_0$ ) können leicht verbrannt werden, auch wenn die Temperatur der Atmosphäre niedrig ist. Dagegen ist es schwierig, partikelförmige Substanzen zu verbrennen, wenn diese ausgestoßen werden, während der Motor im Hochlastzustand läuft ( $T > T_0$ ), falls die Atmosphäre keine hohe Temperatur aufweist. Gemäß dieser Offenbarung werden partikelförmige Substanzen unter der letztgenannten Bedingung auf beiden Oberflächen des Filters (**110**) separat eingefangen. Wenn eine Gesamtmenge  $m$  der eingefangenen partikelförmigen Substanzen eine vorgegebene Menge  $m_0$  erreicht oder übertrifft, wird das Ventil in die zweite Position geschaltet. Dann wird eine Drosselklappe nach Bedarf teilweise geschlossen, und die eingefangenen partikelförmigen Substanzen werden verbrannt. Im Anschluss daran endet die Regeneration der Fangvorrichtung, wenn die Menge der partikelförmigen Substanzen kleiner wird als eine vorgegebene Menge  $m_1$ . Laut diesem Dokument wird ein häufiges Schalten des Ventils und ein fliegendes Schalten verhindert, da das Ventil geschaltet wird, wenn der Zustand, in dem die Last  $T$  eines Motors eine vorgegebene Last  $T_0$  erreicht oder übertrifft, oder der Zustand, in dem die Last  $T$  niedriger ist als eine vorgegebene Last  $T_0$  über einen vorgegebenen Zeitraum anhält. Ferner bildet der Zeitpunkt des Ventilschaltens nicht den Ausgangspunkt für weitere Schaltungen des Ventils.

**[0007]** Das Dokument JP-A 60-135613 offenbart eine Abgasreinigungsvorrichtung, die es ermöglicht, dass ein Strömungswahlventil den Abgasstrom des Abgases unter bestimmten Bedingungen verändert, so dass dieser die beiden Filter für partikelförmige Substanzen, die in der Abgasreinigungsvorrichtung vorgesehen sind, umgeht.

**[0008]** Die japanische Patent-Offenlegungsschrift HEI 7-106290 offenbart, dass die Partikel auf einem Filter bei etwa 400 °C kontinuierlich verbrennen, d.h.

bei der Temperatur des Abgases während eines normalen Betriebes des Dieselmotors, falls das Filter ein Metall der Platinfamilie und ein Erdalkalimetalloxid trägt.

**[0009]** Die Verwendung dieses Filters stellt jedoch nicht sicher, dass die Temperatur des Abgases immer bei etwa 400 °C liegt. In einigen Betriebszuständen kann eine große Menge an Partikeln aus dem Dieselmotor ausgestoßen werden, und die Partikel, die während der einzelnen Zyklen nicht verbrannt wurden, können sich allmählich übereinander auf dem Filter anlagern.

**[0010]** Falls eine bestimmte Menge an Partikeln sich übereinander auf dem Filter angelagert hat, verschlechtert sich die Fähigkeit des Filters, die Partikel zu verbrennen, erheblich bis zu dem Maß, dass das Filter nicht mehr regeneriert werden kann. Selbst wenn solch ein Filter einfach im Abgassystem eines Motors angeordnet wird, kann das Filter somit bald verstopft sein.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0011]** Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Abgasreinigers für einen Verbrennungsmotor und ein Verfahren zum Reinigen von Abgas, die in der Lage sind, das Verstopfen eines Partikelfilters durch Umkehren von dessen Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten mit einer einfachen Konstruktion zu verhindern und die Menge an Partikeln, die während des Umkehrens in die Atmosphäre abgegeben werden, zu verringern.

**[0012]** Die vorliegende Erfindung umfaßt einen Abgasreiniger für einen Verbrennungsmotor, wobei der Reiniger ein Partikelfilter einschließt, das im Abgassystem des Motors angeordnet ist, um Partikel zu sammeln und zu oxidieren, sowie eine Umkehrvorrichtung zum Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseite des Partikelfilters, das Partikelfilter eine Sammelwand zum Sammeln der Partikel aufweist, die Sammelwand erste und zweite Sammeloberflächen aufweist, und die ersten und zweiten Sammeloberflächen der Sammelwand durch Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch die Umkehrvorrichtung abwechselnd verwendet werden, um Partikel zu sammeln, die Umkehrvorrichtung einen Ventilkörper aufweist und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch Schalten des Ventilkörpers aus einer Position in eine andere Position umkehrt, und mindestens ein Teil des Abgases das Partikelfilter umgeht, während der Ventilkörper aus einer Position in die andere Position geschaltet wird, und die Umkehrvorrichtung die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters umkehrt, wenn die Menge an Partikeln, die aus einer Brenn-

kammer des Motors ausgestoßen werden, eine festgesetzte Abgabemenge erreichen oder unterschreiten, und/oder

die Umkehrvorrichtung die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters bei einer Schaltgeschwindigkeit umkehrt, welche dem Betriebszustand des Motors entspricht; wobei, wenn der Ventilkörper sich in einer vorgegebenen Position zwischen der einen Position und der anderen Position befindet, das Abgas nicht durch das Partikelfilter strömt, und die Umkehrvorrichtung die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters nicht umkehrt, selbst wenn die Menge der ausgestoßenen Partikel gleich oder kleiner als die eingestellte Ausstoßmenge geworden ist, solange nach der Umkehr der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters eine vorgegebene Zeit noch nicht vergangen ist oder eine vorgegebene Fahrstrecke noch nicht zurückgelegt wurde, und wobei ein aktives Sauerstoff freisetzendes Mittel auf der Sammelwand getragen wird, und aktiver Sauerstoff, der vom aktiven Sauerstoff freisetzenden Mittel freigesetzt wird, die Partikel oxidiert.

**[0013]** Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Reinigen des Abgases eines Verbrennungsmotors, wobei

der Reiniger ein Partikelfilter einschließt, das im Abgassystem des Motors angeordnet ist, um Partikel zu sammeln und zu oxidieren, sowie eine Umkehrvorrichtung zum Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseite des Partikelfilters, das Partikelfilter eine Sammelwand zum Sammeln der Partikel aufweist, die Sammelwand erste und zweite Sammeloberflächen aufweist, und die ersten und zweiten Sammeloberflächen der Sammelwand durch Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch die Umkehrvorrichtung abwechselnd verwendet werden, um Partikel zu sammeln, und

die Umkehrvorrichtung einen Ventilkörper aufweist und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch Schalten des Ventilkörpers aus einer Position in eine andere Position umkehrt, und mindestens ein Teil des Abgases das Partikelfilter umgeht, während der Ventilkörper aus einer Position in die andere Position geschaltet wird, wobei das Verfahren einschließt:

Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch die Umkehrvorrichtung, falls die Menge der Partikel, die aus der Brennkammer des Motors ausgestoßen werden, gleich oder kleiner als eine voreingestellte Freisetzungsmenge geworden ist, und/oder

Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch die Umkehrvorrichtung bei einer Schaltgeschwindigkeit, die dem Betriebszustand des Motors entspricht;

wobei, wenn der Ventilkörper (**71a**) eine vorgegebene Position zwischen der einen Position und der an-

deren Position einnimmt, das Abgas nicht durch das Partikelfilter strömt und die Umkehrvorrichtung (71) die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) nicht umkehrt, selbst wenn die Menge der ausgestoßenen Partikel gleich oder kleiner geworden ist als die vorgegebene Abgabemenge, solange nicht eine vorgegebene Zeit nach dem Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) vergangen ist oder eine vorgegebene Fahrstrecke nicht zurückgelegt wurde, und wobei ein aktives Sauerstoff freisetzendes Mittel (61) auf der Sammelwand (54) getragen wird, und aktiver Sauerstoff, der vom aktiven Sauerstoff freisetzenden Mittel (61) freigesetzt wird, die Partikel oxidiert.

**[0014]** Ein Abgasreiniger für einen Verbrennungsmotor nach einem ersten und einem zweiten Aspekt der Erfindung schließt ein Partikelfilter ein, das im Abgassystem des Motors angeordnet ist, um Partikel einzufangen und zu oxidieren, sowie eine Umkehrvorrichtung zum Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters. Das Partikelfilter weist eine Sammelwand auf, um die Partikel einzufangen. Die Sammelwand weist eine erste und eine zweite Sammelfläche auf. Die erste und die zweite Sammelfläche der Sammelwand werden abwechselnd verwendet, um Partikel durch Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch die Umkehrvorrichtung einzufangen. Die Umkehrvorrichtung weist einen Ventilkörper auf und kehrt die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch Schalten des Ventilkörpers aus einer Position in eine andere Position um. Zumindest ein Teil des Abgases umgeht das Partikelfilter, während der Ventilkörper aus einer Position in eine andere Position geschaltet wird. Die Umkehrvorrichtung kehrt die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters gemäß einem Aspekt der Erfindung um, wenn die Menge der Partikel, die aus einer Brennkammer des Motors ausgestoßen werden, bei oder unter einer festgesetzten Abgabemenge liegt, oder gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung mit einer Schaltgeschwindigkeit, die dem Betriebszustand des Motors entspricht.

**[0015]** In einigen Betriebszuständen bleibt eine bestimmte Menge an Partikeln aufgrund einer ungenügenden Oxidation der Partikel auf der ersten Sammelfläche der Sammelwand zurück. Da die Umkehrvorrichtung die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters umkehrt, werden gemäß der genannten Konstruktion jedoch keine Partikel mehr übereinander an der ersten Sammelfläche der Sammelwand abgeschieden, und die zurückgebliebenen Partikel können allmählich durch Oxidation beseitigt werden. Gleichzeitig beginnt die zweite Sammelfläche der Sammelwand mit dem Einfangen und Oxidieren der Partikel. Da die ersten und zweiten Sammelflächen der Sammelwand aufgrund des Umkehrens der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des

Partikelfilters abwechselnd genutzt werden, kann ein Verstopfen des Partikelfilters vermieden werden. Da der Ventilkörper geschaltet wird, um die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters umzukehren, wenn die Menge an Partikeln, die aus der Brennkammer des Motors ausgestoßen werden, bei oder unter einer festgesetzten Abgabemenge liegt, besteht außerdem keine Gefahr, dass eine große Menge an Partikeln im Abgas enthalten ist. Selbst wenn ein Teil des Abgases das Partikelfilter während des Schaltens des Ventilkörpers umgangen hat, ist es möglich, die Menge an Partikeln, die in die Atmosphäre abgegeben werden, zu reduzieren.

**[0016]** In den vorgenannten Aspekten kann die Sammelwand ein aktives Sauerstoff abgebendes Mittel tragen, so dass aktiver Sauerstoff, der von dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel freigesetzt wird, die Partikel oxidiert.

**[0017]** In den vorgenannten Aspekten kann das aktive Sauerstoff abgebende Mittel Sauerstoff absorbieren und zurückhalten, falls ein Sauerstoffüberschuss in der Umgebung vorliegt, und den zurückgehaltenen Sauerstoff in Form von aktivem Sauerstoff freisetzen, falls die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung sinkt.

**[0018]** In den vorgenannten Aspekten kann bestimmt werden, dass die Menge an abgegebenen Partikeln die festgesetzte Abgabemenge erreicht oder unterschritten hat, sobald entschieden wird, dass der Motor verlangsamt wird, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters können umgekehrt werden.

**[0019]** In den vorgenannten Aspekten kann entschieden werden, dass der Motor verlangsamt wird, nachdem das Niedertreten eines Gaspedals erfasst wurde.

**[0020]** In den vorgenannten Aspekten kann entschieden werden, dass der Motor verlangsamt wird, nachdem erfasst wurde, dass der Verstellweg eines Gaspedals verringert wird.

**[0021]** In den vorgenannten Aspekten ist es möglich, dass die Umkehrvorrichtung die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters auch dann nicht umkehrt, wenn die Abgabemenge der Partikel die festgesetzte Abgabemenge erreicht oder unterschritten hat, solange ein festgesetzter Zeitraum nicht vergangen ist oder eine festgesetzte Fahrstrecke nach der Umkehr der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters nicht zurückgelegt wurde.

**[0022]** In den vorgenannten Aspekten kann die Umkehrvorrichtung die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers erhöhen, falls während des Schaltens des

Ventilkörpers entschieden wird, dass der Motor beschleunigt wird.

**[0023]** In den vorgenannten Aspekten kann bestimmt werden, dass die Menge an abgegebenen Partikeln die festgesetzte Abgabemenge erreicht oder unterschritten hat, sobald entschieden wird, dass die Kraftstoff-Einspritzmenge bei oder unter einer gesetzten Einspritzmenge liegt, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseite können umgekehrt werden.

**[0024]** In den vorgenannten Aspekten kann bestimmt werden, dass die Menge an abgegebenen Partikeln die gesetzte Abgabemenge erreicht oder unterschritten hat, sobald entschieden wird, dass der Verstellweg eines Gaspedals bei oder unter einem gesetzten Verstellweg liegt, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters können umgekehrt werden.

**[0025]** In den vorgenannten Aspekten kann bestimmt werden, dass die Menge an abgegebenen Partikeln die gesetzte Abgabemenge erreicht oder unterschritten hat, sobald entschieden wird, dass ein Kupplungspedal niedertreten wird, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten können umgekehrt werden.

**[0026]** Wie oben beschrieben, ermöglicht es die vorgenannte Konstruktion, durch Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters ein Verstopfen des Partikelfilters zu verhindern. Darüber hinaus wird der Ventilkörper mit einer Schaltgeschwindigkeit, die dem Betriebszustand des Motors entspricht, geschaltet, um die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters umzukehren. Wenn die Schaltgeschwindigkeit gesenkt wird, wenn fast keine Partikel im Niedertemperatur-Abgas enthalten sind, z.B. wenn der Motor verlangsamt wird, ist es daher möglich, ein Absinken der Temperatur des Partikelfilters zu unterdrücken, ohne Partikel in die Atmosphäre abzugeben. Wenn die Schaltgeschwindigkeit erhöht wird, wenn Partikel im Abgas enthalten sind, ist es möglich, die Menge der Partikel, die in die Atmosphäre abgegeben werden, zu senken.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0027]** [Fig. 1](#) ist eine schematische Längsschnittansicht eines Dieselmotors mit einem Abgasreiniger gemäß der Erfindung.

**[0028]** [Fig. 2](#) ist eine vergrößerte Schnittansicht einer in [Fig. 1](#) dargestellten Brennkammer.

**[0029]** [Fig. 3](#) ist eine Ansicht eines in [Fig. 1](#) dargestellten Zylinderkopfs von unten.

**[0030]** [Fig. 4](#) ist eine Seitenschnittansicht einer

Brennkammer.

**[0031]** [Fig. 5](#) zeigt die Hübe von Einlass- und Auslassventilen und die Kraftstoffeinspritzung.

**[0032]** [Fig. 6](#) zeigt in erster Linie die Mengen an erzeugtem Rauch und NOx.

**[0033]** [Fig. 7](#) zeigt Verbrennungsdrücke.

**[0034]** [Fig. 8](#) zeigt Kraftstoffmoleküle.

**[0035]** [Fig. 9](#) zeigt die Beziehung zwischen den Mengen an erzeugtem Rauch und AGR-Raten.

**[0036]** [Fig. 10](#) zeigt die Beziehung zwischen Kraftstoff-Einspritzmengen und Mengen an Mischgas.

**[0037]** [Fig. 11](#) zeigt einen ersten Betriebsbereich I und einen zweiten Betriebsbereich II

**[0038]** [Fig. 12](#) zeigt die Ausgabesignale eines Luft/Kraftstoff-Sensors.

**[0039]** [Fig. 13](#) zeigt in erster Linie die Öffnungsgrade einer Drosselklappe.

**[0040]** [Fig. 14](#) zeigt die Luft/Kraftstoff-Verhältnisse im ersten Betriebsbereich I.

**[0041]** [Fig. 15](#) zeigt unter anderem Kennfelder eines Ziel-Öffnungsgrads der Drosselklappe.

**[0042]** [Fig. 16](#) zeigt die Luft/Kraftstoff-Verhältnisse im zweiten Betriebsbereich II.

**[0043]** [Fig. 17](#) zeigt unter anderem den Ziel-Öffnungsgrad der Drosselklappe.

**[0044]** [Fig. 18](#) ist eine Draufsicht der nahen Umgebung des Partikelfilters und eines Wechselabschnitt in einem Motor-Abgassystem.

**[0045]** [Fig. 19](#) ist eine Seitenansicht von [Fig. 18](#).

**[0046]** [Fig. 20](#) zeigt eine andere Sperrposition eines Ventilkörpers im Wechselabschnitt, wobei die Sperrposition sich von, der in [Fig. 18](#) dargestellten Position unterscheidet.

**[0047]** [Fig. 21](#) zeigt eine Öffnungsposition des Ventilkörpers im Wechselabschnitt.

**[0048]** [Fig. 22](#) zeigt den Aufbau eines Partikelfilters.

**[0049]** [Fig. 23](#) ist eine erklärende Darstellung der Oxidationswirkung auf die Partikel.

**[0050]** [Fig. 24](#) zeigt die Beziehung zwischen den Partikelmengen, die durch Oxidation entfernt werden

können, und den Temperaturen des Partikelfilters.

[0051] **Fig. 25** ist eine erklärende Darstellung der Anlagerungswirkung auf das Partikelfilter.

[0052] **Fig. 26** ist ein erstes Ablaufschema für das Verhindern der Abscheidung von Partikeln auf dem Partikelfilter.

[0053] **Fig. 27** ist eine vergrößerte Querschnittsdarstellung einer Trennwand des Partikelfilters.

[0054] **Fig. 28** ist ein zweites Ablaufschema für das Verhindern der Abscheidung von Partikeln auf dem Partikelfilter.

[0055] **Fig. 29** ist ein drittes Ablaufschema für das Verhindern der Abscheidung von Partikeln auf dem Partikelfilter.

[0056] **Fig. 30** ist ein viertes Ablaufdiagramm für das Verhindern der Abscheidung von Partikeln auf dem Partikelfilter.

[0057] **Fig. 31** ist ein fünftes Ablaufschema für das Verhindern der Abscheidung von Partikeln auf dem Partikelfilter.

[0058] **Fig. 32** ist ein sechstes Ablaufschema für das Verhindern der Abscheidung von Partikeln auf dem Partikelfilter.

[0059] **Fig. 33** ist ein siebtes Ablaufschema für das Verhindern der Abscheidung von Partikeln auf dem Partikelfilter.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0060] **Fig. 1** ist eine schematische Längsschnittansicht eines Vierzylinder-Dieselmotors mit einem Abgasreiniger gemäß der Erfindung. **Fig. 2** ist eine vergrößerte Längsschnittansicht einer Brennkammer des in **Fig. 1** dargestellten Dieselmotors. **Fig. 3** ist eine Ansicht eines Zylinderkopfs des in **Fig. 1** dargestellten Dieselmotors von unten. In den **Fig. 1** bis **Fig. 3** ist ein Einlasskanal **8** gezeigt, der über ein zugehöriges Einlasszweigrohr **11** mit einem Schwalltopf **12** verbunden ist, und der Schwalltopf **12** ist über einen Ansaugkanal **13** mit einem Luftreiniger **14** verbunden. Eine Drosselklappe **16**, die von einem Elektromotor **15** angetrieben wird, ist in einem Ansaugkanal **18** angeordnet. Auf der anderen Seite ist ein Auslasskanal **10** mit einem Abgaskrümmter **17** verbunden.

[0061] Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist ein Luft/Kraftstoff-Sensor **21** im Abgaskrümmter **17** angeordnet. Der Abgaskrümmter **17** und der Schwalltopf **12** sind über eine AGR-Leitung **22** miteinander gekoppelt, und ein elektrisch gesteuertes AGR-Steuerventil **23**

ist in der AGR-Leitung **22** angeordnet. Eine Kühleinheit **24** ist um die AGR-Leitung **22** herum angeordnet, um das AGR-Gas, das durch die AGR-Gasleitung **22** strömt, abzukühlen. In einer in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform wird Motorkühlmittel in die Kühleinheit **24** eingeführt, so dass das AGR-Gas durch das Motorkühlmittel gekühlt wird.

[0062] Dagegen ist jedes Kraftstoff-Einspritzventil **6** über eine Kraftstoff-Zufuhrleitung **25** mit einem Kraftstofftank, d.h. einer sogenannten Common Rail **26** gekoppelt. Kraftstoff wird der Common Rail **26** von einer elektrisch gesteuerten Kraftstoffpumpe **27** zugeführt, deren Abgabemenge variabel ist. Der Kraftstoff, der der Common Rail **26** zugeführt wird, wird dem Kraftstoff-Einspritzventil **6** jeweils durch ein Kraftstoff-Zufuhrrohr **25** zugeführt. Ein Kraftstoff-Drucksensor **28** zum Erfassen des Kraftstoffdrucks in der Common Rail **26** ist an der Common Rail **26** angebracht. Aufgrund des Ausgabesignals vom Kraftstoff-Drucksensor **28** wird die Abgabemenge der Kraftstoffpumpe **27** so gesteuert, dass der Kraftstoffdruck in der Common Rail **26** einem Ziel-Kraftstoffdruck gleich wird.

[0063] Die Ausgangssignale vom Luft/Kraftstoff-Sensor **21** und vom Kraftstoff-Drucksensor **28** werden in eine elektronische Steuereinrichtung **30** eingegeben. Ein Lastsensor **41**, der eine Ausgangsspannung erzeugt, die proportional zum Verstellweg L eines Gaspedals **40** ist, ist mit dem Gaspedal **40** verbunden. Das Ausgangssignal vom Lastsensor **41** wird ebenfalls in die elektronische Steuereinheit **30** eingegeben. Ferner wird das Ausgangssignal von einem Kurbelwinkelsensor **42**, das jedesmal einen Ausgangsimpuls erzeugt, wenn sich die Kurbelwelle beispielsweise um 30 °CA dreht, in die elektronische Steuereinrichtung **30** eingegeben. Somit betätigt die elektronische Steuereinrichtung **30** das Kraftstoff-Einspritzventil **6**, den Elektromotor **14**, das AGR-Steuerventil **23** und die Kraftstoffpumpe **27** aufgrund von verschiedenen Signalen. Ein ROM (in den Figuren nicht dargestellt) ist in die elektronische Steuereinrichtung **30** eingebaut.

[0064] Wie in den **Fig. 2**, **Fig. 3** dargestellt, ist in der Ausführungsform der Erfindung das Kraftstoff-Einspritzventil **6** aus einer Lochdüse konstruiert, die sechs Düsenöffnungen aufweist. Kraftstoffspritzer F werden aus den Düsenöffnungen des Kraftstoff-Einspritzventils **6** in regelmäßigen Intervallen und in Bezug auf eine horizontale Ebene etwas abwärts gerichtet eingespritzt. Wie in **Fig. 3** dargestellt, fliegen zwei der sechs Kraftstoffspritzer F entlang der Unterseite des Ventilkörpers jedes Abgasventils **9**. Die **Fig. 2**, **Fig. 3** zeigen die Kraftstoffeinspritzung im späten Stadium eines Kompressionshubs. Zu diesem Zeitpunkt bewegen sich die Kraftstoffspritzer F in Richtung auf den Innenumfang eines Hohlraums **5a** und werden dann entzündet und verbrannt.

**[0065]** [Fig. 4](#) zeigt den Fall, dass zusätzlicher Kraftstoff aus dem Kraftstoff-Einspritzventil **6** eingespritzt wird, wenn die Aufwärtsbewegung des Abgasventils **9** im Auslasshub sein Maximum erreicht. Das heißt, wie in [Fig. 5](#) dargestellt, wird die Haupteinspritzung  $Q_m$  in der Nähe des oberen Kompressionstotpunkts durchgeführt, und dann wird zusätzlicher Kraftstoff  $Q_a$  in der Mitte des Auslasshubs eingespritzt. In diesem Fall zielen die Kraftstoffspritzer  $F$ , die sich in Richtung des Ventilkörpers des Abgasventils **9** bewegen, auf den Raum zwischen der Rückseite der Schräge des Abgasventils **9** und dem Auslasskanal. Anders ausgedrückt, zwei der sechs Düsenöffnungen des Kraftstoff-Einspritzventils **6** sind so konstruiert, dass die Kraftstoffspritzer  $F$  auf den Raum zwischen der Rückseite der Schräge des Auslassventils **9** und den Auslasskanal **10** zielen, wenn zusätzlicher Kraftstoff  $Q_a$  bei geöffnetem Auslassventil **9** eingespritzt wird. In der in [Fig. 4](#) dargestellten Ausführungsform treffen die Kraftstoffspritzer  $F$  dann auf die Rückseite der Schräge des Auslassventils **9**, werden dadurch abgelenkt und zielen auf den Auslasskanal **10**.

**[0066]** Normalerweise wird kein zusätzlicher Kraftstoff  $Q_a$  eingespritzt, und nur die Haupteinspritzung  $Q_m$  wird durchgeführt. [Fig. 6](#) zeigt ein Versuchsbeispiel, das die Änderungen im Abtriebsmoment und die Änderungen in den Abgabemengen an Ruß, HC, CO und NOx zeigen, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  (die Achse der Abszisse in [Fig. 6](#)) durch Ändern des Öffnungsgrades der Drosselklappe **16** und der AGR-Rate geändert wird. Wie aus [Fig. 6](#) hervorgeht, zeigt dieses Versuchsbeispiel, dass die AGR-Rate mit abnehmendem Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  steigt, und dass die AGR-Rate gleich oder höher als 65 % ist, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis gleich oder kleiner ist als das stöchiometrische Luft/Kraftstoff-Verhältnis (etwa 1,46).

**[0067]** Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  durch Erhöhen der AGR-Rate gesenkt wird, wie in [Fig. 6](#) dargestellt, beginnt die Menge an erzeugtem Rauch zu steigen, wenn die AGR-Rate sich 40 % nähert und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  etwa 30 erreicht. Wenn die AGR-Rate weiter verbessert wird, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  zu senken, steigt die Raucherzeugung dann abrupt an und erreicht ihren Höhepunkt. Wenn die AGR-Rate weiter verbessert wird, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  zu senken, nimmt die Menge an erzeugtem Rauch dann abrupt ab und wird ungefähr gleich null, wenn die AGR-Rate 65 % erreicht oder übertrifft und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  sich 15,0 nähert. Anders ausgedrückt, es wird praktisch kein Rauch erzeugt. In diesem Moment nimmt das Hauptmoment des Verbrennungsmotors leicht ab und der Umfang der NOx-Erzeugung wird beträchtlich gering. Andererseits beginnen in diesem Moment die Mengen an erzeugtem HC und CO zu steigen.

**[0068]** [Fig. 7A](#) zeigt Änderungen des Verbrennungsdrucks in der Brennkammer **5**, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  nahe bei 21 liegt und der Umfang der Raucherzeugung sein Maximum erreicht hat. [Fig. 7B](#) zeigt Änderungen des Verbrennungsdrucks in der Brennkammer **5**, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  nahe bei 18 liegt und die Rauchmenge etwa gleich null ist. Ein Vergleich zwischen [Fig. 7A](#) und [Fig. 7B](#) zeigt, dass der Verbrennungsdruck in dem Fall, dass der Umfang der Raucherzeugung etwa gleich null ist, wie in [Fig. 7B](#) gezeigt, niedriger ist als der Verbrennungsdruck in dem Fall, dass der Umfang der Raucherzeugung hoch ist, wie in [Fig. 7A](#) dargestellt.

**[0069]** Der folgende Schluss kann aus den Versuchsergebnissen abgeleitet werden, die in den [Fig. 6](#), [7](#) dargestellt sind. Zunächst sinkt, wie in [Fig. 6](#) dargestellt, die Menge an erzeugtem NOx beträchtlich, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis  $A/F$  bei oder unter 15,0 liegt und der Umfang der Raucherzeugung etwa gleich null ist. Die Abnahme der Menge an erzeugtem NOx bedeutet, dass die Verbrennungstemperatur der Brennkammer **5** gesunken ist. Somit kann geschlossen werden, dass die Verbrennungstemperatur in der Brennkammer **5** niedrig ist, wenn fast kein Rauch erzeugt wird. Der gleiche Schluss kann aus [Fig. 7](#) gezogen werden. Das heißt, die Verbrennungstemperatur ist niedrig, wenn falls kein Ruß erzeugt wird, wie in [Fig. 7B](#) dargestellt. Somit kann geschlossen werden, dass die Verbrennungstemperatur in der Brennkammer **5** niedrig ist.

**[0070]** Zweitens steigen, wie in [Fig. 6](#) dargestellt, die Abgabemengen an HC und CO, wenn die Menge an erzeugtem Rauch, d.h. die Rußmenge, etwa gleich null wird. Dies bedeutet, dass Kohlenwasserstoffe abgegeben werden, ohne zu Ruß anzuwachsen. Das heißt, wenn die Temperatur im Zustand eines Sauerstoffmangels angehoben wird, werden die geradkettigen Kohlenwasserstoffe und aromatischen Kohlenwasserstoffe, die im Kraftstoff enthalten sind, wie in [Fig. 8](#) dargestellt, thermisch abgebaut. Infolgedessen wird ein Rußvorläufer ausgebildet und Ruß, der in erster Linie aus einer festen Zusammenballung von Kohlenstoffatomen besteht, wird erzeugt. In diesem Fall ist der tatsächliche Ablauf der Rußerzeugung kompliziert und es ist unklar, welche Konfiguration der Rußvorläufer annimmt. Auf jeden Fall wachsen Kohlenwasserstoffe, wie in [Fig. 8](#) dargestellt, über ihren Vorläufer zu Ruß an. Somit steigen, wenn wie oben beschrieben die Menge an erzeugtem Ruß etwa gleich null wird, die Abgabemengen an HC und CO, wie in [Fig. 6](#) dargestellt. In diesem Moment ist HC der Rußvorläufer oder ein Kohlenwasserstoff, der noch nicht zu einem Rußvorläufer angewachsen ist.

**[0071]** Die Zusammenfassung dieser Überlegungen, die auf den in [Fig. 6](#), [7](#) dargestellten Versuchsergebnissen beruhen, zeigt, dass die Menge an er-

zeugtem Ruß etwa gleich null ist, wenn die Verbrennungstemperatur in der Brennkammer **5** niedrig ist und die Brennkammer **5** den Rußvorläufer oder den Kohlenwasserstoff, der noch nicht zu einem Rußvorläufer angewachsen ist, in diesem Moment abgibt. Äußerst detaillierte Experimente und Untersuchungen dieses Themas haben gezeigt, dass der Prozess der Rußbildung vor seinem Abschluss unterbrochen wird, d.h. es wird kein Ruß erzeugt, wenn die Temperatur des Kraftstoffs oder des ihn umgebenden Gases in der Brennkammer **5** eine bestimmte Temperatur erreicht oder unterschreitet, und dass Ruß erzeugt wird, wenn die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases höher wird als die genannte bestimmte Temperatur.

**[0072]** Wenn der Prozess des Anwachsens von Kohlenwasserstoffen im Stadium des Rußvorläufers unterbrochen wird, ändern sich die Temperatur des Kraftstoff und des ihn umgebenden Gases und die genannte bestimmte Temperatur abhängig von verschiedenen Faktoren, wie der Art des Kraftstoffs, dem Luft/Kraftstoff-Verhältnis und dem Kompressionsverhältnis, und können daher nicht exakt spezifiziert werden. Die bestimmte Temperatur weist jedoch eine enge Beziehung zur Menge an erzeugtem NO<sub>x</sub> auf und kann daher bis zu einem gewissen Grad anhand der Menge an erzeugtem NO<sub>x</sub> geschätzt werden. Anders ausgedrückt, die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases zum Zeitpunkt der Verbrennung sinkt und die Menge an erzeugtem NO<sub>x</sub> sinkt, wenn die AGR-Rate steigt. Es wird kaum Ruß erzeugt, wenn die Menge an erzeugtem NO<sub>x</sub> etwa 10 ppm erreicht oder unterschreitet. Somit fällt die genannte bestimmte Temperatur im Wesentlichen mit der Temperatur zu dem Zeitpunkt zusammen, wenn die Menge an erzeugtem NO<sub>x</sub> etwa 10 ppm erreicht oder unterschreitet.

**[0073]** Sobald Ruß erzeugt wurde, kann der Ruß durch eine Nachbehandlung unter Verwendung eines Katalysators mit Oxidationswirkung nicht mehr beseitigt werden. Im Gegensatz dazu können der Rußvorläufer oder die Kohlenwasserstoffe, die noch nicht zu einem Rußvorläufer angewachsen sind, durch eine Nachbehandlung unter Verwendung eines Katalysators mit Oxidationswirkung leicht entfernt werden. Somit sind die Reduzierung der Menge an erzeugtem NO<sub>x</sub> und das Abgeben von Kohlenwasserstoffen aus der Brennkammer **5**, die noch nicht zu einem Rußvorläufer angewachsen sind, äußerst wirksam für die Reinigung von Abgas.

**[0074]** Um das Wachstum der Kohlenwasserstoffe zu unterbrechen, bevor Ruß erzeugt wird, ist es notwendig, die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases in der Brennkammer während der Verbrennung unter der Temperatur zu halten, bei der Ruß erzeugt wird. Es hat sich gezeigt, dass in diesem Fall der endothermische Effekt des Gases,

das den Kraftstoff umgibt, während der Verbrennung die Senkung der Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases kritisch beeinflusst.

**[0075]** Das heißt, Kraftstoffdämpfe reagieren unmittelbar mit dem Sauerstoff, der in der Luft enthalten sind, und verbrennen, falls nichts als Luft um den Kraftstoff herum vorhanden ist. In diesem Fall steigt die Temperatur der Luft abseits vom Kraftstoff nicht wesentlich an, und nur die Temperatur um den Kraftstoff herum steigt lokal in beträchtlichem Umfang. Das heißt, die Luft abseits vom Kraftstoff übt zu diesem Moment kaum die endothermische Wirkung der Verbrennungswärme des Kraftstoffs aus. Da die Verbrennungstemperatur lokal erheblich steigt, erzeugen in diesem Fall die unverbrannten Kohlenwasserstoffe, die die Verbrennungswärme aufgenommen haben, Ruß.

**[0076]** Andererseits sind die Umstände etwas anders, wenn Kraftstoff in der Gasmischung vorhanden ist, die aus einer großen Menge an inaktivem Gas und Luft besteht. In diesem Fall werden Kraftstoffdämpfe verteilt, reagieren mit dem Sauerstoff, der mit dem inaktiven Gas vermischt ist, und verbrennen. Da das umgebende inaktive Gas die Verbrennungswärme absorbiert, steigt die Verbrennungstemperatur in diesem Fall nicht wahrnehmbar. Das heißt, es ist möglich, die Verbrennungstemperatur niedrig zu halten. Anders ausgedrückt, die Anwesenheit von inaktivem Gas spielt eine wichtige Rolle bei der Reduzierung der Verbrennungstemperatur, und die endothermische Wirkung des inaktiven Gases macht es möglich, die Verbrennungstemperatur niedrig zu halten.

**[0077]** In diesem Fall erfordert das Beibehalten einer Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases, die niedriger ist als die Temperatur, bei der Ruß erzeugt wird, eine Menge an inaktivem Gas, die die Wärme ausreichend absorbieren kann. Somit steigt die erforderliche Menge an inaktivem Gas, wenn die Kraftstoffmenge zunimmt. In diesem Fall wird die endothermische Wirkung proportional zur spezifischen Wärme des inaktiven Gases verstärkt. Somit ist es bevorzugt, inaktives Gas mit einer hohen spezifischen Wärme zu verwenden. In dieser Hinsicht kann geschlossen werden, dass AGR-Gas günstigerweise als inaktives Gas verwendet wird, da CO<sub>2</sub> und AGR-Gas eine relativ hohe spezifische Wärme aufweisen.

**[0078]** [Fig. 9](#) zeigt die Beziehung zwischen AGR-Raten und den Mengen an erzeugtem Rauch, wenn AGR-Gas als inaktives Gas verwendet wird und der Kühlgrad des AGR-Gases verändert wird. [Fig. 9](#) zeigt Kurven A, B und C. Die Kurve A zeigt den Fall an, dass die Temperatur des AGR-Gases durch intensives Kühlen des AGR-Gases bei etwa 90 °C gehalten wird. Die Kurve B zeigt den Fall an, dass AGR-Gas von einer kompakten Kühleinrichtung ge-



kühlt wird. Die Kurve C zeigt den Fall an, dass das AGR-Gas nicht zwangsgekühlt wird.

**[0079]** Wenn AGR-Gas intensiv gekühlt wird, wie durch die in [Fig. 9](#) dargestellte Kurve A angezeigt, erreicht die Menge an erzeugtem Ruß ihren Höhepunkt, wenn die AGR-Rate etwas unter 50 % liegt: In diesem Fall wird fast kein Ruß erzeugt, wenn die AGR-Rate etwa bei 55 % oder etwas darüber eingestellt wird.

**[0080]** Wenn AGR-Gas leicht gekühlt wird, wie von der Kurve B angezeigt, erreicht die Menge an erzeugtem Ruß ihren Höhepunkt, wenn die AGR-Rate etwas über 50 % liegt. In diesem Fall wird fast kein Ruß erzeugt, wenn die AGR-Rate etwa bei 65 % oder etwas darüber eingestellt wird.

**[0081]** Ferner erreicht, wenn AGR-Gas nicht zwangsgekühlt wird, wie von der in [Fig. C](#) dargestellten Kurve C angezeigt, die Menge an erzeugtem Rauch ihren Höhepunkt, wenn die AGR-Rate etwa bei 55 % liegt. In diesem Fall wird fast kein Ruß erzeugt, wenn die AGR-Rate bei etwa 70 % oder etwas darüber eingestellt wird.

**[0082]** [Fig. 9](#) zeigt die Mengen an erzeugtem Rauch, wenn die Motorlast relativ hoch ist. Wenn die Motorlast abnimmt, sinkt die AGR-Rate, bei der die Menge an erzeugtem Ruß ihren Höhepunkt erreicht, etwas, und der untere Grenzwert der AGR-Rate, mit der fast kein Ruß erzeugt wird, sinkt ebenfalls leicht. Der untere Grenzwert der AGR-Rate, mit der fast kein Ruß erzeugt wird, ändert sich abhängig vom Kühlgrad des AGR-Gases und der Motorlast.

**[0083]** [Fig. 10](#) zeigt die Menge der Gasmischung, die aus AGR-Gas und Luft besteht, die erforderlich ist, um die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases unter einer Temperatur zu halten, wo Ruß erzeugt wird, den Anteil von Luft an der Gasmischung und den Anteil von AGR-Gas an der Gasmischung für den Fall, dass AGR-Gas als inaktives Gas verwendet wird. In [Fig. 10](#) stellt die Achse der Ordinate die Gesamtmenge an Ansauggas dar, das in die Brennkammer **5** gesaugt werden kann, und die Strichpunktlinie Y stellt die Gesamtmenge des Ansauggases dar, das in die Brennkammer **5** gesaugt werden kann, wenn keine Ladeoperation durchgeführt wird. Die Achse der Abszisse stellt die benötigte Last dar und Z1 stellt einen Niedriglastbetrieb dar.

**[0084]** Wie aus [Fig. 10](#) ersichtlich, zeigt das Luftverhältnis, d.h. der Anteil der Luft an der Gasmischung, die Luftmenge an, die für eine vollständige Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs erforderlich ist. Das heißt, in dem in [Fig. 10](#) dargestellten Fall ist das Verhältnis von Luftmenge zu Menge des eingespritzten Kraftstoffs dem stöchiometrischen Luft/Kraft-

stoff-Verhältnis gleich. Dagegen zeigt, wie in [Fig. 10](#) dargestellt, das AGR-Gasverhältnis, d.h. die Menge an AGR-Gas in der Gasmischung, die minimale Menge an AGR-Gas an, die erforderlich ist, um die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases während der Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs unter einer Temperatur zu halten, bei der Ruß gebildet wird. Diese minimale erforderliche Menge an AGR-Gas entspricht der AGR-Rate, die etwa bei 55 % oder etwas darüber liegt. In der in [Fig. 10](#) dargestellten Ausführungsform liegt die AGR-Rate bei 70 % oder etwas darüber. Das heißt, selbst wenn angenommen wird, dass die Gesamtmenge an Ansauggas, das in die Brennkammer **5** eingesaugt wird, von einer in [Fig. 10](#) dargestellten durchgezogenen Linie X dargestellt wird und dass die Anteile der Luftmenge und der AGR-Gasmenge an der Gesamtmenge X des Ansauggases sind wie in [Fig. 10](#) dargestellt, ist die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases niedriger als die Temperatur, bei der Ruß erzeugt wird. Infolgedessen wird kein Ruß erzeugt. Die Menge an erzeugtem NO<sub>x</sub> zu diesem Zeitpunkt liegt bei etwa 10 ppm oder darunter und ist daher beträchtlich klein.

**[0085]** Da der Wärmeabgabewert während der Verbrennung des Kraftstoffs steigt, wenn die Menge an eingespritztem Kraftstoff steigt, muss der Umfang der vom AGR-Gas absorbierten Wärme erhöht werden, um die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases unter einer Temperatur zu halten, bei der Ruß erzeugt wird. So muss, wie in [Fig. 10](#) dargestellt, die AGR-Gasmenge erhöht werden, wenn die Menge an eingespritztem Kraftstoff steigt. Anders ausgedrückt, die AGR-Gasmenge muss erhöht werden, wenn die erforderliche Last steigt.

**[0086]** In einem in [Fig. 10](#) dargestellten Lastbereich Z2 übersteigt dagegen die Gesamtmenge X des Ansauggases, die erforderlich ist, um die Erzeugung von Ruß zu verhindern, die Gesamtmenge Y des Ansauggases, die angesaugt werden kann. Somit ist es in diesem Fall notwendig, sowohl das AGR-Gas als auch die eingelassene Luft oder nur das AGR-Gas zu überladen oder zu komprimieren, um die Gesamtmenge X an Ansauggas, die erforderlich ist, um die Erzeugung von Ruß zu verhindern, in die Brennkammer **5** zu liefern. Falls AGR-Gas usw. nicht überladen oder komprimiert werden, stimmt die Gesamtmenge X des Ansauggases im Lastbereich Z2 mit der Gesamtmenge Y des Ansauggases überein, die angesaugt werden kann. Somit erfordert in diesem Fall die Verhinderung einer Rußerzeugung ein leichtes Senken der Luftmenge, ein Erhöhen der AGR-Gasmenge und ein Verbrennen des Kraftstoffs bei einem Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit einem Wert auf der fetten Seite.

**[0087]** Wie oben beschrieben, zeigt [Fig. 10](#) den Fall, dass Kraftstoff bei einem stöchiometrischen

Luft/Kraftstoff-Verhältnis verbrannt wird. In einem in [Fig. 10](#) dargestellten Niedriglastbetriebsbereich Z1 ist es möglich, die Menge an erzeugtem NOx bei etwa 10 ppm oder darunter zu halten, während die Erzeugung von Ruß verhindert wird, selbst wenn die Luftmenge unter die in [Fig. 10](#) dargestellte sinkt. Im einem in [Fig. 10](#) dargestellten Niedriglastbereich Z1 ist es möglich, die Menge an erzeugtem NOx bei etwa 10 ppm oder etwas niedriger zu halten, während die Erzeugung von Ruß verhindert wird, selbst wenn die Luftmenge größer als in [Fig. 10](#) wird, d.h. selbst wenn das durchschnittliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit einem mageren Wert von 17 bis 18 erreicht.

**[0088]** Das heißt, die Kraftstoffmenge wird überschüssig, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert auf der fetten Seite erreicht. Da die Verbrennungstemperatur niedrig gehalten wird, wächst der überschüssige Kraftstoff jedoch nicht zu Ruß an. Infolgedessen wird kein Ruß erzeugt. In diesem Moment ist auch die Menge an erzeugtem NOx beträchtlich niedrig. Andererseits wird als Antwort auf einen Anstieg der Verbrennungstemperatur eine geringe Menge Ruß erzeugt, wenn das durchschnittliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert auf der mageren Seite aufweist oder wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis gleich ist. Gemäß der Erfindung wird, da die Verbrennungstemperatur niedrig ist, jedoch kein Ruß erzeugt. Ferner ist auch die Menge an erzeugtem NOx beträchtlich niedrig.

**[0089]** So wird unabhängig vom Luft/Kraftstoff-Verhältnis im Niedriglastbetriebsbereich Z1 des Motors, d.h. unabhängig davon, ob das Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert auf der fetten Seite aufweist oder dem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Verhältnis gleich ist, oder ob das durchschnittliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert auf der mageren Seite aufweist, kein Ruß erzeugt. Das heißt, die Menge an erzeugtem NOx ist beträchtlich niedrig. So ist es unter dem Gesichtspunkt der Verbesserung der Kraftstoff-Verbrauchsrate bevorzugt, dass das durchschnittliche Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert auf der mageren Seite behält.

**[0090]** Die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases während der Verbrennung in der Brennkammer kann so eingestellt werden, dass sie nur dann, wenn der Wärmeabgabewert, der aus der Verbrennung resultiert, klein ist, d.h. wenn die Motorlast relativ niedrig ist, bei oder unter einer Temperatur liegt, die ein Ende des Wachstums von Kohlenwasserstoffen mit sich bringt. In der erfindungsgemäßen Ausführungsform wird somit eine erste Verbrennung, d.h. eine Niedertemperaturverbrennung, durchgeführt, wenn die Motorlast relativ niedrig ist, indem man die Temperatur des Kraftstoffs und des ihn umgebenden Gases während der Verbrennung bei oder

unter einer Temperatur hält, wo das Wachstum der Kohlenwasserstoffe allmählich unterbrochen wird, und eine zweite Verbrennung, d.h. eine herkömmliche Verbrennung, wird durchgeführt, wenn die Motorlast relativ hoch ist.

**[0091]** Wie aus der vorangehenden Beschreibung hervorgeht, bezeichnet die erste Verbrennung, d.h. die Niedertemperaturverbrennung, eine Verbrennung der An, bei der die Menge an inaktivem Gas in der Brennkammer größer ist als die ungünstigste Menge an inaktivem Gas, die der maximalen Rußerzeugungsmenge entspricht, und wobei fast kein Ruß erzeugt wird, und die zweite Verbrennung, d.h. die herkömmliche Verbrennung, bezeichnet eine Verbrennung der An, bei der die Menge an inaktivem Gas in der Brennkammer kleiner ist als die ungünstigste Menge an inaktivem Gas, die der maximalen Rußerzeugungsmenge entspricht.

**[0092]** [Fig. 11](#) zeigt einen ersten Betriebsbereich I, in dem die erste Verbrennung, d.h. die Niedertemperaturverbrennung, durchgeführt wird, und einen zweiten Betriebsbereich II, in dem die zweite Verbrennung, d.h. die herkömmliche Verbrennung, durchgeführt wird. In [Fig. 11](#) stellt die Achse der Ordinate L den Verstellweg eines Gaspedals **40** dar, d.h. die erforderliche Last, und die Achse der Abszisse N stellt die Motordrehzahl dar. In [Fig. 11](#) stellt X(N) eine erste Grenze zwischen dem ersten Betriebsbereich I und dem zweiten Betriebsbereich II dar, und Y(N) stellt eine zweite Grenze zwischen dem ersten Betriebsbereich I und dem zweiten Betriebsbereich II dar. Eine Verschiebung des Betriebsbereichs vom ersten Betriebsbereich I zum zweiten Betriebsbereich II wird aufgrund des ersten Grenzwerts X(N) entschieden, und eine Verschiebung des Betriebsbereichs vom zweiten Betriebsbereich II zum ersten Betriebsbereich I wird aufgrund des zweiten Grenzwerts (N) entschieden.

**[0093]** Das heißt, wenn die erforderliche Last L den ersten Grenzwert X(N), der als Funktion der Motordrehzahl N ausgedrückt wird, übersteigt, wenn eine Niedertemperaturverbrennung durchgeführt wird, bei der der Motor im ersten Betriebsbereich I arbeitet, wird entschieden, dass der Betriebsbereich zum zweiten Betriebsbereich II verschoben wurde, und es wird eine herkömmliche Verbrennung durchgeführt. Falls die erforderliche Last L unter dem zweiten Grenzwert Y(N) fällt, der als Funktion der Motordrehzahl N ausgedrückt wird, wird entschieden, dass der Betriebsbereich in den ersten Betriebsbereich I verschoben wurde, und es wird eine Niedertemperaturverbrennung durchgeführt.

**[0094]** [Fig. 12](#) zeigt die Ausgangssignale des Luft/Kraftstoff-Verhältnissensors **21**. Wie in [Fig. 12](#) dargestellt, ändert sich der Ausgangsstrom I des Luft/Kraftstoff-Sensors **21** entsprechend dem

Luft/Kraftstoff-Verhältnis A/F. So ist es möglich, das Luft/Kraftstoff-Verhältnis aus dem Ausgangsstrom I des Luft/Kraftstoff-Verhältnissensors **21** zu erfassen. Mit Bezug auf [Fig. 13](#) wird der Ablauf der Betriebssteuerung im ersten Betriebsbereich I und im zweiten Betriebsbereich II beschrieben.

**[0095]** [Fig. 13](#) zeigt, wie der Öffnungsgrad der Drosselklappe **16**, der Öffnungsgrad des AGR-Steuerventils **23**, die AGR-Rate, das Luft/Kraftstoff-Verhältnis, der Einspritzzeitpunkt und die Einspritzmenge sich ändern, wenn die erforderliche Last L sich ändert. Wie in [Fig. 13](#) dargestellt, erweitert sich im ersten Betriebsbereich I, wenn die erforderliche Last L niedrig ist, der Öffnungsgrad der Drosselklappe **16** ungefähr vom völlig geschlossenen Zustand auf den halboffenen Zustand, wenn die erforderliche Last zunimmt, und der Öffnungsgrad des AGR-Steuerventils **23** erweitert sich allmählich ungefähr vom völlig geschlossenen Zustand in den ganz geschlossenen Zustand, wenn die erforderliche Last L zunimmt. In dem in [Fig. 13](#) dargestellten Beispiel ist im ersten Betriebsbereich I die AGR-Rate etwa gleich 70 %, und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases weist einen Wert auf, der etwas auf der mageren Seite liegt.

**[0096]** Anders ausgedrückt, im ersten Betriebsbereich werden die Öffnungsgrade der Drosselklappe **16** und des AGR-Steuerventils **23** so gesteuert, dass die AGR-Rate etwa 70 % erreicht, und dass das Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert erreicht, der etwas auf der mageren Seite liegt. In diesem Moment wird das Luft/Kraftstoff-Verhältnis auf ein angestrebtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit einem Wert auf der mageren Seite gesteuert, indem der Öffnungsgrad des AGR-Steuerventils **23** aufgrund des Ausgangssignals vom Luft/Kraftstoff-Verhältnissensor **21** korrigiert wird. Im ersten Betriebsbereich I wird die Kraftstoffeinspritzung durchgeführt, bevor ein oberer Kompressionstotpunkt TDC erreicht wird. In diesem Fall wird der Zeitpunkt  $\theta_S$  des Einspritzbeginns spätverstellt, wenn die erforderliche Last L steigt. Der Zeitpunkt des Einspritzendes  $\theta_E$  wird ebenfalls spätverstellt, wenn der Zeitpunkt  $\theta_S$  für den Einspritzbeginn spätverstellt wird.

**[0097]** Während des Leerlaufs wird die Drosselklappe **16** ungefähr auf den völlig geöffneten Zustand gesteuert, und das AGR-Steuerventil **23** wird ebenfalls ungefähr auf den völlig geschlossenen Zustand gesteuert. Wenn die Drosselklappe **16** etwa auf den völlig geschlossenen Zustand gesteuert wird, sinkt der Druck der Brennkammer **5** zu Beginn der Kompression, und daher sinkt der Kompressionsdruck. Wenn der Kompressionsdruck sinkt, nimmt die Kompressionsarbeit ab, die vom Kolben **4** verrichtet wird, und daher nimmt die Schwingung des Motorkörpers **1** ab. Das heißt, während des Leerlaufs wird die Drosselklappe **16** ungefähr auf den völlig geschlossenen Zustand gesteuert, um die Schwingung des Motorkör-

pers **1** zu dämpfen.

**[0098]** Wenn der Betriebsbereich des Motors dagegen vom ersten Betriebsbereich I in den zweiten Betriebsbereich II gesteuert wird, wird der Öffnungsgrad der Drosselklappe **16** schrittweise vom halbgeöffneten Zustand in den völlig geöffneten Zustand erweitert. Währenddessen wird in dem in [Fig. 13](#) dargestellten Beispiel die AGR-Rate schrittweise ungefähr von 70 % auf 40 % oder weniger gesenkt, und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis wird schrittweise erhöht. Das heißt da die AGR-Rate einen AGR-Ratenbereich ([Fig. 9](#)) übersteigt, bei dem eine große Menge an Rauch erzeugt wird, bewirkt eine Verschiebung des Betriebsbereichs des Motors vom ersten Betriebsbereich I in den zweiten Betriebsbereich II nicht die Erzeugung einer großen Mengen an Rauch.

**[0099]** Im zweiten Betriebsbereich II wird eine herkömmliche Verbrennung durchgeführt. Die herkömmliche Verbrennung bewirkt die Erzeugung einer geringen Menge an Ruß und NOx, ist aber hinsichtlich der Wärmewirkung höher als die Niedertemperaturverbrennung. Wenn der Betrieb des Motors vom ersten Betriebsbereich I in den zweiten Betriebsbereich II verschoben wird, wird somit die Einspritzmenge schrittweise reduziert wie in [Fig. 13](#) dargestellt.

**[0100]** Im zweiten Betriebsbereich II wird die Drosselklappe **16** meistens im völlig geöffneten Zustand gehalten, und der Öffnungsgrad des AGR-Steuerventils **23** wird allmählich verringert, wenn die erforderliche Last L zunimmt. Im Betriebsbereich II nimmt die AGR-Rate ab, wenn die erforderliche Last L steigt, und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis nimmt ab, wenn die erforderliche Last L zunimmt. Das Luft/Kraftstoff-Verhältnis behält jedoch einen Wert auf der mageren Seite, auch wenn die erforderliche Last gestiegen ist. Im zweiten Betriebsbereich II liegt der Zeitpunkt des Einspritzbeginns  $\theta_S$  in der Nähe des oberen Kompressionstotpunkts TDC.

**[0101]** [Fig. 14](#) zeigt die Luft/Kraftstoff-Verhältnisse A/F im ersten Betriebsbereich I. In [Fig. 14](#) zeigen Kurven, die mit  $A/F = 15,5$ ,  $A/F = 16$ ,  $A/F = 17$  und  $A/F = 18$  bezeichnet sind, dass das Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert von 15,5, 16, 17 bzw. 18 aufweist, und die Luft/Kraftstoff-Verhältnisse zwischen den Kurven sind durch proportionale Verteilung bestimmt. Wie in [Fig. 14](#) dargestellt, weist das Luft/Kraftstoff-Verhältnis im ersten Betriebsbereich I einen Wert auf der mageren Seite auf, und das Luft/Kraftstoffverhältnisses A/F wird magerer, wenn die erforderliche Last 1 im ersten Betriebsbereich I abnimmt.

**[0102]** Das heißt, der Wärmeabgabewert, der aus der Verbrennung resultiert, nimmt ab, wenn die erforderliche Last L abnimmt. Wenn die erforderliche Last L abnimmt, steigt die Möglichkeit der Durchführung einer Niedertemperaturverbrennung, auch wenn die

AGR-Rate gesenkt wurde. Das Luft/Kraftstoff-Verhältnis steigt, wenn die AGR-Rate sinkt. Somit steigt, wie in [Fig. 14](#) dargestellt, der Wert des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses  $A/F$ , wenn die erforderliche Last  $L$  sinkt. Die Kraftstoff-Verbrauchsrate wird verbessert, wenn der Wert des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses  $A/F$  steigt. Somit steigt in dieser Ausführungsform der Wert des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses  $A/F$ , wenn die erforderliche Last  $L$  sinkt, damit das Luft/Kraftstoff-Verhältnis so mager wie möglich wird.

**[0103]** Die Soll-Öffnungsgrade  $ST$  der Drosselklappe **16**, die erforderlich sind, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis den in [Fig. 14](#) dargestellten Luft/Kraftstoffverhältnissen anzugleichen, sind vorab im ROM in Form eines Kennfelds als Funktion der erforderlichen Last  $L$  und der Motordrehzahl  $N$  hinterlegt, wie in [Fig. 15A](#) dargestellt. Die Soll-Öffnungsgrade  $SE$  des AGR-Steuerventils **23**, die erforderlich sind, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis den in [Fig. 14](#) dargestellten Soll-Luft/Kraftstoff-Verhältnissen anzugleichen, werden im Voraus im ROM in Form eines Kennfelds als Funktion der erforderlichen Last  $L$  und der Motordrehzahl  $N$  hinterlegt, wie in [Fig. 15B](#) dargestellt.

**[0104]** [Fig. 16](#) zeigt die Soll-Luft/Kraftstoff-Verhältnisse während der zweiten Verbrennung, d.h. der herkömmlichen Verbrennung. In [Fig. 16](#) zeigen Kurven, die mit  $A/F = 24$ ,  $A/F = 35$ ,  $A/F = 45$  und  $A/F = 60$  markiert sind, an, dass die Luft/Kraftstoff-Verhältnismerte bei 24, 35, 45 bzw. 60 liegen. Die Soll-Öffnungsgrade  $ST$  der Drosselklappe **16**, die erforderlich sind, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis den Soll-Luft/Kraftstoff-Verhältnissen anzugleichen, werden vorab im ROM in Form eines Kennfelds als Funktion der erforderlichen Last  $L$  und der Motordrehzahl  $N$  hinterlegt, wie in [Fig. 17A](#) dargestellt. Die Soll-Öffnungsgrade  $SE$  des AGR-Steuerventils **23**, die erforderlich sind, um das Luft/Kraftstoff-Verhältnis den Soll-Luft/Kraftstoff-Verhältnissen anzugleichen, werden vorab im ROM in Form eines Kennfelds als Funktion der erforderlichen Last  $L$  und der Motordrehzahl  $N$  hinterlegt, wie in [Fig. 17B](#) dargestellt.

**[0105]** Somit wird der Betrieb des Dieselmotors gemäß dieser Ausführungsform zwischen der ersten Verbrennung, d.h. der Niedertemperaturverbrennung, und der zweiten Verbrennung, d.h. der herkömmlichen Verbrennung, aufgrund des Verstellwegs  $L$  des Gaspedals **40** und der Motordrehzahl  $N$  umgeschaltet. Sowohl während der ersten Verbrennung als auch während der zweiten Verbrennung werden die Öffnungsgrade der Drosselklappe **16** und des AGR-Ventils aufgrund des Verstellwegs des Gaspedals **40** und der Motordrehzahl  $N$  mit Bezug auf das in [Fig. 15](#) oder [Fig. 17](#) dargestellte Kennfeld gesteuert.

**[0106]** [Fig. 18](#) ist eine Draufsicht auf eine Abgasrei-

niger. [Fig. 19](#) ist eine Seitenansicht des Abgasreinigers. Der Abgasreiniger weist einen Wechselabschnitt **71** auf, der über ein Abgasrohr **18**, ein Partikelfilter **70**, einen ersten Verbindungsabschnitt **72a** zum Verbinden einer Seite des Partikelfilters **70** mit dem Wechselabschnitt **71**, einen zweiten Verbindungsabschnitt **72b** zum Verbinden der anderen Seite des Partikelfilters **70** mit dem Wechselabschnitt **71** und eine Abgasleitung **73** stromabwärts vom Wechselabschnitt **71** mit der Stromabwärtsseite des Abgaskrümmers **17** verbunden ist. Der Wechselabschnitt **71** weist einen Ventilkörper **71a** auf, der den Abgasstrom im Wechselabschnitt **71** blockieren kann. Der Ventilkörper **71a** wird von einem Unterdruck-Stellglied, einem Schrittmotor oder dergleichen angetrieben. Wenn der Ventilkörper **71a** seine erste Blockierposition annimmt, ist die Stromaufwärtsseite des Wechselabschnitts **71** mit dem ersten Verbindungsabschnitt **72a** verbunden und die Stromabwärtsseite des Wechselabschnitts **71** ist mit dem zweiten Verbindungsabschnitt **72b** verbunden. In diesem Zustand strömt Abgas von einer Seite zur anderen Seite des Partikelfilters **70**, wie von Pfeilen in [Fig. 18](#) angezeigt.

**[0107]** [Fig. 20](#) zeigt eine zweite Blockierposition des Ventilkörpers **71a**. Wenn die Stromaufwärtsseite des Wechselabschnitts **71** mit dem zweiten Verbindungsabschnitt **72b** in Verbindung steht und die Stromabwärtsseite des Wechselabschnitts **71** mit dem ersten Verbindungsabschnitt **72a** in Verbindung steht. In diesem Zustand strömt Abgas von der anderen Seite zu der einen Seite des Partikelfilters **70**, wie von Pfeilen in [Fig. 20](#) angezeigt. Durch Schalten des Ventilkörpers **71a** aus der ersten oder der zweiten Blockposition in die jeweils andere, wird es möglich, die Richtung des Abgases, das in das Partikelfilter **70** strömt, umzukehren, d.h. die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters **70** umzukehren.

**[0108]** Auf diese Weise ermöglicht es der Abgasreiniger gemäß der Erfindung, die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters mit einer ziemlich einfachen Konstruktion umzukehren. Das Partikelfilters erfordert eine große Öffnungsfläche, um sicherzustellen, dass das Abgas leicht hinein strömen kann. Im Abgasreiniger gemäß der Erfindung ist es möglich, einen Partikelfilter mit einer großen Öffnungsfläche, wie in [Fig. 18](#), [Fig. 19](#) dargestellt, zu verwenden, ohne die Möglichkeiten zum Einbau in dem Fahrzeug zu beeinträchtigen.

**[0109]** Dagegen wird im Abgasreiniger gemäß der Erfindung Abgas in die Atmosphäre abgegeben, ohne das Partikelfilter zu passieren, während der Ventilkörper **71a** aus der ersten Blockierstellung oder der zweiten Blockierstellung in die jeweils andere gedreht wird, um die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters umzukehren, wie in

[Fig. 21](#) dargestellt.

[0110] Die [Fig. 22A](#), [Fig. 22B](#) zeigen den Aufbau des Partikelfilters 70. [Fig. 22A](#) ist eine Vorderansicht des Partikelfilters 70, und [Fig. 22B](#) ist eine seitliche Schnittansicht des Partikelfilters 70. Wie in den [Fig. 22A](#), [Fig. 22B](#) dargestellt, weist das Partikelfilter 70 eine elliptische Vorderseite auf, ist als Wandströmungstyp mit Wabenstruktur konstruiert, die aus porösem Material, wie Cordierit aufgebaut ist, und weist eine Mehrzahl von axialen Räumen auf, die von einer Vielzahl von Trennwänden 54 geteilt werden, die in axialer Richtung verlaufen. Einer von zwei benachbarten axialen Räumen ist auf der Stromabwärtsseite mit einem Stopfen 52 verschlossen, und der andere ist auf der Stromaufwärtsseite mit einem Stopfen 53 verschlossen. So dient einer der beiden axialen Räume als Zustromleitung 50 und der andere dient als Abstromleitung 51. Wie von den Pfeilen in [Fig. 22B](#) dargestellt, strömt Abgas notwendig durch die Trennwände 54. Die Partikel, die im Abgas enthalten sind, sind viel kleiner als die Poren in den Trennwänden 54. Diese Partikel treffen auf die stromaufwärtsseitigen Flächen der Trennwände 54 und die Flächen der Poren in den Trennwänden 54 und werden dann eingefangen. Die Trennwände 54 dienen als Sammelwände zum Einfangen der Partikel. Um die aufgefangenen Partikel durch Oxidation zu beseitigen, wird für das Partikelfilter 70 ein Material wie Aluminiumoxid auf den Vorder- und Rückseiten der Trennwände 54 und vorzugsweise auf den Flächen der Poren in den Trennwänden 54 verwendet, und es trägt ein aktives Sauerstoff abgebendes Mittel und einen Edelmetallkatalysator, der nachstehend beschrieben wird.

[0111] Das aktive Sauerstoff abgebende Mittel fördert die Oxidation von Partikeln durch Freisetzen von aktivem Sauerstoff. Das aktive Sauerstoff abgebende Mittel absorbiert vorzugsweise Sauerstoff und hält ihn zurück, wenn ein Sauerstoffüberschuss vorhanden ist, und gibt den zurückgehaltenen Sauerstoff in Form von aktivem Sauerstoff ab, wenn die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung abnimmt.

[0112] In der Regel wird Platin Pt als Edelmetallkatalysator verwendet. Mindestens ein Material, das ausgewählt ist aus Alkalimetallen, wie Kalium K, Natrium Na, Lithium Li, Cäsium Cs und Rubidium Rb, Erdalkalimetallen, wie Barium Ba, Calcium Ca und Strontium Sr, Seltenerdelementen, wie Lanthan La und Yttrium Y, und Übergangsmetallen wird als aktives Sauerstoff abgebendes Mittel verwendet.

[0113] In diesem Fall ist es bevorzugt, Alkalimetalle oder Erdalkalimetalle, die eine höhere Ionisierungstendenz aufweisen als Calcium Ca, d.h. Kalium K, Lithium Li, Cäsium Cs, Rubidium Rb, Barium Ba und Strontium Sr, als aktives Sauerstoff abgebendes Mittel zu verwenden.

[0114] Nun wird aufgrund eines Beispiels von Platin Pt und Kalium K beschrieben, wie die aufgefangenen Partikel durch ein Partikelfilter beseitigt werden, das ein solches aktives Sauerstoff abgebendes Mittel trägt. Eine ähnliche Partikel beseitigende Wirkung wird erreicht, wenn andere Edelmetalle, Alkalimetalle, Erdalkalimetalle, Seltenerdelemente und Übergangsmetalle verwendet werden.

[0115] Da in einem Dieselmotor eine Verbrennung in der Regel mit einem Luftüberschuss durchgeführt wird, enthält das Abgas einen großen Luftüberschuss. Das heißt, wenn das Verhältnis von Luft zu Kraftstoff, die in eine Ansaugleitung und eine Brennkammer geliefert werden, als Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases bezeichnet werden, ist das Luft/Kraftstoff-Verhältnis mager. Da NO in der Brennkammer erzeugt wird, enthält das Abgas NO. Kraftstoff enthält Schwefel S, der mit Sauerstoff in der Brennkammer reagiert und zu SO<sub>2</sub> wird. Daher enthält das Abgas SO<sub>2</sub>. Somit strömt Abgas, das überschüssigen Sauerstoff, NO und SO<sub>2</sub> enthält, in die Stromaufwärtsseite des Partikelfilters 70.

[0116] Die [Fig. 23A](#), [Fig. 23B](#) zeigen schematisch vergrößert eine Abgaskontaktfläche des Partikelfilters 70. Ein aktives Sauerstoff abgebendes Mittel 61 schließt Kalium K ein.

[0117] Abgas enthält einen großen Sauerstoffüberschuss, wie oben beschrieben. Wenn Abgas mit der Abgaskontaktfläche im Partikelfilter in Kontakt kommt, haften Sauerstoffteilchen O<sub>2</sub> an der Oberfläche des Platins Pt(60) in Form von O<sub>2</sub><sup>-</sup> oder O<sup>2-</sup>, wie in [Fig. 23A](#) dargestellt. Andererseits reagiert das NO im Abgas mit O<sub>2</sub><sup>-</sup> oder O<sup>2-</sup> an der Oberfläche des Platins Pt(60) und wird 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 aktive Sauerstoff abgebende Mittel 61 absorbiert, während es auf dem Platin Pt(60) oxidiert wird. Gekoppelt mit Kalium K, diffundiert NO<sub>2</sub> in Form von Nitration NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in das aktive Sauerstoff abgebende Mittel 61, wie in [Fig. 23A](#) dargestellt und erzeugt Kaliumnitrat KNO<sub>3</sub>. Somit absorbiert in dieser Ausführungsform das Partikelfilter 70 das schädliche NO<sub>x</sub>, das im Abgas enthalten ist und ermöglicht es somit, die NO<sub>x</sub>-Menge, die in die Atmosphäre abgegeben wird, erheblich zu reduzieren.

[0118] Wie oben beschrieben, enthält das Abgas andererseits auch SO<sub>2</sub>, das anhand eines Mechanismus, der dem von NO ähnlich ist, ebenfalls in das aktive Sauerstoff abgebende Mittel 61 absorbiert wird. Das heißt, wie oben beschrieben, haften Sauerstoffelemente O<sub>2</sub> an der Oberfläche des Platins Pt(60) in Form von O<sub>2</sub><sup>-</sup> oder O<sup>2-</sup>, und das SO<sub>2</sub> im Abgas reagiert mit O<sub>2</sub><sup>-</sup> oder O<sup>2-</sup> an der Oberfläche des Platins Pt(60) und wird zu SO<sub>3</sub>.

[0119] Ein Teil des erzeugten SO<sub>3</sub> wird in das akti-

ven Sauerstoff abgebende Mittel **61** absorbiert, während es weiter auf Platin Pt(**60**) oxidiert wird. Gekoppelt an Kalium K, diffundiert  $\text{SO}_3$  in Form von Sulfation  $\text{SO}_4^{2-}$  in das aktive Sauerstoff abgebende Mittel **61** und erzeugt Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Auf diese Weise werden Kaliumnitrat  $\text{KNO}_3$  und Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$  erzeugt.

**[0120]** Wie vom Bezugszeichen **62** in [Fig. 23B](#) angezeigt, haftet ein Partikel im Abgas an der Oberfläche des aktiven Sauerstoff abgebenden Mittels **61**, das auf dem Partikelfilter getragen wird. In diesem Moment nimmt die Sauerstoffkonzentration an der Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** ab. Wenn die Sauerstoffkonzentration abnimmt, wird ein Unterschied in der Konzentration zwischen dem Partikel **62** und dem Inneren des aktiven Sauerstoff abgebenden Mittels **61**, das eine hohe Sauerstoffkonzentration aufweist, erzeugt. Der Sauerstoff im aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** wird daher zur Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** getrieben. Infolgedessen wird Kaliumnitrat  $\text{KNO}_3$ , das im aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** gebildet wird, zu Kalium K, Sauerstoff O und NO abgebaut. Der Sauerstoff O wandert zur Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61**, und NO wird vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** an die Außenseite abgegeben. Das an die Außenseite abgegebene NO wird am stromabwärtsseitigen Platin Pt(**60**) oxidiert und wieder in das aktive Sauerstoff abgebende Mittel **61** absorbiert.

**[0121]** Andererseits wird das Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$ , das im aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** gebildet wird, ebenfalls zu Kalium K, Sauerstoff O und  $\text{SO}_2$  abgebaut. Der Sauerstoff O wandert zur Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61**, und  $\text{SO}_2$  wird vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** nach außen abgegeben. Das nach außen abgegebene  $\text{SO}_2$  wird am stromabwärtsseitigen Platin Pt(**60**) oxidiert und wieder in dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** absorbiert. Da Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$  stabilisiert ist, gibt es weniger wahrscheinlich aktiven Sauerstoff als Kaliumnitrat  $\text{KNO}_3$ .

**[0122]** Andererseits wird der Sauerstoff O, der zur Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **62** wandert, aus Verbindungen wie Kaliumnitrat  $\text{KNO}_3$  und Kaliumsulfat  $\text{K}_2\text{SO}_4$  abgebaut. Der Sauerstoff O, der aus einer Verbindung abgebaut wird, ist hochenergetisch und zeigt einen extrem hohem Aktivitätsgrad. Somit handelt es sich bei dem Sauerstoff, der zur Kontaktfläche zwischen dem Partikel **62** und dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** wandert, um aktiven Sauerstoff O. Falls die aktiven Sauerstoffelemente O mit dem Partikel **62** in Kontakt kommt, wird das Partikel

**62** oxidiert, ohne eine leuchtende Flamme zu erzeugen. Die Zeit, die erforderlich ist, damit die Partikel durch Oxidation auf dem Partikelfilter wandern, liegt im Bereich von einigen Minuten bis einem Dutzend Minuten.

**[0123]** Es wird angenommen, dass NOx in Form von Nitration  $\text{NO}_3^-$  in das aktive Sauerstoff abgebende Mittel diffundiert, während es sich wiederholt mit Sauerstoffatomen verbindet und wieder von diesen trennt. Während dieser Zeit wird ebenfalls aktiver Sauerstoff erzeugt. Die Partikel **62** werden auch von diesem aktiven Sauerstoff oxidiert. Ferner werden die Partikel **62**, die solchermaßen auf dem Partikelfilter haften, durch aktiven Sauerstoff O, aber auch vom Sauerstoff im Abgas oxidiert.

**[0124]** Platin Pt(**60**) und das aktive Sauerstoff abgebende Mittel **61** werden aktiviert, wenn die Temperatur des Partikelfilters steigt. Die Menge an aktivem Sauerstoff O, der vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** pro Zeiteinheit abgegeben wird, nimmt zu, wenn die Temperatur des Partikelfilters steigt. Selbstverständlich werden Partikel leichter durch Oxidation beseitigt, wenn die Temperatur der Partikel selbst steigt. Somit steigt die Menge an Partikeln, die durch Oxidation auf dem Partikelfilter pro Zeiteinheit ohne die Erzeugung von leuchtenden Flammen beseitigt werden können, wenn die Temperatur des Partikelfilters steigt.

**[0125]** [Fig. 24](#) zeigt mit einer durchgezogenen Linie die Partikelmengen G, die pro Zeiteinheit durch Oxidation beseitigt werden können, ohne eine leuchtende Flamme zu erzeugen. In [Fig. 24](#) zeigt die Achse der Abszisse die Temperaturen TF eines Partikelfilters. Obwohl [Fig. 24](#) die Partikelmenge G, die durch Oxidation beseitigt werden kann, für den Fall zeigt, dass die Zeiteinheit eine Sekunde ist, d.h. pro eine Sekunde, kann die Zeiteinheit eine beliebige Zeitdauer sein, wie eine Minute, zehn Minuten, die Partikelmenge G, die pro Zeiteinheit durch Oxidation entfernt werden kann, stellt die Partikelmenge G dar, die pro zehn Minuten durch Oxidation entfernt werden kann. In diesem Fall wird die Partikelmenge G, die pro Zeiteinheit auf dem Partikelfilter ohne leuchtende Flamme entfernt werden kann, ebenfalls erhöht, wenn die Temperatur des Partikelfilters steigt, wie in [Fig. 24](#) dargestellt.

**[0126]** Die Menge an Partikeln, die pro Zeiteinheit aus einer Brennkammer abgegeben werden, wird als Partikelabgabemenge M bezeichnet. Wenn die Partikelabgabemenge M kleiner ist als die Menge G der Partikel, die durch Oxidation entfernt werden können, wie in dem in [Fig. 24](#) gezeigten Bereich I, werden die meisten Partikel, die aus der Brennkammer abgegeben werden, innerhalb kurzer Zeit durch Oxidation im Partikelfilter beseitigt, ohne leuchtende Flammen zu erzeugen, sobald sie vom Partikelfilter aufgefangen

wurden. Die Zeit, die erforderlich ist, damit die Partikel durch Oxidation auf dem Partikelfilter beseitigt werden können, liegt im Bereich von einigen Minuten bis zu einem Dutzend Minuten.

**[0127]** Wenn dagegen die Menge  $M$  der abgegebenen Partikel größer ist als die Menge  $G$  der Partikel, die durch Oxidation entfernt werden können, wie im in Fig. dargestellten Bereich II, reicht die Menge an aktivem Sauerstoff nicht aus, um alle Partikel zu beseitigen. Die [Fig. 25A](#) bis [Fig. 25C](#) zeigen, wie die Partikel in diesem Fall oxidiert werden. Das heißt, in dem Fall, dass die Menge an aktivem Sauerstoff nicht ausreicht, um alle Partikel zu oxidieren, wird nur ein Teil der Partikel **62** oxidiert, wenn die Partikel **62** am aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel haften, wie in [Fig. 25A](#) dargestellt, und der Teil der Partikel **62**, der nicht ausreichend oxidiert worden ist, bleibt an der stromaufwärtsseitigen Oberfläche des Partikelfilters zurück. Falls die Menge an aktivem Sauerstoff weiterhin nicht ausreichend ist, bleibt der Teil der Partikel, der nicht oxidiert worden ist, allmählich an der stromaufwärtsseitigen Oberfläche des Partikelfilters zurück. Infolgedessen wird, wie in [Fig. 25B](#) dargestellt, die stromaufwärtsseitige Oberfläche des Partikels mit dem zurückgebliebenen Partikelanteil **63** bedeckt.

**[0128]** Der zurückgebliebene Partikelanteil **63** wird allmählich in ein Kohlenstoffmaterial umgewandelt, das kaum oxidiert werden kann. Falls die stromaufwärtsseitige Oberfläche des Partikelfilters mit dem zurückgebliebenen Partikelanteil **63** bedeckt ist, werden die Oxidationswirkung des Platins Pt(**60**) auf NO und SO<sub>2</sub> und die Abgabewirkung des aktiven Sauerstoff abgebenden Mittels **61** auf aktiven Sauerstoff geschwächt. Der zurückgebliebene Partikelanteil **63** kann allmählich über einen längeren Zeitraum oxidiert werden. Falls ein Partikel **64** nach dem anderen sich übereinander auf dem zurückgebliebenen Partikelanteil **63** anlagert, d.h. wenn die Partikel sich übereinander und in Schichten anlagern, werden die Partikel nicht durch aktiven Sauerstoff oxidiert. Selbst wenn die Partikel oxidiert werden könnten, werden sie nicht durch aktiven Sauerstoff oxidiert, da sie vom Platin Pt(**60**) und dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel entfernt sind. Somit wird ein Partikel nach dem anderen übereinander auf dem Partikelfilter **64** abgeschieden. Das heißt, wenn die Partikelabgabemenge  $M$  größer bleibt als die Partikelmenge  $G$ , die durch Oxidation entfernt werden kann, werden Partikel übereinander und in Schichten auf dem Partikelfilter abgeschieden.

**[0129]** Auf diese Weise werden in dem in [Fig. 24](#) dargestellten Bereich I Partikel innerhalb kurzer Zeit auf dem Partikelfilter oxidiert, ohne leuchtende Flammen zu erzeugen, und in dem in [Fig. 24](#) dargestellten Bereich II werden Partikel übereinander und in Schichten abgeschieden. Wenn die Beziehung zwi-

schen der Partikelabgabemenge  $M$  und der Partikelmenge  $G$ , die durch Oxidation entfernt werden kann, im Bereich I angesetzt wird, wird es daher möglich, zu verhindern, dass Partikel sich übereinander auf dem Partikelfilter abscheiden. Falls die Partikelabgabemenge  $M$  somit kleiner gehalten wird als die Partikelmenge  $G$ , die durch Oxidation entfernt werden kann, werden die Partikel nicht in Schichten auf dem Partikelfilter abgeschieden. Infolgedessen ändert sich der Druckverlust des Abgases, das im Partikelfilter strömt, kaum und wird auf einem im Wesentlichen konstanten minimalen Druckverlustwert gehalten. Somit kann die Abnahme der Motorleistung bei ihrem minimalen Wert gehalten werden. Dies ist jedoch nicht immer sichergestellt, und es kann passieren, dass Partikel übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden werden, wenn keine Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

**[0130]** In dieser Ausführungsform führt die elektronische Steuereinheit **30** eine Wechselsteuerung des Ventilkörpers **71a** gemäß einem ersten in [Fig. 26](#) dargestellten Ablaufschema durch und verhindert, dass Partikel sich übereinander auf dem Partikelfilter anlagern. Dieses Ablaufschema wird in Intervallen mit einem vorbestimmten Zeitraum durchgeführt. Zunächst wird in Schritt **101** entschieden, ob die kumulierte Zeit  $t$  eine voreingestellte Zeit  $t_s$  erreicht oder übertrifft. Die kumulierte Zeit  $t$  stellt die Zeit dar, die nach Schalten des Ventilkörpers **71a** vergangen ist. Falls das Ergebnis der Entscheidung in Schritt **101** NEIN ist, wird die kumulierte Zeit  $t$  in Schritt **105** addiert, und die Routine wird beendet. Falls das Ergebnis der Entscheidung in Schritt **101** JA ist, geht der Ablauf zu Schritt S102 über. In Schritt **102** wird von einem Endschalter oder dergleichen entschieden, ob das Gaspedal, an dem er angebracht ist, gelöst wurde oder nicht, während das Fahrzeug fährt. Wenn das Ergebnis der Entscheidung in Schritt **102** NEIN ist, wird die Kumulationszeit  $t$  in Schritt **105** kumuliert und die Routine wird beendet.

**[0131]** Falls das Ergebnis der Entscheidung in Schritt **102** JA ist, wird der Ventilkörper **71a** in Schritt **103** geschaltet. Anders ausgedrückt, die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters werden umgekehrt. Dann wird die kumulierte Zeit  $t$  in Schritt **104** auf 0 zurückgesetzt. Die kumulierte Zeit  $t$  wird in Schritt **105** erneut addiert und die Routine wird beendet.

**[0132]** [Fig. 27](#) ist eine vergrößerte Querschnittsansicht der Trennwand **54** des Partikelfilters. Während das Fahrzeug fährt, kann eine Operation in dem in [Fig. 24](#) dargestellten Bereich II durchgeführt werden. Wie von den schraffierten Linien in [Fig. 27A](#) dargestellt, dienen die stromaufwärtigen Oberflächen und die auf den Gasstrom gerichteten Oberflächen der Trennwand **54**, die in erster Linie von dem Abgas getroffen werden, von Partikeln getroffen werden, als

Sammelfläche zum Auffangen von Partikeln und beseitigen diese durch Oxidation unter Verwendung eines aktiven Sauerstoff abgebenden Mittels. Die Beseitigung der Partikel durch Oxidation ist häufig so unzureichend, dass einige Partikel als Rückstände vorhanden sein können. Zu dieser Zeit beeinflusst der Abgaswiderstand des Partikelfilters das Fahrverhalten des Fahrzeugs nicht negativ. Es kommt jedoch zu einem Problem, wie einer erheblichen Abnahme der Motorleistung, wenn mehr Partikel sich übereinander anlagern. Falls die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters umgekehrt werden, wenn eine solche Menge an Partikeln zurückbleibt, werden keine Partikel mehr über den Partikeln abgeschieden, die auf der Sammelfläche der Trennwand zurückbleiben. Die zurückgebliebenen Partikel werden allmählich durch Oxidation durch den vom einer Sammelfläche abgegebenen aktiven Sauerstoff beseitigt. Wie in [Fig. 27B](#) dargestellt, werden besonders Partikel, die in den Poren der Trennwände **54** zurückbleiben, durch den Abgasstrom in umgekehrter Richtung leicht zerstört und zerbrochen und bewegen sich zur Stromabwärtsseite hin.

**[0133]** Dadurch diffundieren viele der zerbrochenen Partikel in die Poren in den Trennwänden, kommen in direkten Kontakt mit dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel, das auf den Oberflächen der Poren in den Trennwänden getragen wird, und können so leicht durch Oxidation beseitigt werden. Falls das aktive Sauerstoff abgebende Mittel ebenfalls in den Poren in den Trennwänden getragen wird, wird es somit viel leichter, die zurückgebliebenen Partikel durch Oxidation zu beseitigen. Zusätzlich zur Beseitigung der Partikel durch Oxidation haften mehr Partikel im Abgas an der andern Sammelfläche der Trennwand **54**, die aufgrund des Rückstroms des Abgases zur Stromaufwärtsseite gemacht wurde, d.h. an der Stromaufwärtsseite und den dem Gasstrom zugewandten Seiten der Trennwand **54**, die zu diesem Zeitpunkt hauptsächlich vom Abgas getroffen wird (an der anderen Seite einer Sammelfläche) und werden durch Oxidation durch den aktiven Sauerstoff, der vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel abgegeben wird, beseitigt. Ein Teil des aktiven Sauerstoffs, der während der oxidativen Beseitigung vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel abgegeben wird, wandert zusammen mit dem Abgas zur Stromabwärtsseite und beseitigt durch Oxidation die Partikel, die auch nach dem Rückströmen des Abgases noch zurückgeblieben sind.

**[0134]** Das heißt, die auf einer Sammelfläche der Trennwand zurückgebliebenen Partikel werden nicht nur von dem aktiven Sauerstoff erreicht, der von der Sammelfläche abgegeben wird, sondern aufgrund des zurückströmenden Abgases auch vom übrigen aktiven Sauerstoff, der verwendet wurde, um zusammen mit dem Abgas die Partikel an der anderen Wandfläche der Sammelwand oxidativ zu beseitigen.

Selbst wenn einige Partikel sich übereinander und in Schichten auf einer Sammelfläche der Trennwand anlagern, wird, wenn der Ventilkörper geschaltet wird, somit durch das Rückströmen des Abgases sichergestellt, dass aktiver Sauerstoff auch die Partikel erreicht, die über den zurückgebliebenen Partikeln abgeschieden wurden, und dass nicht noch mehr Partikel darüber abgeschieden werden. Somit werden die übereinander abgeschiedenen Partikel allmählich durch Oxidation entfernt. Eine ausreichende Menge von ihnen kann durch Oxidation entfernt werden, wenn eine bestimmte Zeitspanne verbleibt, bis der Abgasstrom das nächste Mal umgekehrt wird.

**[0135]** Im ersten Ablaufschema wird der Ventilkörper jedesmal geschaltet, wenn das Gaspedal losgelassen wird, während das Fahrzeug fährt. So wird beispielsweise auch dann, wenn das Fahrzeug für längere Zeit einen Hang hinauffährt, das Gaspedal häufig in der Absicht losgelassen, das Fahrzeug zu verlangsamen. Anders ausgedrückt, der Ventilkörper wird nicht für längere Zeit in Ruhe gelassen. Selbst wenn der Betrieb häufig im Bereich II durchgeführt wird, wie in [Fig. 24](#) dargestellt, besteht daher keine Gefahr, dass eine große Menge von Partikeln, die übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden wurden, über längere Zeit in Ruhe gelassen werden und zu einem Kohlenstoffmaterial umgewandelt werden, das kaum oxidiert werden kann. Wie oben beschrieben, können die zurückgebliebenen Partikel und die übereinander abgeschiedenen Partikel zuverlässig durch Oxidation entfernt werden, indem einfach der Abgasstrom umgekehrt wird. Da eine große Menge an übereinander abgeschiedenen Partikeln auf einmal verbrannt wird, besteht keine Gefahr mehr, dass ein Problem entsteht wie eine Auflösung des Partikelfilters aufgrund der Erzeugung eines großen Maßes an Verbrennungswärme.

**[0136]** Somit ist das Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters hoch effizient, um die zurückgebliebenen Partikel und die übereinander abgeschiedenen Partikel durch Oxidation zu beseitigen. Gemäß der Struktur des Wechselabschnitts **71** dieser Ausführungsform umgeht jedoch, wie oben beschrieben, ein Teil des Abgases das Partikelfilter **70**, während der Ventilkörper **71** von der ersten oder von der zweiten Sperrposition in die jeweils andere geschaltet wird. Falls die Menge an Partikeln, die aus der Brennkammer des Motors abgegeben werden, in diesem Moment größer ist als die eingestellte Abgabemenge, ist eine relativ große Menge an Partikeln im Abgas enthalten. Diese Partikel werden in die Atmosphäre abgegeben. Im ersten Ablaufschema wird der Ventilkörper jedoch geschaltet, wenn das Gaspedal losgelassen wird, und in diesem Moment wird die Kraftstoffzufuhr mit der Absicht unterbrochen, das Fahrzeug zu verlangsamen, oder es wird nur eine geringe Menge an Kraftstoff eingespritzt. Daher ist die Menge an Partikeln, die aus der



Brennkammer des Motors abgegeben wird, gleich oder kleiner als die eingestellte Abgabemenge, und fast keine Partikel sind im Abgas enthalten. Im ersten Ablaufschema wird, wenn die kumulierte Zeit  $t$  seit dem letzten Loslassen des Gaspedals beim Loslassen des Gaspedals nicht die eingestellte Zeit erreicht hat, der Ventilkörper nicht geschaltet. Dies beschränkt die Erfindung nicht, sondern macht es möglich, zu verhindern, dass der Ventilkörper unnötig geschaltet wird, falls das Gaspedal häufig gelöst wird, verlängert die Standzeit des Ventilkörpers und eines Stellglieds zum Ansteuern des Ventilkörpers und verringern die Häufigkeit der Erzeugung von Geräuschen, wenn der Ventilkörper angesteuert wird. In diesem Ablaufschema wird das Loslassen des Gaspedals erfasst, um zu entscheiden, ob der Motor verlangsamt wird oder nicht. Selbstverständlich ist es jedoch möglich, zu erfassen, dass das Ausmaß der Abnahme oder die Abnahme-geschwindigkeit des Verstellwegs des Gaspedals über einen festgesetzten Wert gestiegen ist, und damit zu entscheiden, ob der Motor gerade verlangsamt wird oder nicht. Selbst wenn das Gaspedal in diesem Fall nicht gelöst wird, ist die Menge an eingespritztem Kraftstoff zu dieser Zeit ausreichend gering, und die Menge an Partikeln, die aus der Brennkammer des Motors abgegeben wird, liegt bei oder unter der festgesetzten Abgabemenge. Daher steigt die Menge der Partikel, die in die Atmosphäre abgegeben werden, während des Schaltens des Ventilkörpers nicht wesentlich, und es kommt zu keinen schweren Problemen.

**[0137]** [Fig. 28](#) zeigt ein zweites Ablaufschema, das anstelle des ersten Ablaufschemas verwendet wird. Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf den Unterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Ablaufschema. Im zweiten Ablaufschema wird, wenn eine kumulative Fahrstrecke  $D$  gleich oder größer ist eine festgesetzte Laufstrecke  $D_s$ , von einem Endschalter oder dergleichen entschieden, ob ein Bremspedal, an dem dieser befestigt ist, niedergedrückt wurde oder nicht, während das Fahrzeug fährt. Falls das Ergebnis der Entscheidung JA lautet, wird der Ventilkörper geschaltet und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters werden umgekehrt. Es besteht keine Notwendigkeit, einen neuen Endschalter bereitzustellen. Das heißt, es ist möglich, einen Schalter, der eine Bremslampe mit Strom versorgt, als Endschalter zu verwenden.

**[0138]** Im zweiten Ablaufschema wird der Ventilkörper jedesmal dann geschaltet, wenn das Bremspedal niedergedrückt wird. Daher wird der Ventilkörper nicht für längere Zeit in Ruhe gelassen. Somit können wie im ersten Ablaufschema die zurückgebliebenen Partikel und die über den zurückgebliebenen Partikeln abgeschiedenen Partikel lediglich durch den Rückstrom des Abgases durch Oxidation beseitigt werden. Im zweiten Ablaufschema wird der Ventilkörper geschaltet, wenn das Bremspedal niedergedrückt

wird. In diesem Moment wird die Kraftstoffzufuhr mit der Absicht unterbrochen, das Fahrzeug zu verlangsamem, oder es wird nur eine geringe Menge an Kraftstoff eingespritzt. Daher liegt die Menge der von der Brennkammer des Motors abgegebenen Partikel bei oder unter der eingestellten Abgabemenge, und es sind fast keine Partikel im Abgas enthalten. Selbst wenn Abgas das Partikelfilter umgangen hat, wenn der Ventilkörper geschaltet wird, werden keine Partikel in die Atmosphäre abgegeben.

**[0139]** Im zweiten Ablaufschema wird, wenn die kumulative Fahrstrecke  $D$  seit dem letzten Niederdrücken des Bremspedals beim Loslassen des Bremspedals noch nicht die festgesetzte Fahrstrecke erreicht hat, der Ventilkörper nicht geschaltet. Dies beschränkt die Erfindung nicht, sondern macht es möglich, zu verhindern, dass der Ventilkörper unnötigerweise geschaltet wird, falls das Bremspedal häufig niedergedrückt wird, verlängert die Standzeit des Ventilkörpers und eines Stellglieds zum Ansteuern des Ventilkörpers und reduziert die Häufigkeit der Geräuscherzeugung, wenn der Ventilkörper angesteuert wird. Selbstverständlich kann die kumulative Fahrstrecke im zweiten Ablaufschema durch die kumulative Zeit im ersten Ablaufschema ersetzt werden. Umgekehrt kann die kumulative Zeit im ersten Ablaufschema durch die kumulative Fahrstrecke ersetzt werden.

**[0140]** Im ersten und im zweiten Ablaufschema wird der Ventilkörper durch Lösen des Gaspedals oder durch Niederdrücken des Bremspedals geschaltet, während das Fahrzeug fährt. Jedoch kann der Ventilkörper auch dann durch Niederdrücken des Gaspedals oder durch Niederdrücken des Bremspedals geschaltet werden, wenn das Fahrzeug steht. In diesem Moment ist, da das Fahrzeug im Leerlauf ist, die Menge des eingespritzten Kraftstoffs klein und fast keine Partikel sind im Abgas enthalten. Daher werden keine Partikel an die Atmosphäre abgegeben.

**[0141]** Wenn das Fahrzeug verlangsamt wird oder im Leerlauf ist, wird keine Kraftstoffeinspritzung durchgeführt, oder die Höhe der Kraftstoffeinspritzung ist gering. Daher ist die Temperatur des Abgases beträchtlich gering. Falls das Niedertemperatur-Abgas das Partikelfilter passiert, fällt die Temperatur des Partikelfilters, und die Menge der Partikel, die durch Oxidation entfernt werden kann, nimmt ab. Somit kann im ersten und im zweiten Ablaufschema selbst dann, wenn ein Teil des Niedertemperatur-Abgases das Partikelfilter durch Schalten des Ventilkörpers umgangen hat, ein Abfallen der Temperatur des Partikelfilters effizient verhindert werden. Somit ist es bevorzugt, die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers zu reduzieren, um zu gewährleisten, dass Niedertemperatur-Abgas im großen Umfang das Partikelfilter umgeht.

**[0142]** Jedoch ist es nicht angemessen, die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers immer zu reduzieren. Vorzugsweise wird die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers gemäß einem dritten Ablaufschema, das in [Fig. 29](#) dargestellt ist, geändert. Das dritte Ablaufschema wird in Intervallen mit vorgegebener Dauer wiederholt. Zunächst wird in Schritt **301** entschieden, ob das Schalten des Ventilkörpers durch das erste oder zweite Ablaufschema gestartet wurde oder nicht. Falls das Ergebnis der Entscheidung NEIN lautet, wird die Routine sofort beendet. Falls das Schalten des Ventilkörpers jedoch geschaltet wurde, wird in Schritt **302** entschieden, ob das Gaspedal niedergedrückt wurde oder nicht. Falls das Ergebnis der Entscheidung NEIN ist, bleibt die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers niedrig, und das Schalten des Ventilkörpers wird fortgesetzt. Eine niedrige Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers bedeutet nicht nur, dass der Ventilkörper kontinuierlich mit einem geringen Maß an Verschiebung pro Zeiteinheit bewegt wird, sondern auch, dass der Ventilkörper sich mit Unterbrechungen bewegt.

**[0143]** Falls das Ergebnis der Entscheidung in Schritt **302** dagegen JA lautet, wird die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers in Schritt **303** erhöht. Das heißt, falls das Fahrzeug während des Schaltens des Ventilkörpers beschleunigt wird, wird das Ausmaß der Verschiebung des Ventilkörpers pro Zeiteinheit erhöht, so dass der Ventilkörper sich kontinuierlich bewegt und dass das Schalten des Ventilkörpers so schnell wie möglich beendet wird. Somit ist aufgrund der Beschleunigung eine große Menge an Partikeln im Abgas enthalten. Wenn das Schalten des Ventilkörpers jedoch schnell beendet wird, kann die Menge an Partikeln, die das Partikelfilter umgehen und die an die Atmosphäre abgegeben werden, reduziert werden.

**[0144]** Falls der Ventilkörper gemäß dem ersten oder dem zweiten Ablaufschema geschaltet wird, ist es kaum möglich, zu verhindern, dass eine große Menge an Partikeln auf dem Partikelfilter übereinander abgeschieden wird. Falls das Gaspedal jedoch über einen längeren Zeitraum nicht losgelassen wird oder wenn das Bremspedal aus irgendeinem Grund über einen längeren Zeitraum nicht niedergedrückt wird, könnte der Ventilkörper auch dann nicht geschaltet werden, wenn eine bestimmte Menge an Partikeln übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden wurden. Um zu verhindern, dass noch mehr Partikel darüber abgeschieden werden, wird vorzugsweise ein in [Fig. 30](#) dargestelltes viertes Ablaufschema in Kombination mit dem ersten oder zweiten Ablaufschema verwendet. Das vierte Ablaufschema wird ebenfalls in Intervallen mit einer bestimmten Zeitdauer wiederholt.

**[0145]** Zunächst erfasst in Schritt **401** ein Drucksensor, der in einem ersten Verbindungsabschnitt **72a**

angeordnet ist, einen Abgasdruck P1 auf einer Seite des Partikelfilters **70**, d.h. einen Abgasdruck im ersten Verbindungsabschnitt **72a** (siehe [Fig. 18](#)). Dann erfasst in Schritt **402** ein Drucksensor, der im zweiten Verbindungsabschnitt **72b** angeordnet ist, einen Abgasdruck P2 auf der anderen Seite des Partikelfilters, d.h. einen Abgasdruck im zweiten Verbindungsabschnitt **72b** (siehe [Fig. 18](#)).

**[0146]** In Schritt **403** wird entschieden, ob der absolute Wert des Unterschieds zwischen dem in Schritt **401** und dem im Schritt **402** erfassten Abgasdruck einen eingestellten Differenzialdruck Ps erreicht oder übertroffen hat oder nicht. Der absolute Wert des Differenzialdrucks wird hierin verwendet, um es möglich zu machen, einen Anstieg des Differentialdrucks unabhängig davon zu erkennen, ob der erste Verbindungsabschnitt **72a** oder der zweite Verbindungsabschnitt **72** sich an der Stromaufwärtsseite befindet. Falls das Ergebnis der Entscheidung in Schritt **403** NEIN ist, wird die Routine sofort beendet. Falls das Ergebnis der Entscheidung JA ist, fährt das Fahrzeug über längere Zeit, ohne verlangsamt zu werden, und eine bestimmte Menge an Partikeln wird übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden. Daher wird in Schritt **404** der Ventilkörper mit hoher Schaltgeschwindigkeit geschaltet.

**[0147]** Daher werden, wie oben beschrieben, die übereinander abgeschiedenen Partikel durch Oxidation vom Partikelfilter beseitigt. In diesem Moment wird das Fahrzeug nicht verlangsamt und eine relativ große Menge an Partikeln kann im Abgas enthalten sein, da der Ventilkörper nicht vom ersten oder zweiten Ablaufschema geschaltet wird. Daher wird vorzugsweise die Menge der Partikel, die in die Atmosphäre abgegeben werden, durch Schalten des Ventilkörpers mit einer höheren Schaltgeschwindigkeit als im vierten Ablaufschema minimiert. Im vierten Ablaufschema wird das übereinander Abscheiden der Partikel auf dem Partikelfilter indirekt unter Verwendung des Differentialdrucks zwischen beiden Seiten des Partikelfilters erfasst. Es ist jedoch beispielsweise auch möglich, Änderungen des elektrischen Widerstandswerts auf einer bestimmten Trennwand des Partikelfilters zu überwachen und zu entscheiden, dass eine bestimmte Menge an Partikeln übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden wurde, sobald der elektrische Widerstandswert einen vorgegebenen Wert aufgrund des übereinander Abscheidens der Partikel erreicht oder unterschreitet. Ferner ist es auch möglich, anhand der Tatsache, dass der Transmissionsfaktor oder der Reflektionsfaktor von Licht aufgrund des übereinander Abscheidens von Partikeln auf der bestimmten Partikelwand des Partikelfilters abnimmt, zu entscheiden, dass eine bestimmte Menge an Partikeln übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden wurde. Streng genommen ändert sich der Unterschied zwischen den Drücken auf beiden Seiten des Partikelfilters auch abhängig vom

Druck des Abgases, das vom Zylinder in jedem Betriebszustand des Motors abgegeben wird. Wenn entschieden wird, ob eine bestimmte Menge an Partikeln übereinander abgeschieden wurde oder nicht, wird daher vorzugsweise der Betriebszustand des Motors bestimmt. Es ist auch möglich, den Unterschied zwischen den Drücken auf beiden Seiten des Partikelfilters oder den Druck des Abgases stromaufwärts vom Partikelfilter anhand der Änderungen des Abgasdrucks für jeden Betriebszustand des Motors konstant zu überwachen und zu entscheiden, dass der Motor verlangsamt wird, sobald der Druckunterschied oder der Druck des Abgases abrupt sinkt.

**[0148]** Im ersten und im zweiten Ablaufschema, liegt, wenn der Motor verlangsamt wird, die Menge der Partikel, die aus der Brennkammer des Motors abgegeben werden, bei oder unter der festgesetzten Abgabemenge. Falls der Ventilkörper in diesem Moment geschaltet wird, kann die Partikelmenge, die in die Atmosphäre abgegeben wird, reduziert werden. Die abgegebene Partikelmenge liegt jedoch nicht nur dann, wenn der Motor verlangsamt wird, bei oder unter der festgesetzten Abgabemenge.

**[0149]** [Fig. 31](#) zeigt ein fünftes Ablaufschema, das anstelle des ersten Ablaufschemas verwendet wird. Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf den Unterschied zwischen dem vierten und dem fünften Ablaufschema. Im fünften Ablaufschema wird in Schritt **502** durch einen Endschalter oder dergleichen entschieden, ob ein Kupplungspedal, an dem dieser angebracht ist, niedergedrückt wurde oder nicht. Falls das Ergebnis der Entscheidung JA lautet, wird der Ventilkörper in Schritt **503** geschaltet. Wenn das Kupplungspedal niedergedrückt wird, um eine Gangschaltung durchzuführen, lässt ein Fahrer normalerweise das Gaspedal los oder reduziert zumindest den Verstellweg des Gaspedals erheblich. So ist selbst während eines Gangschaltens die Menge des eingespritzten Kraftstoffs klein und die Menge der aus der Brennkammer des Motors abgegebenen Partikel liegt bei der festgesetzten Abgabemenge oder darunter. Aus diesem Grund wird auch dann, wenn der Ventilkörper geschaltet wird, um zu verhindern, dass Partikel übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden werden, kein besonderes Problem bewirkt. Um die Menge an Partikeln, die in die Atmosphäre abgegeben werden, auf null zu bringen, kann die Kraftstoffzufuhr unabhängig vom Verstellweg des Gaspedals unterbrochen werden, sobald das Kupplungspedal niedergedrückt wird, und die Kraftstoffzufuhr kann unabhängig vom Verstellweg des Gaspedals unterbrochen bleiben, während der Ventilkörper geschaltet wird.

**[0150]** [Fig. 32](#) zeigt ein sechstes Ablaufschema, das anstelle des ersten Ablaufschemas verwendet wird. Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf den Unterschied zwischen dem ersten und dem

sechsten Ablaufschema. Im sechsten Ablaufschema wird in Schritt **602** entschieden, ob die Menge TAU des eingespritzten Kraftstoffs bei einer eingestellten Einspritzmenge TAU1 oder darunter liegt. Falls das Ergebnis der Entscheidung JA lautet, wird der Ventilkörper in Schritt **603** geschaltet. In jedem Betriebszustand, einschließlich der Verlangsamung des Motors und des Gangschaltens, ist, falls die Menge TAU des eingespritzten Kraftstoffs bei oder unter der festgesetzten Einspritzmenge TAU1 liegt, die Menge an eingespritztem Kraftstoff klein und die Menge der Partikel, die aus der Brennkammer des Motors abgegeben wird, liegt bei der festgesetzten Abgabemenge oder darunter. Aus diesem Grund wird kein besonderes Problem bewirkt, auch wenn der Ventilkörper geschaltet wurde, um zu verhindern, dass Partikel übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden werden.

**[0151]** [Fig. 33](#) zeigt ein siebtes Ablaufschema, das anstelle des ersten Ablaufschemas verwendet wird. Die folgende Beschreibung beschränkt sich auf den Unterschied zwischen dem ersten und dem siebten Ablaufschema. Im siebten Ablaufschema wird in Schritt **702** entschieden, ob der Verstellweg A des Gaspedals bei oder unter einem festgesetzten Verstellweg A1 liegt. Falls das Ergebnis der Entscheidung JA lautet, wird der Ventilkörper in Schritt **703** geschaltet. In jedem Betriebszustand einschließlich der Verlangsamung des Motors und des Gangschaltens, ist, wenn der Verstellweg A des Gaspedals bei oder unter dem festgesetzten Verstellweg liegt, die eingespritzte Kraftstoffmenge klein und die Menge der Partikel, die aus der Brennkammer des Motors abgegeben wird, liegt bei der festgesetzten Abgabemenge oder darunter. Aus diesem Grund wird auch dann, wenn der Ventilkörper geschaltet wurde, um zu verhindern, dass Partikel übereinander auf dem Partikelfilter abgeschieden werden, kein besonderes Problem verursacht. Bei der Durchführung der Verarbeitung des fünften, des sechsten und des siebten Ablaufschemas wird vorzugsweise die Verarbeitung des dritten und des vierten Ablaufschemas auf die gleiche Weise durchgeführt wie die des ersten und des zweiten Ablaufschemas.

**[0152]** Wie in [Fig. 18](#) dargestellt, ist das Partikelfilter **70** dieser Ausführungsform durch den ersten Verbindungsabschnitt **72a** und den zweiten Verbindungsabschnitt **72b** mit dem Wechselabschnitt **71** verbunden. Über eine Strömungsweglänge zeigen der erste Verbindungsabschnitt **72a** und der zweite Verbindungsabschnitt **72b** die gleichen Wärmerückhalteeigenschaften. Gleichgültig, welcher Verbindungsabschnitt sich auf der Stromaufwärtsseite befindet, wird somit die Temperatur des Partikelfilters nicht beeinflusst. Jedoch können beispielsweise der erste und der zweite Verbindungsabschnitt unterschiedlich lang gestaltet werden oder mit einem wärmerückhaltenden Material ausgestattet werden, um wärmeabstrahlen-

de Eigenschaften pro Längeneinheit zu zeigen. Die Temperatur des Kraftstofffilters kann erhöht werden, wenn einer der Verbindungsabschnitte sich somit an der Stromaufwärtsseite befindet, und die Temperatur des Partikelfilters kann gesenkt werden, wenn der andere Verbindungsabschnitt sich somit an der Stromaufwärtsseite befindet.

**[0153]** Die Wirkung der Partikelbeseitigung durch Oxidation durch das Partikelfilter dieser Ausführungsform wird verstärkt, wenn die Temperatur steigt. Falls das Partikelfilter dagegen eine extrem höhere Temperatur aufweist, kann sich dessen katalytische Funktion jedoch aufgrund des Versinterns des Platins verschlechtern. Um dies zu verhindern, wird vorzugsweise der oben genannte Aufbau verwendet, um die Temperatur des Partikelfilters zu reduzieren, während der andere Verbindungsabschnitt sich an der Stromaufwärtsseite befindet. Wenn der Ventilkörper geschaltet wird, wird der Motor nicht verlangsamt und häufig ist eine relativ große Menge an Partikeln im Abgas enthalten. Es ist günstig, die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers zu erhöhen.

**[0154]** Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases einen Wert auf der fetten Seite einnimmt d.h. falls die Sauerstoffkonzentration im Abgas reduziert ist, wird aktiver Sauerstoff O vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** auf einmal an die Außenseite abgegeben. Die übereinander abgeschiedenen Partikel können von dem aktiven Sauerstoff O, der auf einmal freigesetzt wurde, auf einmal verbrannt und beseitigt werden, ohne leuchtende Flammen zu erzeugen. Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases abwechselnd fett und mager ist, steigt die aktive Menge des aktiven Sauerstoffs, der vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** nach draußen abgegeben wird. Die Partikel, die wie eine Kette miteinander verbunden sind, werden durch den aktiven Sauerstoff O, der nach draußen abgegeben wird, zersetzt, so dass die Partikel leicht oxidiert werden können. Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis, sofort nachdem die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters vom Ventilkörper **71a** gewechselt wurden, fett wird, kann die andere Sammelfläche der Trennwand des Partikelfilters, wo keine Partikel zurückbleiben oder übereinander abgeschiedenen sind, leichter aktiven Sauerstoff abgeben als die eine Sammelfläche des Partikelfilters. Somit können zurückgebliebene Partikel und übereinander abgeschiedene Partikel leicht durch Oxidation entfernt werden, indem die Menge des abgegebenen aktiven Sauerstoffs erhöht wird. Selbstverständlich kann das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases manchmal fett werden, unabhängig davon, ob der Ventilkörper **71a** geschaltet wurde oder nicht. Dies erschwert ein zurückbleiben und übereinander Lagern der Partikel auf dem Partikelfilter.

**[0155]** Das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases kann beispielsweise durch die oben genannte Nie-

dertemperaturverbrennung fett gemacht werden. Wie oben beschrieben, wird die Niedertemperaturverbrennung sofort nach Unterbrechung der Kraftstoffzufuhr aufgrund einer Verlangsamung des Motors durchgeführt, da die Niedertemperaturverbrennung auf der Niedriglastseite des Motors durchgeführt wird. Gemäß der Steuerung aufgrund des ersten Ablaufschemas wird somit die Niedertemperaturverbrennung sofort nach dem Schalten des Ventilkörpers **71a** durchgeführt, und das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases wird häufig fett.

**[0156]** Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis dagegen auf einem mageren Wert gehalten wird, wird die Oberfläche des Platins Pt mit Sauerstoff bedeckt, und eine sogenannte Sauerstoffvergiftung des Platins Pt wird bewirkt. Falls eine solche Vergiftung bewirkt wird, verschlechtert sich der Wirkungsgrad der NO<sub>x</sub>-Oxidation, und somit verschlechtert sich der Wirkungsgrad der NO<sub>x</sub>-Absorption. Somit nimmt die Menge des aktiven Sauerstoffs, der aus dem aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel abgegeben wird, ab. Falls das Luft/Kraftstoff-Verhältnis jedoch zu einem Wert auf der fetten Seite verschoben wird, wird Sauerstoff auf der Oberfläche des Platins Pt verbraucht, und somit wird die Sauerstoffvergiftung aufgehoben. Wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis von einem Wert auf der fetten Seite zu einem Wert auf der mageren Seite verschoben wird, wird somit der Wirkungsgrad der NO<sub>x</sub>-Oxidation erhöht, und somit wird der Wirkungsgrad der NO<sub>x</sub>-Absorption erhöht. Somit steigt die Menge an aktivem Sauerstoff, der vom aktiven Sauerstoff abgebenden Mittel **61** freigesetzt wird.

**[0157]** Während das Luft/Kraftstoff-Verhältnis bei einem Wert auf der mageren Seite gehalten wird, wird, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis vorübergehend von einem Wert auf der mageren Seite zu einem Wert auf der fetten Seite verschoben wird, jedesmal die Sauerstoffvergiftung des Platins Pt aufgehoben. Daher wird die Menge an aktivem Sauerstoff, die freigesetzt wird, wenn das Luft/Kraftstoff-Verhältnis einen Wert auf der mageren Seite annimmt, erhöht. Somit kann der Wirkungsgrad der Oxidation von Partikeln auf dem Partikelfilter gefördert werden.

**[0158]** In Anwesenheit von SO<sub>3</sub> erzeugt das Calcium im Abgas Calciumsulfat CaSO<sub>4</sub> in Form von Asche, wie oben beschrieben. Im Hinblick auf die Verhinderung des Verstopfens des Partikelfilters mit Calciumsulfat CaSO<sub>4</sub> wird, falls ein Alkalimetall oder ein Erdalkalimetall mit einer höheren Ionisierungstendenz als Calcium C, wie Kalium K, verwendet wird, das SO<sub>3</sub>, das in das aktive Sauerstoff abgebende Mittel **61** diffundiert ist, mit Kalium K verbunden und bildet Kaliumnitrat K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, und Calcium Ca passiert die Trennwände des Partikelfilters, ohne sich an das SO<sub>3</sub> zu binden. Infolgedessen wird verhindert, dass das Partikelfilter mit Asche verstopft wird. Somit ist es, wie oben beschrieben, bevorzugt, ein Alkalimetall

oder ein Erdalkalimetall, dessen Ionisierungstendenz höher ist als die von Calcium Ca, wie Kalium K, Lithium Li, Cäsium Cs Rubidium Rb, Barium Ba und Strontium Sr, als aktiven Sauerstoff abgebendes Mittel **61** zu verwenden.

**[0159]** Selbst wenn das Partikelfilter nur ein Edelmetall, wie Platin Pt, als aktiven Sauerstoff abgebendes Mittel trägt, ist es möglich, aktiven Sauerstoff aus dem NO<sub>2</sub> oder SO<sub>3</sub>, das auf dem Platin Pt zurückgehalten wird, freizusetzen. In diesem Fall ist jedoch eine durchgezogene Linie, die die Partikelmenge G darstellt, die durch Oxidation beseitigt werden kann, in Bezug auf die in [Fig. 24](#) dargestellte durchgezogene Linie leicht nach rechts versetzt. Es ist auch möglich, Ceroxid als aktiven Sauerstoff abgebendes Mittel zu verwenden. Ceroxid absorbiert Sauerstoff, falls die Sauerstoffkonzentration im Abgas hoch ist, und gibt aktiven Sauerstoff ab, falls die Sauerstoffkonzentration im Abgas abnimmt. Daher muss das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in regelmäßigen oder unregelmäßigen Abständen auf einen fetten Wert gebracht werden, um Partikel durch Oxidation zu beseitigen. Es ist auch möglich, einen NOx-Einschluss/Abgabe-Katalysator zum Beseitigen von NOx im Abgas als aktiven Sauerstoff abgebendes Mittel zu verwenden.

**[0160]** In diesem Fall muss das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zumindest vorübergehend auf einen fetten Wert gebracht werden, um das eingeschlossene NOx und SOx freizusetzen. Vorzugsweise wird die Steuerung, mit der das Luft/Kraftstoff-Verhältnis auf einen fetten Wert gebracht wird, sofort nach Umkehr der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durchgeführt. Selbst in dem Fall, dass die Steuerung, mit der das Luft/Kraftstoff-Verhältnis auf einen fetten Wert gebracht wird, und das Schalten des Ventilkörpers gemäß dem vierten Ablaufschema gleichzeitig durchgeführt werden, kann das Schalten des Ventilkörpers bei einer erhöhten Schaltgeschwindigkeit wirksam verhindern, dass eine große Menge an Abgas, das eine große Menge an CO und HC enthält, in die Atmosphäre abgegeben wird. Obwohl diese Ausführungsform einen Dieselmotor betrifft, in dem eine Niedertemperaturverbrennung und eine herkömmliche Verbrennung abwechselnd durchgeführt werden, ist die Erfindung dadurch nicht beschränkt. Selbstverständlich kann die Erfindung auch auf einen Dieselmotor angewendet werden, in dem nur eine herkömmliche Verbrennung durchgeführt wird, oder auf einen Ottomotor, der Partikel ausstößt.

**[0161]** In dieser Ausführungsform trägt das Partikelfilter selbst ein aktiven Sauerstoff abgebendes Mittel, das Komponenten abgibt, die die Oxidation von Partikeln fördern, wie aktiven Sauerstoff. Dies ist jedoch keine Einschränkung der Erfindung. Beispielsweise wird, solange Komponenten, die die Partikeloxidation

fördern, wie aktiver Sauerstoff und Stickstoffdioxid, das auf die gleiche Weise wirkt wie aktiver Sauerstoff, die auf dem Partikelfilter festgehaltenen Partikel oxidieren, kein Problem verursacht, wenn die Komponenten, die eine Partikeloxidation fördern, aus dem Partikelfilter oder einem Material, das darauf getragen wird, abgegeben werden, oder wenn die Komponenten, die eine Partikeloxidation fördern, von außen in das Partikelfilter strömen. Selbst in dem Fall, dass die Komponenten, die eine Partikeloxidation fördern, von außen in das Partikelfilter strömen, werden, falls die erste und die zweite Sammelfläche der Sammelwand abwechselnd verwendet werden, um Partikel aufzufangen, keine Partikel übereinander an einer der Sammelflächen, die an der Stromabwärtsseite liegt, abgeschieden. Die übereinander abgeschiedenen Partikel können allmählich durch Oxidation durch Komponenten, die die Partikeloxidation fördern und die von der anderen Sammelfläche einströmen, beseitigt werden. Das heißt, eine ausreichende Menge an übereinander abgeschiedenen Partikeln kann durch Oxidation innerhalb eines bestimmten Zeitraums beseitigt werden. Da Partikel durch die Komponenten, die eine Partikeloxidation fördern, auf der anderen Sammelfläche aufgefangen und oxidiert werden, kann damit fast die gleiche Wirkung erzielt werden wie oben beschrieben.

#### Patentansprüche

1. Abgasreiniger für einen Verbrennungsmotor, wobei  
 der Reiniger ein Partikelfilter **(70)** einschließt, das im Abgassystem des Motors angeordnet ist, um Partikel zu sammeln und zu oxidieren, sowie eine Umkehrreinrichtung **(71)** zum Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseite des Partikelfilters **(70)**.  
 das Partikelfilter **(70)** eine Sammelwand **(54)** zum Sammeln der Partikel aufweist, die Sammelwand **(54)** erste und zweite Sammeloberflächen aufweist und die ersten und zweiten Sammeloberflächen der Sammelwand **(54)** durch Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch die Umkehrreinrichtung **(71)** abwechselnd verwendet werden, um Partikel zu sammeln,  
 die Umkehrreinrichtung **(71)** einen Ventilkörper **(71a)** aufweist und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters **(70)** durch Schalten des Ventilkörpers **(71a)** aus einer Position in eine andere Position umkehrt, und mindestens ein Teil des Abgases das Partikelfilter **(70)** umgeht, während der Ventilkörper **(71a)** aus einer Position in die andere Position geschaltet wird, und  
 die Umkehrreinrichtung **(71)** die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters **(70)** umkehrt, wenn die Menge an Partikeln, die von einer Brennkammer des Motors ausgestoßen wird, eine festgesetzte Abgabemenge erreicht oder unterschreitet, und/oder  
 die Umkehrreinrichtung **(71)** die Stromaufwärts- und

Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) bei einer Schaltgeschwindigkeit umkehrt, welche dem Betriebszustand des Motors entspricht;

**dadurch gekennzeichnet**, daß, wenn der Ventilkörper (71a) sich in einer vorgegebenen Position zwischen der einen Position und der anderen Position befindet, das Abgas nicht durch den Partikelfilter strömt, und daß die Umkehrinrichtung (71) die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters nicht umkehrt, selbst wenn die Menge der ausgestoßenen Partikel gleich oder kleiner als die eingestellte Ausstoßmenge geworden ist, solange nach der Umkehr der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) nicht eine vorgegebene Zeit vergangen ist oder eine vorgegebene Fahrstrecke zurückgelegt wurde, und wobei ein aktiven Sauerstoff freisetzendes Mittel (61) auf der Sammelwand (54) getragen wird und aktiver Sauerstoff, der vom aktiven Sauerstoff freisetzenden Mittel (61) freigesetzt wird, die Partikel oxidiert.

2. Abgasreiniger nach Anspruch 1, wobei das aktiven Sauerstoff freisetzende Mittel (61) Sauerstoff absorbiert und Sauerstoff zurückhält, wenn in der Umgebung ein Sauerstoffüberschuß vorliegt, und den zurückgehaltenen Sauerstoff in Form von aktivem Sauerstoff freisetzt, wenn die Sauerstoffkonzentration in der Umgebung abnimmt.

3. Abgasreiniger nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei bestimmt wird, daß die Menge an freigesetzten Partikeln gleich oder kleiner geworden ist als die voreingestellte Abgabemenge, sobald entschieden wird, daß der Motor verlangsamt wird, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) umgekehrt werden.

4. Abgasreiniger nach Anspruch 3, wobei entschieden wird, daß der Motor verlangsamt wird, sobald ein Niederdrücken des Bremspedals erfaßt wird.

5. Abgasreiniger nach Anspruch 3, wobei entschieden wird, daß der Motor verlangsamt wird, sobald eine Abnahme des Verstellwegs des Gaspedals erfaßt wird.

6. Abgasreiniger nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Umkehrinrichtung (71) die Schaltgeschwindigkeit des Ventilkörpers (71a) erhöht, falls während des Schaltens des Ventilkörpers (71a) entschieden wird, daß der Motor beschleunigt wird.

7. Abgasreiniger nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei bestimmt wird, daß die Menge an freigesetzten Partikeln gleich oder kleiner geworden ist als die voreingestellte Abgabemenge, sobald entschieden wird, daß die Menge an eingespritztem Kraftstoff gleich oder kleiner ist als eine vorgegebene Einspritzmenge, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) umgekehrt wer-

den.

8. Abgasreiniger nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei bestimmt wird, daß die Menge an freigesetzten Partikeln gleich oder kleiner geworden ist als die voreingestellte Abgabemenge, sobald entschieden wird, daß der Verstellweg des Gaspedals gleich oder kleiner ist als ein vorgegebener Verstellweg, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) umgekehrt werden.

9. Abgasreiniger nach Anspruch 1, wobei bestimmt wird, daß die Menge an freigesetzten Partikeln gleich oder kleiner geworden ist als die voreingestellte Freisetzungsmenge, sobald entschieden wird, daß das Kupplungspedal niedergedrückt wird, und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) umgekehrt werden.

10. Verfahren zum Reinigen des Abgases eines Verbrennungsmotors, wobei der Reiniger ein Partikelfilter (70) einschließt, das im Abgassystem des Motors angeordnet ist, um Partikel zu sammeln und zu oxidieren, sowie eine Umkehrinrichtung (71) zum Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseite des Partikelfilters (70).

das Partikelfilter (70) eine Sammelwand (54) zum Sammeln der Partikel aufweist, die Sammelwand (54) erste und zweite Sammeloberflächen aufweist, und die ersten und zweiten Sammeloberflächen der Sammelwand (54) durch Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters durch die Umkehrinrichtung (71) abwechselnd verwendet werden, um Partikel zu sammeln, und die Umkehrinrichtung (71) einen Ventilkörper (71a) aufweist und die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) durch Schalten des Ventilkörpers (71a) aus einer Position in eine andere Position umkehrt, und mindestens ein Teil des Abgases das Partikelfilter (70) umgeht, während der Ventilkörper (71a) aus einer Position in die andere Position geschaltet wird,

wobei das Verfahren einschließt:

Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) durch die Umkehrinrichtung (71), falls die Menge der Partikel, die aus der Brennkammer des Motors ausgestoßen werden, gleich oder kleiner als eine voreingestellte Abgabemenge geworden ist, und/oder

Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) durch die Umkehrinrichtung (71) bei einer Schaltgeschwindigkeit, die dem Betriebszustand des Motors entspricht;

**dadurch gekennzeichnet**, daß, wenn der Ventilkörper (71a) eine vorgegebene Position zwischen der einen Position und der anderen Position einnimmt, das Abgas nicht durch das Partikelfilter strömt, und daß die Umkehrinrichtung (71) die Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (70) nicht umkehrt, selbst wenn die Menge der ausgestoßenen

Partikel eine eingestellte Abgabemenge erreicht oder unterschritten hat, solange nicht eine vorgegebene Zeit nach dem Umkehren der Stromaufwärts- und Stromabwärtsseiten des Partikelfilters (**70**) vergangen ist, oder eine eingestellte Fahrstrecke zurückgelegt worden ist, und wobei ein aktiven Sauerstoff freisetzendes Mittel (**61**) auf der Sammelwand (**54**) getragen wird und aktiver Sauerstoff, der vom aktiven Sauerstoff freisetzenden Mittel (**61**) freigesetzt wird, die Partikel oxidiert.

Es folgen 27 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

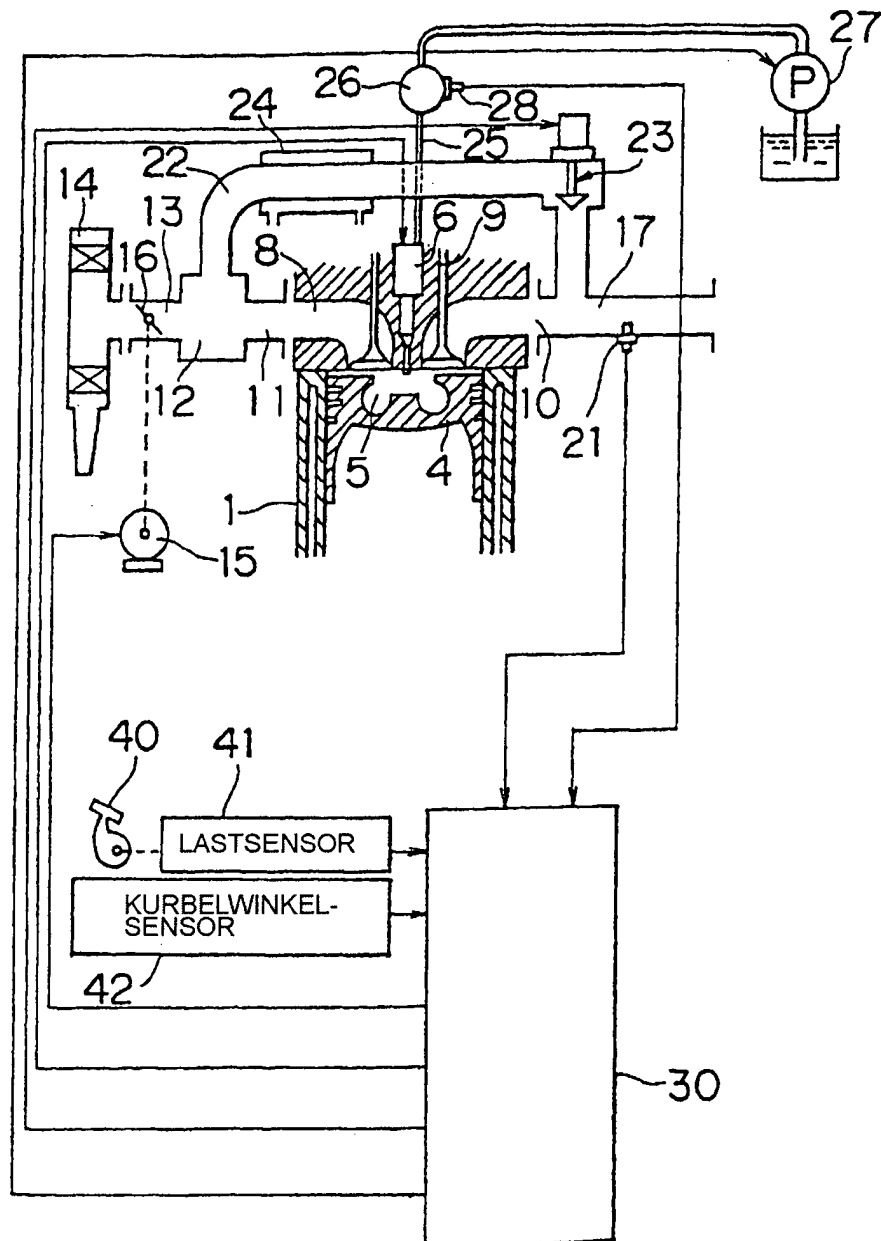




FIG. 2

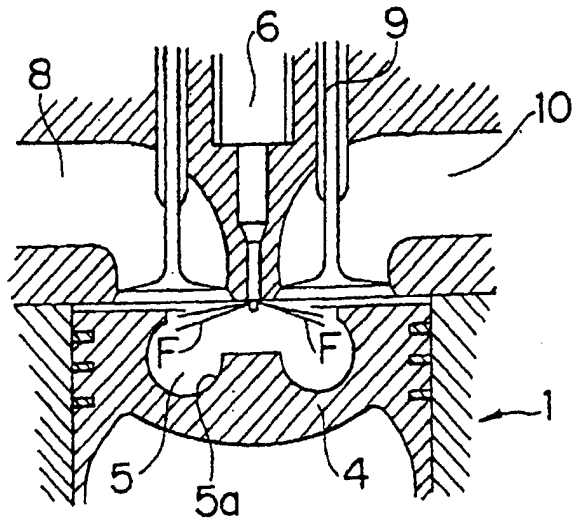


FIG. 3

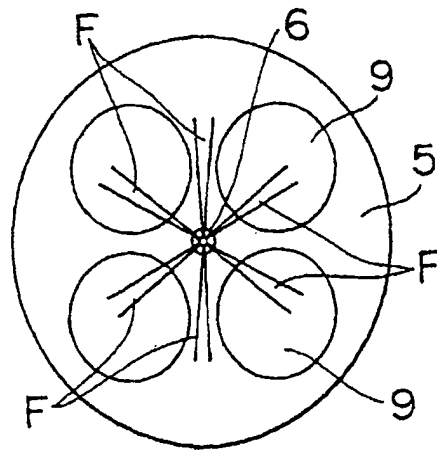


FIG. 4

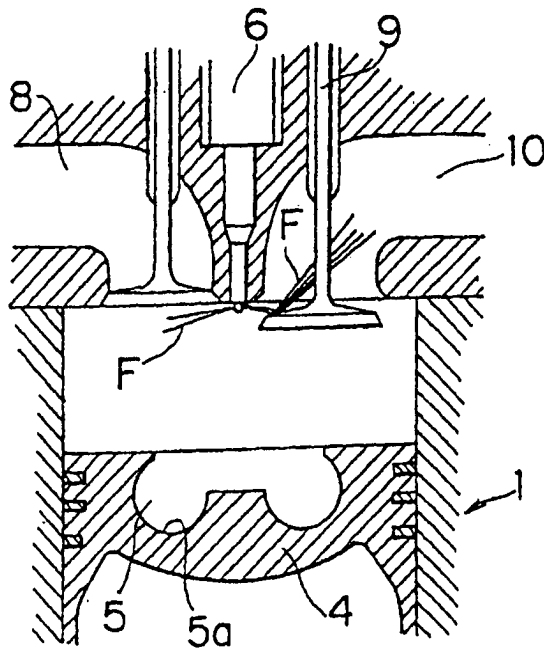
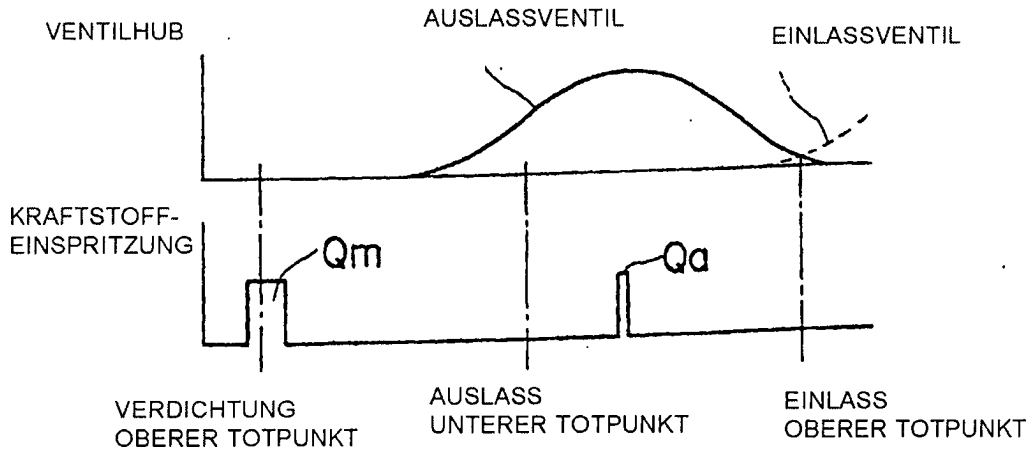


FIG. 5



# FIG. 6

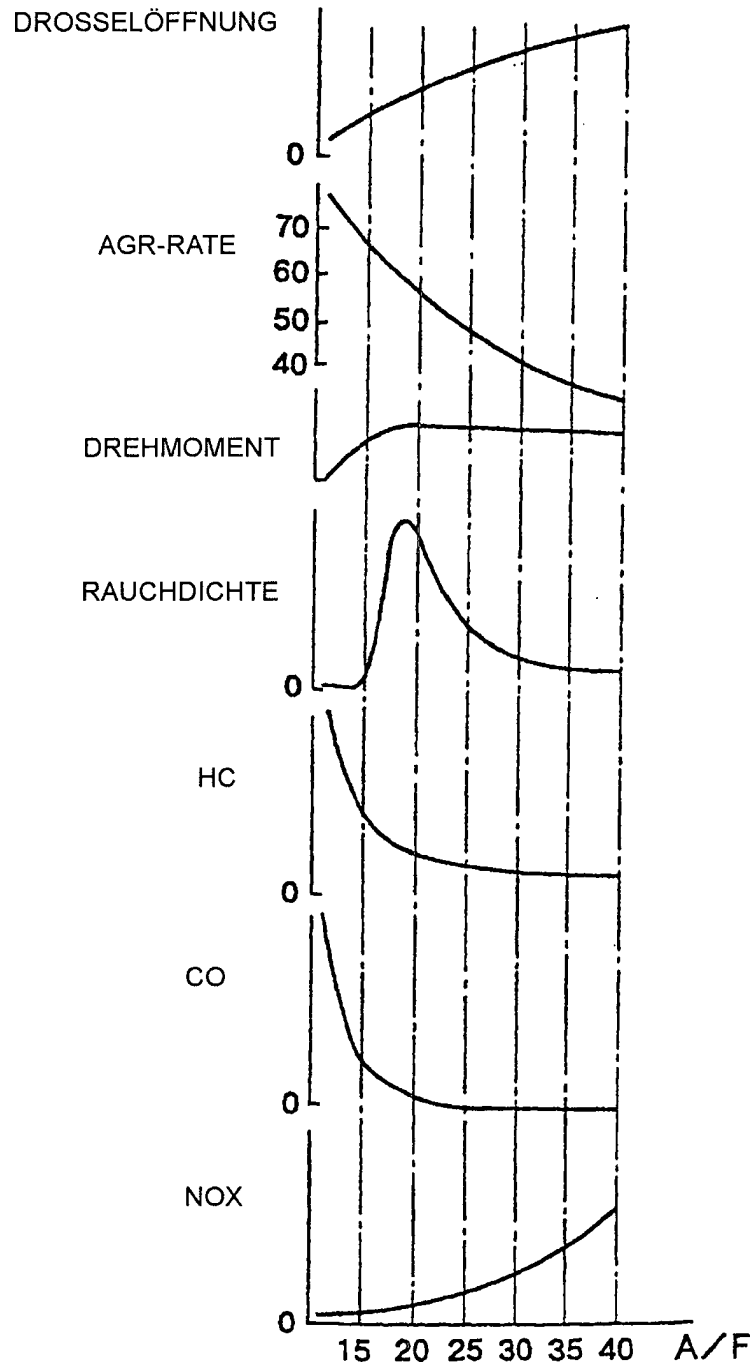


FIG. 7A

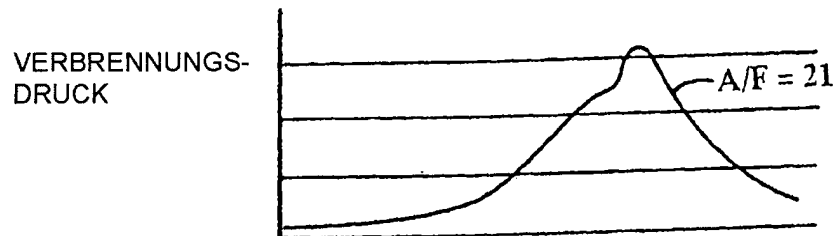


FIG. 7B

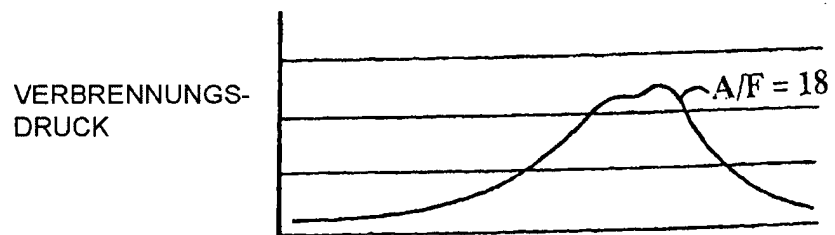


FIG. 8

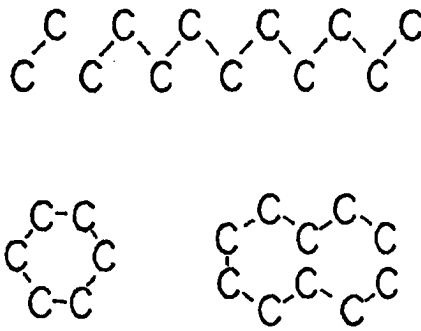


FIG. 9

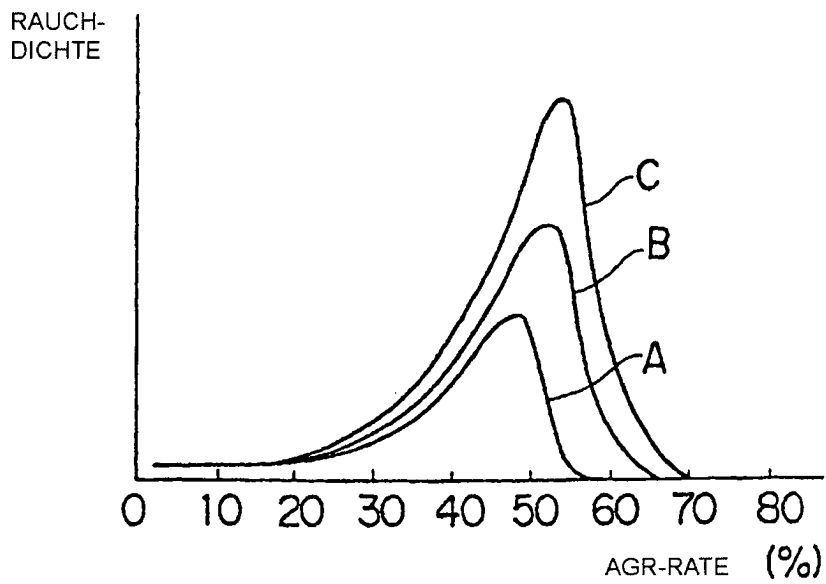


FIG. 10

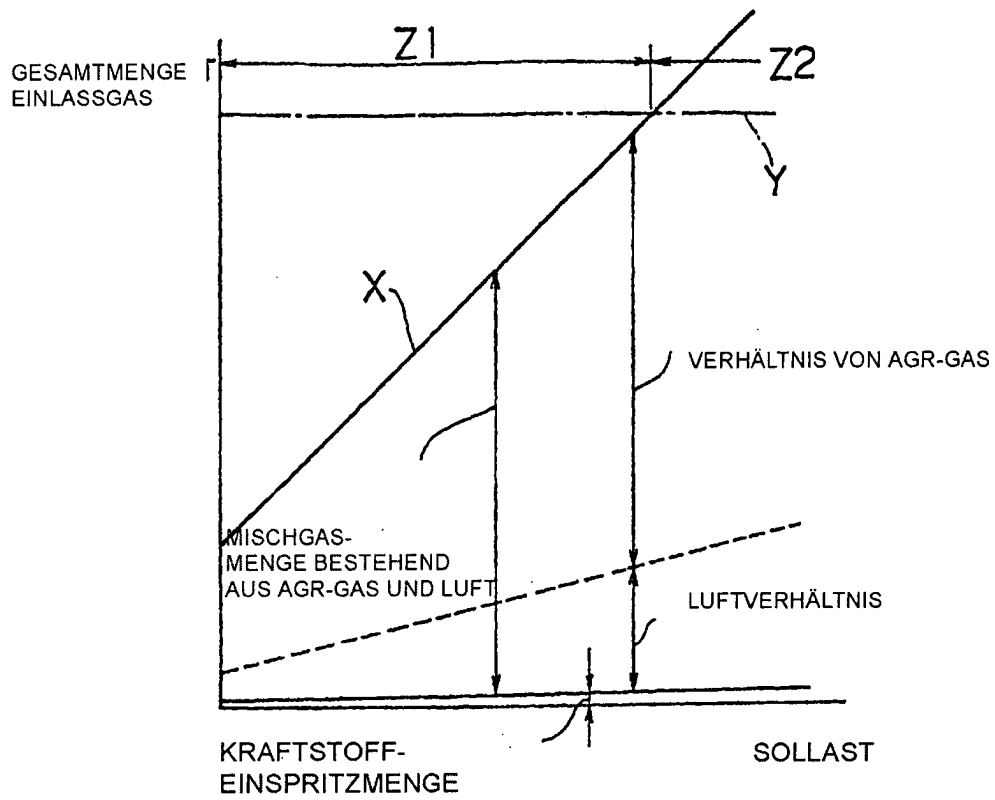


FIG. 11

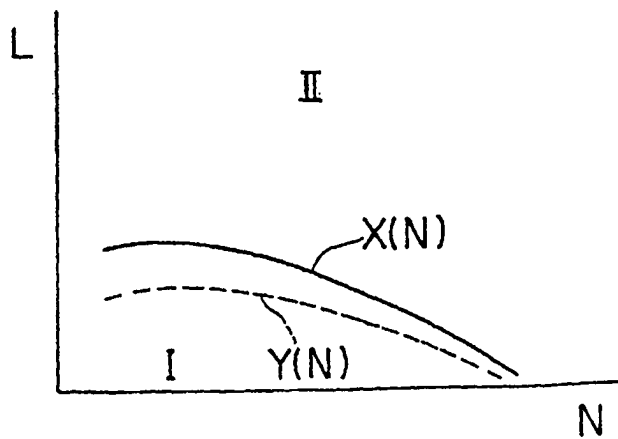


FIG. 12

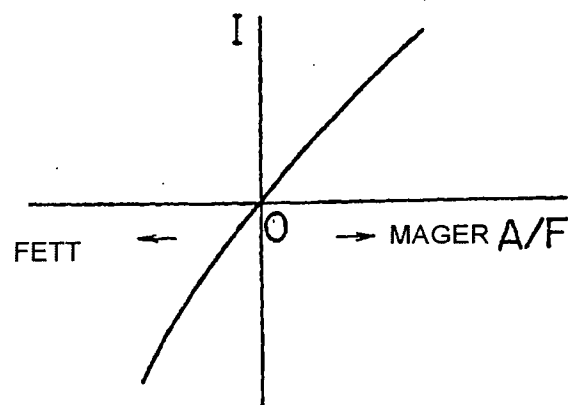


FIG. 13

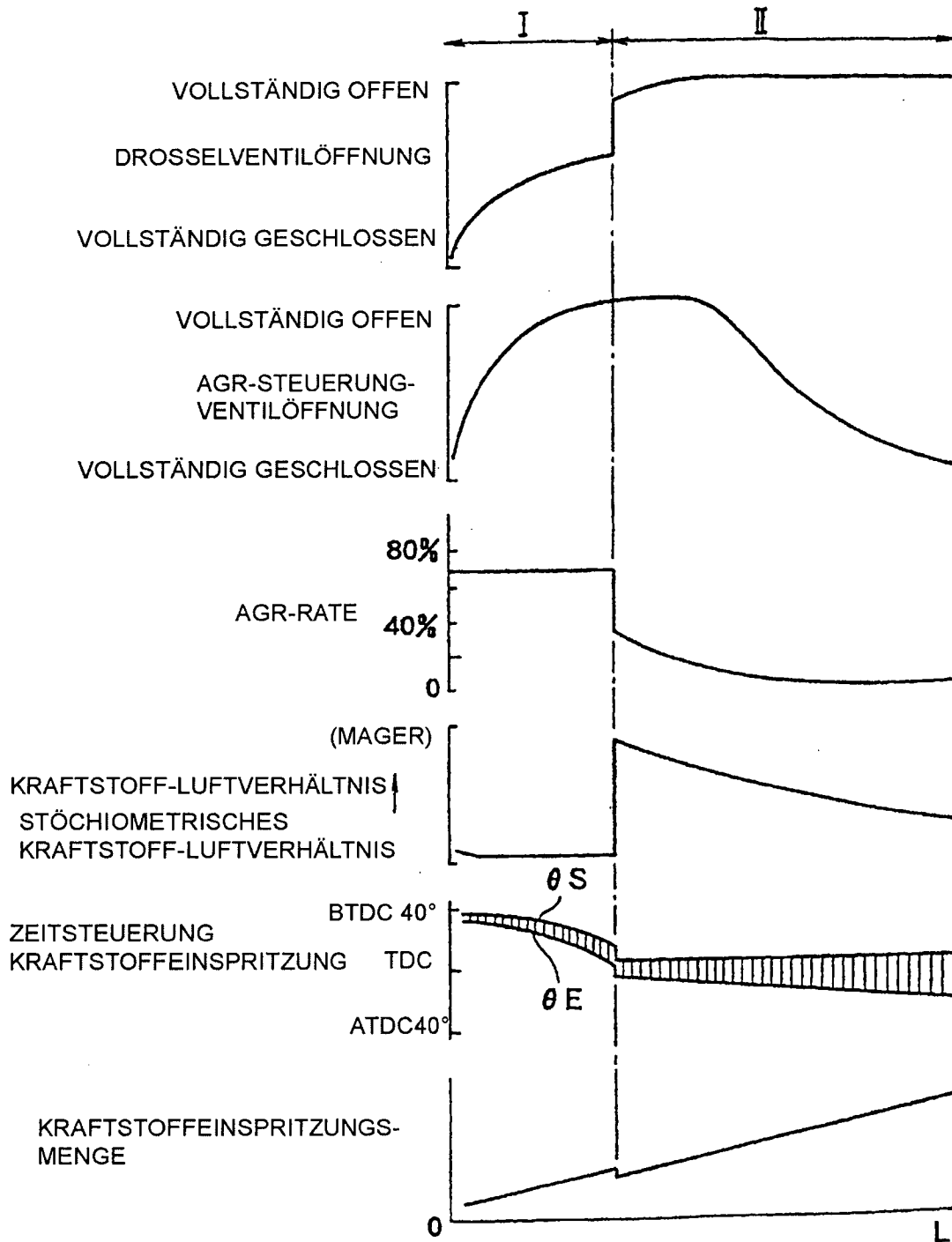




FIG. 14

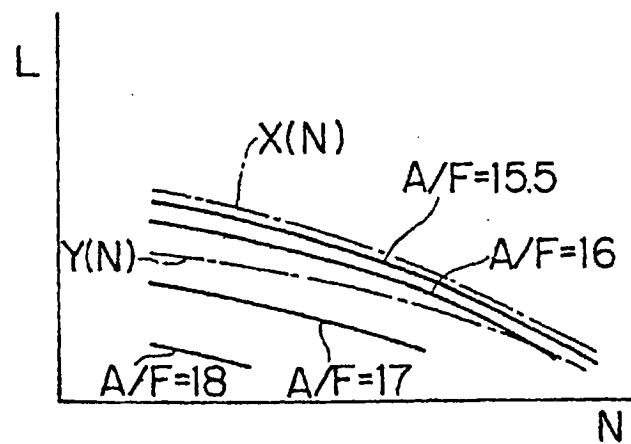


FIG. 15A

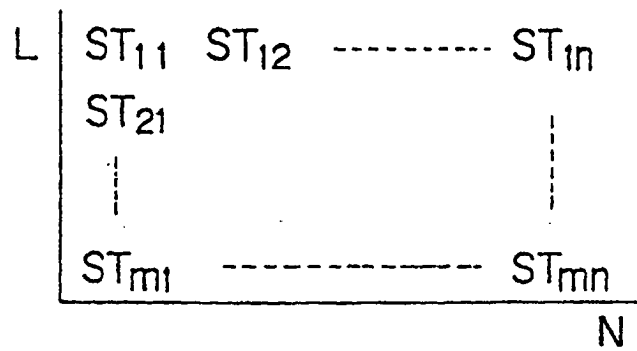


FIG. 15B

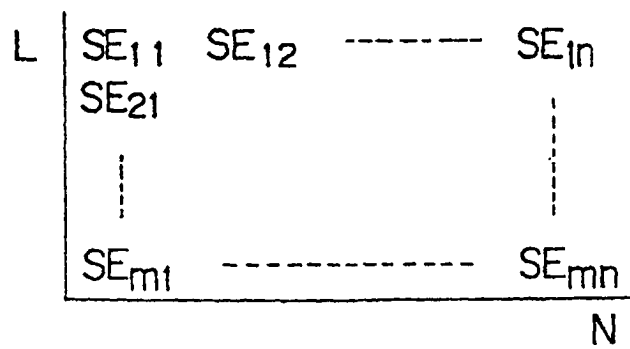


FIG. 16

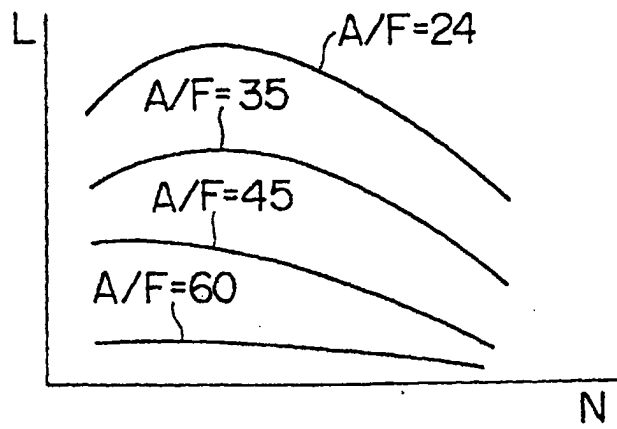


FIG. 17A

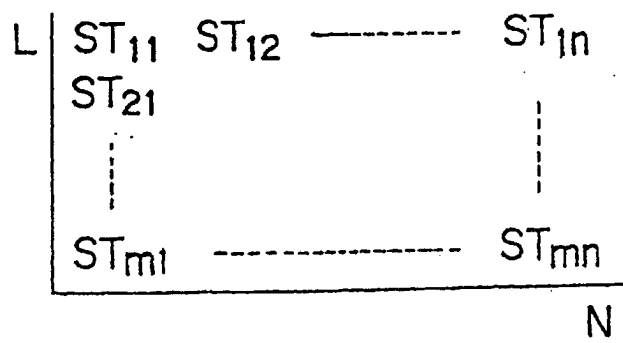


FIG. 17B

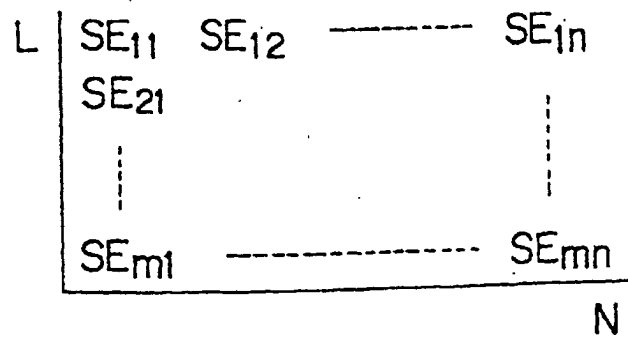


FIG. 18

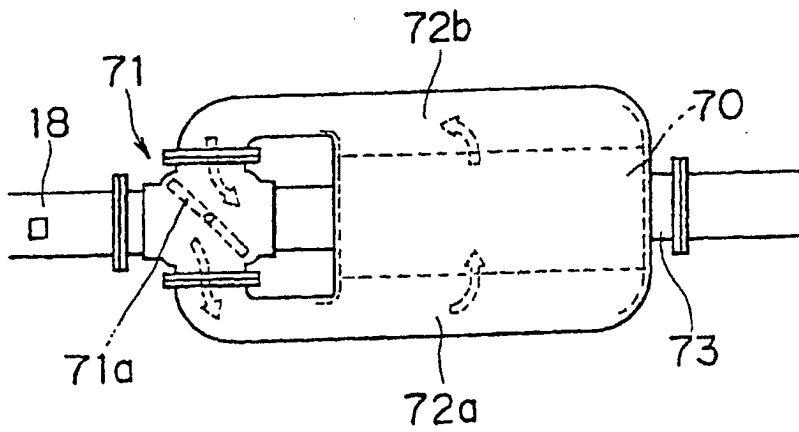


FIG. 19

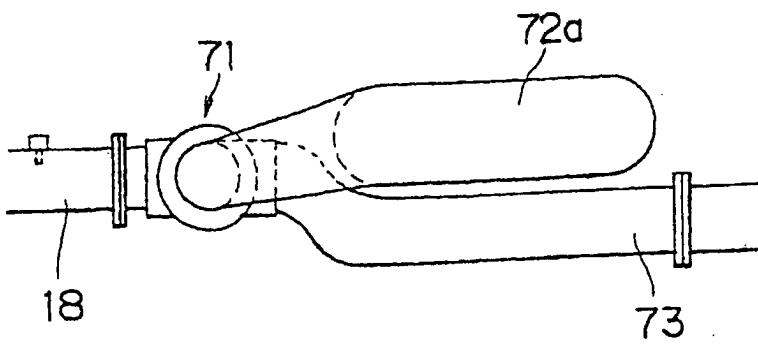


FIG. 20

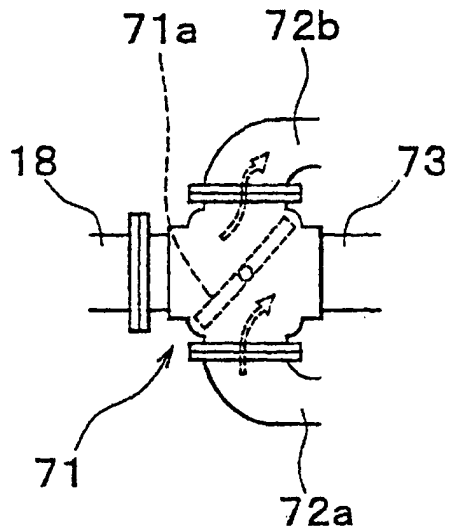


FIG. 21

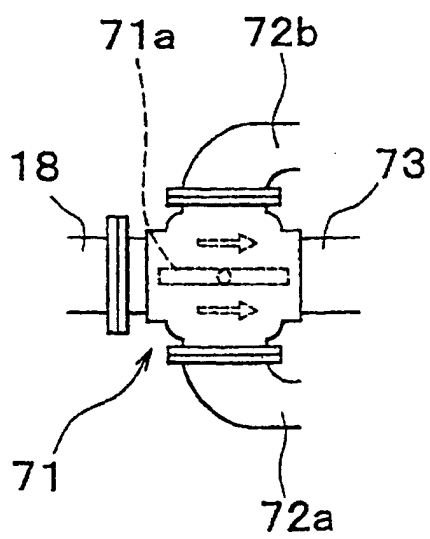


FIG. 22A

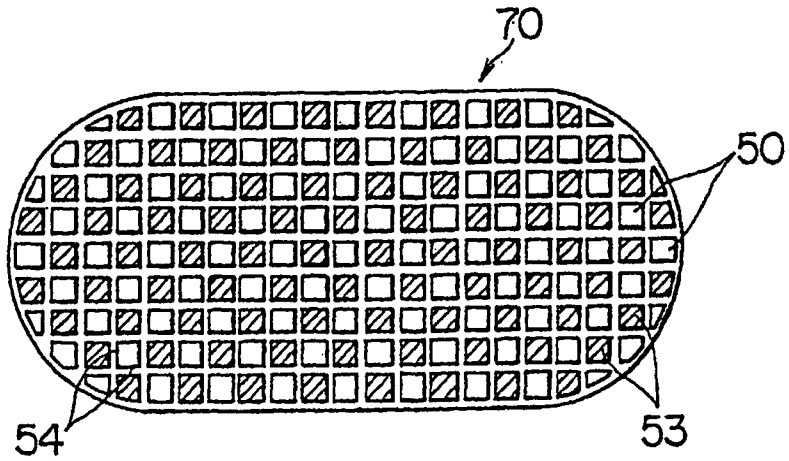


FIG. 22B

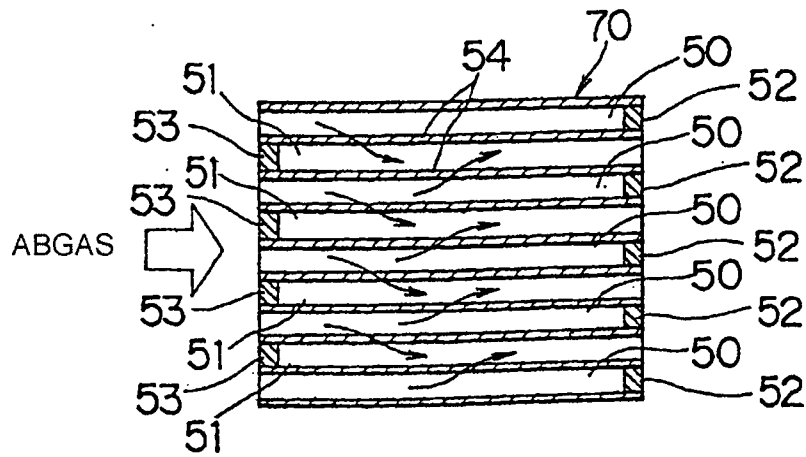


FIG. 23A

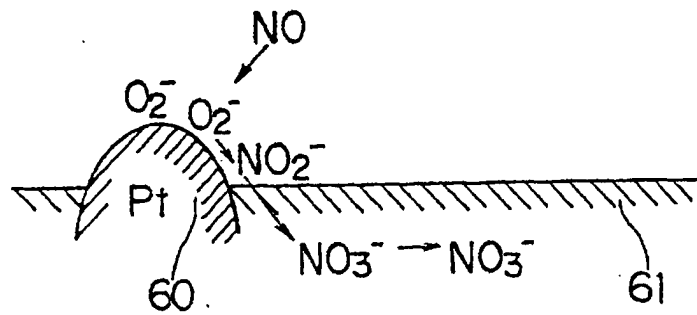


FIG. 23B

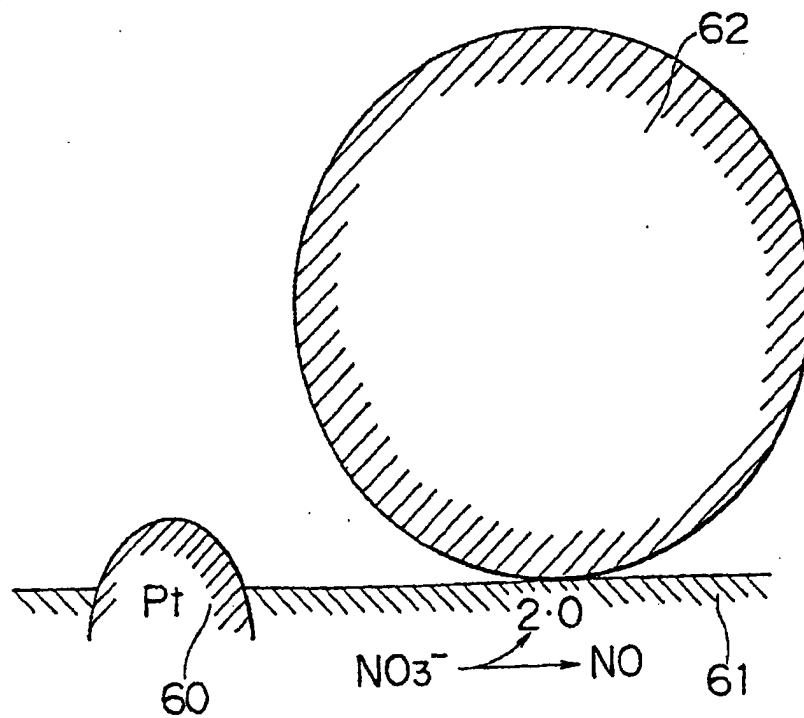




FIG. 24

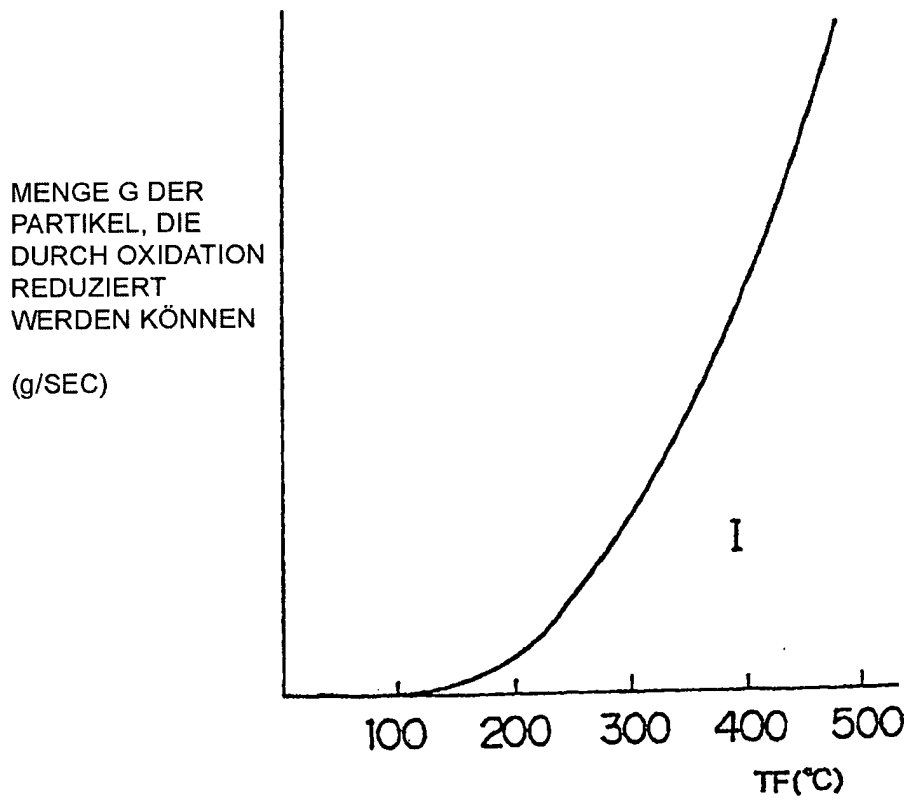


FIG. 25A

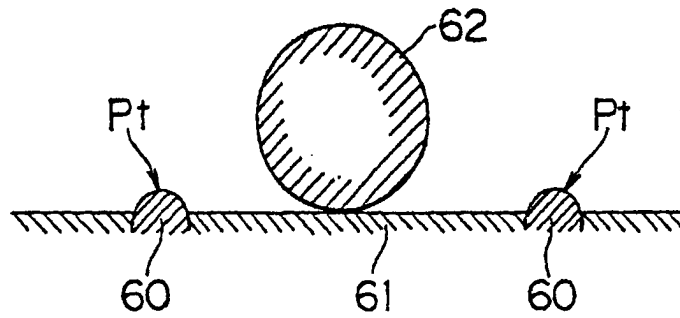


FIG. 25B

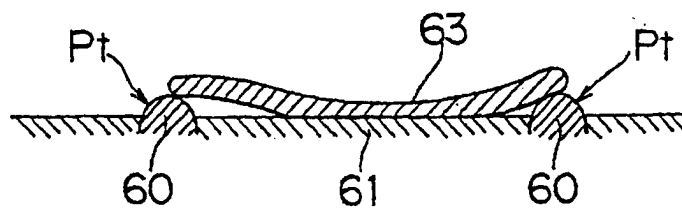
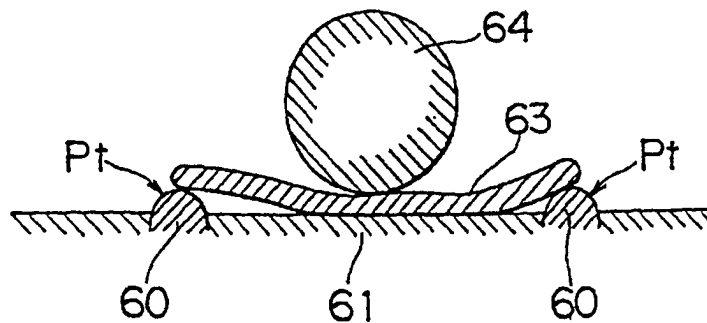


FIG. 25C



# FIG. 26

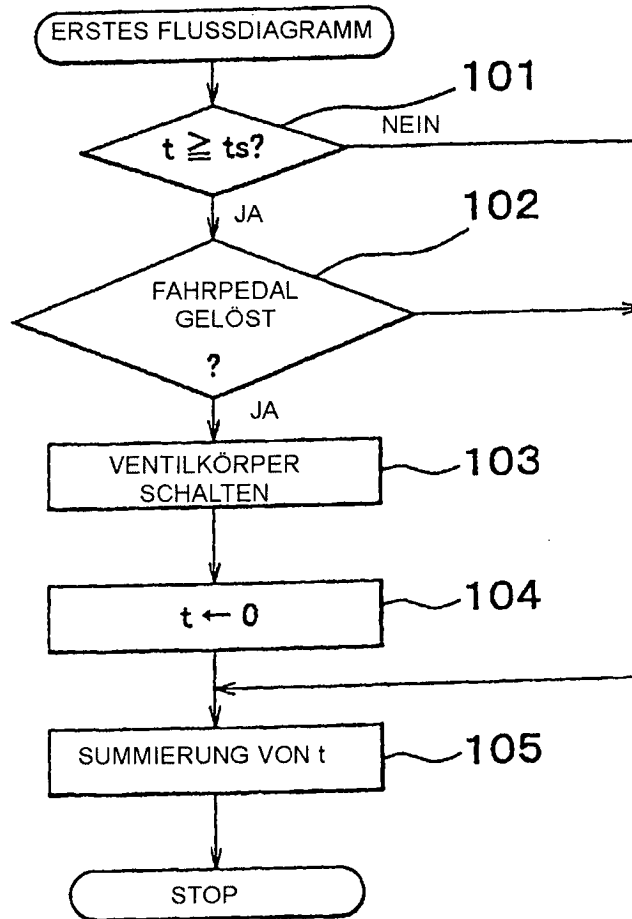


FIG. 27A

ABGASSTRÖMUNG

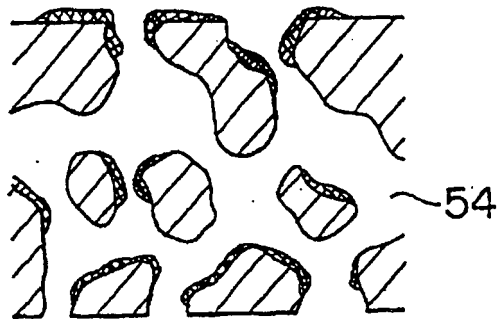
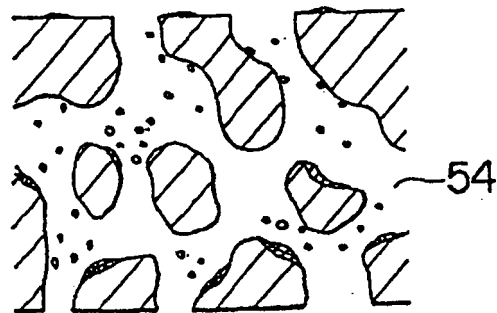
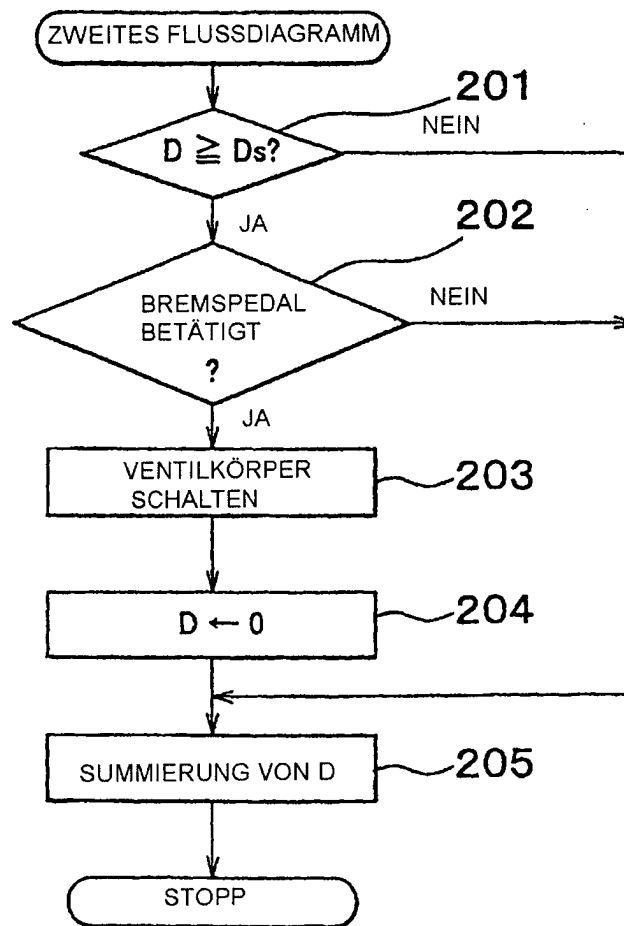


FIG. 27B

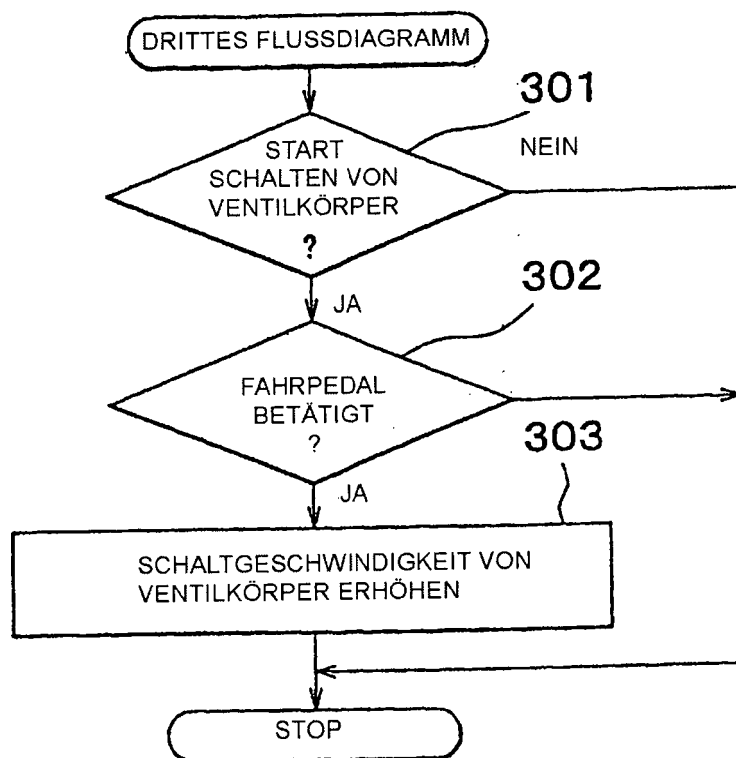


ABGASSTRÖMUNG

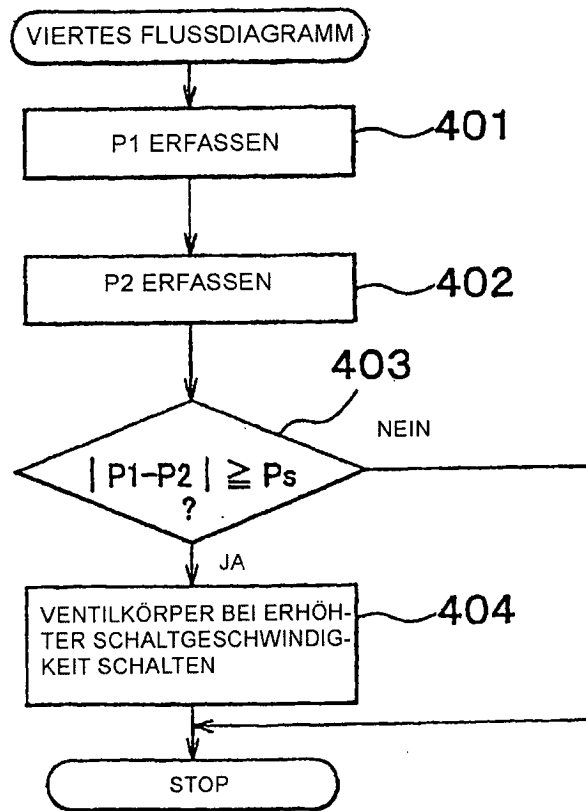
# FIG. 28



# FIG. 29



# FIG. 30



# FIG. 31

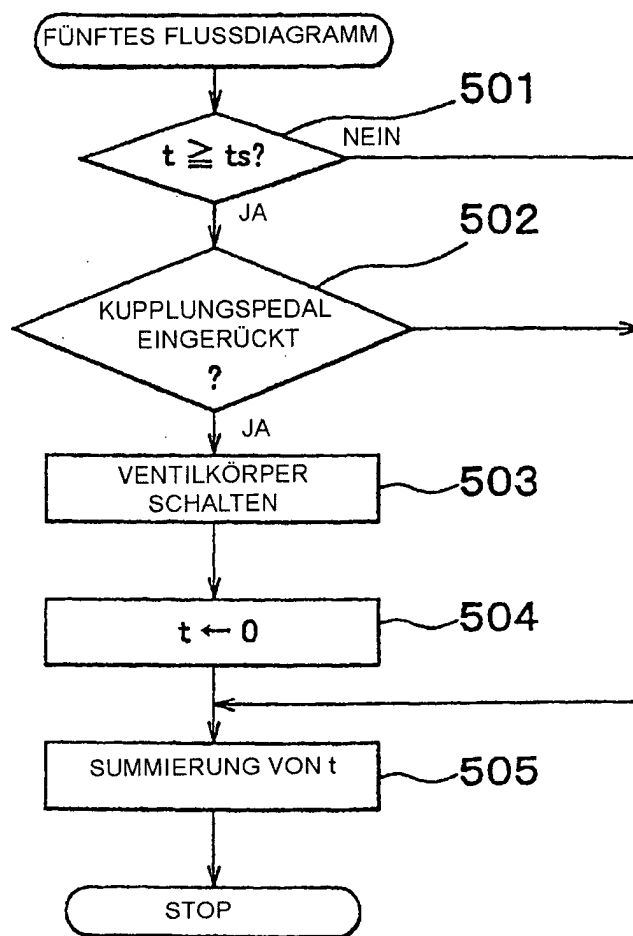
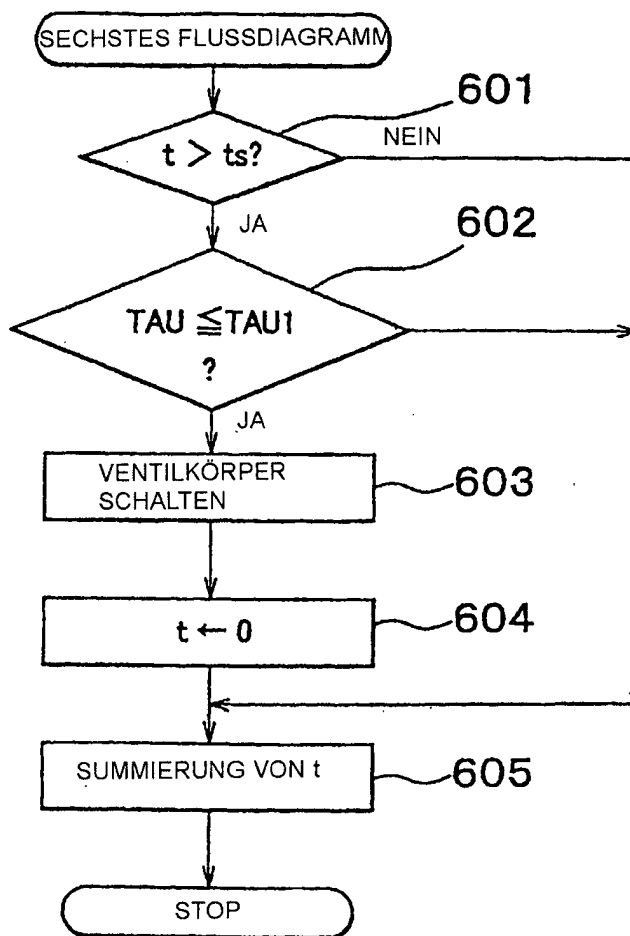




FIG. 32



# FIG. 33

