



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2005 011 419.9**
(22) Anmeldetag: **11.03.2005**
(43) Offenlegungstag: **22.09.2005**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **21.01.2016**

(51) Int Cl.: **F01N 9/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P 2004-69981 12.03.2004 JP
P 2004-363993 16.12.2004 JP

(72) Erfinder:
Saitoh, Makoto, Kariya, Aichi, JP; Yahata, Shigeto, Kariya, Aichi, JP; Tochikawa, Kazuharu, Kariya, Aichi, JP

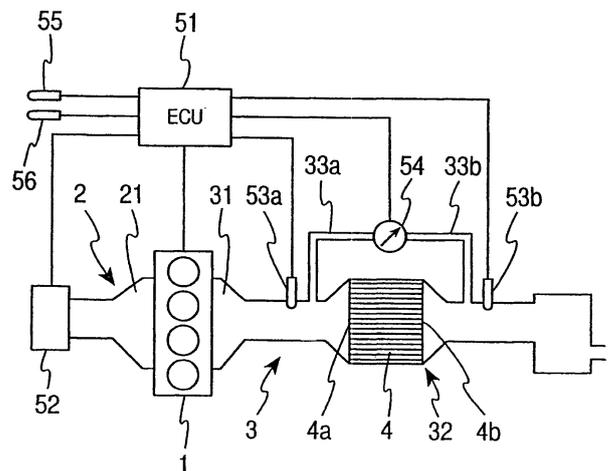
(73) Patentinhaber:
DENSO CORPORATION, Kariya-city, Aichi-pref., JP

(56) Ermittelter Stand der Technik:
EP 1 333 165 A1
JP H07- 332 065 A

(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

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

(57) Hauptanspruch: Abgasreinigungssystem für eine Brennkraftmaschine, bei dem ein Partikelfilter (32) in einem Abgaskanal (3) der Brennkraftmaschine zum Auffangen von im Abgas enthaltenen Abgaspartikeln angeordnet ist und eine Regeneration des Partikelfilters (32) zur Verbrennung und Verringerung der in dem Partikelfilter (32) abgelagerten Abgaspartikel durch eine Spontanregeneration, bei der die abgelagerten Abgaspartikel durch einen Anstieg der Abgastemperatur spontan verbrannt und verringert werden, und durch eine Zwangsregeneration zur zwangsgesteuerten Verbrennung und Verringerung der abgelagerten Abgaspartikel erfolgt, wenn eine auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine berechnete jeweilige Ablagerungsmenge der abgelagerten Abgaspartikel einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet, gekennzeichnet durch eine Beurteilungseinrichtung (S104, S114), die in Abhängigkeit von den Betriebszuständen der Brennkraftmaschine feststellt, ob die Spontanregeneration erfolgt oder nicht, und eine Steuereinrichtung (S113, S114, S115, S116, S117), die die Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel vervollständigt, wenn die Beurteilungseinrichtung (S104, S114) feststellt, dass nach einem Beginn der Spontanregeneration eine Unterbrechung der Spontanregeneration erfolgt ist und die Ablagerungsmenge gleich einem vorgegebenen Rückstellwert oder geringer geworden ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Abgasreinigungssystem für eine Brennkraftmaschine mit einem Partikelfilter und bezieht sich insbesondere auf eine Technik zur Regenerierung eines solchen Partikelfilters zu einem geeigneten Zeitpunkt. In jüngerer Zeit ist eine Verringerung der Abgas-Schadstoffemission von Brennkraftmaschinen in Kraftfahrzeugen erforderlich geworden. Insbesondere bei mit Kompressionszündung arbeitenden Diesel-Brennkraftmaschinen, die mit Dieselmotorkraftstoff in Form eines dünnflüssigen Leichtöls betrieben werden, ist nicht nur die Entfernung von gasförmigen Bestandteilen wie Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden aus dem Abgas erforderlich, sondern auch die Entfernung von im Abgas enthaltenen Partikelstoffen wie Ruß und löslichen organischen Bestandteilen. Zu diesem Zweck wird daher ein Partikelfilter in einem Abgaskanal zum Auffangen dieser Abgas-Partikelstoffe angeordnet, die nachstehend vereinfacht als Partikel bezeichnet sind.

[0002] Beim Hindurchströmen des Abgases durch das Partikelfilter tritt das Abgas durch poröse Zwischenwände des Partikelfilters hindurch. Hierbei werden die im Abgas enthaltenen Partikelstoffe an den Oberflächen und Poren dieser Zwischenwände festgehalten. Wenn die Menge der auf diese Weise festgehaltenen und abgelagerten Partikelstoffe (die Ablagerungsmenge) übermäßig ansteigt, führt dies zu einem erhöhten Strömungswiderstand des Partikelfilters und damit zu einem Anstieg des Abgas-Gegendrucks in der Brennkraftmaschine, wodurch die Ausgangsleistung der Brennkraftmaschine abnimmt. Das Partikelfilter wird daher regeneriert, indem die in dem Partikelfilter festgehaltenen Abgas-Partikelstoffe zu geeigneten Zeiten reduziert werden.

[0003] Bei einem bekannten System, bei dem die Regenerierung des Partikelfilters während des Betriebs der Brennkraftmaschine erfolgen kann, werden die Oxidationseigenschaften eines Oxidationskatalysators wie Platin genutzt, mit dem das Partikelfilter beschichtet ist.

[0004] In Bezug auf die Regenerierung des Partikelfilters durch Abbrennen und Verringerung der abgelagerten Abgas-Partikelstoffe wird zwischen einer ungesteuerten Spontan- oder Selbstregenerierung und einer gesteuerten Zwangsregenerierung unterschieden. Bei der ungesteuerten Spontanregenerierung werden die abgelagerten Abgas-Partikelstoffe spontan bzw. selbstständig durch die vom Abgas abgegebene Wärme abgebrannt und verringert, wenn ein Anstieg der Abgastemperatur auf einen hohen Temperaturwert herbeigeführt wird, indem z. B. der Fahrer eines Kraftfahrzeugs das Fahrpedal betätigt und auf diese Weise die Kraftstoffeinspritzmenge vergrößert wird. Bei der gesteuerten Zwangsregenerati-

on werden die abgelagerten Abgas-Partikelstoffe dagegen zwangsweise abgebrannt und verringert. Bei einer solchen Zwangsregeneration erfolgt z. B. in einem Ausstoßtakt eine Nacheinspritzung von Kraftstoff, durch die dem Partikelfilter Kraftstoff zugeführt wird. Durch die bei der Verbrennung des Kraftstoffs dann entstehende Verbrennungswärme findet eine Oxidation und Verringerung der abgelagerten Abgas-Partikelstoffe statt, die im Vergleich zu dem eingespritzten Kraftstoff schwieriger zu oxidieren sind. Die Temperatur des Abgases kann jedoch auch durch Verzögerung der Kraftstoffeinspritzzeiten angehoben werden.

[0005] Während die Spontanregeneration somit in Abhängigkeit von einer Fahrpedalbetätigung durch den Fahrer eines Kraftfahrzeugs und damit unregelmäßig erfolgt, kann die Zwangsregeneration zu beliebigen Zeitpunkten durchgeführt werden. Wenn die Zwangsregeneration jedoch häufig erfolgt, führt dies zu einem höheren Kraftstoffverbrauch. Sind dagegen die Zeitintervalle zwischen den jeweiligen Regenerationsvorgängen zu groß, hat dies einen übermäßigen Anstieg der abgelagerten Partikelmenge zur Folge, die dann bei dem nächsten Regenerationsvorgang schnell-abgebrannt wird, sodass sich das Partikelfilter auf eine übermäßig hohe Temperatur erwärmt und die Gefahr einer Beschädigung des Partikelfilters besteht. Vorzugsweise sollte daher der Zeitpunkt der Regeneration durch Berechnung der Ablagerungsmenge der Abgaspartikel- auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine erfolgen. Bei einem Anstieg des Strömungswiderstands vergrößert sich der Differenzdruck zwischen Einlass und Auslass des Partikelfilters. Bei einem aus der JP-H07-332 065 A bekannten System wird daher dieser Differenzdruck gemessen und die Bestimmung getroffen, dass der Zeitpunkt zur Durchführung einer Regeneration erreicht ist, wenn der gemessene Differenzdruck einen vorgegebenen Wert überschreitet.

[0006] Darüber hinaus findet der Abbrennvorgang der abgelagerten Abgaspartikel im Partikelfilter nicht zwangsläufig mit einer gleichmäßigen Verbrennungsgeschwindigkeit statt. Es besteht daher die Gefahr, dass sich zunehmende Veränderungen der Ablagerung im Partikelfilter auf Grund einer wiederholten Spontanregeneration und Ablagerung bei einer ungleichmäßigen Verbrennungsgeschwindigkeit im Partikelfilter ergeben. Darüber hinaus nimmt bei der Zwangsregeneration mit fortschreitender Regeneration der Regenerationswirkungsgrad ab, wenn sich die Menge der 35 verbleibenden Abgaspartikel und damit die Ablagerungsmenge verringern. Im Rahmen mehrfacher Zwangsregenerationsvorgänge sollten daher die abgelagerten Abgaspartikel vorzugsweise nur bei einem Zwangsregenerationsvorgang vollständig beseitigt und damit die Ablagerungsmenge auf den Wert 0 verringert werden, während die anderen Zwangsregenerationsvorgänge vorzugsweise

in einem Zustand beendet werden sollten, bei dem Abgaspartikel noch im Partikelfilter verbleiben. Bei diesem Vorgehen besteht jedoch die Gefahr, dass die unterschiedliche Ablagerungsverteilung im Partikelfilter weiter zunimmt. Bei dem obigen System gemäß kann ein durchschnittlicher Ablagerungszustand, jedoch nicht die Ablagerungsverteilung erfasst werden, sodass die Gefahr besteht, dass in einigen Bereichen des Partikelfilters eine lebhafte, starke Verbrennung stattfindet.

[0007] EP 1 333 165 A1 beschreibt eine Methode zum Bestimmen der Menge an Partikel, die auf einem Partikelfilter angesammelt sind. Diese Methode beinhaltet das Bestimmen der Variation der räumlichen Verteilung der Partikel in dem Partikelfilter und/oder der Variation in den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Partikel als Funktion von Motorbetriebsbedingungen und früherer Partikelansammlung auf dem Partikelfilter.

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein Abgasreinigungssystem für eine Brennkraftmaschine dahingehend auszugestalten, dass bei der Regeneration eines Partikelfilters eine lebhafte, starke Verbrennung von abgelagerten Abgaspartikeln effektiv verhindert wird.

[0009] Diese Aufgabe wird mit den in den Patentansprüchen angegebenen Mitteln gelöst.

[0010] Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfasst ein Abgasreinigungssystem einer Brennkraftmaschine ein in einem Abgaskanal der Brennkraftmaschine angeordnetes Partikelfilter zum Auffangen von im Abgas enthaltenen Abgaspartikeln. Eine Regeneration des Partikelfilters zum Abbrennen und Verringern der in dem Partikelfilter angesammelten Abgaspartikelerfolgt in Form einer ungesteuerten spontanen Regeneration (die nachstehend vereinfacht als Spontanregeneration bezeichnet ist) sowie in Form einer zwangsgesteuerten Regeneration (die nachstehend vereinfacht als Zwangsregeneration bezeichnet ist). Bei der Spontanregeneration findet eine spontane Verbrennung der abgelagerten Abgaspartikel durch eine Erhöhung der Abgastemperatur statt, während bei der Zwangsregeneration die abgelagerten Abgaspartikel zwangsweise abgebrannt und reduziert werden, wenn die jeweilige Ablagerungsmenge der Abgaspartikel einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet. Die jeweilige Ablagerungsmenge wird hierbei auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine berechnet. Das Abgasreinigungssystem umfasst eine Beurteilungseinrichtung und eine Steuereinrichtung. Mit Hilfe der Beurteilungseinrichtung wird auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine festgestellt, ob eine Spontanregeneration erfolgt oder nicht. Die Steuereinrichtung vervollständigt dann die Regeneration im Rahmen der Zwangs-

regeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel, wenn die Beurteilungseinrichtung feststellt, dass nach Beginn einer Spontanregeneration diese Spontanregeneration endet und die Ablagerungsmenge gleich einem vorgegebenen Rückstellwert oder geringer ist. Wenn die Abgastemperatur auf Grund einer Änderung des Betriebszustands der Brennkraftmaschine auf einen bestimmten Temperaturwert ansteigt, bei dem eine spontane Verbrennung der Abgaspartikel möglich ist, erfolgt eine Verbrennung und Verringerung der Abgaspartikel in Form der Spontanregeneration. Wenn die Ablagerungsmenge der Abgaspartikel im Verlauf der Spontanregeneration abnimmt, kann davon ausgegangen werden, dass die Verbrennung der abgelagerten Abgaspartikel kumulativ verläuft, sodass sich die Ablagerungsabweichungen (Ablagerungsstreuung) im Partikelfilter vergrößern. Somit kann davon ausgegangen werden, dass sich die Ablagerungsabweichungen bzw. die Ablagerungsstreuung im Partikelfilter vergrößern, wenn die auf der Basis der Betriebszustände der Brennkraftmaschine berechnete Ablagerungsmenge unter den vorgegebenen Rückstellwert abfällt, der unter Berücksichtigung einer Verschlechterung der Abschätzungsgenauigkeit auf Grund der Vergrößerung der Ablagerungsabweichungen vorgegeben ist. Die abgelagerten Abgaspartikel werden daher durch Vervollständigung der Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration weitgehend beseitigt. Auf diese Weise kann eine Zunahme der Ablagerungsschwankungen vermieden und eine starke Teilverbrennung im Partikelfilter effektiv verhindert werden.

[0011] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst das Abgasreinigungssystem eine Verteilungsmesseinrichtung zur Messung der Verbrennungsverteilung der abgelagerten Abgaspartikel im Partikelfilter und eine Abweichungsberechnungseinrichtung zur Berechnung einer Ablagerungsabweichung, die die unterschiedliche Ablagerung bzw. Ablagerungsstreuung der Abgaspartikel im Partikelfilter auf der Basis der Verbrennungsverteilung im Partikelfilter angibt. Die Steuereinrichtung vervollständigt die Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration zur Beseitigung der Abgaspartikel, wenn die Ablagerungsabweichung einen vorgegebenen Bezugswert überschreitet.

[0012] Die Ablagerungsmenge der im Partikelfilter festgehaltenen Abgaspartikel verändert sich auf Grund der unterschiedlichen Verbrennung der abgelagerten Abgaspartikel im Partikelfilter. Das Abgasreinigungssystem berechnet die Ablagerungsabweichung mit Hilfe des Bezugswertes und bestimmt somit, ob im Partikelfilter eine hohe Ablagerungsabweichung vorliegt oder nicht. Wenn die Ablagerungsabweichung den Bezugswert überschreitet, wird die Zwangsregeneration zur weitgehend vollständigen Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel durch-

geführt. Auf diese Weise lässt sich vermeiden, dass die Ablagerungsmenge in einem Bereich des Partikelfilters übermäßig ansteigt, wodurch sich das Auftreten einer starken Teilverbrennung im Partikelfilter effektiv verhindern lässt.

[0013] Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung umfasst das Abgasreinigungssystem eine Mengenermittlungseinrichtung zur Berechnung der Ablagerungsmenge der Abgaspartikel in einem Maximal-Ablagerungsbereich des Partikelfilters auf der Basis der Betriebszustände der Brennkraftmaschine einschließlich der Verbrennungsverteilung im Partikelfilter. Die Steuereinrichtung vervollständigt hierbei die Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel, wenn die Ablagerungsmenge in dem Maximal-Ablagerungsbereich einen vorgegebenen Bezugswert überschreitet.

[0014] Wenn im Partikelfilter eine unterschiedliche Verbrennung der abgelagerten Abgaspartikel erfolgt, fällt auch die Ablagerungsmenge der Abgaspartikel im Partikelfilter unterschiedlich aus. Durch Berechnung der Ablagerungsmenge in dem Maximal-Ablagerungsbereich auf der Basis der Verbrennungsverteilung und durch Vergleich der Ablagerungsmenge mit dem Bezugswert kann daher bestimmt werden, ob im Partikelfilter eine hohe Ablagerungsschwankung bzw. Ablagerungsstreuung vorliegt oder nicht. Wenn die Ablagerungsmenge den Bezugswert überschreitet, wird die Zwangsregeneration zur weitgehend vollständigen Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel durchgeführt. Auf diese Weise kann verhindert werden, dass die Ablagerungsmenge in einem Bereich des Partikelfilters übermäßig ansteigt, wodurch sich wiederum das Auftreten einer starken Teilverbrennung im Partikelfilter wirksam verhindern lässt.

[0015] Der Maximal-Ablagerungsbereich stellt einen Bereich dar, in dem die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer starken Verbrennung maximal ist. Da auf der Basis der Ablagerungsmenge in diesem Maximal-Ablagerungsbereich beurteilt wird, ob eine vollständige Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel erfolgen soll oder nicht, kann eine starke Verbrennung vermieden und ein Anstieg der Häufigkeit der Zwangsregenerationsvorgänge begrenzt werden.

[0016] Die Erfindung wird nachstehend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die zugehörigen Zeichnungen näher beschrieben. Es zeigen:

[0017] Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Abgasreinigungssystems einer Brennkraftmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

[0018] Fig. 2 ein Ablaufdiagramm einer von einer elektronischen Steuereinheit des Abgasreinigungssystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel durchgeführten Steuerung,

[0019] Fig. 3 eine Kennlinie der Temperaturverteilung in einem Partikelfilter des Abgasreinigungssystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel,

[0020] Fig. 4 eine Kennlinie, die eine Beziehung zwischen der Verbrennungsgeschwindigkeit der Abgaspartikel und der Temperatur des durch das Partikelfilter des Abgasreinigungssystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel hindurchtretenden Abgases veranschaulicht,

[0021] Fig. 5 eine zeitabhängige Darstellung der Veränderung der Ablagerungsmenge von Abgaspartikeln im Betrieb des Abgasreinigungssystems gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel,

[0022] Fig. 6 eine Kennlinie, die eine Beziehung zwischen dem Akkumulationswert einer Verbrennungsmenge der Abgaspartikel und der Ablagerungsveränderung der verbleibenden Abgaspartikel im Partikelfilter bei dem ersten Ausführungsbeispiel veranschaulicht,

[0023] Fig. 7 ein Ablaufdiagramm einer von einer elektronischen Steuereinheit eines Abgasreinigungssystems einer Brennkraftmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung durchgeführten Steuerung,

[0024] Fig. 8 eine Längsschnittansicht eines Partikelfilters des Abgasreinigungssystems gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0025] Fig. 9 eine Schnittansicht des Partikelfilters gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel, und

[0026] Fig. 10 ein Ablaufdiagramm einer von einer elektronischen Steuereinheit eines Abgasreinigungssystems einer Brennkraftmaschine gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung durchgeführten Steuerung.

Erstes Ausführungsbeispiel

[0027] In Fig. 1 ist eine Diesel-Brennkraftmaschine gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung schematisch dargestellt.

[0028] Ein Motorblock **1** der Diesel-Brennkraftmaschine gemäß Fig. 1 ist mit vier Zylindern ausgestattet und mit einem Ansaugkrümmer **21**, der den weitestgehend stromab gelegenen Bereich eines Ansaugkanals **2** bildet, sowie mit einem Abgaskrümmer **31** verbunden, der den weitestgehend stromauf gelegenen Bereich eines Abgaskanals **3** bildet.

Der Abgaskanal **3** ist im Zusammenführungsbereich des Abgaskrümmers **31** mit einem Partikelfilter **32** in Form eines Diesel-Partikelfilters (DPF) verbunden. Ein Hauptkörper **4** des Diesel-Partikelfilters **32** wird von einem Wabenkörper gebildet, der aus einem porösen Keramikmaterial wie Cordierit oder Siliziumcarbid und in Form einer runden Säule bzw. eines Zylinders ausgestaltet ist. Eine Öffnung eines jeden Kanals des Wabenkörpers ist an einer Endseite des Kanals in Axialrichtung verschlossen. Das von den Zylindern des Motorblocks **1** – ausgestoßene Abgas tritt in den Partikelfilter-Hauptkörper **4** über einen an einem Ende des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** vorgesehenen Einlass **4a** ein und strömt sodann in der Axialrichtung an einer porösen Zwischenwand im Inneren des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** entlang, wobei es durch die Zwischenwand hindurchtritt. Das Abgas strömt sodann über einen am anderen Ende des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** vorgesehenen Auslass **4b** in den stromabwärtigen Bereich des Abgaskanals **3**. Bei diesem Vorgang werden die im Abgas enthaltenen Abgaspartikelstoffe aufgefangen und sammeln sich im Diesel-Partikelfilter **32** in Abhängigkeit von der zurückgelegten Fahrtstrecke an. Der Partikelfilter-Hauptkörper **4** ist mit einem Oxidationskatalysator beschichtet, dessen Hauptbestandteile von Edelmetallen wie Platin oder Palladium gebildet werden. Der Oxidationskatalysator führt eine Oxidation und Verbrennung der Abgas-Partikelstoffe bei einem vorgegebenen Temperaturzustand zur Entfernung der Abgaspartikel herbei.

[0029] Ferner ist eine elektronische Steuereinheit (ECU) **51** zur Steuerung verschiedene Elemente und Bereiche der Brennkraftmaschine, wie der Injektoren des Motorblocks **1**, vorgesehen.

[0030] Der elektronischen Steuereinheit ECU **51** werden verschiedene Arten von Signalen zugeführt, die Betriebszustände der Brennkraftmaschine angeben. Hierbei sind auch Sensoren zur Messung der Menge der in dem Diesel-Partikelfilter **32** angesammelten Abgaspartikel (der Partikel-Ablagerungsmenge) vorgesehen, sodass der elektronischen Steuereinheit ECU **51** Signale zugeführt werden, die die gemessene Partikel-Ablagerungsmenge angeben. Weiterhin sind Temperatursensoren **53a**, **53b** vorgesehen, die in ein den Abgaskanal **3** bildendes Rohr hineinragen und auf diese Weise die Temperatur des Abgases am Diesel-Partikelfilter **32** (die Partikelfiltertemperatur T_{dpf}) messen. Hierbei ist der Temperatursensor **53a** unmittelbar stromauf des Diesel-Partikelfilters **32** angeordnet, während der Temperatursensor **53b** unmittelbar stromab des Diesel-Partikelfilters **32** angeordnet ist. Die von dem Temperatursensor **53a** erfasste Temperatur kann somit als Temperatur des Abgases am Einlass **4a** des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** angesehen werden, die nachstehend vereinfacht als DPF-Einlasstemperatur TIN bezeichnet ist, während die von dem Temperatursensor **53b**

erfasste Temperatur als Temperatur des Abgases am Auslass **4b** des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** angesehen werden kann, die nachstehend vereinfacht als DPF-Auslasstemperatur TOUT bezeichnet ist.

[0031] Der Abgaskanal **3** ist mit einer ersten Zweigleitung **33a**, die von dem Abgaskanal **3** an einem unmittelbar stromauf des Diesel-Partikelfilters **32** gelegenen Punkt abzweigt, und mit einer zweiten Zweigleitung **33b** verbunden, die von dem Abgaskanal **3** an einem Punkt unmittelbar stromab des Diesel-Partikelfilters **32** abzweigt. Ein Differenzdrucksensor **54** ist zwischen der ersten Zweigleitung **33a** und der zweiten Zweigleitung **33b** angeordnet und misst den Differenzdruck zwischen dem Einlass **4a** und dem Auslass **4b** des Diesel-Partikelfilters **32**. Der Differenzdruck gibt hierbei den Druckverlust am Diesel-Partikelfilter **32** an.

[0032] Stromauf des Ansaugkrümmers **21** ist im Ansaugkanal **2** ein Luftdurchflussmesser **52** angeordnet, der die Durchflussrate der Ansaugluft misst.

[0033] Ein Drucksensor ist an der Unterseite eines mit der Brennkraftmaschine ausgestatteten Kraftfahrzeugs als Luftdrucksensor **55** angeordnet und erfasst den Luftdruck der Umgebungsluft und damit den Druck der Atmosphäre, in der sich der Abgaskanal-**3** befindet. Weiterhin ist ein Temperatursensor an der Unterseite des Kraftfahrzeugs als Umgebungstemperatursensor **56** zur Erfassung der Umgebungstemperatur angeordnet.

[0034] Darüber hinaus werden Sensorsignale, die Betriebszustände wie die Fahrpedal- oder Drosselklappenstellung und die Kühlmitteltemperatur angeben, der elektronischen Steuereinheit ECU **51** zugeführt.

[0035] Die elektronische Steuereinheit ECU **51** wird im wesentlichen von einem Mikrocomputer gebildet, wobei in einem Festspeicher (ROM) der elektronischen Steuereinheit ECU **51** Steuerprogramme zur Steuerung verschiedener Elemente der Brennkraftmaschine und Programme zur Berechnung des Ablagerungszustands der Partikelstoffe in dem Diesel-Partikelfilter **32** bzw. der Partikel-Ablagerungsmenge gespeichert sind. Auf der Basis der berechneten Partikel-Ablagerungsmenge wird dann der Zeitpunkt für eine Regenerierung des Diesel-Partikelfilter **32** bestimmt.

[0036] Nachstehend werden die von der elektronischen Steuereinheit ECU **51** durchgeführten Schritte einer Ablaufsteuerung zur Regeneration des Diesel-Partikelfilters **32** unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm gemäß Fig. 2 näher beschrieben. Zunächst werden in einem Schritt S101 die Ansaugluftmenge G_a , der Luftdruck P_0 , die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} und der Partikelfilter-Druckverlust ΔP ein-

gegeben. Die Ansaugluftmenge G_a stellt hierbei eine Massendurchflussrate dar. Die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} umfasst die DPF-Einlasstemperatur T_{IN} und die DPF-Auslasstemperatur T_{OUT} .

[0037] Sodann wird in einem Schritt S102 die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} auf der Basis dieser Daten (Parameter) berechnet. Hierbei wird die Ansaugluftmenge G_a in eine Volumendurchflussrate des durch das Diesel-Partikelfilter **32** hindurchströmenden Abgases unter Berücksichtigung des Luftdruckes P_0 und der Partikelfiltertemperatur T_{dpf} als Zustände (Druck und Temperatur) des durch das Diesel-Partikelfilter **32** hindurchströmenden Abgases umgesetzt. Bei dieser Umsetzung wird ein Mittelwert der DPF-Einlasstemperatur T_{IN} und der DPF-Auslasstemperatur T_{OUT} als repräsentativer Wert der Temperatur im Inneren des Diesel-Partikelfilters **32** verwendet. Sodann wird die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} in Abhängigkeit von der erhaltenen Volumendurchflussrate und dem Partikelfilter-Druckverlust ΔP auf der Basis eines Kennfeldes oder einer charakteristischen Gleichung berechnet. Anstatt den Luftdruck P_0 als Druck des durch das Diesel-Partikelfilter **32** hindurchströmenden Abgases in Betracht zu ziehen, kann dieser Abgasdruck auch berechnet werden, indem der Druckverlust im Abgaskanal **3** stromab des Diesel-Partikelfilters **32** und der Druckverlust am Diesel-Partikelfilter **32** berücksichtigt werden (was nachstehend als stromabwärtiger Abgasrohr-Druckverlust bezeichnet wird). In diesem Fall sollte der stromabwärtige Abgasrohr-Druckverlust vorzugsweise durch Multiplikation der Volumendurchflussrate des Abgases mit einem vorgegebenen Koeffizienten berechnet werden. Außerdem kann ein verbrennungsabhängiger Volumenanstieg bei der Berechnung der Volumendurchflussrate des durch das Diesel-Partikelfilter **32** hindurchströmenden Abgases einbezogen werden.

[0038] In einem Schritt S103 wird sodann ermittelt, ob die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} „gleich einer oder größer als eine“ Regenerationseinleitungs-Partikelmenge M_{sta} ist, die einen oberen Grenzwert darstellt. Wenn das Ergebnis dieser Bestimmung im Schritt S103 „NEIN“ lautet, kehrt die elektronische Steuereinheit BCU **51** zum Schritt S101 zurück. Lautet das Ergebnis der Bestimmung im Schritt S103 dagegen „JA“, geht die elektronische Steuereinheit ECU **51** auf einen Schritt S104 über.

[0039] Im Schritt S104 wird ermittelt, ob die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} „gleich einer oder größer als eine“ Partikelfilter-Regenerationstemperatur T_{spo} ist, die einen Bezugswert für die Spontanregeneration darstellt. Der Mittelwert der DPF-Einlasstemperatur T_{IN} und der DPF-Auslasstemperatur T_{OUT} kann hierbei als Partikelfiltertemperatur T_{dpf} Verwendung finden. Alternativ kann auch eine beliebige andere repräsentative Temperatur in Betracht gezogen wer-

den, die die Temperatur im Diesel-Partikelfilter **32** angibt. Die Spontanregeneration ist ein Vorgang, bei dem durch eine Änderung des Betriebszustands der Brennkraftmaschine die Abgastemperatur auf einen Temperaturwert erhöht wird, der eine spontane Verbrennung der Abgaspartikel und damit deren Verringelung ermöglicht. Die Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur T_{spo} wird hierbei auf der Basis der Aktivierungstemperatur des Oxidationskatalysators des Diesel-Partikelfilters **32** eingestellt. Wenn das Ergebnis der Beurteilung im Schritt S104 „NEIN“ lautet, wird in einem Schritt S105 eine Zwangsregeneration z. B. in Form einer Nacheinspritzung durchgeführt.

[0040] In einem Schritt S106 werden die Ansaugluftmenge G_a , der Luftdruck P_0 , die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} und der Partikelfilter-Druckverlust ΔP wie im Schritt S101 eingegeben. In einem Schritt S107 wird sodann auf der Basis dieser Parameter wie im Schritt S102 die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} berechnet. Daraufhin wird in einem Schritt S108 ermittelt, ob die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} „gleich einer oder größer als eine“ Regenerationsbeendigungs-Partikelmenge M_{end} ist. Wenn bei dieser Beurteilung im Schritt S108 das Ergebnis „JA“ erhalten wird, wird die Zwangsregeneration in einem Schritt S109 beendet. Die Regenerationsbeendigungs-Partikelmenge M_{end} stellt einen Bezugswert zur Beendigung der Zwangsregeneration dar und ist auf einen ausreichend geringen Wert eingestellt, um einen Anstieg des Abgas-Gegendrucks in der Brennkraftmaschine auf Grund der Ablagerung der Abgaspartikel zu verhindern. Wenn jedoch diese Regenerationsbeendigungs-Partikelmenge M_{end} auf einen zu geringen Wert eingestellt ist, nimmt die Regenerationsgeschwindigkeit im Verlauf einer Regenerationsperiode ab, auch wenn die Nacheinspritzmenge im wesentlichen auf dem Wert der Anfangseinspritzmenge gehalten wird, sodass bei einer solchen Nacheinspritzung unnötig Kraftstoff verbraucht wird. Die Regenerationsgeschwindigkeit gibt die Ablaufgeschwindigkeit der Verbrennung und Verringerung der abgelagerten Abgaspartikel an. Die Regenerationsbeendigungs-Partikelmenge M_{end} ist daher auf einen relativ hohen Wert eingestellt, sodass die Zwangsregeneration bei einer ausreichend hohen Regenerationsgeschwindigkeit beendet wird und die Regeneration relativ effizient erfolgt.

[0041] Wenn das Ergebnis der im Schritt S108 erfolgenden Beurteilung dagegen „NEIN“ lautet, kehrt die elektronische Steuereinheit ECU **51** zum Schritt S104 zurück. Die Zwangsregeneration des Diesel-Partikelfilters **32** wird daher kontinuierlich durchgeführt, bis die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} die Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur T_{spo} erreicht.

[0042] Wenn bei der Beurteilung im Schritt S104 dagegen das Ergebnis „JA“ erhalten wird, erfolgt die

Verarbeitung eines Schrittes S110 und der sich daran anschließenden Schritte. Im Schritt S110 wird die Zwangsregeneration unterbrochen, weil die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} die Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur T_{spo} erreicht hat und somit die Spontanregeneration erfolgen kann.

[0043] Sodann werden in einem Schritt S111 die Ansaugluftmenge G_a , der Luftdruck P_O , die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} und der Partikelfilter-Druckverlust AP wie im Schritt S101 eingegeben. Anschließend wird in einem Schritt S112 die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} auf der Basis dieser Parameter wie im Schritt S102 berechnet.

[0044] In einem Schritt S113 wird sodann ermittelt, ob die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} „gleich einer oder geringer als eine“ Rückstell-Partikelmenge M_{res} ist, die einen vorgegebenen Wert (einen unteren Grenzwert) darstellt. Diese Rückstell-Partikelmenge M_{res} ist hierbei auf einen unter der Regenerationsbeendigungs-Partikelmenge M_{end} liegenden Wert eingestellt. Wenn nämlich bei fortschreitender Verbrennung der Ablagerungsunterschied im Diesel-Partikelfilter **32** zwischen einem abgebrannten Bereich, und einem nicht abgebrannten Bereich, in dem die Abgaspartikel noch nicht verbrannt worden sind, einen Grenzwert überschreitet, ist die Abnahme der Beurteilungsgenauigkeit nicht länger akzeptabel. Darüber hinaus besteht eine Tendenz zur Vergrößerung dieses Ablagerungsunterschieds mit fortschreitender Abnahme der in dem Diesel-Partikelfilter **32** verbleibenden Abgas-Partikelmenge, so dass die Rückstell-Partikelmenge M_{res} vorzugsweise auf einen erfassten Wert der in dem Diesel-Partikelfilter **32** verbliebenen Abgaspartikelmenge eingestellt werden sollte, der dem Grenzwert des Ablagerungsunterschiedes entspricht. Wenn das Ergebnis der Beurteilung im Schritt S113 „NEIN“ lautet, kehrt die elektronische Steuereinheit ECU **51** zum Schritt S104 zurück. Wird jedoch bei der Beurteilung im Schritt S113 das Ergebnis „JA“ erhalten, wird in einem Schritt S114 ermittelt, ob die Partikelfiltertemperatur T_{dpf} „gleich der oder größer als die“ Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur T_{spo} ist. Wird bei dieser Beurteilung im Schritt S114 das Ergebnis „JA“ erhalten, kehrt die elektronische Steuereinheit ECU **51** zum Schritt S111 zurück. Wenn dagegen das Ergebnis der Beurteilung im Schritt S114 „NEIN“ lautet, geht die elektronische Steuereinheit ECU **51** auf einen schritt S115 über. Wenn somit der Spontanregenerationszustand endet, nachdem die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} mit fortschreitender Spontanregeneration gleich der oder kleiner als die Rückstell-Partikelmenge M_{res} geworden ist, erfolgt die Verarbeitung des Schrittes S115 und der sich daran anschließenden Schritte, d. h., die Verarbeitung des Schrittes S115 und der folgenden Schritte erfolgt unter der Bedingung, dass im Spontanregenerationszustand die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} gleich

der oder kleiner als die Rückstell-Partikelmenge M_{res} wird.

[0045] Im Schritt S115 wird die Zwangsregeneration des Diesel-Partikelfilters **32** zur Fortsetzung der Regenerierung des Diesel-Partikelfilters **32** durchgeführt, da keine ausreichend hohe Temperatur für eine Spontanregeneration vorliegt. Hierbei ist ein Zeitähler t zur Messung der nach der Einleitung der Spontanregeneration im Schritt S115 abgelaufenen Zeit t angesteuert worden, wobei sodann in einem Schritt S116 ermittelt wird, ob die abgelaufene Zeit t eine Rückstell-Regenerationszeit t_{res} überschreitet. Hierbei wird die Verarbeitung des Schrittes S116 wiederholt, bis die abgelaufene Zeit t die Rückstell-Regenerationszeit t_{res} überschreitet. Wenn dann das Ergebnis der im Schritt S116 erfolgenden Beurteilung „JA“ lautet, wird die Zwangsregeneration in einem Schritt S117 beendet und der Zeitähler t zurückgestellt. Die Rückstell-Regenerationszeit t_{res} ist hierbei derart vorgegeben, dass die im Diesel-Partikelfilter **32** abgelagerten Abgaspartikel zuverlässig und vollständig zu dem Zeitpunkt verbrannt und beseitigt sind, bei dem die Rückstell-Regenerationszeit t_{res} nach dem Beginn der Zwangsregeneration abläuft und die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} der Rückstell-Partikelmenge M_{res} entspricht, d. h., die Rückstell-Regenerationszeit t_{res} ist auf eine Zeitdauer eingestellt, die zur vollständigen Verbrennung der Abgaspartikel auch in einem Maximal-Ablagerungsbereich der Abgaspartikel im Partikelfilter **32** (einem Bereich, in dem die Ablagerung der Abgaspartikel maximal ist) ausreicht.

[0046] Wie vorstehend beschrieben, erfolgt bei diesem Ausführungsbeispiel des Abgasreinigungssystems die Zwangsregeneration, wenn der Betriebszustand der Diesel-Brennkraftmaschine keinen Spontanregenerationszustand ermöglicht und die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} die Regenerationseinleitungs-Partikelmenge M_{sta} erreicht. Die Zwangsregeneration wird dann fortgesetzt, bis die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} sich auf die Regenerationsbeendigungs-Partikelmenge M_{end} verringert hat. Wenn der Spontanregenerationszustand auftritt, wird die Zwangsregeneration für eine entsprechende Zeitdauer unterbrochen um den bei der Nacheinspritzung entstehenden Kraftstoffverbrauch zu verringern. Die Zwangsregeneration wird hierbei ausgesetzt, bis der Spontanregenerationszustand nicht mehr vorliegt, da während der Spontanregeneration eine Zwangsregeneration unnötig ist.

[0047] Wenn während der Spontanregeneration die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} auf die Rückstell-Partikelmenge M_{res} abfällt, wird die Zwangsregeneration für eine angemessene Zeitdauer zur Beseitigung der im Diesel-Partikelfilter **32** angesammelten Abgaspartikel durchgeführt. Dem äußeren peripheren Bereich des Diesel-Partikelfilters **32** kann leicht

Wärme entzogen werden, sodass die Temperatur im äußeren peripheren Bereich dazu neigt, in der durch die Kennlinie gemäß **Fig. 3** veranschaulichten Weise abzunehmen. Die Kennlinie gemäß **Fig. 3** zeigt die Verteilung der Temperatur T des Diesel-Partikelfilters **32** in Radialrichtung, wobei das Bezugszeichen r in **Fig. 3** den Abstand von einer Mittelachse des Diesel-Partikelfilters **32** angibt. Mit abnehmender Temperatur T nimmt auch die Verbrennungsgeschwindigkeit C_{pm} der Abgaspartikel in der durch die Kennlinie gemäß **Fig. 4** veranschaulichten Weise ab. Während der Regeneration entsteht daher im Diesel-Partikelfilter **32** eine Verbrennungsverteilung, bei der im mittleren Bereich bei einer hohen Temperatur T eine hohe Verbrennungsgeschwindigkeit C_{pm} und im äußeren peripheren Bereich bei einer niedrigen Temperatur T eine geringe Verbrennungsgeschwindigkeit C_{pm} erhalten werden. Die Partikel-Ablagerungsmenge nimmt daher in dem die hohe Temperatur aufweisenden Bereich (dem mittleren Bereich) in stärkerem Maße als in dem die niedrige Temperatur aufweisenden Bereich (dem äußeren peripheren Bereich) ab.

[0048] In dem Diesel-Partikelfilter **32** tritt somit ein Verteilungsunterschied zwischen dem abgebrannten Bereich, in dem die Verbrennung der Abgaspartikel bereits erfolgt ist, und dem nicht abgebrannten Bereich auf, in dem noch keine Verbrennung der Abgaspartikel erfolgt ist. Auf Grund einer Änderung des Betriebszustands der Brennkraftmaschine kann nämlich bei der Spontanregeneration eine schnelle Abnahme der Abgastemperatur oder der Sauerstoffmenge im Abgas auftreten, was eine Unterbrechung der Spontanregeneration zur Folge hat. In einem solchen Fall kann sich der Ablagerungsunterschied zwischen einem abgebrannten Bereich und einem nicht abgebrannten Bereich in dem Diesel-Partikelfilter **32** vergrößern. Mit der Zunahme dieses Ablagerungsunterschiedes verringert sich auch die Beurteilungsgenauigkeit bei der Abschätzung bzw. Ermittlung der (gesamten) Partikel-Ablagerungsmenge in dem Diesel-Partikelfilter **32**. Wenn anschließend eine Partikel-Ablagerungsmenge der mit verringerter Genauigkeit berechneten Partikel-Ablagerungsmenge hinzuaddiert wird und die Zwangsregeneration auf der Basis der Summe dieser Partikel-Ablagerungsmengen erfolgt, steigt die Ablagerungsdichte in Bereichen des Diesel-Partikelfilters **32** am, in denen sich unverbrannte Abgaspartikel leicht ansammeln können. In einem solchen Falle besteht die Gefahr, dass die Verbrennungstemperatur bei der Durchführung der Regeneration übermäßig ansteigt.

[0049] Wenn wiederholt derartige Unterbrechungen der Spontanregeneration erfolgen, lagern sich zunehmend Abgaspartikel in Bereichen des Diesel-Partikelfilters **32** ab, in denen sich leicht unverbrannte Abgaspartikel ansammeln. Insbesondere unter bestimmten Bedingungen, bei denen die Entflammung der abgelagerten Abgaspartikel durch ein auf Grund

der Spontanregeneration schnell erwärmtes Abgas mit hohen Temperaturen beschleunigt erfolgt, besteht die Gefahr eines übermäßigen Anstiegs der Verbrennungstemperatur.

[0050] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird daher die Zwangsregeneration bis zur weitgehenden Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel kontinuierlich durchgeführt, wenn die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} bei einer Unterbrechung der Spontanregeneration gleich dem vorgegebenen Wert (der Rückstell-Partikelmenge M_{res}) oder kleiner ist. Die abgelagerten Abgaspartikel werden somit durch Vervollständigung der Regenerierung im Rahmen der Zwangsregeneration vollständig beseitigt, sodass der bisherige Ablagerungszustand der Abgaspartikel im Diesel-Partikelfilter **32** und Faktoren, die durch vorherige Regenerationsvorgänge entstehen und die Bewertungsgenauigkeit der Partikel-Ablagerungsmenge in Frage stellen, keine Rolle mehr spielen. Auf diese Weise lässt sich das Auftreten übermäßig hoher Temperaturen während des Verbrennungsvorgangs der Abgaspartikel in dem Diesel-Partikelfilter **32** verhindern.

[0051] In **Fig. 5** ist die zeitabhängige Veränderung der Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} veranschaulicht. Wenn die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} die Regenerationseinleitungs-Partikelmenge M_{sta} erreicht, wird in einem Bereich A gemäß **Fig. 5** die Zwangsregeneration durchgeführt. In den Bereichen n gemäß **Fig. 5** erfolgt der übliche Betrieb, wobei die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} auch in den Perioden abnimmt, in denen die Spontanregeneration erfolgt und die Zwangsregeneration nicht durchgeführt wird. Die Partikel-Ablagerungsmenge M_{pm} verändert sich, während eine wiederholte Ablagerung der Abgaspartikel und Verbrennung und Verringerung der Abgaspartikel durch die Regeneration erfolgt. In Zeiten, in denen eine Regeneration erfolgt, vergrößern sich Abweichungen (Verzerrungen) der Partikel-Ablagerungsmenge auf Grund von unterschiedlichen Verbrennungsgeschwindigkeiten im Diesel-Partikelfilter **32**. Die Kennlinie gemäß **Fig. 6** veranschaulicht eine Beziehung zwischen dem Partikel-Ablagerungsmengenunterschied M_{pm} und einem Partikel-Verbrennungsmengenakkumulationswert S_{pm} bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 20 km/h (einem Akkumulationswert der Menge an verbrannten Abgaspartikeln nach einer gleichmäßigen Ablagerung der Abgaspartikel). Der Partikel-Ablagerungsmengenunterschied δ_{pm} gemäß **Fig. 6** wird durch Subtraktion der Partikel-Ablagerungsmenge (einer minimalen Partikel-Ablagerungsmenge) in einem Minimal-Ablagerungsbereich des Diesel-Partikelfilters **32**, in dem sich die kleinste Menge von Abgaspartikeln abgelagert, von einer Partikel-Ablagerungsmenge (einer maximalen Partikel-Ablagerungsmenge) in einem Maximal-Ablagerungsbereich des Diesel-Partikelfilters **32** berechnet, in dem sich die größte Menge an Abgaspartikeln abgelagert. Wie **Fig. 6** zu entnehmen ist, ver-

größert sich der Partikel-Ablagerungsmengenunterschied δ_{pm} mit fortschreitender Verbrennung.

[0052] Bei einem Abgasreinigungssystem des Standes der Technik treten mit zunehmender Ablagerung der Abgaspartikel im Inneren des Diesel-Partikelfilters Abweichungen bzw. Verzerrungen der Partikel-Ablagerungsmenge auf. Wenn dann die aus dem Partikelfilter-Druckverlust AP und der Abgasdurchflussrate berechnete Partikel-Ablagerungsmenge Mpm wieder die Regenerationseinleitungs-Partikelmenge Msta in der durch eine gestrichelte Kennlinie Mpm' in Fig. 5 dargestellten Weise erreicht und die Zwangsregeneration in einem Bereich A' durchgeführt wird, besteht die Gefahr, dass im äußeren peripheren Bereich, der eine große Partikel-Ablagerungsmenge enthält, ein lebhafter, starker Verbrennungsvorgang erfolgt.

[0053] Wenn dagegen bei diesem Ausführungsbeispiel die Partikel-Ablagerungsmenge Mpm auf Grund der Spontanregeneration auf die Rückstell-Partikelmenge Mres abfällt, werden die abgelagerten Abgaspartikel durch Vervollständigung des Regenerationsvorgangs im Rahmen der Zwangsregeneration vollständig beseitigt, wie dies in dem Bereich B gemäß Fig. 5 veranschaulicht ist. Die Partikel-Ablagerungsmenge Mpm wird somit in der durch die durchgezogene Kennlinie Mpm in Fig. 5 dargestellten Weise auf den Wert 0 verringert. Auch wenn anschließend die Partikel-Ablagerungsmenge Mpm wieder auf die Regenerationseinleitungs-Partikelmenge Msta ansteigt, kann ein übermäßiger Anstieg der Partikel-Ablagerungsmenge im äußeren peripheren Bereich (dem Maximal-Ablagerungsbereich) des Diesel-Partikelfilters 32 und damit eine starke Verbrennung der Abgaspartikel verhindert werden.

[0054] Bei der Durchführung der Zwangsregeneration zur Beseitigung der Abgaspartikel ist die Rückstell-Regenerationszeit Tres auf eine ausreichende Zeitdauer zur Beseitigung der Abgaspartikel eingestellt. Wenn die Partikelfiltertemperatur Tdpf die Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur Tspo im Verlauf der Zwangsregeneration überschreitet, kann die Zwangsregeneration unterbrochen bzw. ausgesetzt werden, während die Partikelfiltertemperatur Tdpf die Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur Tspo überschreitet, sodass nur eine Spontanregeneration erfolgt. In diesem Fall kann die Rückstell-Regenerationszeit tres entsprechend der Dauer der Spontaregeneration verringert werden.

[0055] Anstelle der Beurteilung, ob die Spontanregeneration erfolgen soll, indem die Partikelfiltertemperatur Tdpf mit der Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur Tspo verglichen wird, kann alternativ auch auf der Basis eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine wie der Drehzahl oder dem Lastzustand der Brennkraftmaschine beurteilt werden,

ob der Betriebszustand der Diesel-Brennkraftmaschine einem bestimmten Betriebszustand entspricht, in dem eine Spontanregeneration erfolgen kann. In diesem Falle wird eine Relation zwischen dem Betriebszustand der Brennkraftmaschine und der Partikelfiltertemperatur Tdpf gebildet und von der elektronischen Steuereinheit ECU 51 in Form eines Kennfeldes vorgespeichert.

Zweites Ausführungsbeispiel

[0056] Nachstehend werden unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm gemäß Fig. 7 die Schritte einer von einer elektronischen Steuereinheit ECU 51 eines Abgasreinigungssystems einer Brennkraftmaschine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel durchgeführten Ablaufsteuerung näher beschrieben.

[0057] Die elektronische Steuereinheit ECU 51 berechnet die Partikel-Ablagerungsmenge Mdpf wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels. Wenn die Partikel-Ablagerungsmenge Mdpf die Regenerationseinleitungs-Partikelmenge Msta überschreitet, setzt die Zwangsregeneration ein. Die Zwangsregeneration wird dann fortgesetzt, bis die Partikel-Ablagerungsmenge Mpm sich auf die Regenerationsbeendigungs-Partikelmenge Mend verringert hat, und zwar mit Ausnahme der Zeiten, bei denen die Partikelfiltertemperatur Tdpf gleich der Partikelfilter-Spontanregenerationstemperatur Tspo oder höher ist.

[0058] In einem Schritt S201 des Ablaufdiagramms gemäß Fig. 1 werden die Ansaugluftmenge Ga, der Luftdruck PO, die Abgas bzw. Partikelfiltertemperatur Tdpf, eine Umgebungstemperatur Ta sowie der Partikelfilter-Druckverlust ΔP eingegeben.

[0059] In einem Schritt S202 wird sodann die Temperaturverteilung im Diesel-Partikelfilter 32 auf der Basis der eingegebenen Abgastemperatur Tdpf berechnet. Der Partikelfilter-Hauptkörper 4 ist entlang der Mittelachse X in der Richtung vom Einlass 4a zum Auslass 4b des Diesel-Partikelfilters 32 in drei Bereiche unterteilt, wobei jeder dieser Teilbereiche wiederum in Radialrichtung in drei weitere Teilbereiche unterteilt ist, wie dies in den Fig. 8 und Fig. 9 veranschaulicht ist. Der Partikelfilter-Hauptkörper 4 ist somit in neun Bereiche S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8 und S9 unterteilt. Die Temperaturverteilung im Diesel-Partikelfilter 32 wird hierbei durch Bestimmung bzw. Abschätzung repräsentativer Temperaturen der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 berechnet. Die Bereiche S1 bis S9 besitzen jeweils die gleichen Axialabmessungen sowie den gleichen Querschnitt (in senkrecht zu der Mittelachse X verlaufenden Ebenen). Somit besitzen die jeweiligen Bereiche S1 bis S9 im wesentlichen das gleiche Volumen, sodass auch das grundlegende Aufnahmevermögen der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 in Bezug auf die Ansammlung bzw. Ablagerung von Abgaspartikeln im

wesentlichen gleich ist. Hierbei sind die Bereiche S1, S2, S3 in der Nähe des Einlasses **4a** des Diesel-Partikelfilters **32** in dieser Reihenfolge vom mittleren Bereich in Richtung der äußeren Peripherie des Diesel-Partikelfilters **32** angeordnet, während die Bereiche S4, S5, S6 in Bezug auf die Mittelachse X in der Mitte des Diesel-Partikelfilters dieser Reihenfolge vom mittleren Bereich in Richtung äußeren Peripherie des Diesel-Partikelfilters **32** und Bereiche S1, S8, S9 in der Nähe des Auslasses **4b** des Diesel-Partikelfilters **32** in dieser Reihenfolge vom mittleren Bereich in Richtung der äußeren Peripherie Diesel-Partikelfilters **32** angeordnet sind.

[0060] Die Temperaturen in den entsprechenden Bereichen S1 bis S9 werden z. B. auf der Basis der DPF-Einlasstemperatur TIN und der Umgebungstemperatur Ta abgeschätzt bzw. ermittelt. Hierbei sind Punkte zur Ermittlung der Temperaturen in den jeweiligen Bereichen S1 bis S9 auf einer 1-zu-1-Basis festgelegt, d. h., in den Bereichen S1 bis S9 sind jeweilige Temperaturbestimmungspunkte A, B, C, D, E, F, G, H und I festgelegt. Die Temperaturbestimmungspunkte A bis I befinden sich z. B. in der jeweiligen Mitte der Bereiche S1 bis S9. Die Bezugszeichen A bis I bezeichnen hierbei auch die jeweiligen Temperaturen an den Punkten A bis I.

[0061] Bei der Bestimmungsverarbeitung der Temperaturen A bis I werden zunächst die Temperaturen A, D, G an den Punkten A, D, G auf der Mittelachse X auf der Basis der DPF-Einlasstemperatur TIN abgeschätzt bzw. bestimmt. Sodann werden die Temperaturen B, C an den Punkten B, C der koaxial zu dem Bereich S1 angeordneten Bereiche S2, S3 auf der Basis der Temperatur A bestimmt. Die Temperaturen E, F an den Punkten E, F der koaxial zu dem Bereich S4 angeordneten Bereiche S5, S6 werden auf der Basis der Temperatur D bestimmt, während die Temperaturen H, I an den Punkten H, I der koaxial zu dem Bereich S7 angeordneten Bereiche S8, S9 auf der Basis der Temperatur G bestimmt werden.

[0062] Ein Modell zur Bestimmung der Temperaturen A, D, G an den Punkten A, D, G auf der Mittelachse X lässt sich (in Form der nachstehenden Gleichung (1)) durch eine Übergangsfunktion T(s) ausdrücken, die aus einer Verzögerung erster Ordnung und einer Totzeit besteht. Bei diesem Modell T(s) findet die DPF-Einlasstemperatur TIN als Eingangsgröße Verwendung. In der Gleichung (1) bezeichnet das Bezugszeichen T eine Zeitkonstante, während das Bezugszeichen L die Totzeit bezeichnet.

$$T(s) = [1/(1 + Ts)]e^{-Ls} \quad (1)$$

[0063] Die Änderung der Temperatur im Diesel-Partikelfilter **32** kann als Sprungantwort auf eine Änderung der DPF-Einlasstemperatur TIN angesehen werden, d. h., wenn sich die DPF-Einlasstemperatur

TIN bzw. die Temperatur des in das Diesel-Partikelfilter **32** eintretenden Abgases sprunghaft oder stufenartig ändert, setzt sich diese Änderung zu den Punkten A, D, G fort. Auf Grund der Zeit, die diese Temperaturänderung bis zum Erreichen der stromab des die DPF-Einlasstemperatur TIN erfassenden Temperatursensors **53a** gelegenen Punkte benötigt, folgen die Temperaturen A, D, G der Änderung der DPF-Einlasstemperatur TIN zunächst mit einer gewissen Verzögerung und konvergieren sodann gegen den Wert der DPF-Einlasstemperatur TIN. Das durch die vorstehende Übergangsfunktion mit einer Verzögerung erster Ordnung und einer Totzeit ausgedrückte Modell ermöglicht somit eine geeignete Schätzung bzw. Bestimmung der Temperaturen innerhalb des Diesel-Partikelfilters **32**.

[0064] Die zeitliche Verzögerung an einem bestimmten vergrößert sich mit zunehmendem Abstand dieses Punktes von dem Temperatursensor **53a**. Am Punkt somit die größte Verzögerung auf. Die der DPF-Einlasstemperatur TIN folgenden Änderungen der Temperaturen A, D, G oder die anschließenden Änderungen zeigen einen allmählichen Verlauf, was auf der relativ großen Wärmekapazität des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** beruht, dessen Grundmaterial aus einem Keramikwerkstoff besteht. Die Geschwindigkeit einer Änderung an einem bestimmten Punkt verringert sich mit fortschreitendem Abstand dieses bestimmten Punktes in stromabwärtiger Richtung von dem Temperatursensor **53a**. Die Geschwindigkeit einer anschließenden Änderung weist somit am Punkt G den geringsten Wert auf. Mit steigender Durchflussrate und steigender Durchflussgeschwindigkeit des Abgases verkürzen sich die Verzögerungszeiten in ihrer Gesamtheit, sodass sich die Geschwindigkeit anschließender Änderungen vergrößert. Somit vergrößert sich die Totzeit L an einem bestimmten Punkt mit steigender Entfernung dieses bestimmten Punktes von dem Temperatursensor **53a**, während sie bei steigender Durchflussrate des Abgases abnimmt. Die Zeitkonstante T an einem bestimmten Punkt vergrößert sich ebenfalls mit steigender Entfernung dieses bestimmten Punktes von dem Temperatursensor **53a**, während sie mit steigender Durchflussrate des Abgases abnimmt.

[0065] Die Temperaturen A, D, G an den Punkten A, D, G auf der Mittelachse X des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** können somit aus der DPF-Einlasstemperatur TIN abgeleitet werden, wodurch sich die Temperaturverteilung entlang der Mittelachse X des Partikelfilter-Hauptkörpers **4** erhalten lässt.

[0066] Die Temperaturen in den koaxial zu den Bereichen 1, 4, 7 angeordneten Bereichen werden in Abhängigkeit von den an den Punkten auf der Mittelachse X bestimmten Temperaturen A, D, G und der Umgebungstemperatur Ta auf der Basis eines Kennfeldes oder dergleichen bestimmt, durch das die

Temperaturen der jeweiligen Bereiche den Temperaturen A, D, G und der Umgebungstemperatur T_a zugeordnet werden. Das Kennfeld ist hierbei derart aufgebaut, dass die Temperatur im Bereich der Mittelachse X hoch ist und in Richtung des äußeren peripheren Bereichs abnimmt, da im äußeren peripheren Bereich Auswirkungen durch den über die Umgebungsluft erfolgenden Wärmeentzug zu berücksichtigen sind.

[0067] Im Schritt S203 werden die Verbrennungsgeschwindigkeiten C_{pm} der abgelagerten Abgaspartikel in den jeweiligen Bereichen S1 bis S9 auf der Basis der Temperaturen A bis I in den jeweiligen Bereichen S1 bis S9 berechnet. Die Verbrennungsgeschwindigkeit C_{pm} entspricht hierbei der Menge der Abgaspartikel, die in einer einem Zyklus entsprechenden Einheitszeit verbrannt wird, bei dem die Verarbeitung der Schritte S201 bis S206 erfolgt. Wie in **Fig. 4** veranschaulicht ist, steigt die Verbrennungsgeschwindigkeit C_{pm} mit zunehmender Temperatur T in einem Bereich der Temperatur T an der einer der Aktivierungstemperatur des Oxidationskatalysators des Diesel-Partikelfilters **32** entsprechenden Verbrennungstarttemperatur entspricht oder darüber liegt.

[0068] In einem Schritt S204 werden Partikel-Ablagerungsmengen m_{pm} der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 auf der Basis von charakteristischen Partikel-Ablagerungsgleichungen berechnet. Diese Partikel-Ablagerungsgleichungen, durch die die Partikel-Ablagerungsmengen m_{pm} den Abgas-Durchflussraten der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 und dem Partikelfilter-Druckverlust ΔP zugeordnet werden, sind vorgespeichert. Die Durchflusscharakteristik der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 wird von der Abgas-Durchflussrate der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 und dem Partikelfilter-Druckverlust ΔP bestimmt, wobei sich die Durchflusscharakteristik und die charakteristischen Partikel-Ablagerungsgleichungen der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 in Abhängigkeit von der Verbrennung der Abgaspartikel verändern. Die charakteristischen Partikel-Ablagerungsgleichungen werden daher zunächst entsprechend den Verbrennungsmengen (den jeweiligen Mengen der verbrannten Abgaspartikel) erneuert. Sodann werden die Partikel-Ablagerungsmengen m_{pm} der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 auf der Basis der erneuerten charakteristischen Partikel-Ablagerungsgleichungen berechnet. Die Abgas-Durchflussraten, die in die charakteristischen Partikel-Ablagerungsgleichungen zur Berechnung der Partikelablagerungsmengen m_{pm} der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 eingehen, werden durch Teilung der auf der Basis der Ansaugluftmenge G_a berechneten Abgas-Durchflussrate entsprechend den Partikel-Ablagerungsmengen der jeweiligen Bereiche S1 bis S9 abzüglich der Verbrennungsmengen berechnet.

[0069] In einem Schritt S205 wird dann die Differenz zwischen einer maximalen Partikel-Ablagerungsmenge $m_{pm(max)}$ und einer minimalen Partikel-Ablagerungsmenge $m_{pm(min)}$ der Partikel-Ablagerungsmengen m_{pm} der Bereiche S1 bis S9 als ein Ablagerungsabweichung angegebender Partikel-Ablagerungsmengenunterschied δm_{pm} berechnet.

[0070] In einem Schritt S206 wird dieser Partikel-Ablagerungsmengenunterschied δm_{pm} mit einem Bezugswert α verglichen und hierbei ermittelt, ob der Partikel-Ablagerungsmengenunterschied δm_{pm} „gleich dem oder größer als der“ Bezugswert α ist. Wenn das Ergebnis dieser Beurteilung im Schritt S206 „JA“ lautet, wird in einem Schritt S201 die Zwangsregeneration wie bei den Schritten S115 bis S117 des ersten Ausführungsbeispiels durchgeführt. Auf diese Weise werden die abgelagerten Abgaspartikel beseitigt.

[0071] Wenn das Ergebnis der Beurteilung im Schritt S206 dagegen „NEIN“ lautet, kehrt die elektronische Steuereinheit ECU **51** zum Schritt S201 zurück.

[0072] Anstelle der im Schritt S205 erfolgenden Berechnung des Partikel-Ablagerungsmengenunterschiedes δm_{pm} aus der Differenz zwischen der maximalen Partikel-Ablagerungsmenge $m_{pm(max)}$ und der minimalen Partikel-Ablagerungsmenge $m_{pm(min)}$ der Bereiche S1 bis S9 können alternativ die (im Schritt S203 berechneten) Verbrennungsgeschwindigkeiten C_{pm} auch für jeden Bereich akkumuliert und die Differenz zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert der akkumulierten Verbrennungsgeschwindigkeiten als Partikel-Ablagerungsmengenunterschied δm_{pm} betrachtet werden. Durch denjenigen Teil des Diesel-Partikelfilters **32**, der ein leichtes Hindurchtreten ermöglicht, tritt nämlich eine große Abgasmenge hindurch. Auch wenn sich Veränderungen der Ablagerungsmenge im Diesel-Partikelfilter **32** durch die Verbrennung der abgelagerten Abgaspartikelergeben, findet daher ein selbstregelnder Vorgang statt, durch den diese Unterschiede aufgehoben werden. Je nach den Spezifikationen können die abgelagerten Abgaspartikel somit durch Ausführung der Zwangsregeneration beseitigt werden, wenn die Differenz zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert der Akkumulationswerte der Verbrennungsmengen in den Bereichen S1 bis S9 einen vorgegebenen Bezugswert erreicht oder größer wird, da der Partikel-Ablagerungsmengenunterschied δm_{pm} von der Verbrennung der abgelagerten Abgaspartikel abhängt. Anstelle einer Berechnung der Temperaturverteilung aus der DPF-Einlasstemperatur T_{IN} auf der Basis der Übergangsfunktion kann die Temperaturverteilung im Diesel-Partikelfilter **32** auch aus der DPF-Auslasstemperatur T_{OUT} auf der Basis einer inversen Übergangsfunktion berechnet werden. Alternativ kann die Temperaturverteilung Im Diesel-Partikelfilter **32** auch auf der Basis der DPF-Einlasstem-

peratur TIN und der DPF-Auslasstemperatur TOUT berechnet werden.

[0073] Die Verbrennungsgeschwindigkeit Cpm kann auch auf der Basis von anderen Zustandsgrößen berechnet werden, die zusätzlich zu den Temperaturen des Diesel-Partikelfilters **32** Betriebszustände der Diesel-Brennkraftmaschine angeben. So bestimmt z. B. die Abgas-Durchflussrate die Zuführung von Sauerstoff und beeinflusst damit die Verbrennungsgeschwindigkeit Cpm.

Drittes Ausführungsbeispiel

[0074] Nachstehend werden unter Bezugnahme auf das Ablaufdiagramm gemäß **Fig. 10** Steuerschritte näher beschrieben, die von einer elektronischen Steuereinheit ECU **51** eines Abgasreinigungssystems einer Brennkraftmaschine gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung ausgeführt werden.

[0075] In einem Schritt S301 werden die Ansaugluftmenge Pa, der Luftdruck P0, die Partikelfiltertemperatur Tdpf, die Umgebungstemperatur Ta und der Partikelfilter-Druckverlust ΔP wie im Falle des Schrittes S201 des zweiten Ausführungsbeispiels eingegeben. Sodann werden in einem Schritt S302 die Temperaturen A bis I in den jeweiligen Bereichen S1 bis S9 wie im Falle des Schrittes S202 des zweiten Ausführungsbeispiels berechnet. Danach werden in einem Schritt S303 die Verbrennungsgeschwindigkeiten Cpm in den jeweiligen Bereichen S1 bis S9 wie im Falle des Schrittes S203 des zweiten Ausführungsbeispiels berechnet.

[0076] In einem Schritt S304 werden die Partikel-Ablagerungsmengen mpm in den jeweiligen Bereichen S1 bis S9 des Diesel-Partikelfilters **32** berechnet und der Maximalwert der Partikel-Ablagerungsmengen mpm als die in einem Maximalablagerungsbereich vorliegende Partikel-Ablagerungsmenge mpm (max) bestimmt.

[0077] In einem Schritt S305 wird dann die in diesem Maximalablagerungsbereich vorliegende Partikel-Ablagerungsmenge mpm(max) mit einem Bezugswert β verglichen und hierbei ermittelt, ob die in dem Maximal-Ablagerungsbereich vorliegende Partikel-Ablagerungsmenge mpm(max) „gleich dem oder größer als der“ Bezugswert β ist. Wenn das Ergebnis dieser Beurteilung im Schritt S305 „JA“ lautet, wird die Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel in einem Schritt S306 wie im Falle des Schrittes S207 des zweiten Ausführungsbeispiels durchgeführt. Wenn dagegen im Schritt S305 das Ergebnis „NEIN“ erhalten wird, kehrt die elektronische Steuereinheit ECU **51** zum Schritt S301 zurück.

[0078] Wenn ein geringer Ablagerungsunterschied der Abgaspartikel vorliegt und die Partikel-Ablagerungsmenge mpm(max) im Maximal-Ablagerungsbereich den Bezugswert β nicht erreicht, wird die übliche Zwangsregeneration durchgeführt, wenn die Partikel-Ablagerungsmenge Mpm die Regenerationseinkleitungs-Partikelmenge Msta erreicht. Die Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel wird hierbei durchgeführt, nachdem die übliche Zwangsregeneration mit einer vorgegebenen Häufigkeit erfolgt ist.

[0079] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Beurteilung, ob die Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel erfolgen soll oder nicht, auf der Basis der Partikel-Ablagerungsmenge mpm(max) in dem Maximalablagerungsbereich getroffen, in dem die größte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer lebhaften, starken Verbrennung besteht. Die Beseitigung der Abgaspartikel erfolgt somit erst nachdem die Partikel-Ablagerungsmenge mpm in einem bestimmten Bereich auf Grund der unterschiedlichen Ablagerung der Abgaspartikel angestiegen ist, d. h., die Beseitigung der Abgaspartikel erfolgt im wesentlichen nicht nur auf Grund der Tatsache, dass ein großer Ablagerungsunterschied bzw. eine große Ablagerungsabweichung vorliegt. Auf diese Weise kann ein Anstieg der Häufigkeit der Beseitigungsvorgänge der Abgaspartikel verhindert werden. Wie vorstehend beschrieben, wird von einer elektronischen Steuereinheit (ECU **51**) einer Brennkraftmaschine eine jeweilige Ablagerungsmenge von Abgaspartikeln auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine wie dem Differenzdruck an einem Diesel-Partikelfilter (**32**) berechnet. Wenn die jeweilige Ablagerungsmenge einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet, führt die elektronische Steuereinheit (ECU **51**) eine Zwangsregeneration des Diesel-Partikelfilters (**32**) zur zwangsgesteuerten Verbrennung und Verringerung der abgelagerten Abgaspartikel durch. Hierbei bestimmt die elektronische Steuereinheit (ECU **51**), dass eine Spontanregeneration erfolgen kann, wenn die Temperatur des Abgases in dem Diesel-Partikelfilter (**32**) einer Referenztemperatur entspricht oder höher ist. Danach vervollständigt die elektronische Steuereinheit (ECU **51**) die Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel, wenn sie die Beurteilung trifft, dass eine Unterbrechung der Spontanregeneration eingetreten und die Ablagerungsmenge gleich einem vorgegebenen unteren Grenzwert oder kleiner geworden ist.

Patentansprüche

1. Abgasreinigungssystem für eine Brennkraftmaschine, bei dem ein Partikelfilter (**32**) in einem Abgaskanal (**3**) der Brennkraftmaschine zum Auffangen von im Abgas enthaltenen Abgaspartikeln angeordnet ist

und eine Regeneration des Partikelfilters (32) zur Verbrennung und Verringerung der in dem Partikelfilter (32) abgelagerten Abgaspartikel durch eine Spontanregeneration, bei der die abgelagerten Abgaspartikel durch einen Anstieg der Abgastemperatur spontan verbrannt und verringert werden, und durch eine Zwangsregeneration zur zwangsgesteuerten Verbrennung und Verringerung der abgelagerten Abgaspartikel erfolgt, wenn eine auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine berechnete jeweilige Ablagerungsmenge der abgelagerten Abgaspartikel einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet, gekennzeichnet durch eine Beurteilungseinrichtung (S104, S114), die in Abhängigkeit von den Betriebszuständen der Brennkraftmaschine feststellt, ob die Spontanregeneration erfolgt oder nicht, und eine Steuereinrichtung (S113, S114, S115, S116, S117), die die Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel vervollständigt, wenn die Beurteilungseinrichtung (S104, S114) feststellt, dass nach einem Beginn der Spontanregeneration eine Unterbrechung der Spontanregeneration erfolgt ist und die Ablagerungsmenge gleich einem vorgegebenen Rückstellwert oder geringer geworden ist.

2. Abgasreinigungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Temperaturmesseinrichtung (S101, S106, S111) zur Messung der Temperatur in dem Partikelfilter (32) vorgesehen ist, und die Beurteilungseinrichtung (S104, S114) das Vorliegen einer Spontanregeneration ermittelt, wenn die gemessene Temperatur eine vorgegebene Bezugstemperatur überschreitet.

3. Abgasreinigungssystem nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinrichtung (S113 bis S117) den vorgegebenen Rückstellwert auf einen unteren Grenzwert der Ablagerungsmenge der Abgaspartikel einstellt, der einem zulässigen Grenzwert einer sich im Verlauf der Regeneration vergrößernden Ablagerungsmenge der Abgaspartikel in dem Partikelfilter (32) entspricht.

4. Abgasreinigungssystem für eine Brennkraftmaschine, bei dem ein Partikelfilter (32) in einem Abgaskanal (3) der Brennkraftmaschine zum Auffangen von im Abgas enthaltenen Abgaspartikeln angeordnet ist und eine Regeneration des Partikelfilters (32) zur Verbrennung und Verringerung der in dem Partikelfilter (32) abgelagerten Abgaspartikel durch eine Spontanregeneration, bei der die abgelagerten Abgaspartikel durch einen Anstieg der Abgastemperatur spontan verbrannt und verringert werden, und durch eine Zwangsregeneration zur zwangsgesteuerten Verbrennung und Verringerung der abgelagerten Abgaspartikel erfolgt, wenn eine auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine berechnete

jeweilige Ablagerungsmenge der abgelagerten Abgaspartikel einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet, gekennzeichnet durch eine Verteilungsmesseinrichtung (S202, S203) zur Messung einer Verbrennungsverteilung der abgelagerten Abgaspartikel in dem Partikelfilter (32), eine Abweichungsberechnungseinrichtung (S205) zur Berechnung einer Ablagerungsmenge der Abgaspartikel in dem Partikelfilter (32) angegebenden Ablagerungsabweichung auf der Basis der Verbrennungsverteilung in dem Partikelfilter (32), und eine Steuereinrichtung (S206, S207), die die Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel vervollständigt, wenn die Ablagerungsabweichung einen vorgegebenen Bezugswert überschreitet.

5. Abgasreinigungssystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abweichungsberechnungseinrichtung (S205) in mehreren Bereichen des Partikelfilters (32) angesammelte Ablagerungsmengen der Abgaspartikel sowie eine Differenz zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert der Ablagerungsmengen als Ablagerungsabweichung berechnet.

6. Abgasreinigungssystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abweichungsberechnungseinrichtung (S205) eine Akkumulation von Verbrennungsgeschwindigkeiten der Abgaspartikel in mehreren Bereichen des Partikelfilters (32) vornimmt und eine Differenz zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert der akkumulierten Verbrennungsgeschwindigkeiten als Ablagerungsabweichung berechnet.

7. Abgasreinigungssystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abweichungsberechnungseinrichtung (S205) Verbrennungsmengen der Abgaspartikel in mehreren Bereichen des Partikelfilters (32) akkumuliert und eine Differenz zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert der akkumulierten Verbrennungsmengen der Abgaspartikel als Ablagerungsabweichung berechnet.

8. Abgasreinigungssystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Temperaturmesseinrichtung (S201) zur Messung der Temperatur in dem Partikelfilter (32) vorgesehen ist, und die Verteilungsmesseinrichtung (S202, S203) eine Verbrennungsgeschwindigkeit der abgelagerten Abgaspartikel auf der Basis einer Relation zwischen der Temperatur und der Verbrennungsgeschwindigkeit berechnet.

9. Abgasreinigungssystem für eine Brennkraftmaschine, bei dem ein Partikelfilter (32) in einem Abgaskanal (3) der Brennkraftmaschine zum Auffangen von im Abgas enthaltenen Abgaspartikeln angeordnet ist

und eine Regeneration des Partikelfilters (32) zur Verbrennung und Verringerung der in dem Partikelfilter (32) abgelagerten Abgaspartikel durch eine Spontanregeneration, bei der die abgelagerten Abgaspartikel durch einen Anstieg der Abgastemperatur spontan verbrannt und verringert werden, und durch eine Zwangsregeneration zur zwangsgesteuerten Verbrennung und Verringerung der abgelagerten Abgaspartikel erfolgt, wenn eine auf der Basis von Betriebszuständen der Brennkraftmaschine berechnete jeweilige Ablagerungsmenge der abgelagerten Abgaspartikel einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet, gekennzeichnet durch eine Verteilungsmesseinrichtung (S302, S303) zur Messung einer Verbrennungsverteilung der abgelagerten Abgaspartikel in dem Partikelfilter (32), eine Mengenberechnungseinrichtung (S304), die auf der Basis der Betriebszustände der Brennkraftmaschine einschließlich der Verbrennungsverteilung in dem Partikelfilter (32) eine Ablagerungsmenge der Abgaspartikel in einem Maximal-Ablagerungsbereich des Partikelfilters (32) berechnet, in dem die Ablagerungsmenge in dem Partikelfilter (32) maximal ist, und eine Steuereinrichtung (S305, S306), die die Regeneration im Rahmen der Zwangsregeneration zur Beseitigung der abgelagerten Abgaspartikel vervollständigt, wenn die Ablagerungsmenge in dem Maximal-Ablagerungsbereich einen vorgegebenen Bezugswert überschreitet.

10. Abgasreinigungssystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Temperaturmesseinrichtung (S301) zur Messung der Temperatur in dem Partikelfilter (32) vorgesehen ist, und die Verteilungsmesseinrichtung (S302, S303) eine Verbrennungsgeschwindigkeit der Abgaspartikel auf der Basis einer Relation zwischen der Temperatur und der Verbrennungsgeschwindigkeit berechnet.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

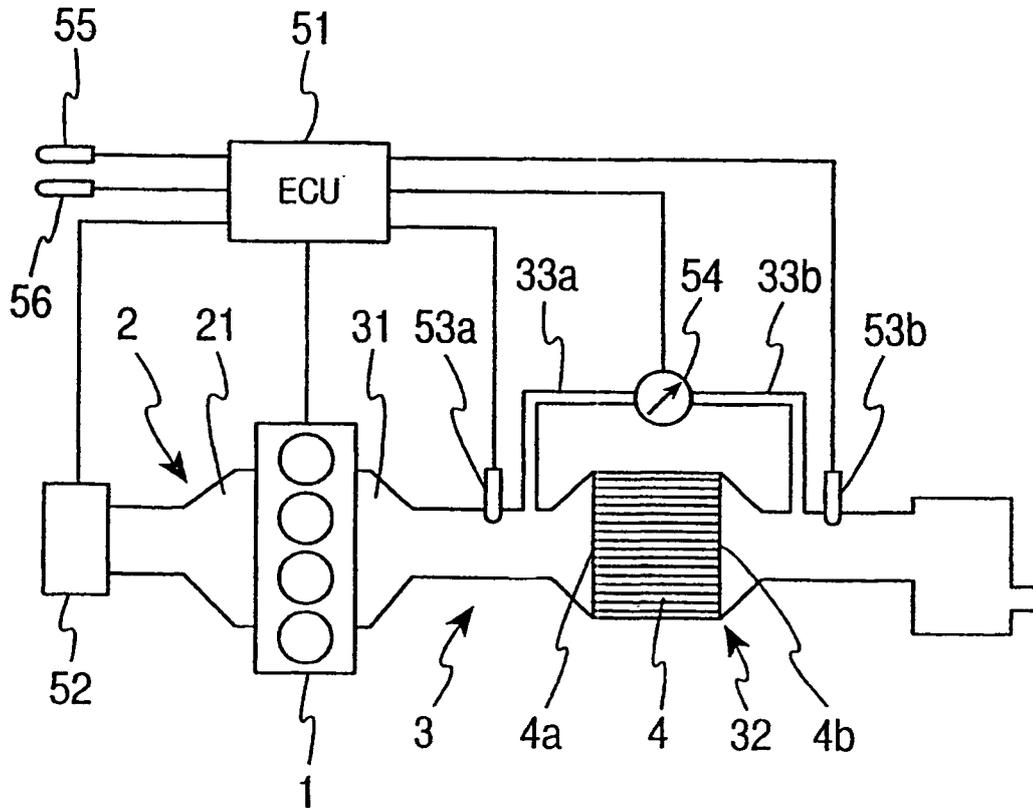


FIG. 3

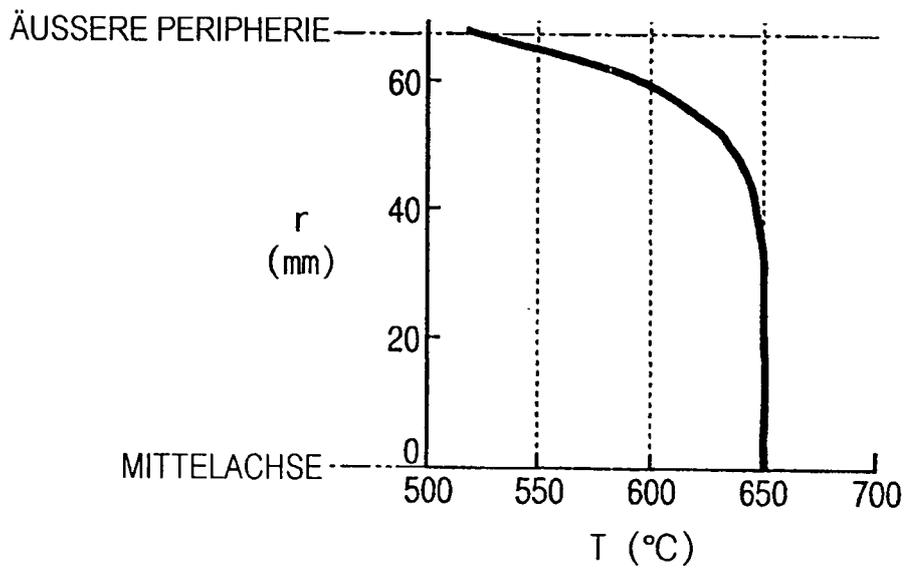


FIG. 2

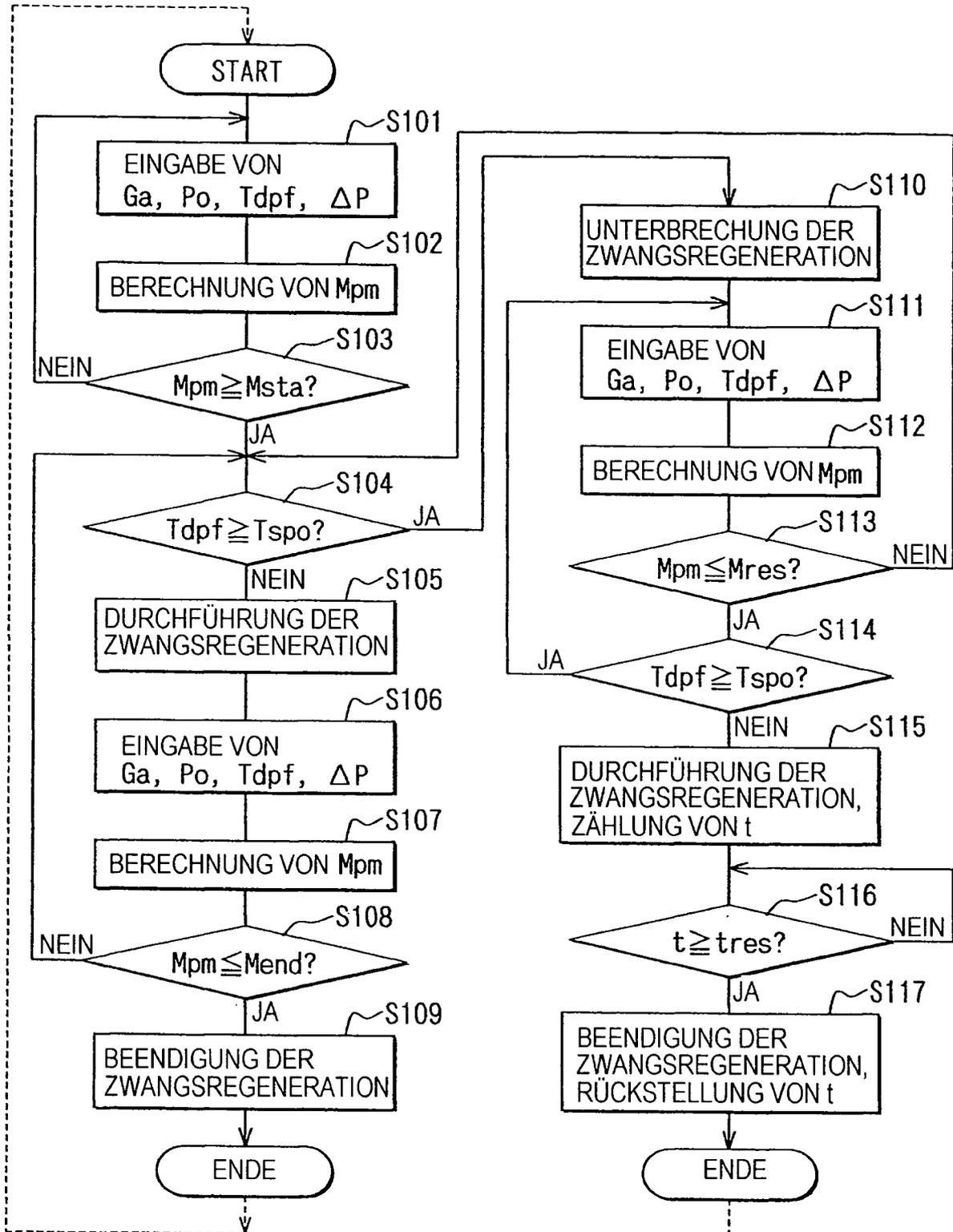


FIG. 4

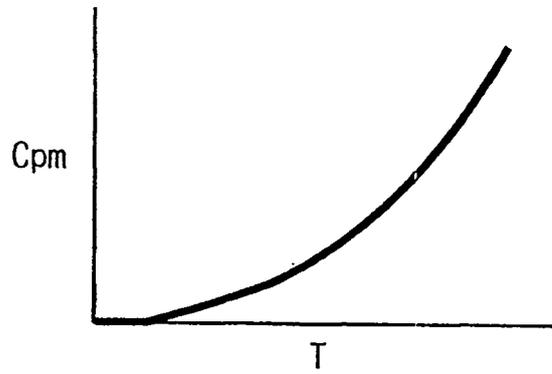


FIG. 5

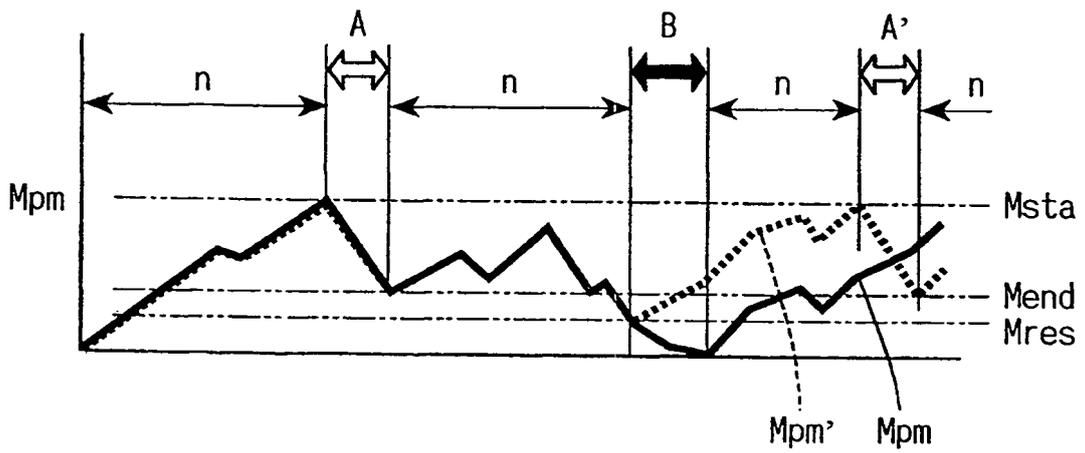


FIG. 6

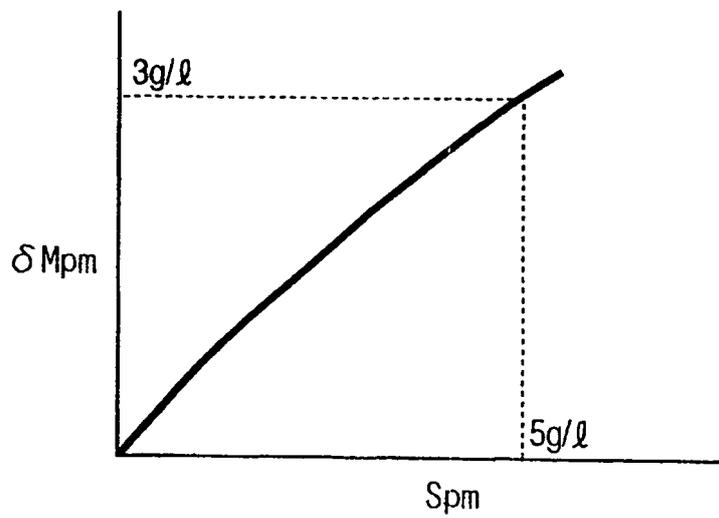


FIG. 7

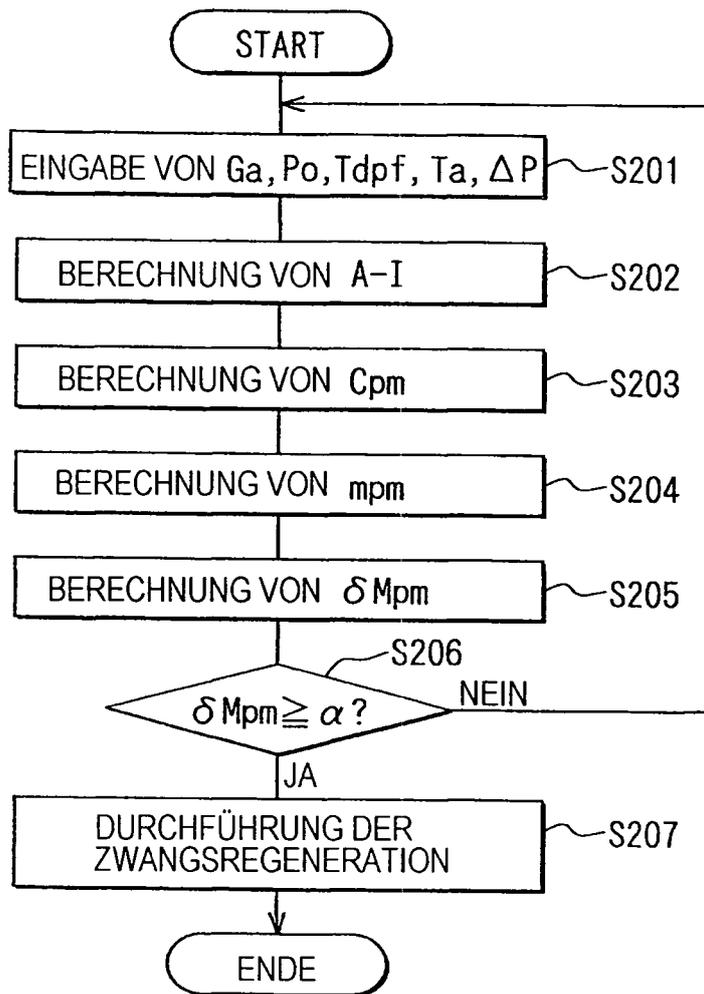


FIG. 8

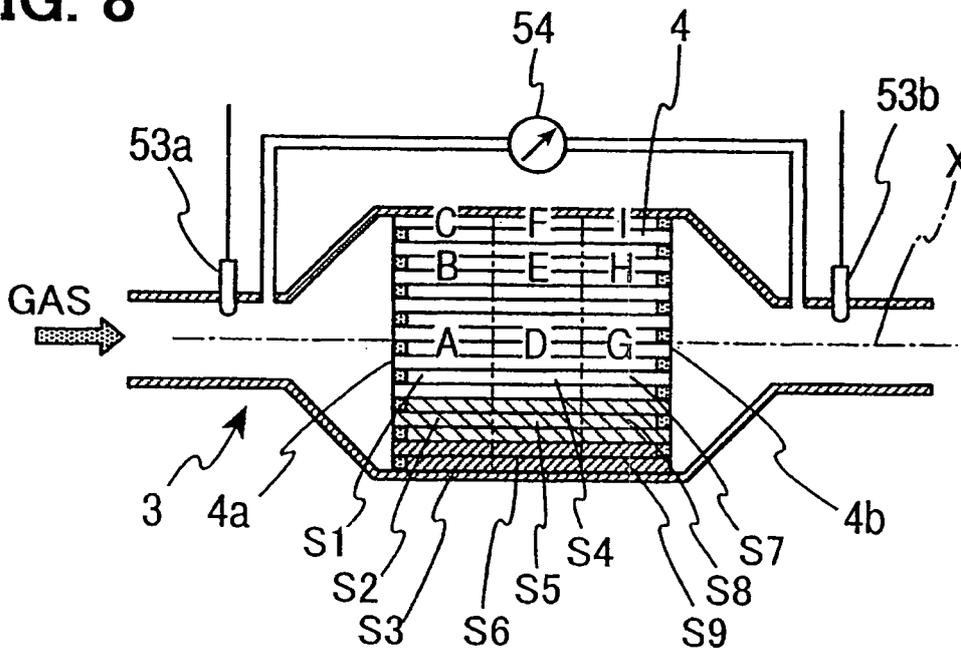


FIG. 9

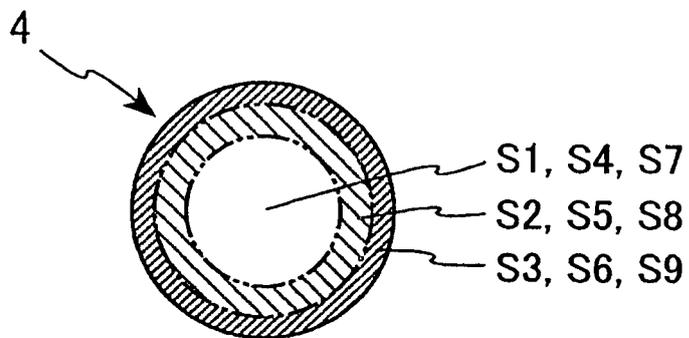


FIG. 10

