



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2018 005 836.1**  
 (22) Anmeldetag: **24.07.2018**  
 (43) Offenlegungstag: **31.01.2019**  
 (45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **23.03.2023**

(51) Int Cl.: **F01N 9/00 (2006.01)**  
**F01N 3/08 (2006.01)**  
**F01N 3/023 (2006.01)**  
**F02D 41/02 (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: **2017-144318**      **26.07.2017**      **JP**

(72) Erfinder: **Kanno, Masanobu, Hiroshima, JP; Nishimura, Hiroyuki, Hiroshima, JP; Tomita, Yoshiaki, Hiroshima, JP**

(73) Patentinhaber: **MAZDA MOTOR CORPORATION, Hiroshima, JP**

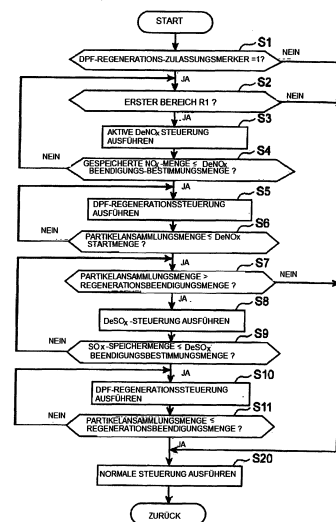
(56) Ermittelter Stand der Technik: **siehe Folgeseiten**

(74) Vertreter: **Müller-Boré & Partner Patentanwälte PartG mbB, 80639 München, DE**

(54) Bezeichnung: **Steuersystem für einen Motor, Motor, Steuerverfahren und Computerprogrammprodukt**

(57) Hauptanspruch: Steuer- oder Regelsystem für einen Motor, wobei der Motor umfasst:  
 einen Motorkörper (1), welcher mit einem Zylinder (2) ausgebildet ist;  
 einen NO<sub>x</sub>-Katalysator (41), welcher in einem Auslasskanal (40) angeordnet ist, durch den von dem Motorkörper (1) ausgestoßenes Abgas strömt, und welcher dafür konfiguriert ist, NO<sub>x</sub> in dem Abgas zu speichern, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist, und das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren und freizusetzen, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder fett ist;  
 einen Oxidationskatalysator (42), welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator (41) oder in dem Auslasskanal (40) stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators (41) angeordnet und dafür konfiguriert ist, unverbrannten Kraftstoff in dem Abgas zu oxidieren;  
 einen Partikelfilter (44), welcher stromabwärts des Oxidationskatalysators (42) in dem Auslasskanal (40) angeordnet und dafür konfiguriert ist, Partikel in dem Abgas einzufangen; und  
 eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10), welche dafür konfiguriert ist, eine Haupteinspritzung, bei der Kraftstoff in den Zylinder (2) eingespritzt wird, um ein Motordrehmoment zu erzeugen, und eine Nacheinspritzung durchzuführen, bei der Kraftstoff zu einem Zeitpunkt später als die Haupteinspritzung in den Zylinder (2) eingespritzt wird;  
 wobei das Steuer- oder Regelsystem eine Steuerung oder Regelung (200) umfasst, welche einen Prozessor (201) enthält, der dafür konfiguriert ist eine DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung auszuführen, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert

oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung so ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in die Nähe des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gebracht oder fett wird und der Kraftstoff, welcher durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) zugeführt wird, darin verbrennt, und eine Filter-Regenerations-Steuerung oder -Regelung auszuführen, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert oder geregelt wird, dass ...



(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>DE</b>	<b>101 26 455</b>	<b>A1</b>
<b>DE</b>	<b>10 2008 002 557</b>	<b>A1</b>
<b>JP</b>	<b>2002- 339 730</b>	<b>A</b>
<b>JP</b>	<b>2016- 109 041</b>	<b>A</b>

**Konrad Reif: Abgastechnik für  
Verbrennungsmotoren. Wiesbaden : Springer-  
Vieweg, 2015. S. 61 -63, 69 -77. - ISBN 978-3-658-  
09521-5**

**Beschreibung**

## GEBIET DER TECHNIK

**[0001]** Diese Offenbarung betrifft ein Steuersystem für einen Motor, welcher in einem Auslasskanal, in dem Abgas des Motors strömt, mit einem NO<sub>x</sub>-Katalysator, einem Oxidationskatalysator und einem Partikelfilter ausgestattet ist. Ferner betrifft diese Offenbarung einen Motor, welcher mit einem solchen Steuersystem ausgestattet ist, sowie ein entsprechendes Steuerungsverfahren und ein Computerprogrammprodukt.

## HINTERGRUND DER OFFENBARUNG

**[0002]** Üblicherweise sind in einem Auslasskanal des Motors ein NO<sub>x</sub>-Katalysator der Art eines NO<sub>x</sub>-Speicher-Reduktionskatalysators, welcher NO<sub>x</sub> innerhalb von Abgas speichert (verschließt), wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager, d.h. größer als ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis (d.h. ein Luftüberschussverhältnis  $\lambda > 1$ ) ist, und das gespeicherte NO<sub>x</sub> reduziert, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda \approx 1$ ), oder fett, d.h. kleiner als das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda < 1$ ) ist, und ein Partikelfilter angeordnet, welcher Partikel einfängt. Außerdem wird eine Steuerung oder Regelung zum Aufrechterhalten einer hohen Reinigungsleistung dieser Vorrichtungen ausgeführt.

**[0003]** Beispielsweise offenbart die JP 2016- 109 041 A einen Motor mit einem Oxidationskatalysator, welcher HC und CO oxidiert, einem Katalysator der Art eines NO<sub>x</sub>-Speicher-Reduktionskatalysators und einem Partikelfilter, welcher Partikel einfängt. Die JP 2016- 109 041 A offenbart ferner eine Konfiguration, bei der eine Steuerung oder Regelung zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Zylinder von einer späten Phase des Arbeitstakts zu dem Ausstoßtakt zum Zuführen von unverbranntem Gas als ein Reduktionsmittel zu dem NO<sub>x</sub>-Katalysator, um das in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren, ausgeführt wird. Ferner wird eine Konfiguration offenbart, bei der der Kraftstoff von der späten Phase des Arbeitstakts zu dem Ausstoßtakt in den Zylinder eingespritzt wird, um eine Oxidationsreaktion des unverbrannten Kraftstoffs durch den Oxidationskatalysator zu bewirken, um die Temperatur des Abgases zu erhöhen. Somit wird die Verbrennung der durch den Partikelfilter eingefangenen Partikel angeregt, um eine hohe Reinigungsleistung des Partikelfilters aufrecht zu erhalten.

**[0004]** Bei Motoren, die beispielsweise in einem Fahrzeug angeordnet sind, sind Verbesserungen der Abgasleistung und des Kraftstoffwirkungsgrads wünschenswert. Um das in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator

gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren und zu verbrennen, um die durch den Partikelfilter gefangenen Partikel wie oben beschrieben zu beseitigen, muss jedoch der Kraftstoff, welcher nicht zu einem Motordrehmoment beiträgt, dem Zylinder zugeführt werden usw., und eine Schwierigkeit, den Kraftstoffwirkungsgrad effizient zu erhöhen, tritt als ein Problem auf.

**[0005]** DE 10 2008 002 557 A1 offenbart eine Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben eines Abgasnachbehandlungssystems. Bei dem Verfahren zur Regelung einer Kraftstoffzugabe zur Einleitung der Regeneration eines Partikelfilters im Abgaskanal einer Brennkraftmaschine, ist in Abgasrichtung vor dem Partikelfilter zumindest ein Katalysator zur Oxidation von Kohlenwasserstoffen vorgesehen und die Einleitung der Regeneration des Partikelfilters wird durch eine Nacheinspritzung von Kraftstoff in zumindest einen Brennraum der Brennkraftmaschine oder durch eine Einspritzung von Kraftstoff in einen Abgaskanal vor dem Katalysator gestartet. Dabei ist vorgesehen, dass als Regelgröße für die Regelung der Kraftstoffzugabe das Signal einer zwischen dem Katalysator und dem Partikelfilter angeordneten ersten Lambdasonde verwendet wird. Durch diese Vorgehensweise kann der Katalysator die durch die Nacheinspritzung auftretenden Kohlenwasserstoffe umsetzen und eine Beeinflussung der Messwerte der Lambdasonde wegen deren Querempfindlichkeit für Kohlenwasserstoffe vermeiden.

**[0006]** JP 2002- 339 730 A offenbart eine Abgasemissionssteuervorrichtung für eine Brennkraftmaschine, die einen Partikelfilter und einen NO<sub>x</sub> Katalysator regenerieren kann.

**[0007]** DE 101 26 455 A1 beschreibt ein Verfahren zur Desulfatisierung eines Stickoxid-Speicher-katalysators, welcher in der Abgasreinigungsanlage einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines in Kraftfahrzeugen verwendeten Dieselmotors, gemeinsam mit einem Partikelfilter angeordnet ist. Die Desulfatisierung erfolgt durch Aufheizung des Stickoxid-Speicher-katalysators über eine vorbestimmte Desulfatisierungs-Mindesttemperatur und nachfolgendes Durchführen eines Mager-Fett-Wechselbetriebes der Brennkraftmaschine. Die Aufheizung erfolgt wenigstens zu Zeitpunkten, wenn die Schwefelbelastung des Stickoxid-Speicher-katalysators einen Mindestwert überschritten hat und eine Regeneration des Partikelfilters gestartet wurde und es wird ein Mager-Fett-Wechselbetrieb der Brennkraftmaschine dann durchgeführt, wenn vorgegebene, durch den Brennkraftmaschinenbetrieb bestimmte, Desulfatisierungs-Freigabebedingungen erfüllt sind.

**[0008]** Konrad Reif: Abgastechnik für Verbrennungsmotoren. Wiesbaden: Springer-Vieweg, 2015. S. 61 -63, 69 -77. - ISBN 978-3-658-09521-5, beschreibt die temperaturabhängige Speicherfähig-

keit von NO<sub>x</sub> in einem NO<sub>x</sub> - Speicherkatalysator, wobei die maximale Speicherfähigkeit in einem Temperaturbereich von etwa 250 °C bis 450 °C liegt.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER OFFENBARUNG

**[0009]** Diese Offenbarung erfolgt angesichts der obigen Probleme und zielt darauf ab, ein Steuersystem oder Regelsystem für einen Motor und einen entsprechenden Motor, ein entsprechendes Steuerverfahren oder Regelverfahren und ein entsprechendes Computerprogrammprodukt anzugeben, welche die Reinigungsleistungen eines NO<sub>x</sub>-Katalysators und eines Partikelfilters verbessern, während sie auch den Kraftstoffwirkungsgrad verbessern.

**[0010]** Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Spezielle Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

**[0011]** Gemäß einem Aspekt dieser Erfindung wird ein Steuersystem oder Regelsystem für einen Motor angegeben, wobei der Motor enthält: einen mit einem Zylinder ausgebildeten Motorkörper, einen NO<sub>x</sub>-Katalysator, welcher in einem Auslasskanal angeordnet ist, durch den aus dem Motorkörper ausgestoßenes Abgas strömt, und welcher dafür konfiguriert ist, NO<sub>x</sub> in dem Abgas zu speichern, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist, und das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren und freizusetzen, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis, oder fett ist, einen Oxidationskatalysator, welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator oder stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators in dem Auslasskanal angeordnet ist und dafür konfiguriert ist, unverbrannten Kraftstoff innerhalb des Abgases zu oxidieren, und einen Partikelfilter, welcher in dem Auslasskanal stromabwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators angeordnet ist und dafür ausgebildet ist, Partikel innerhalb des Abgases einzufangen, eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, welche dafür konfiguriert ist, eine Haupteinspritzung, bei der Kraftstoff zum Erzeugen eines Drehmoments in den Zylinder eingespritzt wird, und eine Nacheinspritzung auszuführen, bei der Kraftstoff zu einem Zeitpunkt später als die Haupteinspritzung in den Zylinder eingespritzt wird, wobei das Steuersystem eine Steuerung oder Regelung umfasst, welche einen Prozessor enthält, der dafür konfiguriert ist, eine DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung auszuführen, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung derart gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe zu dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis gebracht wird oder fett wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführte Kraftstoff darin verbrennt, und eine Filterregenerations-Steuerung oder Filterrege-

nerations-Regelung auszuführen, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung derart gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführte Kraftstoff keine Verbrennung darin hervorruft, wobei die Steuerung die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung und die Filterregenerations-Steuerung oder Filterregenerations-Regelung nacheinander in dieser Reihenfolge ausführt.

**[0012]** Gemäß dieser Vorrichtung wird NO<sub>x</sub>, welches in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator gespeichert ist, durch Ausführen der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung reduziert und die Reinigungsleistung des NO<sub>x</sub>-Katalysators wird wiederhergestellt. Da der bei der Nacheinspritzung eingespritzte Kraftstoff (kann nachfolgend einfach als „nacheingespritzter Kraftstoff“ bezeichnet werden) bei der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung in dem Zylinder verbrannt wird, wird außerdem gegenüber einem Fall, bei dem die Nacheinspritzung zu einem verzögerten Zeitpunkt durchgeführt wird, zu dem der nacheingespritzte Kraftstoff nicht in dem Zylinder verbrennt, eine Menge an nacheingespritztem Kraftstoff, welcher mit dem Motoröl vermischt wird, reduziert, und das Verstopfen verschiedener in dem Auslasskanal angeordneter Vorrichtungen durch eine Ablagerung, die durch unverbrannten Kraftstoff hervorgerufen wird, wird verhindert.

**[0013]** Durch Ausführen der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung werden außerdem die Temperatur, ferner die Temperatur des stromabwärts des Oxidationskatalysators angeordneten Partikelfilters durch Oxidieren des unverbrannten Kraftstoffs durch den Oxidationskatalysator erhöht, und Sauerstoff wird in den Partikelfilter eingeführt. Somit werden durch den Partikelfilter gefangene Partikel geeignet verbrannt und entfernt, und die Reinigungsleistung wird wiederhergestellt.

**[0014]** Außerdem wird in diesem System der nacheingespritzte Kraftstoff während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung wie oben beschrieben verbrannt, und nach dieser DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung wird die Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung nachfolgend ausgeführt. Somit wird die Temperatur des Abgases vor der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung erhöht, um den Oxidationskatalysator zu aktivieren, und die Temperatur des Partikelfilters wird erhöht, was bei der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung die Verbrennung der Partikel in dem Partikelfilter weiter begünstigt. Daher wird eine Menge an Kraftstoff, die dem Oxidationskatalysator zugeführt werden muss, um diese Temperaturerhöhung zu erreichen, klein gemacht, und der Kraftstoffwirkungsgrad wird verbessert. Da NO<sub>x</sub>, welches in dem NO<sub>x</sub>-Katalysa-

tor gespeichert ist, reduziert wird, bevor die Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung durchgeführt wird, wird außerdem auch dann, wenn die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Katalysators durch Ausführen der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung erhöht wird, verhindert, dass eine große Menge NO<sub>x</sub> aus dem NO<sub>x</sub>-Katalysator freigesetzt wird und die Abgasleistung aufgrund dieser Temperaturerhöhung schlechter wird.

**[0015]** Gemäß der Erfindung führt die Steuerung, nachdem eine Menge der in dem Partikelfilter angesammelten Partikel bei der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung unter eine bestimmte Referenzmenge fällt, eine DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung durch, um einen Anreicherungsprozess, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis nahe zu dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis gebracht wird oder fett wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführte Kraftstoff darin verbrennt, und einen Abmagerungsprozess abwechselnd durchzuführen, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführte Kraftstoff keine Verbrennung darin hervorruft.

**[0016]** Gemäß dieser Konfiguration wird SO<sub>x</sub>, welches in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator gespeichert ist, durch Ausführen der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung reduziert, und die Reinigungsleistung des NO<sub>x</sub>-Katalysators wird zuverlässiger wiederhergestellt.

**[0017]** Dabei ist bekannt, dass, wenn eine Steuerung oder Regelung, bei der das Luft-Kraftstoff-Verhältnis wechselnd zwischen mager und fett geändert wird, in dem Zustand ausgeführt wird, in dem die große Menge an Partikeln in dem Partikelfilter vorhanden ist, die Verbrennung dieser großen Menge an Partikeln in dem Partikelfilter rapide fortschreitet, was die Temperatur des Partikelfilters übermäßig erhöhen kann.

**[0018]** Was das betrifft, wird bei dieser Konfiguration die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung, bei der das Luft-Kraftstoff-Verhältnis wechselnd zwischen mager und fett geändert wird, gestartet, nachdem die Menge der in dem Partikelfilter angesammelten Partikel bei der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung unter einen bestimmten Referenzwert fällt. Somit wird die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung durchgeführt, während die übermäßige Temperaturerhöhung des Partikelfilters verhindert wird.

**[0019]** Insbesondere kann die Referenzmenge größer als Null festgelegt sein.

**[0020]** Gemäß dieser Konfiguration werden durch Verwendung des Abmagerungsprozesses bei der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung die in dem Partikelfilter angesammelten Partikel verbrannt und entfernt. Daher wird die Ausführdauer für die Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung gegenüber der Ausführung zu einer anderen Zeit von der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung aus verkürzt.

**[0021]** Ferner kann das Steuersystem insbesondere einen Abgasrückführungs (AGR)-Kanal, welcher einen Ansaugkanal, der zum Einführen von Ansaugluft in den Motorkörper konfiguriert ist, mit dem Auslasskanal verbindet, und ein AGR-Ventil enthalten, welches dafür konfiguriert ist, den AGR-Kanal zu öffnen und zu schließen. Während des Anreicherungsprozesses der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung kann die Steuerung eine Öffnung des AGR-Ventils so steuern oder regeln, dass sie enger als in einem Fall ist, in dem der Anreicherungsprozess nicht durchgeführt wird, und während der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung kann die Steuerung die Öffnung des AGR-Ventils so steuern oder regeln, dass sie noch enger als während der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung ist.

**[0022]** Gemäß dieser Konfiguration wird das Verstopfen verschiedener in dem Auslasskanal angeordneter Vorrichtungen durch eine Ablagerung, die durch eine übermäßige Menge unverbrannten Kraftstoffs hervorgerufen wird, welcher in den Auslasskanal ausgestoßen wird und in den AGR-Kanal strömt, verhindert. Ferner wird während des Anreicherungsprozesses der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeSO<sub>x</sub>-Regelung die Verbrennungsstabilität durch Einführen des AGR-Gases hoher Temperatur in den Zylinder verbessert, während das Erzeugen einer großen Menge an Ruß verhindert wird, wenn der nacheingespritzte Kraftstoff aufgrund dessen verbrennt, dass eine übermäßige Menge an AGR-Gas (in dem AGR-Kanal strömendes Abgas) eingeführt wird.

**[0023]** Ferner kann das Steuersystem insbesondere einen AGR-Kanal, welcher einen Ansaugkanal, der zum Einführen von Ansaugluft in das Motorgehäuse konfiguriert ist, mit dem Auslasskanal verbindet, und ein AGR-Ventil enthalten, welches dafür konfiguriert ist, den AGR-Kanal zu öffnen und zu schließen. Während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung kann die Steuerung eine Öffnung des AGR-Ventils so steuern oder regeln, dass sie enger als in einem Fall ist, in dem die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung nicht durchgeführt wird, und während der Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung kann die Steuerung die Öffnung des AGR-Ventils so steuern oder regeln, dass sie noch enger als

während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung ist.

**[0024]** Gemäß dieser Konfiguration wird das Verstopfen verschiedener in dem Auslasskanal angeordneter Vorrichtungen durch eine Ablagerung, die durch eine übermäßige Menge unverbrannten Kraftstoffs hervorgerufen wird, welcher in den Auslasskanal ausgestoßen wird und in den AGR-Kanal strömt, verhindert. Ferner wird während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung die Verbrennungsstabilität durch Einführen des AGR-Gases hoher Temperatur in den Zylinder verbessert, während das Erzeugen einer großen Menge an Ruß verhindert wird, wenn der nacheingespritzte Kraftstoff aufgrund dessen verbrennt, dass eine übermäßige Menge an AGR-Gas (in dem AGR-Kanal strömendes Abgas) eingeführt wird.

**[0025]** Des Weiteren wird ein Steuersystem oder Regelsystem für einen Motor offenbart, wobei der Motor enthält: einen mit einem Zylinder ausgebildeten Motorkörper, einen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator, welcher in einem Auslasskanal angeordnet ist, durch den aus dem Motorkörper ausgestoßenes Abgas strömt, einen Oxidationskatalysator, welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator oder stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators in dem Auslasskanal angeordnet ist, einen Filter, welcher in dem Auslasskanal stromabwärts des Oxidationskatalysators angeordnet ist und dafür ausgebildet ist, Partikel einzufangen, ein Kraftstoffeinspritzventil oder eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, welche dafür konfiguriert ist, Kraftstoff in den Zylinder zuzuführen, und wobei das Steuersystem eine mit dem Kraftstoffeinspritzventil verbundene Steuerung oder Regelung umfasst, welche einen Prozessor enthält und dafür konfiguriert ist, ein Steuersignal an das Kraftstoffeinspritzventil abzugeben. Wenn eine Filterregenerations-Ausführbedingung als erfüllt bestimmt ist, gibt die Steuerung das Steuersignal an das Kraftstoffeinspritzventil ab, um eine erste Kraftstoffeinspritzsteuerung oder -regelung auszuführen, bei der ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases durch eine Haupteinspritzung, welche in Abhängigkeit einer Gaspedalöffnung festgelegt ist, und eine Nacheinspritzung, bei der der Kraftstoff zu einem Kurbelwinkelzeitpunkt in einer frühen Hälfte des Arbeitstakts injiziert wird, in die Nähe des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses oder des fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses zu bringen, und wenn eine Menge des in dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator gespeicherten NO<sub>x</sub> während der ersten Kraftstoffeinspritzsteuerung oder -regelung als kleiner als ein bestimmter Wert bestimmt wird, gibt die Steuerung ein Steuersignal an das Kraftstoffeinspritzventil aus, um die erste Kraftstoffeinspritzsteuerung oder -regelung anzuhalten und eine zweite Kraftstoffeinspritzsteuerung oder -regelung auszuführen, bei der das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases durch eine Haupt-

einspritzung, welche in Abhängigkeit einer Gaspedalöffnung festgelegt ist, und eine Nacheinspritzung, bei der der Kraftstoff zu einem Kurbelwinkelzeitpunkt in einer späteren Hälfte des Arbeitstakts injiziert wird, mager werden zu lassen.

**[0026]** Die Steuerung kann eine Partikel-Ansammlungsmenge ausgehend von Ausgangssignalen von Drucksensoren berechnen, welche auf der stromaufwärtigen und der stromabwärtigen Seite des Filters jeweils angeordnet sind, und wenn die Partikel-Ansammlungsmenge einen bestimmten Wert übersteigt, kann die Steuerung bestimmen, dass die Filterregenerations-Ausführbedingung erfüllt ist.

**[0027]** Die Steuerung kann eine NO<sub>x</sub>-Reduktionsmenge pro Zeiteinheit ausgehend von einer Nacheinspritzmenge während der ersten Kraftstoffeinspritzsteuerung oder -regelung und einem Ausgabewert eines Temperatursensors kalkulieren, der in dem Auslasskanal stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators angeordnet ist, und eine aktuelle NO<sub>x</sub>-Speichermenge durch Subtrahieren der NO<sub>x</sub>-Reduktionsmenge pro Zeiteinheit von einer in einer zuvor durchgeführten Berechnung ermittelten NO<sub>x</sub>-Speichermenge kalkulieren.

**[0028]** Gemäß einem anderen Aspekt dieser Offenbarung wird ein Motor angegeben, welcher umfasst: einen mit einem Zylinder ausgebildeten Motorkörper, einen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator, welcher in einem Auslasskanal angeordnet ist, durch den aus dem Motorkörper ausgestoßenes Abgas strömt, einen Oxidationskatalysator, welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator oder stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators in dem Auslasskanal angeordnet ist, einen Filter, welcher in dem Auslasskanal stromabwärts des Oxidationskatalysators angeordnet ist und dafür ausgebildet ist, Partikel einzufangen, ein Kraftstoffeinspritzventil oder eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, welche dafür konfiguriert ist, Kraftstoff in den Zylinder zuzuführen, und ein Steuersystem nach dem obigen Aspekt (den obigen Aspekten) oder einer speziellen Ausführungsform desselben:

**[0029]** Gemäß einem weiteren Aspekt dieser Offenbarung wird ein Steuerverfahren oder Regelverfahren für einen Motor angegeben, welcher umfasst: einen mit einem Zylinder ausgebildeten Motorkörper, einen NO<sub>x</sub>-Katalysator, welcher in einem Auslasskanal angeordnet ist, durch den aus dem Motorkörper ausgestoßenes Abgas strömt, und dafür konfiguriert ist, NO<sub>x</sub> in dem Abgas zu speichern, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist, und das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren und freizusetzen, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis oder fett ist, einen Oxidationskatalysator, welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator oder stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators in dem Auslasskanal

angeordnet ist und dafür konfiguriert ist, unverbrannten Kraftstoff innerhalb des Abgases zu oxidieren, und einen Partikelfilter, welcher in dem Auslasskanal stromabwärts des Oxidationskatalysators angeordnet ist und dafür ausgebildet ist, Partikel innerhalb des Abgases einzufangen, eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, welche dafür konfiguriert ist, eine Haupteinspritzung, bei der Kraftstoff zum Erzeugen eines Drehmoments in den Zylinder eingespritzt wird, und eine Nacheinspritzung auszuführen, bei der Kraftstoff zu einem Zeitpunkt später als die Haupteinspritzung in den Zylinder eingespritzt wird, wobei das Steuerverfahren umfasst: (i) Ausführen einer DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung derart gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe zu dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis gebracht wird oder fett wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführte Kraftstoff darin verbrennt, (ii) Ausführen einer Filterregenerations-Steuerung oder Filterregenerations-Regelung, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung derart gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführte Kraftstoff keine Verbrennung darin hervorruft; wobei das Steuerverfahren die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder DeNO<sub>x</sub>-Regelung und die Filterregenerations-Steuerung oder Filterregenerations-Regelung nacheinander in dieser Reihenfolge ausführt, und (iii) Ausführen einer DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder-Regelung, nachdem eine Menge an in dem Partikelfilter angesammelten Partikel bei der Filterregenerations-Steuerung bzw. Regelung unter eine bestimmte Referenzmenge gefallen ist, um abwechselnd einen Anreicherungsprozess, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung so gesteuert wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in die Nähe des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gebracht oder fett wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder eingeführte Kraftstoff darin verbrennt, und einen Abmagerungsprozess durchzuführen, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder eingeführte Kraftstoff keine Verbrennung darin bewirkt.

**[0030]** Gemäß einem weiteren Aspekt dieser Offenbarung wird ein Computerprogrammprodukt angegeben, welches computerlesbare Befehle umfasst, die, wenn sie auf einem geeigneten System geladen sind und ausgeführt werden, die Schritte eines Steuerver-

fahrens nach dem obigen Aspekt oder einer speziellen Ausführungsform desselben ausführen können.

#### Figurenliste

**Fig. 1** ist eine schematische Ansicht eines Motorsystems, bei der ein Steuersystem für einen Motor nach einer Ausführungsform dieser Offenbarung eingesetzt wird.

**Fig. 2** ist ein Blockschaltbild, welches ein Steuersystem des Motorsystems darstellt.

**Fig. 3** ist ein Diagramm, welches einen Steuerplan einer passiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung und einer aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung zeigt.

**Fig. 4** ist ein Flussdiagramm, welches einen Ablauf einer DeNO<sub>x</sub>-Steuerung, einer DPF-Regenerations-Steuerung und einer DeSO<sub>x</sub>-Steuerung zeigt.

**Fig. 5** zeigt Diagramme, welche Änderungen von Parametern im Zeitverlauf, wenn die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung usw. ausgeführt werden, schematisch darstellen.

#### AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER OFFENBARUNG

**[0031]** Nachfolgend wird ein Steuersystem für einen Motor nach einer Ausführungsform dieser Offenbarung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

##### (1) Gesamtkonfiguration

**[0032]** **Fig. 1** ist eine schematische Konfiguration eines Motorsystems 100, bei dem ein Steuersystem für einen Motor nach einer Ausführungsform dieser Offenbarung eingesetzt wird.

**[0033]** Das Motorsystem 100 enthält einen Viertakt-Motorkörper 1, einen Einlasskanal 20, welcher Luft (Ansaugluft) in den Motorkörper 1 zuführt, einen Auslasskanal 40, durch den aus dem Motorkörper 1 ausgestoßenes Abgas zu einer äußeren Umgebung desselben ausgelassen wird, einen ersten Turbolader 51 und/oder einen zweiten Turbolader 52. Das Motorsystem 100 ist in einem Fahrzeug anzuordnen, und der Motorkörper 1 wird als eine Antriebsquelle des Fahrzeugs verwendet. Der Motorkörper 1 ist beispielsweise ein Dieselmotor und hat vier Zylinder 2, welche in einer Richtung orthogonal zu dem Blatt der **Fig. 1** angeordnet sind.

**[0034]** Der Motorkörper 1 hat einen Zylinderblock 3, der darin mit den Zylindern 2 ausgebildet ist, einen Zylinderkopf 4, der an einer oberen Fläche des Zylinderblocks 3 angeordnet ist, und Kolben 5 welche jeweils hin- und herbewegbar in jedem Zylinder 2 ein-

gepasst sind. Ein Brennraum 6 ist auf jedem Kolben 5 ausgebildet bzw. durch jeden Kolben 5 definiert.

**[0035]** Der Kolben 5 ist mit einer Kurbelwelle 7 verbunden, und die Kurbelwelle 7 dreht sich entsprechend der Hin- und Herbewegung des Kolbens 5 um ihre Mittelachse.

**[0036]** Der Zylinderkopf 4 ist mit eine Paar aus einem Kraftstoffeinspritzventil (als eine spezielle Kraftstoffeinspritzvorrichtung) 10 und einer Glühkerze 11 (als eine spezielle Vorrichtung zum Erhöhen der Brennraumtemperatur) für jeden Zylinder 2 ausgestattet. Das Kraftstoffeinspritzventil 10 spritzt Kraftstoff in den Brennraum 6 ein (in den Zylinder 2), und die Glühkerze 11 erhöht eine Temperatur eines Gasgemischs, welches den Kraftstoff und Luft enthält, in dem Brennraum 6, bzw. kann eine solche Temperatur erhöhen oder steuern bzw. regeln.

**[0037]** Bei dem Beispiel der **Fig. 1** ist das Kraftstoffeinspritzventil 10 insbesondere in einer Mitte einer Deckenfläche des Brennraums 6 derart angeordnet, dass es im Wesentlichen nach unten zu dem Brennraum 6 hin ausgerichtet ist. Ferner hat die Glühkerze 11 an ihrer Spitze einen Wärmeerzeugungsteil, welcher Wärme erzeugt, indem ihm Energie zugeführt wird, und dieser Wärmeerzeugungsteil ist an der Deckenfläche des Brennraums 6 derart angeordnet, dass er nahe der Spitze des Kraftstoffeinspritzventils 10 angeordnet ist. Beispielsweise hat das Kraftstoffeinspritzventil 10 an seiner Spitze mehrere Düsenöffnungen, und die Glühkerze 11 ist insbesondere derart angeordnet, dass der Wärmeerzeugungsteil zwischen den Kraftstoffstrahlen aus benachbarten Düsenöffnungen des Kraftstoffeinspritzventils 10 angeordnet ist und mit den Kraftstoffstrahlen nicht direkt in Kontakt kommt, wenn der Kraftstoff von den Düsenöffnungen in Form von Kraftstoffstrahlen eingespritzt wird.

**[0038]** Das Kraftstoffeinspritzventil 10 führt insbesondere eine Haupteinspritzung, welche hauptsächlich durchgeführt wird, um ein Motordrehmoment zu erzeugen, und bei der der Kraftstoff so in den Brennraum 6 eingespritzt wird, dass er nahe einem oberen Totpunkt (OT) des Verdichtungstakts verbrennt, und/oder eine Nacheinspritzung aus, bei welcher der Kraftstoff zu einem Zeitpunkt in den Brennraum 6 eingespritzt wird, der später als die Haupteinspritzung ist und zu dem, auch wenn der eingespritzte Kraftstoff verbrannt wird, eine Verbrennungsenergie desselben kaum zu dem Motordrehmoment beiträgt.

**[0039]** Der Zylinderkopf 4 ist mit einer Einlassöffnung, welche die von dem Einlasskanal 20 zugeführte Luft in den Brennraum 6 jedes Zylinders 2 einführt, einem Einlassventil 12, welches die Einlassöffnung öffnet und schließt, einer Auslassöffnung, welche das Abgas, welches in dem Brennraum

6 jedes Zylinders 2 erzeugt wird, zu dem Auslasskanal 40 ausleitet, und einem Auslassventil 13, welches die Auslassöffnung öffnet und schließt, ausgestattet.

**[0040]** In dem Einlasskanal 20 sind ein Luftfilter 21, ein Verdichter 51a (nachfolgend geeignet als „der erste Verdichter 51a“ bezeichnet) des ersten Turboladers 51, ein Verdichter 52a (nachfolgend geeignet als „der zweite Verdichter 52a“ bezeichnet) des zweiten Turboladers 52, ein Ladeluftkühler 22, ein Drosselventil 23 und/oder ein Ausgleichsbehälter 24 insbesondere der Reihe nach von einer stromaufwärtigen Seite aus angeordnet. Ein Einlass-Bypasskanal 25, welcher den zweiten Verdichter 52a umgeht, und ein Einlass-Bypassventil 26, welches den Einlass-Bypasskanal 25 öffnet und schließt, sind ebenfalls in dem Einlasskanal 20 angeordnet. Das Einlass-Bypassventil 26 wird durch eine Antriebsvorrichtung (nicht dargestellt) zwischen einem vollständig geschlossenen und einem vollständig geöffneten Zustand umgeschaltet.

**[0041]** In dem Auslasskanal 40 sind, der Reihe nach von der stromaufwärtigen Seite aus, eine Turbine 52b (nachfolgend geeignet als „die zweite Turbine 52b“) des zweiten Turboladers 52, eine Turbine 51b (nachfolgend geeignet als „die erste Turbine 51b“) des ersten Turboladers 51, ein erster Katalysator 43, ein Dieselpartikelfilter (DPF) 44, mindestens eine Harnstoffeinspritzvorrichtung 45, welche stromabwärts des DPF 44 Harnstoff in den Auslasskanal 40 einspritzt, und/oder ein SCR-Katalysator 46 (SCR: selective catalytic reduction; selektive katalytische Reduktion), welcher NO<sub>x</sub> insbesondere unter Verwendung des von der Harnstoffeinspritzvorrichtung eingespritzten Harnstoffs reinigt, und/oder ein Slip-Katalysator 47, welcher nicht reagierten Ammoniak reinigt, welcher aus dem SCR-Katalysator 46 ausgestoßen wird, indem er diesen oxidiert.

**[0042]** Insbesondere hydrolisiert der SCR-Katalysator 46 den von der Harnstoffeinspritzvorrichtung eingespritzten Harnstoff, um Ammoniak zu bilden, und reinigt diesen Ammoniak durch Hervorrufen einer Reaktion (Reduzieren desselben) mit NO<sub>x</sub> in dem Abgas.

**[0043]** Der DPF 44 fängt Partikel in dem Abgas ein. Die durch den DPF 44 eingefangenen Partikel verbrennen insbesondere dadurch, dass sie einer Umgebung hoher Temperatur ausgesetzt sind und eine Sauerstoffzufuhr empfangen, und werden so aus dem DPF 44 entfernt. Die Temperatur, bei der Partikel durch Verbrennung entfernt werden, ist vergleichsweise hoch, wie beispielsweise ungefähr 600°C. Daher muss zum Verbrennen der Partikel und zum Entfernen derselben aus dem DPF 44 die Temperatur des DPF 44 vergleichsweise stark erhöht werden.



**[0044]** Der erste Katalysator 43 enthält insbesondere einen  $\text{NO}_x$ -Katalysator 41, welcher  $\text{NO}_x$  reinigt, und/oder einen Dieseloxydationskatalysator (DOC) 42.

**[0045]** Der Oxidationskatalysator 42 oxidiert Kohlenwasserstoff (HC), d.h. unverbrannten Kraftstoff, und Kohlenmonoxid (CO) unter Verwendung von Sauerstoff in dem Abgas, um sie in Wasser und Kohlendioxid umzuwandeln. Hierbei ist diese in dem Oxidationskatalysator 42 stattfindende Oxidationsreaktion eine exotherme Reaktion, und wenn die Oxidationsreaktion in dem Oxidationskatalysator 42 stattfindet, steigt die Temperatur des Abgases.

**[0046]** Der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 41 ist insbesondere in  $\text{NO}_x$ -Speicher-Katalysator (NSC), welcher  $\text{NO}_x$  in dem Abgas speichert (verschließt), wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist (also größer als ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis, d.h. ein Luftüberschussverhältnis  $\lambda > 1$ ), und reduziert das gespeicherte  $\text{NO}_x$ , wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda \approx 1$ ) oder fett (also, kleiner als das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda < 1$ )) ist, d.h. in einer Reduktionsatmosphäre, in der das durch den  $\text{NO}_x$ -Katalysator 41 strömende Abgas eine große Menge an unverbranntem HC enthält. Der erste Katalysator 43 ist beispielsweise durch Auftragen eines Katalysatormaterials eines NSC auf eine Oberfläche einer Katalysatormaterialschicht des DOC gebildet.

**[0047]** Es sei darauf hingewiesen, dass bei dieser Ausführungsform keine Vorrichtung zum Zuführen von Luft oder Kraftstoff zu dem Auslasskanal separat vorgesehen ist, und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs in dem Brennraum 6 entspricht. Mit anderen Worten: Wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs in dem Brennraum 6 mager ist, wird auch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager, und wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis in dem Brennraum 6 nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda \approx 1$ ) oder fett ( $\lambda < 1$ ) ist, ist auch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder fett. Daher kann nachfolgend nur auf das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs Bezug genommen werden, auch wenn sowohl das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases als auch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs betroffen ist.

**[0048]** Hierbei speichert (adsorbiert) insbesondere der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 41  $\text{SO}_x$  zusätzlich zu  $\text{NO}_x$ . Beispielsweise speichert der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 41  $\text{SO}_x$  innerhalb des Abgases, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist ( $\lambda > 1$ ). In dem  $\text{NO}_x$ -Katalysator 41 gespeichertes  $\text{SO}_x$  wird reduziert, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases

nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda \approx 1$ ) oder fett ( $\lambda < 1$ ) ist.

**[0049]** Zwar sind der SCR-Katalysator 46 und der  $\text{NO}_x$ -Katalysator 41 beide in der Lage,  $\text{NO}_x$  zu reinigen, doch sind insbesondere die Temperaturen unterschiedlich, bei denen ihre Reinigungsverhältnisse ( $\text{NO}_x$ -Speicher-Verhältnisse) ansteigen. Das  $\text{NO}_x$ -Reinigungsverhältnis ( $\text{NO}_x$ -Speicher-Verhältnis) des SCR-Katalysators 46 steigt, wenn die Temperatur des Abgases vergleichsweise hoch ist, und das  $\text{NO}_x$ -Reinigungsverhältnis des  $\text{NO}_x$ -Katalysators 41 steigt, wenn die Temperatur des Abgases vergleichsweise niedrig ist.

**[0050]** Ein Auslass-Bypasskanal 48, welcher die zweite Turbine 52b umgeht, ein Auslass-Bypassventil 49, welches den Auslass-Bypasskanal 48 öffnet und schließt, ein Wastegate-Kanal 53, welcher die erste Turbine 51b umgeht, und/oder ein Wastegate-Ventil 54, welches den Wastegate, Kanal 53 öffnet und schließt, sind in dem Auslasskanal 40 angeordnet. Das Auslass-Bypassventil 49 und das Wastegate-Ventil 54 werden jeweils durch eine Antriebsvorrichtung (nicht dargestellt) zwischen einem vollständig geöffneten Zustand und einem vollständig geschlossenen Zustand umgeschaltet und können so gesteuert oder geregelt werden, dass sie zwischen diesen Zuständen eine beliebige Öffnung haben.

**[0051]** Das Motorsystem 100 dieser Ausführungsform hat insbesondere eine Abgasrückführ (AGR)-Vorrichtung 55, welche einen Teil des Abgases zu der Ansaugluft zurück leitet. Die AGR-Vorrichtung 55 enthält einen AGR-Kanal 56, welcher einen Teil des Auslasskanals 40 stromaufwärts eines stromaufwärtigen Endes des Auslass-Bypasskanals 40 mit einem Teil des Einlasskanals 20 zwischen dem Drosselventil 23 und dem Ausgleichsbehälter 24 verbindet, ein erstes AGR-Ventil 57, welches den AGR-Kanal 56 öffnet und schließt, und/oder einen AGR-Kühler 58, welcher das durch den AGR-Kanal 56 strömende Abgas kühlt. Die AGR-Vorrichtung 55 enthält auch einen AGR-Kühler-Bypasskanal 59, welcher den AGR-Kühler umgeht, und ein zweites AGR-Ventil 60, welches den AGR-Kühler-Bypasskanal 59 öffnet und schließt.

## (2) Steuersystem

**[0052]** Ein Steuersystem oder Regelsystem des Motorsystems wird anhand **Fig. 2** beschrieben. Das Motorsystem 100 dieser Ausführungsform wird hauptsächlich durch ein Steuersystem 300 gesteuert oder geregelt, welches ein Antriebssystem-Steuermodul PCM (engl. powertrain control module, Steuerung) 200 enthält, welches an dem Fahrzeug montiert ist. Das PCM 200 ist ein oder umfasst einen Mikroprozessor, welcher aus einem Prozessor 201

(d.h. Zentraleinheit (CPU)), einem Speicher 205 (z.B. ROM(s), RAM(s)), einer Schnittstelle (I/F), einem DeNO<sub>x</sub>-Steuermodul 202, einem DeSO<sub>x</sub>-Steuermodul 203 und/oder einem Filterregenerations-Steuermodul 204 besteht. Der Prozessor ist dafür konfiguriert, das DeNO<sub>x</sub>-Steuermodul 202, das DeSO<sub>x</sub>-Steuermodul 203 und das Filterregenerations-Steuermodul 204 so auszuführen, dass sie ihre jeweiligen Funktionen durchführen. Diese Module sind insbesondere als computerlesbare(r) Befehl(e) eines oder mehrerer Softwareprogramme in dem Speicher 205 gespeichert.

**[0053]** Das PCM 200 empfängt Informationen von verschiedenen Sensoren. Beispielsweise ist das PCM 200 elektrisch verbunden mit z.B. einem Drehzahlsensor SN1, welcher eine Drehzahl der Kurbelwelle 7, d.h. eine Motordrehzahl erfasst, einem Luftströmungssensor SN2, welcher nahe dem Luftfilter 21 angeordnet ist und welcher eine Menge an Ansaugluft erfasst, die eine Menge an durch den Einlasskanal 20 strömender Frischluft (Luft) darstellt, einem Ansaugluftdrucksensor SN3, welcher in dem Ausgleichsbehälter 24 angeordnet ist und welcher Druck der Ansaugluft in dem Ausgleichsbehälter 24 nach dem Aufladen durch den (die) Turbolader 51 und oder 52, d.h. den Turboladedruck erfasst, und/oder einem Abgas-O<sub>2</sub>-Sensor SN4, welcher eine Sauerstoffkonzentration in einem Teil des Auslasskanals 40 zwischen dem ersten Turbolader 51 und dem ersten Katalysator 43 erfasst. Eingangssignale von mindestens einem der Sensoren SN1 bis SN4 werden dem PCM 200 zugeführt. Ferner ist das Fahrzeug mit mindestens einem von einem Gaspedalöffnungssensor SN5, welcher eine Gaspedalöffnung erfasst, welche die Öffnung eines Gaspedals (nicht dargestellt) ist, das von einem Fahrer des Fahrzeugs betätigt wird, einem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor SN6, welcher eine Fahrzeuggeschwindigkeit erfasst, usw. ausgestattet, und Erfassungssignale von den Sensoren SN5 und/oder SN6 werden ebenfalls dem PCM 200 zugeführt. Das PCM 200 führt ausgehend von den Eingangssignalen von den verschiedenen Sensoren (SN1 bis SN6, usw.) verschiedene Berechnungen aus, um das Kraftstoffeinspritzventil 10 usw. zu steuern oder zu regeln. Das Steuersystem kann auch in **Fig. 1** gezeigte Komponenten des Motorsystems 100 enthalten, wie beispielsweise den Motorkörper 1, den NO<sub>x</sub>-Katalysator 41, den Oxidationskatalysator 42 und/oder den Partikelfilter 44, deren Operationen von den durch das PCM 200 ausgeführten Steuerungen oder Regelungen beeinflusst werden.

#### (2-1) Normale Steuerung

**[0054]** Bei einer normalen Steuerung oder Regelung, die während eines Normalbetriebs ausgeführt wird, bei der eine DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, eine DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und/oder

eine DPF-Regenerations-Steuerung - oder Regelung (Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung), welche später beschrieben werden, nicht durchgeführt werden, ist zum Verbessern des Kraftstoffwirkungsgrads das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs in dem Brennraum 6 (kann nachfolgend einfach als „das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs“ bezeichnet werden) mager eingestellt ( $\lambda > 1$ , z.B.  $\lambda =$  ungefähr 1,7). Außerdem ist bei der normalen Steuerung oder Regelung insbesondere die Nacheinspritzung angehalten, und es wird nur die Haupteinspritzung durchgeführt. Ferner ist bei der normalen Steuerung oder Regelung insbesondere die Funktion der Glühkerze 11 eingestellt. Zudem werden bei der normalen Steuerung das erste AGR-Ventil 57, das zweite AGR-Ventil 60, das Einlass-Bypassventil 26, das Auslass-Bypassventil 49 und/oder das Wastegate-Ventil 54 so gesteuert oder geregelt, dass ein AGR-Verhältnis und der Turboladedruck angemessene Werte entsprechend einem Betriebszustand des Motorkörpers 1, beispielsweise einer Motordrehzahl, einer Motorlast usw. annehmen.

#### (2-2) DeNO<sub>x</sub>-Steuerung

**[0055]** Die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung zum Freisetzen (Entfernen) von in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 gespeichertem NO<sub>x</sub> (nachfolgend einfach als „das gespeicherte NO<sub>x</sub>“ bezeichnet) aus dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 wird beschrieben.

**[0056]** Wie oben beschrieben, reduziert der NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 das gespeicherte NO<sub>x</sub>, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda \approx 1$ ) oder fett ( $\lambda < 1$ ) ist. Mit anderen Worten: Zum Reduzieren des gespeicherten NO<sub>x</sub> muss das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs niedriger als während des Normalbetriebs (wenn die normale Steuerung oder Regelung durchgeführt wird) reduziert sein.

**[0057]** Daher wird bei dieser Ausführungsform insbesondere die Nacheinspritzung ausgeführt, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs zu reduzieren und das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren. Das heißt, das PCM 200 führt als die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung eine Steuerung oder Regelung aus, die das Kraftstoffeinspritzventil 10 veranlasst, die Nacheinspritzung zusätzlich zu der Haupteinspritzung durchzuführen. Beispielsweise ist bei der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung das Luftüberschussverhältnis  $\lambda$  des Gasgemischs auf ungefähr 0,94 bis 1,06 festgelegt.

**[0058]** Bei dieser Ausführungsform wird die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, bei der die Nacheinspritzung durchgeführt wird, um das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren, insbesondere nur in einem ersten

Bereich R1 und einem zweiten Bereich R2 durchgeführt, die in **Fig. 3** gezeigt sind. Innerhalb des ersten Bereichs R1 liegt die Motordrehzahl zwischen einer bestimmten ersten Referenzdrehzahl N1 und einer bestimmten zweiten Referenzdrehzahl N2, und die Motorlast liegt zwischen einer bestimmten ersten Referenzlast Tq1 und einer bestimmten zweiten Referenzlast Tq2. Innerhalb des zweiten Bereichs R2 ist die Motorlast höher als innerhalb des ersten Bereichs R1 und über einer bestimmten dritten Referenzlast Tq3 (welche in Abhängigkeit der Motordrehzahl variabel sein kann).

**[0059]** Ferner führt das PCM 200 innerhalb des ersten Bereichs insbesondere eine aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder-Regelung aus, bei der die Nacheinspritzung zu einem Zeitpunkt durchgeführt wird, zu dem der bei der Nacheinspritzung eingespritzte Kraftstoff (nachfolgend als „nacheingespritzter Kraftstoff“ bezeichnet) in dem Brennraum 6 verbrennt. Der Einspritzzeitpunkt der Nacheinspritzung ist zuvor beispielsweise auf einen Zeitpunkt ungefähr zwischen 30 und 70° Kurbelwinkel nach dem OT des Verdichtungstakts in einer frühen Hälfte des Arbeitstakts festgelegt. Bei dieser Ausführungsform wird bei der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung die Glühkerze 11 mit Energie versorgt, um das Gasgemisch zwecks Stimulierens der Verbrennung des nacheingespritzten Kraftstoffs zu erhitzen.

**[0060]** Ferner wird bei der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung das AGR-Gas in den Brennraum 6 eingeführt, und die Öffnungen des ersten AGR-Ventils 57 und des zweiten AGR-Ventils 60 sind kleiner (enger) als während des Normalbetriebs eingestellt, das heißt, kleiner als die Öffnungen in einem Fall, in dem die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder-Regelung nicht ausgeführt wird. Bei dieser Ausführungsform ist bei der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung das erste AGR-Ventil 57 vollständig geschlossen, und das zweite AGR-Ventil 60 ist mit einer Öffnung geöffnet, welche kleiner als während des Normalbetriebs ist.

**[0061]** Dies dient dazu, die Verbrennung des nacheingespritzten Kraftstoffs zu stimulieren, während eine Menge an Ruß reduziert wird, der durch diese Verbrennung erzeugt wird. Beispielsweise wurde festgestellt, dass, wenn der nacheingespritzte Kraftstoff verbrennt, zusätzlich zu dem AGR-Gas verbranntes Gas, welches aus der Haupteinspritzung resultiert, in dem Brennraum 6 vorhanden ist. Wenn eine große Menge AGR-Gas eingeführt wird, wird daher das Vermischen des nacheingespritzten Kraftstoffs und der Luft unzureichend, und eine große Menge Ruß kann erzeugt werden. Da die Nacheinspritzung zu einem Zeitpunkt ausgeführt wird, zu dem die Temperatur und der Druck in dem Brennraum 6 vergleichsweise niedrig sind, nimmt daher die Stabilität der Verbrennung leicht ab. Daher ist

bei der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder-Regelung das erste AGR-Ventil 57 geschlossen, um das Einfließen von AGR-Gas niedriger Temperatur, welches den AGR-Kühler 58 durchlaufen hat, anzuhalten, und das zweite AGR-Ventil 60 ist geöffnet, um AGR-Gas hoher Temperatur wie oben beschrieben einzuführen, um die Verbrennung des nacheingespritzten Kraftstoffs zu stimulieren, während die Stabilität der Verbrennung verbessert wird. Ferner ist die Öffnung dieses zweiten AGR-Ventils 60 so festgelegt, dass sie kleiner als während des Normalbetriebs ist, um die Rußerzeugungsmenge zu reduzieren.

**[0062]** Insbesondere speichert das PCM 200, z.B. in Plänen, Tabellen oder Korrespondenzen der Motordrehzahl, der Motorlast usw. die Öffnung des ersten AGR-Ventils 57 und/oder die Öffnung des zweiten AGR-Ventils 60 während der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder-Regelung und auch die Öffnung des ersten AGR-Ventils 57 und/oder die Öffnung des zweiten AGR-Ventils 60 während des Normalbetriebs. Das PCM 200 bestimmt die Öffnungen des ersten AGR-Ventils 57 und/oder des zweiten AGR-Ventils 60 z.B. durch Extrahieren von Werten aus dem Plan oder der Tabelle entsprechend der Steuerung oder Regelung bei der Ausführung. Ferner sind die Werte in dem Plan oder der Tabelle für die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung so festgelegt, dass sie niedriger als die Werte in der Tabelle für die normale Steuerung oder Regelung bei der gleichen Motordrehzahl, Motorlast usw. sind.

**[0063]** In dem zweiten Bereich R2 führt dagegen das PCM 200 insbesondere eine passive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung aus, bei der die Nacheinspritzung zu einem Zeitpunkt durchgeführt wird, zu dem der nacheingespritzte Kraftstoff nicht in dem Brennraum 6 verbrennt (in einer späteren Hälfte des Arbeitstakts, z.B. 110° Kurbelwinkel nach dem OT des Verdichtungstakts). Ferner sind bei der passiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung das erste und das zweite AGR-Ventil 57 und 60 beide vollständig geschlossen, insbesondere um zu verhindern, dass der AGR-Kühler 58 usw. durch eine Ablagerung verstopft wird, die durch den aus der Nacheinspritzung resultierenden unverbrannten Kraftstoff erzeugt wird.

**[0064]** Wie oben beschrieben, sind die Inhalte der Steuerung oder Regelung der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung aus den folgenden Gründen zwischen dem ersten und dem zweiten Bereich R1 und R2 unterschiedlich oder können unterschiedlich sein.

**[0065]** Innerhalb eines Betriebsbereichs, in dem die Motorlast niedrig oder vergleichsweise hoch ist und die Motordrehzahl niedrig ist, fällt die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Katalysators 41 aufgrund der Tatsache, dass die Temperatur des Abgases niedrig ist, leicht unter

die Temperatur, bei der das gespeicherte NO<sub>x</sub> reduzierbar ist. Daher wird bei dieser Ausführungsform die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung innerhalb dieses Bereichs angehalten.

**[0066]** Außerdem wurde beobachtet, dass, obwohl die Nacheinspritzung bei der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung wie oben beschrieben ausgeführt wird, wenn der nacheingespritzte Kraftstoff wie er ist, ohne zu verbrennen an den Auslasskanal 40 abgegeben wird, die durch diesen unverbrannten Kraftstoff hervorgerufene Ablagerung den AGR-Kühler 58 usw. verstopfen kann. Daher wird der nacheingespritzte Kraftstoff vorzugsweise in dem Brennraum 6 verbrannt. Innerhalb eines Betriebsbereichs, in dem die Motorlast hoch oder vergleichsweise niedrig ist und die Motordrehzahl hoch ist, ist es jedoch aufgrund der Tatsache, dass die Temperatur in dem Brennraum 6 hoch ist oder eine Zeitspanne, welche einem Grad Kurbelwinkel entspricht, kurz ist, schwierig, den nacheingespritzten Kraftstoff ausreichend mit Luft zu vermischen, bevor das Gas in dem Brennraum 6 ausgestoßen wird, und der nacheingespritzte Kraftstoff kann möglicherweise nicht ausreichend verbrannt werden. Ferner kann das unzureichende Vermischen eine Rußzunahme hervorrufen. Daher wird die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung innerhalb dieses Bereichs im Prinzip eingestellt.

**[0067]** Es sei darauf hingewiesen, dass innerhalb des zweiten Bereichs R2, in dem die Motorlast, auch während des Normalbetriebs, extrem hoch ist, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs klein festgelegt ist, da die Einspritzmenge für die Haupteinspritzung (nachfolgend als „die Haupteinspritzmenge“ bezeichnet) groß ist. Somit ist innerhalb des zweiten Bereichs R2 durch Reduzieren der Einspritzmenge für die Nacheinspritzung (nachfolgend einfach als „die Nacheinspritzmenge“ bezeichnet), welche zum Reduzieren des gespeicherten NO<sub>x</sub> erforderlich ist, die oben beschriebene Beeinflussung, welche durch Ausstoßen von unverbranntem Kraftstoff zu dem Auslasskanal 40 hervorgerufen wird, so reduziert, dass sie niedriger ist.

**[0068]** Bei dieser Ausführungsform wird daher innerhalb des ersten Bereichs R1, in dem sowohl die Motorlast als auch die Motordrehzahl nicht übermäßig niedrig oder übermäßig hoch sind, die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung ausgeführt, bei der der nacheingespritzte Kraftstoff in dem Brennraum 6 verbrennt, während innerhalb des zweiten Bereichs R2 die passive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung ausgeführt wird, bei der der nacheingespritzte Kraftstoff nicht in dem Brennraum 6 verbrannt wird. Es sei darauf hingewiesen, dass innerhalb des zweiten Bereichs R2 die Temperatur des Abgases ausreichend hoch ist und der Oxidationskatalysator 42 ausreichend aktiviert ist. Daher wird der unverbrannte Kraftstoff, welcher zu dem Auslasska-

nal 40 ausgestoßen wird, durch den Oxidationskatalysator 42 gereinigt. Durch Zulassen der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung nur innerhalb des Betriebsbereichs, in dem die Motordrehzahl und die Motorlast auf mittlerem Niveau liegen, wird die Stabilität der Verbrennung der Nacheinspritzung während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung sichergestellt, und eine Verschlechterung der Abgasleistung wird verhindert.

**[0069]** Wie später beschrieben, wird bei dieser Ausführungsform in einem Fall, in dem die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung in einem Zustand gestartet wird, wenn der Motorkörper 1 in dem ersten Bereich R1 betrieben wird, die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung vor der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung durchgeführt. Wenn die NO<sub>x</sub>-Speichermenge, welches die in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 gespeicherte Menge an NO<sub>x</sub> ist, jedoch extrem groß ist, kann die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung ungeachtet dessen ausgeführt werden, ob die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung ausgeführt wird. Auch in diesem Fall wird die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung ausgeführt, wenn der Motorkörper 1 insbesondere innerhalb des ersten Bereichs R1 betrieben wird. Außerdem wird die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung nicht ausgeführt, wenn die Temperatur des SCR-Katalysators 46 auf die Temperatur angestiegen ist, bei welcher der SCR-Katalysator 46 in der Lage ist, NO<sub>x</sub> zu reduzieren. Wenn die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Katalysators 41 nicht auf die Temperatur angestiegen ist, bei der der SCR-Katalysator 46 in der Lage ist, das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reinigen, wird außerdem die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung nicht ausgeführt.

**[0070]** Dagegen wird das Ausführen der passiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung zugelassen, wenn der Motorkörper 1 insbesondere innerhalb des zweiten Bereichs R2 betrieben wird, die Temperatur des SCR-Katalysator 46 unter einer bestimmten Temperatur liegt, die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 über einer bestimmten Temperatur liegt und die NO<sub>x</sub>-Speichermenge über einer bestimmten Menge liegt.

**[0071]** Die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung kann einfach als die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung bezeichnet werden.

### (2-3) DPF-Regenerations-Steuerung

**[0072]** Ein Überblick der DPF (Filter)-Regenerations-Steuerung oder -Regelung zur Regeneration des Reinigungsvermögens des DPF 44 durch Entfernen von durch den DPF 44 eingefangenen Partikel wird beschrieben.

**[0073]** Die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung wird insbesondere gestartet, wenn der Oxidationskatalysator 42 eine bestimmte Temperatur erreicht und die Oxidationsreaktion möglich wird und die Menge an durch den DPF 44 eingefangenen Partikeln (nachfolgend einfach als die Partikelansammlungsmenge bezeichnet) eine bestimmte (vorgegebene oder vorgebbare) Regenerationsstartmenge überschreitet, und wird beendet, wenn die Partikelansammlungsmenge eine Regenerationsbeendigungsmenge unterschreitet, welche auf einen Wert niedriger als die Regenerationsstartmenge festgelegt ist. Die Partikelansammlungsmenge wird beispielsweise basierend auf einer Druckdifferenz zwischen der stromaufwärtigen Seite und der stromabwärtigen Seite des DPF 44 berechnet, welche durch Drucksensoren berechnet wird, die auf der stromaufwärtigen Seite und der stromabwärtigen Seite des DPF 44 angeordnet sind. Außerdem ist die Regenerationsstartmenge auf einen Wert festgelegt, welcher um einen bestimmten Betrag niedriger als der größte Betrag der durch den DPF 44 eingefangenen Partikelansammlungsmenge ist.

**[0074]** Wie oben beschrieben können die durch den DPF 44 eingefangenen Partikel unter einer hohen Temperatur zumindest teilweise verbrannt und entfernt werden. In dieser Hinsicht werden durch Hervorrufen einer Oxidationsreaktion durch Zuführen des unverbrannten Kraftstoffs zu dem Oxidationskatalysator 42, welcher auf der stromaufwärtigen Seite des DPF 44 angeordnet ist, die Temperatur des in den DPF 44 strömenden Abgases, weiter die Temperatur des DPF 44 erhöht.

**[0075]** Somit wird bei dieser Ausführungsform als DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung die Steuerung oder Regelung ausgeführt, bei der die Nacheinspritzung durchgeführt wird, während veranlasst wird, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemischs mager ist, sodass die Luft und unverbrannter Kraftstoff in den Oxidationskatalysator 42 geleitet und durch diesen oxidiert werden. Beispielsweise wird bei der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung die Nacheinspritzung zu dem Zeitpunkt durchgeführt, zu dem der nacheingespritzte Kraftstoff nicht in dem Brennraum 6 verbrennt (in der späteren Hälfte des Arbeitstakts, z.B. 110° Kurbelwinkel nach dem OT des Verdichtungstakts).

**[0076]** Außerdem sind bei der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung das erste und das zweite AGR-Ventil 57 und 60 vollständig geschlossen, sodass verhindert wird, dass der unverbrannte Kraftstoff in den AGR-Kanal 56 und/oder den AGR-Kühler 58 strömt und diese verstopft. Da das Verbrennen des nacheingespritzten Kraftstoffs bei der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung nicht erforderlich ist, wird die Energiezufuhr an die Glühkerze 11 angehalten.

#### (2-4) DeSO<sub>x</sub>-Steuerung

**[0077]** Nachfolgend wird die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung zum Reduzieren und Entfernen von in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 gespeichertem SO<sub>x</sub> (nachfolgend einfach als „das gespeicherte SO<sub>x</sub>“ bezeichnet) beschrieben.

**[0078]** Wie oben beschrieben, wird das gespeicherte SO<sub>x</sub> reduziert, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda \approx 1$ ) oder fett ( $\lambda < 1$ ) ist. Folglich wird auch bei der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung die Nacheinspritzung zusätzlich zu der Haupteinspritzung durchgeführt, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Gasgemisch nahe zu dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis ( $\lambda \approx 1$ ) zu bringen oder fett ( $\lambda < 1$ ) zu machen.

**[0079]** Es sei darauf hingewiesen, dass, da SO<sub>x</sub> eine größere Bindungskraft als NO<sub>x</sub> hat, zum Reduzieren des gespeicherten SO<sub>x</sub> die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Katalysators 41, ferner die Temperatur des durch diesen strömenden Abgases höher als bei der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung erhöht werden muss (auf ungefähr 600°C). Was das betrifft, wird durch Veranlassen der Oxidationsreaktion des unverbrannten Kraftstoffs in dem Oxidationskatalysator 42 wie oben beschrieben, die Temperatur des durch den ersten Katalysator 43, ferner den NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 strömenden Abgases erhöht.

**[0080]** Somit enthält bei dieser Ausführungsform die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung insbesondere das abwechselnde Durchführen eines Anreicherungsprozesses zum Durchführen der Nacheinspritzung ähnlich der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, um zu bewirken, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases fetter als während des Normalbetriebs ist, um es nahe zu dem oder unter das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu bringen, und eines Abmagerungsprozesses zum Durchführen, während veranlasst wird, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist, der Nacheinspritzung derart, dass die Luft und der unverbrannte Kraftstoff dem Oxidationskatalysator 42 zugeführt werden, um sie darin zu oxidieren.

**[0081]** Bei dem Anreicherungsprozess, ähnlich wie bei der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, wird die Nacheinspritzung insbesondere zu dem Zeitpunkt durchgeführt, zu dem der nacheingespritzte Kraftstoff in dem Brennraum 6 verbrennt (in der frühen Hälfte des Arbeitstakts, z.B. ungefähr 30 bis 70° Kurbelwinkel nach dem OT des Verdichtungstakts). Ferner sind bei dem Anreicherungsprozess die Luftüberschussverhältnisse  $\lambda$  des Gasgemischs und des Abgases auf ungefähr 1,0 festgelegt, um sie nahe an das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu bringen. Beispielsweise sind bei dem

Anreicherungsprozess die Luftüberschussverhältnisse  $\lambda$  des Gasgemischs und des Abgases auf ungefähr 0,94 bis 1,06 festgelegt.

**[0082]** Außerdem ist bei dem Anreicherungsprozess, ähnlich wie bei der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, zum Verbessern der Stabilität der Verbrennung der Nacheinspritzung bei gleichzeitigem Reduzieren des durch diese Verbrennung erzeugten Rußes das erste AGR-Ventil 57 insbesondere vollständig geschlossen, während das zweite AGR-Ventil 60 mit einer Öffnung kleiner als während des Normalbetriebs geöffnet ist. Zum Senken des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Gasgemischs steuert oder regelt ferner das PCM 200 das Drosselventil 23, das Auslass-Bypassventil 49 und das Wasgate-Ventil 54 so, dass die Menge der Ansaugluft kleiner als während des Normalbetriebs reduziert wird.

**[0083]** Bei dem Abmagerungsprozess dagegen, wird die Nacheinspritzung insbesondere zu einem Zeitpunkt durchgeführt, zu dem der nacheingespritzte Kraftstoff nicht in dem Brennraum 6 verbrennt (in der späteren Hälfte des Arbeitstakts, z.B. 110° Kurbelwinkel nach dem OT des Verdichtungsstakts). Ferner sind die Luftüberschussverhältnisse  $\lambda$  des Gasgemischs und des Abgases so festgelegt, dass sie 1 oder höher sind, um die Luft-Kraftstoff-Verhältnisse des Gasgemischs und des Abgases mager zu machen. Beispielsweise sind bei dem Abmagerungsprozess die Luftüberschussverhältnisse  $\lambda$  des Gasgemischs und des Abgases auf ungefähr 1,2 bis 1,4 festgelegt.

**[0084]** Zudem sind bei dem Abmagerungsprozess das erste und das zweite AGR-Ventil 57 und 60 beide vollständig geschlossen, um zu verhindern, dass der AGR-Kühler usw. durch eine Ablagerung verstopft wird, die durch den unverbrannten Kraftstoff verursacht wird.

**[0085]** Da das Mager-Machen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Gasgemischs in dem Brennraum 6 und das Durchführen der Nacheinspritzung, ohne dass das Verbrennen des Kraftstoffs bewirkt wird, wie oben beschrieben im Entfernen der Partikel durch Verbrennen resultieren, wird hierbei die Partikelentfernung während des Abmagerungsprozesses möglich.

#### (2-5) Steuerungsablauf

**[0086]** Nachfolgend wird der Prozess der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung und der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung anhand des Flussdiagramms der Fig. 4 beschrieben.

**[0087]** Bei S1 ermittelt das PCM 200, ob ein DPF-Regenerations-Zulassungsmerker 1 ist. Der DPF-Regenerations-Zulassungsmerker wird insbesondere 1 oder High, wenn die Regeneration in dem DPF 44 zulässig ist (eine Filterregenerations-Ausführbedingung erfüllt ist), und wird 0 oder Low, wenn die Regeneration des DPF 44 unzulässig ist (die Filterregenerations-Ausführbedingung nicht erfüllt ist). Bei dieser Ausführungsform ist der DPF-Regenerations-Zulassungsmerker auf 1 oder High gesetzt, wenn die Partikelansammlungsmenge des DPF 44 die Regenerationsstartmenge überschreitet, und wird auf 0 oder Low gesetzt, wenn die Partikelansammlungsmenge unter die Regenerationsbeendigungsmenge fällt. Wenn das Ergebnis dieser Bestimmung NEIN ist, geht der Prozess weiter zu S20, wo das PCM 200 die normale Steuerung oder Regelung ausführt und dann den Prozess beendet (zu S1 zurückkehrt). Wenn dagegen das Ergebnis der Bestimmung bei S1 JA ist, geht der Prozess weiter zu S2.

**[0088]** Bei S2 bestimmt das PCM 200, ob der Motorkörper 1 innerhalb des ersten Bereichs R1 betrieben wird. Wenn das Ergebnis dieser Bestimmung NEIN ist, geht der Prozess weiter zu S20, wo das PCM 200 die normale Steuerung oder Regelung durchführt und dann den Prozess beendet (zu S1 zurückkehrt). Wenn dagegen das Ergebnis der Bestimmung bei S2 JA ist, geht der Prozess weiter zu S3.

**[0089]** Bei S3 führt das PCM 200 die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung (als eine spezielle erste Kraftstoffeinspritzsteuerung oder Kraftstoffeinspritzregelung) aus.

**[0090]** Dann geht der Prozess weiter zu S4, wo das PCM 200 ermittelt, ob die gespeicherte NO<sub>x</sub>-Menge kleiner als eine bestimmte DeNO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge ist, das heißt, ob die gespeicherte NO<sub>x</sub>-Menge aufgrund der Ausführung der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung unter die DeNO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge fällt. Wenn das Ergebnis dieser Bestimmung NEIN ist, kehrt der Prozess zu S2 zurück. Wenn dagegen das Ergebnis dieser Bestimmung JA ist, geht der Prozess weiter zu S5. Mit anderen Worten: Das PCM 200 setzt die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung fort, bis die gespeicherte NO<sub>x</sub>-Menge unter die DeNO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge fällt und die Bestimmung bei S4 JA ergibt und/oder bis der Bereich nicht mehr der erste Bereich R1 ist und die Bestimmung bei S2 NEIN ergibt. Die DeNO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge ist beispielsweise auf einen Wert um 0 festgelegt.

**[0091]** Wenn das Ergebnis der Bestimmung bei S4 JA ist, geht das PCM 200 weiter zu S5, wo das PCM 200 die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung anhält und die DPF-Regenerations-Steuerung oder

-Regelung durchführt (startet). Dann geht der Prozess weiter zu S6.

**[0092]** Bei S6 bestimmt das PCM 200, ob die Partikelansammlungsmenge kleiner als eine bestimmte DeNO<sub>x</sub>-Startmenge (als eine bestimmte Referenzmenge) ist. Wenn das Ergebnis dieser Bestimmung NEIN ist, kehrt das PCM 200 zu S5 zurück. Mit anderen Worten: Das PCM 200 führt die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung durch, bis die Partikelansammlungsmenge unter die DeNO<sub>x</sub>-Startmenge fällt. Die DeNO<sub>x</sub>-Startmenge ist auf eine Menge größer als 0, aber kleiner als die Regenerationsstartmenge festgelegt, beispielsweise ungefähr 50% der Regenerationsstartmenge.

**[0093]** Sobald die Partikelansammlungsmenge unter die DeNO<sub>x</sub>-Startmenge fällt und dadurch das Ergebnis der Bestimmung bei S6 JA wird, geht das PCM 200 weiter zu S7, wo das PCM 200 ferner bestimmt, ob die Partikelansammlungsmenge größer als eine Regenerationsbeendigungsmenge ist. Wenn das Ergebnis der Bestimmung NEIN ist und die Partikelansammlungsmenge kleiner als die Regenerationsbeendigungsmenge ist, geht der Prozess weiter zu S20.

**[0094]** Wenn dagegen das Ergebnis der Bestimmung bei S7 JA ist, geht das PCM 200 weiter zu schritt S8 und führt (startet) die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung aus (als eine spezielle zweite Kraftstoffeinspritzungssteuerung oder -regelung). Nach S8 geht der Prozess weiter zu S9.

**[0095]** Bei S9 bestimmt das PCM 200, ob die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge kleiner als eine DeSO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge ist. Wenn das Ergebnis dieser Bestimmung NEIN ist, kehrt das PCM 200 zu S7 zurück. Mit anderen Worten: Auch wenn das Ergebnis der Bestimmung bei S9 NEIN ist und die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge über der DeSO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge liegt, geht bei dieser Ausführungsform der Prozess, sobald das Ergebnis der Bestimmung bei S7 NEIN wird und die Partikelansammlungsmenge unter die Regenerationsbeendigungsmenge fällt, weiter zu S20, um die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -regelung anzuhalten und die Steuerung oder Regelung zur normalen Steuerung oder Regelung umzuschalten. Es sei darauf hingewiesen, dass die Bestimmung bei S7 alternativ entfallen kann, sodass die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -regelung fortgesetzt wird, bis die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge unter die DeSO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge fällt, gleich ob die Partikelansammlungsmenge kleiner als die Regenerationsbeendigungsmenge ist, sodass die Steuerung oder Regelung nicht auf die normale Steuerung oder Regelung umgeschaltet wird, bis die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge unter die DeSO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge fällt.

**[0096]** Wenn dagegen das Ergebnis der Bestimmung bei S9 JA ist, geht das PCM 200 zu S10 weiter.

**[0097]** Bei S10 führt das PCM 200 die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung aus. Mit anderen Worten: Wenn die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge unter die DeSO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge fällt, wird die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung angehalten und die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung wird wieder aufgenommen. Nach S10 geht der Prozess zu S11 weiter.

**[0098]** Bei S11 bestimmt das PCM 200, ob die Partikelansammlungsmenge kleiner als die Regenerationsbeendigungsmenge ist. Wenn das Ergebnis dieser Bestimmung NEIN ist, kehrt das PCM 200 zu S10 zurück. Wenn dagegen das Ergebnis dieser Bestimmung JA ist, geht das PCM 200 zu S20 weiter. Mit anderen Worten: Wenn die Partikelansammlungsmenge unter die Regenerationsbeendigungsmenge fällt, beendet das PCM 200 die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung.

**[0099]** Fig. 5 zeigt Diagramm, welche Änderungen von Parametern im Zeitverlauf schematisch darstellen, wenn die obigen Steuerungen oder Regelungen ausgeführt werden.

**[0100]** Wenn sich der DPF-Regenerations-Zulassungsmerker zu einem Zeitpunkt t1 von 0 oder Low auf 1 oder High ändert, wird die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung durchgeführt. Beispielsweise wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases so eingestellt, dass es fett ist, und die Nacheinspritzung wird ausgeführt. Dabei ist die Einspritzzeit der Nacheinspritzung auf die vergleichsweise vorgerückte Seite (die frühe Hälfte des Arbeitstakts) festgelegt, sodass der nacheingespritzte Kraftstoff in dem Brennraum 6 verbrennt. Ferner ist das erste AGR-Ventil 57 vollständig geschlossen, und die Öffnung des zweiten AGR-Ventils 60 ist kleiner (enger) als während des Normalbetriebs, d.h. direkt vor Zeitpunkt t1, eingestellt, jedoch nicht vollständig geschlossen.

**[0101]** Aufgrund der Ausführung der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -regelung nimmt nach Zeitpunkt t1 die gespeicherte NO<sub>x</sub>-Menge allmählich ab. Dadurch, dass die Temperatur des Abgases durch die Verbrennung des nacheingespritzten Kraftstoffs in dem Brennraum 6 steigt, steigt ferner nach Zeitpunkt t1 die Temperatur des DPF 44 allmählich. Außerdem steigt auch die Temperatur des Oxidationskatalysators 42 allmählich, was jedoch nicht dargestellt ist.

**[0102]** Wenn die gespeicherte NO<sub>x</sub>-Menge zum Zeitpunkt t2 unter die DeNO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge fällt, wird die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -regelung insbesondere angehalten, und dann

wird die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung ausgeführt.

**[0103]** Beispielsweise wird zum Zeitpunkt t2 das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases auf mager geschaltet. Außerdem wird zwar nach dem Zeitpunkt t2 die Nacheinspritzung noch durchgeführt, doch ist die Einspritzzeit der Nacheinspritzung auf die Verzögerungsseite (die spätere Hälfte des Arbeitstakts) festgelegt, und der nacheingespritzte Kraftstoff wird an den Auslasskanal 40 abgegeben, ohne in dem Brennraum 6 zu verbrennen. Außerdem ist das zweite AGR-Ventil 60 zusätzlich zu dem ersten AGR-Ventil 57 vollständig geschlossen.

**[0104]** Durch diese Steuerung oder Regelung steigt die Temperatur des Abgases durch die Oxidationsreaktion in dem Oxidationskatalysator 42, was die Temperatur des DPF 44 weiter erhöht.

**[0105]** Bei dem Beispiel der **Fig. 5** hat die Temperatur des DPF 44 nicht das Niveau erreicht, bei dem Partikel verbrennbar sind, und durch Erreichen dieses Niveaus bei Zeitpunkt t3 beginnt die Partikelansammlungsmenge abzunehmen. Ferner ist in dem Beispiel der **Fig. 5** während der Annäherung an die Temperatur, bei der Partikel verbrennbar sind, die Nacheinspritzmenge reduziert.

**[0106]** Wenn die Partikelansammlungsmenge zum Zeitpunkt t4 unter die DeSO<sub>x</sub>-Startmenge fällt, wird die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung gestartet. Beispielsweise wird zum Zeitpunkt t4 der Anreicherungsprozess durchgeführt, die Nacheinspritzung, welche so ausgelegt ist, dass der Einspritzzeitpunkt auf der vergleichsweise vorgerückten Seite liegt und der eingespritzte Kraftstoff in dem Brennraum 6 verbrennt, wird durchgeführt und/oder das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases wird so eingestellt, dass es fett ist. Außerdem wird das zweite AGR-Ventil 60 geöffnet. Es darauf hingewiesen, dass auch bei dem Anreicherungsprozess, ähnlich wie bei der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung die Öffnung des zweiten AGR-Ventils 60 insbesondere kleiner (enger) als während des Normalbetriebs, d.h. direkt vor dem Zeitpunkt t1, eingestellt ist. Bei dieser Ausführungsform ist die Öffnung des zweiten AGR-Ventil 60 während des Anreicherungsprozesses und während der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung im Wesentlichen die gleiche. Es sei darauf hingewiesen, dass das erste AGR-Ventil 57 vollständig geschlossen gehalten wird.

**[0107]** Dann wird bei Zeitpunkt t5 der Abmagerungsprozess durchgeführt, die Nacheinspritzung, welche so ausgelegt ist, dass der Einspritzzeitpunkt auf der vergleichsweise verzögernden Seite liegt und der eingespritzte Kraftstoff nicht in dem Brennraum 6 verbrannt wird, wird durchgeführt und/oder das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases wird so einge-

stellt, dass es mager ist. Außerdem wird das zweite AGR-Ventil 60 wieder vollständig geschlossen. Es sei darauf hingewiesen, dass das erste AGR-Ventil 57 weiterhin vollständig geschlossen gehalten wird.

**[0108]** Ferner werden der Anreicherungsprozess und der Abmagerungsprozess wiederholt und somit nimmt nach dem Zeitpunkt t4 die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge ab. Insbesondere nimmt die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge aufgrund des Anreicherungsprozesses ab. Ferner nimmt die Partikelansammlungsmenge durch den Abmagerungsprozess ebenfalls ab.

**[0109]** Dann wird zum Zeitpunkt t6 aufgrund dessen, dass die gespeicherte SO<sub>x</sub>-Menge unter die DeSO<sub>x</sub>-Beendigungs-Bestimmungsmenge fällt, die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung angehalten, und die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung wird wieder gestartet.

**[0110]** Dann wird zum Zeitpunkt t7 aufgrund dessen, dass die Partikelansammlungsmenge unter die Regenerationsbeendigungsmenge fällt, die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung angehalten und auf die normale Steuerung oder Regelung umgeschaltet. Beispielsweise wird die Nacheinspritzmenge auf 0 gesetzt, um die Nacheinspritzung anzuhalten. Ferner ist das erste AGR-Ventil 57 geöffnet, und die Öffnung des zweiten AGR-Ventils 60 ist gegenüber dem Anreicherungsprozess bei der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung erhöht (größer). Außerdem wird der DPF-Regenerationsmerker 0 gesetzt.

### (3) Wirkungen usw.

**[0111]** Wie oben beschrieben, werden bei dieser Ausführungsform NO<sub>x</sub> und SO<sub>x</sub>, welche in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator gespeichert sind, durch Ausführen der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung geeignet reduziert. Ferner werden die durch den DPF 44 eingefangenen Partikel durch Ausführen der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung geeignet verbrannt und zumindest teilweise entfernt. Daher werden die Reinigungsleistung des NO<sub>x</sub>-Katalysators und/oder des DPF verbessert.

**[0112]** Zudem wird während der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung der nacheingespritzte Kraftstoff insbesondere in dem Brennraum 6 verbrannt, und nach der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung wird, in Fortsetzung derselben, die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung ausgeführt.

**[0113]** Daher wird die Temperatur des Abgases während der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung erhöht, und damit wird der Oxidationskatalysa-



tor 42 aktiviert und die Temperatur des DPF 44 wird erhöht, was bei der folgenden DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung die Startzeit der Verbrennung von durch den DPF 44 eingefangenen Partikeln vorrückt. Im Vergleich zu einem Fall, in dem die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung zu unterschiedlichen Zeiten ausgeführt werden, wird daher eine Zeitdauer vom Beginn der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung bis zum Ansteigen der Temperatur des DPF 44 auf das Niveau, bei dem Partikel verbrennbar sind, verkürzt, die Menge an unverbranntem Kraftstoff, welche dem Oxidationskatalysator 42 zum Erreichen dieser Temperaturerhöhung zugeführt werden muss, wird verringert und der Kraftstoffwirkungsgrad wird verbessert.

**[0114]** Da in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 gespeichertes NO<sub>x</sub> insbesondere vor dem Ausführen der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung reduziert wird, auch wenn die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Katalysators 41 durch Ausführen der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung erhöht ist, wird eine Freisetzung einer großen Menge NO<sub>x</sub> aus dem NO<sub>x</sub>-Katalysator 41 aufgrund der Temperaturerhöhung verhindert. Somit wird eine Abgasleistung verbessert.

**[0115]** Außerdem wird bei dieser Ausführungsform während der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung der naheingespritzte Kraftstoff insbesondere in dem Brennraum 6 verbrannt. Daher wird gegenüber dem Fall, in dem die Nacheinspritzung zu dem verzögerten Zeitpunkt durchgeführt wird, zu dem der naheingespritzte Kraftstoff nicht in dem Brennraum 6 verbrennt, eine Menge an naheingespritztem Kraftstoff, welcher aus dem Brennraum 6 zu der Kurbelgehäuse-Seite austritt und sich in Motoröl mischt, reduziert, und das Verstopfen verschiedener Vorrichtungen, die in dem Auslasskanal angeordnet sind, durch die durch den unverbrannten Kraftstoff hervorgerufene Ablagerung wird verhindert.

**[0116]** Ferner startet bei dieser Ausführungsform, nachdem die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung begonnen hat, insbesondere wenn die Partikelansammlungsmenge des DPF 44 unter die DeSO<sub>x</sub>-Startmenge fällt, welche größer als 0 festgelegt ist, die den Abmagerungsprozess einschließende DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung. Daher wird durch Durchführen der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung in dem NO<sub>x</sub>-Katalysator gespeichertes SO<sub>x</sub> reduziert und entfernt, während Partikel des DPF 44 ebenfalls verbrannt und entfernt werden, und die Reinigungsleistungen des NO<sub>x</sub>-Katalysators 41 und/oder des DPF 44 werden effizient wiederhergestellt. Das heißt, gegenüber dem Fall, bei dem die DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung und die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung individuell

durchgeführt werden, wird die Ausführzeit für die Regenerations-Steuerung oder -Regelung des DPF 44 verkürzt, eine erforderliche Menge an Kraftstoff zum Verbrennen von Partikeln des DPF 44 wird reduziert und der Kraftstoffwirkungsgrad wird weiter verbessert.

**[0117]** Außerdem wird verhindert, dass eine übermäßige Reaktion der Partikel aufgrund der Ausführung der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung in einem Zustand auftritt, in dem die Partikelansammlungsmenge groß ist, und die Temperatur des DPF 44 übermäßig ansteigt, und ferner dass der DPF 44 thermisch beschädigt wird.

**[0118]** Beispielsweise schreitet die Verbrennung von Partikeln in dem DPF 44 leicht fort, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in dem Zustand, in dem eine große Menge Partikel in dem DPF 44 vorhanden ist, zwischen mager und fett geändert wird. Wenn die große Menge Partikel während der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, bei der das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zwischen mager und fett geändert wird, in dem DPF 44 vorhanden ist, schreitet die Verbrennung dieser großen Menge von Partikeln rapide voran, was die Temperatur des DPF 44 übermäßig erhöhen kann. Was das betrifft, wird bei dieser Ausführungsform der übermäßige Temperaturanstieg des DPF verhindert, da die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung gestartet wird, nachdem die Partikelansammlungsmenge unter die DeSO<sub>x</sub>-Startmenge gefallen ist.

**[0119]** Da die DeSO<sub>x</sub>-Startmenge kleiner als die Regenerations-Startmenge festgelegt ist, wird bei dieser Ausführungsform insbesondere verhindert, dass die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung in dem Zustand beginnt, in dem die Partikelansammlungsmenge groß ist, und die thermische Beschädigung des DPF 44 wird verhindert.

**[0120]** Außerdem sind bei dieser Ausführungsform während des Anreicherungsprozesses der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung die Öffnungen der AGR-Ventile 57 und 60 insbesondere so gesteuert oder geregelt, dass sie enger als während des Normalbetriebs sind (d.h. in einem Fall, in dem die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung nicht durchgeführt wird), und/oder während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung wird das AGR-Ventil 60 so gesteuert oder geregelt, dass es vollständig geschlossen ist (d.h. noch enger als während der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung).

**[0121]** Daher wird während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung verhindert, dass die verschiedenen Vorrichtungen, welche in dem Auslasskanal 40 angeordnet sind, wie beispielsweise der AGR-Kühler 58, durch die Ablagerung verstopft werden, die durch den an den Auslasskanal 40

ausgegebenen unverbrannten Kraftstoff hervorgerufen wird. Während des Anreicherungsprozesses der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung wird die Menge an Ruß, die durch die Verbrennung des naheingespritzten Kraftstoffs erzeugt wird, reduziert, während die Verbrennungsstabilität dieses Kraftstoffs verbessert wird.

**[0122]** Ähnlich sind bei dieser Ausführungsform während der aktiven DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung die Öffnungen der AGR-Ventile 57 und 60 insbesondere so gesteuert oder geregelt, dass sie enger als während des Normalbetriebs sind (d.h. in einem Fall, in dem die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung nicht durchgeführt wird), und während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung wird das AGR-Ventil 60 so gesteuert oder geregelt, dass es vollständig geschlossen ist (d.h. noch enger als während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung). Daher wird während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung verhindert, dass die verschiedenen Vorrichtungen, welche in dem Auslasskanal 40 angeordnet sind, wie beispielsweise der AGR-Kühler 58 verstopft werden, und die Menge an Ruß, die durch die Verbrennung des naheingespritzten Kraftstoffs erzeugt wird, wird reduziert, während die Verbrennungsstabilität dieses Kraftstoffs während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung verbessert wird.

**[0123]** Folglich wird ein Steuersystem für einen Motor angegeben, welches einen mit einem Zylinder ausgebildeten Motorkörper, einen NO<sub>x</sub>-Katalysator, einen Oxidationskatalysator, einen Partikelfilter, eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung, welche dafür konfiguriert ist, eine Haupteinspritzung und eine Nacheinspritzung durchzuführen, und eine Steuerung enthält, welche dafür konfiguriert ist, eine DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, bei der Kraftstoffeinspritzvorrichtung so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung so ausführt, dass ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in die Nähe des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gebracht oder fett wird und Kraftstoff, welcher durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführt wird, darin verbrennt, und eine Filter-Regenerations-Steuerung oder -Regelung auszuführen, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung so ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis mager wird und der Kraftstoff, der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder zugeführt wird, keine Verbrennung darin bewirkt, wobei die Steuerung die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und die Filter-Regenerations-Steuerung oder -Regelung in dieser Reihenfolge nacheinander ausführt.

#### (4) Modifikationen

**[0124]** Zwar ist bei der obigen Ausführungsform der Fall beschreiben, in dem die aktive DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und die darauf folgende DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung ausgeführt werden, wenn der Motorkörper 1 in dem ersten Bereich R1 betrieben wird, doch können diese Steuerungen oder Regelungen außerhalb des ersten Bereichs R1 ausgeführt werden.

**[0125]** Ferner ist bei der obigen Ausführungsform zwar der Fall beschrieben, in dem die DeSO<sub>x</sub>-Startmenge, welche zum Bestimmen des Beginns der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung verwendet wird, größer als 0 festgelegt ist, doch kann die DeSO<sub>x</sub>-Startmenge 0 sein. Mit anderen Worten: Die DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung kann gestartet werden, nachdem die Partikelansammlungsmenge des DPF 44 0 geworden ist. Es sei darauf hingewiesen, dass durch Festlegen der DeSO<sub>x</sub>-Startmenge größer als 0 die Regeneration des DPF 44 auch während des Abmagerungsprozesses der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung durchgeführt werden kann, die Ausführungszeit für die Regenerations-Steuerung oder -Regelung des DPF 44 verkürzt wird und die erforderliche Menge an Kraftstoff zum Verbrennen von Partikeln des DPF 44 reduziert wird und der Kraftstoffwirkungsgrad noch mehr verbessert wird.

**[0126]** Ferner ist bei der obigen Ausführungsform zwar der Fall beschrieben, in dem das zweite AGR-Ventil 60 während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung vollständig geschlossen ist, doch kann das zweite AGR-Ventil 60 während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung geöffnet sein. Es darauf hingewiesen, dass auch in diesem Fall, da der naheingespritzte Kraftstoff während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung nicht verbrennt, zum Verhindern des Verstopfens des AGR-Kühlers etc., die Öffnung des zweiten AGR-Ventils 60 während der DPF-Regenerations-Steuerung oder -Regelung vorzugsweise kleiner als die während des Normalbetriebs der aktiven DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und des Anreicherungsprozesses der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung ist. Außerdem kann die Öffnung des zweiten AGR-Ventils 60 zwischen der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung und der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung unterschiedlich sein.

**[0127]** Es sei darauf hingewiesen, dass die Ausführungsformen hierin erläuternd und nicht einschränkend sind, da der Umfang der Erfindung durch die angefügten Ansprüche und nicht durch die ihnen vorangehende Beschreibung definiert ist, und dass alle Änderungen, welche innerhalb die Maße und Ziele der Ansprüche fallen, oder Äquivalente solcher Maße und Ziele derselben daher als durch die Ansprüche einbezogen gedacht sind.

## Bezugszeichenliste

1	Motorkörper (Motor)
2	Zylinder
6	Brennraum
10	Kraftstoffeinspritzventil (Kraftstoffeinspritzvorrichtung)
40	Auslasskanal
41	NO <sub>x</sub> -Katalysator
42	Oxidationskatalysator
44	DPF (Partikelfilter)
200	PCM (Steuerung)

## Patentansprüche

1. Steuer- oder Regelsystem für einen Motor, wobei der Motor umfasst:  
 einen Motorkörper (1), welcher mit einem Zylinder (2) ausgebildet ist;  
 einen NO<sub>x</sub>-Katalysator (41), welcher in einem Auslasskanal (40) angeordnet ist, durch den von dem Motorkörper (1) ausgestoßenes Abgas strömt, und welcher dafür konfiguriert ist, NO<sub>x</sub> in dem Abgas zu speichern, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist, und das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren und freizusetzen, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder fett ist;  
 einen Oxidationskatalysator (42), welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator (41) oder in dem Auslasskanal (40) stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators (41) angeordnet und dafür konfiguriert ist, unverbrannten Kraftstoff in dem Abgas zu oxidieren;  
 einen Partikelfilter (44), welcher stromabwärts des Oxidationskatalysators (42) in dem Auslasskanal (40) angeordnet und dafür konfiguriert ist, Partikel in dem Abgas einzufangen; und  
 eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10), welche dafür konfiguriert ist, eine Haupteinspritzung, bei der Kraftstoff in den Zylinder (2) eingespritzt wird, um ein Motordrehmoment zu erzeugen, und eine Nacheinspritzung durchführen, bei der Kraftstoff zu einem Zeitpunkt später als die Haupteinspritzung in den Zylinder (2) eingespritzt wird;  
 wobei das Steuer- oder Regelsystem eine Steuerung oder Regelung (200) umfasst, welche einen Prozessor (201) enthält, der dafür konfiguriert ist eine DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung auszuführen, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung so ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in die Nähe des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gebracht oder fett wird und der Kraftstoff, welcher durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) zugeführt wird, darin verbrennt, und

eine Filter-Regenerations-Steuerung oder -Regelung auszuführen, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung so ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis mager wird und der Kraftstoff, der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) zugeführt wird, keine Verbrennung darin bewirkt, wobei die Steuerung (200) die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung und die Filter-Regenerations-Steuerung oder -Regelung in dieser Reihenfolge nacheinander ausführt, wobei, nachdem eine Menge an in dem Partikelfilter (44) angesammelten Partikel bei der Filter-Regenerations-Steuerung bzw. Regelung unter eine bestimmte Referenzmenge gefallen ist, die Steuerung bzw. Regelung (200) eine DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung ausführt, um abwechselnd einen Anreicherungsprozess, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in die Nähe des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gebracht oder fett wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) eingeführte Kraftstoff darin verbrennt, und einen Abmagerungsprozess durchzuführen, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) eingeführte Kraftstoff keine Verbrennung darin bewirkt.

2. Steuer- oder Regelsystem nach Anspruch 1, wobei die Referenzmenge größer als Null festgelegt ist.

3. Steuer- oder Regelsystem nach Anspruch 1 oder 2, ferner umfassend:  
 einen Abgasrückführ (AGR)-Kanal (56), welcher einen Einlasskanal (20), der zum Einführen von Ansaugluft in den Motorkörper (1) konfiguriert ist, mit dem Auslasskanal (40) verbindet; und  
 ein AGR-Ventil (57), welches zum Öffnen und Schließen des AGR-Kanals (56) konfiguriert ist, wobei während des Anreicherungsprozesses der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, die Steuerung bzw. Regelung (200) eine Öffnung des AGR-Ventils (57) so steuert oder regelt, dass sie kleiner bzw. enger als in einem Fall ist, in dem der Anreicherungsprozess nicht durchgeführt wird, und während der Filter-Regenerations-Steuerung oder -Regelung, die Steuerung oder Regelung (200) die Öffnung des AGR-Ventils (57) so steuert oder regelt, dass sie noch enger als während der DeSO<sub>x</sub>-Steuerung bzw. -Regelung ist.

4. Steuer- oder Regelsystem nach Anspruch 3, ferner umfassend:

einen Abgasrückführ (AGR)-Kanal (56), welcher einen Einlasskanal (20), der zum Einführen von Ansaugluft in den Motorkörper (1) konfiguriert ist, mit dem Auslasskanal (40) verbindet; und ein AGR-Ventil (57), welches zum Öffnen und Schließen des AGR-Kanals (56) konfiguriert ist, wobei während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung, die Steuerung (200) eine Öffnung des AGR-Ventils (57) so steuert oder regelt, dass sie kleiner bzw. enger als in einem Fall ist, in dem die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung nicht durchgeführt wird, und während der Filter-Regenerations-Steuerung, die Steuerung (200) die Öffnung des AGR-Ventils (57) so steuert, dass sie noch enger als während der DeNO<sub>x</sub>-Steuerung ist.

5. Motor, umfassend:

einen Motorkörper (1), welcher mit einem Zylinder (2) ausgebildet ist;  
 einen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (41), welcher in einem Auslasskanal (40) angeordnet ist, durch den von dem Motorkörper (1) ausgestoßenes Abgas strömt;  
 einen Oxidationskatalysator (42), welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator (41) oder in dem Auslasskanal (40) stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators (41) angeordnet ist;  
 einen Filter (44), welcher stromabwärts des Oxidationskatalysators (42) in dem Auslasskanal (40) angeordnet und dafür konfiguriert ist, Partikel einzufangen;  
 ein Kraftstoffeinspritzventil oder eine Einspritzvorrichtung (10), welche dafür konfiguriert ist, Kraftstoff in den Zylinder (2) zuzuführen; und  
 ein Steuer- oder Regelssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

6. Steuer- oder Regelverfahren für einen Motor, umfassend: einen mit einem Zylinder (2) ausgebildeten Motorkörper (1), einen NO<sub>x</sub>-Katalysator (41), welcher in einem Auslasskanal (40) angeordnet ist, durch den aus dem Motorkörper (1) ausgestoßenes Abgas strömt, und dafür konfiguriert ist, NO<sub>x</sub> in dem Abgas zu speichern, wenn ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager ist, und das gespeicherte NO<sub>x</sub> zu reduzieren und freizusetzen, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnis oder fett ist; einen Oxidationskatalysator (42), welcher einstückig mit dem NO<sub>x</sub>-Katalysator (41) oder stromaufwärts des NO<sub>x</sub>-Katalysators (41) in dem Auslasskanal (40) angeordnet ist und dafür konfiguriert ist, unverbrannten Kraftstoff innerhalb des Abgases zu oxidieren; einen Partikelfilter (44), welcher in dem Auslasskanal (40) stromabwärts des Oxidationskatalysators (42) angeordnet ist und dafür ausgebildet ist, Partikel innerhalb des Abgases einzufangen; und eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10), welche dafür konfiguriert ist, eine Haupteinspritzung, bei der Kraftstoff zum Erzeugen eines Drehmoments in den Zylinder (2) eingespritzt wird,

und eine Nacheinspritzung auszuführen, bei der Kraftstoff zu einem Zeitpunkt später als die Haupteinspritzung in den Zylinder eingespritzt (2) wird; wobei das Steuer- oder Regelverfahren umfasst: Ausführen einer DeNO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) derart gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases nahe zu dem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis gebracht wird oder fett wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) zugeführte Kraftstoff darin verbrennt, Ausführen einer Filterregenerations-Steuerung oder -Regelung, bei der die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) derart gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart durchführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) zugeführte Kraftstoff keine Verbrennung darin hervorruft; wobei das Steuerverfahren die DeNO<sub>x</sub>-Steuerung und die Filterregenerations-Steuerung nacheinander in dieser Reihenfolge ausführt, und Ausführen einer DeSO<sub>x</sub>-Steuerung oder -Regelung, nachdem eine Menge an in dem Partikelfilter (44) angesammelten Partikel bei der Filter-Regenerations-Steuerung bzw. Regelung unter eine bestimmte Referenzmenge gefallen ist, um abwechselnd einen Anreicherungsprozess, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in die Nähe des stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses gebracht oder fett wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) eingeführte Kraftstoff darin verbrennt, und einen Abmagerungsprozess durchzuführen, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (10) so gesteuert oder geregelt wird, dass sie die Haupteinspritzung und die Nacheinspritzung derart ausführt, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases mager wird und der durch die Nacheinspritzung in den Zylinder (2) eingeführte Kraftstoff keine Verbrennung darin bewirkt.

7. Computerprogrammprodukt, welches computerlesbare Befehle umfasst, die, wenn sie auf einem geeigneten System geladen sind und ausgeführt werden, die Schritte des Steuer- oder Regelverfahrens nach Anspruch 6 ausführen können.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

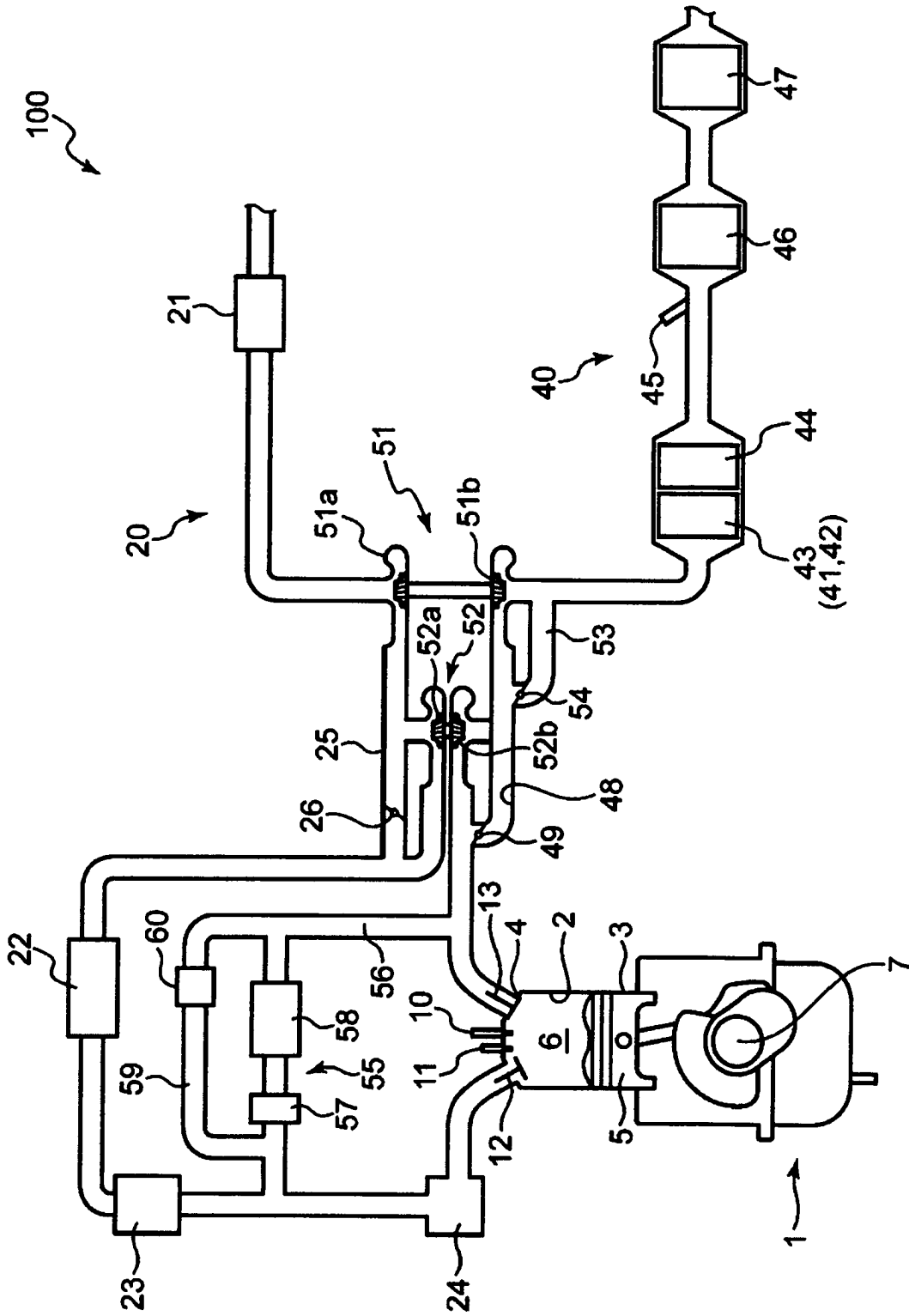


FIG. 1

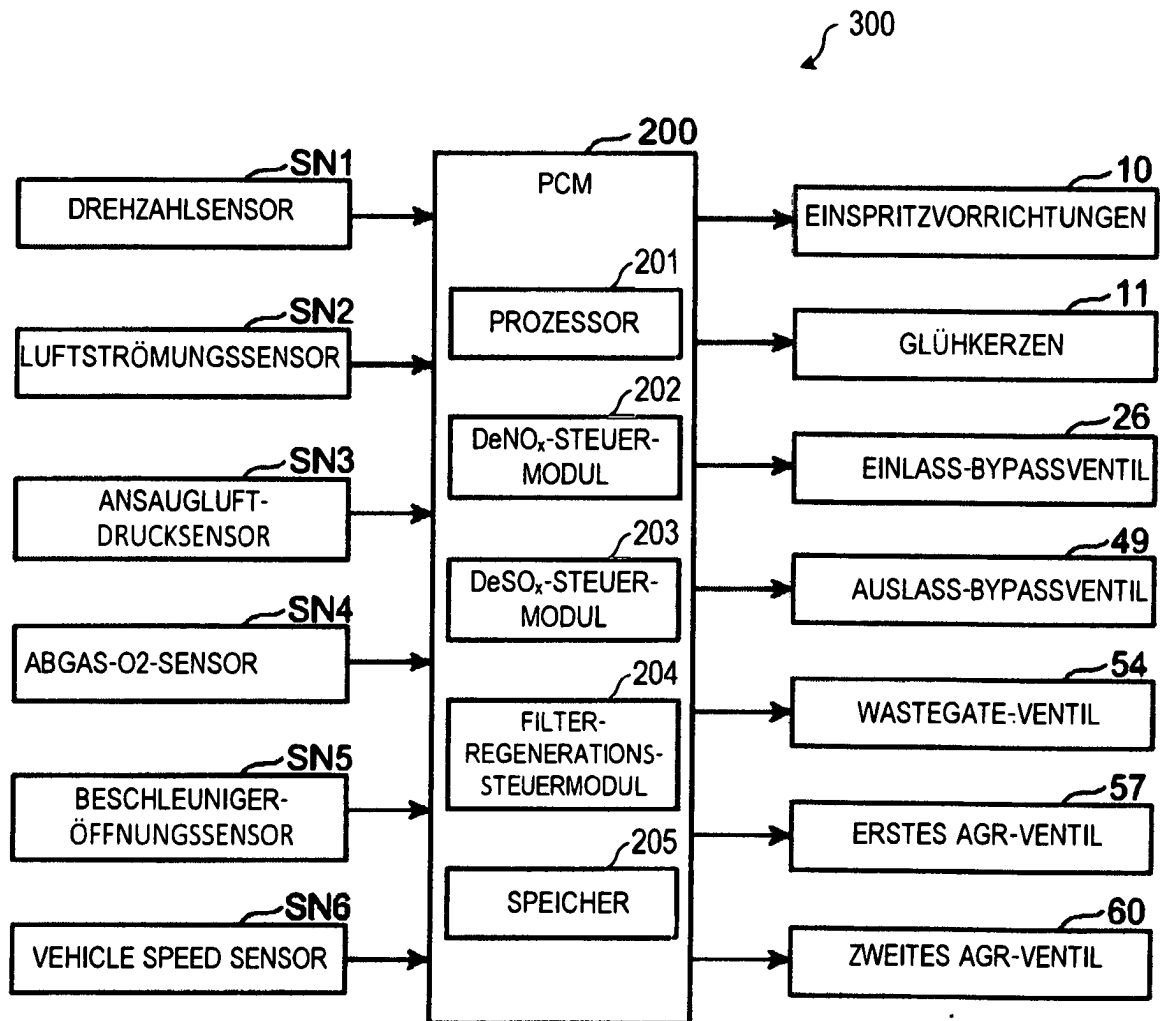


FIG. 2

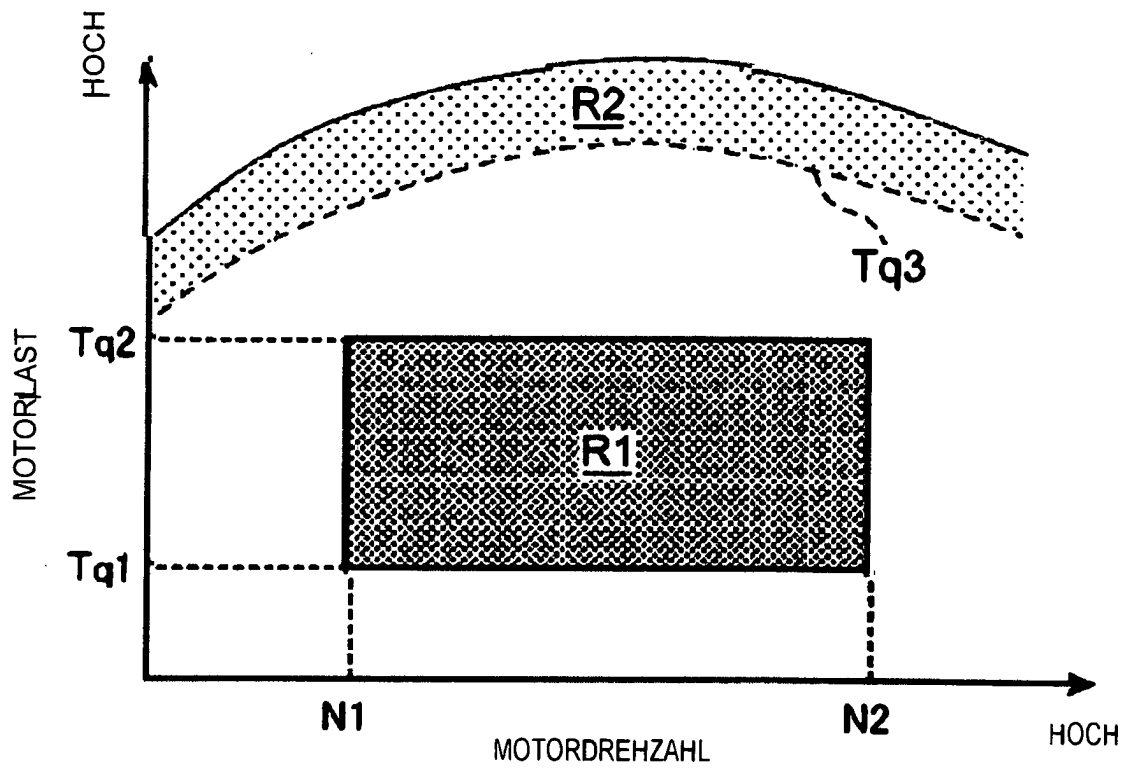


FIG. 3

FIG. 4

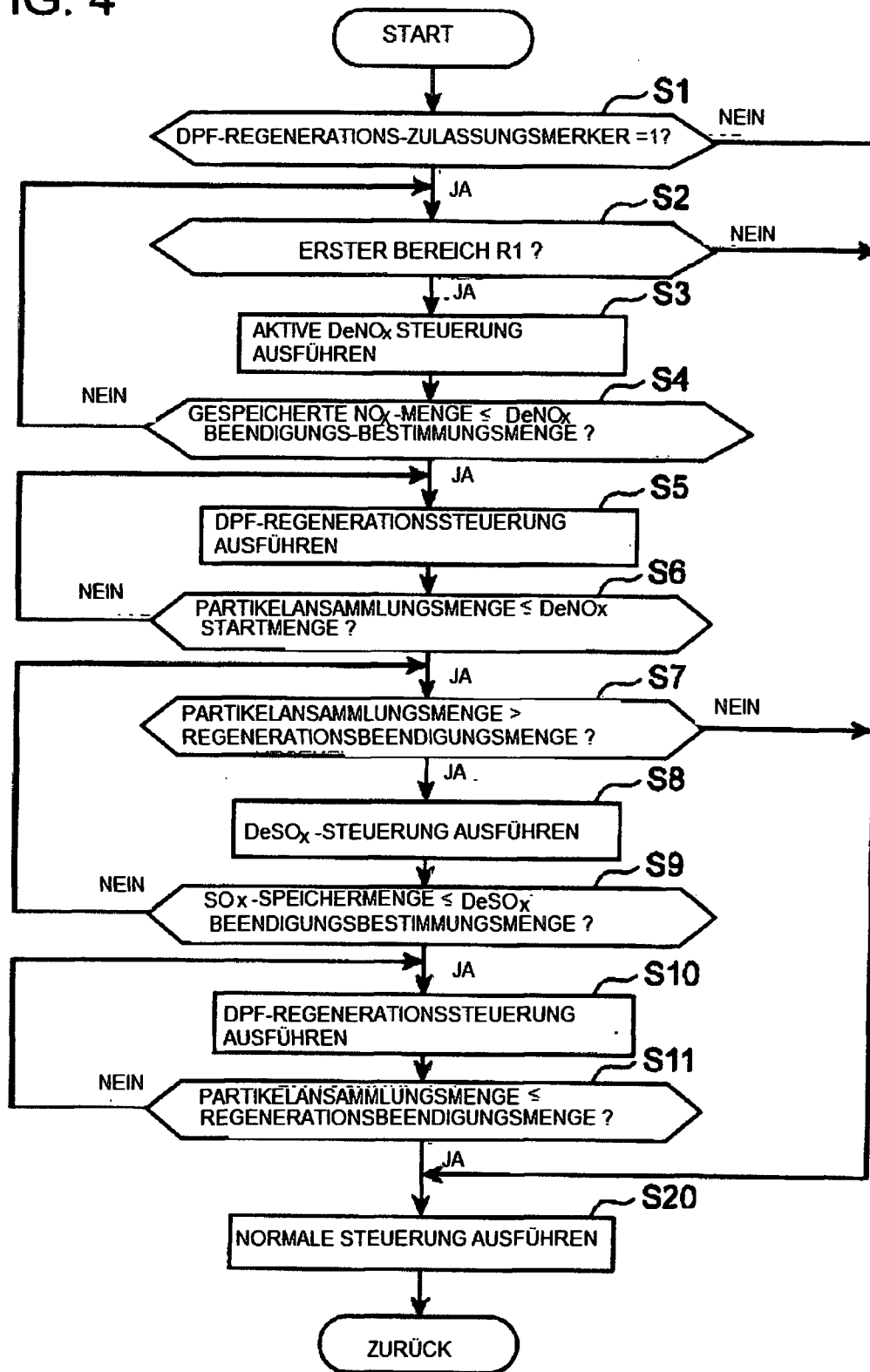




FIG. 5

