



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 17 168 B4 2004.06.24**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 17 168.3**
 (22) Anmeldetag: **10.05.1995**
 (43) Offenlegungstag: **23.11.1995**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **24.06.2004**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/14**
F02B 75/10, F02P 5/14, F02M 25/07,
F01N 3/28, F02D 33/00

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(30) Unionspriorität:
6-096270 10.05.1994 JP
6-106628 20.05.1994 JP
6-255879 20.10.1994 JP

(62) Teilung in:
195 49 649.3; 195 49 769.4

(71) Patentinhaber:
Mitsubishi Jidosha Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

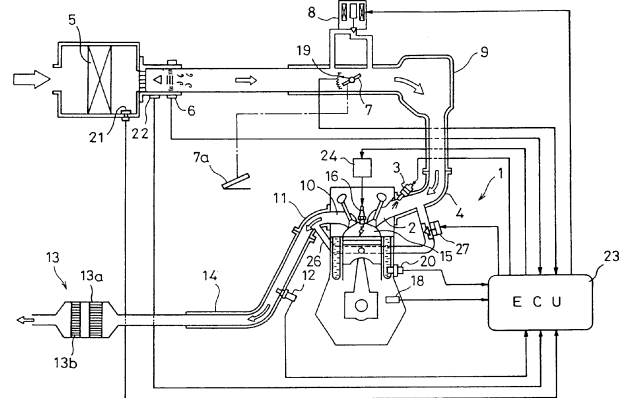
(74) Vertreter:
Kern & Collegen, 80686 München

(72) Erfinder:
Togai, Kazuhide, Takatsuki, Osaka, JP; Koga,
Kazuo, Okazaki, Aichi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 43 33 424 A1
EP 05 60 991 A1
WO 93/08 383 A1
JP 0005-1 33 260 A

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren für die Steuerung eines Verbrennungsmotors**

(57) Hauptanspruch: Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (1) mit einem Abgasreinigungskatalysator (13), welcher in einer Auspuffleitung (14) des Verbrennungsmotors (1) angeordnet ist, wobei der Abgasreinigungskatalysator (13) derart betreibbar ist, dass er Stickstoffoxyd adsorbiert, wenn die in den Abgasreinigungskatalysator (13) einströmenden Abgase ein mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis haben, und dass er adsorbiertes Stickstoffoxyd desoxydiert, wenn die Sauerstoffkonzentration der einströmenden Abgase verringert wird, gekennzeichnet durch
 eine Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (23, 32), die eine erste Stickstoffoxydabgabegrößenschätzeinrichtung (33) zum Schätzen einer Abgabegröße von Stickstoffoxyd von dem Abgasreinigungskatalysator (13) mit einschließt, und die Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (23,32) einen Adsorptionszustand von Stickstoffoxyd schätzt, das durch den Abgasreinigungskatalysator (13) adsorbiert ist, auf der Grundlage der geschätzten Abgabegröße von Stickstoffoxyd von dem Abgasreinigungskatalysator (13); und
 eine Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23,36) zum Verschlechtern eines Verbrennungszustands im Verbrennungsmotor (1) gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxyds, der von der Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (32) geschätzt wurde, wenn der Motor im Magerverbrennungszustand ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren für die Steuerung eines Verbrennungsmotors, mit der die Emission von Stickstoffoxid eines Verbrennungsmotors in die Atmosphäre unterdrückt werden kann.

[0002] Es ist ein Verfahren zur Verbesserung der Kraftstoffausnutzung oder eines anderen Leistungskriteriums eines Verbrennungsmotors bekannt, bei dem das Luftkraftstoffverhältnis auf einen Zielwert (beispielsweise 22) geregelt wird, der magerer ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis (14,7), um hierdurch eine Magerverbrennung im Motor durchzuführen, wenn der Motor in einem vorbestimmten Antriebszustand angetrieben wird. Wird jedoch ein Dreiwegkatalysatorumwandler für den Motor verwendet, auf den das vorerwähnte Verfahren angewendet wird, kann Stickstoffoxid (NOx) während der Magerverbrennung nicht genügend gereinigt werden, da der Dreiwegkatalysatorumwandler im mageren Luftkraftstoffverhältnisbereich nicht auf seinem vollen Potential arbeitet. In dieser Hinsicht sind Versuche durchgeführt worden, die Emission von NOx auch im Magerverbrennungsantrieb zu reduzieren, indem ein sogenannter NOx-Katalysator verwendet wird, der NOx absorbiert, welches vom Motor in einem sauerstoffangereicherten Zustand (oxidierende Atmosphäre) abgegeben wird, und das adsorbierte NOx in einem Kohlenwasserstoff (HC)-überschüssigem Zustand desoxidiert (reduzierende Atmosphäre).

[0003] Die Menge an NOx, die vom NOx-Katalysator absorbiert werden kann, ist jedoch begrenzt. Wird der Motor kontinuierlich im Magerverbrennungszustand angetrieben, wird der Katalysator mit NOx gesättigt. In diesem Fall wird der größte Teil an NOx-Gas, das vom Motor abgegeben wird, in die Atmosphäre emittiert. Um diesem zu begegnen, bevor oder wenn der NOx-Katalysator mit adsorbiertem NOx gesättigt ist, wird ein Übergang zur Fettmischungssteuerung durchgeführt, die das Luftkraftstoffverhältnis auf ein theoretisches Verhältnis oder einen nahen Wert steuert, um hierdurch den Betrieb im theoretischen Verhältnis oder den Fettverbrennungsbetrieb des Motors zu starten. Das resultierende Abgas, das eine Menge an unverbrannten Gasen enthält, erzeugt eine reduzierende Atmosphäre für die Desoxidation von NOx um den Katalysator herum.

Stand der Technik

[0004] Im Hinblick auf den Zeitpunkt, bei dem der Magerverbrennungsbetrieb auf den Betrieb im theoretischen Verhältnis oder den Fettverbrennungsbetrieb umgeschaltet wird, ist ein Verfahren nach JP 0005133260 AA (Patent Abstract of Japan) bekannt, bei dem die verstrichene Zeit vom Start der Magerkraftstoffverhältnissteuerung gemessen wird und der Übergang zur fetten Luftkraftstoffsteuerung verstärkt

durchgeführt wird, wenn eine vorbestimmte Zeit verstrichen ist. Bei diesem Verfahren wird die magerere Luftkraftstoffverhältnissteuerung nach der Vervollständigung der Desoxidation von NOx wieder gestartet, das vom Katalysator während der fetten Luftkraftstoffverhältnissteuerung adsorbiert wird. Auf diese Weise werden die Magerverbrennung und die fette Verbrennung alternativ ausgeführt, um die Emission von NOx zu verringern.

[0005] Falls die vorbestimmte Zeit vom Start der mageren Luftkraftstoffverhältnissteuerung verstrichen ist, wird jedoch nach der in der vorerwähnten Veröffentlichung offenbarten Steuerung immer bestimmt, daß die Menge an adsorbiertem NOx den gesättigten Wert erreicht hat. In diesem Augenblick wird der Magerverbrennungszustand verstärkt in den fetten Verbrennungszustand verändert. Die Verbesserung der Kraftstoffausnutzung durch die Magerverbrennung kann daher nicht in genügender Weise erreicht werden und die Kraftstoffausnutzung wird entsprechend verringert. Darüber hinaus variiert im Zeitpunkt der Veränderung des Luftkraftstoffverhältnisses das Motordrehmoment und hat einen schlechten Einfluß auf den Motorbetrieb. In einem Fahrzeug, das den Motor als Primärtrieb verwendet, kann eine Veränderung des Motordrehmoments einen Stoß ähnlich einem Beschleunigungsstoß verursachen, so daß das Antriebsgefühl verschlechtert wird, wenn die Motordrehmomentvariation häufig auftritt, während das Fahrzeug bei einer konstanten Geschwindigkeit läuft. Darüber hinaus erhöht sich die Emission von HC, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis angereichert wird. Vom Gesichtspunkt der Verbesserung des Fahrgefühls und der Reduzierung der Emission von HC ist es daher nicht vorzuziehen, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis verstärkt und häufig zu ändern.

[0006] In der internationalen Patentveröffentlichung Nr. W093/08383 ist ein Verfahren zum Desoxydieren von NOx offenbart, das von der Abgasreinigungseinrichtung während dem Magerverbrennungsantrieb des Motors adsorbiert wird. Bei diesem Verfahren wird die Adsorptionsmenge an NOx vom Abgasreinigungskatalysator geschätzt und der Antriebszustand in den fetten Verbrennungszustand verändert, wenn auf der Basis des Resultats der Schätzung bestimmt wird, dass die Adsorptionsmenge an NOx die Sättigungsmenge erreicht hat

[0007] Bei diesem Verfahren, bei dem auf der Basis der geschätzten Adsorptionsmenge an NOx bestimmt wird, ob der Katalysator mit NOx gesättigt ist, ist es jedoch manchmal, wenn NOx-Adsorptionseigenschaften der Katalysatoren, die an den einzelnen Motoren angebracht sind, voneinander abweichen, manchmal unmöglich, korrekt zu bestimmen, dass der Katalysator den gesättigten Zustand erreicht hat.

Aufgabenstellung

[0008] Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung und ein Verfahren für eine Verbren-

nungskraftmaschine bereitzustellen, welche in der Lage sind eine Menge von Stickstoffoxyd zu bestimmen, welche von einer Abgasreinigungsvorrichtung ausgestoßen wird, um dadurch positiv und leicht zu bestimmen, dass die Abgasreinigungsvorrichtung einen gesättigten Zustand erreicht hat, wo sie mit Stickstoffoxyd, welches durch dieselbe adsorbiert ist, gesättigt ist, ohne das Bedürfnis, direkt eine Menge von Stickstoffoxyd zu bestimmen, welche durch die Abgasreinigungsvorrichtung zur Bestimmung des gesättigten Zustands adsorbiert ist, und in der Lage ist, die Verbrennungskraftmaschine weich bei geringem Kraftstoffverbrauch zu betreiben, auf der Grundlage der Ergebnisse der Bestimmung, und in der Lage ist, eine Menge von Stickstoffoxyd, welches in die Atmosphäre ausgestoßen wird, zu reduzieren.

[0009] Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung nach der Besamtheit der Merkmale des Anspruchs 1. wird eine Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor geschaffen, die einen Abgasreinigungskatalysator aufweist, welche an einer Auspuffleitung des Motors angeordnet ist, um die Emission von Stickstoffoxyd an die Atmosphäre zu verringern, wobei der Katalysator derart betreibbar ist, dass er Stickstoffoxyd adsorbiert, das in den Auspuffgasen enthalten ist, welche vom Motor abgegeben werden, wenn der Motor im Magerverbrennungszustand ist, und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis einer dem Motor zugeführten Luftkraftstoffmischung magerer ist, als das theoretische Luft-Kraftstoff-Verhältnis, und um das adsorbierte Stickstoffoxyd zu desoxydieren, wenn der Motor in einem Fettverbrennungszustand ist, wo das Luft-Kraftstoff-Verhältnis gleich ist oder fetter als das theoretische Luft-Kraftstoff-Verhältnis.

[0010] Die Steuervorrichtung weist eine Adsorptionsschätzereinrichtung zum Schätzen des Adsorptionsschätzereinstandes des Stickstoffoxyds am Abgasreinigungskatalysator auf; und eine Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung zum Verschlechtern des Verbrennungszustands im Motor gemäß dem Adsorptionsschätzereinstandes des Stickstoffoxyds, der von der Adsorptionsschätzereinrichtung geschätzt wird, wenn der Motor im Magerverbrennungszustand ist.

[0011] Die der vorliegenden Erfindung nächstkommanden Druckschriften sind die EP 0598917A1 und DE 433424A1.

[0012] Bei der vorliegenden Erfindung wird eine Abgabegröße von Stickoxid von einer Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung geschätzt und es wird bestimmt, ob die geschätzte Abgabemenge von Stickoxid eine vorbestimmte Menge überschreitet oder nicht. Wenn bestimmt wird, daß die Abgabemenge von Stickoxid eine vorbestimmte Menge überschreitet, wird ein Verbrennungszustand einer Brennkraftmaschine verschlechtert, wenn die Maschine in einer Magerverbrennungsbetriebsweise betrieben wird.

[0013] Gemäß dieser Erfindung wird die Abgabemenge von Stickoxid, d. h. die Menge von Stickoxid, welche von der Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung

ausgestoßen wird, bestimmt, und wenn die Abgabemenge von Stickoxid nicht die vorbestimmte Menge erreicht, wird die Verbrennung der Maschine nicht verschlechtert, so daß die Weichheit im Maschinenbetrieb und der Kraftstoffverbrauch nicht verschlechtert wird. Weiterhin können gemäß dieser Erfindung durch Verschlechterung des Verbrennungszustands der Maschine während der Magerverbrennung unverbrannte Gase an die Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung geliefert werden, um dadurch das Stickoxid, welches auf der Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung absorbiert ist zu desoxidieren, und die Abgabemenge von Stickoxid von der Maschine selbst kann unterdrückt werden.

[0014] Die EP 0598917A1 offenbart ein Steuersystem für eine Brennkraftmaschine, welches mit einem NOx absorbierenden Agens versehen ist, welches innerhalb einer Abgasleitung der Maschine angeordnet ist, und welches NOx absorbiert, wenn das Luft/Kraftstoffverhältnis von Abgas, welches dort hinein strömt, mager ist und NOx ausstößt, welches es absorbiert hat, wenn da; Luft/Kraftstoffverhältnis von Abgas, welches dort hinein strömt, fett wird. In dem offenbarten System wird die Menge von NOx, welches in dem NOx absorbierenden Agens absorbiert, aus der Maschinenlast und der Drehzahl der Maschine geschätzt, und wenn diese geschätzte NOx-Menge zur maximalen NOx Absorptionskapazität des NOx absorbierenden Agens wird, wird das Luft/Kraftstoffverhältnis des in das NOx absorbierende Agens strömende Abgas fett gemacht.

[0015] Das System, welches in der EP0598917A1 offenbart wird, bestimmt die Menge von NOx, welches das NOx absorbierende Agens absorbiert hat, aber versäumt es, zu bestimmen, welche NOx-Menge von dem NOx absorbierenden Agens ausgestoßen wird, ohne von dem NOx absorbierenden Agens absorbiert zu werden.

[0016] Andererseits bestimmt die vorliegende Erfindung eine Menge von NOx, welche von der Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung ausgestoßen wird, welcher einen NOx-Katalysator einschließt, d. h. eine NOx-Menge, welche in die Atmosphäre ausgestoßen wird.

[0017] Gemäß dem System, welches in der EP 0598917A1 offenbart wird, wird eine Menge von NOx, welche von dem NOx absorbierenden Agens ausgestoßen wird, nicht bestimmt. Dies macht es unmöglich, genau eine Steuerung zum Unterdrücken einer Menge von NOx, welche in die Atmosphäre entladen wird, bis zu einer vorgeschriebenen Menge zu unterdrücken.

[0018] Sogar in dem System, welches in der EP 0598917A1 offenbart ist, wird ein Versuch einer Steuerung zur Unterdrückung einer NOx-Menge, welche in die Atmosphäre entlassen wird, bis hoch zu einer vorgeschriebenen Menge auf der Grundlage der bestimmten Menge von NOx, welche von dem NOx absorbierenden Agens absorbiert wird, gemacht werden. Jedoch wird in diesem Fall die Anforderung an

das System gestellt, eine Steuerung auszuführen, wobei das folgende Erfordernis, z. B., in Betracht gezogen wird.

[0019] Es gibt eine Beziehung, daß je größer eine Menge von absorbiertem NO_x wird, desto größer das Verhältnis einer Menge von NO_x, welches in die Atmosphäre entlassen wird, zu einer Menge von NO_x, welche von der Maschine entlassen wird. Somit muß ein Maschinenbetriebszustand betrachtet werden, wo eine große Menge von NO_x von der Maschine ausgestoßen wird. Speziell muß das Luft/Kraftstoffverhältnis fett sein (d. h. NO_x reduzierender Betrieb muß gemacht werden) zum Freisetzen und Reduzieren von NO_x, welches von dem NO_x absorbierenden Agens absorbiert wird, bevor die Menge von absorbierten NO_x groß wird. Als Ergebnis, gibt es eine hohe Wahrscheinlichkeit, daß unnötige fette Betriebe durchgeführt werden, mit dem Ergebnis eines verschlechterten Kraftstoffverbrauchs. Im Gegensatz dazu wird gemäß der vorliegenden Erfindung eine Bestimmung gemacht, welche die Menge von Stickoxid, welches von der Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung ausgestoßen wird, und ein Maschinenbetrieb zum Verschlechtern des Verbrennungszustandes in der Maschine wird nicht durchgeführt, bis die Menge von NO_x, welches in die Atmosphäre entlassen wird, eine vorbestimmte Menge überschreitet, so daß keine Verschlechterung in dem weichen Maschinenlauf und dem Kraftstoffverbrauch verursacht wird.

[0020] Die DE 43 33 424 A1 offenbart eine technische Lehre, welche als Verbrennungstemperatur-Verringerungsvorrichtung dient, in welchem (i) EGR in die Einlaßseite rezirkuliert wird; oder (ii) ein Sauerstoffrückhaltefilter in einem der Leitungsrohre angeordnet wird, und Verbrennungsverzögerungsvergrößerungseinrichtung vorgesehen ist, welche den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt auf den oberen Totpunkt verzögert und welche den Einlaß überlastet; oder (iii) die Verwirbelung wird verstärkt, um dadurch die NO_x-Konzentration zu reduzieren, ohne die Rauchkonzentration zu erhöhen.

[0021] Andererseits fehlt der DE 43 33 424 A1 das zur Verfügung-Stellen einer Abgasreinigungsvorrichtung, welche in der Abgasleitung angeordnet ist und welche betreibbar ist, um Stickoxid zu absorbieren, wenn ein Luft-Kraftstoffverhältnis des Abgases, welches dort hinein fließt, mager ist und adsorbiertes Stickoxid zu desoxidieren, wenn eine Sauerstoffkonzentration von Abgas, welches dort hineinströmt, sich verringert.

[0022] Zusätzlich stellt die DE 433424A1 keine Abgasreinigungsvorrichtung, wie in den Ansprüchen dieser Anmeldung definiert, zur Verfügung, und daher versäumt es die DE 43 33 424 A1 das Merkmal dieser Erfindung, eine Abgabemenge von Stickoxid von der Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung zu schätzen und zu bestimmen, ob die geschätzte Abgabemenge von Stickoxid eine vorbestimmte Menge überschreitet, zu offenbaren.

[0023] Die DE 43 33 424 A1 versäumt es, Vorteile

der vorliegenden Erfindung vorzuweisen, so daß keine Verschlechterung in dem weichen Maschinenlauf und dem Kraftstoffverbrauch verursacht wird, da eine Bestimmung gemacht wird bezüglich der Menge von Stickoxid, welche von der Abgasreinigungskatalysatorvorrichtung freigegeben wird, und einem Maschinenbetrieb zum Verschlechtern eines Verbrennungszustandes in der Maschine wird nicht durchgeführt, bis die Menge von Stickoxid, welche an die Atmosphäre abgegeben wird, eine vorbestimmte Menge überschreitet.

[0024] Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung nach der besamtheit Merkmale des Anspruchs 3 wird ein Steuerungsverfahren für einen Verbrennungsmotor zum Verringern der Emission von Stickstoffoxid in die Atmosphäre geschaffen, indem bewirkt wird, daß Stickstoffoxid, das in den Auspuffgasen enthalten ist, welche vom Verbrennungsmotor abgegeben werden, am Abgasreinigungskatalysator absorbiert wird, der in der Auspuffleitung des Motors angeordnet ist, wenn der Motor im Magerverbrennungszustand ist, wo das Luftkraftstoffverhältnis einer dem Motor zugeführten Luftkraftstoffmischung magerer ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, und indem das adsorbierte Stickstoffoxid mittels des Abgasreinigungskatalysators desoxidiert wird, wenn der Motor im fetten Verbrennungszustand ist, wo das Luftkraftstoffverhältnis gleich ist oder fetter als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis.

[0025] Das vorliegende Steuerungsverfahren umfaßt einen ersten Schritt, nämlich Schätzen des Adsorptionszustandes des Stickstoffoxids am Abgasreinigungskatalysator, und einen zweiten Schritt, nämlich Verschlechtern des Verbrennungszustands im Verbrennungsmotor gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids, der im ersten Schritt geschätzt wird, wenn der Motor im Magerverbrennungszustand ist.

[0026] Die Steuerungsvorrichtung und das Steuerungsverfahren der vorliegenden Erfindung bieten den Vorteil, daß der Verbrennungszustand im Motor verschlechtert werden kann, wenn die absorbierte Menge an Stickstoffoxid ansteigt, wodurch unverbrannte Gase dem Abgasreinigungskatalysator zugeführt werden, um Stickstoffoxid zu desoxidieren, das am Abgasreinigungskatalysator absorbiert wird, und daß die Abgabemenge an Stickstoffoxid vom Motor selbst niedrig gehalten werden kann. Anders als im Fall, wo der Antriebszustand verstärkt vom Magerverbrennungszustand zum theoretischen Verhältnis-Antriebszustand oder dem fetten Verbrennungszustand verändert wird, kann daher die Abgabemenge an Stickstoffoxid vom Motor verringert werden, ohne daß die Weichheit des Motorlaufs und die Kraftstoffausnutzung verschlechtert werden.

[0027] Vorzugsweise weist die Adsorptionszustandsschätzeinrichtung der Steuerungsvorrichtung eine Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung zur Bestimmung auf, ob die Adsorptionsmenge an Stickstoffoxid am Abgasreinigungskatalysator einen

Wert erreicht hat, der gleich ist oder nahe der Sättigungsmenge. Ferner verschlechtert die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung den Verbrennungszustand, wenn die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung bestimmt, daß die Adsorptionsmenge an Stickstoffoxid am Abgasreinigungskatalysator den Wert erreicht hat, der gleich ist oder nahe der Sättigungsmenge im Magerverbrennungszustand (Anspruch 2).

[0028] Bei dieser bevorzugten Ausführungsform kann, wenn der Abgasreinigungskatalysator mit adsorbiertem Stickstoffoxid gesättigt ist, die Menge an unverbrannten Gasen erhöht werden, indem der Verbrennungszustand im Motor verschlechtert wird, ohne daß die Menge an zugeführtem Kraftstoff erhöht werden muß, während der Verbrennungsmotor im Magerverbrennungszustand verbleibt. Dies ermöglicht es, das adsorbierte Stickstoffoxid durch Kohlenwasserstoff auf angemessene Weise zu desoxidieren und zu entfernen, der in den unverbrannten Gasen enthalten ist. Die Reinigungsfähigkeit des Abgasreinigungskatalysators kann daher wiederhergestellt werden, und die Emission von Stickstoffoxid kann unterdrückt werden, ohne daß die Kraftstoffausnutzung und das Fahrgefühl verschlechtert werden.

[0029] Vorzugsweise weist die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung eine Stickstoffoxidabgabemengeschätzteinrichtung zum Schätzen der Abgabemenge an Stickstoffoxid vom Abgasreinigungskatalysator auf, oder eine Magerverbrennungsperiodenmesseinrichtung zum Messen der Magerverbrennungsperiode, bei welcher der Magerverbrennungszustand fortgesetzt wird, oder eine Magerverbrennungsakkumulationseinrichtung zum Akkumulieren von Teilen einer Lastinformation am Verbrennungsmotor, der im Magerverbrennungszustand läuft, um hierdurch einen akkumulierten Wert an Teilen der Lastinformation abzuleiten. Hat die Stickstoffoxidabgabemenge, die von der Stickstoffoxidabgabemengeschätzteinrichtung geschätzt wird, einen vorbestimmten Wert überschritten, oder hat die Magerverbrennungsperiode, die von der Magerverbrennungsperiodenmesseinrichtung gemessen wird, einen vorbestimmten Wert überschritten, oder hat der akkumulierte Wert an Teilen der Lastinformation, der von der Magerverbrennungsakkumulationseinrichtung abgeleitet wird, einen vorbestimmten Wert überschritten, wird bestimmt, daß die Adsorptionsmenge an Stickstoffoxid am Abgasreinigungskatalysator einen Wert erreicht hat, der gleich ist oder nahe der Sättigungsmenge (Anspruch 4).

[0030] Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsformen kann der Zeitpunkt, bei dem die Adsorptionsmenge an Stickstoffoxid die Sättigungsmenge erreicht hat, korrekt und auf einfache Weise gemäß der Abgabemenge an Stickstoffoxid, der Magerverbrennungsperiode oder dem akkumulierten Wert an Teilen der Lastinformation an der Maschine bestimmt werden, die im Magerverbrennungszustand betrieben wird, ohne daß die Adsorptionsmenge an Stick-

stoffoxid am Abgasreinigungskatalysator direkt abgeleitet werden muß.

[0031] Vorzugsweise senkt die (vgl. Anspruch 14) Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung der Steuerungsvorrichtung die Verbrennungstemperatur der dem Verbrennungsmotor zugeführten Luftkraftstoffmischung gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids ab, der von der Adsorptionszustandsschätzteinrichtung geschätzt wird. Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform wird die Erzeugung von Stickstoffoxid in einer Periode, während der der Antriebszustand vom Magerverbrennungszustand zum theoretischen Verhältnis-Antriebszustand oder dem fetten Verbrennungszustand verändert wird, vollkommen durch Absenken der Verbrennungstemperatur der Luftkraftstoffmischung unterdrückt werden.

[0032] Vorzugsweise weist die Steuerungsvorrichtung ferner eine Beschleunigungsbestimmungseinrichtung zur Bestimmung auf, ob der Verbrennungsmotor im Beschleunigungsantriebszustand ist, indem die Lastinformation, die den Lastzustand des Verbrennungsmotors angibt, mit einem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert verglichen wird; eine Luftkraftstoffverhältniseinstelleinrichtung zum Einstellen des Luftkraftstoffverhältnisses auf einen Wert, der gleich ist oder fetter als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, wenn die Beschleunigungseinrichtung bestimmt, daß der Verbrennungsmotor im Beschleunigungsantriebszustand ist; und eine Schwellenwertveränderungseinrichtung zum Verändern des Beschleunigungsbestimmungsschwellwertes gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids, der von der Adsorptionszustandsschätzteinrichtung geschätzt wird (Anspruch 15).

[0033] Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform ist es in einem Fall, in welchem die Verbrennungstemperatur abgesenkt und der Motoroutput verringert wird, da der Abgasreinigungskatalysator mit adsorbiertem Stickstoffoxid gesättigt ist, leichter, den Antriebszustand vom Magerverbrennungszustand zum theoretischen Verhältnis-Antriebszustand oder dem fetten Verbrennungszustand zu ändern, in welchem der Motoroutput hoch ist, wodurch es ermöglicht wird, die Reaktion auf die Beschleunigungsantriebsanforderung zu verbessern.

[0034] Vorzugsweise weist die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung der Steuerungsvorrichtung eine Zündzeitpunkteinstellungsvorrichtung zum Einstellen des Zündzeitpunktes des Verbrennungsmotors auf, oder eine Auspuffgasrezirkulationseinrichtung zum Rezirkulieren des Auspuffgases vom Verbrennungsmotor zum Zufuhrsystem des Motors, oder eine Luftkraftstoffverhältniseinstelleinrichtung zum Einstellen des Luftkraftstoffverhältnisses einer dem Motor zugeführten Luftkraftstoffmischung. Die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung senkt die Verbrennungstemperatur durch Verzögern des Zündzeitpunktes oder durch Erhöhen der Rezirkulationsmenge

an Auspuffgasen oder durch Verändern des Luftkraftstoffverhältnisses in Richtung der mageren Seite hin ab. Gemäß den obenstehenden bevorzugten Ausführungsformen kann die Verbrennungstemperatur der Luftkraftstoffmischung auf angemessene und einfache Weise eingestellt werden (vgl. Ansprüche 23 und 24).

[0035] Vorzugsweise hält die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung die Verschlechterung des Verbrennungszustands für eine vorbestimmte Zeitdauer aufrecht. Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform kann das adsorbierte Stickstoffoxid genügend desoxidiert werden, indem der verschlechterte Verbrennungszustand aufrecht erhalten wird.

[0036] Vorzugsweise verschlechtert die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung den Verbrennungszustand im Verbrennungsmotor, indem ein Zündausfall im Motor verursacht wird. Gemäß dieser bevorzugten Ausführungsform können unverbrannte Gase auf einfache Weise erzeugt werden, wodurch es ermöglicht wird, die Desoxidation des adsorbierten Stickstoffoxids zu verbessern.

[0037] Das Steuerungsverfahren der vorliegenden Erfindung umfaßt bevorzugte Ausführungsformen, die ähnlich sind zu denjenigen der vorerwähnten Steuerungsvorrichtung, und die ähnliche Vorteile liefern.

Ausführungsbeispiel

[0038] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnung beispielsweise näher erläutert. In dieser zeigen:

[0039] **Fig. 1** eine schematische Ansicht einer Verbrennungssteuerungsvorrichtung gemäß einer Ausführungsform der Erfindung zusammen mit einem Motor,

[0040] **Fig. 2** ein Funktionsblockschaubild der in **Fig. 1** gezeigten Verbrennungssteuerungsvorrichtung,

[0041] **Fig. 3** einen Teil eines Flußschaubilds der Verbrennungssteuerungsroutine, die von der in **Fig. 2** gezeigten elektronischen Steuerungseinheit ausgeführt wird,

[0042] **Fig. 4** den restlichen Teil des Flußschaubilds der Verbrennungssteuerungsroutine, der dem Flußschaubild von **Fig. 3** folgt,

[0043] **Fig. 5** einen Teil eines Flußschaubilds der in **Fig. 4** gezeigten Subroutine zum Berechnen der NOx-Abgabemenge Q_{NT} ,

[0044] **Fig. 6** den restlichen Teil des Flußschaubilds der Subroutine zum Berechnen der NOx-Abgabemenge Q_{NT} , der dem Flußschaubild von **Fig. 5** folgt,

[0045] **Fig. 7** eine graphische Darstellung eines beispielhaften Diagramms des Luftüberschußverhältnisses λ -geschätzte Menge D_N der Konzentration der Motorabgabe NOx,

[0046] **Fig. 8** eine graphische Darstellung eines beispielhaften Diagramms des Zündzeitpunkts-Korrekturkoeffizienten K_{ig} ,

turkoeffizienten K_{ig} ,

[0047] **Fig. 9** eine graphische Darstellung eines beispielhaften Diagramms des akkumulierten Wertes $SQ_{N(i+1)}$ der Menge der Motorabgabe NOx-geschätztes Adsorptionsverhältnis K_{NOX} des NOx-Katalysators,

[0048] **Fig. 10** eine graphische Darstellung eines beispielhaften Diagramms des Luftüberschußverhältnisses λ -geschätzter Wert K_{CAT} des NOx-Reinigungsverhältnisses eines Dreiwegkatalysatorumwandlers,

[0049] **Fig. 11** ein Flußschaubild der Zündaussetzungs (misfire)-Steuerungsroutine, die bei einem Verbrennungssteuerungsverfahren für einen Verbrennungsmotor gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird,

[0050] **Fig. 12** ein Flußschaubild der Zündaussetzungssteuerungsroutine, die bei einem Verbrennungssteuerungsverfahren für einen Verbrennungsmotor gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird,

[0051] **Fig. 13** ein Funktionsblockdiagramm einer elektronischen Steuerungseinheit einer Verbrennungssteuerungsvorrichtung für einen Verbrennungsmotor gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

[0052] **Fig. 14** ein Flußschaubild der Luftkraftstoffverhältnissteuerungsroutine, die von der in **Fig. 13** gezeigten elektronischen Steuerungseinheit ausgeführt wird,

[0053] **Fig. 15** den restlichen Teil des Flußschaubilds der Subroutine zur Berechnung der geschätzten NOx-Abgabemenge, der dem Flußschaubild von **Fig. 5** folgt,

[0054] **Fig. 16** eine graphische Darstellung der Änderungen der Menge Q_{NO} der Motorabgabe NOx und der Menge Q_{NT} der Katalysatorabgabe NOx über die Zeit,

[0055] **Fig. 17** eine beispielhafte graphische Darstellung eines EGR-Mengendiagramms für den normalen Magerverbrennungsantrieb, das in der in den **Fig. 3** und **4** gezeigten Verbrennungssteuerungsroutine verwendet wird, und

[0056] **Fig. 18** eine beispielhafte graphische Darstellung eines Zündzeitpunktdiagramms für den normalen Magerverbrennungsantrieb, das bei der Verbrennungssteuerungsroutine verwendet wird.

[0057] Es wird nun ein Verbrennungssteuerungsverfahren und eine Vorrichtung für einen Verbrennungsmotor gemäß verschiedenen Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[0058] In **Fig. 1** bezeichnet das Bezugszeichen 1 den Automotor, der unter der Steuerung einer Verbrennungssteuerungsvorrichtung betrieben wird, die nachstehend beschrieben wird. Der Motor, d.h. beispielsweise ein Sechszylinderreihenbenzinmotor, weist Verbrennungskammern auf, ein Zufuhrsystem, ein Zündsystem und ähnliches, die für den Magerverbrennungsantrieb ausgebildet sind.

[0059] Der Motor **1** weist Zufuhröffnungen **2** auf, die mit einem Zufuhrkrümmer **4** verbunden sind, in welchem Kraftstoffeinspritzventile **3** für die entsprechenden Zylinder vorgesehen sind. Eine Zufuhrleitung **9**, die mit dem Zufuhrkrümmer verbunden ist, ist mit einem Luftreiniger **5** und einem Drosselventil **7** versehen (allgemeiner gesprochen, mit einer Output-Betriebseinrichtung zum Einstellen des Motor-Outputs). Das Drosselventil **7** ist mit dem Beschleunigungspedal **7a** verbunden. Ein Leerlaufmotorgeschwindigkeitssteuerungsventil **8** (ISC) ist in einer Bypassleitung vorgesehen, die das Drosselventil **7** überbrückt. Ein Auspuffkrümmer **11** ist mit Auspufföffnungen **10** des Motors **1** verbunden. Weiterhin ist ein (nicht gezeigter) Dämpfer mit dem Auspuffkrümmer **11** über eine Auspuffleitung **14** und einem Abgasreinigungskatalysator **13** verbunden.

[0060] Der Abgasreinigungskatalysator **13** weist einen NOx-Katalysator **13a** und einen Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** auf, der auf der stromabwärts gelegenen Seite des NOx-Katalysators **13a** angeordnet ist. Der NOx-Katalysator **13a** enthält als katalytische Substanz Pt (Platin) und ein Alkaliedlermetall wie beispielsweise Lanthan und Cer, und funktioniert derart, daß er NOx in der oxidierenden Atmosphäre adsorbiert und NOx in N₂ (Stickstoff) und ähnliches in der reduzierenden Atmosphäre desoxidiert, die HC enthält. Der Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** funktioniert derart, daß er HC und CO (Kohlenstoffmonoxid) oxidiert und NOx desoxidiert. Die NOx-Desoxidationsfähigkeit ist im oder nahe des theoretischen (stöchiometrischen) Luftkraftstoffverhältnisses maximal.

[0061] Weiterhin ist eine Zirkulationsleitung **26** für die Auspuffgasrezirkulation (EGR) zwischen dem Auspuffkrümmer **11** und dem Zufuhrkrümmer **4** angeschlossen, so daß ein Teil der Auspuffgase im Auspuffkrümmer **11** zum Zufuhrkrümmer **4** über die Zirkulationsleitung **26** zurückgeführt und der Verbrennungskammer **15** zugeführt wird, wenn ein in der Leitung **26** angeordnetes EGR-Ventil **27** geöffnet ist. Wird das Auspuffgas derart zur Zufuhrseite rezirkuliert, wird die Verbrennungstemperatur abgesenkt, um die Erzeugung von NOx zu unterdrücken.

[0062] Der Motor **1** ist ferner mit einer Zündkerze **16** zum Zünden einer Mischung aus Luft und Kraftstoff versehen, die von der Zufuhröffnung **2** zur Verbrennungskammer **5** geleitet wird.

[0063] Die Verbrennungssteuerungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zum Steuern der Verbrennung im Motor **1** weist eine elektronische Steuerungseinheit **23** (ECU) als Hauptbestandteil auf. Die ECU **23** weist eine Input/Output-Einrichtung auf, eine Speichereinrichtung (ROM, RAM, nichtflüchtiger RAM oder ähnliches) mit einer Vielzahl von darin gespeicherten Steuerungsprogrammen, eine zentrale Verarbeitungseinheit (CPU), einen Zeitzähler und ähnliches (diese sind in der Zeichnung nicht dargestellt). Verschiedene Sensoren, die in **Fig. 1** gezeigt sind, sind mit der Eingangsseite der ECU **23** verbunden.

[0064] In **Fig. 1** bezeichnet das Bezugszeichen **6** einen Luftstromsensor, der an der Zufuhrleitung **9** angebracht ist und die Zufuhrluftmenge A_f erfaßt. Ein Karman-Wirbelluftstromsensor oder ähnliches wird in angemessener Weise als Luftstromsensor **6** verwendet. Ferner bezeichnet das Bezugszeichen **12** einen Luftkraftstoffverhältnissensor (linearer Luftkraftstoffverhältnissensor oder ähnliches), der an der Auspuffleitung **14** angeordnet ist, um das Luftüberschußverhältnis λ zu erfassen (allgemeiner gesprochen, eine Luftkraftstoffverhältnisinformationsvariable); **18** bezeichnet einen Kurbelwinkelsensor mit einem Kodierer, der mit der Nockenwelle des Motors **1** verbunden ist und ein Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} erzeugt; und **19** bezeichnet einen Drosselsensor zum Erfassen der Öffnung θ_{TH} des Drosselventils **7**. Ferner bezeichnet das Bezugszeichen **20** einen Wassertemperatursensor zum Erfassen der Motorkühltemperatur T_w; **21** bezeichnet einen Atmosphärendrucksensor zum Erfassen des Atmosphärendrucks P_a; und **22** bezeichnet einen Zufuhrlufttemperatursensor zum Erfassen der Zufuhrlufttemperatur T_a. Die Motorgeschwindigkeit N_e wird von der ECU **23** gemäß dem Zeitintervall zwischen den Kurbelwinkelsynchronisationssignalen θ_{CR} berechnet, die vom Kurbelwinkelsensor **18** geliefert werden. Die Motorlast L_e wird gemäß der Motorumdrehungsgeschwindigkeit N_e oder der Drosselöffnung θ_{TH} berechnet, die vom Drosselsensor **19** erfaßt wird.

[0065] Die ECU **23** berechnet die optimalen Werte der Kraftstoffeinspritzmenge, des Zündzeitpunkts und ähnliches, die auf Teilen der Information basieren, die von verschiedenen Sensoren erfaßt wird. Die ECU **23** treibt die Kraftstoffeinspritzventile **23** und die Zündeinheit **24** gemäß den Resultaten der Berechnung. Diese Elemente **3** und **24** sind mit der Ausgangsseite der ECU **23** verbunden. Die Zündeinheit **24** liefert eine Hochspannung zur Zündkerze **16** eines jeden Zylinders in Reaktion auf den Befehl der ECU **23**.

[0066] Die ECU **23** dieser Ausführungsform hat in funktioneller Hinsicht verschiedene Einrichtungen, die in **Fig. 2** gezeigt sind.

[0067] Im einzelnen weist die ECU **23** eine Antriebszustandsbestimmungseinheit **30** zum Bestimmen auf, ob der Motor **1** im Magerverbrennungszustand oder im theoretischen Luftkraftstoffverhältnis-Antriebszustand (im folgenden als theoretischer Verhältnisantriebszustand bezeichnet) gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e, der Kühltemperatur T_w, der Motorlast L_e und dem Vorhandensein/Nichtvorhandensein des Beschleunigungsbestimmungssignals betrieben werden soll. Weiterhin enthält die ECU **23** eine Luftkraftstoffverhältnisänderungseinheit **31** zum Umschalten des Luftkraftstoffverhältnisses einer dem Motor **1** zugeführten Luftkraftstoffmischung zwischen dem mageren Luftkraftstoffverhältnis und dem theoretischen Luftkraftstoffverhältnis gemäß dem Ergebnis der Bestimmung der Antriebszustandsbestimmungseinheit **30**. Die ECU weist auch eine Adsorpti-

onssättigungsbestimmungseinheit **32** zum Bestimmen auf, ob der NOx-Katalysator **13a** mit NOx gesättigt ist. Die Adsorptionssättigungsbestimmungseinheit **32** gibt ein Nox verringerndes Signal aus, wenn bestimmt wird, daß der NOx-Katalysator **13a** mit NOx gesättigt ist. In einem breiten Sinn schätzt die Adsorptionssättigungsbestimmungseinheit **32** den Zustand der Adsorption von NOx des NOx-Katalysators **13a**.

[0068] Die Adsorptionssättigungsbestimmungseinheit **32** weist eine Katalysatorabgabe-NOx-Mengenschätzeinrichtung (Stickstoffoxidabgabemengenschätzeinrichtung) **33** zum Ableiten eines geschätzten Wertes Q_{NT} der Abgabemenge an NOx vom NOx-Katalysator **13a** aus Teilen der Information, welche von den entsprechenden Sensoren erfaßt wird, auf; und einen Vergleicher **34** zum Vergleichen des geschätzten Wertes Q_{NT} mit dem Schwellwert Q_{NTO} . Der Vergleicher **34** liefert das NOx verringernde Signal, um eine Flipflop-Schaltung **35** zu setzen, wenn der geschätzte Wert Q_{NT} größer ist als der Schwellwert Q_{NTO} . Die Flipflop-Schaltung **35** wird zurückgesetzt, wenn das theoretische Luftkraftstoffverhältnis von der Luftkraftstoffverhältnisänderungseinheit **31** ausgewählt wird.

[0069] Die ECU **23** weist eine Verbrennungstemperaturabsenkungseinheit **36** zum Absenken der Verbrennungstemperatur im Motor **1** in der erforderlichen Weise auf. Die Temperaturabsenkungseinheit **36** stellt die EGR-Menge und den Zündzeitpunkt im Motor **1** gemäß der Anwesenheit/Nichtanwesenheit des NOx verringernden Signals ein und erhöht die EGR-Menge und verzögert den Zündzeitpunkt, um die Verbrennungstemperatur abzusenken, um NOx zu verringern. In einem breiten Sinn verschlechtert die Temperaturabsenkungseinheit **36** den Verbrennungszustand im Motor.

[0070] Ferner weist die ECU **23** eine Beschleunigungsbestimmungs/Schwellwertänderungseinheit **37** auf. Die Schwellwertveränderungseinheit **37** vergleicht die Ventilöffnungsgeschwindigkeit des Drosselventils **7** mit einem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert A_{th} . Übersteigt die Drosselventilöffnungsgeschwindigkeit den Schwellwert A_{th} , bestimmt die Schwellwertveränderungseinheit **37**, daß die Beschleunigungsantriebsanforderung abgegeben ist und gibt ein Beschleunigungsbestimmungssignal aus. In Reaktion auf dieses Signal bestimmt die Antriebszustandsbestimmungseinheit **30**, daß der Motor **1** im theoretischen Verhältnis-Antriebszustand betrieben werden soll. Der Schwellwert A_{th} , der von der Schwellwertveränderungseinheit **37** zur Bestimmung verwendet wird, nimmt einen unterschiedlichen Wert gemäß der Anwesenheit oder der Abwesenheit des NOx reduzierenden Signals. Dies bedeutet, wenn der NOx reduzierende Antrieb in Reaktion auf das NOx reduzierende Signal ausgeübt wird, nimmt der Schwellwert A_{th} einen kleinen Wert an; dies erleichtert es, den Antriebszustand vom Magerverbrennungszustand zum theoretischen Verhältnis-Antriebs-

zustand zu ändern. Im folgenden wird der Betrieb der Verbrennungssteuerungsvorrichtung mit der obigen Ausbildung erläutert.

[0071] Bestimmt die Antriebszustandsbestimmungseinheit **30**, daß der Motor im Magerverbrennungszustand laufen soll, wird das magere Luftkraftstoffverhältnis von der Luftkraftstoffverhältnisänderungseinheit **31** ausgewählt. In diesem Fall wird das Drosselventil **7** und/oder das ISC-Ventil **8** geöffnet, um die Menge an Zufuhrluft zu erhöhen, wobei die Kraftstoffeinspritzmenge vom Kraftstoffeinspritzventil **3** im wesentlichen konstant gehalten wird. Hieraus folgt, daß eine Luftkraftstoffmischung mit einem Luftkraftstoffverhältnis, das größer ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, dem Motor **1** zugeführt wird, wodurch der Motor **1** im Magerverbrennungszustand angetrieben wird. Während des Magerverbrennungsantriebs wird eine reduzierende Atmosphäre um den NOx-Katalysator **13a** herum erzeugt, so daß NOx, das in den Auspuffgasen vom Motor **1** enthalten ist, am NOx-Katalysator **13a** adsorbiert werden kann.

[0072] Im Magerverbrennungszustand wird der geschätzte Wert Q_{NT} der NOx-Abgabemenge jedoch von der NOx-Schätzeinheit **33** geschätzt, und der geschätzte Wert Q_{NT} wird mit dem Schwellwert Q_{NTO} vom Vergleicher **34** verglichen. Ist der geschätzte Wert Q_{NT} größer als der Schwellwert Q_{NTO} , wird bestimmt, daß die NOx-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** im wesentlichen den gesättigten Zustand erreicht hat, und das NOx reduzierende Signal wird vom Vergleicher **34** ausgegeben. Daraufhin werden die EGR-Menge und der Zündzeitpunkt von der Temperaturabsenkungseinheit **36** eingestellt, die auf das NOx reduzierende Signal antwortet, und der NOx reduzierende Antrieb wird ausgeübt, um den Verbrennungszustand zu verschlechtern oder die Verbrennung im Motor **1** abzuschwächen. Hieraus ergibt sich, daß die Verbrennungstemperatur abgesenkt wird, um die Abgabemenge an NOx zu verringern.

[0073] Falls das Beschleunigungsbestimmungssignal von der Schwellwertänderungseinheit **37** zur Antriebszustandsbestimmungseinheit **30** geliefert wird, bestimmt die Antriebszustandsbestimmungseinheit **30** ferner, daß der Motor **1** im theoretischen Verhältnis-Antriebszustand angetrieben werden soll, und das theoretische Luftkraftstoffverhältnis wird von der Luftkraftstoffverhältnisänderungseinheit **31** ausgewählt. In diesem Fall wird eine theoretische oder stöchiometrische Luftkraftstoffmischung dem Motor **1** zugeführt, so daß der Motor **1** im theoretischen Verhältnis-Antriebszustand angetrieben wird, um den Output des Motors **1** zu erhöhen. Während des Antriebs im theoretischen Verhältnis enthalten die vom Motor **1** abgegebenen Auspuffgase eine größere Menge an HC und CO als im Magerverbrennungszustand. Es wird daher eine reduzierende Atmosphäre um den NOx-Katalysator **13a** erzeugt, um hierdurch die Desoxidation (Reduktion) des adsorbierten NOx zu bewirken.

[0074] Ferner wird zum Zeitpunkt des NOx reduzierenden Antriebs der Beschleunigungsbestimmungsschwellwert auf einen kleineren Wert gesetzt, so daß die Änderung des Antriebszustands in den theoretischen Verhältnis-Antriebszustand erleichtert wird. Hieraus ergibt sich, daß die Reaktion der Beschleunigungsantriebsanforderung im NOx reduzierten Antrieb verbessert werden kann, in welchem der Motoroutput in Vergleich zum NOx nicht reduzierten Antrieb verringert ist.

[0075] Als nächstes wird der Betrieb der Verbrennungssteuerungsvorrichtung im Detail erläutert.

[0076] Während des Antriebs des Motors **1** wird ein Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} vom Kurbelwinkelsensor **18** bei jedem Kurbelwinkel CA erzeugt, beispielsweise bei 120° . Jedesmal, wenn das Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** als ein Unterbrechungssignal eingegeben wird, wird die Verbrennungssteuerungsroutine, die in den **Fig. 3** und **4** gezeigt ist, von der ECU **23** ausgeführt.

[0077] Zuerst wird im Schritt S10 von der Antriebszustandsbestimmungseinheit **30** der ECU **23** gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e , der Kühltemperatur T_w , der Motorlast L_e und dem Vorhandensein/Nichtvorhandensein des Beschleunigungsbestimmungssignals von der Schwellwertänderungseinheit **37** bestimmt, ob die theoretische Verhältnis-Antriebsbedingung zutrifft. Beispielsweise trifft die theoretische Verhältnis-Antriebsbedingung zu, wenn die Motorgeschwindigkeit N_e und die Kühltemperatur T_w gleich sind oder größer als die entsprechenden vorbestimmten Werte und die Motorlast L_e gleich ist oder kleiner als ein vorbestimmter Wert. Diese Bedingung ist auch gegeben, wenn das Beschleunigungsbestimmungssignal erzeugt wird.

[0078] Ist die theoretische Verhältnis-Antriebsbedingung nicht gegeben und ist daher das Ergebnis der Bestimmung beim Schritt S10 "NEIN", wird das Luftkraftstoffverhältnis durch die Luftkraftstoffverhältnisänderungseinheit **31** zum mageren Luftkraftstoffverhältnis hin gesetzt (Schritt S11). Beim nächsten Schritt S12 wird eine Bestimmung durchgeführt, ob der Wert eines Merkers $f(NR)$ "1" ist, wodurch die Ausführung des NOx reduzierenden Antriebs angezeigt wird. Ist der NOx-Katalysator **13a** noch nicht mit adsorbiertem NOx gesättigt, wird das Ergebnis der Bestimmung im Schritt S12 "NEIN", und die Steuerung geht zu Schritt S14 weiter.

[0079] Im Schritt S14 wird der geschätzte Wert Q_{NT} einer Abgabemenge an NOx von der Abgasreinigungseinrichtung **13** durch die NOx-Schätzeinheit **33** berechnet. Für die Berechnung des geschätzten Wertes Q_{NT} wird eine Subroutine ausgeführt, die ein Verfahren (**Fig. 5**) zum Berechnen der abgegebenen NOx-Menge Q_{NO} vom Motor **1** und ein Verfahren (**Fig. 6**) zum Berechnen des geschätzten Wertes Q_{NT} enthält, der auf dem Wert Q_{NO} basiert, welcher im Berechnungsverfahren von **Fig. 5** abgeleitet wurde.

[0080] Im Schritt S60 von **Fig. 5** wird gemäß dem Luftüberschußverhältnis λ (allgemeiner gesagt, der

Luftkraftstoffverhältnisinformationsvariablen) der geschätzte Wert D_N der Konzentration der Motorabgabe NOx (NOx, das vom Motor abgegeben wird) aus einem Diagramm (**Fig. 7**) entnommen, das empirisch bestimmt und vorher in der ECU **23** gespeichert wurde. Das Luftüberschußverhältnis λ ist entweder der vom Luftkraftstoffverhältnissensor **12** gemessene Wert oder ein Zielwert, der gemäß der Motorantriebsbedingung gesetzt wurde. Ferner kann die geschätzte NOx-Konzentration D_N gemäß dem Luftkraftstoffverhältnis oder dem Äquivalenzverhältnis (das reziprok zum Luftüberschußverhältnis ist) anstelle des Luftüberschußverhältnisses λ bestimmt werden.

[0081] Im Diagramm von **Fig. 7** wird der geschätzte Wert D_N der Konzentration der Motorabgabe NOx derart gesetzt, daß er einen maximalen Wert einnimmt, wenn das Luftüberschußverhältnis λ geringfügig größer ist als 1,0, d.h., wenn das Luftkraftstoffverhältnis geringfügig magerer ist als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis. Der geschätzte Wert D_N verringert sich wesentlich mit einer konstanten Rate bei einer Verringerung des Luftüberschußverhältnisses λ in einem Bereich (magerer Luftkraftstoffverhältnisbereich), wo das Luftüberschußverhältnis λ klein ist, und verringert sich wesentlich mit einer konstanten Rate bei einem Anwachsen des Luftüberschußverhältnisses λ in einem Bereich (fetter Luftkraftstoffverhältnisbereich), wo das Luftüberschußverhältnis λ groß ist.

[0082] Wenn das Auslesen des geschätzten Wertes D_N der Konzentration der Motorabgabe NOx vervollständigt ist, geht die Steuerung zu Schritt S62 weiter. Im Schritt S62 wird ein Korrekturkoeffizient K_{ig} für den Zündzeitpunkt aus einem Diagramm von **Fig. 8** entnommen. Die Korrekturkoeffizienten K_{ig} wurden vorher in der ECU **23** gespeichert. In dem in **Fig. 8** gezeigten Diagramm ist der Korrekturkoeffizient K_{ig} derart gesetzt, daß er einen Referenzwert 1,0 einnimmt, wenn der Zündzeitpunkt bei einem vorbestimmten Wert auf der Vorlaufseite eingestellt ist, und daß er abnimmt, wenn der Zündzeitpunkt zur Verzögerungsseite hin verändert wird.

[0083] Wie später beschrieben wird, wird der Korrekturkoeffizient K_{ig} verwendet, um den geschätzten Wert D_N der Konzentration der Motorabgabe NOx zu korrigieren, der im Schritt S60 gelesen wurde. Die Korrektur wird durchgeführt, um die Menge der Motorabgabe NOx hinsichtlich der Tatsache in ordnungsgemäßer Weise abzuleiten, daß die Verbrennung abgeschwächt und die Verbrennungstemperatur abgesenkt wird, um die Menge der Motorabgabe NOx zu verringern, wenn der Zündzeitpunkt zur Verzögerungsseite hin verändert wird.

[0084] Im Schritt S62 können verschiedene Korrekturkoeffizienten für die EGR-Menge, die Zufuhrlufttemperatur, die Feuchtigkeit und ähnliches berechnet und verwendet werden, um den geschätzten Wert D_N der Konzentration der Motorabgabe NOx zu korrigieren, der in Schritt S60 entnommen wird.

[0085] Im nächsten Schritt S64 wird eine Zufuhrluft-

menge Q_a für jeden. Zylinder, d.h. eine Zufuhrluftmenge Q_a von der vorangehenden Messzeit (vor der gegenwärtigen Messzeit durch den Kurbelwinkel 120° CA) bis zur gegenwärtigen Messzeit auf der Basis des Erfassungswertes A_f vom Luftstromsensor **6** und der Maschinengeschwindigkeit N_e abgeleitet. Um den Einfluß des Atmosphärendrucks und der Zufuhrlufttemperatur auf den Erfassungswert A_f des Luftstromsensors **6** auszuschalten, wird der Erfassungswert A_f gemäß den Erfassungssignalen P_a und T_a vom Atmosphärendrucksensor **21** und dem Zufuhrlufttemperatursensor **22** korrigiert. Die Zufuhrluftmenge Q_a kann auch von der Motorgeschwindigkeit N_e , dem Zufuhrluftdruck P_b ect. abgeleitet werden, und die Berechnungsmethode hierfür ist nicht begrenzend.

[0086] Im Schritt S66 wird die Menge Q_{NO} an NOx, das vom Motor abgegeben wird, für jede Erfassung des Kurbelwinkelsynchronisationssignals θ_{CR} mit der folgenden Gleichung (1) gemäß dem geschätzten Wert D_N der Konzentration der Motorabgabe NOx, der Zufuhrluftmenge Q_a und dem Korrekturkoeffizienten K_{Ig} , die wie oben beschrieben abgeleitet wurden, berechnet.

$$Q_{NO} = k_1 \times K_{Ig} \times Q_a \times D_N, \quad \text{---(1)}$$

wobei k_1 ein Korrekturkoeffizient ist, der sich auf die EGR-Menge, die Feuchtigkeit und ähnliches bezieht, anders als der Korrekturkoeffizient K_{Ig} .

[0087] Nach der Berechnung der Menge Q_{NO} der Motorabgabe NOx geht die Steuerung zu Schritt S68 weiter. Im Schritt 568 wird der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Menge Q_{NO} an NOx, die vom Motor abgegeben wurde und den Abgasreinigungskatalysator **13** bis zur gegenwärtigen Zeit passiert, durch die folgende Gleichung (2) berechnet, wobei der Wert den integrierten Wert $\int Q_{NO} dt$ der Menge Q_{NO} an NOx ausdrückt, die vom Motor bis zur gegenwärtigen Zeit abgegeben wurde:

$$\int Q_{NO} dt = SQ_{N(i+1)} = SQ_{N(i)} + Q_{NO}, \quad \text{---(2)}$$

wobei $\int SQ_{N(i)}$ einen integrierten oder akkumulierten Wert angibt, der im vorhergehenden Zyklus der Steuerungsroutine berechnet wurde, und Q_{NO} die Menge der Motorabgabe NOx angibt, die im Schritt S66 im gegenwärtigen Zyklus der Steuerungsroutine berechnet wurde.

[0088] Im nächsten Schritt S70 wird ein geschätzter Wert K_{NOX} des Adsorptionsverhältnisses von NOx am NOx-Katalysator **13a**, wenn die Motorabgabe NOx den Abgasreinigungskatalysator **13** passiert, auf der Basis des akkumulierten Wertes $SQ_{N(i+1)}$ der Menge der Motorabgabe NOx abgeleitet, welche in Schritt S68 abgeleitet wurde. Für diesen Zweck wird ein geschätztes Adsorptionsverhältnis K_{NOX} , das dem akkumulierten Wert $SQ_{N(i+1)}$ entspricht, aus dem Diagramm von **Fig. 9** entnommen, das vorher in der ECU **23** gespeichert wurde.

[0089] Im Diagramm von **Fig. 9** ist das geschätzte Adsorptionsverhältnis K_{NOX} derart gesetzt, daß es einen maximalen Wert 1,0 einnimmt, wenn der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ "0" ist, und graduell auf einen vorbestimmten Wert K_{N1} abnimmt (beispielsweise einem Wert 0,1) bei einer Erhöhung des akkumulierten Wertes $SQ_{N(i+1)}$. Eine in **Fig. 9** gezeigte Kurve akkumulierter Wert $SQ_{N(i+1)}$ -geschätztes Adsorptionsverhältnis K_{NOX} wird durch die folgende Gleichung (3) ausgedrückt:

$$K_{NOX} = (1 - K_{N1}) \times \exp[(-k_2) \times SQ_{N(i+1)}] + K_{N1}, \quad \text{---(3)}$$

wobei k_2 ein Korrekturkoeffizient (Konstante) ist.

[0090] Das geschätzte Adsorptionsverhältnis K_{NOX} kann abgeleitet werden, indem eine Berechnung auf der Basis der Gleichung (3) anstelle der Schätzung des Adsorptionsverhältnisses K_{NOX} unter Verwendung des Diagramms von **Fig. 9** durchgeführt wird.

[0091] Im nächsten Schritt S72 wird der geschätzte Wert K_{CAT} des Verhältnisses der NOx-Reinigung durch den Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** des Abgasreinigungskatalysators **13** aus dem Diagramm von **Fig. 10** auf der Basis des Luftüberschußverhältnisses λ entnommen. Angesichts der Tatsache, daß die NOx-Reinigungsfähigkeit des Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** nur in einem engen Luftüberschußverhältnissbereich erreicht werden kann, wo das Luftüberschußverhältnis λ bei 1,0 oder einem nahen Wert hiervon ist, wird das geschätzte Reinigungsverhältnis K_{CAT} gemäß dem Diagramm von **Fig. 10** derart gesetzt, daß es sehr schnell auf einen maximalen Wert K_{C2} (beispielsweise einen Wert von 0,95) von einem vorbestimmten Wert K_{C1} aus (beispielsweise einen Wert von 0 bis 0,1) bei einer Erhöhung des Luftüberschußverhältnisses λ von einem Wert, der geringfügig kleiner ist als 1,0 bis zu einem Wert von 1,0, ansteigt und sehr schnell von dem maximalen Wert K_{C2} zum vorbestimmten Wert K_{C1} bei einem weiteren Anwachsen des Luftüberschußverhältnisses λ abnimmt. Da das Luftüberschußverhältnis λ während des Magerverbrennungsantriebs ein Wert ist (beispielsweise 1,5), der beträchtlich größer als 1,0 ist, wird das geschätzte Reinigungsverhältnis (K_{CAT}) während des Magerverbrennungsantriebs gleich dem vorbestimmten Wert K_{C1} .

[0092] Anstelle des Schätzens des Reinigungsverhältnisses K_{CAT} unter Verwendung des Diagramms von **Fig. 10** kann das geschätzte Reinigungsverhältnis K_{CAT} auf einfache Weise dadurch abgeleitet werden, indem angenommen wird, daß das Reinigungsverhältnis K_{CAT} für das Luftüberschußverhältnis λ , das innerhalb des engen Luftüberschußverhältnissbereichs (beispielsweise $0,95 \leq \lambda \leq 1,05$) abfällt, einen Wert von 0,95 hat, und daß das Reinigungsverhältnis K_{CAT} für das Luftüberschußverhältnis λ , das innerhalb eines Bereichs (beispielsweise $\lambda < 0,95$, $1,05 < \lambda$) außerhalb des engen Luftüberschußverhältnissbereichs fällt, einen Wert von "0".

[0093] Im nächsten Schritt S74 wird das NOx-Abga-

beverhältnis gemäß der Gleichung ($\text{NOx-Abgabeverhältnis} = (1-K_{\text{NOX}}) \times (1-K_{\text{CAT}})$) auf der Basis der Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} berechnet, der geschätzte Wert K_{NOX} des Adsorptionsverhältnisses von NOx durch den NOx-Katalysator **13a** und der geschätzte Wert K_{CAT} des NOx-Reinigungsverhältnisses durch den Dreiwegkatalysatorumwandler **13b**. Ferner wird der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge für jede Erfassung des Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} durch Verwendung der folgenden Gleichung (4) berechnet, die auf dem NOx-Abgabeverhältnis und der Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} basiert, die in Schritt S66 berechnet wird. Der geschätzte Wert Q_{NT} ist im wesentlichen gleich dem tatsächlich gemessenen Wert der Menge an NOx, die von der Abgasreinigungsvorrichtung **13** an die Atmosphäre abgegeben wird.

$$Q_{\text{NT}} = Q_{\text{NO}} \times \{(1-K_{\text{NOX}}) \times (1-K_{\text{CAT}})\} \quad \text{---(4)}$$

[0094] Die Gleichung (4) gibt an, daß dann, falls die Adsorption von NOx durch den NOx-Katalysator **13a** unter einer derartigen Bedingung fortgeführt wird, daß das Reinigungsverhältnis K_{CAT} durch den Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** den vorbestimmten Wert K_{C1} hat, wie beispielsweise im Magerverbrennungszustand, die NOx-Reinigungsfähigkeit der Abgasreinigungseinrichtung **13** verringert wird und daher die Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} ansteigt, so daß das NOx-Adsorptionsverhältnis K_{NOX} verringert wird.

[0095] Nachdem der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge berechnet ist, geht die Steuerung zu Schritt S16 von **Fig. 3** weiter. Im Schritt S16 bestimmt der Vergleicher **34**, ob der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge, die wie oben beschrieben abgeleitet wurde, größer ist als der vorbestimmte Schwellwert Q_{NT0} . Beispielsweise wird eine gesetzliche Grenze der NOx-Emission als Basis zum Setzen des Schwellwertes Q_{NT0} verwendet. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S16 "NEIN", d.h. falls die NOx-Adsorptionsmenge nicht den gesättigten Zustand erreicht hat, wird bestimmt, daß die Menge an NOx, die in die Atmosphäre abgegeben wird, gleich ist oder geringer als der maximal erlaubte Wert, und die Steuerung geht zu Schritt S40 von **Fig. 4** weiter.

[0096] Im Schritt S40 wird die Rezirkulationsstrommenge (die im folgenden als EGR-Menge bezeichnet wird) E_{gr} des EGR-Gases im normalen Magerverbrennungszustand gesetzt. Im einzelnen wird eine EGR-Menge E_{LN} als EGR-Menge Egr für den normalen Magerverbrennungsantrieb aus einem EGR-Mengendiagramm (**Fig. 17**) für den normalen Magerverbrennungsantrieb entnommen, das vorher in der ECU **23** gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungswirksamkeit η_v der Luftkraftstoffmischung gespeichert wurde. Im EGR-Mengendiagramm ist die EGR-Menge E_{LN} als Funktion der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladewirksamkeit η_v

der Luftkraftstoffmischung ausgedrückt ($E_{\text{gr}} = E_{\text{LN}}(N_e, \eta_v)$).

[0097] Anders als im NOx-reduziertem Antriebszustand oder dem theoretischen Verhältnis-Antriebszustand ist im normalen Magerverbrennungszustand eine große EGR-Menge nicht erforderlich. Die EGR-Menge E_{LN} im Diagramm ist daher kleiner eingestellt als die EGR-Mengen E_{NO} , E_{ST} für das gleiche N_e , η_v im EGR-Einstellendiagramm für den NOx-reduzierten Antriebszustand oder dem theoretischen Verhältnis-Antriebszustand.

[0098] Im nächsten Schritt S42 wird ein Zündzeitpunkt θ_{LN} von einem Zündzeitpunktdiagramm (**Fig. 18**) entnommen, das vorher in der ECU **23** für den normalen Magerverbrennungsantrieb gespeichert wurde, als Zündzeitpunkt θ_{lg} für den normalen Magerverbrennungsantrieb gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungswirksamkeit η_v der Luftkraftstoffmischung. Im Diagramm wird der Zündzeitpunkt θ_{LN} als Funktion der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungswirksamkeit η_v der Luftkraftstoffmischung ($\theta_{\text{lg}} = \theta_{\text{LN}}(N_e, \eta_v)$) ausgedrückt. Da der Zündzeitpunkt vorgeschoben werden muß, um die Verbrennungswirksamkeit zur Zeit des normalen Magerverbrennungsantriebs zu verbessern, wird der Zündzeitpunkt θ_{LN} in diesem Zündzeitpunktdiagramm auf einen Wert auf der vorgeschobenen Seite von den Zündzeitpunkten θ_{NO} , θ_{ST} für das gleiche N_e , η_v für den NOx-reduzierten Antrieb und den theoretischen Verhältnis-Antrieb gesetzt.

[0099] Nach dem Setzen des Zündzeitpunkts θ_{lg} geht die Steuerung zu Schritt S44 weiter. Im Schritt S44 wird der Beschleunigungsbestimmungsschwellwert A_{th} auf einen Referenzschwellwert A_0 gesetzt, der größer ist als der Schwellwert A_{NO} für den NOx-reduzierten Antrieb ($A_0 > A_{\text{NO}}$). Während des normalen Magerverbrennungsantriebs findet daher eine Verschiebung zum theoretischen Verhältnis-Antriebszustand nicht statt, ohne daß das Drosselventil **7** schneller geöffnet wird als im NOx-reduzierten Antriebszustand. Dies erfolgt deshalb, da der Motoroutput im normalen Magerverbrennungszustand höher ist als im NOx-reduzierten Antriebszustand und es daher möglich ist, einen ziemlich beträchtlichen Beschleunigungsantriebsbedarf zu berücksichtigen, sogar wenn der theoretische Verhältnis-Antrieb nicht durchgeführt wird. Ein anderer Grund besteht darin, zu verhindern, daß der Antriebszustand häufig in den theoretischen Verhältnis-Antriebszustand gewechselt wird, um ein Verringern der Kraftstoffausnutzung zu vermeiden.

[0100] Als nächstes geht die Steuerung zu Schritt S36 weiter, in welchem die Kraftstoffmenge auf der Basis der Zufuhrluftmenge und des Luftkraftstoffverhältnisses in üblicher Weise genau berechnet wird. Hiernach ist die Ausführung der Verbrennungssteuerungsroutine im gegenwärtigen Zyklus vervollständigt. Wird ein nächstes Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** zugeführt, wird die Verbrennungssteuerungsroutine dann wieder vom

Schritt S10 aus gestartet.

[0101] Wenn im Schritt S10 bestimmt wird, daß die theoretische Verhältnis-Antriebsbedingung nicht gegeben ist, und wenn im Schritt S16 bestimmt wird, daß der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge nicht den Schwellwert Q_{NTO} erreicht hat, wird eine Sequenz der Schritte S10, S11, S12, S14, S16, S40, S42, S44 und S36 wiederholt durchgeführt, um den Motor 1 im normalen Magerverbrennungszustand zu betreiben. Während dieser Zeit wird NOx in den Auspuffgasen am NOx-Katalysator **13a** adsorbiert.

[0102] Wird danach in Schritt S16 bestimmt, daß der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge den Schwellwert Q_{NTO} während des Magerverbrennungsantriebs überschritten hat und das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S16 daher "JA" wird, wird bestimmt, daß die NOx-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** gesättigt ist. In diesem Fall geht die Steuerung zu Schritt S18 weiter. Im Schritt S18 wird der Wert eines Merkers $f(NR)$ auf "1" gesetzt, wodurch angegeben wird, daß der NOx-reduzierte Antrieb ausgeführt wird.

[0103] Als nächstes geht die Steuerung zu Schritt S30 von **Fig. 4** weiter. Im Schritt S30 wird gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungswirksamkeit η_v der Luftkraftstoffmischung eine EGR-Menge E_{N0} als EGR-Menge E_{gr} für den NOx-reduzierten Antrieb durch die Temperaturabsenkungseinheit **36** von **Fig. 1** aus einem (nicht dargestellten) EGR-Setzdiagramm für den NOx-reduzierten Antrieb entnommen. Dieses Diagramm wurde empirisch bestimmt und in der ECU **23** gespeichert.

[0104] Im Diagramm für den NOx-reduzierten Antrieb wird die EGR-Menge E_{N0} als Funktion der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungseffektivität η_v der Luftkraftstoffmischung ($E_{gr} = E_{N0}(N_e, \eta_v)$) ausgedrückt und auf einen Wert gesetzt, der größer ist als die EGR-Menge E_{gr} für das gleiche N_e, η_v im EGR-Setzdiagramm (**Fig. 17**) für den normalen Magerverbrennungsantrieb. Die EGR-Menge E_{gr} , die vom Auspuffkrümmer **11** zum Zufuhrkrümmer **4** zirkuliert wird, wird daher größer als im Fall des normalen Magerverbrennungsantriebs, wodurch die Verbrennungstemperatur abgesenkt und die NOx-Abgabemenge verringert wird.

[0105] Nach dem Setzen der EGR-Menge E_{gr} geht die Steuerung zu Schritt S32 weiter. Im Schritt S32 wird gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungseffektivität η_v der Luftkraftstoffmischung ein Zündzeitpunkt θ_{N0} als Zündzeitpunkt θ_{ig} für den NOx-reduzierten Antrieb aus einem (nicht dargestellten) Zündzeitpunktsetzdiagramm für den NOx-reduzierten Antrieb ausgelesen, wobei dieses Diagramm empirisch ermittelt und vorher in der ECU **23** gespeichert wurde.

[0106] In dem (nicht dargestellten) Zündzeitpunktsetzdiagramm für den NOx-reduzierten Antrieb ist der Zündzeitpunkt θ_{N0} als Funktion der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungswirksamkeit η_v der

Luftkraftstoffmischung ($\theta_{ig} = \theta_{N0}(N_e, \eta_v)$) ausgedrückt und auf einen Wert auf der Verzögerungsseite vom Zündzeitpunkt θ_{ig} für das gleiche N_e, η_v im Zündzeitpunktdiagramm (**Fig. 18**) für den normalen Magerverbrennungsantrieb gesetzt. Der Zeitpunkt für die Zündkerze **16** zum Zünden der Luftkraftstoffmischung wird daher verzögert, so daß der Auspuffhub gestartet wird, bevor die Verbrennung vollständig durchgeführt ist. Die Verbrennungstemperatur steigt deshalb nicht so hoch an, und die NOx-Abgabemenge wird verringert.

[0107] Nach dem Setzen des Zündzeitpunkts θ_{ig} geht die Steuerung zu Schritt S34 weiter. Im Schritt S34 wird gemäß einem (nicht dargestellten) Beschleunigungsbestimmungsschwellwertsetzdiagramm für den NOx-reduzierten Antrieb der Ventilöffnungsgeschwindigkeitsschwellwert (Beschleunigungsbestimmungsschwellwert) A_{th} des Drosselventils **7** zum NOx-reduzierten Beschleunigungsbestimmungsschwellwert A_{N0} durch die Schwellwertveränderungseinheit **38** verändert. In diesem Diagramm wird der Schwellwert A_{N0} , der als Funktion der Fahrzeuggeschwindigkeit ausgedrückt ist, auf einen Wert gesetzt, der kleiner ist als der normale Schwellwert A_0 . Der Übergang vom Magerverbrennungsantrieb zum theoretischen Verhältnis-Antrieb wird daher auf der niedrigen Drosselventilöffnungsgeschwindigkeitsseite ausgeführt. Als Ergebnis hiervon wird dann, wenn eine Beschleunigungsantriebsanforderung während dem NOx-reduzierten Antrieb ausgegeben wird, der Motoroutput, der durch ein Absenken der Verbrennungswirksamkeit durch den NOx-reduzierten Antrieb verringert wurde, schnell erhöht, wodurch der Beschleunigungsantrieb weich vorgenommen wird.

[0108] Nach dem Setzen des Beschleunigungsbestimmungsschwellwertes A_{th} geht die Steuerung zu Schritt S36 weiter. Im Schritt S36 wird die Kraftstoffmenge, die vom Kraftstoffeinspritzventil **3** geliefert werden muß, in üblicher Weise auf der Basis der Zufuhrluftmenge und des Luftkraftstoffverhältnisses gemäß einer vorbestimmten Gleichung berechnet. Die während des NOx-reduzierten Antriebs gelieferte Kraftstoffmenge wird auf einem konstanten Wert gehalten, wenn das Luftkraftstoffverhältnis bei einem vorbestimmten Wert gehalten wird. Wird das Luftkraftstoffverhältnis innerhalb des mageren Luftkraftstoffverhältnissbereichs verändert, um hierdurch die Verbrennungstemperatur abzusenken, wird andererseits die Kraftstoffversorgungsmenge variabel gemäß der EGR-Menge E_{N0} und dem Zündzeitpunkt θ_{N0} eingestellt.

[0109] Ist die Berechnung der Kraftstoffversorgungsmenge im Schritt S36 vollständig durchgeführt, wird die Ausführung der Verbrennungssteuerungsroutine im gegenwärtigen Zyklus vervollständigt. Danach wird, wenn das nächste Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** zugeführt wird, die Verbrennungssteuerungsroutine wieder von Schritt S10 aus gestartet.

[0110] Da der Merker $f(NR)$ schon auf "1" nach dem Start des NOx-reduzierten Antriebs gesetzt ist, wird eine Sequenz der Schritte S10, S11, S12, S30, S32, S34 und S36 wiederholt ausgeführt, um den NOx-reduzierten Antrieb durchzuführen, wenn im Schritt S10 bestimmt wird, daß die theoretische Verhältnis-Antriebsbedingung nicht gegeben ist.

[0111] Wie oben beschrieben, tritt gemäß der Motorverbrennungssteuerung dieser Ausführungsform auch dann, wenn die Katalysatorabgabe-NOx-geschätzte Menge Q_{NT} den vorbestimmten Wert Q_{NT0} erreicht, bei welchem die NOx-Adsorptionsmenge während des Magerverbrennungsantriebs als im wesentlichen gesättigt angesehen werden kann, keine Möglichkeit auf, daß der Antriebszustand verstärkt vom Magerverbrennungsantrieb zum theoretischen Verhältnis-Antrieb verändert wird, um das adsorbierte NOx zu desoxidieren. Vielmehr wird bei der Motorverbrennungssteuerung dieser Ausführungsform, wenn der NOx-Katalysator **13a** gesättigt ist, der NOx-reduzierte Antrieb, in welchem die EGR-Menge erhöht und der Zündzeitpunkt verzögert ist, ausgeübt. Hieraus ergibt sich, daß die in die Atmosphäre abgegebene NOx-Menge immer bei einem Wert gehalten werden kann, der gleich ist oder kleiner als der konstante Wert Q_{NT0} , ohne daß eine Drehmomentvariation aufgrund des Übergangs zu dem theoretischen Verhältnis-Antriebszustand bewirkt wird.

[0112] Ferner wird, da der Beschleunigungsbestimmungsschwellwert A_{th} auf einen kleinen Wert im NOx-reduzierten Antriebszustand gesetzt wird, so daß der Antriebszustand dazu tendiert, in den theoretischen Verhältnis-Antriebszustand geändert zu werden, gewöhnlich der NOx-reduzierte Antrieb nicht für eine lange Zeitdauer aufrecht erhalten. Daher kann eine Verringerung der Kraftstoffausnutzung, die durch den NOx-reduzierten Antrieb bewirkt wird, innerhalb eines zulässigen Bereichs unterdrückt werden.

[0113] Während des normalen Magerverbrennungsantriebs oder des Magerverbrennungsantriebs für die NOx-Reduzierung geht die Steuerung zu Schritt S20 weiter, wenn im Schritt S10 bestimmt wird, daß die theoretische Verhältnis-Antriebsbedingung gegeben ist und daher das Ergebnis der Bestimmung im Schritt S10 zu "JA" wird. Im Schritt S20 wird das Luftkraftstoffverhältnis vom mageren Luftkraftstoffverhältnis zum theoretischen Luftkraftstoffverhältnis geändert, wodurch der Antriebszustand vom Magerverbrennungszustand zum theoretischen Verhältnis-Antriebszustand geändert wird.

[0114] Im nächsten Schritt S22 wird der Merker $f(NR)$ auf "0" gesetzt, wodurch angegeben wird, daß der NOx-reduzierte Antrieb nicht ausgeübt wird. Dies erfolgt deswegen, da der NOx-reduzierte Antrieb im theoretischen Verhältnis-Antriebszustand gehemmt wird, wie später beschrieben wird. Ferner wird im Schritt S22 ein Zeitzähler zum Zählen der verstrichenen Zeit von dem Moment an, bei welchem der theoretische Verhältnis-Antrieb beginnt, gestartet. Im

nächsten Schritt S24 wird durch Bezugnahme auf den Inhalt des Zeitzählers geprüft, ob eine vorbestimmte Zeit t_R (beispielsweise 3 Sekunden) vom Start des theoretischen Verhältnis-Antriebs an verstrichen ist. Ist das Resultat der Bestimmung im Schritt S24 "NEIN", geht die Steuerung zu Schritt S50 von **Fig. 4** weiter.

[0115] Im Schritt S50 wird gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladewirksamkeit η_v der Luftkraftstoffmischung eine EGR-Menge E_{ST} als EGR-Menge E_{gr} für den theoretischen Verhältnis-Antrieb von dem (nicht dargestellten) EGR-Mengensetzdiagramm für den theoretischen Verhältnis-Antrieb ausgelesen, das vorher in der ECU **23** gespeichert wurde. In diesem Diagramm ist die theoretische Luftkraftstoffverhältnis-EGR-Menge E_{ST} als Funktion der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladeeffektivität η_v der Luftkraftstoffmischung ausgedrückt ($E_{gr} = E_{ST}(N_e, \eta_v)$), und auf einen Wert gesetzt, der größer ist als die EGR-Menge E_{gr} für das gleiche N_e, η_v im EGR-Mengensetzdiagramm (**Fig. 17**) für den normalen Magerverbrennungsantrieb. Die EGR-Menge E_{gr} im theoretischen Verhältnis-Antrieb wird daher größer als die EGR-Menge im normalen Magerverbrennungsantrieb, wodurch die Verbrennungstemperatur abgesenkt und die NOx-Abgabemenge verringert wird.

[0116] Nach dem Setzen der EGR-Menge E_{gr} geht die Steuerung zu Schritt S52 weiter. Im Schritt S52 wird ein Zündzeitpunkt θ_{ST} als Zündzeitpunkt θ_{ig} für den theoretischen Verhältnis-Antrieb aus einem (nicht dargestellten) Zündzeitpunktdiagramm für den theoretischen Verhältnis-Antrieb ausgelesen, das vorher in der ECU **23** gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungseffektivität η_v der Luftkraftstoffmischung gespeichert wurde. Im obigen Diagramm wird der Zündzeitpunkt θ_{ST} als Funktion der Motorgeschwindigkeit N_e und der Ladungseffektivität η_v der Luftkraftstoffmischung ausgedrückt ($\theta_{ig} = \theta_{ST}(N_e, \eta_v)$), und auf einen Wert auf der Verzögerungsseite vom Zündzeitpunkt θ_{ig} für das gleiche N_e, η_v im Zündzeitpunktdiagramm (**Fig. 18**) für den normalen Magerverbrennungsantrieb oder demjenigen für den NOx-reduzierten Antrieb gesetzt. Da der Zeitpunkt für die Zündkerze **16** zum Zünden der Luftkraftstoffmischung verzögert wird, wird daher der Auspuffhub gestartet, bevor die Verbrennung vollständig abgelaufen ist, wodurch die NOx-Abgabemenge verringert wird. Ferner kann auch eine Verhinderung des Klopfens im theoretischen Verhältnis-Antrieb erreicht werden.

[0117] Im nächsten Schritt S44 wird der Beschleunigungsbestimmungsschwellwert A_{th} vom Schwellwert A_{NO} für den NOx-reduzierten Antrieb zum Referenzschwellwert A_0 zurückgesetzt, der größer ist als der Schwellwert A_{NO} . Im nächsten Schritt S36 wird dann die zu liefernde Kraftstoffmenge berechnet. Nach der vollständigen Berechnung der Kraftstoffliefermenge im Schritt S36 ist die Ausführung der Verbrennungssteuerungsroutine im gegenwärtigen Zyklus beendet.

Wird ein nächstes Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** zugeführt, wird daraufhin die Verbrennungssteuerungsroutine wieder von Schritt S10 aus gestartet.

[0118] Nach dem Start des theoretischen Verhältnis-Antriebs wird eine Sequenz der Schritte S10, S20, S22, S24, S50, S52, S44 und S36 wiederholt ausgeführt, um den theoretischen Verhältnis-Antrieb durchzuführen, bis die vorbestimmte Zeit t_R verstrichen ist. Im theoretischen Verhältnis-Antrieb enthält das Auspuffgas eine Menge an HC, so daß um den NOx-Katalysator **13a** die reduzierende Atmosphäre erzeugt wird. Hieraus ergibt sich, daß das vom NOx-Katalysator **13a** absorbierte NOx reduziert oder desoxidiert wird.

[0119] Ist die vorbestimmte Zeit t_R vom Start des theoretischen Verhältnis-Antriebs ab verstrichen und wird daher das Ergebnis der Bestimmung im Schritt S24 zu "JA", geht die Steuerung zu Schritt S26 weiter. Im Schritt S26 wird bestimmt, daß die Reduktion oder Desoxidation des adsorbierten NOx genügend ausgeübt ist, und der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge wird auf einen Wert "0" zurückgesetzt. Daraufhin werden die Schritte S50, S52, S44 und S36 in Folge ausgeführt.

[0120] Im nächsten und den nachfolgenden Steuerzyklen wird der theoretische Verhältnis-Antrieb so lange ausgeführt, als die theoretische Verhältnis-Antriebsbedingung gegeben ist. Ist die Bedingung nicht gegeben, wird ein Übergang zum Magerverbrennungsantrieb durchgeführt.

[0121] Als nächstes wird ein Verbrennungssteuerungsverfahren für einen Verbrennungsmotor gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung erläutert.

[0122] Eine Verbrennungssteuerungsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der zweiten Ausführungsform kann gleich wie die Vorrichtung von **Fig. 1** aufgebaut sein, so daß sich daher eine Erläuterung der Vorrichtung erübrigt.

[0123] Bei dieser Ausführungsform wird jedesmal, wenn ein Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** als ein Unterbrechungssignal während des Antriebs eines Motors **1** zugeführt wird, die in **Fig. 11** dargestellte Verbrennungssteuerungs-(Zündausfallsteuerungs-)Routine von der ECU **23** durchgeführt. Die Verbrennungssteuerung dieser Routine bestimmt, ob der Verbrennungszustand zu verschlechtern ist, wenn die NOx-Adsorptionsfähigkeit des Katalysators **13a** in bedeutender Weise den Sättigungszustand während des Magerverbrennungsantriebs erreicht, indem die Zündung einer Luftkraftstoffmischung, die in einen vorbestimmten Zylinder des Motors **1** eingeleitet wird, in Intervallen eines vorbestimmten Zyklus unterbunden wird. Dies verursacht intermittierend einen Zündausfall (misfire), wodurch um den NOx-Katalysator **13a** eine reduzierende Atmosphäre durch unverbranntes HC geschaffen wird, das in den unverbrannten Gasen, die zu dieser Zeit erzeugt werden, enthalten ist, so daß adsorbiertes NOx in der reduzierenden Atmosphäre

reduziert (desoxidiert) und beseitigt wird.

[0124] Zuerst, wird im Schritt S110 ein geschätzter Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge von der ECU **23** berechnet. Wie in der ersten Ausführungsform wird die in den **Fig. 5** und **6** dargestellte Subroutine durchgeführt. Die Subroutine wurde bereits erläutert, so daß sich eine weitere Erläuterung erübrigt.

[0125] Nachdem der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge berechnet ist, geht die Steuerung zu Schritt S112 von **Fig. 11** weiter. Im Schritt S112 wird vom Vergleich **34** der Adsorptionssättigungsbestimmungseinheit **32** bestimmt, ob der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge, die in der oben beschriebenen Weise berechnet worden ist, größer ist als ein vorbestimmter Schwellwert Q_{NT0} . Wenn im Schritt S112 bestimmt wird, daß die NOx-Adsorptionsmenge nicht den Sättigungszustand erreicht hat und das Ergebnis der Bestimmung im Schritt S112 daher "NEIN" wird, wird bestimmt, daß die Menge an NOx, die in die Atmosphäre abgegeben wird, gleich ist oder geringer als ein maximal zulässiger Wert.

[0126] In diesem Fall geht die Steuerung zu Schritt S124 weiter, und die Anzahl N_{mis} von Zündausfällen (im folgenden als Zündausfallanzahl N_{mis} bezeichnet) wird auf "0" gesetzt. Dies erfolgt deshalb, da die Zündausfallsteuerung, die nachfolgend beschrieben wird, noch nicht gestartet wurde. Die Verbrennungssteuerungsroutine im gegenwärtigen Zyklus ist dann vollständig durchgeführt. Wird ein nächstes Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** zugeführt, wird die Zündausfallsteuerungsroutine wieder von Schritt S110 aus gestartet.

[0127] Wie oben beschrieben, wird der normale Motorantrieb ausgeübt, wenn in Schritt S112 bestimmt wird, daß der NOx-Katalysator **13a** nicht mit adsorbiertem NOx gesättigt ist.

[0128] Ist in Schritt S112 bestimmt, daß der geschätzte Wert Q_{NT} der NOx-Abgabemenge größer ist als der Schwellwert Q_{NT0} und ist daher das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S112 "JA", wird bestimmt, daß die Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** den gesättigten Zustand erreicht hat. In diesem Fall geht die Steuerung zu Schritt S114 weiter. In Schritt S114 wird eine Bestimmung durchgeführt, ob die Anzahl von Malen, welche die Zündausfallssteuerungsroutine durchgeführt wurde, d.h. die Anzahl von Malen N , welche die Kurbelwinkelsynchronisationssignale θ_{CR} erzeugt worden ist (im nachfolgenden als θ_{CR} -Erzeugungszahl N bezeichnet), und zwar nach dem ersten Mal, wo die geschätzte NOx-Abgabemenge Q_{NT} den Schwellwert überschritten hat oder nach der Hemmung der Zündung für den Zündausfall, Q_{NT0} eine vorbestimmte Anzahl von Malen N_0 erreicht hat (die beispielsweise 50 ist und im folgenden als vorbestimmte Anzahl N_0 bezeichnet wird), die einer vorbestimmten Zündausfallperiode entspricht.

[0129] Wenn in Schritt S114 bestimmt wird, daß die θ_{CR} -Erzeugungszahl N nicht die vorbestimmte An-

zahl von Malen N_0 erreicht hat und daher das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S114 "NEIN" wird, geht die Steuerung zu Schritt S115 weiter, bei dem ein Wert "1" der θ_{CR} -Erzeugungsanzahl N hinzugefügt wird, und die Verbrennungssteuerungsroutine im gegenwärtigen Zyklus ist dann vollständig durchgeführt. [0130] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S112 "NEIN", wird eine Sequenz von Schritten S110, S112, S114 und S115 wiederholt durchgeführt. Danach erreicht die θ_{CR} -Erzeugungsanzahl N die vorbestimmte Anzahl N_0 , und das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S114 wird "JA". In diesem Fall wird bestimmt, daß der Zeitpunkt, bei dem die Zündung zu hemmen ist, erreicht wurde, und die Steuerung geht zu Schritt S116 weiter. Im Schritt S116 versorgt die ECU **23** die Zündkerze **24** nicht mit einem Spannungszufuhrbefehl, der einer Zündkerze **16** eines vorbestimmten Zylinders (beispielsweise des ersten Zylinders) zugeordnet ist. Hieraus folgt, daß die Zündung in diesem Zylinder gehemmt wird, wodurch ein Zündausfall bewirkt wird. Die Luftkraftstoffmischung in der zugeordneten Verbrennungskammer **15** wird daher nicht verbrannt und wird als unverbrannte Gase aus der Auspufföffnung **10** in Richtung des NOx-Katalysators **13a** abgegeben. Hieraus folgt, daß eine reduzierende Atmosphäre um den NOx-Katalysator **13a** herum durch unverbranntes HC geschaffen wird, das in den unverbrannten Gasen enthalten ist, und das adsorbierte NOx wird in der reduzierenden Atmosphäre desoxidiert.

[0131] Im nächsten Schritt S118 wird die θ_{CR} -Erzeugungsanzahl N auf "1" zurückgesetzt und ein Wert "1" zur Zündausfallanzahl N_{mis} zugefügt. Ferner wird in Schritt S120 bestimmt, ob die Zündausfallanzahl N_{mis} einen vorbestimmten Wert N_{mis0} übersteigt. Der vorbestimmte Wert N_{mis0} wird im voraus zu derjenigen Anzahl von Zündausfällen (beispielsweise 50) gesetzt, die als ausreichend angesehen werden kann, das vom NOx-Katalysator **13a** adsorbierte NOx zu desoxidieren. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S120 "NEIN" und wird daher bestimmt, daß das am NOx-Katalysator **13a** adsorbierte NOx nicht vollständig oxidiert ist, ist die Verbrennungssteuerungsroutine im vorliegenden Zyklus vollständig durchgeführt.

[0132] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S114 "NEIN", wird die Sequenz von Schritten S110, S112, S114 und S115 wiederholt durchgeführt. Danach wird, wenn die θ_{CR} -Erzeugungsanzahl N die vorbestimmte Anzahl N_0 erreicht hat und das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S114 "JA" wird, ein intermittierender Zündungsfehler verursacht (Schritt S116).

[0133] Wie oben beschrieben, wird der Zündausfall-Antrieb oder der Zündungsfehler-Antrieb intermittierend ausgeführt.

[0134] Überschreitet die Zündausfallanzahl N_{mis} , die vom intermittierenden Zündausfall-Antrieb verursacht wird, den vorbestimmten Wert N_{mis0} , wird das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S120 "JA". In die-

sem Fall kann angenommen werden, daß eine Zeitdauer verstrichen ist, die notwendig ist für die vollständige Oxidierung des am NOx-Katalysator **13a** adsorbierten NOx. Es kann daher angenommen werden, daß das NOx vollständig vom NOx-Katalysator **13a** beseitigt worden ist und die NOx-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** wiedergewonnen wurde. Die Steuerung geht daher zu Schritt S122 weiter. In Schritt S122 wird der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge auf "0" zurückgesetzt, wobei dieser Wert für die Berechnung der geschätzten NOx-Abgabemenge Q_{NT} in Schritt S110 verwendet wird.

[0135] Hieraus ergibt sich, daß das geschätzte NOx-Adsorptionsverhältnis K_{NOX} auf 1,0 gesetzt wird, wenn die in den Fig. 5 und 6 dargestellte Unteroutine wieder in Schritt S110 im nächsten Zündausfallsteuerungsroutinenausführzyklus ausgeführt wird. Der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge, der in Schritt S110 im nächsten Zündausfallsteuerungsroutinenausführungszyklus berechnet wird, wird daher "0". Daher wird das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S112 "NEIN", die Steuerung geht zu Schritt S124 weiter und der Zündausfall-Antrieb ist beendet.

[0136] Wie im einzelnen oben beschrieben, wird bei dieser Ausführungsform jedesmal, wenn der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge den Schwellwert Q_{NT0} überschritten hat, die Zündung, die einem vorbestimmten Zylinder zugeordnet ist, für eine vorbestimmte Anzahl von Malen in Intervallen eines vorbestimmten Zyklus gehemmt. Hieraus folgt, daß unverbrannte Gase, die unverbranntes HC enthalten, intermittierend dem NOx-Katalysator **13a** zugeführt werden, wodurch adsorbiertes NOx desoxidiert wird und die Nox-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** in angemessener Weise wiederhergestellt wird. Ferner kann ein stabilisierter Magerverbrennungsantriebszustand des Motors **1** aufrecht erhalten werden.

[0137] Zusätzlich ist es nicht erforderlich, die Kraftstoffmenge zu erhöhen, die geliefert wird, um das unverbrannte HC zu versorgen. Es tritt daher keine schnelle Änderung im Motoroutput aufgrund einer Erhöhung der zugeführten Kraftstoffmenge und daher keine Verschlechterung im Antriebs-"Feeling" auf. Ferner wird die Kraftstoffausnutzung nicht verringert.

[0138] Während des intermittierenden Zündausfall-Antriebs oder des Zündungsfehler-Antriebs wird der Motor **1** mit dem mageren Luftkraftstoffverhältnis getrieben und die Auspuffgase, die vom Motor **1** abgegeben werden, enthalten eine große Menge an Sauerstoff. Unverbrannte Gase, die durch den Zündausfall verursacht und nicht für die Desoxidation von NOx verwendet werden, werden daher vollständig durch den Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** oxidiert und werden nicht in die Atmosphäre abgegeben.

[0139] Ein Verbrennungssteuerungsverfahren für einen Verbrennungsmotor gemäß einer dritten Aus-

führungsform der Erfindung wird im folgenden erläutert.

[0140] Das Verfahren dieser Ausführungsform hat das Merkmal, daß das Luftkraftstoffverhältnis auf ein Luftkraftstoffverhältnis (übermageres Luftkraftstoffverhältnis) gesetzt wird, das magerer ist als das Luftkraftstoffverhältnis, das der Verbrennungsgrenze entspricht, um hierdurch einen Zündausfall zu verursachen. Eine Verbrennungssteuervorrichtung zur Durchführung des Verfahrens der dritten Ausführungsform kann in gleicher Weise wie die Vorrichtung von **Fig. 1** aufgebaut sein, so daß sich eine Erläuterung dieser Vorrichtung erübrigt.

[0141] Bei dieser Ausführungsform wird jedesmal, wenn ein Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** während des Laufs eines Motors **1** zugeführt wird, die Verbrennungssteuerungs-(Zündausfallssteuerungs)Routine, die in **Fig. 12** dargestellt ist, von der ECU **23** ausgeführt.

[0142] Zuerst wird in Schritt S130, der dem Schritt S110 von **Fig. 11** entspricht, die in den **Fig. 5** und **6** dargestellte Unterroutine von der NOx-Schätzeinheit **33** ausgeführt, um einen geschätzten Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge zu berechnen. Dann wird vom Vergleicher **34** der Adsorptionssättigungsbestimmungseinheit **32** im Schritt S132, der dem Schritt S112 von **Fig. 11** entspricht, bestimmt, ob der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge einen vorbestimmten Schwellwert Q_{NT0} überschritten hat.

[0143] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S132 "NEIN", wird der Schritt S142, der dem Schritt S124 von **Fig. 11** entspricht, ausgeführt, um die Zündausfallanzahl N_{mis} auf "0" zu setzen, und die Verbrennungssteuerroutine im gegenwärtigen Zyklus ist beendet.

[0144] Ist andererseits das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S132 "JA", geht die Steuerung zu Schritt S134 weiter, und der Zündausfall-Antrieb wird unter der Steuerung der ECU **23** gestartet.

[0145] Im einzelnen wird in Schritt S134 das Luftkraftstoffverhältnis einer Luftkraftstoffmischung, die einem vorbestimmten Zylinder (beispielsweise dem ersten Zylinder) zugeführt wird, gemäß der folgenden Gleichung (5) korrigiert, um das Luftkraftstoffverhältnis auf das übermagere Luftkraftstoffverhältnis AF_T zu setzen:

$$AF_T = AF_0 + D_{AF}, \quad \text{---(5)}$$

wobei AF_0 ein mageres Luftkraftstoffzielverhältnis während des Normalantriebs und D_{AF} der Korrekturwert des Zielverhältnisses sind.

[0146] Das übermagere Luftkraftstoffverhältnis AF_T hat einen Wert, der auf der mageren Seite hinsichtlich des Luftkraftstoffverhältnisses, das der Grenze der Verbrennung entspricht, gesetzt ist, und der auf einen Wert gesetzt ist, welcher einen Zündausfall mit einer vorbestimmten Wahrscheinlichkeit (beispielsweise 0,02) verursacht, wenn die Luftkraftstoffmi-

schung des übermageren Luftkraftstoffverhältnisses AF_T durch die Zündkerze **16** gezündet wird. Wird das übermagere Luftkraftstoffverhältnis AF_T auf einen übermäßig großen Wert gesetzt, tritt eine Verbrennung zu keiner Zeit auf und der Antrieb des Motors **1** kann nicht aufrecht erhalten werden, was ein Problem verursacht.

[0147] Um daher das angemessene übermagere Luftkraftstoffverhältnis AF_T zu erhalten, wird der Korrekturwert DAF empirisch ermittelt, so daß der Zündausfall mit einer vorbestimmten Wahrscheinlichkeit (Frequenz) bewirkt wird, um beispielsweise einen Zündausfall einmal pro 50 Zündungen zu verursachen.

[0148] Ist das übermagere Luftkraftstoffverhältnis AF_T gesetzt, wird unter der Steuerung der ECU **23** die vom Kraftstoffeinspritzventil **3** eingespritzte Kraftstoffmenge auf einen Wert verringert, der dem übermageren Luftkraftstoffverhältnis AF_T entspricht. Als Resultat tritt der Zündausfall mit einer vorbestimmten Wahrscheinlichkeit auf. Ist der Zündausfall aufgetreten, werden unverbrannte Gase in Richtung des NOx-Katalysators **13a** abgegeben und das vom Katalysator **13a** adsorbierte NOx wird desoxidiert und von unverbranntem HC entfernt, das in den unverbrannten Gasen enthalten ist.

[0149] Ferner wird in Schritt S134 das EGR-Ventil **27** um einen vorbestimmten Winkel geöffnet. Als Resultat wird eine vorbestimmte Menge an Auspuffgasen in Richtung der Seite der Zufuhröffnung **2** zirkuliert, um die Menge an Sauerstoff in der Luftkraftstoffmischung zu reduzieren, wodurch das Bewirken des Zündausfalls erleichtert wird.

[0150] Im nächsten Schritt S136 wird ein Wert 0,02, der gleich ist einer vorbestimmten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten des Zündausfalls, der Zündausfallanzahl N_{mis} hinzugefügt. Dann wird im nächsten Schritt S138, der dem Schritt S120 von **Fig. 11** entspricht, bestimmt, ob die Zündausfallanzahl N_{mis} einen vorbestimmten Wert N_{mis0} übersteigt. Der vorbestimmte Wert N_{mis0} wird auf einen Wert gesetzt, der gleich ist zur Zündausfallanzahl (beispielsweise 50), bei welcher das am NOx-Katalysator **13a** adsorbierte NOx als ausreichend desoxidiert angesehen werden kann.

[0151] Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S138 "NEIN", wird bestimmt, daß das am NOx-Katalysator **13a** adsorbierte NOx nicht vollständig desoxidiert ist, und die Steuerungsroutine im gegenwärtigen Zyklus ist beendet. Danach wird, wenn die Zündausfallanzahl N_{mis} den vorbestimmten Wert N_{mis0} nicht übersteigt, der Zündausfall-Antrieb fortgesetzt.

[0152] Hat andererseits die Zündausfallanzahl N_{mis} den vorbestimmten Wert N_{mis0} (**50**) überschritten und wird das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S138 "JA", so wird bestimmt, daß die Periode des Zündausfallantriebs genügend lang ist und daher das am NOx-Katalysator **13a** adsorbierte NOx vollständig desoxidiert ist. In diesem Fall geht die Steuerung zu

Schritt S140 weiter. In Schritt S140 wird das Luftkraftstoffverhältnis auf das magere Luftkraftstoffverhältnis AF_0 gesetzt und das EGR-Ventil **27** geschlossen oder zur normalen Öffnungsposition zurückgeführt. Dann wird der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge, die für die Berechnung der geschätzten NOx-Abgabemenge QNT im Schritt S130 verwendet wurde, auf "0" zurückgesetzt, und die Steuerungsroutine ist im gegenwärtigen Zyklus beendet.

[0153] Ist der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge somit auf "0" zurückgesetzt, wird der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge, die in Schritt S130 (entsprechend zu Schritt S110) des nächsten Zündausfallroutinenaussführungszyklus berechnet wurde, zu "0", wie in Schritt S110 von **Fig. 11** erläutert. Das Ergebnis der Bestimmung im nächsten Schritt S132 wird daher "NEIN". In diesem Fall ist der Zündausfall-Antrieb beendet und die Steuerung geht zu Schritt S142 weiter, und die Zündausfallanzahl N_{mis} wird auf "0" zurückgesetzt.

[0154] Daher wird jedesmal, wenn der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge den Schwellwert Q_{NT0} übersteigt, das Luftkraftstoffverhältnis der Luftkraftstoffmischung, die dem vorbestimmten Zylinder zugeführt wird, auf das übermagere Luftkraftstoffverhältnis AFT gesetzt. Als Resultat tritt der Zündausfall in einer vorbestimmten Anzahl mit einer vorbestimmten Frequenz auf, so daß unverbrannte Gase intermittierend dem NOx-Katalysator **13a** zugeführt werden. Daher wird am NOx-Katalysator **13a** adsorbiertes NOx vollständig desoxidiert und entfernt, und die NOx-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** wird entsprechend wieder hergestellt.

[0155] Ferner kann gemäß dieser Ausführungsform wie im Fall der zweiten Ausführungsform eine genügend große Menge an unverbranntem Gas dem NOx-Katalysator **13a** zugeführt werden, ohne daß die zugeführte Kraftstoffmenge erhöht wird, indem der Zündausfallantrieb durchgeführt wird, in welchem der Zündausfall für eine vorbestimmte Anzahl von Malen in Intervallen eines vorbestimmten Zyklus (bei einer vorbestimmten Frequenz) für den vorbestimmten Zylinder verursacht wird. Daher kann der Motor **1** stabil im Magerverbrennungs-Antriebszustand gehalten werden, ohne daß eine schnelle Änderung im Motoroutput bewirkt wird und die NOx-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** kann ohne Verschlechterung des Fahrgefühls und der Kraftstoffausnutzung wieder hergestellt werden.

[0156] Ferner werden wie im Fall der zweiten Ausführungsform unverbrannte Gase, die vom Zündausfall erzeugt werden und die nicht für die Desoxidation von NOx verwendet werden, vollständig vom Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** oxidiert und nicht in die Atmosphäre abgegeben.

[0157] Im folgenden wird eine Verbrennungssteuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung er-

läutert.

[0158] Die Vorrichtung dieser Ausführungsform ist im wesentlichen gleich aufgebaut wie die Vorrichtung von **Fig. 1**, so daß sich eine Erläuterung für gemeinsame Komponenten beider Vorrichtungen erübrigt. Bei dieser Ausführungsform sind die EGR-Zirkulationsleitung **26** und das EGR-Ventil **27**, die in **Fig. 1** gezeigt sind, nicht erforderlich.

[0159] Die ECU **23** dieser Ausführungsform hat in funktioneller Weise verschiedene, in **Fig. 13** dargestellte Komponenten.

[0160] Im einzelnen hat die ECU **23** eine Motorabgabe-NOx-Mengenschätzeinrichtung **130** zum Schätzen der Abgabemenge an NOx vom Motor **1** an die Auspuffleitung **14**. Die NOx-Schätzeinheit **130** weist eine Motorabgabe-NOx-Konzentrationsschätzeinheit **131** zum Schätzen der Konzentration D_N des NOx auf, das vom Motor **1** zur Auspuffleitung **14** gemäß dem Luftüberschußverhältnis λ abgegeben wird; eine Verzögerungskorrekturereinheit **132** zum Ableiten eines Korrekturkoeffizienten K_{lg} , der zur Korrektur der geschätzten NOx-Konzentration D_N gemäß dem Zündzeitpunkt verwendet wird; und eine Zufuhrluftmengenberechnungseinheit **133** zum Berechnen der Menge Q_a an Zufuhrluft, die dem Motor **1** zugeführt wird. In der NOx-Schätzeinheit **130** wird das Produkt der Zufuhrluftmenge Q_a , der geschätzten NOx-Konzentration D_N und des Korrekturkoeffizienten K_{lg} durch Multiplizierer **200** als geschätzter Wert Q_{NO} der Motorabgabe-NOx-Menge berechnet.

[0161] Die ECU **23** enthält ferner eine Adsorptionsverhältnisschätzeinrichtung **135** zum Ableiten des geschätzten Werts K_{NOX} des Adsorptionsverhältnisses von NOx durch den NOx-Katalysator **13a** gemäß dem akkumulierten Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge; eine Reinigungsverhältnisschätzeinrichtung **136** zum Ableiten des geschätzten Wertes K_{CAT} des Reinigungsverhältnisses von NOx durch den Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** gemäß dem Sauerstoffüberschußverhältnis λ ; eine Katalysatorabgabe-NOx-Mengenschätzeinrichtung **137** zum Ableiten des NOx-Abgabeverhältnisses auf der Basis des geschätzten NOx-Adsorptionsverhältnisses K_{NOX} und des geschätzten NOx-Reinigungsverhältnisses K_{CAT} , und zum Ableiten des Produkts des NOx-Abgabeverhältnisses und der geschätzten Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} als die geschätzte Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} ; und einen Vergleicher **138** zum Vergleichen der geschätzten Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} mit dem Schwellwert Q_{NT0} . Ist die geschätzte Abgabemenge Q_{NT} größer als der Schwellwert Q_{NT0} , wird ein Fettverbrennungs-Antriebssignal vom Vergleicher **138** ausgegeben. Ist das Fettverbrennungs-Antriebssignal für eine vorbestimmte Zeitdauer t_R ausgegeben, wird ein Rücksetzungssignal zur Adsorptionsverhältnisschätzeinrichtung **135** ausgegeben, so daß der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge auf "0" zurückgesetzt wird.

[0162] Die vorstehende Verbrennungssteuerungs-

vorrichtung ist derart ausgebildet, daß sie den Antriebszustand in den Fettverbrennungszustand ändert, wenn die NOx-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** während des Magerverbrennungsantriebs im wesentlichen gesättigt ist, und hält den Fettverbrennungsantrieb für eine vorbestimmte Zeitdauer aufrecht, um den NOx-Katalysator **13a** in eine reduzierende Atmosphäre zu bringen, um die Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** wiederzugewinnen. Der Fettverbrennungszustand enthält einen Antriebszustand, in welchem das Luftkraftstoffverhältnis im wesentlichen zum theoretischen Luftkraftstoffverhältnis hin rückkoppelungsgesteuert (geregelt) ist.

[0163] Der Betrieb der vorstehenden Verbrennungssteuervorrichtung wird im folgenden erläutert.

[0164] Jedesmal, wenn das Kurbelwinkelsynchronisationssignal θ_{CR} der ECU **23** während des Laufes des Motors **1** zugeführt wird, wird die in **Fig. 14** dargestellte Verbrennungssteuerroutine ausgeführt.

[0165] Zuerst wird in Schritt S210 bestimmt, ob die Magerverbrennungs-Antriebsbedingung gegeben ist. Beispielsweise ist die Magerverbrennungs-Antriebsbedingung gegeben, wenn die folgenden Erfordernisse und ähnliches gleichzeitig erfüllt sind: Der Motor **1** wird im Aufwärmzustand betrieben; der Motor **1** wird in einem vorbestimmten Antriebsbereich betrieben, der von der Motorgeschwindigkeit N_e und der Motorlast bestimmt ist; und der Motor **1** wird nicht in einem Antriebszustand betrieben, in welchem der Motor beschleunigt oder verzögert werden sollte.

[0166] Ist das Resultat der Bestimmung in Schritt S210 "NEIN", d.h., ist die Magerverbrennungs-Antriebsbedingung nicht erfüllt, geht die Steuerung zu Schritt S212 weiter und die Fettverbrennungs-Antriebssteuerung wird durchgeführt.

[0167] Ist andererseits die Magerverbrennungs-Antriebsbedingung erfüllt und das Resultat der Bestimmung in Schritt S210 "JA", geht die Steuerung zu Schritt S214 weiter und der geschätzte Wert Q_{NT} der NOx-Menge, die von der Abgasreinigungskatalysatoreinrichtung **13** abgegeben wird, wird abgeleitet. Im Schritt S214 wird die Unteroutine, die das in **Fig. 5** gezeigte Berechnungsverfahren und ein in **Fig. 15** gezeigtes Berechnungsverfahren enthält, ausgeführt. Da das Berechnungsverfahren von **Fig. 5** bereits erläutert wurde und der größte Teil des in **Fig. 15** gezeigten Berechnungsverfahrens demjenigen in **Fig. 6** entspricht, wird die Unteroutine nachstehend kurz erläutert.

[0168] In dieser Unteroutine wird der geschätzte Wert D_N der Motorabgabe-NOx-Konzentration aus dem Diagramm von **Fig. 7** (Schritt S60 von **Fig. 5**) gemäß dem Luftüberschußverhältnis λ durch die Konzentrationsschätzeinheit **131**, die in **Fig. 13** dargestellt ist, ausgelesen. Ferner wird der Korrekturkoeffizient K_{ig} aus dem Diagramm von **Fig. 8** gemäß dem Zündzeitpunkt durch die Verzögerungskorrekturereinheit **132** von **Fig. 13** (Schritt S62) ausgelesen. Als nächstes wird die Zufuhrluftmenge Q_a für jeden Zylinder

gemäß der Motorgeschwindigkeit N_e und dem Erfassungswert A_f vom Luftstromsensor **6** durch die Zufuhrluftmengenberechnungseinheit **133** von **Fig. 13** (Schritt S64) abgeleitet. Daraufhin wird die Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} für jede Erfassung des Kurbelwinkelsynchronisationssignals θ_{CR} durch Verwendung der Gleichung (1) gemäß der geschätzten NOx-Konzentration D_N , dem Korrekturkoeffizienten K_{ig} und der Zufuhrluftmenge Q_a durch die NOx-Mengenschätzeinheit **130** von **Fig. 13** (Schritt S66) berechnet.

[0169] Nach der Berechnung der Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} geht die Steuerung zu Schritt S367 von **Fig. 15** weiter. In Schritt S367 wird bestimmt, ob eine vorbestimmte Zeitdauer t_r (beispielsweise 3 Sekunden) ab dem Start des Verbrennungsantriebs verstrichen ist. Während des Magerverbrennungsantriebs wird das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S367 "NEIN", und die Steuerung geht zu Schritt S368 weiter, der dem Schritt S68 von **Fig. 6** entspricht. Im Schritt S368 wird der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} durch Verwendung der Gleichung (2) berechnet.

[0170] Im nächsten Schritt S370, der dem Schritt S70 von **Fig. 6** entspricht, wird der geschätzte Wert K_{NOX} des Adsorptionsverhältnisses von NOx, das vom NOx-Katalysator **13a** zu derjenigen Zeit, wenn das vom Motor abgegebene NOx die Abgasreinigungskatalysatoreinrichtung **13** passiert, gemäß dem akkumulierten Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} abgeleitet, die in Schritt S368 berechnet wurde. Das Diagramm von **Fig. 9** wird für die Schätzung des Adsorptionsverhältnisses K_{NOX} verwendet. Alternativ wird die Berechnung durch die Gleichung (3) oder die folgende Regressionsgleichung durchgeführt:

$$K_{NOX(i+1)} = 1 - (1 - K_{N1}) \times k_2 \times \{(1 - \alpha) \times SQ_{N(i)} + \alpha \times Q_{N(i)}\}$$

wobei α eine Konstante ist.

[0171] Im nächsten Schritt S372, der dem Schritt S72 von **Fig. 6** entspricht, wird der geschätzte Wert K_{CAT} des Reinigungsverhältnisses von NOx durch den Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** vom Diagramm von **Fig. 10** auf der Basis des Luftüberschußverhältnisses λ durch die Reinigungsverhältnisschätzeinheit **136** von der **Fig. 13** entnommen. Anstelle der Schätzung des Reinigungsverhältnisses K_{CAT} unter Verwendung des Diagramms von **Fig. 10** kann das Reinigungsverhältnis K_{CAT} kurz durch die Bestimmung ermittelt werden, ob das Luftüberschußverhältnis λ innerhalb oder außerhalb eines engen Luftüberschußverhältnissbereiches liegt, wie dies bei der ersten Ausführungsform der Fall ist.

[0172] Ferner wird in Schritt S374, der dem Schritt S74 von **Fig. 6** entspricht, das NOx-Abgabeverhältnis durch die Katalysatorabgabe-NOx-Mengenschätzeinheit **137** von **Fig. 13** auf der Basis des geschätzten Wertes K_{NOX} des Adsorptionsverhältnisses von NOx durch den NOx-Katalysator **13a** und dem ge-

geschätzten Wert K_{CAT} des NOx-Reinungsverhältnisses durch den Dreiwegkatalysatorumwandler **13b** berechnet. Ferner wird der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge für jede Erfassung des Kurbelwinkelsynchronisationssignals θ_{CR} gemäß der vorerwähnten Gleichung (4) auf der Basis des NOx-Abgabeverhältnisses und der Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} berechnet, die in Schritt S66 durch die Motorabgabe-NOx-Mengenschätzeinheit **130** der **Fig. 13** berechnet wird.

[0173] Nach der Berechnung des geschätzten Wertes Q_{NT} geht die Steuerung zu Schritt S216 von **Fig. 14** weiter. In Schritt S216 wird durch den Vergleich **138** von **Fig. 13** bestimmt, ob der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge größer ist als ein vorbestimmter Schwellwert Q_{NT0} . Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S216 "NEIN", wird bestimmt, daß die in die Atmosphäre abgegebene NOx-Menge gleich ist oder geringer als ein maximal zulässiger Wert, und die Steuerung geht zu Schritt S218 weiter, um die Magerverbrennungs-Antriebssteuerung auszuführen.

[0174] Ist andererseits das Resultat der Bestimmung in Schritt S216 "JA", d.h. ist die Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} größer als der vorbestimmte Schwellwert Q_{NT0} , wird die Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** als gesättigt angesehen. In diesem Fall geht die Steuerung zu Schritt S212 weiter, um die Fettverbrennungs-Antriebssteuerung auszuführen.

[0175] Wird eine Änderung vom Magerverbrennungs-Antrieb zum Fettverbrennungs-Antrieb durchgeführt, wenn die NOx-Menge Q_{NT} größer wird als der Schwellwert Q_{NT0} , wird die Menge an HC, die vom Motor **1** abgegeben wird, größer als im Magerverbrennungszustand. Das HC reagiert dann mit NOx, um das vom NOx-Katalysator **13a** adsorbierte NOx zu desoxidieren. Hieraus folgt, daß die Menge an in die Atmosphäre abgegebenem NOx verringert wird und der NOx-Katalysator **13a** kann wieder NOx adsorbieren.

[0176] Wird in Schritt S216 zum ersten Mal bestimmt, daß die NOx-Menge Q_{NT} größer ist als der Schwellwert Q_{NT0} und eine Änderung in die Fettverbrennungs-Antriebssteuerung durchgeführt, wie oben beschrieben, wird der Zeitähler der ECU **23** zu dieser Zeit gestartet, um das Zählen der verstrichenen Zeit ab dem Start der Fettverbrennungs-Antriebssteuerung zu starten.

[0177] Wie oben beschrieben, wird, falls der NOx-Katalysator **13a** mit adsorbiertem NOx auch dann gesättigt ist, wenn die Magerverbrennungs-Antriebsbedingung nicht erfüllt ist, der Fettverbrennungsantrieb ausgeführt, um NOx zu desoxidieren. Während dieser Zeit wird eine Sequenz von Schritten S210, S214, S216 und S212 wiederholt durchgeführt. Ist das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S367 der in den **Fig. 5** und **15** dargestellten und dem Schritt S214 entsprechenden Unteroutine "NEIN", d.h. verstreicht eine vorbestimmte Zeit t_R nicht nach

dem Start der Fettverbrennungs-Antriebssteuerung, wird der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge auch in S368 aktualisiert. Es wird daher in Schritt S216 bestimmt, daß die Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} noch größer ist als der Schwellwert Q_{NT0} . Infolgedessen wird der Fettverbrennungs-Antriebszustand für die vorbestimmte Zeit t_R aufrecht erhalten, so daß das NOx vollständig desoxidiert wird.

[0178] Ist die vorbestimmte Zeit t_R nach dem Start der Fettverbrennungs-Antriebssteuerung verstrichen und das Ergebnis der Bestimmung in Schritt S367 "JA", geht die Steuerung zu Schritt S376 weiter. In Schritt S376 wird angenommen, daß das gesamte NOx, das am NOx-Katalysator **13a** adsorbiert wurde, desoxidiert ist, und ein Rücksetzungssignal wird zur Adsorptionsverhältnisschätzeinheit **135** von **Fig. 13** ausgegeben, wodurch der akkumulierte Wert $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge auf "0" zurückgesetzt wird. Infolgedessen wird der geschätzte Wert des NOx-Adsorptionsverhältnisse K_{NOX} , das im nächsten Schritt S370 abgeleitet wird, zu 1,0, und der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge, die in Schritt S374 berechnet wird, wird "0". In diesem Fall geht die Steuerung zu Schritt S218 weiter, um die Magerverbrennungs-Antriebssteuerung wieder zu starten. Dies bedeutet, daß die Fettverbrennungs-Antriebssteuerung zur Desoxidation von NOx beendet ist.

[0179] Danach erhöht sich, wenn das geschätzte NOx-Adsorptionsverhältnis K_{NOX} wieder bei einer Erhöhung des akkumulierten Wertes $SQ_{N(i+1)}$ der Motorabgabe-NOx-Menge verringert wird, der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge von neuem.

[0180] Wird der Antriebszustand des Motors **1** zwischen dem Magerverbrennungszustand und dem Fettverbrennungszustand verändert, ändert sich die Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} und die Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} mit der verstrichenen Zeit, wie in **Fig. 16** gezeigt. In **Fig. 16** gibt die Einpunkt-Strich-Linie die Motorabgabe-NOx-Menge Q_{NO} an, die durchgezogene Linie gibt die Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} an und die gestrichelte Fläche gibt die NOx-Adsorptionsmenge oder die Reinigungsmenge durch die Abgasreinigungskatalysator-einrichtung **13** an.

[0181] Wie in **Fig. 16** gezeigt, verringert sich die NOx-Reinigungsmenge durch die Abgasreinigungskatalysatoreinrichtung **13** mit der verstrichenen Zeit während dem Magerverbrennungsantrieb. Daraufhin wird, wenn der geschätzte Wert Q_{NT} der Katalysatorabgabe-NOx-Menge den vorbestimmten Wert Q_{NT0} erreicht, wenn eine Zeitdauer von beispielsweise t_{L1} ab dem Start des Magerverbrennungsantriebs verstrichen ist, der Motorantriebszustand vom Magerverbrennungszustand (A) zum Fettverbrennungszustand verändert. Danach wird der Fettverbrennungsantrieb für die vorbestimmte Zeitdauer t_R aufrecht erhalten. Während des Fettverbrennungsantriebs wird

das gesamte vom NOx-Katalysator **13a** adsorbierte NOx desoxidiert. Ist die vorbestimmte Zeit t_R nach dem Start des Fettverbrennungsantriebs verstrichen und der Magerverbrennungszustand (B) wieder eingestellt, wird daher die NOx-Adsorptionsfähigkeit des NOx-Katalysators **13a** wieder hergestellt.

[0182] Ferner kann, da eine Änderung vom Magerverbrennungszustand zum Fettverbrennungszustand sofort durchgeführt wird, nachdem die Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} den vorbestimmten Wert Q_{NT0} erreicht hat, die Menge an in die Atmosphäre abgegebenem NOx immer auf einen Wert gleich oder geringer als der vorbestimmte Wert Q_{NT0} gedrückt werden. Wie beispielhaft durch die Zeitdauer t_{L1} des Magerverbrennungsantriebs (A) und die Zeitdauer t_{L2} ($\neq t_{L1}$) des Magerverbrennungsantriebs (B) angedeutet, ist die Zeitdauer t des Magerverbrennungszustands nicht immer konstant. Das bedeutet, daß in dem Antriebszustand, in welchem die NOx-Abgabemenge klein ist, der Magerverbrennungsantrieb für eine relativ lange Zeitdauer aufrecht erhalten wird. Die Häufigkeit des Übergangs in den Fettverbrennungsantrieb ist daher gering, wodurch es möglich wird, eine Verschlechterung der Kraftstoffausnutzung und eine Variation des Drehmoments zu unterdrücken. Ferner wird in dem Fall, daß der Motorantrieb in einer Weise ausgeführt wird, daß der Motorantriebsbereich häufig zwischen Antriebsbereichen mit unterschiedlichen Luftkraftstoffverhältnissen ändert, ein Übergang zwischen dem Magerverbrennungsantrieb und dem Fettverbrennungsantrieb gemäß dem derart geänderten Antriebszustand durchgeführt. Es tritt daher kein Problem auf, auch wenn die vorliegende Erfindung auf einen derartigen Motorantrieb angewendet wird.

[0183] Beispielsweise wird in der ersten Ausführungsform der Motorantriebszustand vom Magerverbrennungszustand zum theoretischen Verhältnis-Antriebszustand verändert, wo das Luftkraftstoffverhältnis zum theoretischen Luftkraftstoffverhältnis gesetzt wird, beispielsweise zur Zeit des Beschleunigungsantriebs oder eines Schwerlastantriebs. Alternativ kann ein Übergang vom Magerverbrennungszustand zum Fettverbrennungszustand, wo das Luftkraftstoffverhältnis kleiner eingestellt wird als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, durchgeführt werden.

[0184] Ferner wird in der ersten Ausführungsform die Bestimmung, ob der Übergang zum NOx-reduzierten Antrieb durchgeführt werden soll, gemäß dem Ergebnis eines Vergleichs des geschätzten Wertes Q_{NT} und der Katalysatorabgabe-NOx-Menge (g/sec) mit dem Schwellwert Q_{NT0} durchgeführt. Die Bestimmung, ob der Übergang zum NOx-reduzierten Antrieb durchgeführt werden soll, kann jedoch auch gemäß dem Ergebnis eines Vergleichs zwischen einem tatsächlich gemessenen Wert oder geschätztem Wert der vom NOx-Katalysator **13a** adsorbierten Menge an NOx und der gesättigten Adsorptionsmenge durchgeführt werden, oder gemäß dem Ergebnis einer Bestimmung, die der Abgabe-NOx-Konzentration

(PPM) zugeordnet ist.

[0185] Es ist auch möglich zu bestimmen, daß die Adsorptionsmenge an NOx durch den NOx-Katalysator **13a** den gesättigten Wert erreicht hat, und den NOx-reduzierten Antrieb durchzuführen, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer ab dem Start des Magerverbrennungsantriebs verstrichen ist. Vorzugsweise wird die vorbestimmte Zeitdauer derart eingestellt, daß die Abgabe-NOx-Menge Q_{NT} den vorbestimmten Wert Q_{NT0} nicht übersteigt.

[0186] Ferner wird im NOx-reduzierten Antrieb die EGR-Menge erhöht und der Zündzeitpunkt verzögert, um die Verbrennungstemperatur abzusenken. Es ist jedoch nicht notwendig, gleichzeitig beide Vorgänge durchzuführen, und es kann lediglich einer dieser Vorgänge ausgeführt werden.

[0187] In der NOx-Abgabemengenberechnungsroutine der ersten Ausführungsform werden geschätzte Werte verwendet, die aus verschiedenen Diagrammen entnommen werden. Es können jedoch auch tatsächlich gemessene Werte anstelle der geschätzten Werte verwendet werden, die Teilen der Information entsprechen, die von verschiedenen Sensoren geliefert wird.

[0188] Ferner wird in der ersten Ausführungsform die Beschleunigungsbestimmung (d.h. die Bestimmung, ob eine Beschleunigungsantriebsanforderung vorhanden oder nicht vorhanden ist) auf der Basis der Öffnungsgeschwindigkeit des Drosselventils durchgeführt. Alternativ kann die Beschleunigungsbestimmung auf der Basis einer Zufuhrinformationsvariablen durchgeführt werden, beispielsweise einer Variation in der Zufuhrluftmenge oder einer Variation des negativen Drucks der Zufuhrluft.

[0189] In der ersten Ausführungsform wird bestimmt, daß der NOx-Katalysator **13a** mit adsorbiertem NOx gesättigt ist, wenn die Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_N den Schwellwert Q_{NT0} überschritten hat. Anstattdessen ist es möglich, Teile der Lastinformation des Motors (beispielsweise Kraftstoffmengen, die dem Motor **1** zugeführt werden) während des Magerverbrennungsantriebs zu akkumulieren, den akkumulierten Wert hieraus abzuleiten und zu bestimmen, daß der NOx-Katalysator **13a** mit adsorbiertem NOx gesättigt ist, wenn der akkumulierte Wert einen vorbestimmten Wert überschreitet. Bei dieser Modifikation führt die ECU **23** die Magerverbrennungsakkumulation durch.

[0190] In der dritten Ausführungsform wird das Luftkraftstoffverhältnis auf das übermagere Luftkraftstoffverhältnis AF_T eingestellt und eine vorbestimmte Menge an Auspuffgasen durch EGR rezirkuliert, um einen Zündausfall zu verursachen. Ein ausreichender Effekt kann jedoch auch nur dadurch erreicht werden, daß das Luftkraftstoffverhältnis auf das übermagere Luftkraftstoffverhältnis AF_T eingestellt wird. Ferner kann ein Zündausfall in angemessener Weise einfach dadurch verursacht werden, daß die Auspuffgase von EGR rezirkuliert werden. In diesem Fall ist es vorteilhaft, die Rezirkulationsmenge der Auspuff-

gase auf einen größeren Wert einzustellen.

[0191] In der zweiten und dritten Ausführungsform wird die Periode, während der der Zündausfallantrieb fortgeführt wird, auf der Basis der Anzahl N_{mis} von Zündausfällen (d.h. die akkumulierte Anzahl der Erzeugung von Kurbelwinkelsynchronisationssignalen θ_{CR}) eingestellt. Es ist jedoch bei Berücksichtigung der Tatsache, daß die θ_{CR} -Signalerzeugungszahl proportional ist zur akkumulierten Anzahl von Umdrehungen des Motors **1**, auch möglich, die Zündausfallauftrittsperiode auf der Basis der akkumulierten Anzahl von Motorumdrehungen einzustellen, die von der θ_{CR} -Signalerzeugungszahl abgeleitet wird, indem eine Motorumdrehungszahlerfassungseinrichtung (beispielsweise die ECU **23**, welche mit dem Kurbelwinkelsensor **18** zusammenwirkt, um als Motorumdrehungszahlerfassungseinrichtung zu dienen) verwendet wird. Ferner kann der Zündausfallantrieb aufrecht erhalten werden, bis eine vorbestimmte Zeit nach dem Start der Zündausfallsteuerung verstrichen ist.

[0192] Ferner wird in der zweiten und dritten Ausführungsform der Zündausfall in einem vorbestimmten Zylinder (beispielsweise dem ersten Zylinder) verursacht. Der Zündausfall kann jedoch in einer Vielzahl von Zylindern und insbesondere auch sequenziell in allen Zylindern unter der Steuerung der ECU **23** verursacht werden.

[0193] Ferner wird in der zweiten und dritten Ausführungsform bestimmt, daß die NOx-Adsorptionsmenge einen gesättigten Wert erreicht hat, wenn die NOx-Abgabemenge Q_{NT} den Schwellwert Q_{NT0} erreicht hat. Alternativ ist es möglich zu bestimmen, daß die NOx-Adsorptionsmenge den gesättigten Wert erreicht hat, wenn die verstrichene Zeit ab dem Start des Magerverbrennungsantriebs, die vom Zeitzähler in der ECU **23** gemessen wird, eine vorbestimmte Zeit überschritten hat, oder wenn die akkumulierte Kraftstoffeinspritzmenge während dem Magerverbrennungsantrieb einen vorbestimmten Wert überschreitet.

[0194] In der vierten Ausführungsform wird das Luftkraftstoffverhältnis im wesentlichen auf das theoretische Luftkraftstoffverhältnis in der Fettverbrennungs-Antriebssteuerung zum Desoxidieren von adsorbiertem NOx eingestellt. Es ist jedoch lediglich erforderlich, eine reduzierende Atmosphäre um den NOx-Katalysator **13a** herum zu schaffen, die HC enthält. Daher kann das Luftkraftstoffverhältnis auf einen Wert eingestellt werden, der auf der fetten Seite hinsichtlich des theoretischen Luftkraftstoffverhältnisses liegt.

[0195] Ferner wird in der vierten Ausführungsform die Bestimmung, ob ein Übergang zwischen dem Magerverbrennungsantrieb und dem Fettverbrennungsantrieb durchgeführt werden sollte, gemäß dem Ergebnis eines Vergleichs der Katalysatorabgabe-NOx-Menge Q_{NT} mit dem Schwellwert Q_{NT0} durchgeführt. Alternativ kann die Notwendigkeit eines Übergangs gemäß dem Ergebnis einer Bestimmung

bestimmt werden, die der Abgabe-NOx-Konzentration (PPM) etc. zugeordnet ist. In jeder der obigen Ausführungsformen werden geschätzte Werte verwendet, die von verschiedenen Diagrammen abgeleitet werden. Es können jedoch auch tatsächlich gemessene Werte anstelle der geschätzten Werte verwendet werden.

[0196] Ferner wird in jeder Ausführungsform ein Sechszylinderreihenbenzinmotor verwendet. Die Verbrennungssteuerungsvorrichtung der vorliegenden Erfindung kann jedoch auf irgendeinen Typ eines Verbrennungsmotors unabhängig von der Anzahl der Zylinder und des Typs angewendet werden. Ferner kann das Merkmal der ersten bis vierten Ausführungsform in der erforderlichen Weise kombiniert werden.

Patentansprüche

1. Steuervorrichtung für einen Verbrennungsmotor (**1**) mit einem Abgasreinigungskatalysator (**13**), welcher in einer Auspuffleitung (**14**) des Verbrennungsmotors (**1**) angeordnet ist, wobei der Abgasreinigungskatalysator (**13**) derart betreibbar ist, dass er Stickstoffoxyd adsorbiert, wenn die in den Abgasreinigungskatalysator (**13**) einströmenden Abgase ein mageres Luft-Brennstoff-Verhältnis haben, und dass er adsorbiertes Stickstoffoxyd desoxydiert, wenn die Sauerstoffkonzentration der einströmenden Abgase verringert wird, gekennzeichnet durch eine Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (**23, 32**), die eine erste Stickstoffoxydabgabegrößenschätzeinrichtung (**33**) zum Schätzen einer Abgabegröße von Stickstoffoxyd von dem Abgasreinigungskatalysator (**13**) mit einschließt, und die Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (**23,32**) einen Adsorptionszustand von Stickstoffoxyd schätzt, dass durch den Abgasreinigungskatalysator (**13**) adsorbiert ist, auf der Grundlage der geschätzten Abgabegröße von Stickstoffoxyd von dem Abgasreinigungskatalysator (**13**); und eine Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (**23,36**) zum Verschlechtern eines Verbrennungszustands im Verbrennungsmotor (**1**) gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxyds, der von der Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (**32**) geschätzt wurde, wenn der Motor im Magerverbrennungszustand ist.

2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei welchem die Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (**23, 32**) eine Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (**32**) aufweist, um zu bestimmen, ob eine Menge (Q_{NT}) an Stickstoffoxyd, die vom Abgasreinigungskatalysator (**13a**) adsorbiert wurde, einen Sättigungsbereich erreicht hat; und wobei die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (**23, 36**) den Verbrennungszustand des Verbrennungsmotors (**1**) verschlechtert, wenn die

Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wurde, den Sättigungsbereich im Magerverbrennungszustand erreicht hat.

3. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, bei welcher die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13) adsorbiert wurde, den Sättigungsbereich erreicht hat, wenn die Stickstoffoxidabgabemenge (Q_{NT}), die von der Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (33); (130, 135, 136, 137) geschätzt wird, einen vorbestimmten Wert (Q_{NTO}) übersteigt.

4. Steuervorrichtung nach Anspruch 3, bei welcher die Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (33); (130, 135, 136, 137) eine zweite Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) zum Schätzen einer Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (1) zur Auspuffleitung (14) aufweist, und eine Adsorptionsverhältnisschätzeinrichtung (135) zum Schätzen eines Adsorptionsverhältnisses (K_{NOX}) an Stickstoffoxid, das vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird; und die erste Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (33); (130, 135, 136, 137) die Abgabemenge (Q_{NT}) an Stickstoffoxid vom Abgasreinigungskatalysator (13a) schätzt, die auf der Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (1) basiert, die von der zweiten Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) geschätzt wird, und dem Adsorptionsverhältnis (K_{NOX}) des vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbierten Stickstoffoxids, das von der Adsorptionsverhältnisschätzeinrichtung (135) geschätzt wird.

5. Steuervorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher die erste Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130, 135, 136, 137) eine Reinigungsverhältnisschätzeinrichtung (136) zum Schätzen eines Reinigungsverhältnisses (K_{CAT}) des Stickstoffoxids aufweist, das vom Abgasreinigungskatalysator (13b) gereinigt wird; und die erste Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130, 135, 136, 137) die Abgabemenge (Q_{NT}) an Stickstoffoxid vom Abgasreinigungskatalysator (13) schätzt, die auf der Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (1) basiert, die von der zweiten Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) geschätzt wird, dem Adsorptionsverhältnis (K_{NOX}) des Stickstoffoxids, das vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, das von der Adsorptionsverhältnisschätzeinrichtung (135) geschätzt wird, und dem Reinigungsverhältnis (K_{CAT}) des Stickstoffoxids, das vom Abgasreinigungskatalysator (13b) gereinigt wird, welches von der

Reinigungsverhältnisschätzeinrichtung (136) geschätzt wird.

6. Steuervorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher die zweite Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) die Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (1) zur Auspuffleitung (14) schätzt, die auf der Konzentration (D_N) von Stickstoffoxid basiert, das vom Verbrennungsmotor (1) zur Auspuffleitung (14) abgegeben wird, und einer Zufuhrinformationsvariablen, die eine Menge (Q_a) an Zufuhrluft repräsentiert, die zum Verbrennungsmotor (1) geleitet wird.

7. Steuervorrichtung nach Anspruch 6, bei welcher die zweite Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) die Konzentration (D_N) an Stickstoffoxid schätzt, die vom Verbrennungsmotor (1) zur Auspuffleitung (14) abgegeben wird, die auf einer Luftbrennstoffverhältnisinformativariablen (λ) basiert, die das Luftbrennstoffverhältnis der Luftbrennstoffmischung repräsentiert, die zum Verbrennungsmotor (1) geliefert wird.

8. Steuervorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher die zweite Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) die Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (1) zur Auspuffleitung (14) korrigiert, die von der zweiten Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) gemäß dem Zündzeitpunkt (θ_{ig}) des Verbrennungsmotors (1) geschätzt wird.

9. Steuervorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher die zweite Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) die Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (1) zur Auspuffleitung (14) korrigiert, die von der zweiten Stickstoffoxidabgabemengeschätzeinrichtung (130) gemäß einer Menge an Auspuffgasen geschätzt wird, die zum Verbrennungsmotor (1) rezirkuliert.

10. Steuervorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher die Adsorptionsverhältnisschätzeinrichtung (135) das Adsorptionsverhältnis (K_{NOX}) an Stickstoffoxid schätzt, das vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, welches auf der gesamten Abgabemenge ($\int Q_{NO} dt$) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (1) zum Abgasreinigungskatalysator (13) während einer Zeitperiode basiert, die beim Start des Magerverbrennungszustands beginnt und beim Wechseln auf den Fettverbrennungszustand endet.

11. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, bei welcher die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) eine Magerverbrennungsperiodenmessenrichtung (23) zum Messen einer Magerverbrennungsperiode aufweist, während der der Verbrennungsmotor im Magerverbrennungszustand arbeitet; und

die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat, wenn die Magerverbrennungsperiode, die von der Magerverbrennungsperiodenmesseinrichtung (23) gemessen wird, einen vorbestimmten Wert (t_R) übersteigt.

12. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, bei welcher

die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) eine Magerverbrennungsanhäufungseinrichtung (23) zum Anhäufen von Lastinformationen am Verbrennungsmotor (1) aufweist, der im Magerverbrennungszustand betrieben wird, um hierdurch einen akkumulierten Wert der Lastinformationen abzuleiten; und

die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat, wenn der akumulierte Wert der Lastinformation, der von der Magerverbrennungsantriebsakkumulationseinrichtung (23) abgeleitet wird, einen vorbestimmten Wert übersteigt.

13. Steuervorrichtung nach Anspruch 12, bei welcher die Lastinformation eine Kraftstoffmenge enthält, die dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird.

14. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher eine Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (36) eine Verbrennungstemperatur der Luftkraftstoffmischung absenkt, die zum Verbrennungsmotor (1) gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids geliefert wird, der von der Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (32) geschätzt wird.

15. Steuervorrichtung nach Anspruch 14, welche ferner umfaßt

eine Beschleunigungsbestimmungseinrichtung (37) zur Bestimmung, ob der Verbrennungsmotor (1) in einem Beschleunigungsantriebszustand ist, in dem die Lastinformation, die einen Lastzustand des Verbrennungsmotors angibt, mit einem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) verglichen wird;

eine Luftbrennstoffverhältniseinstelleinrichtung (30, 31) zum Einstellen des Luftbrennstoffverhältnisses auf einen Wert, der gleich ist oder fetter als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, wenn die Beschleunigungsbestimmungseinrichtung (37) bestimmt, daß der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist; und

eine Schwellenänderungseinrichtung (37) zum Ändern des Beschleunigungsbestimmungsschwellwertes (A_{th}) gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids, das von der Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (32) geschätzt wird.

16. Steuervorrichtung nach Anspruch 15, bei welcher

cher

die Adsorptionszustandsschätzeinrichtung (23, 32) eine Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) aufweist, um zu bestimmen, ob eine Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, einen Sättigungsbereich erreicht hat; und

die Schwellenänderungseinrichtung (37) den Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) ändert, um für die Beschleunigungsbestimmungseinrichtung (37) die Bestimmung zu vereinfachen, daß der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, wenn die Adsorptionssättigungsbestimmungseinrichtung (32) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat.

17. Steuervorrichtung nach Anspruch 15, bei welcher die Beschleunigungsbestimmungseinrichtung (37) wenigstens eine Betriebszustandsvariable, die einen Betriebszustand des Verbrennungsmotors (1) repräsentiert, mit dem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) vergleicht, um zu bestimmen, ob der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist.

18. Steuervorrichtung nach Anspruch 17, bei welcher die Beschleunigungsbestimmungseinrichtung (37) die Bestimmung durchführt, ob der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, indem eine Betriebsgeschwindigkeit einer Ausgangsbetriebseinrichtung (7), die einen Output des Verbrennungsmotors einstellt, mit dem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) verglichen wird.

19. Steuervorrichtung nach Anspruch 17, bei welcher die Beschleunigungsbestimmungseinrichtung (37) die Bestimmung durchführt, ob der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, indem eine Betriebszustandsvariable, welche die Betätigung eines Beschleunigungspedals (7a) repräsentiert, mit dem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) verglichen wird.

20. Steuervorrichtung nach Anspruch 15, bei welcher die Beschleunigungsbestimmungseinrichtung (37) die Bestimmung durchführt, ob der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, indem eine Zufuhrinformationsvariable, die einen Zufuhrluftzustand des Verbrennungsmotors (1) angibt, mit dem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) verglichen wird.

21. Steuervorrichtung nach Anspruch 20, bei welcher die Zufuhrinformationsvariable eine Änderung einer Menge (Q_a) an Zufuhrluft angibt, die dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird.

22. Steuervorrichtung nach Anspruch 20, bei welcher

cher die Zufuhrinformationsvariable eine Änderung des Drucks der Zufuhrluft angibt, die dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird.

23. Steuervorrichtung nach Anspruch 14, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (36) eine Zündzeitpunkteinstelleinrichtung (24) zum Einstellen des Zündzeitpunktes (θ_{ig}) des Verbrennungsmotors (1) aufweist, und die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (36) die Verbrennungstemperatur absenkt, indem die Zündzeitpunkteinstelleinrichtung (24) instruiert wird, den Zündzeitpunkt (θ_{ig}) zu verzögern.

24. Steuervorrichtung nach Anspruch 14, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (36) eine Abgasrezirkulationseinrichtung (26, 27) zum Rezirkulieren von Auspuffgasen vom Verbrennungsmotor (1) zu einem Zufuhrsystem (2) des Motors (1) aufweist, und die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (36) die Verbrennungstemperatur absenkt, indem die Auspuffgasrezirkulationseinrichtung (26, 27) instruiert wird, die Rezirkulationsmenge des Auspuffgases zu erhöhen.

25. Steuervorrichtung nach Anspruch 14, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) eine Luftbrennstoffverhältniseinstelleinrichtung (323, 138) zum Einstellen des Luftkraftstoffverhältnisses der Luftbrennstoffmischung aufweist, die zum Verbrennungsmotor (1) geleitet wird, und die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (22) die Verbrennungstemperatur absenkt, indem die Luftkraftstoffverhältniseinstelleinrichtung (323, 138) instruiert wird, das Luftkraftstoffverhältnis zu einer mageren Seite hin zu verändern.

26. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) die Verschlechterung des Verbrennungszustands des Verbrennungsmotors (1) für eine vorbestimmte Zeitperiode (t_R) aufrecht erhält.

27. Steuervorrichtung nach Anspruch 26, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) eine Akkumulationseinrichtung (18, 23) aufweist, um eine akkumulierte Anzahl von Umdrehungen des Verbrennungsmotors (1) bei und nach dem Start der Verschlechterung des Verbrennungszustands im Verbrennungsmotor (1) abzuleiten; und die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) die Verschlechterung des Verbrennungszustands des Verbrennungsmotors (1) aufrecht erhält, bis die akkumulierte Anzahl an Umdrehungen, die von der Akkumulationseinrichtung (18, 23) abgeleitet wird, eine vorbestimmte Anzahl an Umdrehungen erreicht.

28. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) den Verbrennungszustand des Verbrennungsmotors 1 verschlechtert, indem ein Zündausfall (misfire) des Verbrennungsmotors (1) verursacht wird.

29. Steuervorrichtung nach Anspruch 28, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) den Zündausfall im Verbrennungsmotor (1) intermittierend verursacht, in dem die Zündung des Verbrennungsmotors (1) intermittierend gehemmt wird.

30. Steuervorrichtung nach Anspruch 28, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) den Zündausfall im Verbrennungsmotor (1) intermittierend verursacht, indem das Luftbrennstoffverhältnis der Luftbrennstoffmischung, die dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird, zu einem mageren Luftbrennstoffverhältnis (AF_T) hin eingestellt wird, das größer ist als ein Luftbrennstoffverhältnis, das einer Verbrennungsgrenze des Verbrennungsmotors 1 entspricht.

31. Steuervorrichtung nach Anspruch 28, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) eine Auspuffgasrezirkulationseinrichtung (26, 27) zum Rezirkulieren von Auspuffgasen vom Verbrennungsmotor (1) zu einem Zufuhrsystem (2) aufweist, und die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) den Zündausfall im Verbrennungsmotor 1 verursacht, indem eine vorbestimmte Menge an Auspuffgasen mittels der Auspuffgasrezirkulationseinrichtung (26, 27) rezirkuliert wird.

32. Steuervorrichtung nach Anspruch 28, bei welcher die Verbrennungszustandsverschlechterungseinrichtung (23) den Zündausfall in einem Teil einer Vielzahl von Zylindern des Verbrennungsmotors (1) verursacht.

33. Verbrennungsmotorsteuerungsverfahren zum Verringern der Emission von Stickstoffoxid in die Atmosphäre, wobei Stickstoffoxid, das in Auspuffgasen enthalten ist, welches von einem Verbrennungsmotor (1) abgegeben wird, von einem Abgasreinigungskatalysator (13) adsorbiert wird, der in der Auspuffleitung (14) des Verbrennungsmotors (1) angeordnet ist, wenn der Motor (1) in einem Magerverbrennungszustand ist, wo das Luftkraftstoffverhältnis einer Luftkraftstoffmischung, die den Motor (1) zugeführt ist, magerer ist als ein theoretisches Luftkraftstoffverhältnis, wobei das adsorbierte Stickstoffoxid mittels des Abgasreinigungskatalysators (13) desoxidiert wird, wenn der Verbrennungsmotor (1) in einem Fettverbrennungszustand ist, wo das Luftkraftstoffverhältnis gleich ist oder fetter als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, mit folgenden Schritten:

a) Schätzen (S30, S32) eines Adsorptionszustandes des Stickstoffoxids, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13**) adsorbiert wird, wobei der Schritt a) einen Schritt a0) des Schätzens einer Abgabegröße von Stickstoffoxid von dem Abgasreinigungskatalysator (**13**) miteinschließt, und Schätzen des Adsorptionszustandes von Stickstoffoxid, das durch den Abgasreinigungskatalysator adsorbiert ist, auf der Grundlage der geschätzten Abgabegröße von Stickstoffoxid von dem Abgasreinigungskatalysator (**13**); und
 b) Verschlechtern (S30, S32) eines Verbrennungszustandes des Verbrennungsmotors (**1**) gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids, der im Schritt a) (S14) geschätzt wird, wenn der Motor (**1**) im Magerverbrennungszustand ist.

34. Steuerungsverfahren nach Anspruch 33, bei welchem
 der Schritt a) (S14, S16) einen Schritt von a1) enthält, wobei bestimmt wird (S16), ob eine Menge an Stickstoffoxid, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13**) adsorbiert wird, einen Sättigungsbereich erreicht hat; und
 der Schritt b) ein Verschlechtern (S30, S32) des Verbrennungszustands des Verbrennungsmotors (**1**) enthält, wenn im Schritt a) (S16) bestimmt wird, daß die Menge an Stickstoffoxid die vom Abgasreinigungskatalysator (**13a**) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich im Magerverbrennungszustand erreicht hat.

35. Steuerungsverfahren nach Anspruch 34, bei welchem der Schritt a) (S14, S16) einen Schritt von a0)) enthält, wobei eine Abgabemenge (Q_{NT}) an Stickstoffoxid vom Abgasreinigungskatalysator (**13**) geschätzt wird (S14), und der Schritt a1) (S16) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (**13a**) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat, wenn die geschätzte Abgabemenge (Q_{NT}) an Stickstoffoxid vom Abgasreinigungskatalysator einen vorbestimmten Wert (Q_{NTO}) übersteigt.

36. Steuerungsverfahren nach Anspruch 34, bei welchem der Schritt a0) (S14, S16) die Schritte enthält: a01) Schätzen (S66) der Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (**1**) zur Auspuffleitung (**14**), a02) Schätzen (S70) eines Adsorptionsverhältnisses (K_{NOX}) des Stickstoffoxids, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13a**) adsorbiert wird, und a03) Schätzen (S74) einer Abgabemenge (Q_{NT}) an Stickstoffoxid vom Abgasreinigungskatalysator (**13**), die auf der geschätzten Menge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid basiert, welche vom Verbrennungsmotor (**1**) abgegeben wird, und dem geschätzten Adsorptionsverhältnis (K_{NOX}) des Stickstoffoxids, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13a**) adsorbiert wird.

37. Steuerungsverfahren nach Anspruch 36, bei

welchem der Schritt a0) (S14) ferner einen Schritt a04) umfaßt, wobei ein Reinigungsverhältnis (K_{CAT}) des Stickstoffoxids geschätzt wird, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13b**) gereinigt wird, und der Schritt a03) (S74) die Abgabemenge (Q_{NT}) an Stickstoffoxid vom Abgasreinigungskatalysator (**13**) schätzt, die auf der geschätzten Menge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid basiert, welche vom Verbrennungsmotor (**1**) abgegeben wird, dem geschätzten Adsorptionsverhältnis (K_{NOX}) des Stickstoffoxids, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13a**) adsorbiert wird, und dem geschätzten Reinigungsverhältnis (K_{CAT}) des Stickstoffoxids, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13b**) gereinigt wird.

38. Steuerungsverfahren nach Anspruch 36, bei welchem der Schritt a01) (S14) das Schätzen (S66) der Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (**1**) zur Auspuffleitung (**14**) umfaßt, die auf der Konzentration (D_N) des Stickstoffoxids basiert, das vom Verbrennungsmotor (**1**) zur Auspuffleitung (**14**) abgegeben wird, und einer Zufuhrinformati-
 onsvariablen, die eine Menge (Q_a) an Zufuhrluft repräsentiert, welche dem Motor (**1**) zugeführt wird.

39. Steuerungsverfahren nach Anspruch 38, bei welchem der Schritt a01) (S14) das Schätzen (S60) der Konzentration (D_N) des Stickstoffoxids enthält, welches vom Verbrennungsmotor (**1**) zur Auspuffleitung (**14**) abgegeben wird, die auf der Luftkraftstoffverhältnisinformati-
 onsvariablen (λ) basiert, welche das Luftkraftstoffverhältnis der Luftkraftstoffmischung repräsentiert, die dem Verbrennungsmotor (**1**) zugeführt wird.

40. Steuerungsverfahren nach Anspruch 36, bei welchem der Schritt a0) (S14) weiterhin einen Schritt a04) des Korrigierens (S62) der geschätzten Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (**1**) gemäß dem Zündzeitpunkt (θ_g) des Verbrennungsmotors (**1**) enthält.

41. Steuerungsverfahren nach Anspruch 36, bei welchem der Schritt a0) (S14) ferner einen Schritt a04) des Korrigierens der geschätzten Abgabemenge (Q_{NO}) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (**1**) gemäß einer Menge an Auspuffgasen enthält, die zum Verbrennungsmotor (**1**) hin rezirkuliert wird.

42. Steuerungsverfahren nach Anspruch 36, bei welchem der Schritt a02) das Schätzen des Adsorptionsverhältnisses (K_{NOX}) des Stickstoffoxids enthält, das vom Abgasreinigungskatalysator (**13a**) adsorbiert wird, welches auf einer Gesamtabgabemenge ($\int Q_{NO} dt$) an Stickstoffoxid vom Verbrennungsmotor (**1**) zum Abgasreinigungskatalysator (**13**) während einer Zeitperiode basiert, die beim Start des Magerverbrennungszustands beginnt und bei der Änderung in den Fettverbrennungszustand endet.

43. Steuerungsverfahren nach Anspruch 36, bei welchem der Schritt a) (S70) einen Schritt a0) des Messens einer Magerverbrennungsperiode enthält, während der der Verbrennungsmotor (1) im Magerverbrennungszustand arbeitet, und der Schritt a1) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat, wenn die gemessene Magerverbrennungsperiode einen vorbestimmten Wert (t_R) übersteigt.

44. Steuerungsverfahren nach Anspruch 34, bei welchem der Schritt a) (S14) einen Schritt a0) des Akkumulierens der Lastinformation des Verbrennungsmotors (1) enthält, der während dem Magerverbrennungszustand angetrieben wird, und der Schritt a1) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat, wenn die derart akkumulierte Lastinformation einen vorbestimmten Wert übersteigt.

45. Steuerungsverfahren nach Anspruch 44, bei welchem die Lastinformation eine Kraftstoffmenge enthält, die dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird.

46. Steuerungsverfahren nach Anspruch 33, bei welchem der Schritt b) (S30, S32) das Absenken einer Verbrennungstemperatur der Luftkraftstoffmischung enthält, die dem Verbrennungsmotor (1) gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids zugeführt wird, der in Schritt a) (S14) geschätzt wird.

47. Steuerungsverfahren nach Anspruch 46, das weiterhin umfaßt:
c) Bestimmen (S10), ob der Verbrennungsmotor (1) in einem Beschleunigungsantriebszustand ist, indem die Lastinformation, welche einen Lastzustand des Verbrennungsmotors angibt, mit einem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) verglichen wird; d) Einstellen (S20) des Luftkraftstoffverhältnisses auf einen Wert, der gleich ist oder fetter als das theoretische Luftkraftstoffverhältnis, wenn der Schritt c) (S10) bestimmt, daß der Verbrennungsmotor (1) in einem Beschleunigungsantriebszustand ist; und e) Verändern (S34, S44) des Beschleunigungsbestimmungsschwellwertes gemäß dem Adsorptionszustand des Stickstoffoxids, das in Schritt a) (S14) geschätzt wird.

48. Steuerungsverfahren nach Anspruch 47, bei welchem der Schritt a) (S14, S16) die Bestimmung (S16) enthält, ob die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat; und der Schritt e) (S34, S44) das Verändern des Beschleunigungsbestimmungsschwellwertes enthält, um es einfacher zu machen, in Schritt c) (S10)

zu bestimmen, daß der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, wenn der Schritt a) (S16) bestimmt, daß die Menge an Stickstoffoxid, die vom Abgasreinigungskatalysator (13a) adsorbiert wird, den Sättigungsbereich erreicht hat.

49. Steuerungsverfahren nach Anspruch 47, bei welchem der Schritt c) (S10) die Bestimmung enthält, ob der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, indem wenigstens eine Betriebszustandsvariable, die einen Betriebszustand des Verbrennungsmotors (1) repräsentiert, mit dem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) verglichen wird.

50. Steuerungsverfahren nach Anspruch 49, bei welchem der Schritt c) (S10) den Vergleich einer Betriebsgeschwindigkeit einer Output-Betriebseinrichtung (7), die einen Output des Verbrennungsmotors (1) einstellt, mit dem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert (A_{th}) enthält.

51. Steuerungsverfahren nach Anspruch 49, bei welchem der Schritt c) (S10) das Durchführen der Bestimmung enthält, ob der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, indem die Betriebszustandsvariable, welche die Betätigung eines Beschleunigungspedals (7a) repräsentiert, mit dem Beschleunigungsbestimmungswert (A_{th}) verglichen wird.

52. Steuerungsverfahren nach Anspruch 47, bei welchem der Schritt c) (S10) die Durchführung der Bestimmung enthält, ob der Verbrennungsmotor (1) im Beschleunigungsantriebszustand ist, indem die Zufuhrinformationsvariable, welche einen Zufuhrluftzustand des Verbrennungsmotors (1) angibt, mit dem Beschleunigungsbestimmungsschwellwert verglichen wird.

53. Steuerungsverfahren nach Anspruch 52, bei welchem die Zufuhrinformationsvariable eine Veränderung einer Menge (Q_a) an Zufuhrluft angibt, welche dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird.

54. Steuerungsverfahren nach Anspruch 52, bei welchem die Zufuhrinformationsvariable eine Veränderung im Druck der Zufuhrluft angibt, welche dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird.

55. Steuerungsverfahren nach Anspruch 46, bei welchem der Schritt b) (S30, S32) das Absenken der Verbrennungstemperatur enthält, indem (S32) der Zündzeitpunkt (θ_{ig}) des Verbrennungsmotors (1) verzögert wird.

56. Steuerungsverfahren nach Anspruch 46, bei welchem der Schritt b) (S30, S32) einen Schritt des Absenkens der Verbrennungstemperatur enthält, indem eine Rezirkulationsmenge an Auspuffgasen

vom Verbrennungsmotor (1) zu einem Zufuhrsystem (2) des Motors über eine Auspuffgasrezirkulationseinrichtung (26, 27) erhöht wird.

Zündausfalls in einem Teil einer Vielzahl von Zylindern des Verbrennungsmotors (1) enthält.

Es folgen 16 Blatt Zeichnungen

57. Steuerungsverfahren nach Anspruch 46, bei welchem der Schritt b) (S130, S132, S134) das Absenken der Verbrennungstemperatur durch Ändern (S134) des Luftkraftstoffverhältnisses der Luftkraftstoffmischung enthält, welche dem Verbrennungsmotor (1) zu einer mageren Seite zugeführt wird.

58. Steuerungsverfahren nach Anspruch 33, bei welchem der Schritt b) das Aufrechterhalten (S24) der Verschlechterung des Verbrennungszustands des Verbrennungsmotors (1) für eine vorbestimmte Zeitdauer (t_R) enthält.

59. Steuerungsverfahren nach Anspruch 58, bei welchem der Schritt b) die Schritte enthält: b1) Ableiten einer akkumulierten Anzahl von Umdrehungen des Verbrennungsmotors (1) bei und nach dem Start der Verschlechterung des Verbrennungszustands im Motor (1), und b2) Aufrechterhalten der Verschlechterung des Verbrennungszustands des Verbrennungsmotors (1), bis die akkumulierte Anzahl von Umdrehungen eine vorbestimmte Anzahl von Umdrehungen erreicht.

60. Steuerungsverfahren nach Anspruch 33, bei welchem der Schritt b) das Verschlechtern des Verbrennungszustands des Verbrennungsmotors durch Verursachen eines Zündausfalls (S116, S134) im Motor (1) enthält.

61. Steuerungsverfahren nach Anspruch 60, bei welchem der Schritt b) das intermittierende Verursachen des Zündausfalls (S116) im Verbrennungsmotor (1) durch intermittierendes Hemmen der Zündung im Verbrennungsmotor (1) enthält.

62. Steuerungsverfahren nach Anspruch 60, bei welchem der Schritt b) das intermittierende Verursachen des Zündausfalls im Verbrennungsmotor (1) enthält, indem das Luftkraftstoffverhältnis der Luftkraftstoffmischung, welche dem Verbrennungsmotor (1) zugeführt wird, auf ein mageres Luftkraftstoffverhältnis (AFT) eingestellt wird, das größer ist als ein Luftkraftstoffverhältnis, welches einer Verbrennungsgrenze des Verbrennungsmotors (1) entspricht.

63. Steuerungsverfahren nach Anspruch 60, bei welchem der Schritt b) die Verursachung des Zündausfalls im Verbrennungsmotor (1) enthält, indem eine vorbestimmte Menge an Auspuffgasen zu einem Zufuhrsystem (2) des Verbrennungsmotors (1) über eine Auspuffgasrezirkulationseinrichtung (26, 27) rezirkuliert wird.

64. Steuerungsverfahren nach Anspruch 60, bei welchem der Schritt b) die Verursachung des

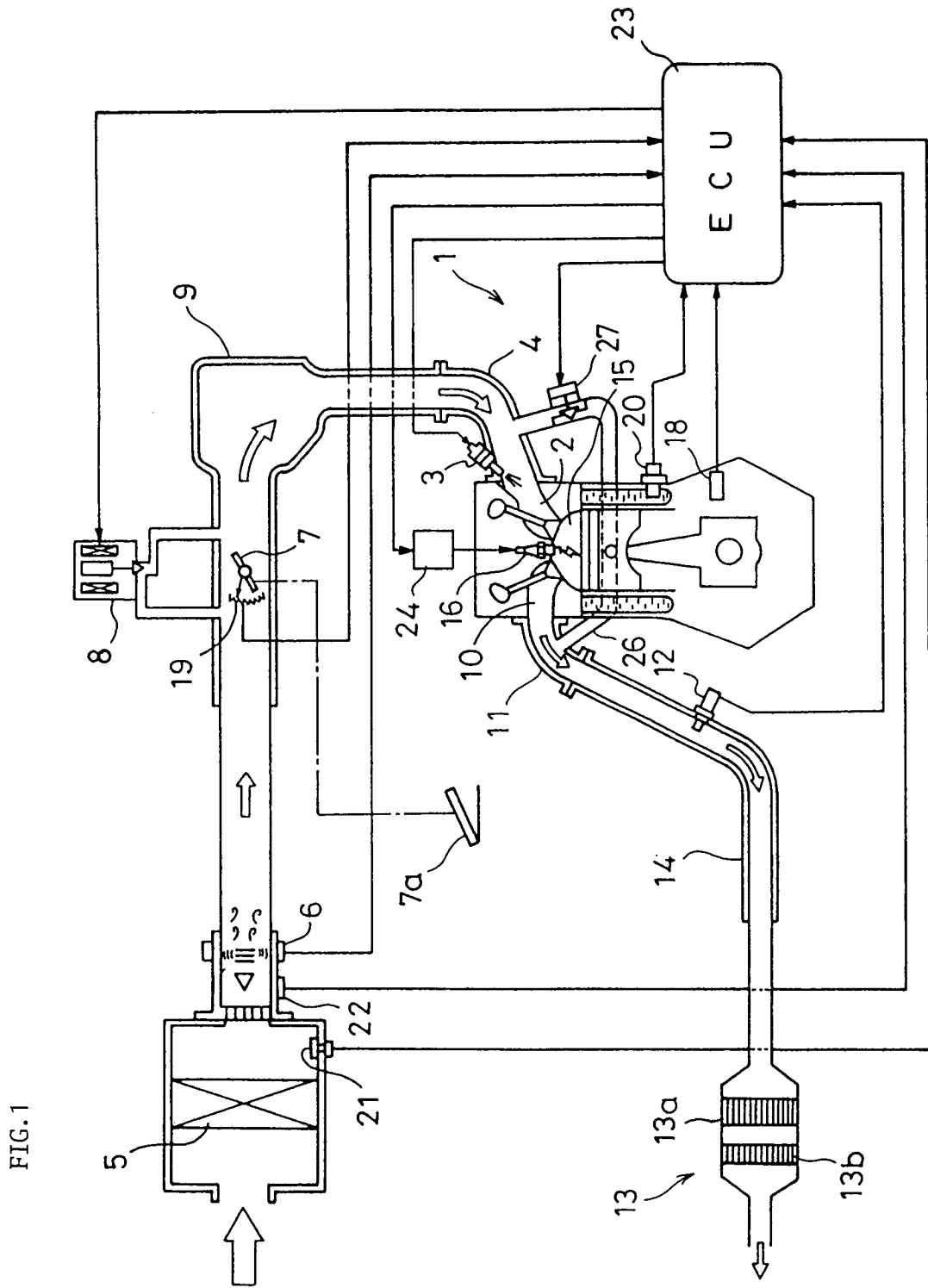


FIG. 1

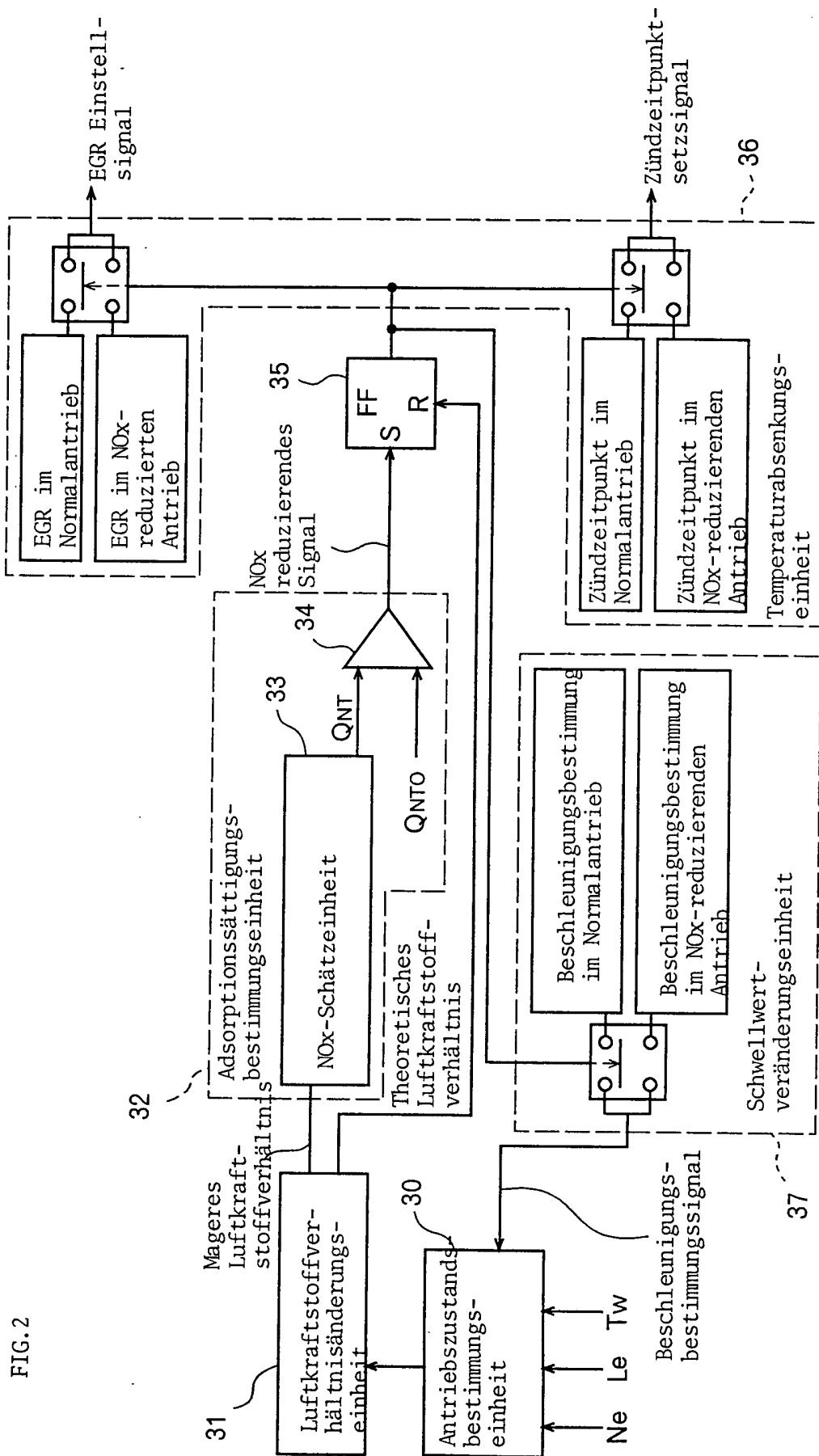


FIG. 2

FIG.3

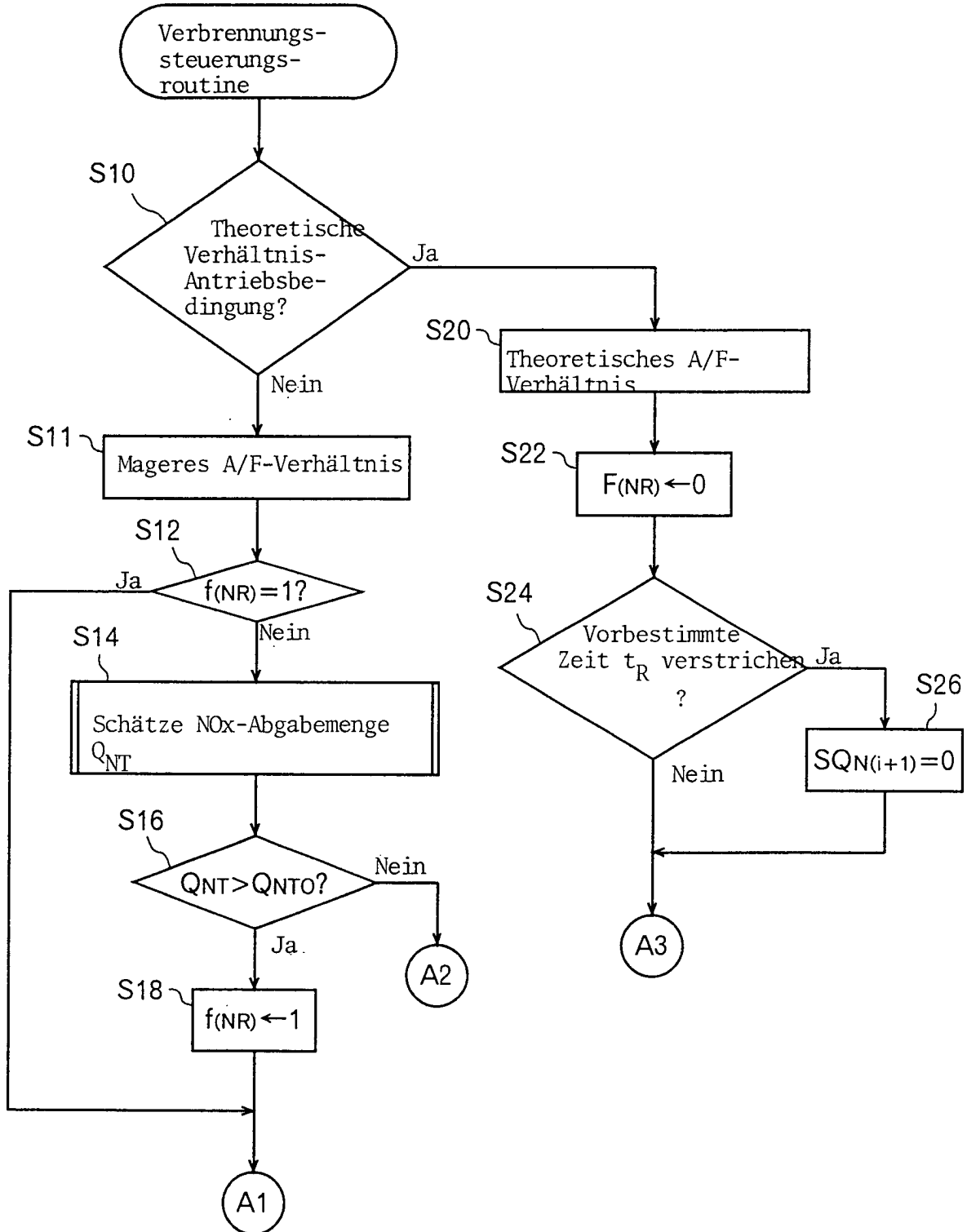


FIG. 4

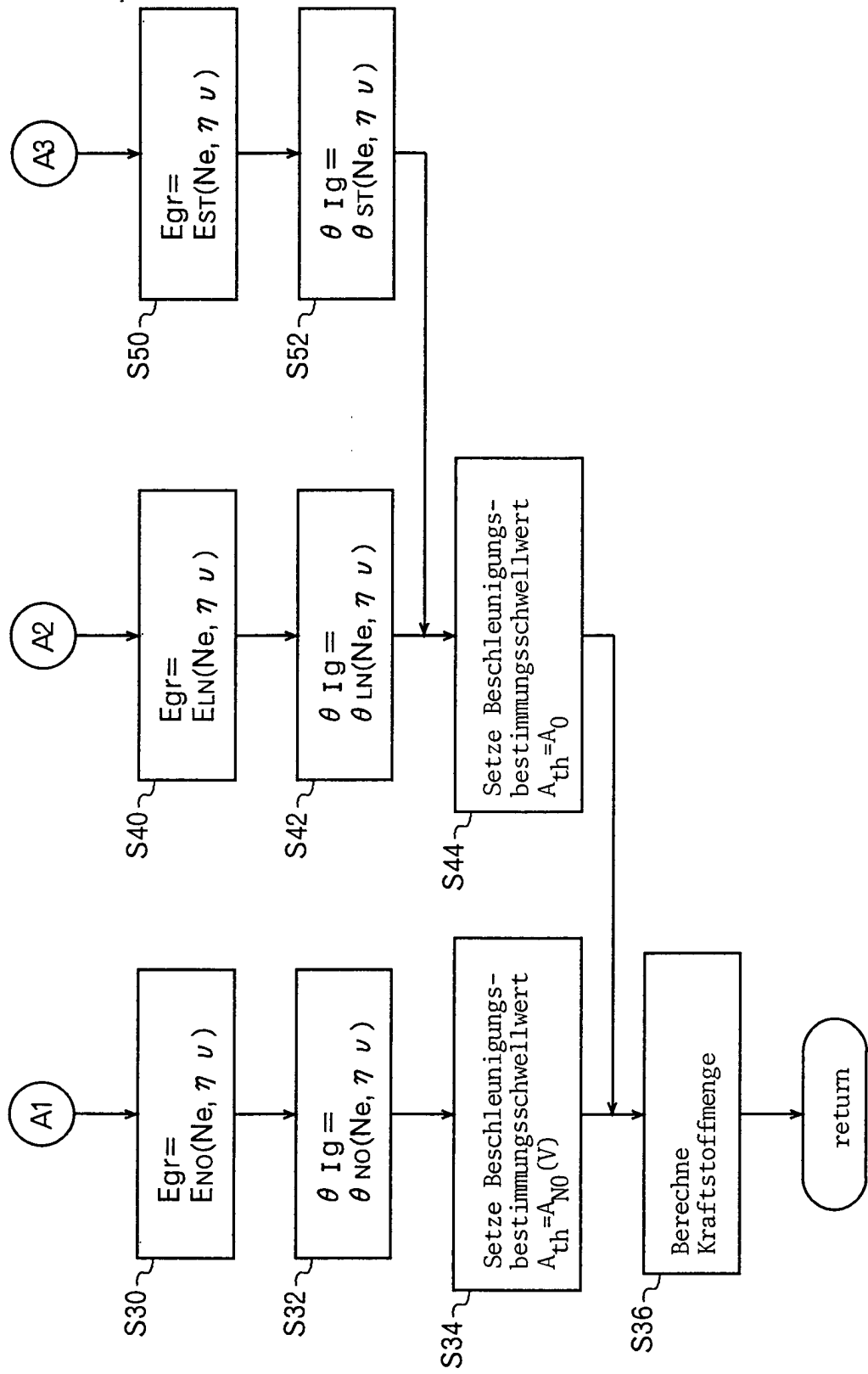


FIG.5

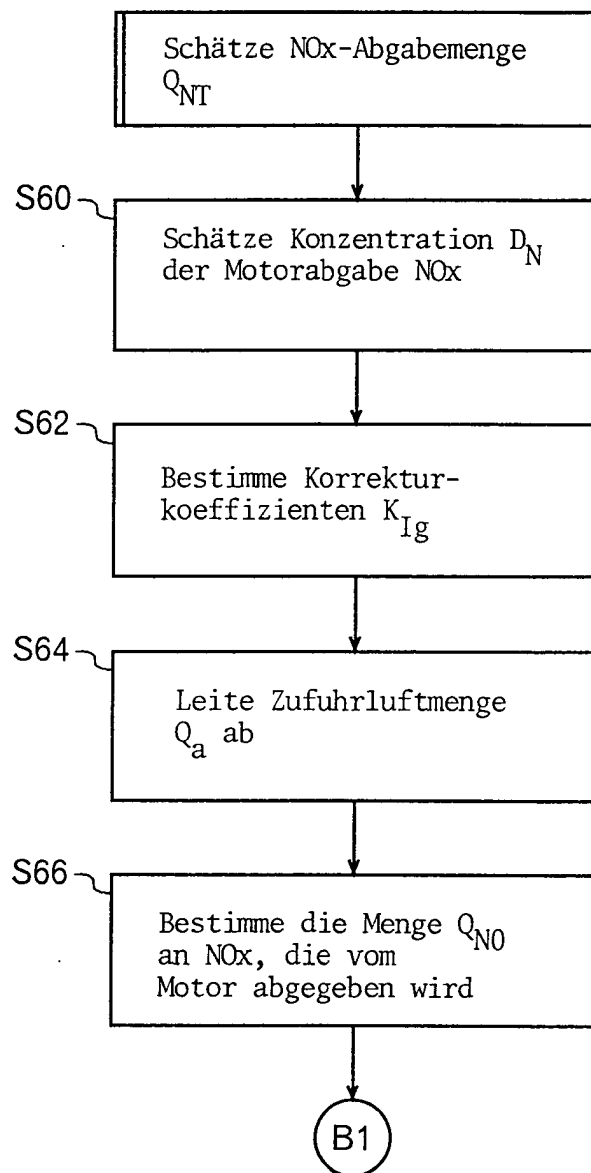


FIG.6

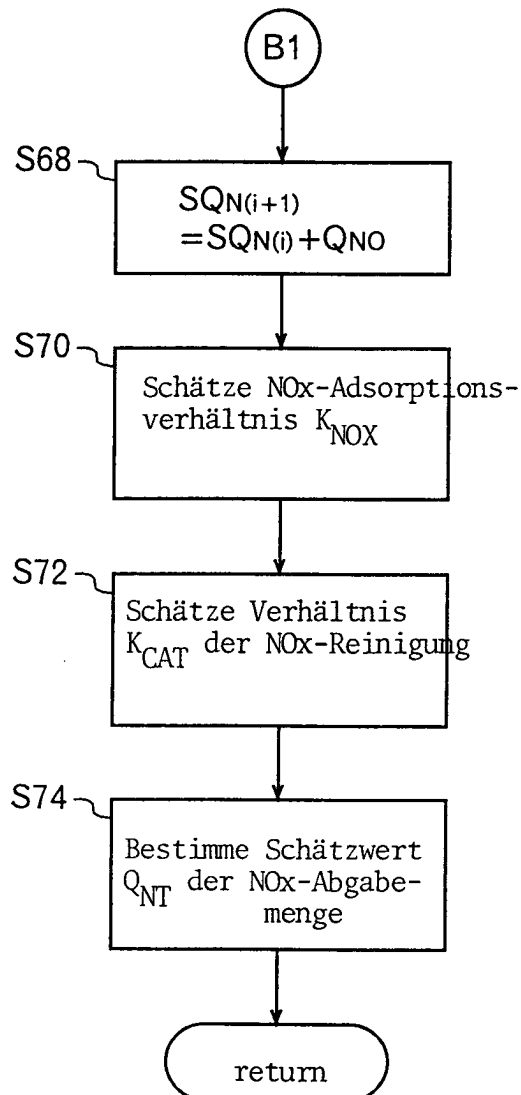


FIG.7

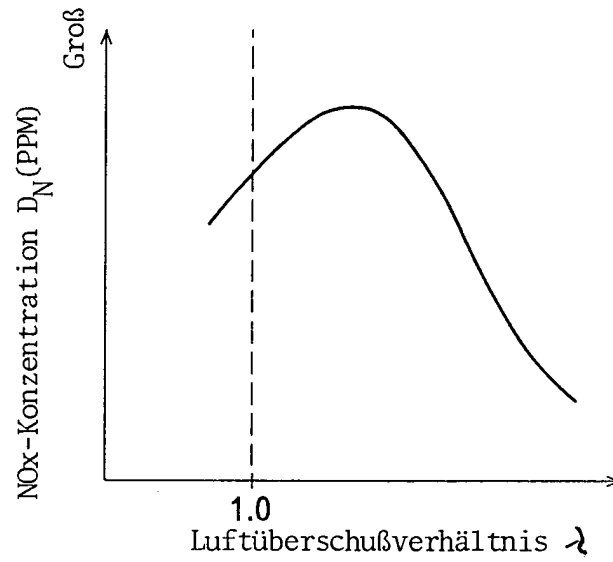


FIG.8

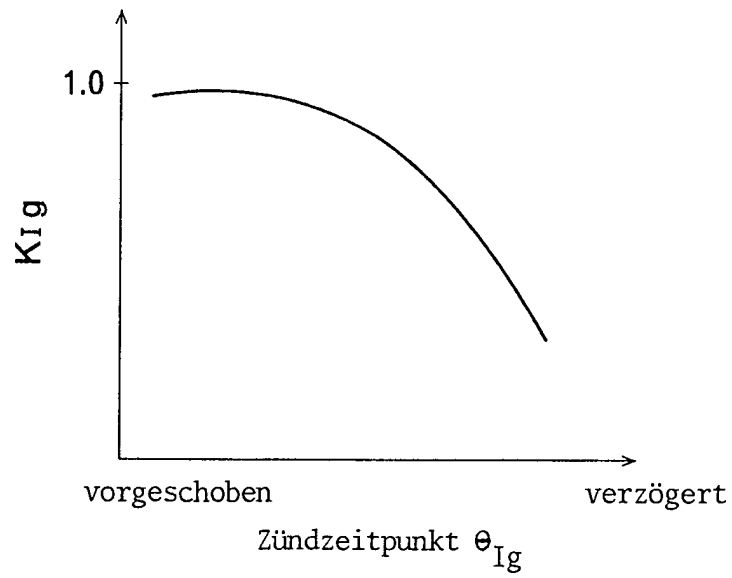


FIG.9

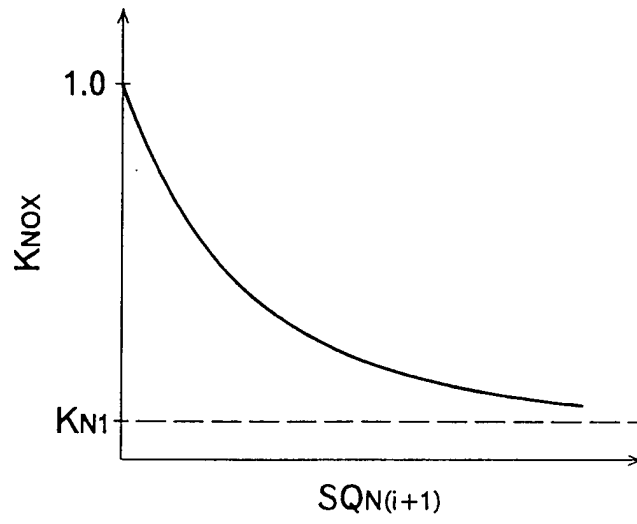


FIG.10

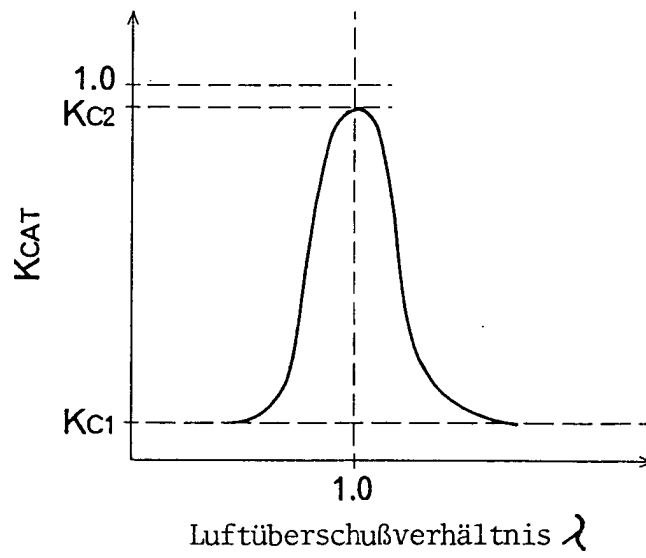


FIG.11

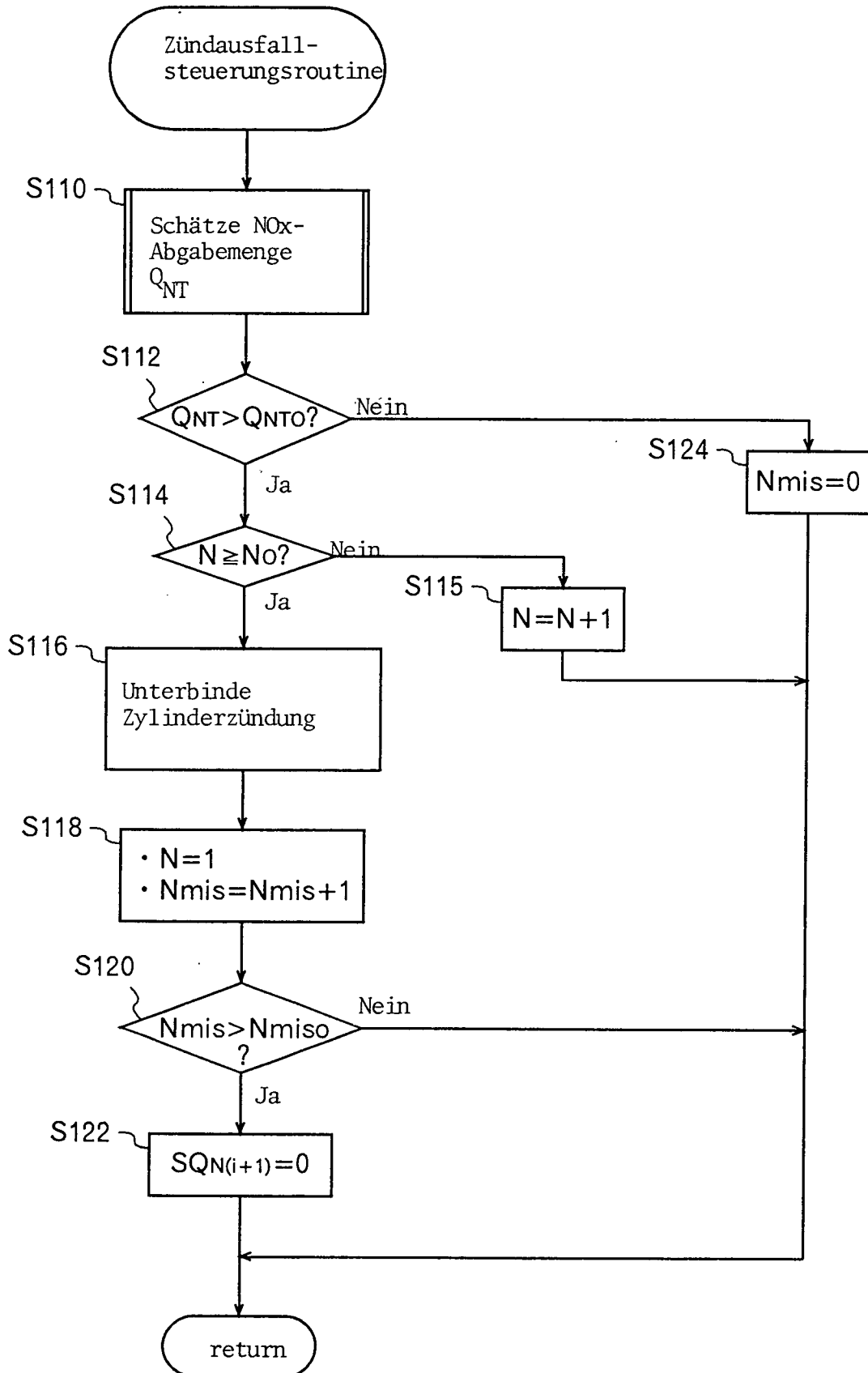


FIG. 12

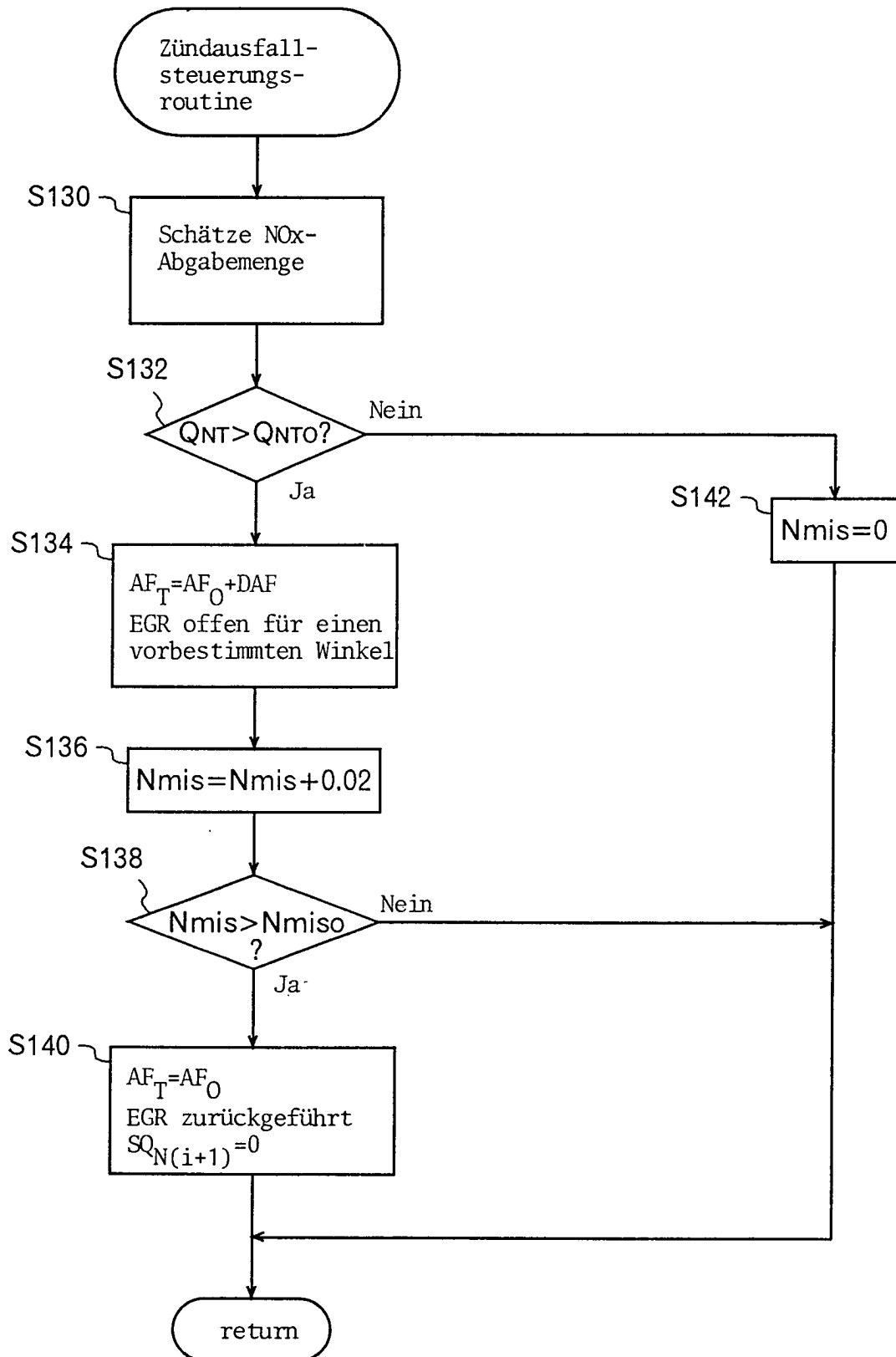


FIG. 13

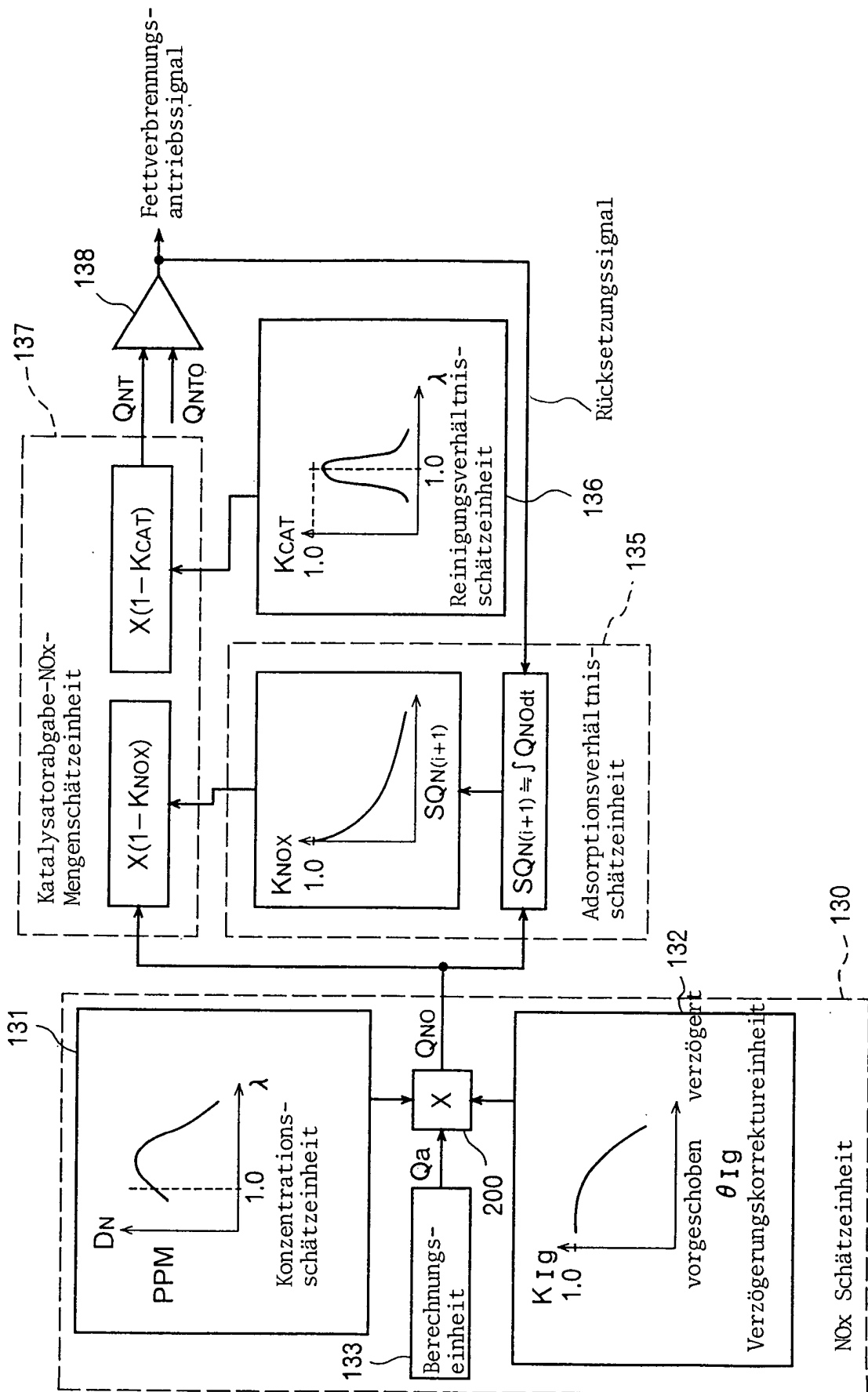


FIG. 14

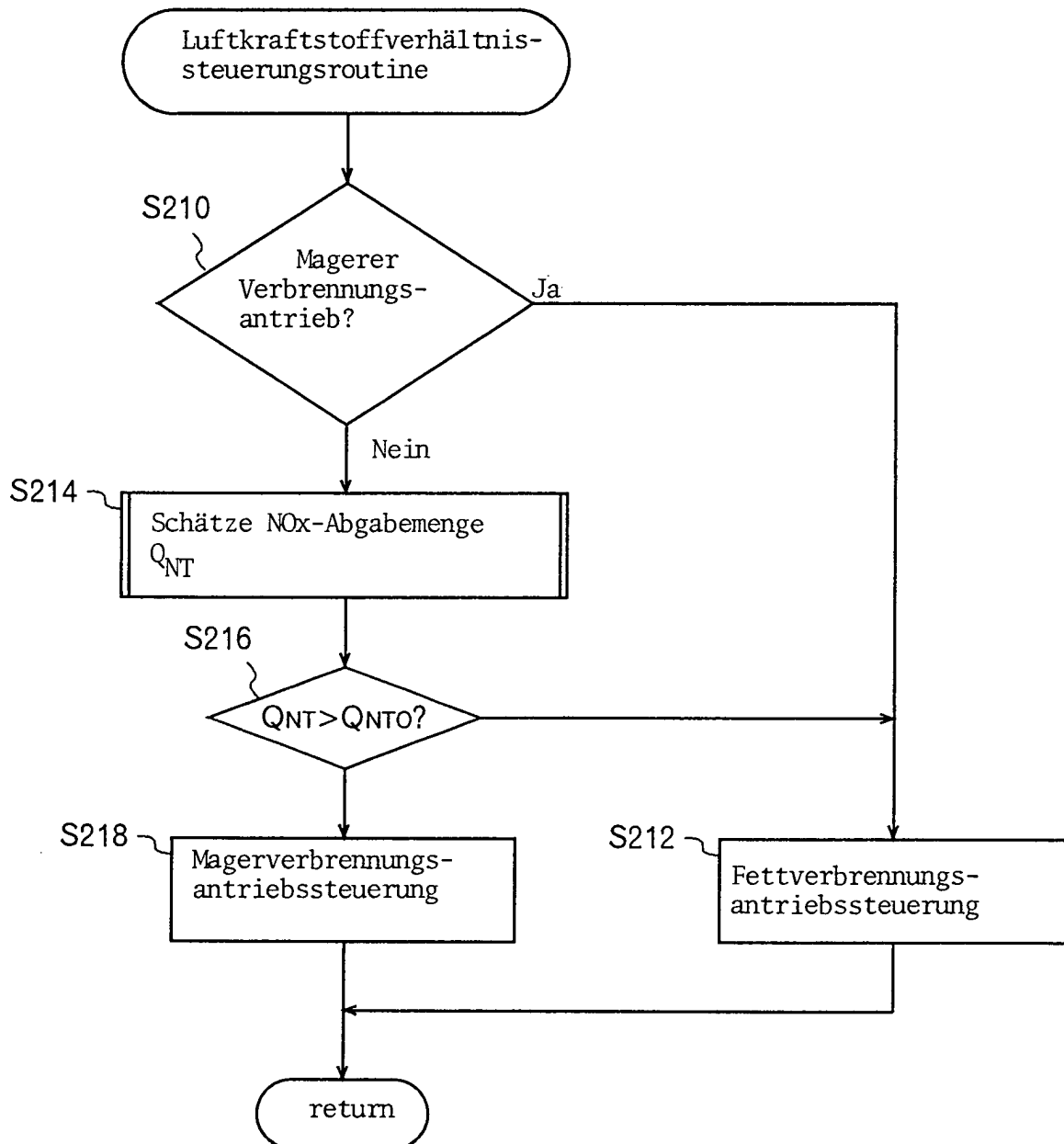


FIG. 15

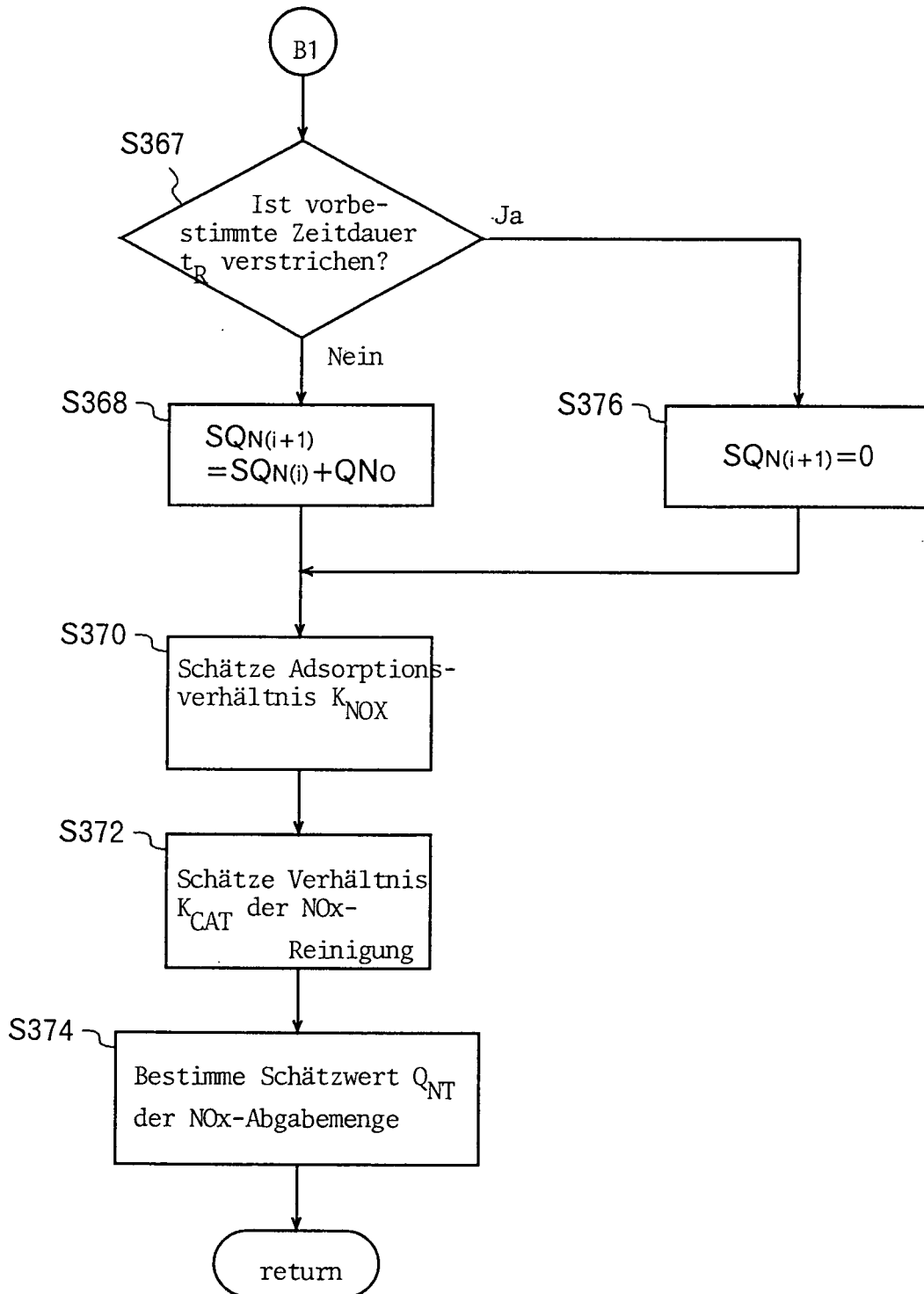


FIG.16

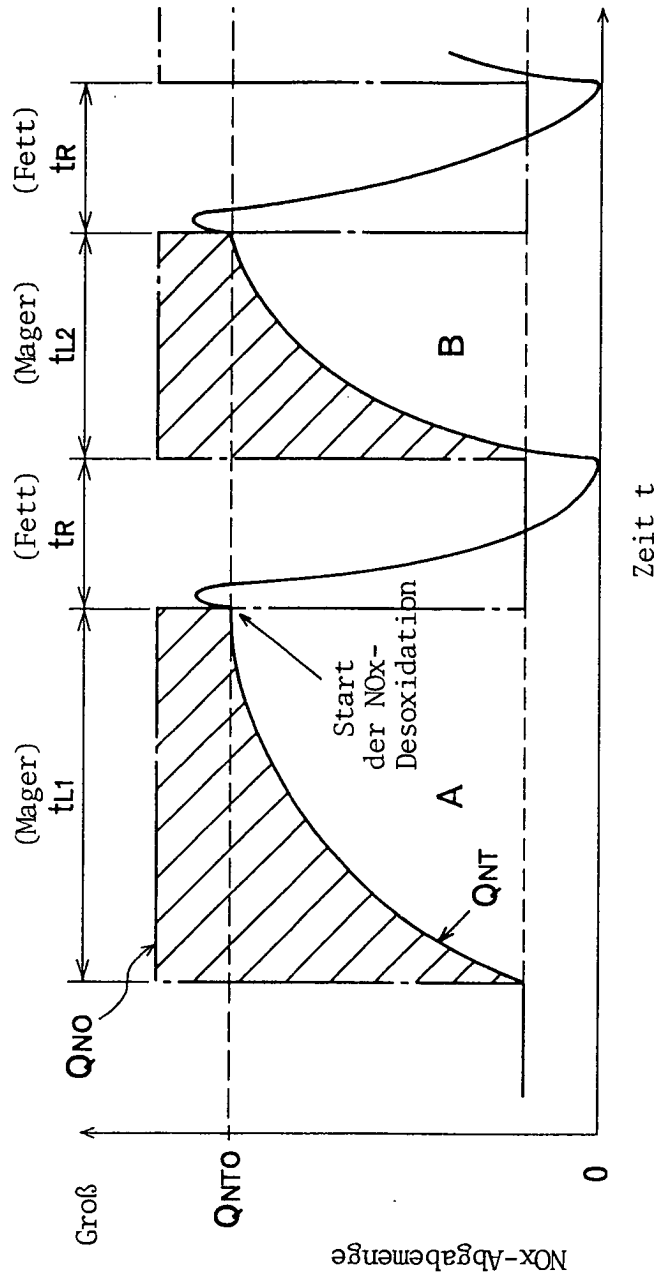


FIG. 17

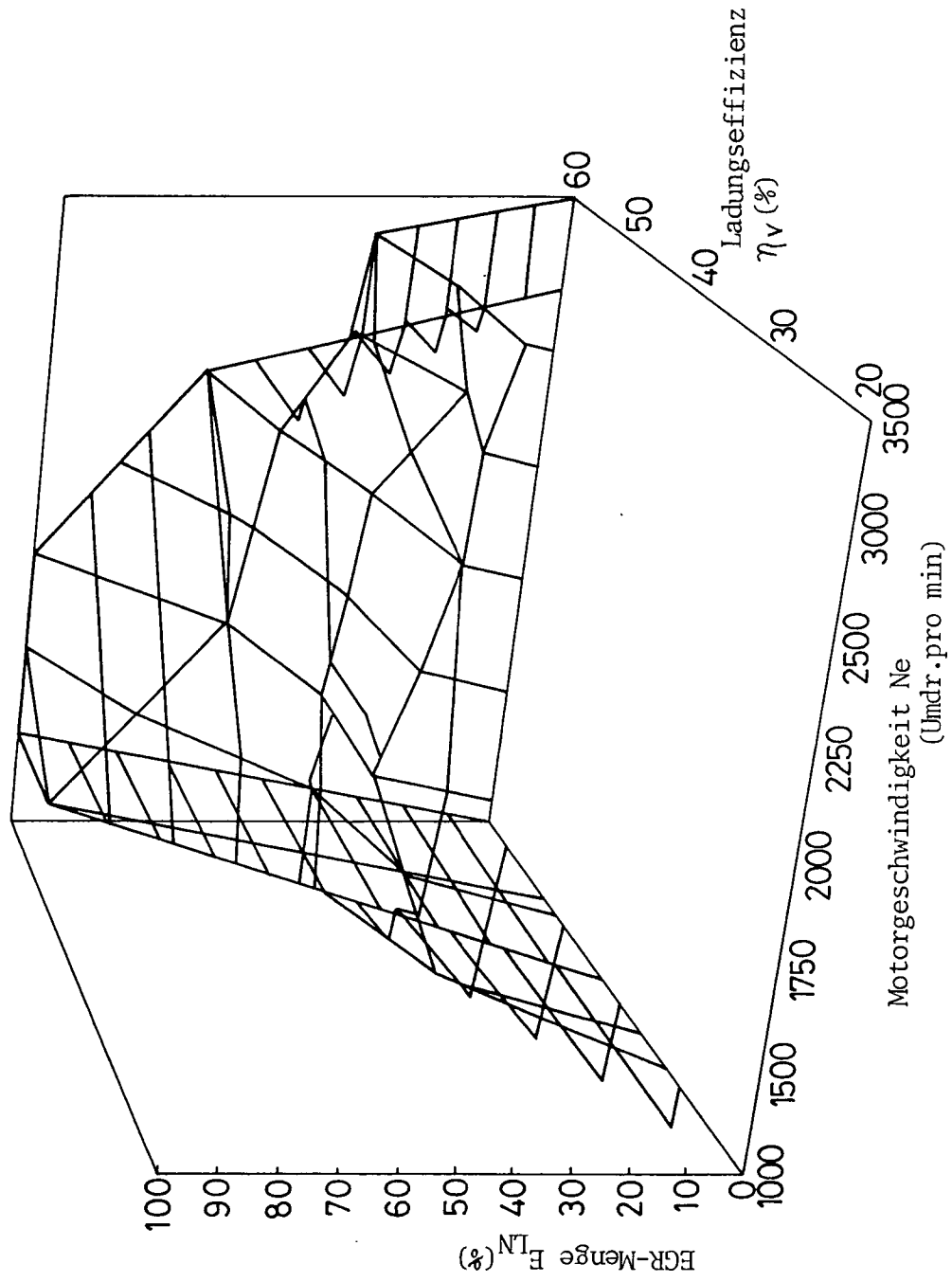


FIG. 18

