



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 43 22 344 B4 2006.02.02**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 43 22 344.3**
 (22) Anmeldetag: **05.07.1993**
 (43) Offenlegungstag: **20.01.1994**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **02.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/14 (2006.01)**

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

(30) Unionspriorität:
4-177226 03.07.1992 JP
4-290341 28.10.1992 JP

(73) Patentinhaber:
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP

(74) Vertreter:
WINTER, BRANDL, FÜRNISS, HÜBNER, RÖSS,
KAISER, POLTE, Partnerschaft, 85354 Freising

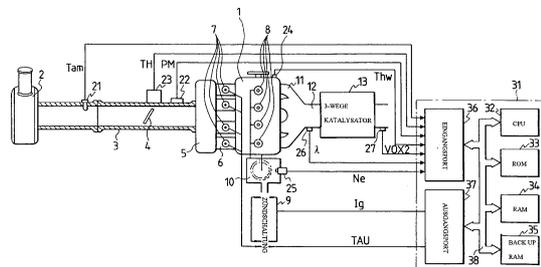
(72) Erfinder:
Yamashita, Yukihiro, Kariya, Aichi, JP; Ikuta,
Kenji, Rolling Hills Estates, Calif., US; Isomura,
Shigenori, Kariya, Aichi, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 27 06 833 C2
US 50 90 199
JP 02-2 38 147 A

(54) Bezeichnung: **Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem für eine Brennkraftmaschine**

(57) Hauptanspruch: Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem (31) für eine Brennkraftmaschine (1) mit:
 einer Grund-Brennstoffeinspritzmengen-Berechnungseinrichtung zum Berechnen einer Grund-Brennstoffeinspritzmenge des in die Brennkraftmaschine einzuspritzenden Brennstoffs auf der Grundlage eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine;
 einer Brennstoffeinspritzmengen-Einstelleinrichtung zum Einstellen einer Brennstoffmenge auf der Grundlage eines Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses von Abgas, das aus der Brennkraftmaschine ausgegeben wird, und der Grund-Brennstoffeinspritzmenge des Brennstoffs, die von der Grund-Brennstoffeinspritzmengen-Berechnungseinrichtung berechnet wird, wobei die eingestellte Brennstoffmenge tatsächlich in die Brennkraftmaschine eingespritzt wird;
 einer stromauf eines Katalysators (13) in einem Abgaskanal (12) der Maschine (1) angeordneten Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung (26) zum Erfassen eines Luft/Brennstoff-Verhältnisses des stromauf des Katalysators (13) anwesenden Abgases;
 einer Adsorptionsmengen-Berechnungseinrichtung zum Berechnen einer Adsorptionsmenge einer schädlichen Komponente in dem Abgas, die von dem Katalysator adsorbiert wird, auf der Grundlage des Luft/Brennstoffverhältnisses, das von der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung erfasst wird; und
 einer Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis-Einstelleinrichtung zum Einstellen des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses auf der Grundlage der Adsorptionsmenge der schädlichen Komponente, die von der Adsorptionsmengen-Berechnungseinrichtung berechnet wird, um die Adsorptionsmen-

ge...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich allgemein auf ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem für eine Brennkraftmaschine und insbesondere auf ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem, bei dem auf der Basis eines Ausgangssignals aus einem Sensor, der auf der stromauf gelegenen Seite eines katalytischen Wandlers bzw. Katalysators in einem Auspuffkanal bzw. einer Abgasleitung zur Überwachung des hindurchströmenden Abgases vorgesehen ist, eine Luft/Brennstoff-Verhältnis-Rückkopplungssteuerung durchgeführt wird, um ein Luft/Brennstoff-Verhältnis eines Luft/Brennstoff-Gemisches zu erfassen, welche das beobachtete Abgas hervorgerufen hat.

[0002] In der nachfolgenden Beschreibung wird zum Zwecke der einfacheren Erläuterung der Ausdruck "Luft/Brennstoff-Verhältnis" nicht nur zur Darstellung eines "Luft/Brennstoff-Verhältnisses" eines dem Motor zuzuführenden "Luft/Brennstoff-Gemisches" verwendet, sondern hat auch andere Bedeutungen, wo dies der Zusammenhang bzw. Kontext erlaubt. So repräsentiert der Ausdruck "Luft/Brennstoff-Verhältnis" beispielsweise auch einen "das Luft/Brennstoff-Verhältnis anzeigenden bzw. auf diesen bezogenen Zustand des überwachten Abgases" oder auch einen "umgewandelten Wert eines Luft/Brennstoff-Verhältnisses", in Abhängigkeit vom jeweiligen Kontext.

Stand der Technik

[0003] Die erste (ungeprüfte) Veröffentlichung der japanischen Patentanmeldung Nr. 2-238147 offenbart ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem für eine Brennkraftmaschine des oben genannten Typs.

[0004] In dem aus dieser Druckschrift bekannten System sind Sauerstoffkonzentrations- bzw. -Anreicherungssensoren (die nachfolgend als "O₂-Sensoren" bezeichnet werden) jeweils an den stromauf und stromab gelegenen Seiten eines katalytischen Wandlers bzw. Katalysators angeordnet. Wenn auf der Basis einer Ausgangsspannung des stromauf gelegenen O₂-Sensors ermittelt wird, daß ein Luft/Brennstoff-Verhältnis des Abgases bezüglich eines stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses zu einer angereicherten bzw. fetten oder einer gasarmen bzw. mageren Seite hin abweicht oder schwankt, wird ein Luft/Brennstoff-Korrekturkoeffizient um einen voreingestellten- ganzzahligen Betrag bzw. Integralbetrag in einer der Abweichung entgegengesetzten Richtung korrigiert bzw. geändert. Wenn sich das überwachte Luft/Brennstoff-Verhältnis von fett zu mager oder von mager zu fett über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis hinweg umkehrt, wird der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient in einer sprunghaften Art und Weise um einen Auslaß- bzw. Sprungbetrag korrigiert, der auf einen Wert eingestellt wird, der größer als der Integralbetrag ist, und zwar in einer der Abweichung entgegengesetzten Richtung, um auf diese Weise das tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis anzunähern. Wenn die Ausgangsspannung des stromabgelegenen O₂-Sensors über einen voreingestellten Anreicherungsseiten- bzw. Fettseiten-Grenzwert oder einen voreingestellten Magerseiten-Grenzwert hinaus stark schwankt, wird darüberhinaus der Sprungbetrag erhöht, um den Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten stark zu korrigieren bzw. zu ändern, um auf diese Weise die Korrektur des Luft/Brennstoff-Verhältnisses so schnell wie möglich zu vervollständigen.

[0005] In dem US-Patent Nr. 5,090,199 ist ein weiteres Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem für eine Brennkraftmaschine beschrieben.

[0006] In dem aus dieser Druckschrift bekannten System ist ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensor stromauf eines Katalysators angeordnet und ein O₂-Sensor ist stromab des Katalysators angeordnet. Wenn unter Zugrundelegung der Ausgangsspannung des O₂-Sensors ermittelt wird, daß ein Luft/Brennstoff-Verhältnis des Abgases bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses zur fetten oder mageren Seite hin abweicht bzw. verschoben ist, wird das Ziel- bzw. Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis um einen voreingestellten Wert in einer zur Abweichung entgegengesetzten Richtung korrigiert, um das tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis anzunähern.

[0007] Die vorstehend erläuterten herkömmlichen Systeme sind jedoch mit den folgenden Nachteilen behaftet:

Ogleich bei jedem der vorstehend erläuterten herkömmlichen Systeme das tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis gemäß obiger Beschreibung so gesteuert wird, daß es sich unter Konvergierung dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis annähert, findet ein adsorbierender bzw. Adsorptionszustand der schädlichen Komponenten bzw. Anteile im Abgas zum Katalysator keinerlei Berücksichtigung. Im einzelnen ist hinsichtlich der im Abgas enthaltenen Komponenten bekannt, daß die jeweiligen Anteile von Stickstoffoxid (NO_x) und von Sauerstoff (O₂) erhöht werden, wenn sich das Luft/Brennstoff-Verhältnis zur mageren Seite hin verschiebt, wo-

hingegen die Anteile von Kohlenmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoff (HC) erhöht werden, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis zur fetten Seite hin verschoben ist. Wenn die Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses nicht so groß ist, werden diese schädlichen Komponenten im Katalysator adsorbiert, wodurch sie daran gehindert werden, in die Atmosphäre zu entweichen. Bei der vorstehend erläuterten Korrektur in den herkömmlichen Systemen ist es selbst dann, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis angenähert wird, möglich, daß die schädlichen Komponenten in einem gewissen Ausmaß im Katalysator verbleiben. Wenn die schädlichen Komponenten jedoch im Katalysator verbleiben, wird das Adsorptionsvermögen des Katalysators für diese schädlichen Komponenten entsprechend herabgesetzt, d.h. die Toleranz bzw. der mögliche Schwankungsbereich gegenüber der Änderung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses wird verringert. Wenn beispielsweise ein Fahrzeug wiederholt beschleunigt und abbremst, was zu einer entsprechend häufigen Schwankung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses führt, nehmen als Folge davon die im Katalysator verbleibenden schädlichen Komponenten allmählich zu, so daß der Reinigungsgrad des Abgases unzureichend wird und die schädlichen Komponenten in die Atmosphäre entweichen können.

Aufgabenstellung

[0008] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuersystem für eine Brennkraftmaschine derart weiterzubilden, daß die vorstehend erläuterten Nachteile ausgeschaltet werden können, das heißt ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuersystem für eine Brennkraftmaschine derart weiterzubilden, daß vermieden wird, daß schädliche Komponenten in die Atmosphäre entweichen.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den im Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst.

[0010] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der vorliegenden Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ausführungsbeispiel

[0011] Die Erfindung wird nachstehend anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0012] [Fig. 1](#) anhand einer schematischen Darstellung die Gesamtstruktur eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystems für eine Brennkraftmaschine;

[0013] [Fig. 2](#) ein Blockdiagramm zur Erläuterung des Prinzips der Steuerung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses beim ersten Ausführungsbeispiel;

[0014] [Fig. 3](#) anhand eines Flußdiagramms einen Steuerungsablauf zum Herleiten einer Brennstoffeinspritzmenge beim ersten Ausführungsbeispiel;

[0015] [Fig. 4](#) anhand eines Flußdiagramms einen beim ersten Ausführungsbeispiel durchgeführten Steuerungsablauf zum Ermitteln, ob sich die Maschine in einem stetigen oder in einem sich ändernden Fahrzustand befindet;

[0016] [Fig. 5](#) eine im voraus in einem Festwertspeicher gespeicherte Karte bzw. Kennlinie zum Herleiten einer Materialkonzentration auf der Basis des jeweiligen Luft/Brennstoff-Verhältnisses;

[0017] [Fig. 6](#) anhand eines Zeitdiagramms die jeweilige Beziehung zwischen einem Ausgangssignal eines stromauf eines Dreiwege-Katalysators angeordneten Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensors, einer Adsorptionsmenge des Dreiwege-Katalysators und eines Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses;

[0018] [Fig. 7](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf einer Umkehrsprung- bzw. Wechsel-Übersprungsteuerung beim ersten Ausführungsbeispiel;

[0019] [Fig. 8](#) anhand eines Zeitdiagramms die gegenseitige Beziehung zwischen einem Ausgangssignal eines stromab des Dreiwege-Katalysators befindlichen O₂-Sensors und dem Ziel-Luft/Brennstoff-Verhältnis während der Umkehrsprungsteuerung der [Fig. 7](#);

[0020] [Fig. 9](#) eine im voraus im Festwertspeicher hinterlegte Karte bzw. Kennlinie zum Ableiten einer Sprung- bzw. Auslaßmenge aus einer minimalen oder maximalen Adsorptionsmenge des Dreiwege-Katalysators;

- [0021] [Fig. 10](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf einer Reinigungssteuerung beim ersten Ausführungsbeispiel;
- [0022] [Fig. 11](#) anhand eines Flußdiagramms einen Lern-Startbestimmungsablauf beim ersten Ausführungsbeispiel;
- [0023] [Fig. 12](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf einer Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerung beim ersten Ausführungsbeispiel;
- [0024] [Fig. 13](#) anhand eines Flußdiagramms einen Sättigungsermittlungsablauf beim ersten Ausführungsbeispiel;
- [0025] [Fig. 14](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf eines Adsorptionsmengen-Herleitungsverfahrens beim ersten Ausführungsbeispiel;
- [0026] [Fig. 15](#) anhand eines Zeitdiagramms die Beziehung zwischen dem Ausgangssignal des O₂-Sensors und dem Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis während der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerung der [Fig. 12](#);
- [0027] [Fig. 16](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf einer Reinigungssteuerung bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- [0028] [Fig. 17](#) anhand eines Zeitdiagramms die gegenseitige Beziehung zwischen dem Ausgangssignal des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensors der Adsorptionsmenge und dem Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis während der Reinigungssteuerung der [Fig. 16](#);
- [0029] [Fig. 18](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf einer Umkehrsprung-Steuerung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- [0030] [Fig. 19](#) anhand eines Flußdiagramms einen Lern-Startbestimmungsablauf bei dem dritten Ausführungsbeispiel;
- [0031] [Fig. 20](#) anhand eines Flußdiagramms ein Durchschnittsbildungsverfahren zum Bilden des Durchschnitts des vom Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensor erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnisses beim dritten Ausführungsbeispiel;
- [0032] [Fig. 21](#) anhand eines Zeitdiagramms einen Abtastzustand des vom Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensor erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnisses;
- [0033] [Fig. 22](#) anhand eines Flußdiagramms eine $\lambda = 1$ -Lernroutine des dritten Ausführungsbeispiels;
- [0034] [Fig. 23](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf einer Reinigungssteuerung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- [0035] [Fig. 24](#) anhand eines Zeitdiagramms ein Verfahren zum Verhindern der Reinigung bei der Reinigungssteuerung der [Fig. 23](#);
- [0036] [Fig. 25](#) anhand eines Zeitdiagramms ein Verfahren zum Anhalten der Reinigung bei der Reinigungssteuerung der [Fig. 23](#);
- [0037] [Fig. 26](#) anhand eines Flußdiagramms den Ablauf einer Reinigungssteuerung gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- [0038] [Fig. 27](#) anhand eines Zeitdiagramms die gegenseitige Beziehung zwischen dem Ausgangssignal des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensors, des Ausgangssignals des O₂-Sensors und des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses während der Reinigungssteuerung der [Fig. 26](#); und
- [0039] [Fig. 28](#) anhand eines Zeitdiagramms die gegenseitige Beziehung zwischen dem Ausgangssignal des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensors und des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses bei einer abgewandelten Ausführungsform, bei der die Reinigungssteuerung unmittelbar nach Beendigung der Abweichung des Luft/Brenn-

stoff-Verhältnisses gestartet wird.

[0040] **Fig. 1** zeigt schematisch den grundsätzlichen Aufbau bzw. die Struktur einer Brennkraftmaschine (Verbrennungsmotor) und ihrer peripheren Geräte, einschließlich eines Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystems gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0041] Bei der in **Fig. 1** gezeigten Brennkraftmaschine **1** handelt es sich um eine Viertakt-Funkenzündungsmaschine bzw. einen Viertakt-Ottomotor mit vier Zylindern. Ansaugluft wird von stromauf her über eine Reinigungsvorrichtung bzw. ein Luftfilter **2**, ein Einlaß- bzw. Ansaugrohr **3**, eine Drosselklappe **4**, einen Druckausgleichsbehälter **5** und einen Ansaugkrümmer **6** zugeführt. Im Ansaugkrümmer **6** wird die Ansaugluft mit Brennstoff bzw. Kraftstoff vermischt, der von einem für jeden Zylinder der Maschine **1** vorgesehenen Brennstoffeinspritzventil **7** eingespritzt wird, um ein Luft/Brennstoff-Gemisch mit einem vorgegebenen Luft/Brennstoff-Verhältnis zu bilden, das daraufhin dem entsprechenden Zylinder der Maschine **1** zugeführt wird. Einer für jeden Maschinenzylinder vorgesehenen Zündkerze **8** wird die von einem Verteiler **10** aufgeteilte und von einer Zündungsschaltung **9** gelieferte Hochspannung zugeführt, um das Gasgemisch in jedem der Zylinder der Maschine **1** unter einer vorgegebenen Zeitsteuerung zu zünden bzw. zur Explosion zu bringen. Nach der Verbrennung wird das Abgas über einen Abgas bzw. Auspuffkrümmer **11** und ein Abgas- bzw. Auspuffrohr **12** abgeführt. Ein Dreiwege-Katalysator **13** ist im Auspuffrohr **12** angeordnet, um im Abgas aus den Maschinenzylindern enthaltene schädliche Komponenten, wie z.B. CO, HC und NO_x, zu reinigen.

[0042] Ein Ansaugluft-Temperatursensor **21** und ein Ansaugluft-Drucksensor **22** sind jeweils im Ansaugrohr **3** vorgesehen. Der Ansaugluft-Temperatursensor **21** überwacht bzw. erfaßt eine stromab der Drosselklappe **4** vorliegende Temperatur Tam der Ansaugluft und der Ansaugluft-Drucksensor **22** überwacht den stromab der Drosselklappe **4** herrschenden Druck PM der Ansaugluft. Weiterhin ist ein Drosselklappensensor **23** vorgesehen, um ein Analogsignal auszugeben, das einen Öffnungsgrad der Drosselklappe **4** angibt. Der Drosselklappensensor **23** gibt ferner über einen (nicht gezeigten) Leerlaufschalter ein Ein/Aus-Signal ab, das angibt, ob die Drosselklappe **4** beinahe ganz geschlossen ist oder nicht. Ein Kühlmittel-Temperatursensor **24** ist am Motorzylinderblock befestigt, um eine Temperatur Thw des Kühlwassers der Maschine zu überwachen bzw. zu erfassen. Im Verteiler **10** ist zum Überwachen bzw. Erfassen einer Motordrehzahl Ne ein Drehzahlsensor **25** vorgesehen. Der Drehzahlsensor **25** erzeugt **24** Impulse pro 720° CA (Kurbelwellenwinkel), d.h. pro zwei Umdrehungen einer Maschinen-Kurbelwelle. Darüberhinaus ist stromauf des Dreiwege-Katalysators **13** im Auspuffrohr **12** ein Luft/Brennstoff-Verhältnis-Sensor **26** (der nachfolgend als A/F-Sensor bezeichnet wird) angeordnet. Der A/F-Sensor **26** überwacht das von den Maschinenzylindern abgegebene Abgas, um ein lineares Signal zu erzeugen, das demjenigen Luft/Brennstoff-Verhältnis λ (Luftüberschuß-Verhältnis) des Luft/Brennstoff-Gemisches entspricht, welches das überwachte Abgas hervorgerufen hat. Stromab des Dreiwege-Katalysators **13** ist im Auspuffrohr **12** weiterhin ein Sauerstoff- bzw. O₂-Sensor **27** vorgesehen, der die Abgase überwacht, die durch den Dreiwege-Katalysator **13** gelangt sind, um eine Ausgangsspannung VOX2 zu erzeugen, die davon abhängt, ob dasjenige Luft/Brennstoff-Verhältnis λ des Luft/Brennstoff-Gemisches, welches das überwachte Abgas hervorgerufen hat, bezüglich eines stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ fett oder mager ist.

[0043] Eine elektronische Steuereinheit **31** (die nachfolgend als "ECU" bezeichnet wird) dient zum Steuern der Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine **1** und ist als arithmetisch logische Rechenschaltung ausgebildet, die hauptsächlich eine Zentraleinheit bzw. CPU **32**, einen Festwertspeicher bzw. ROM **33**, einen Schreib-Lesespeicher bzw. RAM **34**, ein Aufbewahrungs- bzw. Backup-RAM **35** und dergleichen enthält, wobei diese Komponenten mit einem Eingangsanschluß bzw. Eingabeport **36**, einem Ausgangsanschluß bzw. Ausgabeport **37** und dergleichen über einen Bus **38** verbunden sind. Der Eingabeport **36** dient zur Eingabe der Erfassungssignale aus den vorstehend genannten Sensoren, während der Ausgabeport **37** dazu dient, Betätigungselementen zur Steuerung des Betriebsablaufs Steuersignale zuzuführen. Im einzelnen empfängt die ECU **31** über den Eingabeport **36** die die Ansaugluft-Temperatur Tam, den Ansaugluft-Druck PM, den Drosselklappen-Öffnungsgrad TH, die Kühlmittel-Temperatur Thw und die Motordrehzahl Ne repräsentierenden Signale sowie das Luft/Brennstoff-Verhältnis-Signal, die Ausgangsspannung VOX2 und dergleichen aus den vorstehend erwähnten Sensoren. Die ECU **31** berechnet eine Brennstoffeinspritzmenge TAU und eine Zündungs-Zeitsteuerung Ig bzw. Zündzeitpunkte auf der Basis dieser Eingangssignale und führt den Brennstoffeinspritzventilen **7** sowie der Zündungsschaltung **9** über den Ausgabeport **37** entsprechende Steuersignale zu, um deren Betriebsabläufe zu steuern. Unter diesen Steuerungsabläufen wird nachstehend die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerung zum Herleiten der Brennstoffeinspritzmenge TAU näher erläutert.

[0044] Um die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerung auszuführen, hat die ECU **31** einen Entwurf, der sich aus dem nachstehend beschriebenen Verfahren ergibt. Dieses Entwurfsverfahren ist im einzelnen in der ersten

(ungeprüften) Veröffentlichung der japanischen Patentanmeldung Nr. 64-110853 beschrieben, auf die an dieser Stelle voll inhaltlich Bezug genommen wird.

Modellierung eines zu steuernden Objekts

[0045] In diesem Ausführungsbeispiel wird als ein Modell eines Systems zum Steuern des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ der Brennkraftmaschine **1** ein autoregressives Modell eines sich bewegenden bzw. ändernden Durchschnitts des Grads **1** mit einer Totzeit $P = 3$ verwendet, wobei weiterhin eine Annäherung bzw. Approximation unter Berücksichtigung einer Störung d durchgeführt wird.

[0046] Zunächst kann die Art des Systems zum Steuern des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ unter Verwendung des autoregressiven Modells mit beweglichem Durchschnitt durch folgende Gleichung (1) approximiert werden:

$$\lambda(k) = a \cdot \lambda(k - 1) + b \cdot \text{FAF}(k - 3) \tag{1}$$

[0047] In dieser Gleichung bezeichnet λ das Luft/Brennstoff-Verhältnis, FAF einen Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten, a und b sind Konstanten und k ist eine Variable, welche die Anzahl von Steuerungszeiten bzw. -Vorgängen vom Beginn einer ersten Abtastung an angibt.

[0048] Wenn darüberhinaus die Störung d berücksichtigt wird, kann das Modell des Steuerungssystems durch folgende Gleichung (2) approximiert werden:

$$\lambda(k) = a \cdot \lambda(k - 1) + b \cdot \text{FAF}(k - 3) + d(k - 1) \tag{2}$$

[0049] Für die auf diese Weise approximierten Modelle können die Konstanten a und b durch Diskretisierung bzw. Digitalisierung auf der Basis von rotationssynchronen (360° CA) Abtastungen unter Verwendung einer Schrittantwort leicht erhalten werden, d.h. eine Übertragungsfunktion G des Systems, das das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ steuert, kann leicht erhalten werden.

Anzeigeverfahren einer Zustandsvariablenmenge X

[0050] Durch Umschreiben der obigen Gleichung (2) unter Verwendung einer Zustandsvariablenmenge $X(k) = [X_1(k), X_2(k), X_3(k), X_4(k)]^T$, erhält man folgende Gleichung (3):

$$\begin{pmatrix} X_1(k+1) \\ X_2(k+1) \\ X_3(k+1) \\ X_4(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1(k) \\ X_2(k) \\ X_3(k) \\ X_4(k) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{FAF}(k) + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} d(k) \quad \dots(3)$$

[0051] Daraus ergibt sich folgendes:

$$\begin{aligned} X_1(k+1) &= aX_1(k) + bX_2(k) + d(k) = \lambda(k+1) \\ X_2(k+1) &= \text{FAF}(k-2) \\ X_3(k+1) &= \text{FAF}(k-1) \\ X_4(k+1) &= \text{FAF}(k) \end{aligned} \tag{4}$$

Entwurf eines Reglers

[0052] Nunmehr wird ein Regler entworfen. Unter Verwendung einer optimalen Rückkopplungsverstärkung $K = [K_1, K_2, K_3, K_4]$ und der Zustandsvariablenmenge $X^T(k) = [\lambda(k), \text{FAF}(k-3), \text{FAF}(k-2), \text{FAF}(k-1)]$, wird fol-

gende Gleichung (5) erhalten:

$$FAF(k) = K \cdot X^T(k) = K_1 \cdot \lambda(k) + K_2 \cdot FAF(k-3) + K_3 \cdot FAF(k-2) + K_4 \cdot FAF(k-1) \quad (5)$$

[0053] Um folgende Gleichung (6) zu erhalten, wird darüberhinaus ein Integrationsterm $Z_1(k)$ zur Absorption bzw. zum Beseitigen von Fehlern addiert:

$$FAF(k) = K_1 \cdot \lambda(k) + K_2 \cdot FAF(k-3) + K_3 \cdot FAF(k-2) + K_4 \cdot FAF(k-1) + Z_1(k) \quad (6)$$

[0054] Auf diese Art und Weise können das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ und der Korrekturkoeffizient FAF hergeleitet werden.

[0055] Der Integrationsterm $Z_1(k)$ ist ein Wert, der durch eine Abweichung zwischen einem Ziel- bzw. Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} und einem tatsächlichen bzw. Ist-Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(k)$ sowie durch eine Integrationskonstante K_a bestimmt wird und sich nach folgender Gleichung (7) herleiten läßt:

$$Z_1(k) = Z_1(k-1) + K_a \cdot (\lambda_{TG} - \lambda(k)) \quad (7)$$

[0056] [Fig. 2](#) zeigt anhand eines Blockdiagramms das System zum Steuern des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ , das das auf die vorstehend beschriebene Weise entworfene Modell aufweist. Gemäß [Fig. 2](#) wird eine Z^{-1} -Transformation angewendet, um den Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten $FAF(k)$ aus dem vorhergehenden Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten $FAF(k-1)$ herzuleiten. Der vorherige Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient $FAF(k-1)$ ist im RAM **34** gespeichert worden und wird bei einem nachfolgenden Steuerungszeitpunkt ausgelesen, um einen neuen Wert des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten $FAF(k)$ herzuleiten.

[0057] In [Fig. 2](#) repräsentiert ein mit einer strichgepunkteten Linie umgebener Block P1 einen Abschnitt, der die Zustandsvariablenmenge $X(k)$ in einem Zustand bestimmt, bei dem das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ in einer Rückkopplung zum Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} hin gesteuert bzw. geregelt wird. Ein Block P2 repräsentiert einen akkumulierenden bzw. summierenden Abschnitt zum Herleiten des Integrationsterms $Z_1(k)$. Ein Block P3 repräsentiert einen Abschnitt, der auf der Basis der im Block P1 bestimmten Zustandsvariablenmenge $X(k)$ und des im Block P2 hergeleiteten Integrationsterms $Z_1(k)$ einen Momentanwert des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten $FAF(k)$ berechnet.

Bestimmung der optimalen Rückkopplungsverstärkung K und der Integrationskonstanten K_a

[0058] Die optimale Rückkopplungsverstärkung K bzw. -Verstärkungsfaktor und die Integrationskonstante K_a können beispielsweise durch Minimierung einer Auswertungs- bzw. Bewertungsfunktion J , die durch nachfolgende Gleichung (8) wiedergegeben wird, eingestellt werden:

$$J = \sum_{k=0}^{\infty} \left\{ Q(\lambda(k) - \lambda_{TG})^2 + R(FAF(k) - FAF(k-1))^2 \right\} \quad \dots(8)$$

[0059] Die Bewertungsfunktion J strebt eine Minimierung der Abweichung zwischen dem tatsächlichen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(k)$ und dem Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} an, während sie die Bewegung bzw. Schwankung des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten $FAF(k)$ einschränkt. Eine Gewichtung der Einschränkung des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten $FAF(k)$ kann durch jeweilige Werte von Gewichtungsparametern Q und R variabel eingestellt werden. Folglich werden die optimale Rückkopplungsverstärkung K und die Integrationskonstante K_a durch Änderung der Werte der Gewichtungsparameter Q und R bestimmt, um verschiedene Simulationen solange zu wiederholen, bis die optimalen Steuerungscharakteristiken bzw. -Eigenschaften erzielt sind.

[0060] Die optimale Rückkopplungsverstärkung K und die Integrationskonstante K_a hängen darüberhinaus von den Modellkonstanten a und b ab. Um die Stabilität (robuste Leistung) des Systems gegenüber Schwankungen (Parameterschwankungen) des das tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis λ steuernden Systems zu gewährleisten, sollten die optimale Rückkopplungsverstärkung K und die Integrationskonstante K_a folglich unter Berücksichtigung des jeweiligen Schwankungsmaßes der Modellkonstanten a und b eingestellt werden. Aus diesem Grund werden die Simulationen unter Berücksichtigung der Schwankung der Modellkonstanten a und b , die in der Praxis hervorgerufen werden können, durchgeführt, um diejenige optimale Rückkopplungsverstärkung K und Integrationskonstante K_a zu bestimmen, die die Stabilität gewährleisten.

[0061] Die ECU **31** ist im voraus in der vorstehend beschriebenen Art und Weise entworfen worden. Demgemäß führt die ECU **31** die Steuerung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses praktisch unter ausschließlicher Verwendung der vorstehenden Gleichungen (6) und (7) durch.

[0062] Nunmehr werden Einzelheiten der Steuerung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses nachstehend näher erläutert:

Fig. 3 zeigt anhand eines Flußdiagramms einen von der CPU **32** durchzuführenden Hauptsteuerungsablauf zum Herleiten bzw. Bestimmen der Brennstoffeinspritzmenge TAU.

[0063] Dieser Steuerungsablauf wird synchron mit der Maschinendrehzahl durchgeführt, d.h. pro 360° CA (Kurbelwellenwinkel). In einem ersten Schritt **101** wird unter Zugrundelegung beispielsweise des Ansaugluftdrucks PM und der Maschinendrehzahl Ne eine Grund- bzw. Basis-Brennstoffeinspritzmenge Tp hergeleitet. Anschließend wird in einem Schritt **102** ermittelt, ob eine Rückkopplungs-(F/B-) Steuerungsbedingung für das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ hergestellt ist oder nicht. Die Rückkopplungs-Steuerungsbedingung wird bekanntlich dann hergestellt bzw. herbeigeführt, wenn die Kühlwassertemperatur Thw einen voreingestellten Wert überschreitet und wenn die Maschine nicht mit hoher Drehzahl sowie nicht unter hoher Belastung läuft. Wenn im Schritt **102** erkannt wird, daß die Rückkopplungs-Steuerungsbedingung hergestellt ist, wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} in einem Schritt **103**, der später noch im einzelnen erläutert werden wird, eingestellt und der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient FAF wird in einem Schritt **104** eingestellt, um das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ dem Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} anzunähern. Im einzelnen wird der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient FAF im Schritt **104** unter Zugrundelegung des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} und des vom A/F-Sensor **26** erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda(k)$ unter Verwendung der voranstehenden Gleichungen (6) und (7) hergeleitet. Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **105**. Wenn im Schritt **102** demgegenüber entschieden wird, daß die Rückkopplungs-Steuerungsbedingung nicht hergestellt ist, wird der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizient FAF auf einen Wert "1" eingestellt und der Ablauf verzweigt zu einem Schritt **105**.

[0064] Im Schritt **105** wird die Brennstoffeinspritzmenge TAU unter Zugrundelegung der Grund-Brennstoffeinspritzmenge Tp, des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten FAF und eines weiteren bekannten Korrekturkoeffizienten FALL eingestellt, indem folgende Gleichung verwendet wird:

$$TAU = T_p \times FAF \times FALL$$

[0065] Daraufhin wird unter Zugrundelegung der auf diese Weise eingestellten Brennstoffeinspritzmenge TAU ein Steuersignal erzeugt und dem Brennstoffeinspritzventil **7** zum Steuern einer Ventil-Öffnungszeit, d.h. einer über das Brennstoffeinspritzventil **7** zuzuführenden tatsächlichen Brennstoffeinspritzmenge, zugeführt. Als Folge davon wird das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ des Gasgemisches dem Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} angepaßt.

[0066] Nunmehr wird ein dem Schritt **103** der **Fig. 3** entsprechender, untergeordneter Steuerungsablauf bzw. ein Unterprogramm zum Herleiten des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} näher erläutert.

[0067] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} in Abhängigkeit von Betriebszuständen bzw. -Bedingungen der Maschine **1** auf verschiedene Arten eingestellt. Im einzelnen werden die Betriebszustände der Maschine klassifiziert bzw. unterteilt in einen stetigen Fahrzustand, bei dem sich das Fahrzeug beispielsweise bei konstanter Geschwindigkeit mit der Maschinendrehzahl Ne bewegt und der Ansaug-Luftdruck PM und dergleichen im wesentlichen konstant gehalten werden, sowie in einen nichtstetigen bzw. Übergangs-Fahrzustand, bei dem das Fahrzeug beschleunigt, so daß die Maschinendrehzahl Ne, der Ansaug-Luftdruck PM und dergleichen schwanken bzw. sich ändern, und bei dem das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ gegenüber dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ um ein gewisses Maß abweicht bzw. verschoben ist. Nachfolgend wird demgemäß ein Steuerungsablauf zum Bestimmen bzw. Erkennen des stetigen Fahrzustands oder des Übergangs-Fahrzustands näher erläutert.

[0068] **Fig. 4** zeigt anhand eines Flußdiagramms den Steuerungsablauf zur Ermittlung, ob sich die Maschine im stetigen bzw. gleichmäßigen Fahrzustand oder dem Übergangs-Fahrzustand befindet.

[0069] In einem Anfangsschritt **201** überprüft die CPU **32**, ob ein Adsorptionsmengen-Herleitungszähler TOSC zurückgesetzt ist oder nicht, d.h., ob sein Wert 0 (Null) ist. Falls die Antwort im Schritt **201** JA lautet, wird in einem Schritt **202** überprüft, ob sich das vom A/F-Sensor überwachte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ in einem Bereich zwischen einem voreingestellten Fett-Grenzwert λ_{RL} und einem voreingestellten Mager-Grenzwert

λ_{LL} befindet, wobei gilt $\lambda_{RL} < \lambda = 1 < \lambda_{LL}$. Im Schritt **202** wird $\lambda(i)$ verwendet, da das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ gemäß der Darstellung in [Fig. 6](#) aufeinanderfolgend abgetastet wird. Falls die Antwort im Schritt **202** JA lautet, d.h., falls sich das überwachte Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ innerhalb des vorgegebenen Bereichs befindet, so daß bestimmt werden kann, daß sich die Maschine **1** im stetigen Fahrzustand befindet, wird in einem Schritt **203** eine Inversions- bzw. Wechsel-Übersprungsteuerung ("inversion skip control") durchgeführt. Wie später noch im einzelnen erläutert werden wird, wird die Wechsel-Übersprungsteuerung durchgeführt, um das tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis λ in der Nähe des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ zu halten.

[0070] Wenn die Antwort im Schritt **202** demgegenüber NEIN lautet, d.h., wenn sich das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ nicht innerhalb des durch die voreingestellten Fett- und Mager-Grenzwerte λ_{RL} und λ_{LL} definierten Bereichs befindet, so daß entschieden werden kann, daß sich die Maschine **1** im Übergangs-Fahrzustand befindet, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **204**. Im Schritt **204** wird überprüft, ob der Wert des Zählers TOSC eine voreingestellte Abtastzeit $T\alpha$ erreicht hat. Da der Zähler TOSC gemäß der diesbezüglichen Überprüfung im Schritt **201** zurückgesetzt ist, wird im Schritt **204** eine negative Antwort erhalten, weshalb der Ablauf zu einem Schritt **205** verzweigt.

[0071] Im Schritt **205** wird auf der Basis des vom A/F-Sensor **26** überwachten Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ unter Verwendung einer in [Fig. 5](#) gezeigten, im voraus im ROM **33** gespeicherten Karte bzw. Kennlinie eine momentane Materialkonzentration $M(i)$ hergeleitet bzw. ermittelt. Die schädlichen Komponenten NO_x und NO_2 im Abgas nehmen bekanntlich dann zu, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ zur mageren Seite hin abweicht, während die Anteile CO und HC dann zunehmen, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ zur angereicherten bzw. fetten Seite hin abweicht. Da die in [Fig. 5](#) gezeigte Kennlinie die Materialkonzentration M bei diesem Ausführungsbeispiel in Form von O_2 bzw. mit O_2 als Bezugsgröße definiert, wird die Materialkonzentration M andererseits als ein positiver Wert auf der mageren Seite eingestellt, soweit sie einen Überschuß an O_2 repräsentiert, während sie als ein negativer Wert auf der fetten Seite eingestellt wird, soweit sie einen durch CO und HC hervorgerufenen Mangel an O_2 repräsentiert.

[0072] Nach Herleitung der Materialkonzentration $M(i)$ im Schritt **205** verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **206**, bei dem eine zum Dreiwege-Katalysator **13** adsorbierte oder in ihm gespeicherte Adsorptionsmenge $\text{OST}(i)$ von O_2 aus der ermittelten Materialkonzentration $M(i)$ und einer Ansaug-Luftmenge $\text{QA}(i)$ unter Verwendung folgender Gleichung hergeleitet bzw. ermittelt wird:

$$\text{OST}(i) = M(i) \times \text{QA}(i)$$

[0073] In Anbetracht der Luftströmungs-Verzögerung in der Maschine **1** repräsentiert die Ansaug-Luftmenge $\text{QA}(i)$ in dieser Gleichung einen Wert, der der Luftströmung entspricht, die das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ liefert, aus dem die Materialkonzentration $M(i)$ im Schritt **205** ermittelt wird. D.h., die Ansaug-Luftmenge $\text{QA}(i)$ wird in bekannter Weise unter Zugrundelegung der Maschinendrehzahl N_e und des Ansaug-Luftdrucks PM hergeleitet. Da der Drehzahlsensor **25** zum Überwachen der Maschinendrehzahl N_e und der Ansaug-Luft-Drucksensor **22** zum Überwachen des Ansaug-Luftdrucks PM jedoch jeweils stromauf des zur Überwachung des Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ dienenden A/F-Sensors **26** angeordnet sind, wird für die Maschinendrehzahl N_e ein Wert zugeführt bzw. herangezogen, der 1,5 Zeitpunkte bzw. Abtastzeitpunkte vorher erfaßt wurde (d.h. ein Mittelwert des momentanen und der letzten Werte), und es wird für den Ansaug-Luftdruck PM ein Wert zugrundegelegt, der 3 Zeitpunkte bzw. Abtastzeitpunkte vorher erfaßt wurde. Demgemäß wird die Ansaug-Luftmenge $\text{QA}(i)$ in Übereinstimmung mit folgender Gleichung hergeleitet:

$$\text{QA}(i) \propto N_e (I-1.5) \times \text{PM} (I-3)$$

[0074] Nach Ermittlung der Adsorptionsmenge $\text{OST}(i)$ im Schritt **206** verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **207**, bei dem eine Gesamt-Adsorptionsmenge OST durch $\text{OST} \leftarrow \text{OST} + \text{OST}(i)$ erhalten wird. Daraufhin wird in einem Schritt **208** entschieden, ob die im Schritt **207** ermittelte Gesamt-Adsorptionsmenge OST innerhalb eines durch eine voreingestellte minimale Adsorptionsmenge OST_{\min} und eine voreingestellte maximale Adsorptionsmenge OST_{\max} definierten Bereichs liegt. Die minimale Adsorptionsmenge OST_{\min} repräsentiert hier eine maximale Adsorptionsmenge des Dreiwege-Katalysators **13** für CO und HC, wenn sich das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses auf der fetten Seite befindet. Da die Adsorptionsmenge gemäß vorstehender Beschreibung in Abhängigkeit bzw. als Größe von O_2 definiert ist, nimmt die maximale Adsorptionsmenge für CO und HC einen negativen Wert an, so daß sie als die "minimale Adsorptionsmenge OST_{\min} " zu definieren ist. Demgegenüber repräsentiert die maximale Ad-

sorptionsmenge OST_{max} eine maximale Adsorptionsmenge des Dreiwege-Katalysators **13** für O_2 , wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der mageren Seite ist. Die Absolutwerte dieser minimalen und maximalen Adsorptionsmengen OST_{min} bzw. OST_{max} werden bekanntlich mit zunehmender Verschlechterung bzw. nachlassender Wirkung des Dreiwege-Katalysators **13** verringert. Die minimale und die maximale Adsorptionsmenge OST_{min} bzw. OST_{max} werden von einer später beschriebenen Adsorptionsmengen-Lernroutine auf den neuesten Stand gebracht bzw. aktualisiert, so daß im Schritt **208** die jeweils neuesten Daten verwendet werden.

[0075] Wenn im Schritt **208** entschieden wird, daß die momentane Gesamt-Adsorptionsmenge OST zwischen der minimalen Adsorptionsmenge OST_{min} und der maximalen Adsorptionsmenge OST_{max} liegt, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **209**, bei dem der Zähler TOSC um den Wert "1" inkrementiert wird; daraufhin wird zum Schritt **201** zurückverzweigt. Da der Wert des Zählers TOSC dieses Mal nicht 0 (Null) ist, verzweigt der Ablauf unter Umgehung des Schritts **202** zum Schritt **204**. Im Schritt **204** wird überprüft, ob der Wert des Zählers TOSC die Abtastzeit $T\alpha$ erreicht hat. Wenn die Antwort im Schritt **204** erneut negativ ist, wird in den Schritten **205** bis **207** aus dem momentanen Wert des überwachten Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda(i)$ der momentane Wert der Adsorptionsmenge $OST(i)$ und durch Addieren des momentanen Werts der Adsorptionsmenge $OST(i)$ zum letzten Wert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST der momentane Wert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST ermittelt. Demgemäß wird dieser Ablauf solange fortgesetzt, bis die Abtastzeit $T\alpha$ abgelaufen ist.

[0076] Obgleich das abgewichene Luft/Brennstoff-Verhältnis λ allmählich zum stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ zurückgebracht wird, wird die Abtastzeit $T\alpha$ länger eingestellt als eine Zeitdauer, die für das normale Wiedereinstellen des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ auf das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis voraussichtlich benötigt wird. Demgemäß wird die Adsorptionsmenge $OST(i)$ weiterhin solange abgetastet, bis das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ wieder auf das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis eingestellt ist. Als Folge davon repräsentiert die durch Akkumulation der Adsorptionsmengen $OST(i)$ gebildete Gesamt-Adsorptionsmenge OST die Gesamtmenge der schädlichen Komponenten (nämlich NO_x bei einer Abweichung zur mageren Seite und CO und HC bei einer Abweichung zur fetten Seite), die aufgrund der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ zur mageren oder fetten Seite bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses im Dreiwege-Katalysator **13** adsorbiert oder gespeichert worden sind.

[0077] Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST andererseits den Bereich zwischen der minimalen Adsorptionsmenge OST_{min} und der maximalen Adsorptionsmenge OST_{max} verläßt, wie dies in [Fig. 6](#) durch eine Einpunkt-Strich-Kurve angedeutet ist, wird im Schritt **208** eine negative Antwort erhalten, so daß die Gesamt-Adsorptionsmenge OST in einem Folgeschritt **210** durch die minimale Adsorptionsmenge OST_{min} und die maximale Adsorptionsmenge OST_{max} gesichert wird. D.h., wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST den Bereich zwischen der minimalen Adsorptionsmenge OST_{min} und der maximalen Adsorptionsmenge OST_{max} verläßt, wird angenommen daß der Dreiwege-Katalysator **13** auf der fetten oder mageren Seite gesättigt worden ist und demzufolge nicht mehr in der Lage ist, die schädlichen Komponenten, wie CO , HC und NO_x , zu adsorbieren. Dies bedeutet, daß diese schädlichen Komponenten vom Dreiwege-Katalysator **13** abgegeben werden, so daß der jeweilige Absolutwert der minimalen Adsorptionsmenge OST_{min} und der maximalen Adsorptionsmenge OST_{max} sich nicht mehr weiter erhöht. In diesem Zusammenhang repräsentiert die minimale Adsorptionsmenge OST_{min} eine gesättigte Adsorptionsmenge des Dreiwege-Katalysators **13** auf der fetten Seite, während die maximale Adsorptionsmenge OST_{max} eine gesättigte Adsorptionsmenge des Dreiwege-Katalysators **13** auf der mageren Seite darstellt. Demgemäß wird die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **210** auf die minimale Adsorptionsmenge OST_{min} eingestellt, wenn sie gleich groß wie oder kleiner als die minimale Adsorptionsmenge OST_{min} wird, wohingegen die Gesamt-Adsorptionsmenge OST auf die maximale Adsorptionsmenge OST_{max} eingestellt wird, wenn sie gleich groß wie oder größer als die maximale Adsorptionsmenge OST_{max} wird.

[0078] Wenn im Schritt **204** erkannt wird, daß der Wert des Zählers TOSC die Abtastzeit $T\alpha$ erreicht hat, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **211**, bei dem der Zähler TOSC auf 0 (Null) zurückgesetzt wird, und schreitet daraufhin weiter zu einem Schritt **212**, bei dem eine Reinigungssteuerung ("purge control") durchgeführt wird. Wie später noch im einzelnen erläutert werden wird, wird die Reinigungssteuerung auf der Basis der gemäß obiger Beschreibung ermittelten Gesamt-Adsorptionsmenge OST durchgeführt, um die vom Dreiwege-Katalysator **13** adsorbierten schädlichen Komponenten zu eliminieren.

[0079] Nachstehend wird die im stetigen Fahrzustand durchgeführte Wechsel-Übersprungsteuerung näher erläutert.

[0080] [Fig. 7](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms den Ablauf der Wechsel-Übersprungsteuerung, die eine dem Schritt **203** in [Fig. 4](#) entsprechende Unterroutine darstellt.

[0081] In einem Anfangsschritt **301** überprüft die CPU **32**, ob die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** höher (fetter) oder niedriger (magerer) als 0,45 V ist, wobei die letztgenannte Spannung einen dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ entsprechenden Wert repräsentiert. Falls entschieden wird, daß der Wert "mager" vorliegt, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **302**, bei dem geprüft wird, ob die Antwort beim Schritt **301** im letzten Zyklus bzw. Durchlauf dieser Routine der Wert "mager" gewesen ist. Diese Überprüfung wird im Schritt **302** unter Zugrundelegung von Fett/Mager-Daten durchgeführt, die in einem Schritt **304** gespeichert werden, bei dem derartige Fett/Mager-Daten bei jeder Durchführung dieser Routine gespeichert werden. Wenn die Antwort im Schritt **302** demgegenüber positiv ist, d.h., wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der mageren Seite gehalten wird, wird in einem Schritt **303** das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} so korrigiert, daß es ein fetterer Wert wird ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} - \lambda_{IR}$, worin λ_{IR} einen Fett-Integralbetrag bzw. integralen oder ganzzahligen Anreicherungsbeitrag bezeichnet), d.h., das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} wird in einer Richtung korrigiert, die der der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses entgegengesetzt ist. Daraufhin wird im Schritt **304** im RAM **34** der Wert "mager" als Polarität des Luft/Brennstoff-Verhältnis λ gespeichert. Da der Fett-Integralbetrag λ_{IR} so eingestellt wird, daß er einen sehr kleinen Wert aufweist, nimmt das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} gemäß der Darstellung in [Fig. 8](#) allmählich auf der fetten Seite ab.

[0082] Wenn die Antwort im Schritt **302** demgegenüber negativ ist, d.h., wenn im Schritt **304** während des vorhergehenden Durchlaufs durch diese Routine der Wert "fett" gespeichert worden ist, so daß der Übergang bzw. Wechsel des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ hinweg von fett nach mager aufgetreten ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **305**, bei dem auf der Basis eines momentanen Werts der minimalen Adsorptionsmenge OSTmin unter Verwendung einer in [Fig. 9](#) gezeigten, im voraus im ROM **33** gespeicherten Karte bzw. Kennlinie ein Anreicherungs- bzw. Fett-Übersprungbetrag λ_{SKR} hergeleitet wird. Wie vorstehend erläutert wurde, wird die minimale Adsorptionsmenge OSTmin durch die später beschriebene Adsorptionsmengen-Lernroutine aktualisiert. Wie aus [Fig. 9](#) hervorgeht, ist die jeweilige Größe des Fett-Übersprungbetrags λ_{SKR} direkt proportional zum Absolutwert der minimalen Adsorptionsmenge OSTmin. Da der Absolutwert der Adsorptionsmenge OSTmin aufgrund der nachlassenden Wirkung des Dreiwege-Katalysators **13** abnimmt, wird der Fett-Übersprungbetrag λ_{SKR} folglich auf einen kleineren Wert eingestellt. Anschließend wird in einem Schritt **306** das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis auf einen fetteren Wert korrigiert ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} - \lambda_{IR} - \lambda_{SKR}$), d.h., das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} wird in einer Richtung korrigiert, die der der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses entgegengesetzt ist. Anschließend wird im Schritt **304** der Wert "mager" im RAM **34** als Polarität des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ gespeichert. Da der Fett-Übersprungbetrag λ_{SKR} im Vergleich zum Fett-Integralbetrag λ_{IR} ein ausreichend großer Wert ist, nimmt das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} schnell und stark in sprunghafter Weise über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ hinweg von mager nach fett ab, wie dies in [Fig. 8](#) dargestellt ist.

[0083] Wenn im Schritt **301** entschieden wird, daß der Wert "fett" vorliegt, wird in einem Schritt **307** in ähnlicher Weise wie beim Schritt **302** überprüft, ob das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ im letzten Durchlauf dieser Routine fett gewesen ist. Falls dies im Schritt **307** bejaht wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **308**, bei dem das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} allmählich um einen Mager-Integralbetrag λ_{IL} ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} + \lambda_{IL}$) auf der mageren Seite erhöht wird. Wenn die Antwort im Schritt **307** andererseits negativ ist, d.h., wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ im letzten Durchlauf dieser Routine mager gewesen ist, so daß der Wechsel des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ von mager nach fett bewirkt worden ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **309**, bei dem ein Mager-Übersprungbetrag λ_{SKL} aus der maximalen Adsorptionsmenge OSTmax unter Verwendung der Kennlinie der [Fig. 9](#) ermittelt wird. In einem anschließenden Schritt **310** wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} rasch und stark in einer überspringenden Weise bzw. sprunghaft um den Mager-Übersprungbetrag λ_{SKL} ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} + \lambda_{IL} + \lambda_{SKL}$) über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ hinweg vergrößert. Da die maximale Adsorptionsmenge OSTmax aufgrund der Verschlechterung des Dreiwege-Katalysators **13** herabgesetzt wird, wird der Mager-Übersprungbetrag λ_{SKL} wie im Falle des vorstehend erläuterten Fett-Übersprungbetrags λ_{SKR} auf einen geringeren Wert eingestellt. Ausgehend vom Schritt **308** oder vom Schritt **310** verzweigt der Ablauf zum Schritt **304**, bei dem der Wert "fett" als Polarität des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ im RAM **34** gespeichert wird.

[0084] Eine Brennkraftmaschine stellt zusammen mit einem Dreiwege-Katalysator **13** bekanntlich ein System dar, das im wesentlichen eine große Verzögerungszeit aufweist. Falls das Luft/Brennstoff-Verhältnis des Luft/Brennstoff-Gemisches durch das Brennstoffeinspritzventil **7** eingangsseitig gesteuert wird, ist demgemäß

eine gewisse Zeit erforderlich, bevor sich das Ergebnis der Steuerung an der Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** abgasseitig widerspiegelt. Wenn sich die Ausgangsspannung VOX2 zwischen fett und mager umkehrt, enthält das anschließend zu erfassende Luft/Brennstoff-Verhältnis λ aus diesem Grund bereits einen Faktor einer großen Abweichung zur fetten oder mageren Seite hin. Die vom Fett- oder Mager-Integralbetrag λ_{IL} bzw. λ_{IR} durchgeführte feinfühligere Korrektur kann daher die Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ nicht wirksam unterdrücken. Da jedoch bei der vorstehend beschriebenen Wechsel-Übersprungsteuerung das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} bei der Umkehr der Ausgangsspannung VOX2 durch den ausreichend großen Fett- oder Mager Übersprungbetrag λ_{SKR} bzw. λ_{SKL} in überspringender Weise bzw. sprunghaft korrigiert wird, weicht das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ nicht stark ab, sondern wird während des stetigen Fahrtzustands nahe des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ mit schwacher Abweichung über diesem hinweg gehalten.

[0085] Wenn die gesättigte Adsorptionsmenge (OSTmin, OSTmax) aufgrund der Verschlechterung bzw. nachlassenden Wirkung des Dreiwege-Katalysators **13** herabgesetzt wird, wird ebenfalls hergeleitet, daß der Fett- oder Mager-Übersprungbetrag λ_{SKR} bzw. λ_{SKL} einen kleineren Wert aufweist, wie dies aus [Fig. 9](#) in Verbindung mit obiger Beschreibung hervorgeht. Folglich wird eine übermäßige Korrektur über die Adsorptionsgrenze des Dreiwege-Katalysators **13** hinaus, die einen Ausstoß schädlicher Komponenten hervorrufen würde, wirksam verhindert.

[0086] Nunmehr wird eine Reinigungssteuerung näher erläutert, die dann durchzuführen ist, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ beim Übergangs-Fahrzustand um ein gewisses Maß abweicht.

[0087] [Fig. 10](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms den Ablauf der Reinigungssteuerung, bei der es sich um eine dem Schritt **212** in [Fig. 4](#) entsprechende Unterroutine handelt.

[0088] In einem Anfangsschritt **401** überprüft die CPU **32**, ob ein Vorzeichen der im Schritt **207** in [Fig. 4](#) hergeleiteten Gesamt-Adsorptionsmenge OST positiv oder negativ ist. D.h., da die Adsorptionsmenge der schädlichen Komponenten im Dreiwege-Katalysator **13** aufgrund der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ vergrößert wird, wenn die Reinigungssteuerung durchgeführt wird, wird im Schritt **401** entschieden, ob die adsorbierten schädlichen Komponenten durch die Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ auf der mageren Seite oder der fetten Seite hervorgerufen werden.

[0089] Unter der Annahme, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ gemäß der Darstellung mittels einer durchgezogenen Kurve in [Fig. 6](#) zur mageren Seite hin verschoben ist, wird im Schritt **401** entschieden, daß das Vorzeichen positiv (mager) ist, worauf in einem Schritt **402** das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} um einen Fett-Reinigungskorrekturbetrag $\Delta\lambda_R$ ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} - \Delta\lambda_R$) verringert wird. Der Fett-Reinigungskorrekturbetrag $\Delta\lambda_R$ wird auf einen Wert eingestellt, der größer als die in der Wechsel-Übersprungsteuerung verwendeten Fett- und Mager-Übersprungbeträge λ_{SKR} bzw. λ_{SKL} ist. Als Folge davon wird das im Wechsel-Übersprungsteuerungsablauf eingestellte Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} durch den Fett-Reinigungskorrekturbetrag $\Delta\lambda_R$ weitgehend zur fetten Seite hin korrigiert, so daß das vom A/F-Sensor **26** erfaßte tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ ebenfalls zur fetten Seite hin korrigiert wird. Daraufhin wird in einem Schritt **403** ein momentaner Wert $M(i)$ der Materialkonzentration M aus dem vom A/F-Sensor **26** erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ unter Verwendung der Kennlinie der [Fig. 5](#) ermittelt, wie dies im Schritt **205** der [Fig. 4](#) durchgeführt wird. Anschließend wird in einem Schritt **404** aus der Materialkonzentration $M(i)$ und der Ansaug-Luftmenge $QA(i)$ unter Zugrundelegung der folgenden Gleichung eine Adsorptionsmenge OST(i) hergeleitet:

$$OST(i) = M(i) \times QA(i)$$

[0090] Weiterhin wird in einem Schritt **405** die im Schritt **207** in [Fig. 4](#) erhaltene Gesamt-Adsorptionsmenge OST um die im Schritt **404** erhaltene Adsorptionsmenge OST(i) aktualisiert ($OST \leftarrow OST + OST(i)$). Da das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis hinweg zur fetten Seite hin korrigiert wird, wird eine Polarität der Materialkonzentration $M(i)$ gemäß der Darstellung in [Fig. 5](#) negativ, so daß eine Polarität der Adsorptionsmenge OST(i) gleichfalls negativ wird. Als Folge davon wird die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **405** um die Adsorptionsmenge OST(i) verringert. Dies bedeutet, daß die Korrektur des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis hinweg zur fetten Seite hin die Adsorptionsmenge O₂ und NOx im Dreiwege-Katalysator **13** verringert. Diese Änderung der Adsorptionsmenge im Dreiwege-Katalysator **13** wird in diesem Reinigungssteuerungsablauf unter Zugrundelegung der vom A/F-Sensor **26** erfaßten Änderung im Luft/Brennstoff-Verhältnis λ geschätzt. Nachfolgend sei mit dem Begriff "Reinigung" ("purge") ein Phänomen bezeichnet, bei dem schädliche Komponenten im Dreiwege-Katalysator **13** durch die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerung so neutralisiert werden, daß die Adsorpti-

onsmenge reduziert wird.

[0091] Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **406**, bei dem überprüft wird, ob eine die Fett-Adsorptionsmenge angegebene Kennung XOSTR gesetzt ist oder nicht. Wenn die Kennung XOSTR gesetzt ist, bedeutet dies, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ vor der Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} im Schritt **402** fett ist. Da die Kennung XOSCR dieses Mal nicht gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **407**, bei dem überprüft wird, ob die im Schritt **405** ermittelte Gesamt-Adsorptionsmenge OST kleiner als ein Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL geworden ist. Falls dies im Schritt **407** verneint wird, wird die Durchführung der Schritte **403** bis **407** wiederholt, um die Gesamt-Adsorptionsmenge OST allmählich zu verringern. Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST kleiner als der Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **408**, bei dem das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} auf den vor seiner Korrektur im Schritt **402** vorliegenden Wert zurückgesetzt wird ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} + \Delta\lambda R$); der Steuerungsablauf ist daraufhin beendet. Als Folge davon wird die Adsorptionsmenge von O_2 (NOx) im Dreiwege-Katalysator **13** nach Beendigung dieses Reinigungssteuerungsablaufs beinahe auf den Wert 0 (Null) verringert.

[0092] In Anbetracht der Luftströmungs-Verzögerung in der Maschine **1** wird ein Zeitpunkt bzw. eine Zeitsteuerung der Beendigung der Reinigungssteuerung um drei Motorumdrehungen bezüglich desjenigen Zeitpunkts vorverlegt, zu dem das im Dreiwege-Katalysator **13** adsorbierte O_2 (NOx) vollständig gereinigt ist. Im einzelnen wird der Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL mittels folgender Gleichung hergeleitet:

$$OSTL = -M(i) \times QA(i) \times 3$$

[0093] In dieser Gleichung handelt es sich bei der Materialkonzentration $M(i)$ und der Ansaug-Luftmenge QA jeweils um die neuesten Daten während des Reinigungssteuerungsablaufs.

[0094] Da die Materialkonzentration $M(i)$ gemäß obiger Beschreibung in der Reinigungssteuerung einen negativen Wert aufweist und da der Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL einen positiven Wert hat, wie aus [Fig. 5](#) ersichtlich ist, ist das Vorzeichen der Materialkonzentration $M(i)$ in obiger Gleichung invertiert.

[0095] Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ demgegenüber zur fetten Seite hin verschoben ist, wie dies in [Fig. 6](#) mit einer Zweipunkt-Strich-Kurve angedeutet ist, wird die Reinigungssteuerung auf folgende Art und Weise durchgeführt:

Im Schritt **401** wird festgestellt, daß das Vorzeichen der Gesamt-Adsorptionsmenge OST negativ (fett) ist. Daraufhin wird in einem Schritt **409** die Kennung XOSTR gesetzt. Dies bedeutet, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ vor der in einem Folgeschritt **410** durchgeführten Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} fett ist. Im anschließenden Schritt **410** wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis hinweg um einen Mager-Reinigungskorrekturbetrag $\Delta\lambda L$ ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} + \Delta\lambda L$) zur mageren Seite hin korrigiert. Anschließend werden im Schritt **403** der momentane Wert $M(i)$ der Materialkonzentration M , im Schritt **404** die Adsorptionsmenge $OST(i)$ und im Schritt **405** die Gesamt-Adsorptionsmenge OST ermittelt, wie dies vorstehend erläutert wurde. Da das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ in diesem Reinigungssteuerungsablauf über das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis hinweg zur mageren Seite hin korrigiert wird, wird das jeweilige Vorzeichen der Materialkonzentration $M(i)$ bzw. der Adsorptionsmenge $OST(i)$ positiv. Folglich wird die Gesamt-Adsorptionsmenge OST um die im Schritt **404** hergeleitete Adsorptionsmenge $OST(i)$ erhöht. Da die Kennung XOSTR im Schritt **409** gesetzt worden ist, wird im anschließenden Schritt **406** dieses Mal eine positive Antwort erhalten, so daß der Ablauf zu einem Schritt **411** verzweigt, bei dem überprüft wird, ob die Gesamt-Adsorptionsmenge OST größer als ein Fett-Reinigungs-Beendigungswert OSTR ist. Der Fett-Reinigungs-Beendigungswert OSTR wird in gleicher Weise hergeleitet wie der Mager-Reinigungs-Beendigungswert OSTL. D.h., da die Materialkonzentration $M(i)$ während dieser Reinigungssteuerung einen positiven Wert aufweist und da der Fett-Reinigungsbeendigungswert OSTR, wie aus [Fig. 5](#) ersichtlich ist, einen negativen Wert hat, sollte das Vorzeichen der Materialkonzentration $M(i)$ zur Ermittlung des Fett-Reinigungs-Beendigungswerts OSTR ebenfalls invertiert sein.

[0096] Falls die im Schritt **411** erhaltene Antwort negativ ist, wird die Durchführung der Schritte **403** bis **406** und **411** zur Erhöhung der Gesamt-Adsorptionsmenge OST solange wiederholt, bis im Schritt **411** eine positive Antwort erhalten wird. Wenn im Schritt **411** eine positive Antwort erhalten wird, d.h., wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST größer als der Fett-Reinigungsbeendigungswert OSTR wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **412**, bei dem das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} auf denjenigen Wert ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} - \Delta\lambda L$) zurückgesetzt wird, der vor der Korrektur des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} im Schritt **410** vorgelegen hat. Der Ablauf verzweigt weiterhin zu einem Schritt **413**, bei dem die Kennung XOSTR zurückgesetzt bzw. gelöscht wird, und ist daraufhin beendet.

[0097] Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ gemäß vorstehender Beschreibung den Bereich zwischen dem Fettseiten-Grenzwert λ_{RL} und dem Magerseiten-Grenzwert λ_{LL} verläßt, werden die Schritte **205** bis **210** in **Fig. 4** solange wiederholt durchgeführt, bis die Abtastzeit T_α erreicht ist, um die Gesamtmenge der im Dreiwege-Katalysator **13** zu adsorbierenden schädlichen Komponenten zu ermitteln. Daraufhin wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} im Schritt **402** oder **410** im Reinigungssteuerungsablauf der **Fig. 10** in einer der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ entgegengesetzten Richtung weitgehend korrigiert, um die adsorbierten schädlichen Komponenten zu reinigen. Eine Änderung in der O_2 -Adsorptionsmenge im Dreiwege-Katalysator **13** wird mittels der Schritte **403** bis **407** oder **403** bis **411** unter Zugrundelegung einer Änderung im Luft/Brennstoff-Verhältnis λ geschätzt. Wenn die Adsorptionsmenge auf 0 (Null) zurückgesetzt wird, wird das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} im Schritt **408** oder **412** auf denjenigen Wert zurückgebracht, der vor der Korrektur im Schritt **402** oder **410** vorgelegen hat. Dies bedeutet, daß, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ zur fetten oder mageren Seite hin abweicht, das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ zu einer der Seite der Abweichung entgegengesetzten Seite hin korrigiert wird, um dadurch der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ entgegenzuwirken oder diese auszugleichen.

[0098] Demgemäß ist das Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem dieses Ausführungsbeispiels der Erfindung nicht nur in der Lage, das abgewichene Luft/Brennstoff-Verhältnis λ in gleicher Weise wie die herkömmlichen Systeme dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ anzunähern, sondern bewirkt darüberhinaus, daß das Adsorptionsvermögen des Dreiwege-Katalysators **13** durch Reinigung der adsorbierten schädlichen Komponenten wiederhergestellt wird. Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ erneut abweicht, stellt das voll wiederhergestellte Adsorptionsvermögen des Dreiwege-Katalysators **13** demzufolge sicher, daß die schädlichen Komponenten adsorbiert werden können. Weiterhin ist zu beachten, daß der stromab des Dreiwege-Katalysators **13** vorgesehene O_2 -Sensor **27** eine hohe Empfindlichkeit bekanntlich lediglich innerhalb eines schmalen Bereichs nahe des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ aufweist. Da das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ bei diesem Ausführungsbeispiel stromab des Dreiwege-Katalysators **13** jedoch durch Reinigung der schädlichen Komponenten im Abgas konstant in der Nähe des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ gehalten wird, wird erfindungsgemäß gleichwohl sichergestellt, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ unter Ausnutzung der hohen Empfindlichkeit des O_2 -Sensors **27** erfaßt werden kann.

[0099] Da die Gesamt-Adsorptionsmenge OST auf der Basis der Erfassungswerte des stromab des Dreiwege-Katalysators **13** vorgesehenen A/F-Sensors **26** hergeleitet wird, kann darüberhinaus ein hochgenauer Wert erhalten werden. D.h., wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stromab des Dreiwege-Katalysators **13** erfaßt wird, wird infolge des dem Dreiwege-Katalysator **13** innewohnenden, sogenannten Speichereffekts eine gewisse Zeit benötigt, bis sich eine Änderung im stromauf vorliegenden Luft/Brennstoff-Verhältnis λ im stromabseitig vorliegenden Luft/Brennstoff-Verhältnis λ widerspiegelt, so daß lediglich alte Daten erhalten werden. Bei Erfassung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ auf der stromauf gelegenen Seite wird die Reinigungssteuerung demgegenüber unter Zugrundelegung neuer Daten durchgeführt. Demgemäß ist beispielsweise der Schritt **407** oder **411** in der Lage, einen exakten Zeitpunkt der Beendigung der Reinigungssteuerung zu ermitteln, so daß verhindert wird, daß die Reinigungssteuerung zu lange oder zu kurz durchgeführt wird.

[0100] Nunmehr wird die Adsorptionsmengen-Lernroutine zum Aktualisieren der minimalen Adsorptionsmenge OSTmin und der maximalen Adsorptionsmenge OSTmax des Dreiwege-Katalysators **13**, die im Schritt **208** der **Fig. 4** und den Schritten **305** und **309** der **Fig. 7** verwendet werden, unter Bezugnahme auf die **Fig. 11** bis **Fig. 14** näher erläutert.

[0101] Im einzelnen zeigt **Fig. 11** ein Flußdiagramm einer Lernbeginn-Bestimmungsroutine, **Fig. 12** ein Flußdiagramm einer Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerungsroutine, **Fig. 13** ein Flußdiagramm einer Sättigungs-Bestimmungsroutine und **Fig. 14** ein Flußdiagramm einer Routine zum Herleiten einer gesättigten Adsorptionsmenge.

[0102] Die CPU **32** empfängt pro vorgegebenem Intervall ein Erfassungssignal aus einem (nicht gezeigten) Fahrzeuggeschwindigkeitssensor und die vorstehend genannten Steuerungsabläufe werden von der CPU **32** jedesmal dann durchgeführt, wenn das Fahrzeug jeweils 2000 km zurückgelegt hat, was unter Verwendung des Erfassungssignals aus dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor berechnet wird.

[0103] Gemäß **Fig. 11** überprüft die CPU **32** in einem Anfangsschritt **501**, ob die überwachte Ausgangsspannung VOX2 des O_2 -Sensors **27** innerhalb eines Bereichs liegt, der durch einen voreingestellten Fett-Grenzwert VRL und einen voreingestellten Mager-Grenzwert VLL ($VRL > \lambda = 1 > VLL$) definiert ist. Falls dies im Schritt **501** verneint wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **502**, da festgestellt wird, daß das Luft/Brennstoff-Ver-

hältnis λ soweit abgewichen ist, daß dieser Zustand für die Durchführung der Adsorptionsmengen-Lernroutine nicht geeignet ist. Im Schritt **502** wird ein Wartezeitähler TIN auf 0 (Null) zurückgesetzt. Anschließend verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **503**, bei dem eine Lern-Durchführungskennung XOSTG gelöscht wird.

[0104] Wenn im Schritt **501** demgegenüber festgestellt wird, daß die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** zwischen dem Fett-Grenzwert VRL und dem Mager-Grenzwert VLL liegt, wird der Wartezeitähler TIN in einem Schritt **504** um den Wert "1" inkrementiert und es wird in einem Folgeschritt **505** geprüft, ob der jeweilige Wert des Wartezeitählers TIN eine voreingestellte Wartezeit TINL überschreitet.

[0105] Wenn im Schritt **505** festgestellt wird, daß die Wartezeit TINL abgelaufen ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **506**, bei dem überprüft wird, ob sich die Maschine **1** im stetigen Fahrzustand befindet oder nicht. D.h., diese Entscheidung wird beispielsweise unter Zugrundelegung der vom Drehzahlsensor **25** überwachten Maschinendrehzahl Ne und dem vom Ansaugluft-Drucksensor **22** erfaßten Ansaug-Luftdruck PM getroffen. Im Schritt **506** wird dann eine positive Antwort erhalten, wenn diese überwachten Werte im wesentlichen konstant sind. Im Ansprechen auf eine positive Antwort im Schritt **506** verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **507**, bei dem überprüft wird, ob eine voreingestellte Lernintervallzeit T seit einem Zeitpunkt, bei dem die Lern-Durchführungskennung XOSTG gelöscht worden ist ($XOSTG = 1 \rightarrow 0$), abgelaufen ist. Falls im Schritt **507** festgestellt wird, daß die Lernintervallzeit T abgelaufen ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **508**, bei dem die Lern-Durchführungskennung XOSTG gesetzt wird, worauf dieser Steuerungsablauf beendet ist.

[0106] Wenn die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** demgegenüber den Bereich zwischen dem Fett-Grenzwert VRL und dem Mager-Grenzwert VLL verläßt, bevor in jedem der Schritte **505** bis **507** eine positive Antwort erhalten wird, führt der Steuerungsablauf die Schritte **502** und **503** durch, um die Verarbeitung vom Schritt **501** aus zu wiederholen.

[0107] Wenn die Lern-Durchführungskennung XOSTG im Schritt **508** der [Fig. 11](#) gesetzt wird, verzweigt der Steuerungsablauf gemäß [Fig. 12](#) von einem dort gezeigten Anfangsschritt **601** zu einem Schritt **602**, bei dem geprüft wird, ob ein Wert eines Korrekturdurchführungszählers Tc eine voreingestellte Fett-Korrekturzeit TR überschreitet, d.h., ob die Fett-Korrekturzeit TR abgelaufen ist. Falls im Schritt **602** festgestellt wird, daß die Fett-Korrekturzeit TR nicht abgelaufen ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **603**, bei dem das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λTG auf ein voreingestelltes Fett-Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λRT eingestellt wird. In einem anschließenden Schritt **604** wird der Korrekturdurchführungszähler Tc um den Wert "1" inkrementiert und der Ablauf kehrt zum Schritt **601** zurück. Folglich wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λTG gemäß der Darstellung in [Fig. 15](#) beim Fett-Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λRT , das sich bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ auf der fetten Seite befindet, solange festgehalten, bis die Fett-Korrekturzeit TR gemäß der diesbezüglichen Feststellung im Schritt **602** abgelaufen ist. Als Folge davon nehmen CO und HC im Abgas zu, um am Dreiwege-Katalysator **13** adsorbiert zu werden. Der O₂-Sensor **27** erzeugt in Abhängigkeit von der Adsorptionsmenge im Dreiwege-Katalysator **13** die Ausgangsspannung VOX2 auf der fetten Seite.

[0108] Wenn im Schritt **602** festgestellt wird, daß die Fett-Korrekturzeit abgelaufen ist, wird in einem Schritt **605** überprüft, ob der Wert des Korrekturdurchführungszählers Tc einen Wert überschreitet, der eine Summe aus der Fett-Korrekturzeit TR und einer voreingestellten Mager-Korrekturzeit TL ist, d.h., ob die Mager-Korrekturzeit TL nach Ablauf der Fett-Korrekturzeit TR abgelaufen ist. Falls dies im Schritt **605** verneint wird, wird das Luft/Brennstoff-Verhältnis λTG in einem Schritt **606** auf ein voreingestelltes Mager-Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λLT eingestellt. Daraufhin verzweigt der Ablauf zum Schritt **604**, bei dem der Korrekturdurchführungszähler Tc um "1" inkrementiert wird, und kehrt zum Schritt **601** zurück. Folglich wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λTG gemäß der Darstellung in [Fig. 15](#) bei dem sich bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ auf der mageren Seite befindenden Mager-Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λLT solange gehalten, bis die Mager-Korrekturzeit TL abgelaufen ist, was im Schritt **605** erfaßt wird. Als Folge davon nimmt O₂ im Abgas zu, um am Dreiwege-Katalysator **13** während der Fett-Korrektur adsorbiertes CO und HC zu reinigen, so daß die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** in die Nähe des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ zurückgebracht wird. Wenn die Summe aus der Fett-Korrekturzeit TR und der Mager-Korrekturzeit TL abgelaufen ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **607**, bei dem die Lern-Durchführungskennung XOSTG gelöscht wird, und wird daraufhin beendet.

[0109] Nachfolgend wird auf [Fig. 13](#) Bezug genommen; wenn die Lern-Durchführungskennung XOSTG im Schritt **508** der [Fig. 11](#) gesetzt wird, wird in einem Anfangsschritt **701** eine positive Antwort erhalten, so daß der Ablauf zu einem Schritt **702** verzweigt. Im Schritt **702** wird überprüft, ob die Ausgangsspannung VOX2 einen voreingestellten Sättigungs-Bestimmungspegel VSL übersteigt, der größer als der Fett-Grenzwert VRL im

Schritt **501** der [Fig. 11](#) eingestellt ist, und zwar aufgrund der im Schritt **603** der [Fig. 12](#) durchgeführten Fett-Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} . Wenn im Schritt **702** festgestellt wird, daß die Ausgangsspannung VOX2 den Sättigungs-Bestimmungspegel VSL nicht übersteigt, wird der Steuerungsablauf beendet. Wenn im Schritt **702** demgegenüber eine positive Antwort erhalten wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **703**, bei dem eine Sättigungs-Bestimmungskennung XOSTOV gesetzt wird, und wird daraufhin beendet. Der Sättigungs-Bestimmungspegel VSL wird so voreingestellt, daß er diejenige Ausgangsspannung VOX2 repräsentiert, die der O₂-Sensor **27** dann erzeugt, wenn der Dreiwege-Katalysator **13** gesättigt ist, d.h., wenn die Adsorptionsmenge von CO und HC die Adsorptionsgrenze überschreitet, so daß der Dreiwege-Katalysator **13** das adsorbierte CO und HC auszustoßen beginnt.

[0110] Nachfolgend wird auf [Fig. 14](#) Bezug genommen; wenn die Lern-Durchführungskennung XOSTG im Schritt **607** der [Fig. 12](#) gelöscht wird, verzweigt der Ablauf von einem Anfangsschritt **801** zu einem Schritt **802**, womit festgestellt wird, daß ein Durchlauf der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerung beendet worden ist. Im Schritt **802** wird überprüft, ob die Sättigungs-Bestimmungskennung XOSTOV gesetzt oder nicht. Wenn die Kennung XOSTOV nicht gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **803**, womit entschieden wird, daß die Adsorptionsmenge von CO und HC die Adsorptionsgrenze des Dreiwege-Katalysators **13** bei der letzten Durchführung der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerung nicht überschreitet. Im Schritt **803** werden die Fett-Korrekturzeit TR und die Mager-Korrekturzeit TL jeweils um eine voreingestellte Zeit Ta verlängert.

[0111] Nachfolgend wird erneut auf die [Fig. 11](#) und [Fig. 12](#) Bezug genommen; wenn die Lernintervallzeit T ausgehend von demjenigen Zeitpunkt, bei dem die Lern-Durchführungskennung XOSTG im Schritt **607** der [Fig. 12](#) gelöscht worden ist, abgelaufen ist, verzweigt der in [Fig. 11](#) dargestellte Ablauf vom Schritt **507** zum Schritt **508**, wodurch die Lern-Durchführungskennung XOSTG gesetzt wird. Folglich wird die in [Fig. 12](#) gezeigte Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerungsroutine erneut durchgeführt. Da die Fett-Korrekturzeit TR im Schritt **803** der [Fig. 14](#) um die hinzuaddierte Zeit Ta verlängert worden ist, wird die Adsorptionsmenge im Dreiwege-Katalysator **13** im Vergleich zu der bei der letzten Durchführung dieser Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerungsroutine erhöht. Da die Mager-Korrekturzeit TL gleichfalls um die addierte Zeit Ta verlängert worden ist, wird das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ zurückgeführt, wenn die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungssteuerung beendet ist. Wenn im Schritt **702** der [Fig. 13](#) weiterhin festgestellt wird, daß die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** den Sättigungs-Bestimmungspegel VSL nicht überschreitet, werden die Fett-Korrekturzeit TR und die Mager-Korrekturzeit TL im Schritt **803** der [Fig. 14](#) weiter verlängert. Wenn im Schritt **702** demgegenüber festgestellt wird, daß die Ausgangsspannung VOX2 den Sättigungs-Bestimmungspegel VSL übersteigt, wird die Sättigungs-Bestimmungskennung XOSTOV im Schritt **703** gesetzt.

[0112] Im Ansprechen auf das Setzen der Sättigungs-Bestimmungskennung XOSTOV im Schritt **703** verzweigt der Ablauf ausgehend vom Schritt **802** zu einem in [Fig. 14](#) gezeigten Schritt **804**, bei dem ein momentaner Wert der minimalen Adsorptionsmenge OSTmin von CO und HC im Dreiwege-Katalysator **13**, der gemäß obiger Beschreibung für das Fehlen des von CO und HC benötigten O₂ repräsentativ ist, unter Zugrundelegung folgender Gleichung hergeleitet:

$$OST_{min} = MR \times QA \times TR$$

[0113] In dieser Gleichung repräsentiert MR die dem Fett-Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{RT} entsprechende und demgemäß aus dem Fett-Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{RT} unter Verwendung der Kennlinie der [Fig. 5](#) hergeleitete Materialkonzentration M. Folglich hat MR einen negativen Wert, weshalb die minimale Adsorptionsmenge OSTmin ebenfalls einen negativen Wert annimmt.

[0114] Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **805**, bei dem ein momentaner Wert der maximalen Adsorptionsmenge OSTmax auf den Absolutwert der im Schritt **804** ermittelten minimalen Adsorptionsmenge OSTmin eingestellt wird, und wird anschließend beendet.

[0115] Die minimale Adsorptionsmenge OSTmin und die maximale Adsorptionsmenge OSTmax, die auf diese Weise hergeleitet worden sind, werden im Schritt **208** in [Fig. 4](#) und in den Schritten **305** und **309** der [Fig. 7](#) gemäß vorstehender Beschreibung verwendet. Demgemäß werden die Wechsel-Übersprungsteuerung und die Reinigungssteuerung auf der Basis minimaler und maximaler Adsorptionsmengen OSTmin bzw. OSTmax durchgeführt, die unter Berücksichtigung der Verschlechterung bzw. nachlassenden Wirkung des Dreiwege-Katalysators **13** derart auf den neuesten Stand gebracht werden, daß die Emission schädlicher Komponenten über einen langen Zeitraum wirksam verhindert wird.

[0116] Nachfolgend wird ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben.

[0117] Das zweite Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom ersten Ausführungsbeispiel in einer Reinigungssteuerung zum Einstellen des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} .

[0118] Die nachfolgende Beschreibung bezieht sich demgemäß auf die wesentlichen Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0119] [Fig. 16](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms einen Reinigungssteuerungsablauf gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel. Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel wird die Reinigungssteuerung konstant bzw. ständig durchgeführt, d.h. sowohl während des stetigen als auch des Übergangs-Fahrzustands. Folglich entspricht der in [Fig. 16](#) dargestellte Steuerungsablauf den in den [Fig. 4](#), [Fig. 7](#) und [Fig. 10](#) des ersten Ausführungsbeispiels gezeigten Steuerungsabläufen.

[0120] Gemäß [Fig. 16](#) wird in einem Anfangsschritt **901** ein momentaner Wert der Materialkonzentration $M(i)$ auf der Basis des vom A/F-Sensor **26** erfaßten tatsächlichen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda(i)$ unter Verwendung der in [Fig. 5](#) gezeigten Kennlinie hergeleitet. Daraufhin wird in einem Schritt **902** die Adsorptionsmenge $OST(i)$ unter Zugrundelegung der Materialkonzentration $M(i)$ und der Ansaug-Luftmenge $QA(i)$ hergeleitet. Anschließend wird in einem Schritt **903** die Gesamt-Adsorptionsmenge OST durch $OST \leftarrow OST + OST(i)$ berechnet, worauf in einem Schritt **904** überprüft wird, ob ein Vorzeichen der Gesamt-Adsorptionsmenge OST positiv oder negativ ist. Wenn das Vorzeichen positiv ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **905**, bei dem überprüft wird, ob die Gesamt-Adsorptionsmenge OST einen Magerseiten-Grenzwert αOST_{max} übersteigt. Der Wert OST_{max} ist die in der Adsorptionsmengen-Lernsteuerung im ersten Ausführungsbeispiel aktualisierte maximale Adsorptionsmenge, während der Koeffizient α unter Sicherheitsgesichtspunkten vorgesehen wird. Folglich wird der Magerseiten-Grenzwert αOST_{max} gemäß der Darstellung in [Fig. 17](#) so eingestellt, daß er ausreichend kleiner als die maximale Adsorptionsmenge OST_{max} ist. Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST den Magerseiten-Grenzwert αOST_{max} beim Schritt **905** nicht übersteigt, kehrt der Ablauf zum Schritt **901** zurück, womit festgestellt ist, daß die Adsorptionsmenge NO_x so gering ist, daß die Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} nicht erforderlich ist.

[0121] Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **905** demgegenüber den Magerseiten-Grenzwert αOST_{max} übersteigt, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **906**, wodurch festgestellt wird, daß die Adsorptionsmenge von NO_x möglicherweise soweit ansteigt, daß sie die maximale Adsorptionsmenge OST_{max} des Dreiwege-Katalysators **13** übersteigt. Folglich wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} im Schritt **906** auf einen voreingestellten Fett-Reinigungssollwert λ_{TGR} eingestellt. Daraufhin kehrt der Ablauf zum Schritt **901** zurück. Als Folge davon wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} gemäß der Darstellung in [Fig. 17](#) bei dem Fett-Reinigungssollwert λ_{TGR} gehalten, der sich bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ auf der fetten Seite befindet. Das tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ wird mit einer Verzögerung zur fetten Seite hin korrigiert, worauf die unter Zugrundelegung des korrigierten Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda(i)$ erhaltene Gesamt-Adsorptionsmenge OST über 0 (Null) hinaus zur fetten Seite hin korrigiert wird, d.h. zur negativen Seite.

[0122] Im Anschluß hieran wird die Gesamt-Adsorptionsmenge OST mittels der Schritte **901** bis **903** so aktualisiert, daß das Vorzeichen der Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **904** negativ wird. Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **907**, bei dem überprüft wird, ob die Gesamt-Adsorptionsmenge OST morgen unterhalb eines Fettseiten-Grenzwerts βOST_{min} liegt. Wie der Magerseiten-Grenzwert αOST_{max} wird auch der Absolutwert des Fettseiten-Grenzwerts βOST_{min} so eingestellt, daß er ausreichend kleiner ist als der der minimalen Adsorptionsmenge OST_{min} , der in der Adsorptionsmengen-Lernroutine beim ersten Ausführungsbeispiel aktualisiert wird. Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **907** nicht unterhalb des Fettseiten-Grenzwerts βOST_{min} liegt, kehrt der Ablauf zum Schritt **901** zurück, da festgestellt wird, daß die Adsorptionsmenge von CO und HC so gering ist, daß die Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} nicht erforderlich ist. Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **907** demgegenüber unterhalb des Fettseiten-Grenzwerts βOST_{min} liegt, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **908**, da festgestellt wird, daß die Adsorptionsmenge von CO und HC möglicherweise soweit ansteigt, daß sie einen Abfall der Gesamt-Adsorptionsmenge OST unter die minimale Adsorptionsmenge OST_{min} erlaubt. Folglich wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} im Schritt **908** auf einen voreingestellten Mager-Reinigungssollwert λ_{TGL} eingestellt. Daraufhin kehrt der Ablauf zum Schritt **901** zurück. Als Folge davon wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} gemäß der Darstellung in [Fig. 17](#) beim Mager-Reinigungssollwert λ_{TGL} gehalten, der sich bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ auf der mageren Seite befindet. Das tatsächliche Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ wird mit einer Verzögerung zur mageren Seite hin korrigiert, worauf die Ge-

samt-Adsorptionsmenge OST über 0 (Null) hinaus zur mageren Seite hin korrigiert wird, d.h. zur positiven Seite.

[0123] Gemäß vorstehender Beschreibung wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} jedesmal dann, wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST den Bereich zwischen dem Magerseiten-Grenzwert α_{OSTmax} und dem Fettseiten-Grenzwert β_{OSTmin} verläßt, abwechselnd zwischen dem Fett-Reinigungssollwert λ_{TGR} auf der fetten Seite und dem Mager-Reinigungssollwert λ_{TGL} auf der mageren Seite invertiert bzw. umgeschaltet. Als Folge davon wird die Gesamt-Adsorptionsmenge OST zwischen der maximalen und minimalen Adsorptionsmenge OST_{max} und OST_{min} mit ausreichenden Rändern bzw. Abständen von diesen gesteuert, während sie zwischen der mageren und fetten Seite schwankt. Folglich hält der Dreiwege-Katalysator **13** sein Adsorptionsvermögen beständig größer als ein vorgegebener Wert, um die schädlichen Komponenten während der einer Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ nachfolgenden Zeit zu adsorbieren, so daß die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad der Reinigung deutlich verbessert wird.

[0124] Nunmehr wird ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

[0125] Das dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom ersten Ausführungsbeispiel durch eine Lernsteuerung, bei der das vom A/F-Sensor **26** stromaufseitig erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ immer dann als stöchiometrisches Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ gelernt bzw. verwendet wird, wenn sich das vom O_2 -Sensor **27** stromab des Dreiwege-Katalysators **13** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ annähert.

[0126] In der nachfolgenden Beschreibung wird hauptsächlich auf die wesentlichen Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel Bezug genommen.

[0127] [Fig. 18](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms eine Wechsel-Übersprungsteuerungsroutine gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel, [Fig. 19](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms eine Lernbeginn-Bestimmungsroutine gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel, [Fig. 20](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms eine Durchschnittsbildungsroutine für das vom A/F-Sensor **26** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel und [Fig. 22](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms eine $\lambda = 1$ Lernroutine gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel.

[0128] Der in [Fig. 18](#) gezeigte Steuerungsablauf entspricht mit Ausnahme von Schritten **951** und **952**, die neu hinzugefügt sind, der Wechsel-Übersprungsteuerungsroutine der [Fig. 7](#) beim ersten Ausführungsbeispiel. Wenn im Schritt **302** auf der Basis der Ausgangsspannung VOX2 des O_2 -Sensors **27** entschieden wird, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ bezüglich des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ von fett nach mager gewechselt hat bzw. invertiert worden ist, verzweigt der Ablauf über den Schritt **305** zum Schritt **306**, bei dem das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} in überspringender Art zur rechten Seite hin korrigiert wird, worauf zu einem Schritt **951** verzweigt wird, bei dem ein Übersprunganzahl-Zähler CSKIP zum Zählen der Anzahl von Übersprung-Korrekturen um "1" inkrementiert wird. Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ beim Schritt **307** von mager nach fett invertiert worden ist, verzweigt der Ablauf in ähnlicher Weise über den Schritt **309** zum Schritt **310**, bei dem das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} in überspringender Weise zur mageren Seite hin korrigiert wird, worauf zu einem Schritt **952** verzweigt wird, bei dem der Übersprunganzahl-Zähler CSKIP um "1" inkrementiert wird. Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stromab des Dreiwege-Katalysators **13** zwischen fett und mager umgeschaltet wird, so daß die Übersprung-Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} durchgeführt wird, wird der Übersprunganzahl-Zähler CSKIP auf diese Weise in Einerstufen bzw. jeweils um den Wert eins inkrementiert.

[0129] Nunmehr wird auf [Fig. 19](#) Bezug genommen; in einem Anfangsschritt **1001** wird überprüft, ob die Ausgangsspannung VOX2 des O_2 -Sensors **27** innerhalb eines Bereichs liegt, der durch einen voreingestellten Fettseiten-Grenzwert VRL und einen voreingestellten Magerseiten-Grenzwert VLL definiert ist ($VRL > \lambda = 1 > VLL$). Wenn dies im Schritt **1001** verneint wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1002**, womit entschieden ist, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stromab des Dreiwege-Katalysators **13** stark schwankt, so daß es für die Durchführung der $\lambda = 1$ Lernroutine nicht geeignet ist. Im Schritt **1002** wird ein Wartezeit-Zähler CNIT zurückgesetzt und eine Lern-Durchführungskennung XNET gelöscht, worauf der Ablauf beendet ist.

[0130] Wenn die Antwort im Schritt **1001** demgegenüber positiv ist, d.h., wenn die Ausgangsspannung VOX2 zwischen dem Fettseiten-Grenzwert VRL und dem Magerseiten-Grenzwert VLL liegt, schreitet der Ablauf zu einem Schritt **1003**, bei dem der Wartezeit-Zähler um "1" inkrementiert wird, worauf bei einem Folgeschritt **1004** überprüft wird, ob der Wert des Wartezeit-Zählers CNIT **20** Sekunden erreicht hat. Wenn im Schritt **1004**

20 Sekunden erreicht worden sind, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1005**, womit entschieden worden ist, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stromab des Dreiwege-Katalysators **13** ausreichend stabil ist, um die $\lambda = 1$ -Lernroutine durchführen zu können. Im Schritt **1005** wird die Lern-Durchführungskennung XNET gesetzt und der Steuerungsablauf ist damit beendet.

[0131] Gemäß [Fig. 20](#) wird die Durchschnittsbildungs-Routine alle 8 Millisekunden durchgeführt, d.h. zu jedem Zeitpunkt, zu dem das vom A/F-Sensor **26** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ von der CPU **32** eingelesen wird.

[0132] Bei der nachstehenden Erläuterung wird nunmehr angenommen, daß ein Punkt A in [Fig. 21](#) ein Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i-1)$ repräsentiert, das bei der letzten bzw. vorhergehenden Durchführung dieser Routine eingelesen worden ist, daß weiterhin ein an einer mageren Position als der Punkt A befindlicher Punkt B ein momentanes Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ repräsentiert und daß eine Fettseiten-Änderungskennung XAFR gelöscht ist. Die Fettseiten-Änderungskennung XAFR gibt, sofern sie gesetzt ist, an, daß sich das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ bei der letzten Durchführung dieser Routine zur fetten Seite hin geändert hat.

[0133] Wenn die Antwort bei einem Schritt **1101** in [Fig. 20](#) positiv ist, d.h., wenn die Lern-Durchführungskennung XNET im Schritt **1005** der [Fig. 19](#) gesetzt worden ist, wird in einem Schritt **1102** überprüft, ob $\lambda(i) - \lambda(i-1)$ gleich oder größer als 0 (Null) ist. Da der Wert von $\lambda(i) - \lambda(i-1)$ dieses Mal größer als 0 ist, wird im Schritt **1102** eine positive Antwort erhalten (mager), so daß der Ablauf zu einem Schritt **1103** verzweigt, bei dem überprüft wird, ob die Fettseiten-Änderungskennung XAFR gelöscht ist. Da die Fettseiten-Änderungskennung XAFR gemäß obiger Beschreibung gelöscht ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1104**, womit entschieden wird, daß $\lambda(i-1)$ kein Spitzenwert ist, da sich sowohl $\lambda(i-1)$ als auch $\lambda(i)$ zur mageren Seite hin geändert haben. Im Schritt **1104** wird im RAM **34** $\lambda(i)$ als $\lambda(i-1)$ für eine nachfolgende Durchführung dieser Routine gespeichert.

[0134] Wenn daraufhin bei einem Punkt C in [Fig. 21](#) ein neues Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ eingelesen wird, wird im Schritt **1102** diesmal eine negative Antwort erhalten (fett), so daß der Ablauf zu einem Schritt **1105** verzweigt, bei dem überprüft wird, ob die Fettseiten-Änderungskennung XAFR gesetzt ist. Da die Fettseiten-Änderungskennung XAFR gelöscht ist, wird im Schritt **1105** eine negative Antwort erhalten (Wechsel bzw. Inversion), so daß der Ablauf zu einem Schritt **1106** verzweigt, da nunmehr entschieden ist, daß $\lambda(i-1)$ (Punkt B) ein Spitzenwert ist, da $\lambda(i-1)$ zur mageren Seite (zum Punkt B) hin geändert worden ist, während $\lambda(i)$ zur fetten Seite (zum Punkt C) hin geändert worden ist. Im Schritt **1106** wird die Fettseiten-Änderungskennung XAFR gesetzt. Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1107**, bei dem ein zentrales Luft/Brennstoff-Verhältnis AFcenter durch Bildung des Durchschnitts von $\lambda(i-1)$ (Punkt B) und einem im RAM **34** gespeicherten neuesten Spitzenwert λ_{BFP} hergeleitet wird. Der letzte Spitzenwert λ_{BFP} repräsentiert denjenigen Spitzenwert, bei dem das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ das letzte Mal zur fetten Seite hin geändert worden ist. In einem Folgeschritt **1108** wird der Einfluß des zentralen Luft/Brennstoff-Verhältnisses AFcenter um ein letztes mittleres Luft/Brennstoff-Verhältnis AFcenterAV gedämpft bzw. abgeschwächt, um ein momentanes mittleres Luft/Brennstoff-Verhältnis AFcenterAV zu erhalten. Daraufhin wird in einem Schritt **1109** im RAM **34** $\lambda(i-1)$ (Punkt B) als neuester Spitzenwert λ_{BFP} gespeichert, worauf diese Routine über den vorhergehenden Schritt **1104** beendet wird.

[0135] Wenn demgegenüber im Schritt **1103** ermittelt wird, daß ein Wechsel von fett nach mager stattgefunden hat, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1110**, bei dem die Fettseiten-Änderungskennung XAFR gelöscht wird. Anschließend verzweigt der Ablauf zum Schritt **1107**, bei dem das zentrale Luft/Brennstoff-Verhältnis AFcenter hergeleitet wird, und daraufhin zum Schritt **1108**, bei dem das mittlere Luft/Brennstoff-Verhältnis AFcenterAV erhalten wird.

[0136] Durch die vorstehend beschriebene Vergleichmäßigungs-Routine wird die vom A/F-Sensor **26** erfaßten sägezahnförmige Schwankung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ eliminiert, so daß die nachstehend im Detail erläuterte $\lambda = 1$ -Lernroutine zuverlässiger durchgeführt werden kann.

[0137] Gemäß [Fig. 22](#) wird in einem Anfangsschritt **1201** geprüft, ob die Lern-Durchführungskennung XNET gesetzt ist. Falls dies im Schritt **1201** verneint wird, d.h., falls die Lern-Durchführungskennung XNET im Schritt **1005** in [Fig. 19](#) nicht gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1202**, der einen Übersprung-Zeitähler CCEN sowie den vorstehend erwähnten Übersprunganzahl-Zähler CSKIP zurücksetzt, worauf der Steuerungsablauf beendet ist, d.h., die $\lambda = 1$ -Lernroutine wird nicht durchgeführt.

[0138] Wenn im Schritt **1201** demgegenüber festgestellt wird, daß die Lern-Durchführungskennung XNET ge-

setzt ist, d.h., wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stromab des Dreiwege-Katalysators **13** ausreichend stabil ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1203**, bei dem der Übersprungetzeitähler CCEN um "1" inkrementiert wird. Anschließend wird in einem Schritt **1204** überprüft, ob ein Wert des Übersprungetzeitählers CCEN **10** Sekunden erreicht hat. Wenn der Wert des Übersprungetzeitählers CCEN noch nicht 10 Sekunden erreicht hat, wird in einem Schritt **1205** überprüft, ob der Wert des Übersprungetanzahl-Zählers CSKIP gleich oder größer als 10 ist.

[0139] Wenn der Wert des Übersprungetzeitählers CCEN im Schritt **1204** 10 Sekunden erreicht, bevor der Wert des Übersprungetanzahl-Zählers CSKIP den Wert **10** erreicht, wird der Steuerungsablauf beendet. D.h., wenn die Anzahl der Übersprunget-Korrekturen pro Zeiteinheit so klein wie oben ist, kann festgestellt werden, daß der Wechsel des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ zwischen fett und mager auf der stromabgelegenen Seite nicht häufig ist, so daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromabgelegenen Seite nicht konvergiert wird, um sich dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ anzunähern.

[0140] Das auf der stromauf gelegenen Seite vom A/F-Sensor **26** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ enthält bekanntlich einen Fehler, der durch verschiedene Faktoren hervorgerufen wird, wie z.B. durch eine individuelle Charakteristik bzw. Kennlinie oder einen verschlechterten Zustand des Sensors, eine Strömungsrate des Abgases oder einen Auftreffzustand des Abgases auf den Sensor. Demgegenüber konnte erfindungsgemäß bestätigt werden, daß das auf der stromabgelegenen Seite vom O₂-Sensor **27** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ ohne einen derartigen Fehler korrekt aufzeigt, ob das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ innerhalb eines Fensters des stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda = 1$ gesteuert wird. Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromabgelegenen Seite dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ gemäß vorstehender Beschreibung nicht angenähert wird, kann folglich angenommen werden, daß sich das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromaufgelegenen Seite dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ nicht annähert.

[0141] Wenn der Wert des Übersprungetanzahl-Zählers CSKIP im Schritt **1205** demgegenüber gleich oder größer als 10 wird, bevor der Wert des Übersprungetzeitählers CCEN beim Schritt **1204** den Zählstand **10** Sekunden erreicht, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1206**. Wenn die Anzahl der Übersprunget-Korrekturen pro Zeiteinheit wie oben groß ist, kann ermittelt werden, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromabgelegenen Seite häufig zwischen fett und mager wechselt, um dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ angenähert zu werden. Folglich kann dieses Mal angenommen werden, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromauf gelegenen Seite zur Annäherung an das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ konvergiert wird. Aus diesem Grund wird im Schritt **1206** dieses Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromauf gelegenen Seite, d.h. das in der vorstehenden Durchschnittsbildungs-Routine hergeleitete mittlere Luft/Brennstoff-Verhältnis AFcenterAV, als der den $\lambda = 1$ -Punkt repräsentierende Wert gelernt bzw. übernommen ($AF\lambda = 1 \leftarrow AFcenterAV$).

[0142] Bei diesem Ausführungsbeispiel wird das vom A/F-Sensor erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ unter Zugrundelegung des auf diese Weise gelernten Werts $AF\lambda = 1$ korrigiert, wobei dieses korrigierte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ beispielsweise im Schritt **205** der [Fig. 4](#) und im Schritt **403** der [Fig. 10](#) zur Ermittlung der Materialkonzentration $M(i)$ herangezogen wird. Folglich wird der vorstehend genannte Fehler des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ auf der stromaufgelegenen Seite wirksam eliminiert, so daß die Gesamt-Adsorptionsmenge OST mit hoher Genauigkeit hergeleitet wird, was es ermöglicht, die Reinigungssteuerung dieser hochzuverlässigen Gesamt-Adsorptionsmenge OST durchzuführen. Als Folge davon werden beispielsweise solche Situationen wirksam verhindert, bei denen die Reinigungssteuerung zur Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisse λ_{TG} zur mageren Seite hin durchgeführt wird, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis tatsächlich zur mageren Seite hin verschoben ist, oder bei denen der Reinigungs-Beendigungszeitpunkt nicht präzise ermittelt werden kann, was zu einer zu langen oder zu kurzen Korrektur führt.

[0143] Nachstehend wird ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

[0144] Das vierte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom ersten Ausführungsbeispiel in einem Verarbeitungsablauf zum Verhindern einer Reinigung, bei dem vor dem Start der Reinigung unter Zugrundelegung des vom O₂-Sensors **27** erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ auf der stromabgelegenen Seite entschieden wird, ob eine Richtung der durchzuführenden Reinigung korrekt oder falsch ist, sowie durch einen Verarbeitungsablauf zum Anhalten der Reinigung, bei dem während der Durchführung der Reinigung unter Zugrundelegung des vom O₂-Sensors **27** erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ auf der stromabgelegenen Seite ermittelt wird, ob eine Richtung der durchzuführenden Reinigung korrekt oder falsch ist.

[0145] Bei der nachfolgenden Beschreibung wird hauptsächlich auf die wesentlichen Unterschiede gegenü-

ber dem ersten Ausführungsbeispiel eingegangen.

[0146] **Fig. 23** zeigt anhand eines Flußdiagramms eine Reinigungssteuerungsroutine gemäß dem vierten Ausführungsbeispiel, die der Reinigungssteuerungsroutine der **Fig. 10** des ersten Ausführungsbeispiels mit Ausnahme von Schritten **1301** bis **1304** entspricht, die neu hinzugefügt sind.

[0147] Wie beim ersten Ausführungsbeispiel wird zu einem Zeitpunkt, bei dem dieser Steuerungsablauf durchgeführt wird (ein in **Fig. 24** oder **Fig. 25** mit T1 bezeichneter Zeitpunkt), die von der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ hervorgerufene Gesamt-Adsorptionsmenge OST beim Schritt **207** in **Fig. 4** hergeleitet.

[0148] Es sei nun angenommen, daß das vom A/F-Sensor **26** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis auf der stromauf gelegenen Seite gemäß der Darstellung in **Fig. 24** zur mageren Seite hin abgewichen ist. In einem Schritt **401** in **Fig. 23** wird überprüft, ob ein Vorzeichen der Gesamt-Adsorptionsmenge OST positiv oder negativ ist. Da das Vorzeichen dieses Mal positiv ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1301**, bei dem überprüft wird, ob die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** gleich groß wie oder größer als ein voreingestellter Fettseiten-Grenzwert VRL ist. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1301** kleiner als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist, werden der Schritt **402** und die nachfolgenden Schritte wie beim ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt, um die Reinigung durch Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} zur fetten Seite hin so durchzuführen, daß die im Dreibege-Katalysator **13** adsorbierten schädlichen Komponenten gereinigt werden. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 demgegenüber gleich groß wie oder größer als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist, wird der Ablauf ohne Durchführung des Schritts **402** und der nachfolgenden Schritte beendet.

[0149] Da das vom O₂-Sensor **27** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromabgelegenen Seite einen zuverlässigen Wert enthält, ist es möglich, wie bereits beim vorstehenden dritten Ausführungsbeispiel beschrieben wurde, den Adsorptionszustand der dem Dreibege-Katalysator **13** zugeführten schädlichen Komponenten unter Zugrundelegung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ auf der stromabgelegenen Seite vorherzusagen. Folglich dient die Verarbeitung im Schritt **1301** zur Bestätigung, ob eine Richtung der durchzuführenden Säuberung im Schritt **402** korrekt ist oder nicht. D.h., wenn die Ausgangsspannung VOX2 kleiner als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß das Vorzeichen der tatsächlichen Gesamt-Adsorptionsmenge OST positiv ist, wie dies in **Fig. 24** mit einer durchgehenden Linie angedeutet ist. Dies bedeutet, daß die Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} zur fetten Seite hin, d.h. die im Schritt **402** durchzuführende Reinigung zur rechten Seite hin, die adsorbierten schädlichen Komponenten reinigen kann, um die Gesamt-Adsorptionsmenge OST zu verringern. Folglich ermöglicht der Schritt **1301** die Durchführung der Reinigung im Schritt **402**, da festgestellt wird, daß eine Richtung der Reinigung korrekt ist. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 demgegenüber gleich groß wie oder größer als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß das Vorzeichen der tatsächlichen Gesamt-Adsorptionsmenge OST negativ ist, wie dies in **Fig. 24** durch eine Zweipunkt-Strich-Linie angedeutet ist, so daß die im Schritt **402** durchzuführende Reinigung zur fetten Seite hin den Absolutwert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST vergrößert. Folglich verhindert der Schritt **1301** die Durchführung der Reinigung im Schritt **402**, da festgestellt wird, daß eine Richtung der Reinigung falsch ist.

[0150] Wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ auf der stromaufgelegenen Seite andererseits zur fetten Seite hin abgewichen ist, so daß im Schritt **401** ein negatives Vorzeichen der Gesamt-Adsorptionsmenge OST ermittelt wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1302**, bei dem überprüft wird, ob die Ausgangsspannung VOX2 kleiner als ein voreingestellter Magerseiten-Grenzwert VLL ist. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1302** gleich groß wie oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL ist, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß das Vorzeichen der tatsächlichen Gesamt-Adsorptionsmenge OST negativ ist, so daß die Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} zur mageren Seite hin, d.h. die im Schritt **410** durchzuführende Reinigung zur mageren Seite hin, den Absolutwert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST verringern kann. Folglich ermöglicht der Schritt **1302** die Durchführung der Reinigung beim Schritt **410**, da festgestellt wird, daß eine Richtung der Reinigung korrekt ist. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Gegensatz hierzu im Schritt **1302** kleiner als der Magerseiten-Grenzwert VLL ist, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß das Vorzeichen der tatsächlichen Gesamt-Adsorptionsmenge OST positiv ist, so daß die im Schritt **410** durchzuführende Reinigung zur mageren Seite die Gesamt-Adsorptionsmenge OST vergrößert. Demgemäß verhindert der Schritt **1302** die Durchführung der Reinigung beim Schritt **410**, da erkannt wird, daß eine Richtung der Reinigung falsch ist.

[0151] Selbst wenn im Schritt **401** das Vorzeichen der Gesamt-Adsorptionsmenge OST aufgrund des Erfassungsfehlers des A/F-Sensors **26** falsch beurteilt wird, verhindert der Schritt **1301** oder **1302** aufgrund der vor-

stehend erläuterten Wirkung die Reinigung in der gleichen Richtung wie das Vorzeichen der tatsächlichen Gesamt-Adsorptionsmenge OST, so daß eine Erhöhung des Absolutwerts der Gesamt-Adsorptionsmenge OST wirksam verhindert wird.

[0152] Wenn die Reinigung zur fetten Seite hin im Schritt **402** begonnen wird, wie dies in [Fig. 25](#) mit einer durchgezogenen Linie angedeutet ist, wird die Gesamt-Adsorptionsmenge OST über die Schritte **403** bis **405** hergeleitet. Anschließend verzweigt der Ablauf über den Schritt **406** zu einem Schritt **1303**, bei dem überprüft wird, ob die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** gleich groß wie oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL ist. Falls dies im Schritt **1303** verneint wird, d.h., wenn die Ausgangsspannung VOX2 kleiner als der Magerseiten-Grenzwert VLL ist, wird im Schritt **407** wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels überprüft, ob die Gesamt-Adsorptionsmenge OST kleiner wird als der Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL. Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST gleich groß wie oder größer als der Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL ist, kehrt der Ablauf zum Schritt **403** zurück. Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST demgegenüber kleiner als der Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL ist, wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} im Schritt **408** zur mageren Seite hin korrigiert, d.h., im Schritt **408** wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} auf den vor der Korrektur beim Schritt **402** vorliegenden Wert zurückgesetzt, worauf die Reinigung zur fetten Seite hin beendet ist.

[0153] Wenn die Ausgangsspannung VOX2 demgegenüber im Schritt **1303** gleich groß oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL wird, bevor die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **407** kleiner als der Mager-Reinigungsbeendigungswert OSTL wird, wird die Reinigung zur fetten Seite hin im Schritt **408** sofort gestoppt oder angehalten.

[0154] Die Verarbeitung im Schritt **1303** dient zum Überwachen einer Verzögerung in der Reinigungs-Beendigungsermittlung im Schritt **407**. D.h., wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1303** kleiner als der Magerseiten-Grenzwert VLL ist, wird dem Schritt **407** vom Schritt **1303** erlaubt festzulegen, ob die Reinigung fortzusetzen oder zu beenden ist, da festgestellt, daß sich die tatsächliche Gesamt-Adsorptionsmenge OST noch nicht in die Nähe von 0 (Null) verringert hat, so daß es besser ist, diese Entscheidung dem Schritt **407** zu überlassen. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 andererseits gleich groß oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL wird (zu einem in [Fig. 25](#) mit T2 bezeichneten Zeitpunkt), hat sich die tatsächliche Gesamt-Adsorptionsmenge OST bereits auf den Wert 0 (Null) verringert, wie dies in [Fig. 25](#) mittels einer durchgezogenen Linie angedeutet ist. Folglich wird im Schritt **1303** entschieden, daß die Reinigungs-Beendigungsbestimmung im Schritt **407** verzögert ist. Aus diesem Grund wird im Schritt **1303** die Reinigung im Schritt **408** unmittelbar angehalten, da die weitere Reinigung in einer falschen Richtung durchgeführt wird, was den Absolutwert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST entsprechend vergrößert.

[0155] Wenn andererseits im Schritt **410** die Reinigung zur mageren Seite hin begonnen wird, verzweigt der Ablauf über die Schritte **403** bis **406** zu einem Schritt **1304**, bei dem überprüft wird, ob die Ausgangsspannung VOX2 kleiner als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1304** gleich groß wie oder größer als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist, wird im Schritt **411** wie im Falle des ersten Ausführungsbeispiels überprüft, ob die Gesamt-Adsorptionsmenge OST größer als der Fett-Reinigungsbeendigungswert OSTR wird, d.h., ob der Absolutwert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST kleiner als der Absolutwert des Fett-Reinigungsbeendigungswerts OSTR wird. Wenn die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **411** größer als der Fett-Reinigungsbeendigungswert OSTR ist, wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} im Schritt **412** zur fetten Seite hin korrigiert, d.h. im Schritt **412** wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} auf den vor der Korrektur im Schritt **410** vorhandenen Wert zurückgesetzt, so daß die Reinigung beendet ist.

[0156] Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1304** demgegenüber kleiner als der Fettseiten-Grenzwert VRL wird, bevor die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Schritt **411** größer als der Fett-Reinigungsbeendigungswert OSTR wird, wird im Schritt **1304** die Reinigung im Schritt **412** unverzüglich angehalten, da festgestellt wird, daß sich der Absolutwert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST bereits nahezu auf 0 (Null) verringert hat, so daß in der Reinigungs-Beendigungsbestimmung beim Schritt **411** eine Verzögerung hervorgerufen wird, weshalb eine weitere Reinigung in der falschen Richtung durchgeführt werden würde.

[0157] Wenn die Verzögerung in der Reinigungs-Beendigungsbestimmung im Schritt **407** oder **411** aufgrund des Erfassungsfehlers des A/F-Sensors **26** hervorgerufen wird, wird die Reinigung folglich dann angehalten, wenn sich die tatsächliche Gesamt-Adsorptionsmenge OST eng an 0 (Null) annähert, so daß eine Erhöhung des Absolutwerts der Gesamt-Adsorptionsmenge OST wirksam verhindert wird, die andernfalls aufgrund der fortgesetzten Reinigung in der falschen Richtung hervorgerufen werden würde.

[0158] Gemäß vorstehender Beschreibung wird bei diesem vierten Ausführungsbeispiel durch Vergleich der Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** mit dem Fettseiten- und Magerseiten-Grenzwert VRL bzw. VLL vor Beginn der Reinigung entschieden, ob eine Richtung der durchzuführenden Reinigung korrekt ist. Wenn sie falsch ist, wird die Durchführung der Reinigung verhindert. In ähnlicher Weise wird während der Durchführung der Reinigung überprüft, ob eine Richtung der durchgeführten Reinigung korrekt ist. Wenn sie falsch ist, wird die Durchführung der Reinigung gestoppt oder angehalten. Als Folge davon werden die adsorbierten schädlichen Komponenten mit hoher Zuverlässigkeit gereinigt.

[0159] Nunmehr wird ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben.

[0160] Das fünfte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom ersten Ausführungsbeispiel darin, daß der Start und die Beendigung der Reinigung unter Zugrundelegung der Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** festgelegt werden, und zwar ohne die Gesamt-Adsorptionsmenge OST im Dreibege-Katalysator **13** zu ermitteln.

[0161] In der nachfolgenden Beschreibung wird im wesentlichen lediglich auf die Unterschiede gegenüber dem ersten Ausführungsbeispiel eingegangen.

[0162] [Fig. 26](#) zeigt anhand eines Flußdiagramms einen Reinigungssteuerungsablauf gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel, der anstelle der Steuerungsabläufe der [Fig. 4](#) und [Fig. 10](#) beim ersten Ausführungsbeispiel durchgeführt wird.

[0163] Es sei nun angenommen, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stromauf des Dreibege-Katalysators **13** im wesentlichen stabil ist und unter Annäherung an das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ konvergiert. In einem Anfangsschritt **1401** wird überprüft, ob das vom A/F-Sensor **26** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ innerhalb eines Bereichs konvergiert, der durch einen voreingestellten Fettseiten-Grenzwert λ_{RL} und einen voreingestellten Magerseiten-Grenzwert λ_{LL} definiert ist ($\lambda_{RL} < \lambda = 1 < \lambda_{LL}$). Da im Schritt **1401** dieses Mal eine positive Antwort erhalten wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1402**, bei dem überprüft wird, ob eine Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungskennung XOSAR gesetzt ist. Falls sie gesetzt ist, gibt die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungskennung XOSAR an, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stark abweicht oder schwankt. Da die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungskennung XOSAR gelöscht ist, wird dieser Steuerungsablauf beendet. D.h., wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ unter Annäherung an das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ konvergiert, wird angenommen, daß die Adsorptionsmenge der schädlichen Komponenten so gering ist, daß das Adsorptionsvermögen des Dreibege-Katalysators **13** nicht beeinflusst wird. Folglich wird die Reinigung nicht durchgeführt.

[0164] Wenn demgegenüber das stromaufseitige Luft/Brennstoff-Verhältnis λ stark abweicht, verzweigt der Ablauf vom Schritt **1401** zu einem Schritt **1403**, bei dem die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungskennung XOSAR gesetzt und ein Wartezeitähler CCNT zurückgesetzt wird. Wenn sich das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ erneut dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ annähert, wird im Schritt **1402** dieses Mal folglich eine positive Antwort erhalten, da die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungskennung XOSAR im Schritt **1403** gesetzt worden ist. Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1404**, bei dem der Wartezeitähler CCNT um "1" inkrementiert wird. Daraufhin wird in einem Schritt **1405** überprüft, ob der Wert bzw. Zählstand des Wartezeitählers CCNT 1 Sekunde erreicht hat.

[0165] Falls dies im Schritt **1405** bejaht wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1406**, da nunmehr festgestellt ist, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ ausreichend stabil ist, um die Durchführung der Reinigung zu ermöglichen. Im Schritt **1406** wird überprüft, ob die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** kleiner als ein voreingestellter Magerseiten-Grenzwert VLL ist.

[0166] Wie bereits anhand des dritten Ausführungsbeispiels erläutert wurde, zeigt sich, daß das stromabseitige, vom O₂-Sensor **27** erfaßte Luft/Brennstoff-Verhältnis λ im Vergleich zum stromaufseitigen, vom A/F Sensor **26** erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnis λ einen zuverlässigen Wert aufweist. Folglich ist es möglich, den Adsorptionszustand der schädlichen Komponenten zum Dreibege-Katalysator **13** unter Zugrundelegung des vom O₂-Sensor **27** erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ vorherzusagen oder zu schätzen. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** gemäß der Darstellung in [Fig. 27](#) im Schritt **1406** kleiner als der Magerseiten-Grenzwert VLL ist, wird angenommen, daß die schädlichen Komponenten auf der mageren Seite, wie z.B. NO_x, aufgrund der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ zur mageren Seite hin im Dreibege-Katalysator **13** adsorbiert werden. Folglich wird in einem Schritt **1407** das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} zur fetten Seite hin korrigiert ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} - \Delta\lambda$), um die Reinigung durchzuführen. Als Folge davon wird

die Adsorptionsmenge im Dreiwege-Katalysator **13** reduziert, wodurch sich die Ausgangsspannung VOX2 allmählich der Spannung 0,45V nähert, die dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ entspricht.

[0167] Nunmehr verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1408**, bei dem überprüft, ob eine Adsorptionsmengen-Fettkennung XOSTR gesetzt ist. Falls sie gesetzt ist, gibt die Adsorptionsmengen-Fettkennung XOSTR an, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ vor der Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} fett ist. Da die Adsorptionsmengen-Fettkennung XOSTR dieses Mal nicht gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1409**, bei dem überprüft wird, ob die Ausgangsspannung VOX2 gleich groß wie oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL wird. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1409** gleich groß wie oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL wird, wird das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} in einem Schritt **1410** auf den vor der im Schritt **1407** durchgeführten Korrektur vorliegenden Wert zurückgesetzt ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} + \Delta\lambda R$), um die Reinigung zu beenden. Anschließend verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1411**, bei dem die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungskennung XOSAR gelöscht wird, und wird daraufhin beendet.

[0168] Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1406** andererseits gleich groß wie oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt **1412**, bei dem überprüft wird, ob die Ausgangsspannung VOX2 gleich groß wie oder größer als ein Fettseiten-Grenzwert VRL ist. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 kleiner als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist, d.h., wenn die Ausgangsspannung VOX2 zwischen dem Magerseiten-Grenzwert VLL und dem Fettseiten-Grenzwert VRL liegt, wird dieser Steuerungsablauf ohne Durchführung der Reinigung beendet, womit entschieden ist, daß die Adsorptionsmenge der schädlichen Komponenten so gering ist, daß das Adsorptionsvermögen des Dreiwege-Katalysator **13** nicht beeinflusst wird.

[0169] Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1412** andererseits gleich groß wie oder größer als der Fettseiten-Grenzwert VRL ist, wird in einem Schritt **1413** die Adsorptionsmengen-Fettkennung XOSTR gesetzt und in einem Schritt **1414** das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} zur mageren Seite hin korrigiert ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} + \Delta\lambda L$), um die Reinigung durchzuführen. Daraufhin verzweigt der Ablauf über den Schritt **1408** zu einem Schritt **1415**. Wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1415** kleiner als der Fettseiten-Grenzwert VRL wird, wird in einem Schritt **1416** das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} auf den vor der im Schritt **1414** durchgeführten Korrektur vorhandenen Wert zurückgesetzt ($\lambda_{TG} \leftarrow \lambda_{TG} - \Delta\lambda L$), um die Reinigung zu beenden. In einem Folgeschritt **1417** wird daraufhin die Adsorptionsmengen-Fettkennung XOSTR gelöscht. Der Steuerungsablauf verzweigt dann weiter zum Schritt **1411**, bei dem die Luft/Brennstoff-Verhältnis-Abweichungskennung XOSAR gelöscht wird und ist damit beendet. Durch diesen Reinigungssteuerungsablauf wird die Adsorptionsmenge im Dreiwege-Katalysator **13** schließlich im wesentlichen auf 0 (Null) verringert.

[0170] Gemäß vorstehender Beschreibung wird bei diesem Ausführungsbeispiel, wenn das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ abgewichen ist, nicht nur das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ angenähert, sondern darüberhinaus das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} auf eine einer Richtung der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ entgegengesetzte Seite eingestellt, um die zum Dreiwege-Katalysator **13** aufgrund der Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ adsorbierten schädlichen Komponenten zu reinigen, wie dies beim ersten Ausführungsbeispiel der Fall ist. Folglich wird der Dreiwege-Katalysator **13** stets bei seinem maximalen Adsorptionsvermögen gehalten, um die schädlichen Komponenten während einer aufeinanderfolgenden Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ sicher zu adsorbieren, so daß der Reinigungswirkungsgrad deutlich verbessert wird.

[0171] Da der Start und die Beendigung der Reinigung jeweils unter Zugrundelegung der Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27**, die sich in Abhängigkeit vom Adsorptionszustand der schädlichen Komponenten zum Dreiwege-Katalysator **13** ändert, festgelegt werden, ist es im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel nicht notwendig, aufeinanderfolgend die Gesamt-Adsorptionsmenge OST der schädlichen Komponenten unter Zugrundelegung des stromaufseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ herzuleiten. Folglich kann der Steuerungsablauf vereinfacht werden, was zu einer entsprechenden Verringerung der Rosten des gesamten Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystems führt.

[0172] Nachfolgend werden verschiedene Abwandlungsformen der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele der Erfindung erläutert. An dieser Stelle ist auch anzumerken, daß der Begriff "Luft/Brennstoff-Verhältnis" möglichst allgemein zu verstehen ist.

[0173] Bei den vorstehend beschriebenen ersten bis vierten Ausführungsbeispielen wird die Materialkonzentration M(i) in den Schritten **205**, **403** und **901** unter Zugrundelegung des tatsächlichen Luft/Brennstoff-Verhältnisses $\lambda(i)$ hergeleitet und die Adsorptionsmenge OST(i) wird in den Schritten **206**, **404** und **902** als das Pro-

dukt der auf diese Weise hergeleiteten Materialkonzentration $M(i)$ und der Ansaug-Luftmenge $QA(i)$ hergeleitet. Dieses Verfahren kann jedoch auf verschiedene Weise vereinfacht werden. Wenn sich beispielsweise die Maschinendrehzahl Ne und der Ansaug-Luftdruck PM , auf die die Herleitung der Ansaug-Luftmenge QA gestützt wird, nicht stark ändern, kann die Materialkonzentration $M(i)$ selbst als die Adsorptionsmenge $OST(i)$ betrachtet werden, ohne die Ansaug-Luftmenge QA zu berücksichtigen. Da, wie aus [Fig. 5](#) ersichtlich ist, die Materialkonzentration $M(i)$ aus dem Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ ermittelt wird, ist es weiterhin möglich, das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ selbst als die Adsorptionsmenge $OST(i)$ zu betrachten. Folglich wird beispielsweise beim ersten Ausführungsbeispiel das abgetastete Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ Schritt für Schritt addiert, um die Summe im Schritt **207** des in [Fig. 4](#) gezeigten Steuerungsablaufs herzuleiten, und das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ wird Schritt für Schritt von der Summe des Schritts **405** im Reinigungssteuerungsablauf der [Fig. 10](#) subtrahiert, um den Beendigungszeitpunkt der Reinigung zu bestimmen.

[0174] Beim voranstehend ersten, dritten und vierten Ausführungsbeispiel wird die Herleitung der Gesamt-Adsorptionsmenge OST der schädlichen Komponenten dann begonnen, wenn im Schritt **202** entschieden wird, daß das Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda(i)$ nicht innerhalb des Bereichs zwischen dem Fettseiten-Grenzwert λ_{RL} und dem Magerseiten-Grenzwert λ_{LL} liegt. Jedoch kann die Herleitung der Gesamt-Adsorptionsmenge OST auch dann gestartet werden, wenn die Abweichung des Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ aufgrund einer Verzögerung der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerung, wie z.B. bei Beginn einer Fahrzeugbeschleunigung, erwartet wird.

[0175] Bei dem voranstehend erläuterten ersten, dritten und vierten Ausführungsbeispiel wird die Reinigungssteuerung dann gestartet, wenn die Abtastzeit $T\alpha$ im Schritt **204** abgelaufen ist. Jedoch kann beispielsweise dann, wenn die Herleitung der Gesamt-Adsorptionsmenge OST gemäß vorstehender Erläuterung bei Beginn der Fahrzeugbeschleunigung gestartet wird, die Reinigungssteuerung begonnen werden, wenn die Beschleunigung beendet ist. Wenn bei der unter Bezugnahme auf [Fig. 2](#) erläuterten Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerung, d.h. der sogenannten modernen Steuerung, das zur fetten oder mageren Seite hin abgewichene Luft/Brennstoff-Verhältnis λ dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ angenähert wird, hat das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ das Bestreben, einmal zur gegenüberliegenden Seite gesteuert zu werden. Folglich kann die Reinigungssteuerung unmittelbar nach Beendigung einer derartigen Abweichung gestartet werden, wie dies in [Fig. 28](#) gezeigt ist. Da das Luft/Brennstoff-Verhältnis λ in diesem Fall in die gegenüberliegende Richtung gesteuert worden ist, ist die Reinigung der schädlichen Komponenten in einem gewissen Ausmaß vor Beginn der Reinigungssteuerung bewirkt worden. Folglich sollte ein Gleichgewicht der Gesamt-Adsorptionsmengen OST hergeleitet werden, um dieses Gleichgewicht zu reinigen.

[0176] Bei dem vorstehend beschriebenen ersten, dritten und vierten Ausführungsbeispiel sind die Fett- und Mager-Reinigungskorrekturbeträge $\Delta\lambda_R$ bzw. $\Delta\lambda_L$ zur Korrektur des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} bei der Reinigungssteuerung auf einen festen Wert eingestellt und die Durchführungszeit der Reinigung wird durch Vergleich der Gesamt-Adsorptionsmenge OST mit dem Fett- oder Mager-Reinigungsbeendigungswert $OSTR$ bzw. $OSTL$ eingestellt. Jedoch ist es auch möglich, die Durchführungszeit der Reinigung auf einen festen Wert einzustellen und stattdessen den Korrekturbetrag des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} in Abhängigkeit von einer Größe der zu reinigenden Gesamt-Adsorptionsmenge OST variabel einzustellen. Andererseits ist es auch möglich, sowohl die Durchführungszeit der Reinigung als auch den Korrekturbetrag für das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} variabel einzustellen. Da die Reinigung fortfährt, den Absolutwert der Gesamt-Adsorptionsmenge OST zu verringern, ist es weiterhin möglich, den Korrekturbetrag des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses λ_{TG} so einzustellen, daß er allmählich kleiner wird, um die Gesamt-Adsorptionsmenge OST allmählich dem Wert 0 (Null) anzunähern.

[0177] Bei den voranstehenden ersten bis fünften Ausführungsbeispielen wird das bei der Wechsel-Übersprungsteuerung oder der Reinigungssteuerung hergeleitete Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} unmittelbar zum Herleiten des Luft/Brennstoff-Verhältnis-Korrekturkoeffizienten FAF herangezogen. Jedoch kann in gleicher Weise, wie beispielsweise bei dem in der ersten (ungeprüften) Veröffentlichung der japanischen Patentanmeldung Nr. 3-185244 offenbarten Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem die sogenannte Dither-Steuerung durchgeführt werden, um dem Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis λ_{TG} bezüglich des hergeleiteten Werts eine periodische Schwankung einzuprägen.

[0178] Bei dem vorstehenden vierten Ausführungsbeispiel wird im Schritt **1301** oder **1302** vor Beginn der Durchführung der Reinigung überprüft, ob eine Richtung der Reinigung korrekt oder falsch ist, und im Schritt **1303** oder **1304** wird während der Durchführung der Reinigung überprüft, ob eine Richtung der Reinigung korrekt oder falsch ist. Jedoch ist es nicht notwendigerweise erforderlich, beide Überprüfungsvorgänge durchzuführen. Folglich kann auch in Erwägung gezogen werden, diesen Überprüfungsvorgang nur vor dem Beginn

der Durchführung der Reinigung oder während der Durchführung der Reinigung auszuführen.

[0179] Bei dem vorstehend erläuterten fünften Ausführungsbeispiel wird die Reinigung dann beendet, wenn die Ausgangsspannung VOX2 des O₂-Sensors **27** im Schritt **1409** gleich groß wie oder größer als der Magerseiten-Grenzwert VLL wird, oder wenn die Ausgangsspannung VOX2 im Schritt **1415** kleiner als der Fettseiten-Grenzwert VRL wird. D.h., es wird jeweils ein voreingestellter Schwellenwert (VLL, VRL), um den Zeitpunkt der Beendigung der Reinigung zu bestimmen. Jedoch können auch verschiedene andere Bestimmungsverfahren angewandt werden, solange die jeweilige Bestimmung unter Zugrundelegung einer Annäherungsbedingung der Ausgangsspannung VOX2 zu der dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis $\lambda = 1$ entsprechenden Spannung von 0,45 V hin durchgeführt wird. Beispielsweise kann die Reinigung bei einem in [Fig. 27](#) gezeigten Zeitpunkt X beendet werden, wenn die Ausgangsspannung VOX2 beginnt, sich zum Pegel 0,45 V hin zu ändern. Folglich kann die Bestimmung ebenfalls unter Zugrundelegung einer Richtung der Änderung der Ausgangsspannung VOX2 durchgeführt werden.

Patentansprüche

1. Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem (**31**) für eine Brennkraftmaschine (**1**) mit:
 einer Grund-Brennstoffeinspritzmengen-Berechnungseinrichtung zum Berechnen einer Grund-Brennstoffeinspritzmenge des in die Brennkraftmaschine einzuspritzenden Brennstoffs auf der Grundlage eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine;
 einer Brennstoffeinspritzmengen-Einstelleinrichtung zum Einstellen einer Brennstoffmenge auf der Grundlage eines Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses von Abgas, das aus der Brennkraftmaschine ausgegeben wird, und der Grund-Brennstoffeinspritzmenge des Brennstoffs, die von der Grund-Brennstoffeinspritzmengen-Berechnungseinrichtung berechnet wird, wobei die eingestellte Brennstoffmenge tatsächlich in die Brennkraftmaschine eingespritzt wird;
 einer stromauf eines Katalysators (**13**) in einem Abgaskanal (**12**) der Maschine (**1**) angeordneten Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung (**26**) zum Erfassen eines Luft/Brennstoff-Verhältnisses des stromauf des Katalysators (**13**) anwesenden Abgases;
 einer Adsorptionsmengen-Berechnungseinrichtung zum Berechnen einer Adsorptionsmenge einer schädlichen Komponente in dem Abgas, die von dem Katalysator adsorbiert wird, auf der Grundlage des Luft/Brennstoffverhältnisses, das von der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung erfasst wird; und
 einer Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis-Einstelleinrichtung zum Einstellen des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses auf der Grundlage der Adsorptionsmenge der schädlichen Komponente, die von der Adsorptionsmengen-Berechnungseinrichtung berechnet wird, um die Adsorptionsmenge der schädlichen Komponente innerhalb eines vorbestimmten Bereichs einzustellen.

2. Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis-Einstelleinrichtung das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis derart einstellt, daß der Adsorptionsmenge der schädlichen Komponente in dem Katalysator (**13**) entgegengewirkt wird.

3. Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin aufweist:
 eine stromab des Katalysators (**13**) vorgesehene stromabseitige Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung (**26**) zum Erfassen eines stromabseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnisses des Abgases, das durch den Katalysator (**13**) hindurchgelangt ist; und
 eine Luft/Brennstoff-Verhältnis-Lerneinrichtung zum Lernen des von der Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung stromauf des Katalysators erfaßten Luft/Brennstoff-Verhältnisses als ein stöchiometrisches Luft/Brennstoff-Verhältnis des Abgases, wenn sich das von der stromabseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung erfaßte stromabseitige Luft/Brennstoff-Verhältnis nahe dem stöchiometrischen Luft/Brennstoff-Verhältnis befindet, und zum Korrigieren des stromaufseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnisses unter Zugrundelegung eines Ergebnisses des Lernens, wobei das korrigierte stromaufseitige Luft/Brennstoff-Verhältnis von der Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis-Einstelleinrichtung zum Herleiten des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses herangezogen wird.

4. Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin aufweist:
 eine stromab des Katalysators (**13**) vorgesehene stromabseitige Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines stromabseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnisses des Abgases, das durch den Katalysator (**13**) hindurchgelangt ist; und
 eine Einstell-Aussetzeinrichtung, die unter Zugrundelegung des von der stromabseitigen Luft/Brennstoff-Ver-

hältnis-Erfassungseinrichtung erfaßten stromabseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnisses ermittelt, ob eine Einstellrichtung des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses, das auf einer Seite eingestellt ist, die zu einer Richtung der Abweichung des Luft/Brennstoffverhältnisses entgegengesetzt ist, korrekt ist, und das Einstellen des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses außer Kraft setzt, wenn die Einstellrichtung falsch ist.

5. Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstell-Aussetzeinrichtung die Einstellung des Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnisses durch Vergleich des erfaßten stromabseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnisses mit einem voreingestellten Fettseiten-Grenzwert oder einem voreingestellten Magerseiten-Grenzwert außer Kraft setzt.

6. Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin aufweist:

eine Abweichungszustand-Bestimmungseinrichtung zum Ermitteln, ob die Adsorptionsmenge der schädlichen Komponente, die von der Adsorptionsmengen-Berechnungseinrichtung berechnet wird, einen voreingestellten Fettseiten-Grenzwert oder einen voreingestellten Magerseiten-Grenzwert übersteigt, wobei die Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis-Einstelleinrichtung das Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis zu einem Magerseiten-Sollwert hin einstellt, der magerer als ein stöchiometrisches Luft/Brennstoff-Verhältnis ist, wenn die Adsorptionsmenge der schädlichen Komponente den Magerseiten-Grenzwert überschreitet, und zu einem Magerseiten-Sollwert hin einstellt, der fetter als das stöchiometrische Luft/Brennstoff-Verhältnis ist, wenn die Adsorptionsmenge der schädlichen Komponente den Magerseiten-Grenzwert überschreitet.

7. Luft/Brennstoff-Verhältnis-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es weiterhin aufweist:

eine stromab eines Katalysators (**13**) in einem Abgaskanal (**12**) der Maschine (**1**) angeordnete stromabseitige Luft/Brennstoff-Verhältnis-Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines stromabseitigen Luft/Brennstoff-Verhältnisses des Abgases, welches durch den Katalysator (**13**) hindurchgelangt ist, wobei die Soll-Luft/Brennstoff-Verhältnis-Einstelleinrichtung das Soll-Luft/Brennstoffverhältnis zu einer Magerseite korrigiert, wenn das stromabseitige Luft/Brennstoffverhältnis des Abgases, das von der stromabseitigen Luft/Brennstoffverhältnis-Erfassungseinrichtung erfaßt wird, fetter als ein Fettseiten-Sollwert ist, der fetter als ein stöchiometrisches Luft/Brennstoffverhältnis ist, das Soll-Luft/Brennstoffverhältnis zu einer Fettseite korrigiert, wenn das stromabwärtige Luft/Brennstoffverhältnis des Abgases magerer als ein Magerseiten-Sollwert ist, der magerer als das stöchiometrische Luft/Brennstoffverhältnis ist, und das Soll-Luft-Brennstoffverhältnis auf den Wert zurücksetzt, der vor der Korrektur eingestellt gewesen ist, wenn das stromabseitige Luft/Brennstoffverhältnis des Abgases zwischen dem Fettseiten-Sollwert und dem Magerseiten-Sollwert ist.

Es folgen 25 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

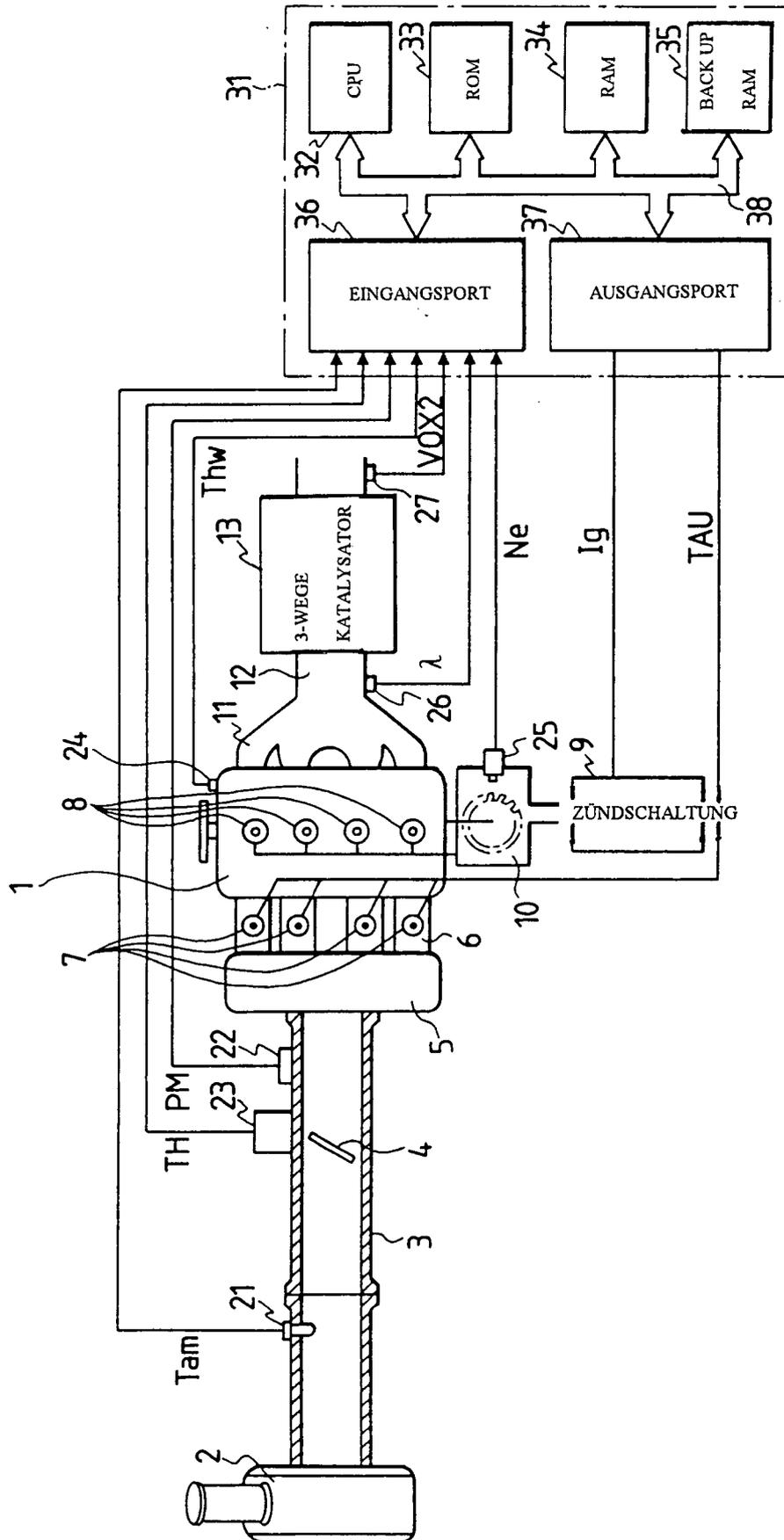


FIG. 2

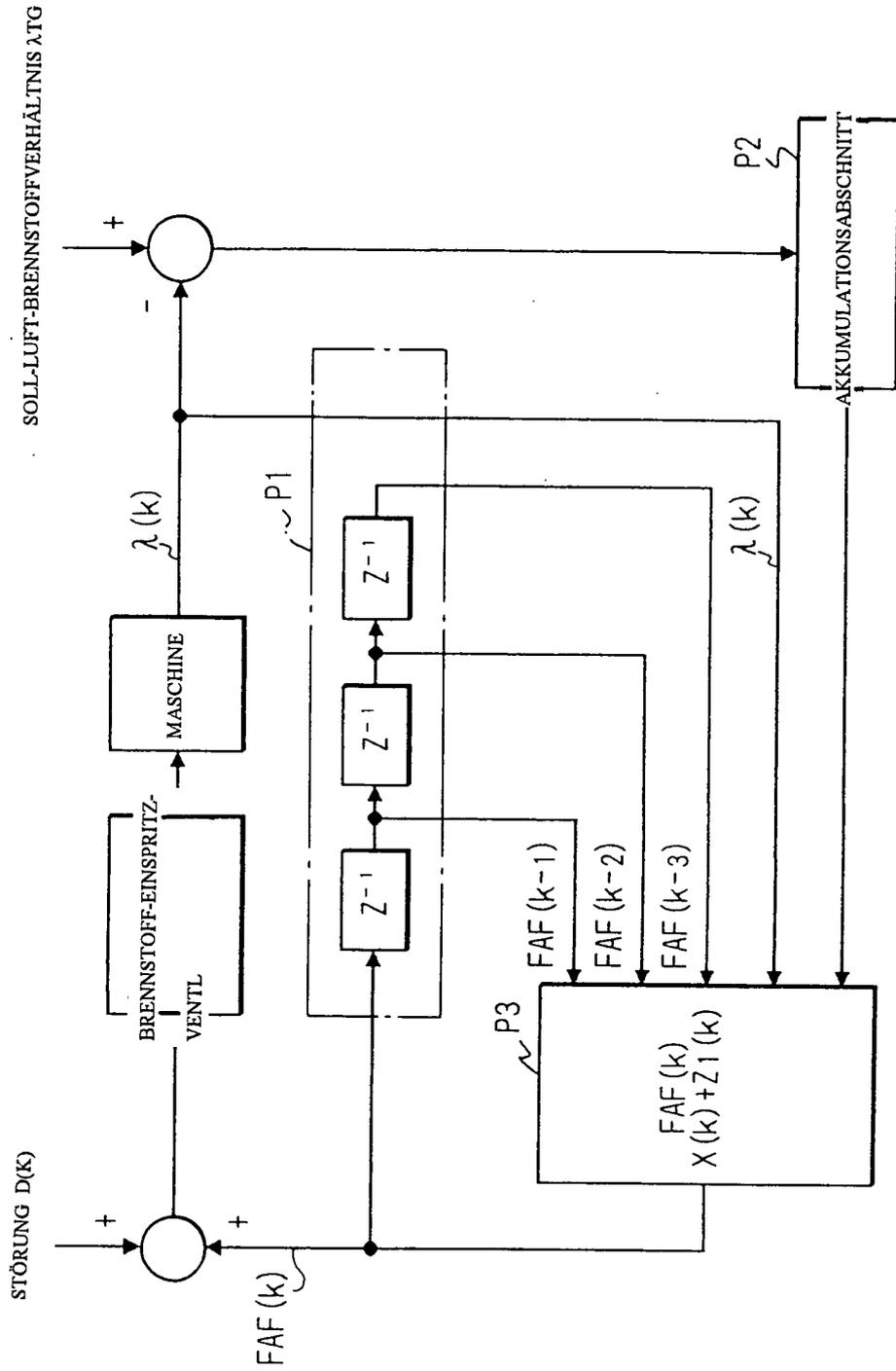


FIG. 3

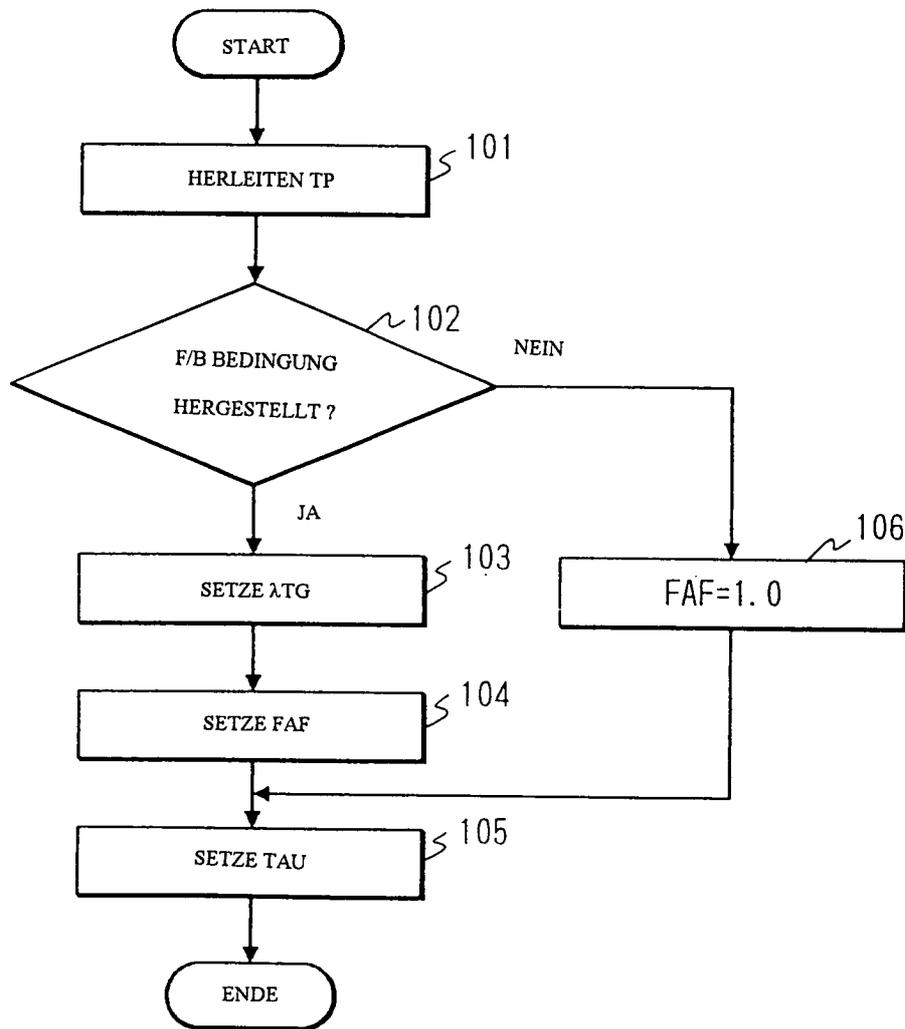


FIG. 4

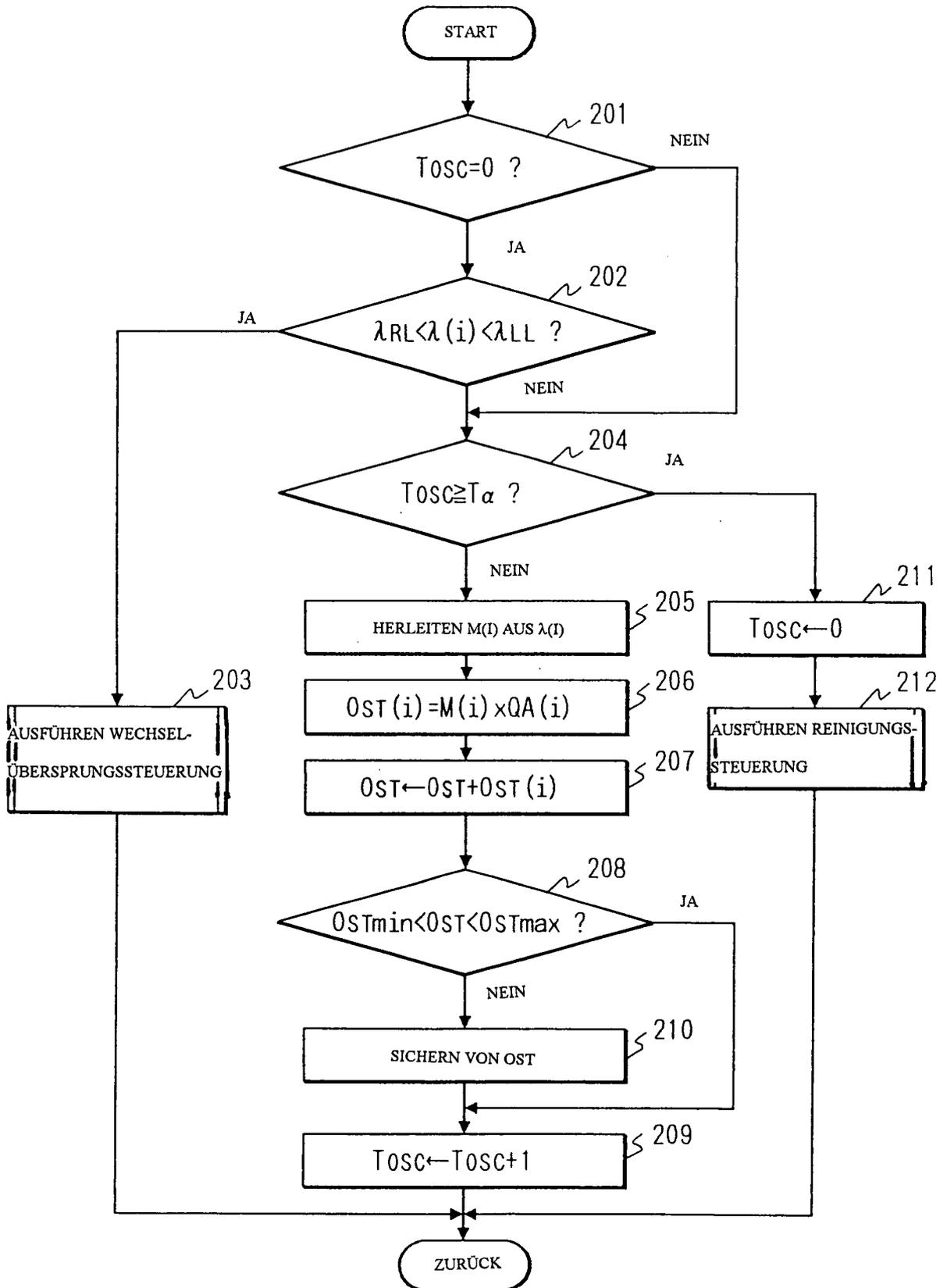


FIG. 5

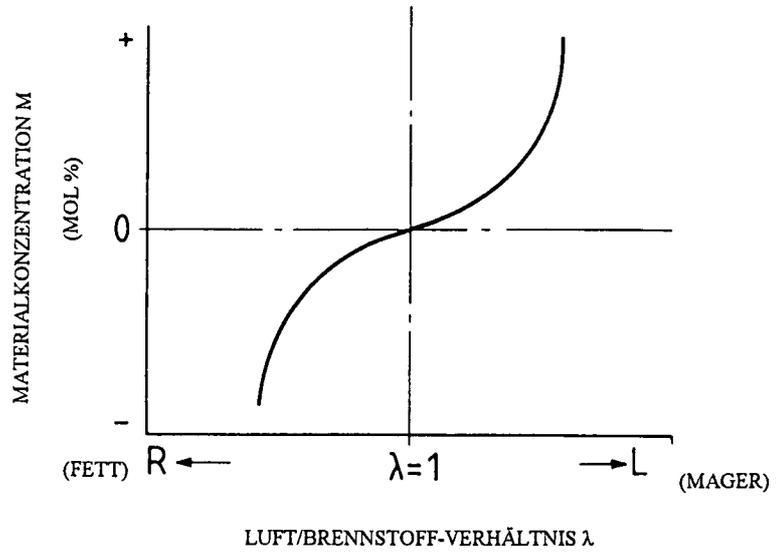


FIG. 6

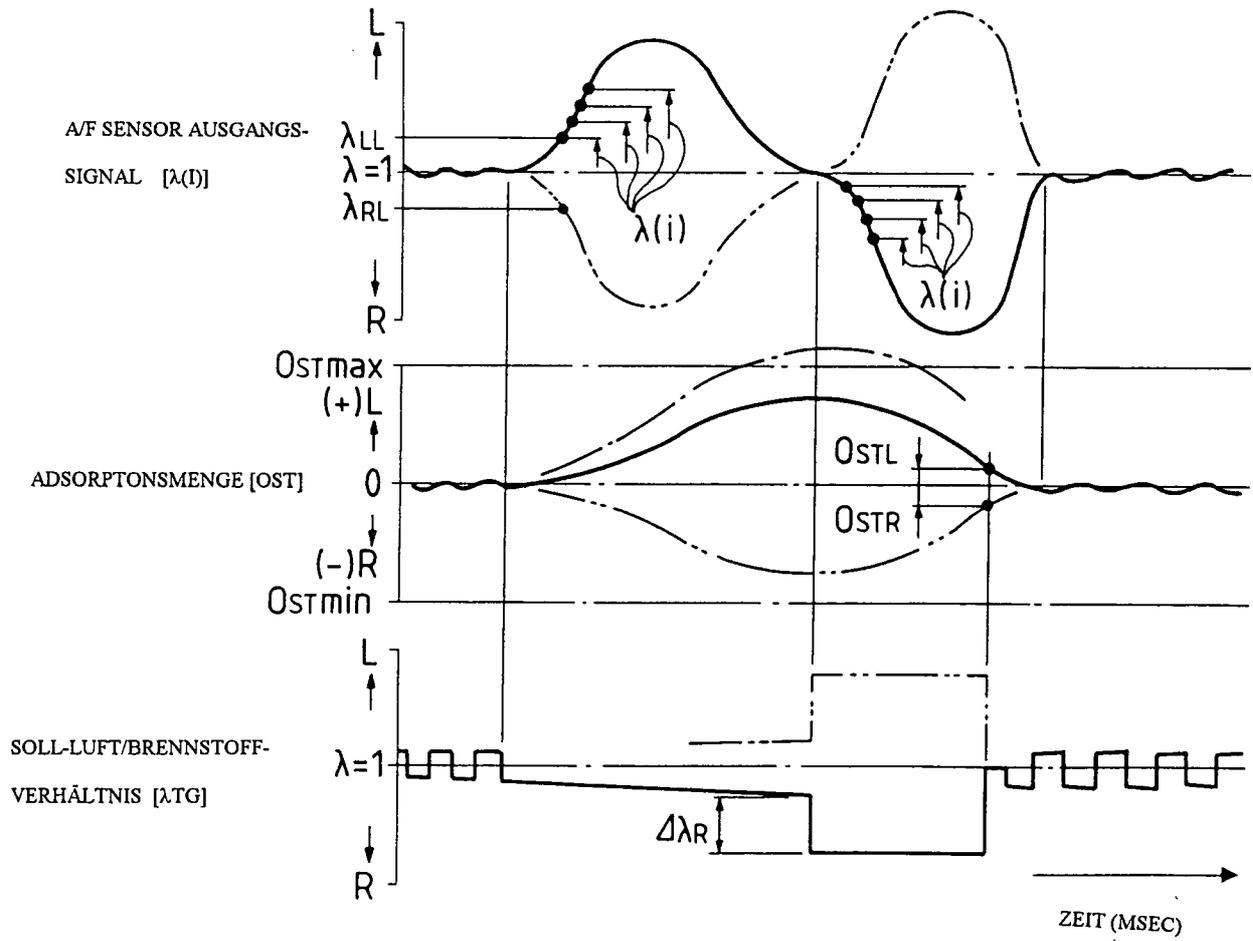


FIG. 7

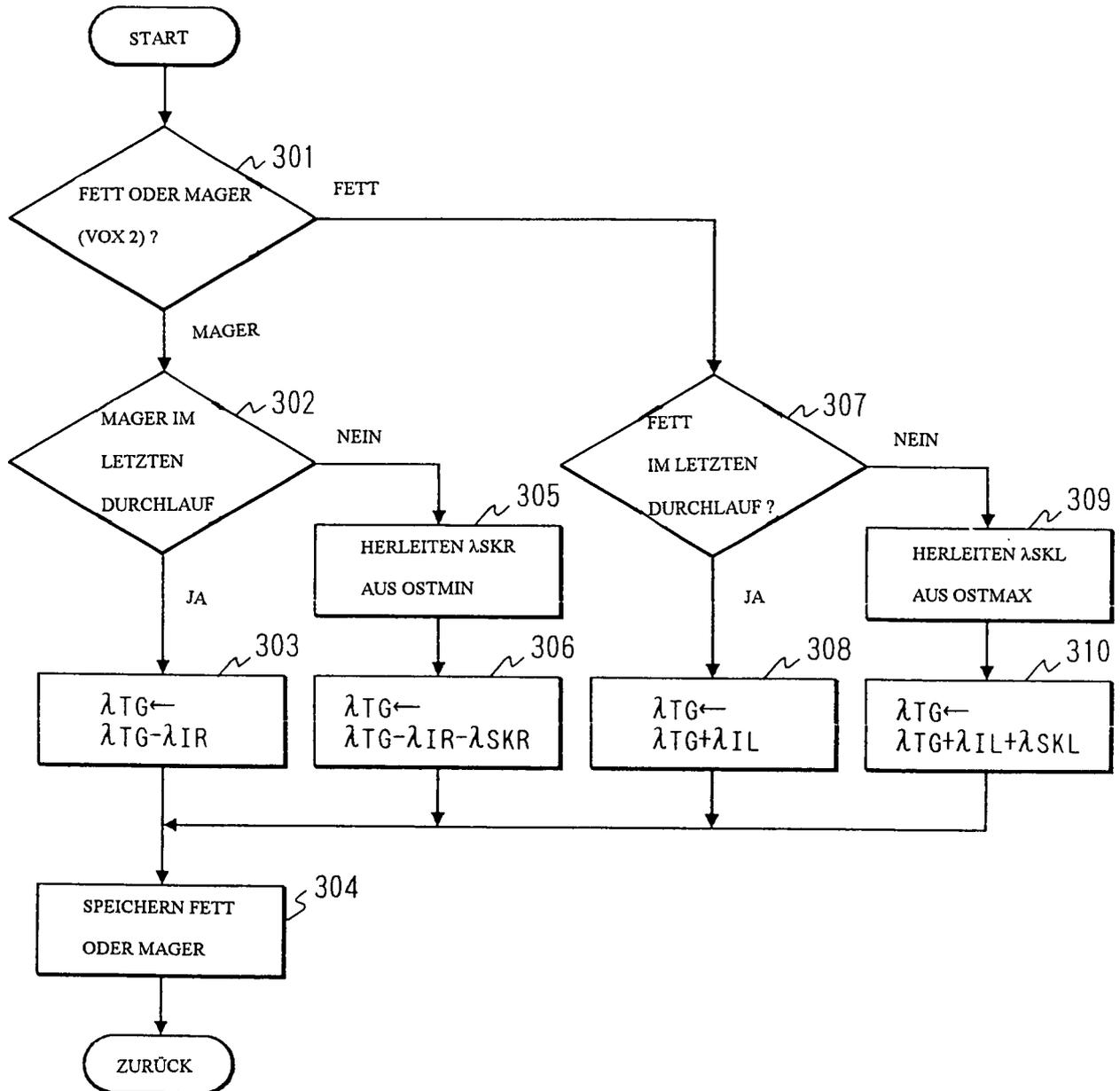


FIG. 8

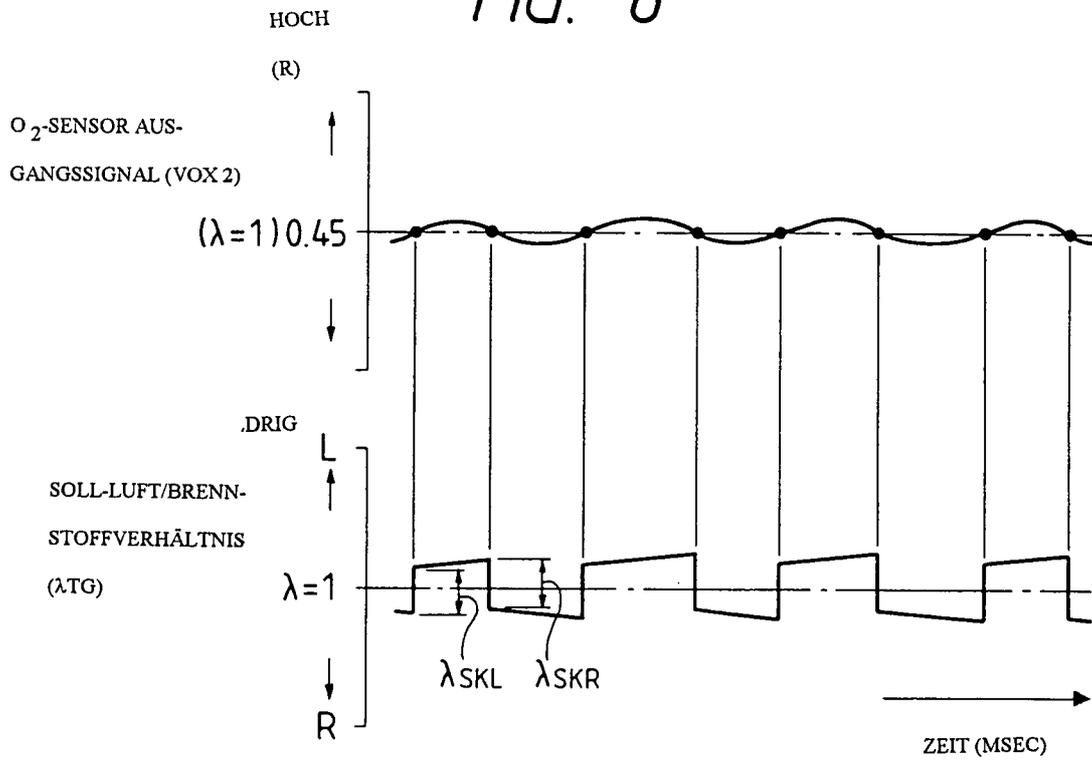


FIG. 9

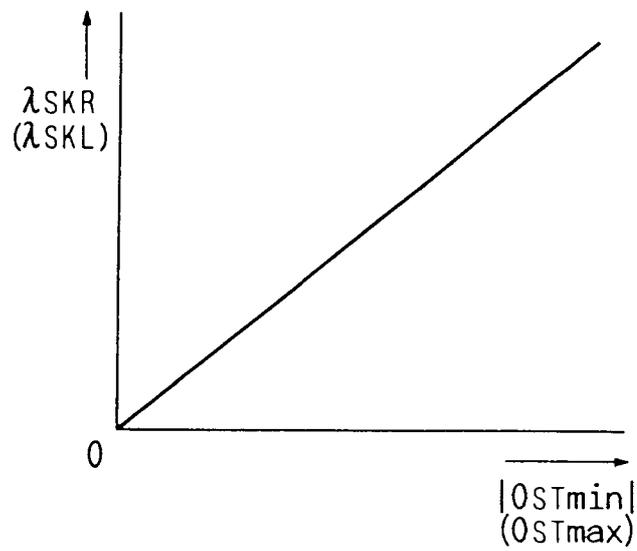


FIG. 10

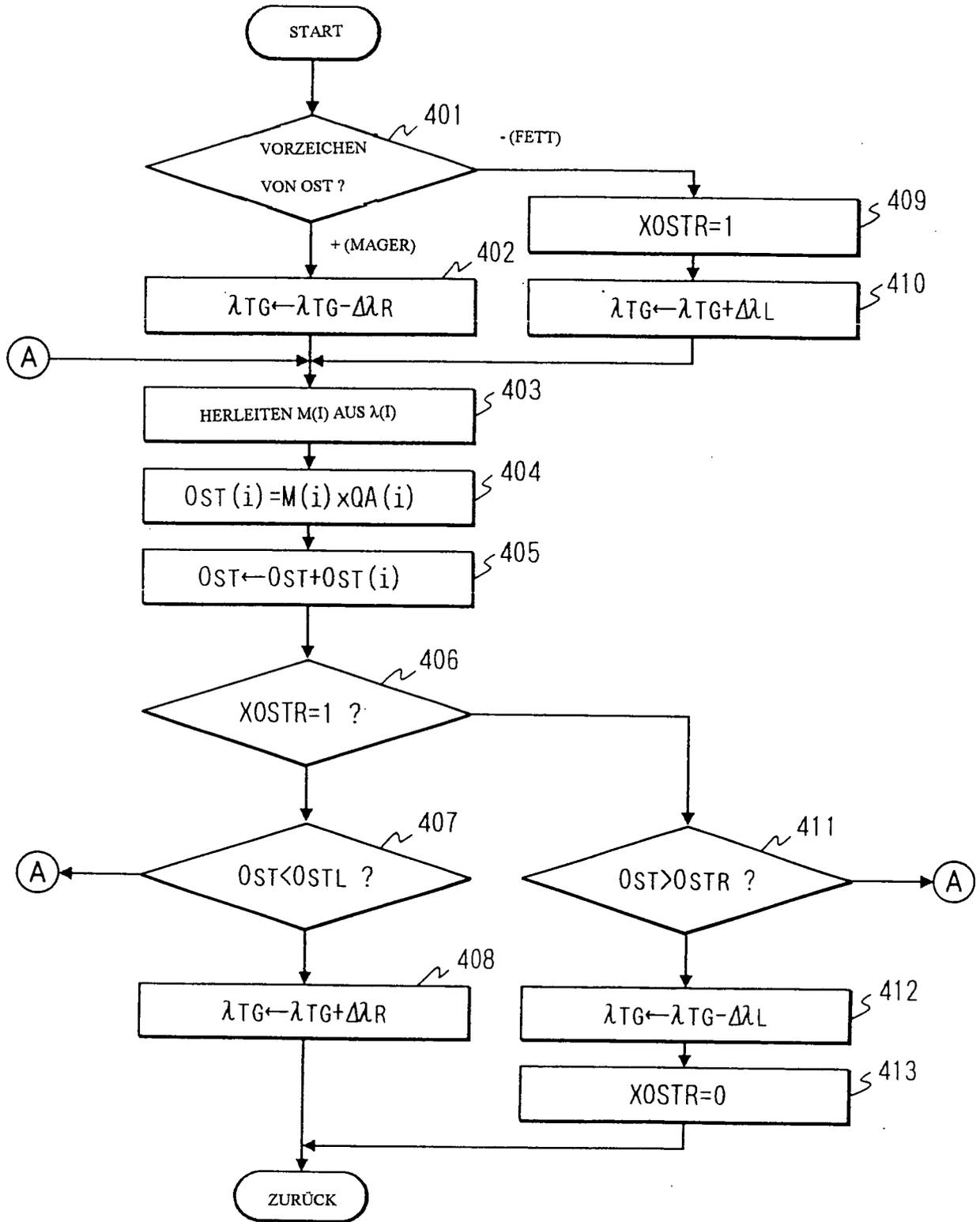


FIG. 11

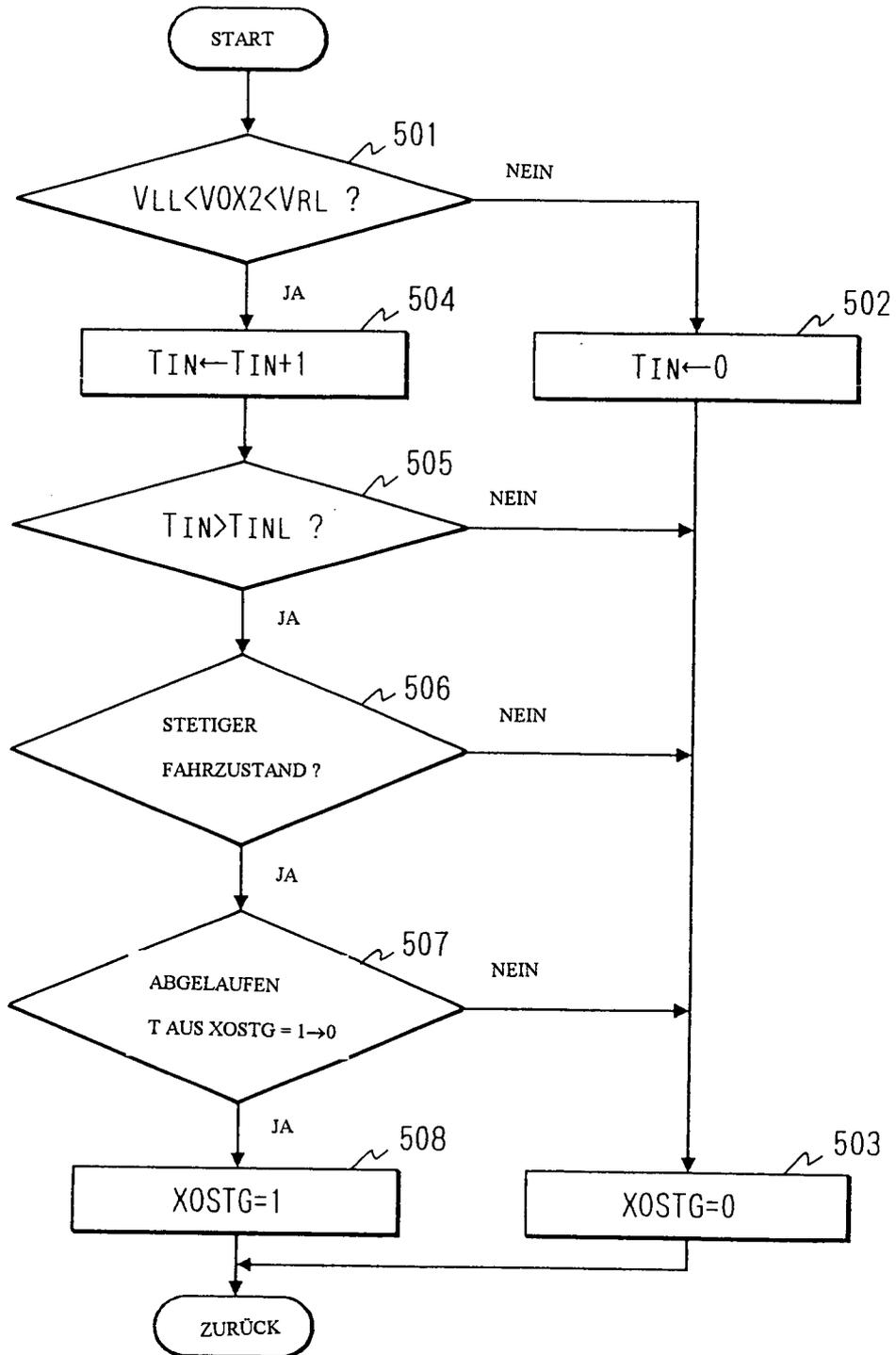


FIG. 12

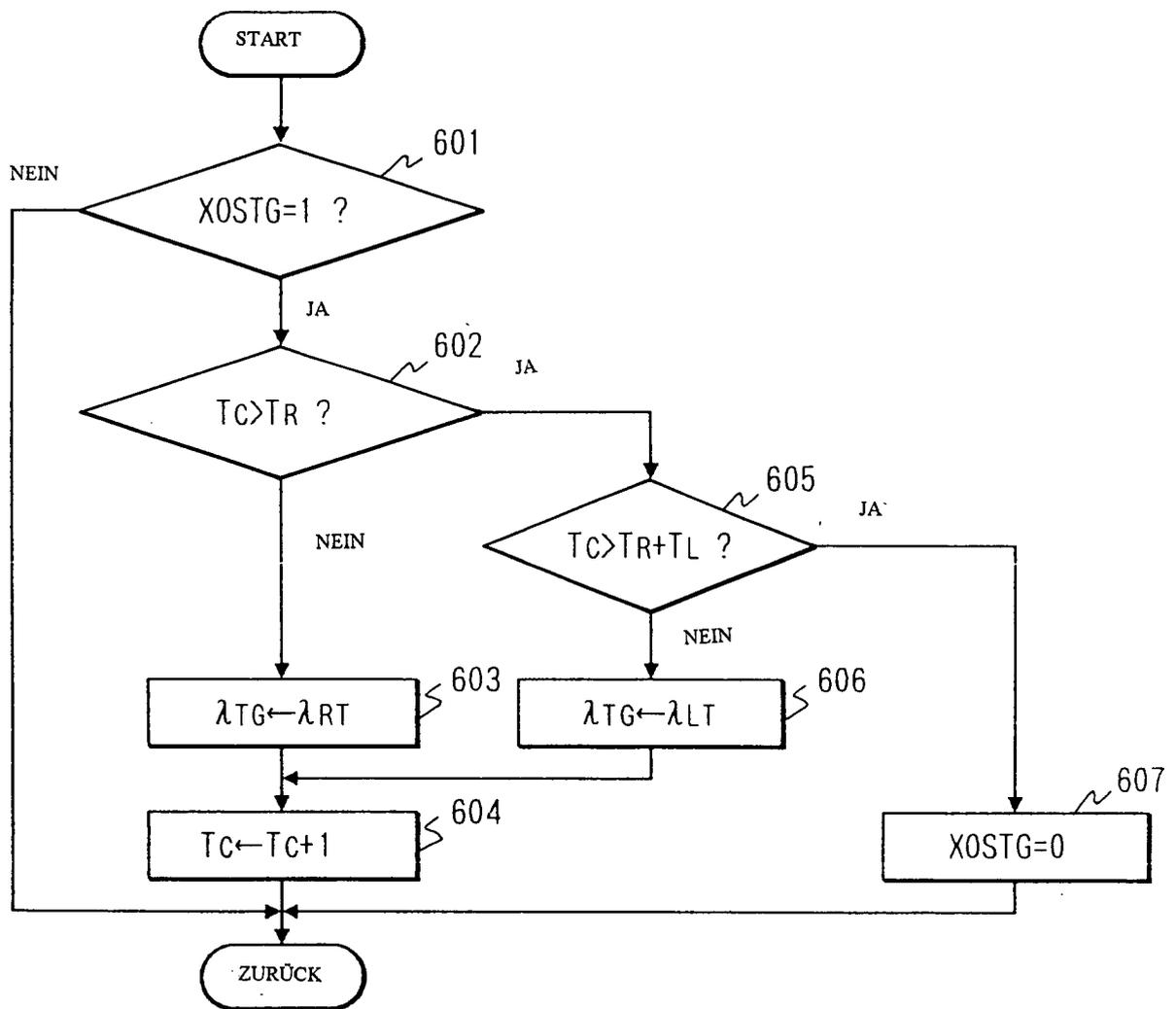


FIG. 13

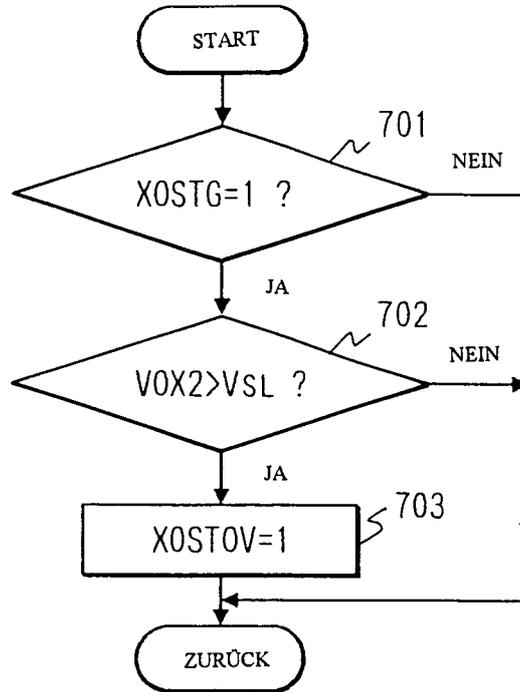


FIG. 14

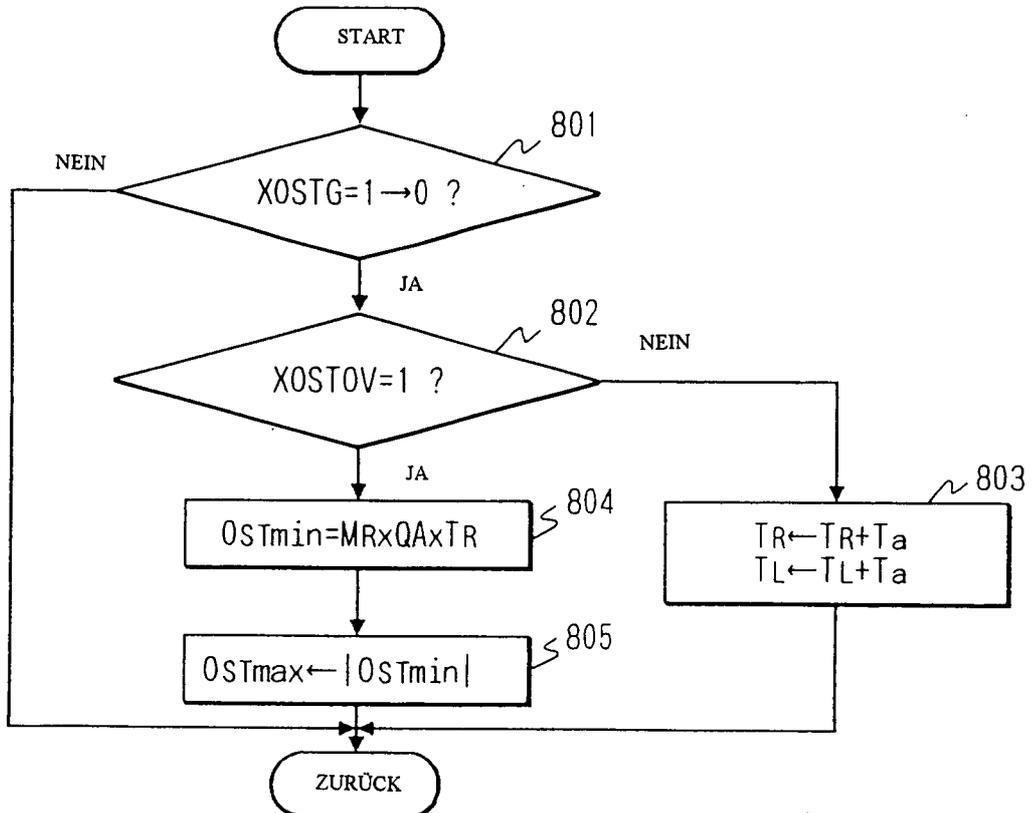


FIG. 15

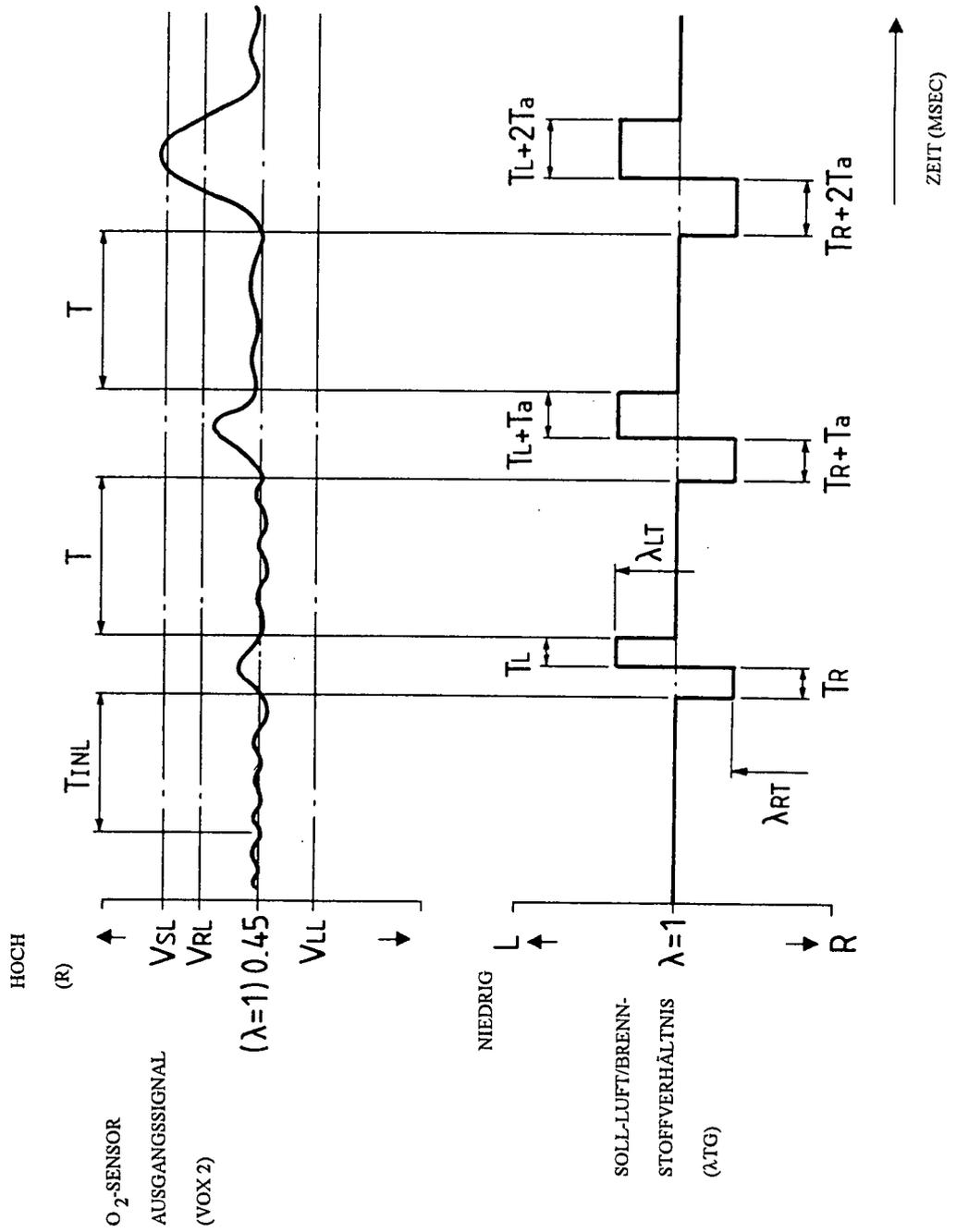


FIG. 16

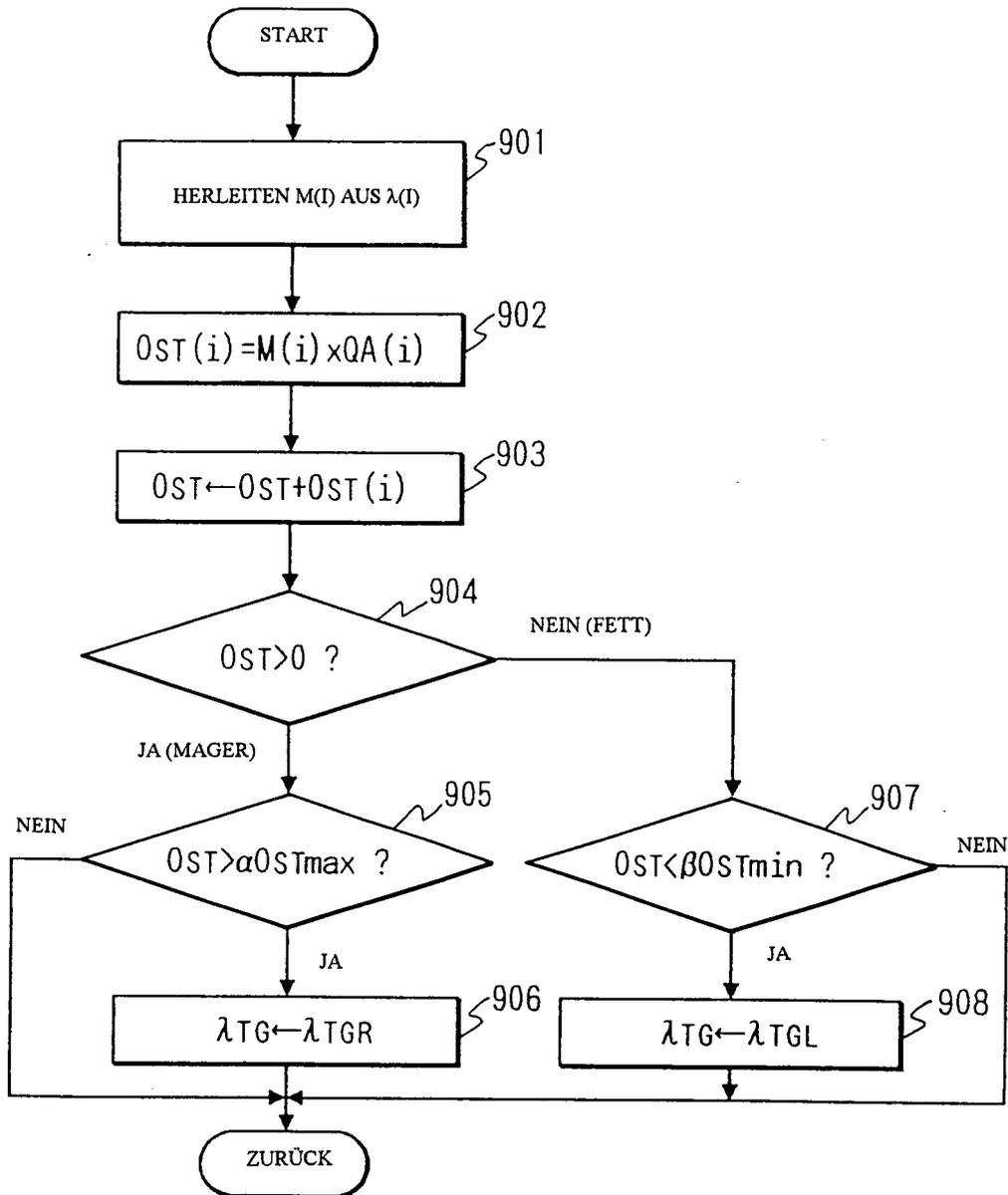


FIG. 17

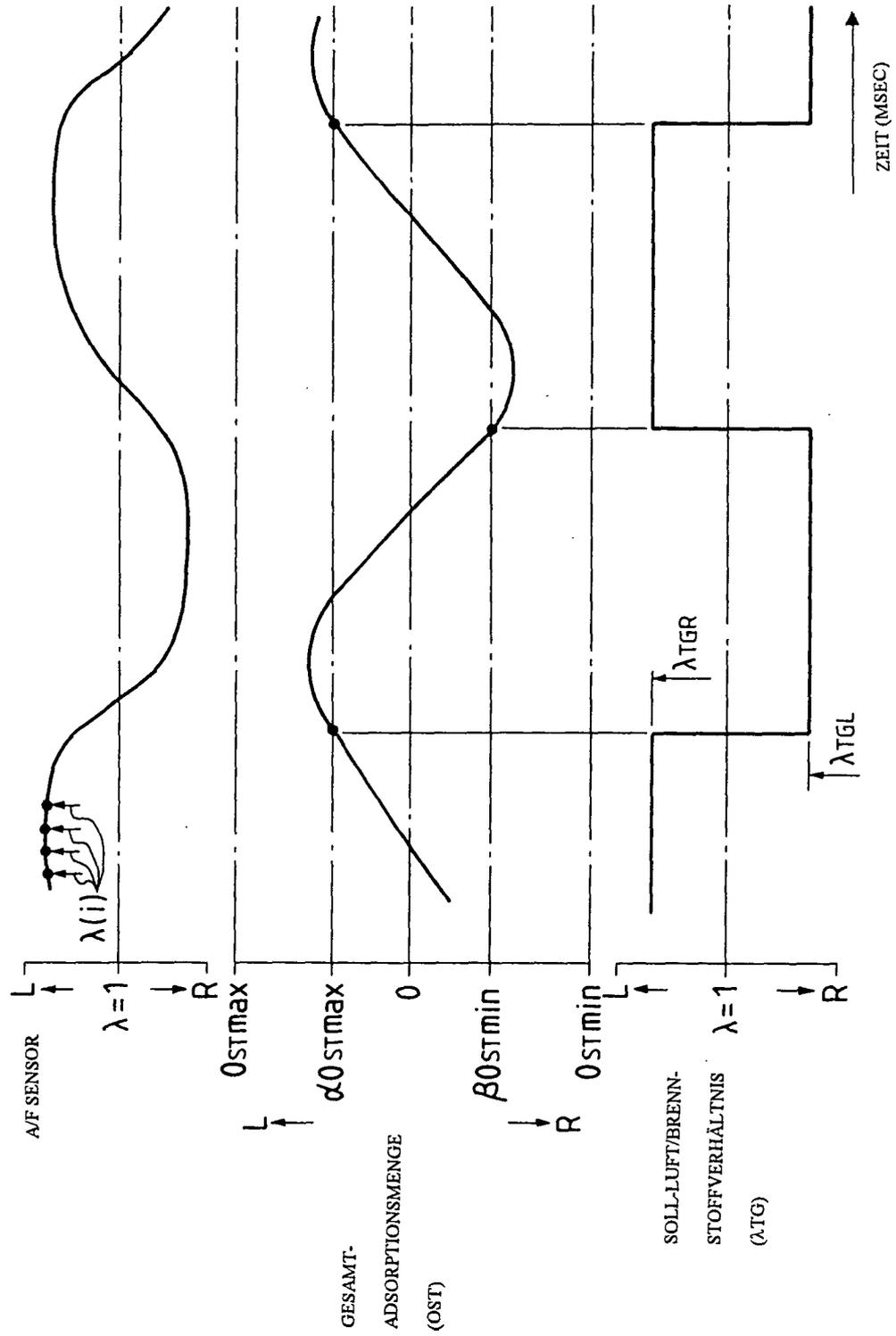


FIG. 18

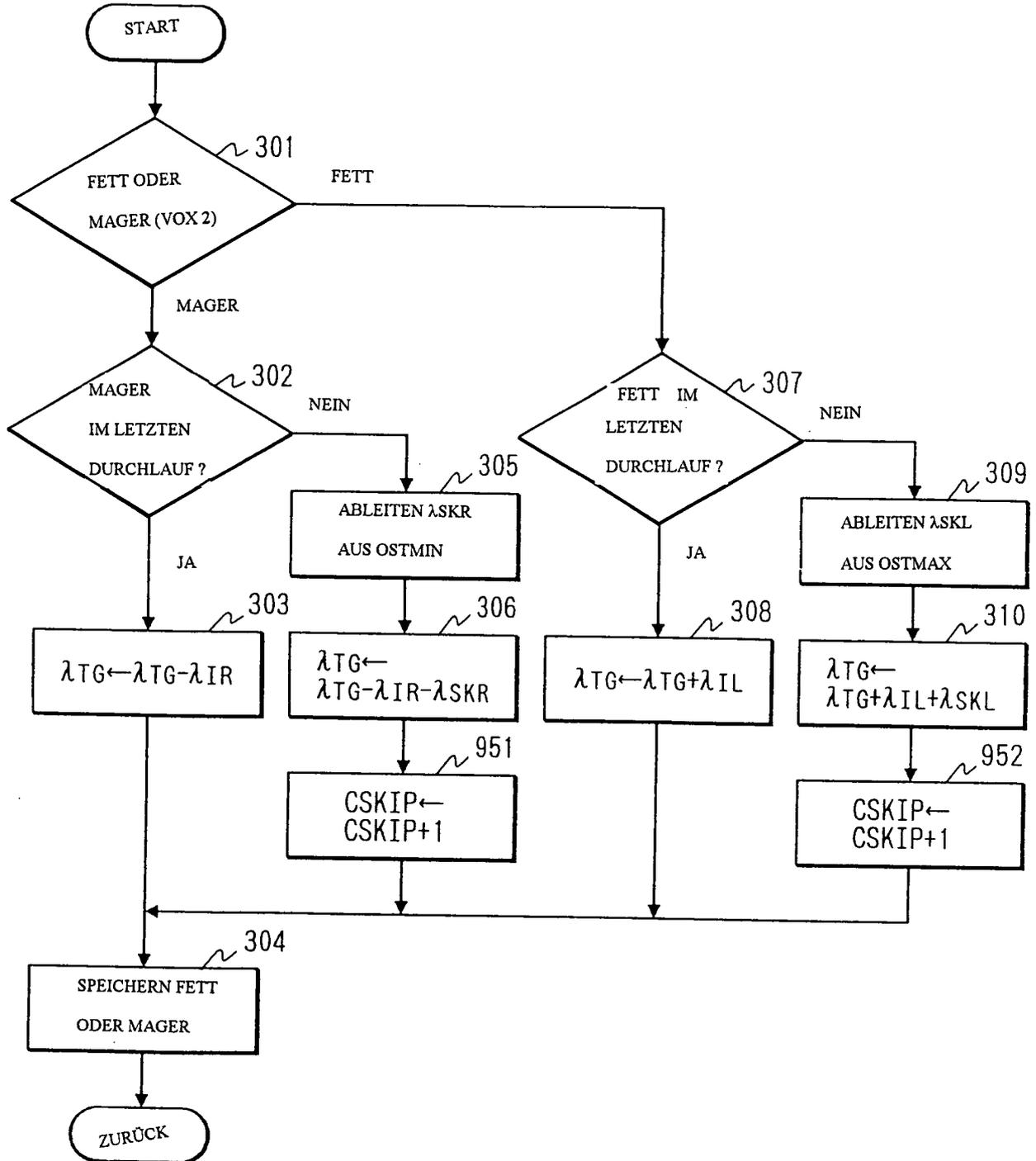


FIG. 19

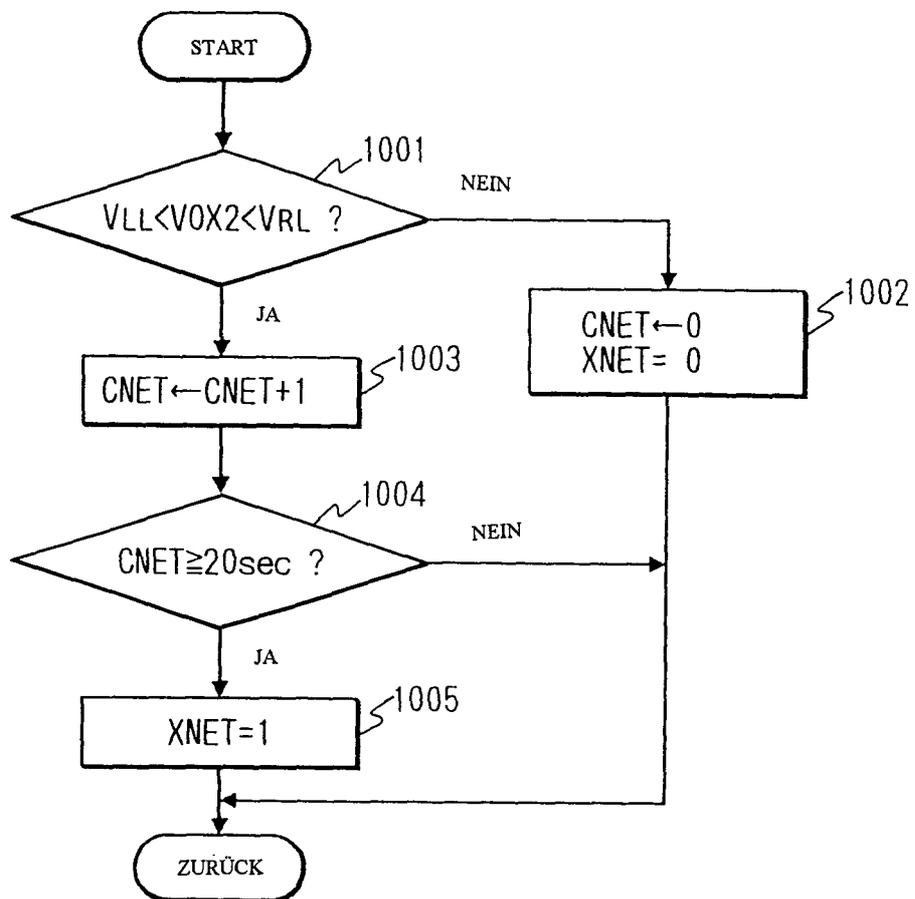


FIG. 20

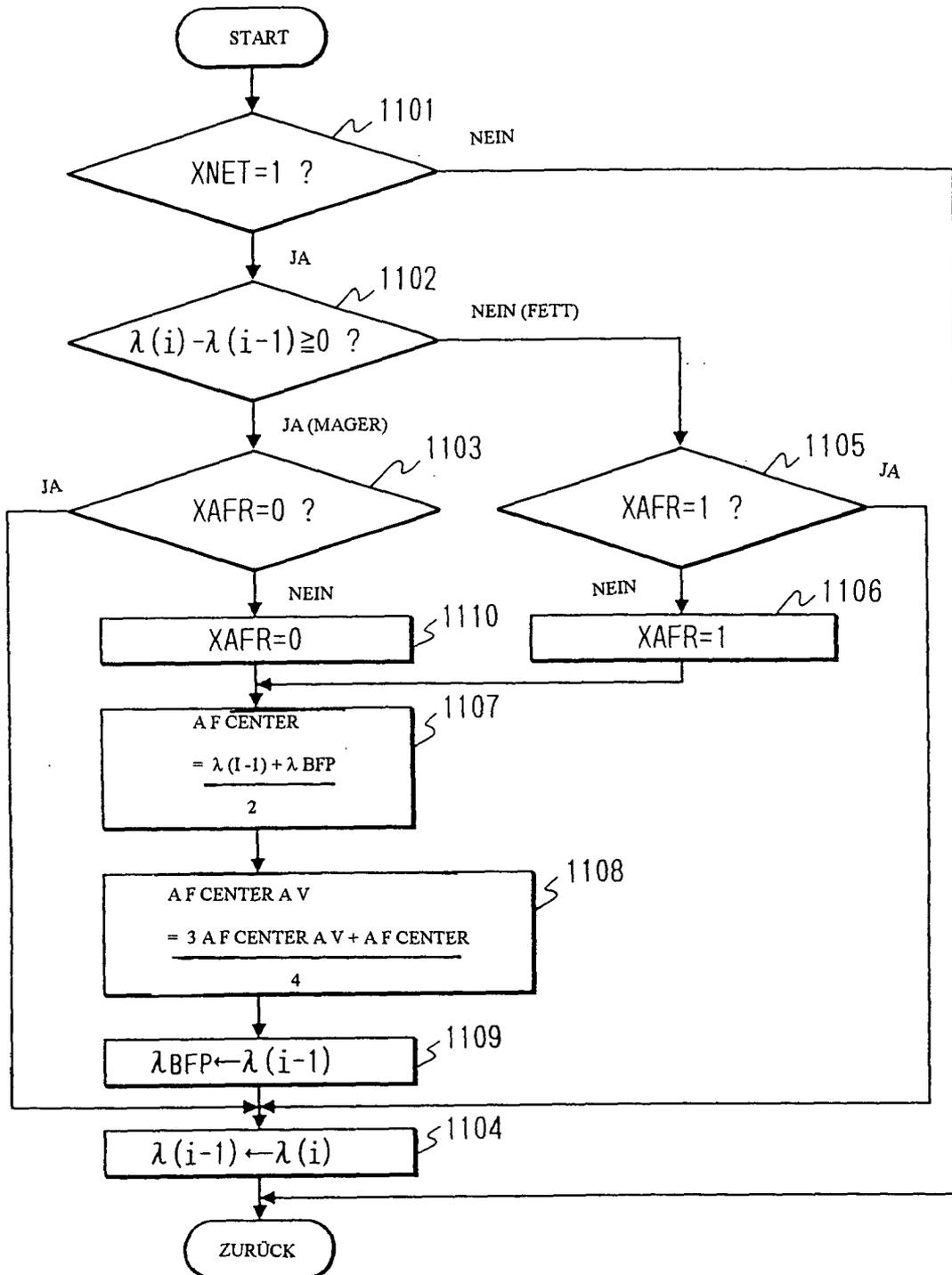


FIG. 21

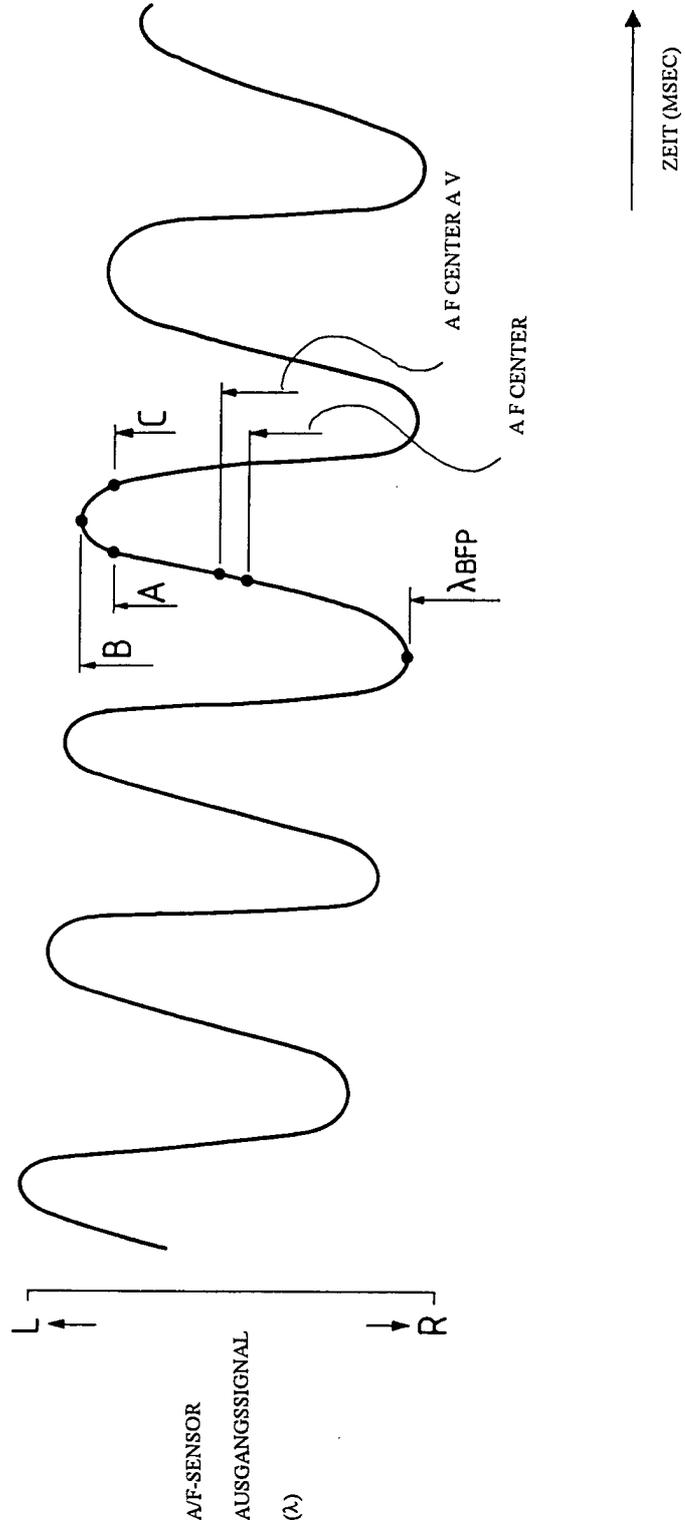


FIG. 22

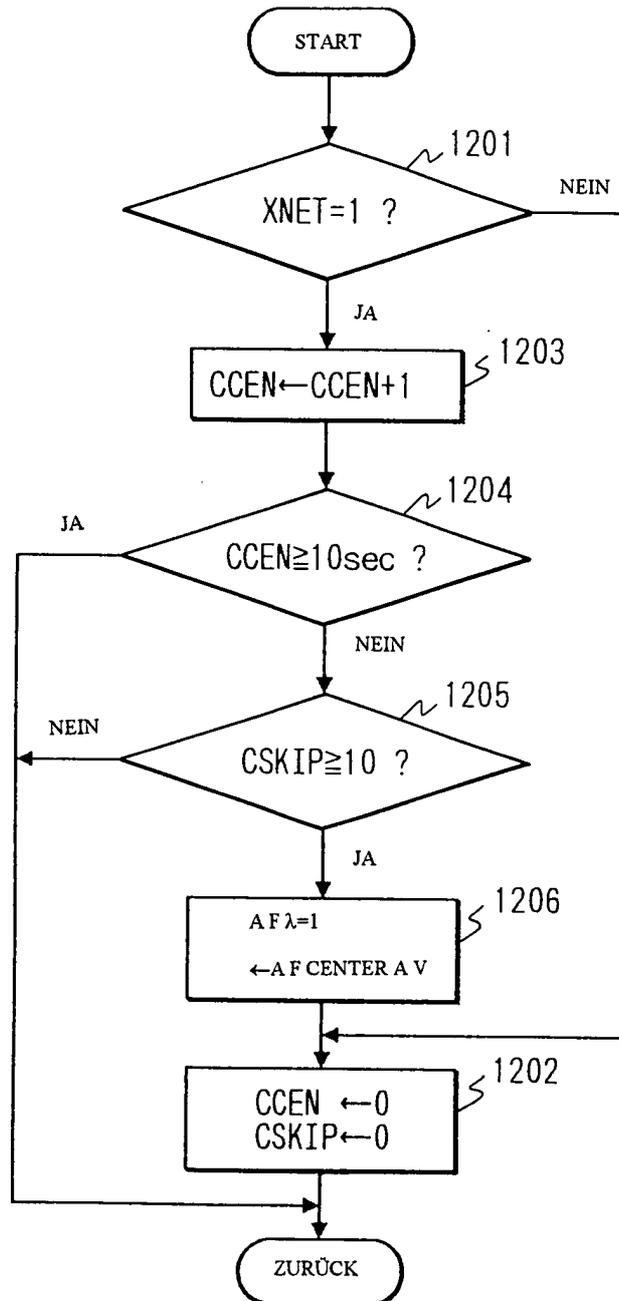


FIG. 23

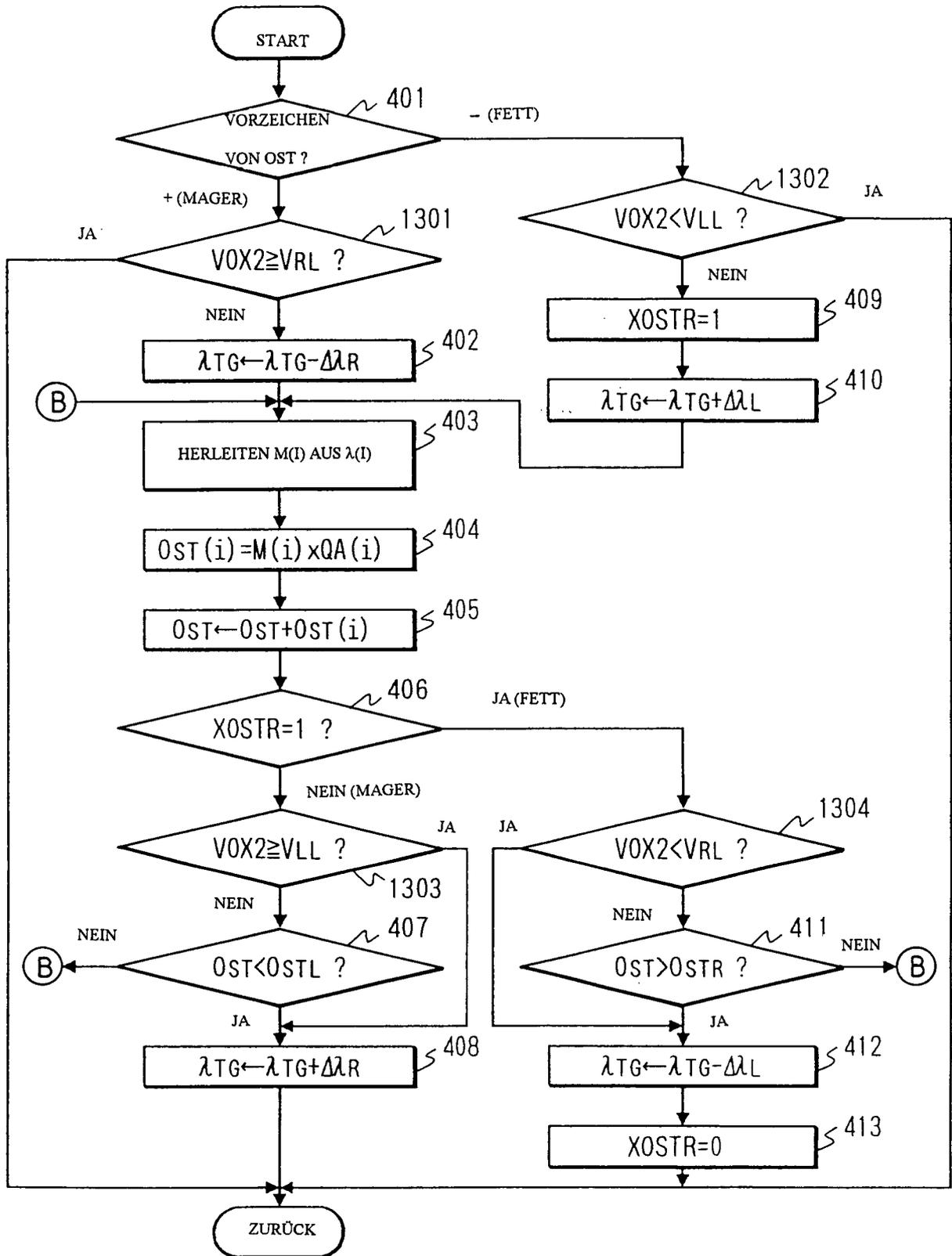


FIG. 24

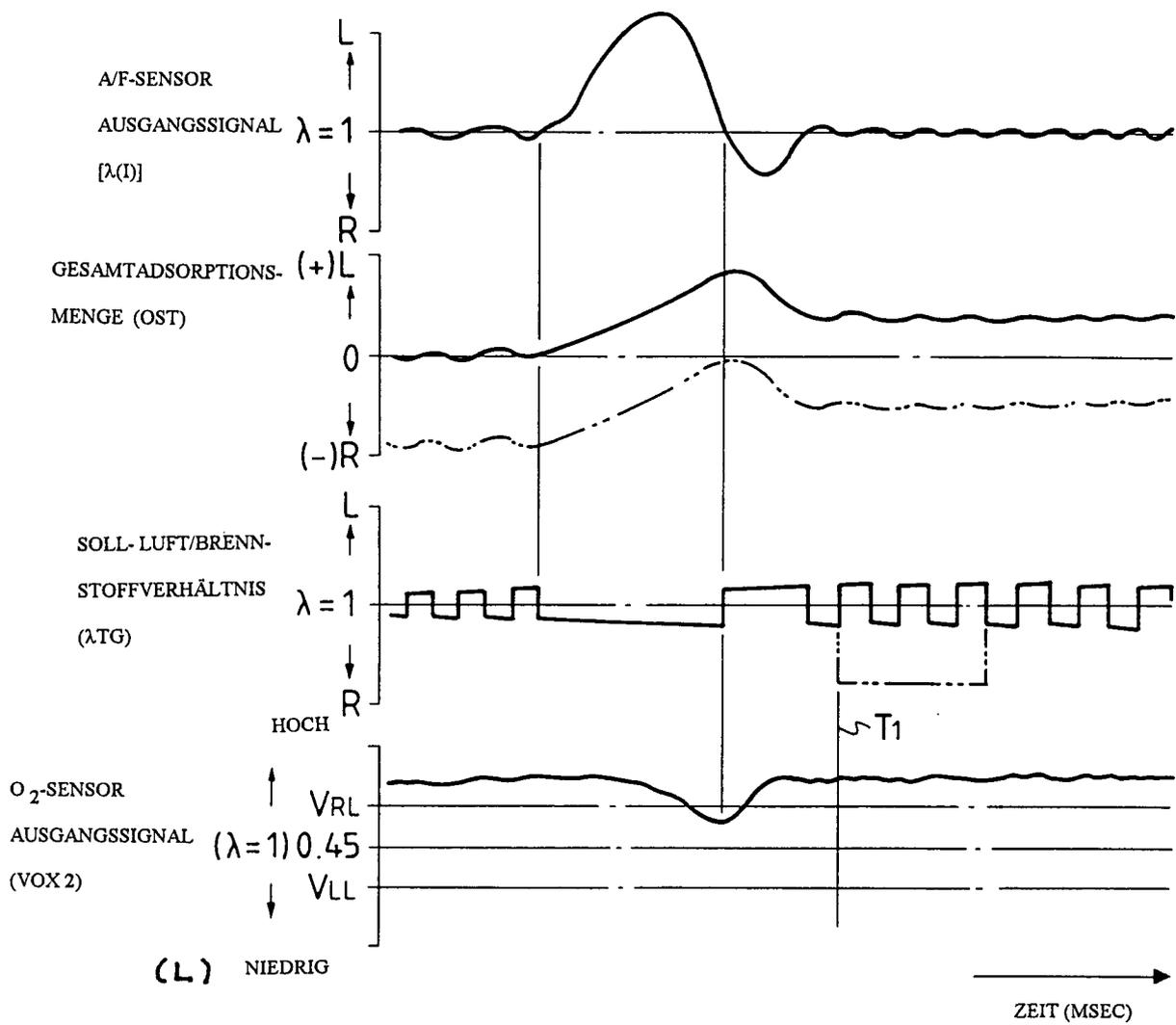


FIG. 25

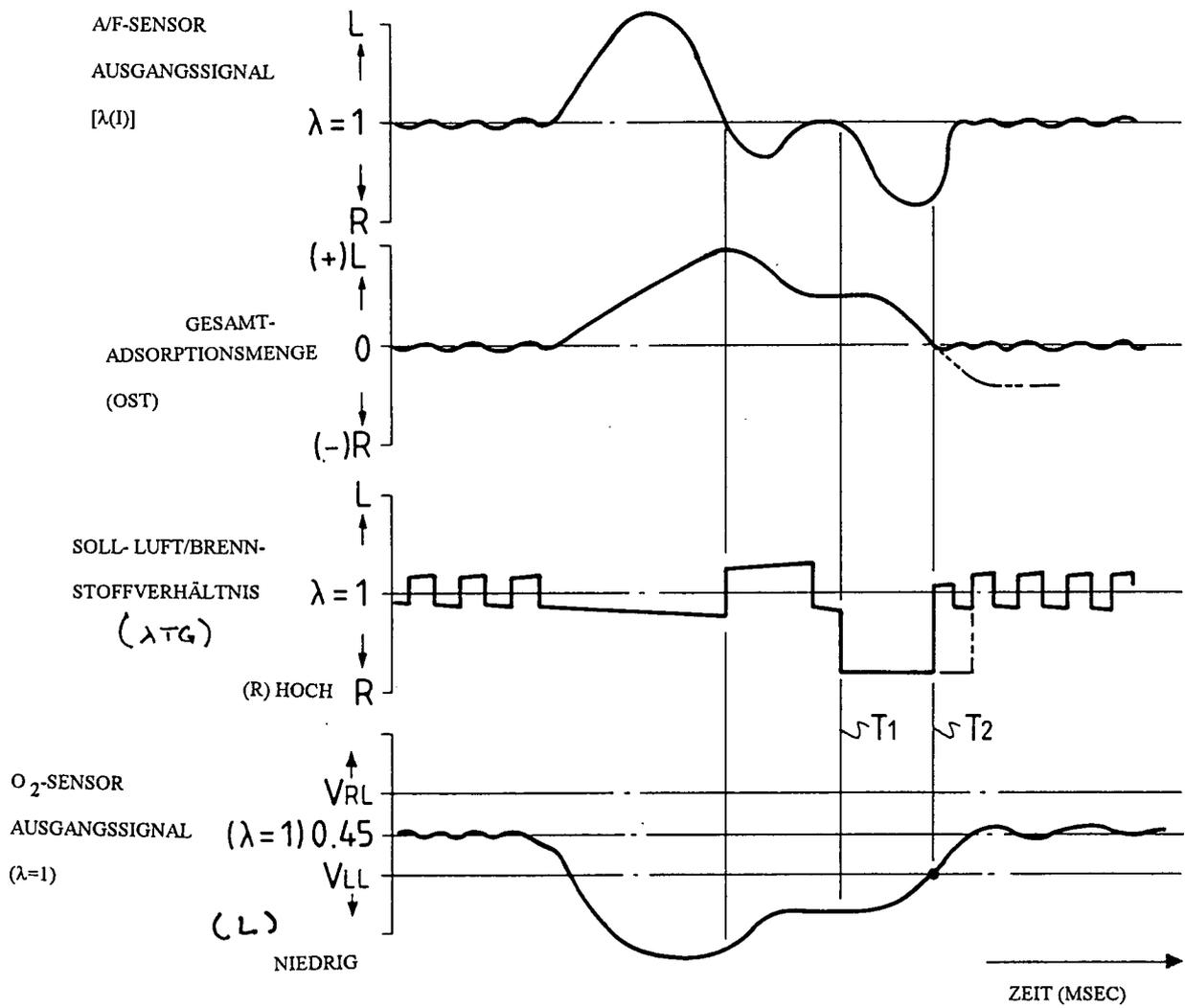


FIG. 26

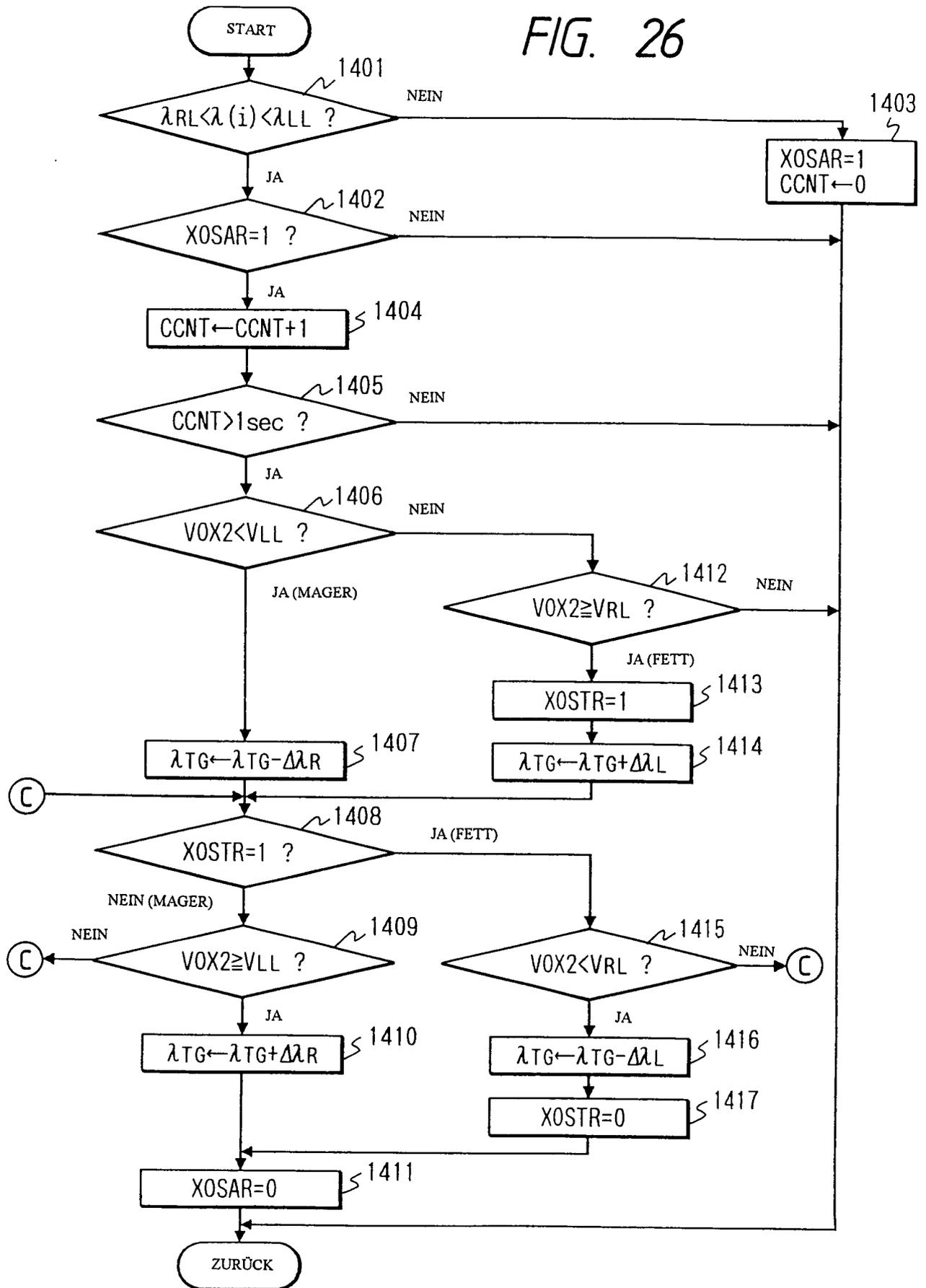


FIG. 27

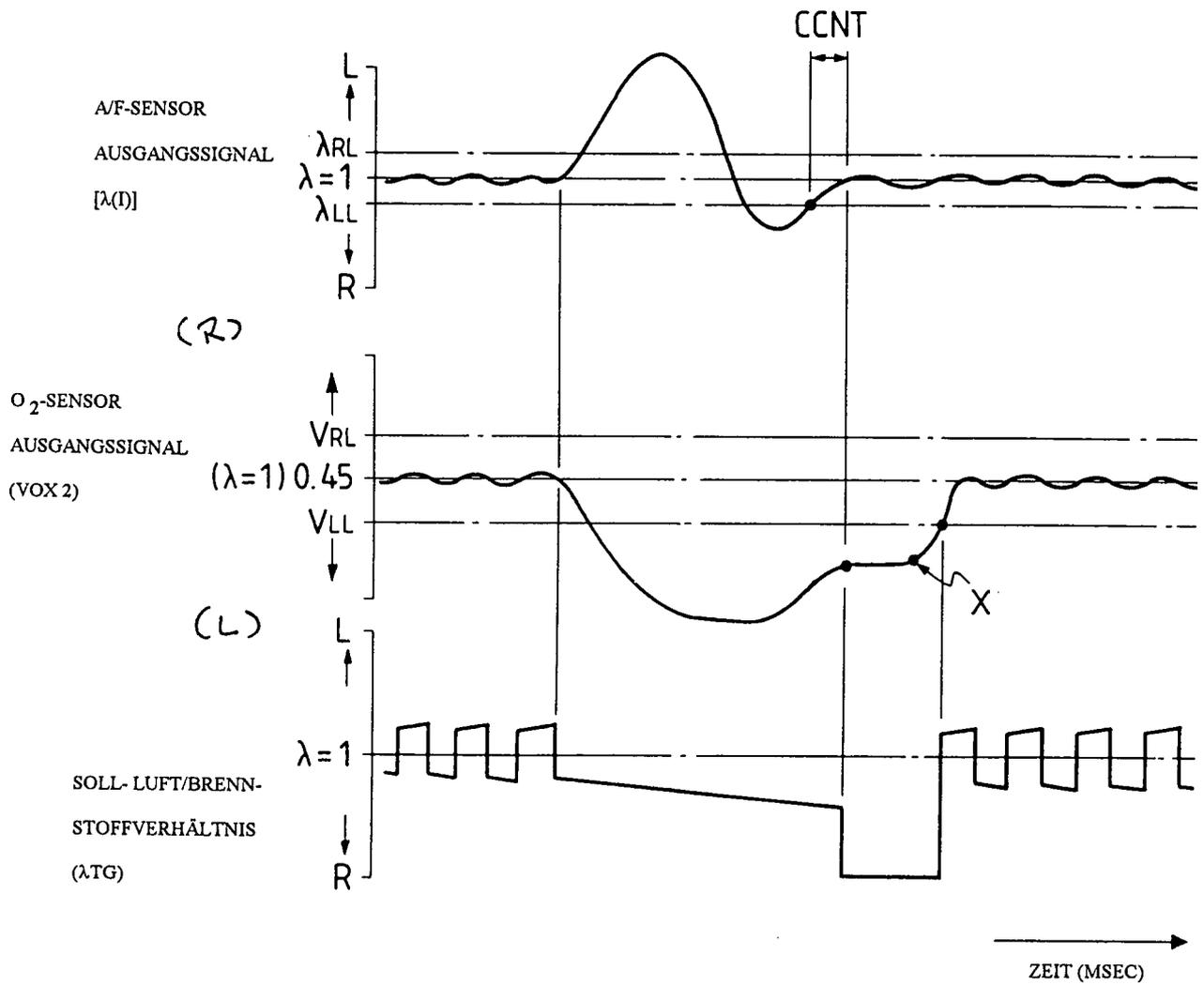


FIG. 28

