



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 16 494 T2** 2006.01.05

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 045 124 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 16 494.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 303 168.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **14.04.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **18.10.2000**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **08.12.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **05.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/14** (2006.01)
F02D 41/26 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

10652599 14.04.1999 JP

(73) Patentinhaber:

Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:

Weickmann & Weickmann, 81679 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Yasui, Yuji, Wako-shi, Saitama-ken, JP

(54) Bezeichnung: **Betriebssteuersystem**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

Gebiet der Erfindung:

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Anlagensteuersystem.

Beschreibung vom Stand der Technik:

[0002] Der Anmelder der vorliegenden Anmeldung hat ein Luft-Kraftstoff-Verhältnisregelsystem zum Steuern/Regeln des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines Verbrennungsmotors vorgeschlagen (genauer gesagt des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses eines Gemisches von Kraftstoff und Luft, das in dem Verbrennungsmotor zu verbrennen ist), um zu ermöglichen, dass ein Abgasreiniger, wie etwa ein katalytischer Wandler, z.B. ein katalytischer Dreiwegewandler, wie er in der Auspuffleitung des Verbrennungsmotors angeordnet ist, eine optimale Reinigungsfähigkeit hat. Siehe z.B. japanische Patentoffenlegungsschrift Nr. 11-324767 und US Patentanmeldung Nr. 09/311353 für Details.

[0003] Gemäß dem vorgeschlagenen Luft-Kraftstoff-Verhältnisregelsystem ist ein Abgassensor zum Erfassen der Konzentration einer bestimmten Komponente von Abgas, das durch den Abgasreiniger hindurchgetreten ist, wie etwa ein O₂-Sensor (Sauerstoffkonzentrationssensor), stromab des Abgasreinigers angeordnet, und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors wird eingestellt, um eine Ausgabe des O₂-Sensors, d.h. den erfassten Wert der Sauerstoffkonzentration, auf einen vorbestimmten Sollwert (einen konstanten Wert) zu konvergieren, um zu ermöglichen, dass der katalytische Wandler unabhängig von der Alterung des katalytischen Wandlers eine optimale Reinigungsfähigkeit hat.

[0004] Insbesondere wird ein Abgassensor (nachfolgend als "Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor" bezeichnet), der stromauf des Abgasreinigers angeordnet ist, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines in dem Verbrennungsmotor verbrannten Luft-Kraftstoff-Gemisches zu erfassen, und ein Auspuffsystem, das von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor zu dem O₂-Sensor reicht und den Abgasreiniger enthält, als ein geregeltes Objekt betrachtet. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnisregelsystem hat ein Steuerprozessmittel zum sequenziellen Erzeugen eines Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses für den Verbrennungsmotor (eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses für den Verbrennungsmotor, das erforderlich ist, das Ausgangssignal des O₂-Sensors zu dem Sollwert hin zu konvergieren), das als Regeleingabe in das geregelte Objekt dient, sowie ein Luft-Kraftstoff-Verhältniseinstellmittel zum Einstellen der dem Verbrennungsmotor zugeführten Kraftstoffmenge, um das Ausgangssignal des Luft-Kraftstoff-Verhältnissensors (den erfassten Wert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses) zu dem von dem Steuerprozessmittel erzeugten Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis hin zu konvergieren, um hierdurch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors auf das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu stellen.

[0005] Allgemein hat der katalytische Wandler als der Abgasreiniger eine relativ lange Totzeit. Wenn die Drehzahl des Verbrennungsmotors niedrig ist, z.B. wenn der Verbrennungsmotor leerläuft, haben der Verbrennungsmotor und das Luft-Kraftstoff-Verhältniseinstellmittel auch eine relativ lange Totzeit. Diese Totzeiten bilden ein Hindernis für den Prozess, das Ausgangssignal des O₂-Sensors stabil auf den gegebenen Sollwert zu regeln.

[0006] Das obige Luft-Kraftstoff-Verhältnisregelsystem hat ein Schätzmittel zum sequenziellen Erzeugen eines Schätzwerts des Ausgangssignals von dem O₂-Sensor nach einer Gesamtzeit, welche die Summe der Totzeit (die erforderlich ist, damit das jedesmal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis sich im Ausgangssignal von dem O₂-Sensor widerspiegelt) des Auspuffsystems, das den Abgasreiniger enthält, und der Totzeit (die erforderlich ist, damit das von dem Steuerprozessmittel jedesmal erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis sich in dem Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis widerspiegelt) eines Systems ist, das den Verbrennungsmotor und das Luft-Kraftstoff-Verhältniseinstellmittel umfasst. Das Steuerprozessmittel erzeugt sequenziell das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zum Konvergieren des von dem Schätzmittel erzeugten Schätzwerts auf den Sollwert für die Ausgabe von dem O₂-Sensor, um hierdurch den Effekt der Totzeit zu kompensieren. Die Ansprechverzögerung des Verbrennungsmotors des Systems, das den Verbrennungsmotor und das Luft-Kraftstoff-Verhältniseinstellmittel umfasst, kann durch das Luft-Kraftstoff-Verhältniseinstellmittel kompensiert werden. Dementsprechend wird der Schätzwert für das Ausgangssignal von dem O₂-Sensor nach der Gesamtzeit unter Verwendung der Ausgangssignale von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor und dem O₂-Sensor gemäß einem Algorithmus bestimmt, der auf der Basis eines Modells aufgebaut ist, welches das Verhalten des Auspuffsystems einschließlich der Ansprechverzögerung des Auspuffsystems repräsentiert.

[0007] In dem obigen Luft-Kraftstoff-Verhältnisregelsystem kann das den Abgasreiniger enthaltende Auspuffsystem als eine Anlage zum Erzeugen des Ausgangssignals des O₂-Sensors aus dem von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors (des Ausgangssignal von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor) angesehen werden. Der Verbrennungsmotor kann als Aktuator zum Erzeugen von Abgas betrachtet werden, das ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis als Eingabe zu der Anlage aufweist. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor und der O₂-Sensor können als ein Erfassungsmittel zum Erfassen der Eingabe bzw. Ausgabe der Anlage angesehen werden.

[0008] Um das Abgas von dem Verbrennungsmotor sauberer zu machen, kann die Abmessung des katalytischen Wandlers als Abgasreiniger größer gemacht werden, oder der Abgasreiniger kann eine Mehrzahl verbundener katalytischer Wandler aufweisen.

[0009] Da jedoch in einem solchen System das den Abgasreiniger enthaltende Auspuffsystem als das von dem Steuerprozessmittel zu regelnde Objekt eine lange Totzeit hat und das Verhalten des Auspuffsystems tendenziell kompliziert ist, ist es schwierig, dass der Schätzwert für das Ausgangssignal von dem O₂-Sensor, wie er von dem Schätzmittel geschätzt wird, ein ausreichendes Genauigkeitsniveau hat. Daher wird die Stabilität und schnelle Reaktion des Regelprozesses zum Konvergieren der Ausgabe des O₂-Sensors auf den Sollwert reduziert, und der katalytische Wandler zwischen dem Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor und dem O₂-Sensor ist nicht in der Lage, eine ausreichende Abgasreinigungsfähigkeit zu erreichen.

[0010] Die obigen Nachteile sind nicht auf das den Abgasreiniger enthaltende Auspuffsystem beschränkt, sondern sie treten in einem System auf, das den Betrieb eines Aktuators zum Steuern der Ausgabe einer Anlage steuert/regelt, die aus einer von dem Aktuator erzeugten Eingabe bei einem bestimmten Sollwert erzeugt wird, wenn die Anlage eine lange Totzeit hat.

[0011] Die JP 11093741 beschreibt ein Anlagensteuersystem, das gemäß einem Gleitmodusregelprozess arbeitet.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Anlagensteuersystem anzugeben, das in der Lage ist, die Ausgabe einer Anlage mit einer langen Totzeit auf einen vorbestimmten Sollwert zu regeln.

[0013] Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Anlagensteuersystem mit einer Anlage zum Erzeugen einer Ausgabe aus einer Eingabe, die von einem Aktuator aufeinanderfolgend durch eine erste Teilanlage und eine zweite Teilanlage erzeugt wird, vorzusehen, sowie ein Erfassungsmittel zum Erfassen der Ausgabe der Anlage zum Einstellen einer Ausgabe des Aktuators, um eine Ausgabe des Erfassungsmittels (den erfassten Wert der Ausgabe der Anlage) auf einen vorbestimmten Sollwert zu konvergieren, wobei das Anlagensteuersystem in der Lage ist, die Ausgabe des Erfassungsmittels gut auf den Sollwert zu konvergieren, während der Effekt einer Totzeit der Anlage auch dann richtig kompensiert wird, wenn die Totzeit lang ist.

[0014] Eine noch andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Anlagensteuersystem mit einem Abgasreiniger anzugeben, der einen ersten katalytischen Wandler und einen zweiten katalytischen Wandler aufweist, die aufeinanderfolgend stromab in der Auspuffleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet sind, sowie einen Abgassensor, wie etwa einen O₂-Sensor, der stromab des Abgasreinigers angeordnet ist, zum Regeln des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Verbrennungsmotors, um eine Ausgabe des Abgasreinigers auf einen vorbestimmten Sollwert zu konvergieren.

[0015] Vor der Beschreibung der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend die technische Bedeutung einiger Begriffe, die in der vorliegenden Erfindung angewendet werden, beschrieben.

[0016] Gemäß der vorliegenden Erfindung dient ein Anlagensteuersystem zum Steuern/Regeln einer Anlage zum Erzeugen einer Ausgabe aus einer bestimmten Eingabe aufeinanderfolgend durch eine erste Teilanlage und eine zweite Teilanlage. Die erste Teilanlage und die zweite Teilanlage, die gemeinsam die Anlage bilden, können vom Aussehen her separate Strukturen sein, können aber auch vom Aussehen her eine integrale Struktur sein. Die meisten Anlagen, die vom Aussehen her eine Einzelstruktur sind, erzeugen eine Zwischenentität (einschließlich einer Substanz oder einer physikalischen Größe) in dem Prozess der Erzeugung einer Ausgabe aus einer Eingabe in diese. Eine solche Anlage enthält einen Abschnitt zum Erzeugen der Zwischenentität aus der Eingabe und einem Abschnitt zum Erzeugen der Endausgabe der Anlage aus der Zwischenentität.

tität. Der erstere Abschnitt entspricht der ersten Teilanlage und der letztere Abschnitt der zweiten Teilanlage. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann jede der ersten Teilanlage und der zweiten Teilanlage eine Mehrzahl von Teilanlagen umfassen.

[0017] Nachfolgend wird ein Anlagensteuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0018] Zur Lösung der obigen Aufgaben steht das Anlagensteuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung in zwei Aspekten zur Verfügung, die unten beschrieben werden.

[0019] Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst ein Anlagensteuersystem zum Steuern/Regeln einer Anlage zum Erzeugen einer Ausgabe aus einer Eingabe aufeinanderfolgend durch eine erste Teilanlage und eine zweite Teilanlage, einen Aktuator zum Erzeugen einer Eingabe zu der Anlage; ein erstes Erfassungsmittel zum Erfassen einer Ausgabe aus der Anlage; ein zweites Erfassungsmittel zum Erfassen einer Ausgabe aus der ersten Teilanlage, die durch die erste Teilanlage in Abhängigkeit von der Eingabe zu der Anlage erzeugt wird; ein drittes Erfassungsmittel zum Erfassen der Eingabe zu der Anlage; ein erstes Steuerprozessmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Sollwert für eine Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, der erforderlich ist, um eine Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf einen vorbestimmten Sollwert zu konvergieren, gemäß einem Rückkopplungsregelprozess; ein zweites Steuerprozessmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die eine Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, die erforderlich ist, um die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels auf den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels zu konvergieren, der durch die Daten repräsentiert wird, die durch das erste Steuerprozessmittel erzeugt werden, gemäß einem Rückkopplungsregelprozess; ein Aktuatorsteuermittel zum Einstellen einer Ausgabe des Aktuators in die Solleingabe zu der Anlage, die durch die Daten repräsentiert wird, die durch das zweite Steuerprozessmittel erzeugt werden; ein erstes Schätzmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach einer Totzeit der zweiten Teilanlage repräsentieren, unter Verwendung der Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel; und ein zweites Schätzmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach einer Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe einer Totzeit der ersten Teilanlage und der Totzeit eines Systems ist, das das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst, unter Verwendung der Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel; wobei das erste Steuerprozessmittel ein Mittel umfasst, um Daten zu erzeugen, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, unter Verwendung der durch das erste Schätzmittel erzeugten Daten, und wobei das zweite Steuerprozessmittel ein Mittel umfasst, um Daten zu erzeugen, die die Solleingabe zu der Anlage präsentieren, unter Verwendung der durch das zweite Schätzmittel erzeugten Daten.

[0020] In dem ersten Aspekt dient, von den ersten und zweiten Teilanlagen, die zweite Teilanlage als ein von dem ersten Steuerprozessmittel zu regelndes Objekt. Das erste Steuerprozessmittel erzeugt sequenziell Daten, die einen Sollwert für eine Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren (= einen Sollwert für eine Ausgabe des ersten Erfassungsmittels), der eine in die zweite Teilanlage einzugebende Regeleingabe ist, um eine Ausgabe des ersten Erfassungsmittels, ein Hinweis auf einen erfassten Wert einer Ausgabe der Anlage ist (die auch eine Ausgabe der zweiten Anlage ist), auf einen vorbestimmten Sollwert gemäß einem Rückkopplungsregelprozess zu konvergieren.

[0021] Das Steuerprozessmittel erzeugt Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, unter Verwendung der von dem ersten Schätzmittel erzeugten Daten, da sie den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, sodass es möglich wird, den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels zu erzeugen, während der Effekt der Totzeit der zweiten Teilanlage kompensiert wird.

[0022] Die Totzeit der zweiten Teilanlage ist im Vergleich zur gesamten Totzeit der Anlage kurz. Die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der Totzeit der zweiten Anlage repräsentieren, können im Hinblick auf die Ansprechverzögerungscharakteristiken nur der zweiten Anlage erzeugt werden, die Teil der Anlage ist. Daher kann die Genauigkeit des Schätzwerts für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels, repräsentiert durch die von dem ersten Schätzmittel erzeugten Daten, erhöht werden. Infolgedessen kann das erste Steuerprozessmittel die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren (die Solleingabe zu der zweiten Anlage) erzeugen, die geeignet sind, um die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (den erfassten Wert der Ausgabe der Anlage) zu konvergieren, während der Effekt der Totzeit der zweiten Teilanlage angemessen kompensiert wird.

[0023] Das zweite Steuerprozessmittel hat die erste Teilanlage als ein zu regelndes Objekt. Das zweite Steu-

erprozessmittel erzeugt sequenziell Daten, die eine Solleingabe in die Anlage (eine Solleingabe in die erste Teilanlage) repräsentieren, die eine in die erste Teilanlage einzugebende Regeleingabe ist, um die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, die einen erfassten Wert der Ausgabe der ersten Teilanlage repräsentiert (die auch eine Eingabe in die zweite Teilanlage ist), auf den Sollwert zu konvergieren, der durch die Daten repräsentiert wird, die durch das erste Steuerprozessmittel erzeugt werden, gemäß einem Rückkopplungsregelprozess.

[0024] Das zweite Steuerprozessmittel erzeugt Daten, die die Solleingabe für die Anlage repräsentieren, unter Verwendung der durch das zweite Schätzmittel erzeugten Daten, d.h. der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach einer Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe der Zeit der ersten Teilanlage und der Zeit eines Systems ist, das das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst (das ein System zum Erzeugen einer Isteingabe zu der Anlage (= Isteingabe zu der ersten Teilanlage) aus den Daten ist, die die Solleingabe in die Anlage repräsentieren, erzeugt durch das zweite Steuerprozessmittel). Somit ist es möglich, die die Solleingabe repräsentierenden Daten zu erzeugen, während der Effekt der Zeit des Systems kompensiert wird, welches das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst (das nachfolgend als System zum Einstellen einer Eingabe in die erste Teilanlage bezeichnet werden könnte), sowie auch den Effekt der Zeit der ersten Teilanlage.

[0025] Die Zeit der ersten Teilanlage ist im Vergleich zur Zeit der gesamten Anlage kurz. Da der Effekt der Ansprechverzögerung eines Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage, insbesondere des darin enthaltenen Aktuators, durch das Aktuatorsteuermittel kompensiert werden kann, können die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der Gesamtzeit repräsentieren, im Hinblick auf die Ansprechverzögerungscharakteristiken der ersten Teilanlage allein unter Berücksichtigung der Ansprechverzögerung des Systems zur Erzeugung einer Eingabe der ersten Teilanlage erzeugt werden.

[0026] Demzufolge kann die Genauigkeit des Schätzwerts für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, wie durch die vom zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, erhöht werden. Im Ergebnis kann das zweite Prozesssteuermittel die die Solleingabe in die Anlage repräsentierenden Daten erzeugen, die zum Konvergieren der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, die den erfassten Wert der Ausgabe der ersten Teilanlage repräsentiert, auf den Sollwert zu konvergieren, der durch die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert wird, während der Effekt der Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe in die erste Teilanlage, zusätzlich zur Zeit der ersten Teilanlage, geeignet kompensiert wird. Daher sind die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren (die Solleingabe in die zweite Teilanlage) adäquat zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (des erfassten Werts der Ausgabe der Anlage) auf deren Sollwert, und die den Sollwert zur Anlage repräsentierenden Daten, die durch das zweite Steuerprozessmittel erzeugt werden, sind auch adäquat zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf deren Sollwert.

[0027] Gemäß der vorliegenden Erfindung erfolgt der Prozess der Erzeugung der Solleingabe in die Anlage durch das erste Steuerprozessmittel, der einen Steuerprozess für die zweite Teilanlage ausführt, sowie das zweite Steuerprozessmittel, das einen Steuerprozess für die erste Teilanlage ausführt. Daher kann der Effekt von Störungen der gesamten Anlage auf das erste Steuerprozessmittel und das zweite Steuerprozessmittel verteilt und von diesen absorbiert werden.

[0028] Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es daher, selbst wenn die Gesamtanlage eine lange Zeit hat, möglich, die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels, das die Ausgabe der Anlage erfasst, gut auf den Sollwert zu konvergieren, während der Effekt der Zeit der Gesamtanlage kompensiert wird.

[0029] In einer bevorzugten Ausführung umfasst die vorliegende Erfindung ein Anlagensteuersystem zum Steuern/Regeln einer Anlage zum Erzeugen einer Ausgabe aus einer Eingabe aufeinanderfolgend durch eine erste Teilanlage und eine zweite Teilanlage einen Aktuator zum Erzeugen einer Eingabe zu der Anlage; ein erstes Erfassungsmittel zum Erfassen einer Ausgabe aus der Anlage; ein zweites Erfassungsmittel zum Erfassen einer Ausgabe aus der ersten Teilanlage, die durch die erste Teilanlage in Abhängigkeit von der Eingabe zu der Anlage erzeugt wird; ein drittes Erfassungsmittel zum Erfassen der Eingabe zu der Anlage; ein erstes Steuerprozessmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Sollwert für eine Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, der erforderlich ist, um eine Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf einen vorbestimmten Sollwert zu konvergieren, gemäß einem Rückkopplungsregelprozess; ein zweites Steuerprozessmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die eine Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, die erforderlich ist, um die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels auf den Sollwert für die Ausgabe des zweiten

Erfassungsmittels zu konvergieren, der durch die Daten repräsentiert wird, die durch das erste Steuerprozessmittel erzeugt werden, gemäß einem Rückkopplungsregelprozess; ein Aktuatorsteuermittel zum Einstellen einer Ausgabe des Aktuators in die Solleingabe zu der Anlage, die durch die Daten repräsentiert wird, die durch das zweite Steuerprozessmittel erzeugt werden, ein erstes Schätzmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach einer ersten Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe der Zeit der zweiten Teilanlage und der Zeit eines Systems ist, wird das zweite Steuerprozessmittel, das Aktuatorsteuermittel, den Aktuator und die erste Teilanlage umfasst, unter Verwendung der Ausgabe der ersten und zweiten Erfassungsmittel, und ein zweites Schätzmittel zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach einer zweiten Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe der Zeiten der ersten Teilanlage und der Zeit eines Systems ist, das das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst, unter Verwendung der Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel, wobei das erste Steuerprozessmittel ein Mittel umfasst, um Daten zu erzeugen, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, unter Verwendung der durch das erste Schätzmittel erzeugten Daten, und wobei das zweite Steuerprozessmittel ein Mittel umfasst, um Daten zu erzeugen, die die Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, unter Verwendung der durch das zweite Schätzmittel erzeugten Daten.

[0030] In dem Anlagensteuersystem gemäß dieser bevorzugten Ausführung erzeugt das erste Schätzmittel Daten, die einen Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, nach einer ersten Gesamtzeit, die die Summe der Zeit der zweiten Teilanlage und der Zeit eines Systems ist, das das zweite Prozesssteuermittel, das Aktuatorsteuermittel, den Aktuator und die erste Teilanlage umfasst (die ein System zum Erzeugen einer Istausgabe des zweiten Erfassungsmittels (des erfassten Werts einer Isteingabe in die zweite Teilanlage) aus den von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren (die Solleingabe in die zweite Teilanlage), und das erste Steuerprozessmittel erzeugt Daten, die einen Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren (eine Solleingabe zu der zweiten Teilanlage). Die anderen Details des Anlagensteuersystems gemäß dem zweiten Aspekt sind die gleichen wie jene des Anlagensteuersystems gemäß dem ersten Aspekt.

[0031] Gemäß dieser bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung erzeugt das erste Steuerprozessmittel, das die zweite Teilanlage als ein zu regelndes Objekt hat, die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, unter Verwendung der Daten, die von dem ersten Schätzmittel erzeugt werden, welche den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, nach der ersten Gesamtzeit. Es ist daher möglich, die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren (die Solleingabe in die zweite Teilanlage), während der Effekt der Zeit des Systems kompensiert wird, das das zweite Steuerprozessmittel, das Aktuatormittel, den Aktuator und die erste Teilanlage umfasst (das nachfolgend als ein System zum Erzeugen einer Eingabe in die zweite Teilanlage bezeichnet werden könnte), sowie den Effekt der Zeit der zweiten Teilanlage.

[0032] Obwohl die Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe in die zweite Teilanlage relativ lang ist, kann der Effekt der Ansprechverzögerungen des Aktuators und der ersten Teilanlage, die in diesem System enthalten sind, durch das Aktuatorsteuermittel bzw. das zweite Steuerprozessmittel kompensiert werden. Daher können Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamtzeit repräsentieren, im Hinblick auf die Ansprechverzögerungscharakteristiken der zweiten Teilanlage nur unter Berücksichtigung der Ansprechverzögerung des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der zweiten Teilanlage erzeugt werden. Wenn somit die Zeit der zweiten Teilanlage relativ kurz ist, dann kann die Genauigkeit des Schätzwerts für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamtzeit, die durch die von dem ersten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert wird, auf einem ausreichenden Pegel gehalten werden. Im Ergebnis kann das erste Prozesssteuermittel Daten erzeugen, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren (die Solleingabe in die zweite Teilanlage), die zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den Sollwert geeignet sind, der durch die vom ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert wird, während der Effekt der Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe in die zweite Teilanlage, zusätzlich zur Zeit der zweiten Teilanlage, geeignet kompensiert wird.

[0033] Das zweite Steuerprozessmittel, das die erste Teilanlage als ein zu regelndes Objekt hat, sowie das ihm zugeordnete zweite Schätzmittel, arbeiten in der gleichen Weise und bieten die gleichen Vorteile wie oben in Bezug auf den ersten Aspekt der Erfindung beschrieben. Da das erste Steuerprozessmittel den Effekt der Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe in die zweite Teilanlage kompensiert, ist es möglich, den vom zweiten Steuerprozessmittel ausgeführten Rückkopplungsregelprozess zu stabilisieren und dem Rückkopplungsregelprozess eine hohe Verstärkung zu geben. Im Ergebnis kann das schnelle Ansprechverhalten

des von dem zweiten Steuerprozessmittel ausgeführten Steuerprozesses erhöht werden.

[0034] Der Effekt von Störungen auf die Gesamtanlage kann auf das erste Steuerprozessmittel und das zweite Steuerprozessmittel verteilt und von diesen absorbiert werden, wie beim ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung.

[0035] Gemäß dieser bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung ist es daher, selbst wenn die Gesamtanlage eine lange Totzeit hat, möglich, die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels, das die Ausgabe der Anlage erfasst, gut auf den Sollwert zu konvergieren, während der Effekt der Totzeit der Gesamtanlage kompensiert wird.

[0036] Wenn die Totzeit der zweiten Teilanlage relativ lang ist, dann ist das Anlagensteuersystem gemäß dem ersten Aspekt bevorzugt, und wenn die Totzeit der ersten Teilanlage relativ kurz ist, dann ist das Anlagensteuersystem gemäß dem zweiten Aspekt bevorzugt.

[0037] In den Anlagensteuersystemen gemäß dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen umfasst die Anlage bevorzugt ein Auspuffsystem, das von einer Position stromauf eines Abgasreinigers, der einen ersten katalytischen Wandler und einen zweiten katalytischen Wandler umfasst, die stromab aufeinanderfolgend in einer Auspuffleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet sind, zu einer Position stromab des Abgasreinigers reicht, wobei das Auspuffsystem den Abgasreiniger enthält, wobei die erste Teilanlage ein System umfasst, das von der Position stromauf des Abgasreinigers zu einer Position zwischen den ersten und zweiten katalytischen Wandlern reicht, wobei die zweite Teilanlage ein System umfasst, das von der Position zwischen den ersten und zweiten katalytischen Wandlern zu der Position stromab des Abgasreinigers reicht, und worin die Eingabe zu der Anlage, wie durch das dritte Erfassungsmittel erfasst, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Luft-Kraftstoff-Gemisches umfasst, das in dem Verbrennungsmotor als der Aktuator zum Erzeugen des Abgases verbrannt wird, das in den Abgasreiniger eintritt, wobei die Ausgabe von der Anlage, wie durch das erste Erfassungsmittel erfasst, die Konzentration einer Komponente des Abgases umfasst, das durch den Abgasreiniger hindurchgetreten ist, und die Ausgabe der ersten Teilanlage, wie durch das zweite Erfassungsmittel erfasst, die Konzentration einer Komponente des Abgases umfasst, das durch den ersten katalytischen Wandler in den zweiten katalytischen Wandler eingeführt wird.

[0038] Beim Erzeugen eines Sollwerts für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses) als die Solleingabe zu der Anlage zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels, das die Konzentration einer Komponente (die Ausgabe der Anlage) in dem Abgas erfasst, das durch den Abgasreiniger der Anlage hindurchgetreten ist, auf den Sollwert, und zum Einstellen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Verbrennungsmotors als Aktuator zum Konvergieren der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels (des erfassten Werts des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses) auf das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis, wenn der Abgasreiniger ein groß bemessener katalytischer Wandler oder eine Mehrzahl katalytischer Wandler umfasst, dann hat der Abgasreiniger eine lange Totzeit.

[0039] In dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung umfasst der Abgasreiniger einen stromaufwärtigen ersten katalytischen Wandler und einen stromabwärtigen zweiten katalytischen Wandler, und ein Auspuffsystem, das als Anlage dem ersten katalytischen Wandler zugeordnet ist, wird als erste Teilanlage bezeichnet, und ein Auspuffsystem, das als Anlage dem zweiten katalytischen Wandler zugeordnet ist, wird als die zweite Teilanlage bezeichnet. Die Konzentration einer Komponente in dem Abgas, das durch den ersten katalytischen Wandler in den zweiten katalytischen Wandler fließt, wird von dem zweiten Erfassungsmittel als die Ausgabe der ersten Teilanlage erfasst (= die Eingabe in die zweite Teilanlage). Das erste Steuerprozessmittel und das erste Schätzmittel erzeugen die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, um die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den Sollwert zu konvergieren. Das zweite Steuerprozessmittel und das zweite Schätzmittel erzeugen die Daten, die den Sollwert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses repräsentieren, das die Solleingabe zu der Anlage ist, um die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels auf deren Sollwert zu konvergieren. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors als dem Aktuator wird eingestellt, um die Ausgabe des dritten Erfassungsmittels (den erfassten Wert des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses) auf das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu konvergieren.

[0040] Mit der obigen Anordnung ist es möglich, die Effekte der Totzeit der ersten Teilanlage, die das dem ersten katalytischen Wandler zugeordnete Auspuffsystem ist, und die Totzeit der zweiten Teilanlage, die das dem zweiten katalytischen Wandler zugeordnete Auspuffsystem ist, geeignet zu kompensieren. Selbst wenn daher das gesamte Abgassystem (die Anlage) einschließlich des Abgasreinigers eine lange Totzeit hat, kann die Ausgabe der ersten Erfassungsmittels (der erfasste Wert der Ausgabe der Anlage) gut auf den Sollwert

konvergiert werden, während der Effekt der Totzeit kompensiert wird. Da die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels, d.h. der erfasste Wert der Konzentration der Komponente, die durch den Abgasreiniger hindurchgetreten ist, gut auf den Sollwert konvergiert werden kann, wird es dem Abgasreiniger möglich gemacht, seine gewünschte Reinigungsfähigkeit zu erlangen, um die Reinigungsrate des Abgases zu erhöhen, das von dem Verbrennungsmotor abgegeben wird.

[0041] In dem Fall, wo die Anlage das den Abgasreiniger enthaltende Auspuffsystem umfasst, wie aus der obigen Erläuterung der ersten Teilanlage und der zweiten Teilanlage ersichtlich, können der erste katalytische Wandler und der zweite katalytische Wandler des Abgasreinigers voneinander separat oder integral miteinander kombiniert sein. Wenn der Abgasreiniger einen einzigen einheitlichen katalytischen Wandler umfasst, kann er in stromaufwärtige und stromabwärtige Abschnitte unterteilt sein, die jeweils dem ersten katalytischen Wandler bzw. dem zweiten katalytischen Wandler entsprechen. Wenn der Abgasreiniger voneinander separate erste und zweite katalytische Wandler umfasst, können beide oder einer der katalytischen Wandler eine Mehrzahl katalytischer Wandler umfassen, die miteinander verbunden sind. Insbesondere, wenn der Abgasreiniger eine Mehrzahl verbundener katalytischer Wandler umfasst, können diese katalytischen Wandler in stromaufwärtige und stromabwärtige Gruppen aufgeteilt sein, und die katalytischen Wandler, die zu den stromaufwärtigen und stromabwärtigen Gruppen gehören, entsprechen dem ersten katalytischen Wandler bzw. dem zweiten katalytischen Wandler.

[0042] Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Steuerprozessmittel ein Mittel, um die Daten zu erzeugen, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, um den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der Totzeit der zweiten Teilanlage, wie durch die vom ersten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, auf den Sollwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels zu konvergieren, und das zweite Steuerprozessmittel umfasst ein Mittel, um die Daten zu erzeugen, die die Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, um den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der Gesamtzeit, wie durch die vom zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, auf den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels zu konvergieren.

[0043] In einer bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Steuerprozessmittel ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, um den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamtzeit, wie durch die von dem ersten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, auf den Sollwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels zu konvergieren, und das zweite Steuerprozessmittel umfasst ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die die Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, um den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der zweiten Gesamtzeit, wie durch die von dem zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, auf den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels zu konvergieren.

[0044] Das erste Steuerprozessmittel kann die Daten erzeugen, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, während der Effekt der Totzeit der zweiten Teilanlage richtig kompensiert wird, und das zweite Steuerprozessmittel kann die Daten erzeugen, die die Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, während der Effekt der Totzeit der ersten Teilanlage kompensiert wird.

[0045] In dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Schätzmittel ein Mittel um die Daten zu erzeugen, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß einem Algorithmus, der auf der Basis eines Modells der zweiten Teilanlage aufgebaut ist, das ein Verhalten der zweiten Teilanlage als ein System ausdrückt zum Erzeugen von Daten, die die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, aus Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, mit einer Totzeit und einer Ansprechverzögerung.

[0046] Ähnlich umfasst das zweite Schätzmittel ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß einem Algorithmus, der auf der Basis eines Modells der ersten Teilanlage aufgebaut ist, das ein Verhalten der ersten Teilanlage als ein System ausdrückt zum Erzeugen von Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, aus Daten, die die Ausgabe des dritten Erfassungsmittels repräsentieren, mit einer Totzeit und einer Ansprechverzögerung.

[0047] Insbesondere erzeugt in dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung das erste Schätzmittel die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der Totzeit der zweiten Teilanlage repräsentieren. Wenn ein Verhalten der zweiten Teilanlage durch ein Modell ausgedrückt wird, das ein Element relativ zur Totzeit sowie ein Element relativ zur Ansprechverzögerung enthält, können die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß einem Algorithmus auf der

Basis des Modells adäquat erzeugt werden.

[0048] In einer bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung erzeugt das erste Schätzmittel die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe der Zeit der zweiten Teilanlage und der Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der zweiten Teilanlage ist. Da die Ansprechverzögerung des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der zweiten Teilanlage durch das Aktuatorsteuermittel und das zweite Steuerprozessmittel kompensiert werden kann, braucht die Ansprechverzögerung des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der zweiten Teilanlage bei der Erzeugung der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamtzeit repräsentieren, nicht berücksichtigt werden. In dem zweiten Aspekt ist es daher möglich, die Daten richtig zu erzeugen, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß dem Algorithmus auf der Basis des Modells, das das Element relativ zur Zeit und das Element relativ zur Ansprechverzögerung enthält, und das Verhalten der zweiten Teilanlage ausdrückt.

[0049] Wie bei dem ersten Schätzmittel des Anlagensteuersystems gemäß dieser bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung in Bezug auf das zweite Schätzmittel in dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen, kann die Ansprechverzögerung eines Systems, das das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst (die nachfolgend als System zum Erzeugen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage bezeichnet werden könnten) für das Aktuatorsteuermittel kompensiert werden. Demzufolge braucht die Ansprechverzögerung des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage beim Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der Gesamtzeit, die die Summe der Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage und der Zeit der ersten Teilanlage ist, nicht berücksichtigt werden. Daher ist es möglich, die Daten richtig zu erzeugen, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß dem Algorithmus auf der Basis des Modells, das das Element relativ zur Zeit und das Element relativ zur Ansprechverzögerung enthält, und das Verhalten der ersten Teilanlage ausdrückt.

[0050] Während das Modell der zweiten Teilanlage und das Modell der ersten Teilanlage als jeweilige zeitkontinuierliche Systeme aufgebaut werden können, sollten sie bevorzugt als jeweilige Diskretzeitsysteme aufgebaut sein, um die Prozesse des ersten Schätzmittels und des zweiten Schätzmittels gemäß einem Prozess auf Computerbasis durchzuführen.

[0051] In diesem Fall kann das Modell der zweiten Teilanlage ein Modell aufweisen (ein sogenanntes autoregressives Modell), das die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels jedem Steuerzyklus mit der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels und der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels in einem dem Steuerzyklus vorangehenden Steuerzyklus ausdrückt.

[0052] Ähnlich kann das Modell der ersten Teilanlage ein Modell umfassen (ein sogenanntes autoregressives Modell), das die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels in jedem Steuerzyklus mit der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels und der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels in einem dem Steuerzyklus vorangehenden Steuerzyklus ausdrückt.

[0053] In dieser bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung ist die erste Gesamtzeit länger als die Zeit der zweiten Teilanlage beim Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamtzeit gemäß dem Algorithmus auf der Basis obigen Modells der zweiten Teilanlage repräsentieren. Um daher die den geschätzten Wert repräsentierenden Daten zu erzeugen, ist formal ein künftiger Wert der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels erforderlich (in einigen Fällen könnte ein künftiger Wert der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels in Abhängigkeit von der Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der zweiten Teilanlage und der Dauer der Steuerzyklen des ersten Steuerprozessmittels nicht erforderlich sein).

[0054] Um, in Bezug auf das zweite Schätzmittel, ähnlich die Daten zu erzeugen, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe der Zeit der ersten Teilanlage und der Zeit des Systems zum Einstellen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage ist, gemäß dem Algorithmus auf der Basis des Modells der ersten Teilanlage, ist formal ein künftiger Wert der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels erforderlich (in einigen Fällen könnte ein künftiger Wert der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels in Abhängigkeit von der Zeit des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage und der Dauer von Steuerzyklen des zweiten Prozessmittels nicht erforderlich sein).

[0055] Wie oben beschrieben, kann die Ansprechverzögerung des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu

der zweiten Teilanlage durch das Aktuatorsteuermittel und das zweite Steuerprozessmittel kompensiert werden. Somit kann das System zum Erzeugen einer Eingabe zu der zweiten Teilanlage als ein System erkannt werden, in dem die Istausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der Totzeit des Systems (die ein künftiger Wert der Ausgabe ist) mit dem Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels übereinstimmt, wie durch die vom ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert wird. Daher kann der künftige Wert der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels durch den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels ersetzt werden, wie er durch die vom ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert wird.

[0056] Ähnlich kann das System zum Erzeugen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage als ein System erkannt werden, in dem die Istausgabe des dritten Erfassungsmittels nach der Totzeit des Systems (die der tatsächlich erfasste Wert der Eingabe zu der Anlage ist) mit der Solleingabe zu der Anlage übereinstimmt, wie durch die vom zweiten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert. Daher kann der künftige Wert der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels durch die Solleingabe zu der Anlage ersetzt werden, wie durch die vom zweiten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert.

[0057] In Bezug auf den künftigen Wert der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels ist der Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der zweiten Gesamttotzeit, wie durch die von dem zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, der künftige Wert der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels. Wenn die Istausgabe des zweiten Erfassungsmittels mit dem Schätzwert nach der zweiten Gesamttotzeit übereinstimmt, dann kann der künftige Wert der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels durch den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der zweiten Gesamttotzeit, wie durch die von dem zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, ersetzt werden.

[0058] Gemäß dieser bevorzugten Ausführung der vorliegenden Erfindung umfasst das erste Schätzmittel ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, unter Verwendung vor der Gegenwart liegender Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel und des Sollwerts für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, wie durch die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert, unter der Annahme, dass die Istausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der Totzeit eines Systems (eines Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu der zweiten Teilanlage), das das zweite Steuerprozessmittel, das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator und die erste Teilanlage umfasst, gleich dem Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels ist, wie durch die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert.

[0059] Alternativ umfasst das erste Schätzmittel ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, unter Verwendung vor der Gegenwart liegender Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel und des geschätzten Werts für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, wie durch die von dem zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, unter der Annahme, dass eine Istausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der zweiten Gesamttotzeit gleich dem geschätzten Wert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels ist, wie durch die von dem zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert.

[0060] In dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung umfasst das zweite Schätzmittel ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, unter Verwendung vor der Gegenwart liegender Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel und der Solleingabe zu der Anlage, wie durch die von dem zweiten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert, unter der Annahme, dass die Istausgabe des dritten Erfassungsmittels nach der Totzeit eines Systems (eines Systems zum Einstellen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage), das das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst, gleich der Solleingabe zu der Anlage ist, wie durch die von dem zweiten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert.

[0061] Um die Daten zu erzeugen, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamttotzeit repräsentieren, verwendet das erste Schätzmittel gemäß dem ersten Aspekt den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, wie durch die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert, oder den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, wie durch die von dem zweiten Schätzmittel erzeugten Daten repräsentiert, zusätzlich zu des vor der Gegenwart liegenden Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel. Das erste Schätzmittel kann somit die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels nach der ersten Gesamttotzeit repräsentieren, richtig erzeugen.

[0062] Um ähnlich, in dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung, die

Daten zu erzeugen, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels nach der zweiten Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe der Totzeit der ersten Teilanlage und der Totzeit des Systems zum Einstellen einer Eingabe zu der ersten Teilanlage ist, verwendet das zweite Schätzmittel die Solleingabe zu der Anlage, wie durch die von dem zweiten Steuerprozessmittel erzeugten Daten repräsentiert, zusätzlich zu den vor der Gegenwart liegenden Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel.

[0063] Wie oben beschrieben, sollte, in dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung, welche die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß dem Algorithmus auf der Basis des Modells der zweiten Anlage erzeugt, das Modell der zweiten Anlage bevorzugt ein Modell umfassen, das das Verhalten der zweiten Teilanlage unter Verwendung der Differenz zwischen der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, sowie der Differenz zwischen der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, ausdrückt.

[0064] Ähnlich sollte zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels gemäß dem Algorithmus auf der Basis des Modells der ersten Teilanlage repräsentieren, das Modell der ersten Teilanlage bevorzugt ein Modell umfassen, das das Verhalten der ersten Teilanlage unter Verwendung der Differenz zwischen der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des dritten Erfassungsmittels repräsentieren, sowie der Differenz zwischen der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, ausdrückt.

[0065] In dem Modell der zweiten Teilanlage werden die Differenzen zu den jeweiligen vorbestimmten Referenzwerten als die Daten verwendet, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, die der Eingabe zu der zweiten Teilanlage entspricht, und die Daten, die die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, die der Ausgabe der zweiten Teilanlage entspricht. Auf diese Weise kann der Algorithmus zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, vereinfacht und kann leicht aufgebaut werden. Die Genauigkeit des Schätzwerts für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels kann erhöht werden.

[0066] Ähnlich werden in dem Modell der ersten Teilanlage die Differenzen zu den jeweiligen vorbestimmten Referenzwerten als die Daten verwendet, die die Ausgabe des dritten Erfassungsmittels repräsentieren, die der Eingabe zu der ersten Teilanlage entspricht, und die Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, die der Ausgabe der ersten Teilanlage entspricht. Auf diese Weise wird der Algorithmus zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, vereinfacht und kann leicht aufgebaut werden. Die Genauigkeit des Schätzwerts für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels kann erhöht werden.

[0067] Wenn das Modell der zweiten Teilanlage und das Modell der ersten Teilanlage wie oben beschrieben aufgebaut sind, repräsentieren die von dem ersten Schätzmittel erzeugten Daten die Differenz zwischen dem Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels und dem vorbestimmten Referenzwert dafür. Ähnlich repräsentieren die von dem zweiten Schätzmittel erzeugten Daten die Differenz zwischen dem Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels und dem vorbestimmten Referenzwert dafür.

[0068] Das Modell der zweiten Teilanlage kann per se durch die Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel aufgestellt werden. Ähnlich kann das Modell der ersten Teilanlage per se unter Verwendung der Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel aufgestellt werden.

[0069] Wenn in dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung das erste Schätzmittel die Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß dem Algorithmus auf der Basis des Modells der zweiten Teilanlage erzeugt, dann sollte das Anlagensteuersystem bevorzugt ferner ein Identifikationsmittel aufweisen, zum sequenziellen Identifizieren von zu etablierenden Parametern des Modells der zweiten Teilanlage, unter Verwendung der Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel.

[0070] Ähnlich, wenn das zweite Schätzmittel die Daten, die dem Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, gemäß dem Algorithmus auf der Basis der ersten Teilanlage erzeugt, sollte das Anlagensteuersystem ferner bevorzugt ein Identifikationsmittel umfassen, zum sequenziellen Identifizieren von zu etablierenden Parametern des Modells der ersten Teilanlage, unter Verwendung der Ausgaben der

zweiten und dritten Erfassungsmittel.

[0071] Wenn die Parameter des Modells der zweiten Teilanlage und des Modells der ersten Teilanlage sequenziell identifiziert werden, können diese Modelle mit tatsächlichen Verhaltenszuständen der zweiten Teilanlage und der ersten Teilanlage übereinstimmen. Daher kann die Genauigkeit der Schätzwerte für die Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel, wie durch die von den ersten und zweiten Schätzmitteln erzeugten Daten gemäß den Algorithmen auf der Basis dieser Modelle repräsentiert, erhöht werden. Im Ergebnis können die Effekte der Totzeiten der zweiten Teilanlage und der ersten Teilanlage zuverlässiger kompensiert werden.

[0072] Wenn das Modell der ersten Teilanlage als ein autoregressives Modell eines Diskretzeitsystems ausgedrückt wird, dann sind die zu etablierenden Parameter des Modells Koeffizienten in Bezug auf die Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel in dem Modell.

[0073] Ähnlich, wenn das Modell der zweiten Teilanlage als ein autoregressives Modell vom Diskretzeitsystem ausgedrückt wird, dann sind die zu etablierenden Parameter des Modells Koeffizienten in Bezug auf die Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel in dem Modell.

[0074] In dem ersten Aspekt und in den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung umfasst der von dem ersten Steuerprozessmittel ausgeführte Rückkopplungsregelprozess bevorzugt einen Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ.

[0075] Ähnlich umfasst der von dem zweiten Steuerprozessmittel ausgeführte Rückkopplungsregelprozess bevorzugt einen Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ.

[0076] Der Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ ist ein Regelprozess, der in der Lage ist, eine Dämpfungsrage der Differenz zwischen einer Regelgröße (die die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels für das erste Steuerprozessmittel und die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels für das zweite Steuerprozessmittel ist) und deren Sollwert in Abhängigkeit vom Wert eines in dem Regelprozess verwendeten gegebenen Parameters anzuzeigen. Unter Verwendung des Regelprozesses vom reaktionsanzeigenden Typ als dem Rückkopplungsregelprozess, der von dem ersten Steuerprozessmittel und dem zweiten Steuerprozessmittel ausgeführt wird, ist es möglich, dass das erste Steuerprozessmittel und das zweite Steuerprozessmittel ihre Steuerprozesse ausführen, während eine Störung zwischen diesen vermieden wird.

[0077] Der Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ kann ein Gleitmodusregelprozess sein, ein ILQ-Regelprozess (ein Optimalregelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ) etc. Bevorzugt umfasst der Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ einen Gleitmodusregelprozess.

[0078] Für eines des ersten Steuerprozessmittels und des zweiten Steuerprozessmittels umfasst der Gleitmodusregelprozess bevorzugt einen adaptiven Gleitmodusregelprozess.

[0079] Der Gleitmodusregelprozess hat allgemein eine hohe Regelstabilität gegenüber Störungen. Wenn die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, und die Daten, die die Sollleistung zu der Anlage repräsentieren, gemäß dem Gleitmodusregelprozess erzeugt werden, dann sind die erzeugten Daten hochzuverlässig, und die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels kann mit hoher Stabilität auf den Sollwert konvergiert werden.

[0080] Der adaptive Gleitmodusregelprozess enthält, in dem normalen Gleitmodusregelprozess, eine adaptive Regelvorschrift (einen adaptiven Algorithmus) zum Minimieren des Effekts einer Störung. Daher werden die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Abgassensors repräsentieren, die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugt werden, und die Daten, die das von dem zweiten Steuerprozessmittel erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis repräsentieren, hochzuverlässig gemacht. Insbesondere verwendet der Gleitmodusregelprozess eine Funktion, die als Umschaltfunktion bezeichnet wird, aufgebaut unter Verwendung der Differenz zwischen einer Regelgröße (die Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel in dieser Erfindung) und deren Sollwert, und es ist wichtig, den Wert der Umschaltfunktion auf "0" zu konvergieren. Gemäß dem normalen Gleitmodusregelprozess wird eine als Reachingregelvorschrift bezeichnete Regelvorschrift verwendet, um den Wert der Umschaltfunktion auf "0" zu konvergieren. Jedoch kann es aufgrund des Effekts einer Störung in einigen Situationen schwierig sein, beim Konvergieren des Werts der Umschaltfunktion auf "0" nur mit der Reachingregelvorschrift für eine ausreichende Stabilität zu sorgen. Um gemäß dem adaptiven Gleitmodusregelprozess den Wert der Umschaltfunktion auf "0" zu konvergieren, während der Effekt von Störungen

minimiert wird, wird die adaptive Regelvorschrift (der adaptive Algorithmus) zusätzlich zu der Reachingregelvorschrift verwendet. Beim Erzeugen der Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, und der Daten, die die Sollvorgabe in die Anlage repräsentieren, gemäß dem adaptiven Gleitmodusregelprozess, ist es möglich, den Wert der Umschaltfunktion hochstabil auf "0" zu konvergieren. Die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, und die Daten, die den Sollwert zu der Anlage repräsentieren, können erzeugt werden, um die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels und die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels hochstabil auf ihre Sollwerte zu konvergieren. Im Ergebnis ist der Steuerprozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den Sollwert hochstabil.

[0081] Wenn der Rückkopplungsregelprozess durch das erste Steuerprozessmittel als der Gleitmodusregelprozess (der adaptive Gleitmodusregelprozess) ausgeführt wird, dann ist es bevorzugt, als die Umschaltfunktion eine lineare Funktion zu verwenden, die Variablen hat, die eine Mehrzahl von Zeitseriendaten der Differenz zwischen der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels und deren Sollwert repräsentieren. Ähnlich, wenn der Rückkopplungsregelprozess von dem zweiten Steuerprozessmittel als der Gleitmodusregelprozess ausgeführt wird, dann ist es bevorzugt, als die Umschaltfunktion eine lineare Funktion mit Variablen zu verwenden, die eine Mehrzahl von Zeitseriendaten der Differenz zwischen der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels und deren Sollwert repräsentieren.

[0082] Wenn die Rückkopplungsregelprozesse von den ersten und zweiten Steuerprozessmitteln als der Gleitmodusregelprozess ausgeführt werden, dann sind Modelle der ersten und zweiten Teilanlagen erforderlich, die als von den Steuerprozessen zu regelnde Objekte dienen. Die Modelle der ersten und zweiten Teilanlagen sollten bevorzugt das gleiche Modell wie die Modelle sein, die von den ersten und zweiten Schätzmitteln verwendet werden. In diesen Modellen repräsentieren die Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugt werden, z.B. die Differenz zwischen dem Sollwert und einem vorbestimmten Referenzwert in Bezug auf die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels, und die Daten, die den Sollwert zu der Anlage repräsentieren, repräsentieren z.B. die Differenz zwischen dem Sollwert und einem vorbestimmten Referenzwert in Bezug auf die Eingabe zu der Anlage (einen Referenzwert für die Ausgabe des dritten Erfassungsmittels).

[0083] Wenn der Rückkopplungsregelprozess von dem ersten Steuerprozessmittel als der Gleitmodusregelprozess ausgeführt wird, wie oben beschrieben, dann sollte das Anlagensteuersystem bevorzugt ferner ein Mittel umfassen, zum Bestimmen der Stabilität eines Prozesses zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert gemäß dem Gleitmodusregelprozess, wobei das zweite Steuerprozessmittel ein Mittel umfasst zum Erzeugen der Daten, die den Sollwert zu der Anlage repräsentieren, wobei der Sollwert die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels ein vorbestimmter Wert ist, wenn der Prozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert als instabil bewertet wird.

[0084] Insbesondere, wenn der Prozess, der von dem ersten Steuerprozessmittel gemäß dem Gleitmodusregelprozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert ausgeführt wird, als instabil bewertet wird, dann ist die Zuverlässigkeit der Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, der von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugt wird, gering. Gemäß der vorliegenden Erfindung erzeugt daher in diesen Situationen das zweite Steuerprozessmittel die Daten, die die Sollvorgabe zu der Anlage repräsentieren, um die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Wert zu konvergieren. Auf diese Weise ist es möglich, ein gewisses Leistungsniveau der Anlage beizubehalten. Wenn der Prozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert als stabil bewertet wird, dann ist es möglich, einen ausreichenden Leistungspegel der Anlage zu halten.

[0085] Wenn die Anlage das Auspuffsystem umfasst, einschließlich dem Abgasreiniger, der dem Verbrennungsmotor zugeordnet ist, dann ist, selbst wenn der Prozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert als instabil bewertet wird, der stromauf des Abgasreinigers angeordnete erste katalytische Wandler in der Lage, für eine gute Abgasreinigungsfähigkeit zu sorgen. Wenn der Prozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert als stabil bewertet wird, ist der Abgasreiniger insgesamt in der Lage, seine Reinigungsfähigkeit auf einem ausreichenden Niveau durchzuführen.

[0086] Insofern es wichtig ist, den Wert der Umschaltfunktion auf "0" gemäß dem Gleitmodusregelprozess zu konvergieren, wie oben beschrieben, ist es möglich, die Stabilität des Prozesses, der von dem ersten Steuerprozessmittel ausgeführt wird, um die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert

zu konvergieren, auf der Basis des Werts der Umschaltfunktion zu bestimmen. Z.B. ist es möglich zu bestimmen, ob der Prozess des Konvergierens der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Sollwert instabil oder stabil ist, z.B. in Abhängigkeit davon, ob das Produkt des Werts der Umschaltfunktion und deren Änderungsrate (entsprechend dem zeitdifferenzierten Wert einer Lyapunov-Funktion in Bezug auf die Umschaltfunktion) einen positiven Wert oder einen negativen Wert hat.

[0087] Wenn die Anlage das Auspuffsystem umfasst, das den Abgasreiniger enthält, der dem Verbrennungsmotor zugeordnet ist, dann umfasst das erste Erfassungsmittel allgemein einen Abgassensor zum Erzeugen einer Ausgabe in Abhängigkeit von der Konzentration einer bestimmten Komponente des Abgases, das durch den zweiten katalytischen Wandler hindurchgetreten ist, wenn der Abgassensor aktiviert ist. Das zweite Steuerprozessmittel umfasst ein Mittel zum Bestimmen, ob das erste Erfassungsmittel aktiviert ist oder nicht, sowie ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die die Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, wobei der Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels ein vorbestimmter Wert ist, wenn das erste Erfassungsmittel als nicht aktiviert bewertet wird.

[0088] Wenn das erste Erfassungsmittel (der Abgassensor) nicht ausreichend aktiviert ist, wie unmittelbar nach dem Betriebsbeginn des Verbrennungsmotors, dann ist, da die Zuverlässigkeit der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels niedrig ist, die Zuverlässigkeit der Daten, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels repräsentieren, die von dem ersten Steuerprozessmittel erzeugt wird, ebenfalls niedrig. Wenn daher die Anlage das Auspuffsystem umfasst, das den Abgasreiniger enthält, der dem Verbrennungsmotor zugeordnet ist, dann erzeugt, wenn der Prozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels gemäß dem Gleitmodusregelprozess, der von dem ersten Steuerprozessmittel ausgeführt wird, als instabil bewertet wird, das zweite Steuerprozessmittel die Daten, die die Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, um die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels auf den vorbestimmten Wert zu konvergieren. Daher ist zumindest der erste katalytische Wandler, der stromauf des Abgasreinigers angeordnet ist, in der Lage, für eine gute Abgasreinigungsfähigkeit zu sorgen. Nachdem das erste Erfassungsmittel aktiviert ist, ist der Abgasreiniger insgesamt in der Lage, seine Reinigungsfähigkeit auf einem ausreichenden Niveau durchzuführen.

[0089] In dem ersten Aspekt und den bevorzugten Ausführungen der vorliegenden Erfindung hat bevorzugt der von dem ersten Steuerprozessmittel ausgeführte Rückkopplungsregelprozess einen Rückkopplungsfaktor, der kleiner ist als der Rückkopplungsfaktor des von dem zweiten Steuerprozessmittel ausgeführten Rückkopplungsregelprozesses.

[0090] Zumindest einer der Rückkopplungsregelprozesse, die von den ersten und zweiten Prozessmitteln ausgeführt werden, umfasst bevorzugt einen Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ.

[0091] Wenn die Rückkopplungsfaktoren der ersten und zweiten Steuerprozessmittel so etabliert sind, wird verhindert, dass die von den ersten und zweiten Steuerprozessmitteln ausgeführten Rückkopplungsregelprozesse sich miteinander stören, und die Stabilität des Regelprozesses zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels auf den Sollwert kann erhöht werden. Wenn beide oder einer der Rückkopplungsregelprozesse der ersten und zweiten Steuerprozessmittel einen Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ aufweist, dann können die obigen Rückkopplungsfaktoren etabliert werden.

[0092] Wenn die Anlage das Auspuffsystem umfasst, das den Abgasreiniger enthält, der dem Verbrennungsmotor zugeordnet ist, dann umfasst bevorzugt jedes der ersten und zweiten Erfassungsmittel bevorzugt einen O₂-Sensor (einen Sauerstoffkonzentrationssensor), und der Sollwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels hat bevorzugt einen gegebenen konstanten Wert, um die Abgasreinigungsfähigkeit des Abgasreinigers zu optimieren.

[0093] Wenn die Anlage das Auspuffsystem umfasst, das den Abgasreiniger enthält, der dem Verbrennungsmotor zugeordnet ist, dann könnten eine von dem ersten Erfassungsmittel erfasste Komponente und eine von dem zweiten Erfassungsmittel erfasste Komponente nicht notwendigerweise zueinander dieselben sein, sondern könnten grundlegend eine solche Natur haben, dass ihre Konzentrationen zueinander korreliert sind.

[0094] Bevorzugt steuert/regelt das Aktuatormittel die Ausgabe des Aktuators zum Konvergieren der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels (des erfassten Werts der Eingabe zu der Anlage) auf den Sollwert zu der Anlage gemäß einem Rückkopplungsregelprozess, der durch einen rekursiven Regler, z.B. einen adaptiven Regler, ausgeführt wird. Insbesondere, wenn die Ausgabe des Aktuators (= Eingabe zu der Anlage) auf den Sollwert zu der Anlage gemäß dem Rückkopplungsregelprozess eingestellt wird, der von einem rekursiven Regler, z.B. einem adaptiven Regler, ausgeführt wird, dann kann die Ausgabe des Aktuators auf die Solleingabe zu

der Anlage mit hoher Stabilität gestellt werden, um dynamischen Veränderungen zu folgen, wie etwa Änderungen in dem Verhaltenszustand oder Eigenschaftsänderungen des Aktuators.

[0095] Der rekursive Regler bestimmt eine neue Regeleingabe gemäß einer Rekursionsformel einschließlich einer vorbestimmten Anzahl, vor der Gegenwart liegender Zeitseriendaten der Regeleingabe zum Einstellen der Ausgabe des Aktuators.

[0096] Die obigen und andere Ziele, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen ersichtlich, die bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung als Beispiel veranschaulichen.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0097] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm eines Anlagensteuersystems gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung;

[0098] [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, das Ausgangscharakteristiken eines O₂-Sensors zeigt, der im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem verwendet wird;

[0099] [Fig. 3](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Basisanordnung eines stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem zeigt;

[0100] [Fig. 4](#) ist ein Diagramm mit Darstellung eines Gleitmodusregelprozesses, der im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem verwendet wird;

[0101] [Fig. 5](#) ist ein Blockdiagramm, das eine Basisanordnung eines stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem zeigt;

[0102] [Fig. 6](#) ist ein Blockdiagramm eines Kraftstoffprozesscontrollers im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem;

[0103] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm eines adaptiven Reglers im in [Fig. 6](#) gezeigten Kraftstoffprozesscontroller;

[0104] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm einer Prozesssequenz des Kraftstoffprozesscontrollers im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem;

[0105] [Fig. 9](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 8](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0106] [Fig. 10](#) ist ein Flussdiagramm einer Gesamtprozesssequenz des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem;

[0107] [Fig. 11](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 10](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0108] [Fig. 12](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 10](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0109] [Fig. 13](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 10](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0110] [Fig. 14](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 10](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0111] [Fig. 15](#) ist ein Flussdiagramm einer Gesamtprozesssequenz des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers im in [Fig. 1](#) gezeigten Anlagensteuersystem;

[0112] [Fig. 16](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 15](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0113] [Fig. 17](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 15](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0114] [Fig. 18](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 15](#) gezeigten Flussdiagramms;

[0115] [Fig. 19](#) ist ein Flussdiagramm einer Unteroutine des in [Fig. 15](#) gezeigten Flussdiagramms; und

[0116] **Fig. 20** ist ein Blockdiagramm eines Anlagensteuersystems gemäß einer anderen Ausführung der vorliegenden Erfindung.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGEN

[0117] Ein Anlagensteuersystem gemäß einer Ausführung der vorliegenden Erfindung wird unten in Bezug auf die **Fig. 1** bis **Fig. 19** beschrieben. Gemäß dieser Ausführung ist das Anlagensystem ein System zum Steuern/Regeln einer Anlage, die ein Auspuffsystem aufweist, das einen Abgasreiniger enthält, der in der Auspuffleitung eines Verbrennungsmotors angeordnet ist.

[0118] **Fig. 1** zeigt in Blockform das Anlagensteuersystem gemäß der Ausführung der vorliegenden Erfindung. In **Fig. 1** ist ein Vierzylindermotor (Verbrennungsmotor) **1** als Fahrzeugvortriebsquelle an einem Motorfahrzeug oder einem Hybridfahrzeug angebracht. Abgase, die von dem Verbrennungsmotor **1** erzeugt werden, wenn ein Luft-Kraftstoff-Gemisch in den Zylindern verbrannt wird, werden von einem gemeinsamen Auspuffrohr **2** (Auspuffleitung) in der Nähe des Verbrennungsmotors **1** gesammelt und von dem Auspuffrohr **2** in die Atmosphäre abgegeben. Das Auspuffrohr **2** weist einen ersten katalytischen Wandler **3** und einen zweiten katalytischen Wandler **4** auf, die jeweils einen katalytischen Dreiwegwandler aufweisen und aufeinanderfolgend stromabwärts zur Reinigung des Abgases angeordnet sind. Die ersten und zweiten katalytischen Wandler **3**, **4** bilden gemeinsam einen Abgasreiniger **5**.

[0119] In **Fig. 1** sind die ersten und zweiten katalytischen Wandler **3**, **4** so gezeigt, dass sie voneinander separat sind. Jedoch kann das Auspuffrohr **2** eine einzige katalytische Wandleranordnung aufweisen, die die ersten und zweiten katalytischen Wandler **3**, **4** enthält, die stromauf bzw. stromab positioniert und integral miteinander kombiniert sind. Jeder der ersten und zweiten katalytischen Wandler **3**, **4** kann eine Mehrzahl verbundener katalytischer Wandler umfassen. Der Verbrennungsmotor **1** entspricht einem Aktuator.

[0120] Das Anlagensteuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung steuert/regelt grundlegend das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** (genauer gesagt das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Gemisches von Kraftstoff und Luft, das in dem Verbrennungsmotor **1** verbrannt werden soll), um zu ermöglichen, dass der Abgasreiniger **5** eine optimale Reinigungsfähigkeit hat. Um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** zu steuern/zur regeln, hat das Anlagensteuersystem einen O₂-Sensor **6** (Sauerstoffkonzentrationssensor, nachfolgend als "stromabwärtiger O₂-Sensor **6**" bezeichnet) als erstes Erfassungsmittel, der an dem Auspuffrohr **2** stromab des zweiten katalytischen Wandlers **4** angebracht ist, einen O₂-Sensor **7** (nachfolgend als "stromaufwärtiger O₂-Sensor **7**" bezeichnet) als zweites Erfassungsmittel, der an dem Auspuffrohr **2** zwischen dem ersten und zweiten katalytischen Wandlern **3**, **4** angebracht ist, einen Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **8** als drittes Erfassungsmittel, der an dem Auspuffrohr **2** stromauf des ersten katalytischen Wandlers **3** angebracht ist, insbesondere an einer Position, wo die Abgase von den Zylindern des Verbrennungsmotors **1** gesammelt werden, sowie eine Steuereinheit **9** zur Durchführung eines Steuerprozesses auf der Basis der Ausgaben (erfassten Werte) von den Sensoren **6** – **8**.

[0121] Die Steuereinheit **9** erhält, zusätzlich zu den Ausgaben von den Sensoren **6** – **8**, Ausgaben von verschiedenen Sensoren, die die Drehzahl des Verbrennungsmotors **1**, den Ansaugdruck (Druck im Ansaugrohr), die Kühlmitteltemperatur etc. repräsentieren, um Betriebszustände des Verbrennungsmotors **1** zu erfassen.

[0122] Jeder der stromabwärtigen und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** umfasst einen normalen O₂-Sensor. Die stromabwärtigen und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** erzeugen jeweilige Ausgaben RVO2/OUT, MVO2/OUT mit Pegeln, die von Sauerstoffkonzentrationen in dem Abgas abhängig sind, das durch den zweiten katalytischen Wandler **4** bzw. den ersten katalytischen Wandler **3** hindurchgetreten ist, d.h. sie erzeugen jeweilige Ausgaben RVO2/OUT, MVO2/OUT, die die erfassten Werte der Sauerstoffkonzentrationen in dem Abgas repräsentieren. Da die Sauerstoffkonzentration im durch das Auspuffrohr **2** fließenden Abgas grundlegend von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis des vom Verbrennungsmotor **1** verbrannten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses abhängig ist, sind auch die Ausgaben RVO2/OUT, MVO2/OUT von den stromabwärtigen und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** von dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis des vom Verbrennungsmotor **1** verbrannten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses abhängig. Insbesondere werden sich die Ausgaben RVO2/OUT, MVO2/OUT von den stromabwärtigen und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** mit hoher Empfindlichkeit in einem wesentlichen proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas verändern, wobei das Luft-Kraftstoff-Verhältnis, das der Sauerstoffkonzentration in dem Abgas entspricht, in einem Bereich Δ in der Nähe eines stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses liegt, wie in **Fig. 2** gezeigt. Bei Sauerstoffkonzentrationen, die Luft-Kraftstoff-Verhältnissen außerhalb des Bereichs Δ entsprechen, werden die Ausgaben RVO2/OUT, MVO2/OUT von den stromabwärtigen und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** gesättigt, d.h. sie sind im Wesentlichen konstant.

[0123] Der Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **8** erzeugt eine Ausgabe KACT, die erfasste Werte eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses repräsentiert (das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines von dem Verbrennungsmotor **1** verbrannten Luft-Kraftstoff-Gemisches), der durch die Sauerstoffkonzentration in dem Abgas erkannt wird, die in den Abgasreiniger **5** hineinfließt. Der Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **8** umfasst einen Breitband-Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor, wie er im Detail z.B. in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 4-369471 und dem US Patent Nr. 5,391,282 beschrieben ist, und erzeugt eine Ausgabe mit einem Pegel, der in einem weiteren Bereich von Sauerstoffkonzentrationen als den O₂-Sensoren **6**, **7** proportional zur Sauerstoffkonzentration im Abgas ist. Anders ausgedrückt, der Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor **8** (nachfolgend als "LAF-Sensor **8**" bezeichnet) erzeugt eine Ausgabe KACT mit einem Pegel, der proportional zum Luft-Kraftstoff-Verhältnis entsprechend der Sauerstoffkonzentration in dem Abgas in einem weiten Bereich von Luft-Kraftstoff-Verhältnissen ist.

[0124] Die Steuereinheit **9** führt grundlegend einen Regelprozess zum Einstellen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Verbrennungsmotors **1** durch, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf einen vorbestimmten Sollwert RVO2/TARGET (konstanter Wert, siehe [Fig. 2](#)) zu konvergieren (zu stellen), um zu ermöglichen, dass der Abgasreiniger **5** eine optimale Abgasreinigungsfähigkeit hat. Anders ausgedrückt, das Anlagensteuersystem gemäß der vorliegenden Ausführung ermöglicht, dass der Abgasreiniger **5**, der die ersten und zweiten katalytischen Wandler **3**, **4** aufweist, unabhängig von einer Alterung dieser katalytischen Wandler **3**, **4** bei dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1**, das die Ausgabe RV2/OUT des stromabwärts des zweiten katalytischen Wandlers **4** angeordneten stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf einen vorbestimmten konstanten Wert setzt, eine optimale Abgasreinigungsfähigkeit hat. Hierzu verwendet die Steuereinheit **9** den Sollwert RVO2/TARGET für die Ausgabe RV2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** als den obigen vorbestimmten konstanten Wert und führt einen Regelprozess zum Einstellen des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Verbrennungsmotors **1** durch, um die Ausgabe RV2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren.

[0125] Die Steuereinheit **9** zur Ausführung des obigen Regelprozesses umfasst einen Mikrocomputer. Die Steuereinheit **9** führt Funktionen durch, die grundlegend enthalten einen Controller **10** (nachfolgend als "stromabwärtiger Auspuffsystemcontroller **10**" bezeichnet), um in vorbestimmten Steuerzyklen einen Prozess zum Erzeugen von Daten MO2CMD auszuführen, die einen Sollwert MVO2/TARGET für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** repräsentieren, der erforderlich ist, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren, einen Controller **11** (nachfolgend als "stromaufwärtiger Auspuffsystemcontroller **11**" bezeichnet), um in vorbestimmten Steuerzyklen einen Prozess zum Erzeugen eines Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses KCMD für den Verbrennungsmotor **1** auszuführen (der auch ein Sollwert für die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** ist), der erforderlich ist, um die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf den Sollwert MVO2/TARGET zu konvergieren, sowie einen Controller **12** (nachfolgend als "Kraftstoffprozesscontroller **12**" bezeichnet), um in vorbestimmten Steuerzyklen einen Prozess der Bestimmung eines Befehls werts #nTout (n = 1, 2, 3, 4) für die Kraftstoffeinspritzmenge (Kraftstoffzufuhrmenge) für jeden der Zylinder des Verbrennungsmotors **1** auszuführen, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** auf das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD zu stellen.

[0126] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** und der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** entsprechen jeweils einem ersten Steuerprozessmittel und einem zweiten Steuerprozessmittel, und der Kraftstoffprozesscontroller **12** entspricht einem Aktuatorsteuermittel.

[0127] Wie später im Detail beschrieben, sind die Daten MO2CMD, die von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt werden, nicht der Sollwert MVO2/TARGET für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** per se, sondern sind die Differenz zwischen dem Sollwert MVO2/TARGET und einem vorbestimmten Referenzwert (einem Sollwert für die Differenz zwischen der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** und dem vorbestimmten Referenzwert).

[0128] Nachfolgend werden die Steuerzyklen beschrieben, in denen die Controller **10** – **12** ihre Prozesse durchführen.

[0129] Wie später im Detail beschrieben, steuert/regelt der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** ein Auspuffsystem (in [Fig. 1](#) mit E1 bezeichnet), das vom stromaufwärtigen O₂-Sensor **7** zum stromabwärtigen O₂-Sensor **6** reicht und den zweiten katalytischen Wandler **4** in dem Auspuffrohr **2** enthält, d.h. ein System (nachfolgend als "stromabwärtiges Auspuffsystem E1" bezeichnet) zum Erzeugen der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** aus der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7**. Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** führt den Prozess aus, die Daten MO2CMD zu erzeugen, die den Sollwert MVO2/TARGET für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** repräsentieren (die

von dem stromaufwärtigen O₂-Sensor 7 erfasste Sauerstoffkonzentration), als Eingabe (sogenannte Regeleingabe) in das stromabwärtige Auspuffsystem E1, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors 6 (die von dem stromabwärtigen O₂-Sensor 6 erfasste Sauerstoffkonzentration) als von dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 erzeugte Ausgabe auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren, während die Totzeit des stromabwärtigen Auspuffsystems E1, Verhaltensänderungen des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 etc. kompensiert werden. In dieser Ausführung hat jeder der Steuerzyklen, in denen der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller 10 seinen Prozess durchführt, eine Dauer von z.B. 30 bis 100 ms, die im Hinblick auf die Totzeit, die Prozesslast etc. vorbestimmt ist.

[0130] Wie später im Detail beschrieben wird, steuert/regelt der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 ein Auspuffsystem (in Fig. 1 mit E2 bezeichnet), das von dem LAF-Sensor 8 zu dem stromaufwärtigen O₂-Sensor 7 reicht, und den ersten katalytischen Wandler 3 in dem Auspuffrohr 2 enthält, d.h. ein System (nachfolgend als "stromaufwärtiges Auspuffsystem E2" bezeichnet) zum Erzeugen der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 aus der Ausgabe KACT des LAF-Sensors 8 (dem vom LAF-Sensor 8 erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnis). Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 führt den Prozess aus, den Sollwert KCMD für den Verbrennungsmotor 1 (den Sollwert für das vom LAF-Sensor 8 erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder der Ausgabe KACT des LAF-Sensors 8) als Regeleingabe zu erzeugen, die in das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 einzugeben ist, um die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 (die von dem stromaufwärtigen O₂-Sensor 7 erfasste Sauerstoffkonzentration) als vom stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 erzeugte Ausgabe auf den Sollwert MVO2/TARGET zu konvergieren, während die Totzeit des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2, Verhaltensänderungen des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 etc. kompensiert werden. In dieser Ausführung hat jeder der Steuerzyklen, in denen der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 seinen Prozess durchführt, eine Dauer, die im Hinblick auf die Totzeit, die Prozesslast etc. vorbestimmt ist.

[0131] Es ist erforderlich, dass der von dem Kraftstoffprozesscontroller 12 durchgeführte Prozess zum Bestimmen des Befehls werts #nTout (n = 1, 2, 3, 4) (nachfolgend als "Ausgabekraftstoffeinspritzmenge #nTout" bezeichnet) für die Kraftstoffeinspritzmenge (Kraftstoffzufuhrmenge) für jeden der Zylinder des Verbrennungsmotors 1 synchron mit der Drehzahl des Verbrennungsmotors 1 oder spezifischen Verbrennungszyklen des Verbrennungsmotors 1 ist. Daher haben die Steuerzyklen des von dem Kraftstoffprozesscontroller 12 durchgeführten Prozesse eine Periode, die synchron mit einer Kurbelwinkelperiode (sogenanntem OT) des Verbrennungsmotors 1 ist.

[0132] In dieser Ausführung arbeiten die stromabwärtigen und stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller 10, 11 mit den gleichen Steuerzyklen, um ihre Prozesse synchron miteinander auszuführen. Die Dauer der Steuerzyklen der stromabwärtigen und stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller 10, 11 ist länger als die Kurbelwinkelperiode (OT) des Verbrennungsmotors 1.

[0133] Das stromabwärtige Auspuffsystem E1 und das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 entsprechen jeweils der zweiten Teilanlage und der ersten Teilanlage. Die von dem Anlagensteuersystem zu regelnde Anlage entspricht einem System, das einer Kombination des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 und des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 entspricht, d.h. ein System (nachfolgend als "Gesamtauspuffsystem E" bezeichnet) zum Erzeugen der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors 6 aus der Ausgabe MVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors 7.

[0134] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller 10, der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 und der Kraftstoffprozesscontroller 12 werden nachfolgend im näheren Detail beschrieben.

[0135] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller 10 erzeugt sequenziell in vorbestimmten Steuerzyklen (einer konstanten Dauer) die Daten MO2CMD, die den Sollwert MVO2/TARGET für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 repräsentieren, insbesondere den Sollwert für die Differenz zwischen der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 und dem vorbestimmten Referenzwert, der erforderlich ist, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors 6 auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren, gemäß einem Gleitmodusregelprozess, der ein Rückkopplungsregelprozess ist, insbesondere einen adaptiven Gleitmodusregelprozess. Während der Durchführung des obigen Steuerprozesses kompensiert der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller 10 die Effekte der Totzeit und der Ansprechverzögerung des zu regelnden stromabwärtigen Auspuffsystems E1, und die Totzeit eines Systems, das den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller 11, den Kraftstoffprozesscontroller 12, den Verbrennungsmotor 1 und das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 umfasst, sowie Verhaltensänderungen des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 etc.

[0136] Um den obigen Steuerprozess auszuführen, wird das stromabwärtige Auspuffsystem E1 als ein System betrachtet zum Erzeugen der Differenz RVO2 zwischen der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** und dem Sollwert RVO2/TARGET als deren Referenzwert ($RVO2 = RVO2/OUT - RVO2/TARGET$, nachfolgend als "Differenzausgabe RVO2" bezeichnet) aus der Differenz RVO2 zwischen der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** und einem vorbestimmten Referenzwert MVO2/BASE hierfür ($MVO2 = MVO2/OUT - MVO2/BASE$, nachfolgend als "Differenzausgabe MVO2" bezeichnet), und vom Verhalten dieses Systems wird vorab ein Modell erstellt. Insbesondere wird die Eingabe in das stromabwärtige Auspuffsystem E1 als die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** betrachtet, und die vom stromabwärtigen Auspuffsystem E1 in Abhängigkeit von der Eingabe erzeugte Ausgabe wird als Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** betrachtet, und es wird ein Modell erstellt, um das Verhalten des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 auszudrücken, unter Verwendung der Differenzausgaben MVO2, RVO2.

[0137] In dieser Ausführung ist der Referenzwert MVO2/BASE für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** ein konstanter Wert, der der gleiche ist wie der Sollwert RVO2/TARGET für die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** ($MVO2/BASE = RVO2/TARGET$, siehe [Fig. 2](#)).

[0138] Das Modell, das das Verhalten des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 ausdrückt (nachfolgend als "stromabwärtiges Auspuffsystemmodell" bezeichnet) wird durch ein Diskretzeit-Systemmodell repräsentiert, insbesondere ein autoregressives Modell, das eine Totzeit in der Differenzausgabe MVO2 als Eingabe zum stromabwärtigen Auspuffsystem E1 aufweist, gemäß der folgenden Gleichung (1):

$$RVO2(k+1) = ar1 \cdot RVO2(k) + ar2 \cdot RVO2(k-1) + br1 \cdot MVO2(k-dr1) \quad (1)$$

wobei "k" die Zahl eines Diskretzeit-Steuerzyklus des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** repräsentiert, und "dr1" die Zahl der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** repräsentiert, welche die in dem stromabwärtigen Auspuffsystem **1** vorhandene Totzeit repräsentiert, d.h. die erforderliche Zeit, bis die Ausgabe MVO2/OUT oder die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** in jedem Steuerzyklus sich in der Ausgabe RVO2/OUT oder der Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** widerspiegelt. In der vorliegenden Ausführung wird die Totzeit dr1 des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells auf einen vorbestimmten konstanten Wert gesetzt, der gleich oder etwas länger als die tatsächliche Totzeit des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 ist.

[0139] Die ersten und zweiten Termen an der rechten Seite der Gleichung (1) repräsentieren jeweilige Elemente einer Ansprechverzögerung des stromabwärtigen Auspuffsystems E1, wobei der erste Term ein primärer autoregressiver Term ist und der zweite Term ein sekundärer autoregressiver Term ist. In den ersten und zweiten Termen repräsentieren "ar1", "ar2" jeweilige Verstärkungskoeffizienten des primären autoregressiven Terms und des sekundären autoregressiven Terms. Anders ausgedrückt, diese Verstärkungskoeffizienten "ar1", "ar2" sind Koeffizienten in Bezug auf die Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** als eine Ausgabe des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 in dem stromabwärtigen Auspuffsystemmodell.

[0140] Der dritte Term der rechten Seite der Gleichung (1) repräsentiert ein Element in Bezug auf die Totzeit dr1 des stromabwärtigen Auspuffsystems E1, und drückt, genauer gesagt, die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** als Eingabe des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 aus, einschließlich der Totzeit dr1 des stromabwärtigen Auspuffsystems E1. In dem dritten Term repräsentiert "br1" einen Verstärkungskoeffizienten in Bezug auf das Element, oder anders ausgedrückt, einen Verstärkungskoeffizienten in Bezug auf die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** als Eingabe zum stromabwärtigen Auspuffsystem E1.

[0141] Die Verstärkungskoeffizienten "ar1", "ar2", "br1" sind Parameter, die beim Definieren des Verhaltens des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells auf bestimmte Werte gesetzt (identifiziert) werden sollen, und werden sequenziell von einem Identifizierer identifiziert, der später beschrieben wird.

[0142] In dem stromabwärtigen Auspuffsystemmodell, das gemäß der Gleichung (1) als Diskretzeitsystem ausgedrückt wird, wird die Differenzausgabe RVO2(k+1) des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** als Ausgabe des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 in jedem Steuerzyklus des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** durch eine Mehrzahl von (in dieser Ausführung zwei) Differenzausgaben RVO2(k), RVO2(k-1) (insbesondere einer Differenzausgabe RVO2(k) in einem ersten Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus und einer Differenzausgabe RVO2(k-1) in einem zweiten Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus) in vergangenen Steuerzyklen vor dem Steuerzyklus sowie eine Differenzausgabe MVO2(k-dr1) des stromaufwärtigen

O₂-Sensors **7** als Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 vor der Totzeit dr1 des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 ausgedrückt.

[0143] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** führt grundlegend in vorbestimmten Steuerzyklen (einer konstanten Dauer) eine Prozesssequenz (einen Algorithmus) aus, der auf der Basis des durch die Gleichung (1) ausgedrückten stromabwärtigen Auspuffsystemmodells aufgebaut ist, zum sequenziellen Erzeugen eines Sollwerts MO2CMD für die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** (MO2CMD = MOV2/TARGET – MVO2/BASE, nachfolgend als "Solldifferenzausgabe MO2CMD" bezeichnet) als Regelein-gabe, die in das stromabwärtige Auspuffsystem E1 einzugeben ist, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren, d.h. um die Differenzausgabe RVO2 auf "0" zu konvergieren, und führt die Solldifferenzausgabe MO2CMD dem stromaufwärtigen Auspuffsystem-controller **11** zu. Um die obige Prozesssequenz auszuführen, hat der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** eine in [Fig. 3](#) gezeigte funktionelle Anordnung.

[0144] Wie in [Fig. 3](#) gezeigt, hat der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** einen Subtrahierer **13** zum Subtrahieren des Sollwerts RVO2/TARGET von der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6**, um sequenziell die Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** zu berechnen, einen Subtrahierer **14** zum Subtrahieren des Referenzwerts MVO2/BASE (= RVO2/TARGET) von der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7**, um sequenziell die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** zu berechnen, sowie einen Identifizierer **15** (Identifikationsmittel) zum sequenziellen Berechnen identifizierter Werte ar1 Hut, ar2 Hut, br1 Hut der Verstärkungskoeffizienten ar1, ar2, br1 (nachfolgend als "identifizierte Verstärkungskoeffizienten ar1 Hut, ar2 Hut, br1 Hut bezeichnet), die für das stromabwärtige Auspuffsystemmodell zu etablierende Parameter sind. Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** hat auch einen Schätzer **16** (erstes Schätzmittel) zum sequenziellen Bestimmen eines Schätzwerts RVO2 Balken der Differenzausgabe RVO2 von dem stromabwärtigen O₂-Sensor **6** (nachfolgend als "geschätzte Differenzausgabe RVO2 Balken" bezeichnet) als Daten, die einen Schätzwert (vorhergesagten Wert) der Ausgabe RVO2/OUT vor dem stromabwärtigen O₂-Sensor **6** nach einer Gesamttotzeit dr (= dr1 + dr2) repräsentieren, welche die Summe der Totzeit dr1 des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 und der Totzeit dr2 eines Systems ist, das den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**, den Kraftstoffprozesscontroller **12**, den Verbrennungsmotor **1** sowie das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 umfasst (ein solches System wird nachfolgend als "System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1" bezeichnet). Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** enthält ferner einen Gleitmodusregler **17** zum sequenziellen Bestimmen der Solldifferenzausgabe MO2CMD als Daten, die den Sollwert MVO2/TARGET für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** repräsentieren, der erforderlich ist, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert MVO2/TARGET gemäß dem adaptiven Gleitmodusregelprozess zu konvergieren.

[0145] Der Algorithmus einer Prozesssequenz, die von dem Identifizierer **15**, dem Schätzer **16** und dem Gleitmodusregler **17** auszuführen ist, ist wie folgt aufgebaut:

Der Identifizierer **15** dient zum sequenziellen Berechnen, auf Echtzeitbasis, der identifizierten Verstärkungskoeffizienten ar1 Hut, ar2 Hut, br1 Hut, um einen Modellbildungsfehler des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 zu minimieren, und führt seinen Identifikationsprozess wie folgt aus:

Der Identifizierer **15** bestimmt in jedem der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** den Wert der Differenzausgabe RVO2(k) des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** in dem gegenwärtigen Steuerzyklus an dem stromabwärtigen Auspuffsystemmodell (nachfolgend als "identifizierte Differenzausgabe RVO2(k) Hut" bezeichnet) gemäß der unten gezeigten Gleichung (2), unter Verwendung der Werte der identifizierten Verstärkungskoeffizienten ar1(k-1) Hut, ar2(k-1) Hut, br1(k-1) Hut, die in dem vorangehenden Steuerzyklus bestimmt sind, den Daten der vergangenen Werte der Differenzausgabe RVO2 von dem stromabwärtigen Sensor **6**, wie durch den Subtrahierer **13** berechnet (insbesondere der Differenzausgabe RVO2(k-1) in einem ersten Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus und der Differenzausgabe RVO2(k-2) in einem zweiten Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus) sowie der Daten eines vergangenen Werts der Differenzausgabe MVO2 von dem stromaufwärtigen O₂-Sensor **7**, wie durch die Subtrahierer **14** berechnet (insbesondere der Differenzausgabe MVO2(k-dr1-1) in einem (dr1+1)ten Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus.

$$\hat{RVO2}(k) = \hat{ar1}(k-1) \cdot RVO2(k-1) + \hat{ar2}(k-1) \cdot RVO2(k-2) + \hat{br1}(k-1) \cdot MVO2(k-dr1-1)$$

(2)

[0146] Die Gleichung (2) entspricht der Gleichung (1), die das stromabwärtige Auspuffsystemmodell aus-

drückt, um einen Zyklus in die Vergangenheit verschoben, wobei die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ durch die jeweiligen identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1 \text{ Hut}(k-1)$, $ar2 \text{ Hut}(k-1)$, $br1 \text{ Hut}(k-1)$ ersetzt sind. Der Wert der Totzeit $dr1$ des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 in dem dritten Term der Gleichung (2) repräsentiert einen voreingestellten Wert (konstanten Wert), wie oben beschrieben.

[0147] Wenn Vektoren Θ_r , ξ_r , die durch die folgenden Gleichungen (3), (4) definiert sind, eingeführt werden (der Buchstabe T in den Gleichungen (3), (4) repräsentiert eine Transposition), dann wird die Gleichung (2) durch die Gleichung (5) ausgedrückt:

$$\Theta_r^T(k) = [\hat{ar1}(k) \hat{ar2}(k) \hat{br1}(k)] \quad (3)$$

$$\xi_r^T(k) = [RVO2(k-1) RVO2(k-2) MVO2(k-dr1-1)] \quad (4)$$

$$RVO2(k) = \Theta_r^T(k-1) \cdot \xi_r(k) \quad (5)$$

[0148] Der Identifizierer 15 bestimmt auch eine Differenz id/er zwischen der identifizierten Differenzausgabe $RVO2(k) \text{ Hut}$, die durch die Gleichung (2) oder (5) bestimmt ist, und der gegenwärtigen Differenzausgabe $RVO2$ von dem stromabwärtigen O_2 -Sensor 6, die einen Modellbildungsfehler des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells in Bezug auf das tatsächliche stromabwärtige Auspuffsystem E1 repräsentiert (die Differenz id/er wird nachfolgend als "identifizierter Fehler id/er" bezeichnet) gemäß der folgenden Gleichung (6):

$$id/er(k) = RVO2(k) - \hat{RVO2}(k) \quad (6)$$

[0149] Der Identifizierer 15 bestimmt ferner neu identifizierte Verstärkungskoeffizienten $ar1(k) \text{ Hut}$, $ar2(k) \text{ Hut}$, $br1(k) \text{ Hut}$, anders ausgedrückt einen neuen Vektor $\Theta_r(k)$, der diese identifizierten Verstärkungskoeffizienten als Elemente aufweist (nachfolgend wird der neue Vektor $\Theta_r(k)$ als "identifizierter Verstärkungskoeffizientenvektor $\Theta_r(k)$ " bezeichnet), um den identifizierten Fehler id/er zu minimieren, gemäß der unten angegebenen Gleichung (7). D.h. der Identifizierer 15 variiert die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k-1) \text{ Hut}$, $ar2(k-1) \text{ Hut}$, $br1(k-1) \text{ Hut}$, die in dem vorangehenden Steuerzyklus bestimmt wurden, um eine Größe, die proportional zum identifizierten Fehler id/er ist, um hierdurch die neuen identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k) \text{ Hut}$, $ar2(k) \text{ Hut}$, $br1(k) \text{ Hut}$ zu bestimmen.

$$\Theta_r(k) = \Theta_r(k-1) + K\theta_r(k) \cdot id/er(k) \quad (7)$$

wobei $K\theta_r$ einen kubischen Vektor repräsentiert, der durch die folgende Gleichung (8) bestimmt wird, d.h. einen Verstärkungskoeffizientenvektor zur Bestimmung einer Änderung in Abhängigkeit von dem identifizierten Fehler id/er der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1 \text{ Hut}$, $ar2 \text{ Hut}$, $br1 \text{ Hut}$:

$$K\theta_r(k) = \frac{Pr(k-1) \xi_r(k)}{1 + \xi_r^T(k) \cdot Pr(k-1) \cdot \xi_r(k)} \quad (8)$$

worin Pr eine kubische Quadratmatrix repräsentiert, die durch eine rekursive Formel bestimmt ist, die durch die folgende Gleichung (9) ausgedrückt ist:

$$Pr(k) = \frac{1}{\lambda r1} \left[I - \frac{\lambda r2 \cdot Pr(k-1) \cdot \xi_r(k) \cdot \xi_r^T(k)}{\lambda r1 + \lambda r2 \cdot \xi_r^T(k) \cdot Pr(k-1) \cdot \xi_r(k)} \right] \cdot Pr(k-1) \quad (9)$$

wobei I eine Einheitsmatrix repräsentiert.

[0150] In der Gleichung (9) werden $\lambda r1$, $\lambda r2$ so etabliert, dass sie den Bedingungen $0 < \lambda r1 \leq 1$ und $0 \leq \lambda r2 < 2$ genügt, und ein Anfangswert $Pr(0)$ von Pr repräsentiert eine diagonale Matrix, deren diagonale Komponenten positive Zahlen sind.

[0151] In Abhängigkeit davon, wie $\lambda r1$, $\lambda r2$ in Gleichung (9) etabliert sind, kann irgendeiner verschiedener spezifischer Algorithmen angewendet werden, einschließlich einer Methode mit festem Verstärkungsfaktor, einer Methode mit degressivem Verstärkungsfaktor, einer Methode der gewichteten kleinsten Quadrate, einer Methode der kleinsten Quadrate, einer Methode mit fester Nachführung etc. Gemäß der vorliegenden Ausführung wird z.B. eine Methode der kleinsten Quadrate ($\lambda r1 = dr2 = 1$) verwendet.

[0152] Grundlegend aktualisiert und bestimmt der Identifizierer **15** sequenziell in jedem Steuerzyklus die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells, um den identifizierten Fehler id/er zu minimieren gemäß dem obigen Algorithmus (der Prozesssequenz einer sequenziellen Methode der kleinsten Quadrate). Durch diesen Prozess ist es möglich, sequenziell die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut, die zu dem echten stromabwärtigen Auspuffsystem E1 passen, auf Echtzeitbasis zu erhalten.

[0153] Der obige Algorithmus ist der Basisalgorithmus, der von dem Identifizierer **15** ausgeführt wird. Der Identifizierer **15** führt zusätzliche Prozesse durch, wie etwa einen Begrenzungsprozess an den identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut, um diese zu bestimmen. Diese zusätzlichen Prozesse des Identifizierers **15** werden später beschrieben.

[0154] Der Schätzer **16** bestimmt sequenziell in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe RVO2 Balken, die ein Schätzwert der Differenzausgabe RVO2 von dem stromabwärtigen O_2 -Sensor **6** nach der Gesamtzeit dr ($= dr1 + dr2$) ist, um den Effekt der Totzeit $dr1$ des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 und den Effekt der Totzeit $dr2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 zum Berechnen der Solldifferenzausgabe MO2CMD mit dem Gleitmodusregler **17** zu kompensieren, wie im Detail später beschrieben wird.

[0155] Die Totzeit $dr2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 (Eingabeerzeugungssystem), d.h. das System, das den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**, den Kraftstoffprozesscontroller **12**, den Verbrennungsmotor **1** sowie das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 umfasst, wird unten beschrieben. Das Eingabeerzeugungssystem ist als ein System signifikant, in dem der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** die Ist-differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** aus der Solldifferenzausgabe MO2CMD des stromabwärtigen O_2 -Sensors **7** erzeugt, wie sie durch den Gleitmodusregler **17** erzeugt wird, was später im Detail beschrieben wird. Die Totzeit $dr2$ des Eingabeerzeugungssystems ist eine Zeit, die erforderlich ist, bis sich die Solldifferenzausgabe MO2CMD, die in jedem Steuerzyklus durch den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt wird, in der Ist-differenzausgabe MVO2 der stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** widerspiegelt. Die Totzeit $dr2$ ist allgemein die Summe der Totzeit eines Systems, das den Kraftstoffprozesscontroller **12** und den Verbrennungsmotor **1** umfasst, und der Totzeit des stromabwärtigen Auspuffsystems E2, und wird länger, wenn die Drehzahl des Verbrennungsmotors **1** niedriger wird. In dieser Ausführung wird die Totzeit $dr2$ des Eingabeerzeugungssystems auf einen bestimmten konstanten Wert voreingestellt (ausgedrückt durch die Anzahl vor Steuerzyklen), der gleich oder ein wenig länger ist als die Ist-totzeit des Eingabeerzeugungssystems in einem Niederdrehzahlbereich des Verbrennungsmotors **1**, z.B. einer Leerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors **1**.

[0156] Ein Algorithmus zum Bestimmen des Schätzwerts für die Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** nach der Gesamtzeit dr , die die Summe der Totzeit $dr2$ und der Totzeit $dr1$ des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 ist, d.h. die geschätzte Differenzausgabe RVO2 Balken, ist wie folgt aufgebaut: Die Gesamtzeit dr ist die Totzeit eines Systems, das das stromabwärtige Auspuffsystem E1 und das Eingabeerzeugungssystem dafür umfasst. Um daher die geschätzte Differenzausgabe RVO2 Balken zu bestimmen, ist es notwendig, die Ansprechverzögerung des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 und die Ansprechverzögerung des Eingabeerzeugungssystems zu berücksichtigen, insbesondere die Ansprechverzögerungen des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 und des Verbrennungsmotors **1**, der in dem Eingabeerzeugungssystem enthalten ist. Weil die Ansprechverzögerung des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 und die Ansprechverzögerung des Verbrennungsmotors **1** jeweils durch den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** und den Kraftstoffprozesscontroller **12** kompensiert werden können, was im Detail später beschrieben wird, braucht der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** die Ansprechverzögerung des Eingabeerzeugungssystems nicht berücksichtigen. Vom Standpunkt des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** kann daher das Eingabeerzeugungssystem, d.h. das System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1, als ein System betrachtet werden, in dem die Differenzausgabe MVO2(k) des stromabwärtigen O_2 -Sensors **7** als die Ausgabe des Eingabeerzeugungssystems in jedem Steuerzyklus und mit der Solldifferenzausgabe MO2CMD($k-dr2$) übereinstimmt, die der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **10** dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** vor der Totzeit $dr2$ gibt, wie durch die folgende Gleichung (10) angegeben:

$$MVO2(k) = MO2CMD(k - dr2) \quad (10)$$

[0157] Hierbei kann durch Verwendung der Gleichung (1) des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells, das das Verhalten des stromabwärtigen Auspuffsystems einschließlich der auf seine Ansprechverzögerung bezogenen Elemente ausdrückt, die geschätzte Differenzausgabe RVO2($k+dr$) Balken, die ein Schätzwert für die

Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** nach der Gesamtzeit dr in jedem Steuerzyklus ist, unter Verwendung von Zeitseriendaten $RVO2(k)$, $RVO2(k-1)$ der Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** und der Zeitseriendaten $MVO2(k+dr2-j)$ ($=MVO2(k-dr1+dr-j)$, $j = 1, 2, \dots, dr$) der Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** gemäß der folgenden Gleichung (11) ausgedrückt werden:

$$\begin{aligned} \overline{RVO2}(k+dr) = & \alpha 1 \cdot RVO2(k) + \alpha 2 \cdot RVO2(k-1) \\ & + \sum_{j=1}^{dr} \beta r(j) \cdot MVO2(k+dr2-j) \end{aligned} \quad (11)$$

wobei

$\alpha 1$ = das erste Reihe, erste Spalte-Element von Ar^{dr} ,
 $\alpha 2$ = das erste Reihe, zweite Spalte-Element von Ar^{dr} ,
 $\beta r(j)$ = die erste Reihe-Elemente von $Ar^{j-1} \cdot Br$ ($j = 1, 2, \dots, dr$)

$$Ar = \begin{bmatrix} \alpha 1 & \alpha 2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Br = \begin{bmatrix} \beta r 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0158] In der Gleichung (11) repräsentieren die Koeffizienten $\alpha 1$, $\alpha 2$ in Bezug auf die Zeitseriendaten $RVO2(k)$, $RVO2(k-1)$ der Differenzausgabe $RVO2$ das erste Reihe, erste Spalte-Element und das erste Reihe, zweite Spalte-Element der dr -ten Potenz Ar^{dr} (dr : Gesamtzeit) der Matrix Ar , die wie oben beschrieben in Bezug auf die Gleichung (11) definiert ist (die Matrix, welche die Verstärkungskoeffizienten $\alpha 1$, $\alpha 2$ als Elemente enthält), und der Koeffizient $\beta r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) in Bezug auf die Zeitseriendaten $MVO2(k+dr2-j)$ der Differenzausgabe $MVO2$ repräsentiert die erste Reihe-Elemente des Produkts $Ar^{j-1} \cdot Br$ der $(j-1)$ -ten Potenz Ar^{j-1} ($j = 1, 2, \dots, dr$) der Matrix Ar und des Vektors Br , der wie oben beschrieben definiert ist (die Matrix, welche den Verstärkungskoeffizienten $\beta r 1$ als Element enthält).

[0159] Diese Koeffizienten $\alpha 1$, $\alpha 2$ und $\beta r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) können als die Werte der Verstärkungskoeffizienten $\alpha 1$, $\alpha 2$, $\beta r 1$ unter Verwendung der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $\alpha 1$ Hut, $\alpha 2$ Hut, $\beta r 1$ Hut bestimmt werden, die wie oben beschrieben durch den Identifizierer **15** berechnet werden.

[0160] Die Zeitseriendaten $RVO2(k)$, $RVO2(k-1)$ der Differenzausgabe $RVO2$ in der Gleichung (11) sind gegenwärtige bzw. vorangehende Werte der Differenzausgabe $RVO2$, die in jedem Steuerzyklus durch den Subtrahierer **13** berechnet werden.

[0161] Die Zeitseriendaten $MVO2(k+dr2-j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) der Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** in der Gleichung (11), d.h. $MVO2(k)$, ..., $MVO2(k-1)$, $MVO2(k-dr1)$ werden durch den Subtrahierer **14** vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus berechnet, wenn die Totzeit $dr2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem $E1$ $dr2 = 1$ ist, d.h. dann, wenn die Totzeit $dr2$ des Eingabeerzeugungssystems etwa die gleiche ist wie die Dauer der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10**. In diesem Fall können die Koeffizienten $\alpha 1$, $\alpha 2$ und $\beta r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) unter Verwendung der zuletzt identifizierten Verstärkungskoeffizienten $\alpha 1$ Hut, $\alpha 2$ Hut, $\beta r 1$ Hut bestimmt werden, die durch den Identifizierer **15** berechnet werden, und die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken kann in jedem Steuerzyklus gemäß der Gleichung (11) unter Verwendung der Zeitseriendaten $RVO2(k)$, $RVO2(k-1)$ vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6**, wie durch den Subtrahierer **13** berechnet, und der Zeitseriendaten $MVO2(k)$, ..., $MVO2(k-1)$, $MVO2(k-dr1)$ der Differenzausgabe $MVO2$ vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, wie durch den Subtrahierer **14** berechnet, bestimmt werden.

[0162] Allgemein ist jedoch die Totzeit $dr2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem $E1$ länger als die Dauer der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** ($dr2 \geq 2$, in dieser Ausführung z.B. $dr2 = 12$). In diesem Fall enthalten die Zeitseriendaten $MVO2(k+dr2-j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) in der Gleichung (11) künftige Werte $MVO2(k+dr2-1)$, ..., $MVO2(k+1)$ der Differenzausgabe $MVO2$. Während diese künftigen Werte $MVO2(k+dr2-1)$, ..., $MVO2(k+1)$ der Differenzausgabe $MVO2$ nicht direkt erhalten werden können, können sie durch die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ für den stromaufwärtigen O_2 -Sensor **7** ersetzt werden, die in einem vergangenen Steuerzyklus durch den stromabwärtigen Auspuffsys-

temcontroller **10** erzeugt worden ist, gemäß Gleichung (10).

[0163] Insbesondere sind, unter Verwendung der Gleichung (10), die künftigen Werte $MVO2(k+dr2-1), \dots, MVO2(k+1)$ der Differenzausgabe $MVO2$ jeweils gleich den vergangenen Werten $MO2CMD(k-1), \dots, MO2CMD(k-dr2+1)$ der Solldifferenzausgabe $MO2CMD$.

[0164] Der Schätzer **16** berechnet in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken gemäß der folgenden Gleichung (12) unter Verwendung der Zeitseriendaten $RVO2(k), RVO2(k-1)$ vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6**, wie durch den Subtrahierer **13** berechnet, der Zeitseriendaten $MVO2(k), \dots, MVO2(k-1), MVO2(k-dr1)$ der Differenzausgabe $MVO2$ vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, wie durch den Subtrahierer **14** berechnet, sowie der Zeitseriendaten $MO2CMD(k-1), \dots, MO2CMD(k-dr2+1)$ der Solldifferenzausgabe $MO2CMD$, wie in der Vergangenheit durch den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt:

$$\begin{aligned} \overline{RVO2}(k+dr) = & \alpha r1 \cdot RVO2(k) + \alpha r2 \cdot RVO2(k-1) \\ & + \sum_{j=1}^{dr2-1} \beta r(j) \cdot MO2CMD(k-j) + \sum_{j=dr2}^{dr} \beta r(j) \cdot MVO2(k+dr2-j) \end{aligned} \quad (12)$$

wobei $dr = dr1 + dr2$, $dr2 \geq 2$.

[0165] Die Koeffizienten $\alpha r1$, $\alpha r2$ und $\beta r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$), die zur Berechnung der Gleichung (12) erforderlich sind, werden gemäß der in Bezug auf Gleichung (11) angegebenen Definition aus den letzten Werten (den im vergangenen Steuerzyklus bestimmten Werten) der vom Identifizierer **15** berechneten identifizierten Verstärkungskoeffizienten $\alpha r1$ Hut, $\alpha r2$ Hut, $\beta r1$ Hut berechnet. Die Totzeit $dr1$ des stromabwärtigen Auspuffsystems **E1** und die Totzeit $dr2$ des Eingabeerzeugungssystems, die zur Berechnung der Gleichung (12) erforderlich sind, sind Werte, die wie oben beschrieben etabliert werden.

[0166] Die obige Prozesssequenz ist der vom Schätzer **16** ausgeführte Basisalgorithmus. Der Schätzer **16** berechnet auch in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken des O_2 -Sensors **6** nach einer Zeit $(dr+1)$, die einen Steuerzyklus länger ist als die Gesamtzeit dr . Dieser Berechnungsprozess wird später beschrieben.

[0167] Nachfolgend wird der Gleitmodusregler **17** im Detail beschrieben.

[0168] Der Gleitmodusregler **17** gemäß der vorliegenden Ausführung bestimmt sequenziell in jedem Steuerzyklus die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ als Steuereingabe, die in das stromabwärtige Auspuffsystem **E1** einzugeben ist, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren, d.h. um die Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf "0" zu konvergieren, gemäß einem adaptiven Gleitmodusregelprozess, der eine adaptive Regelvorschrift enthält, um den Effekt einer Störung zu minimieren, in dem Gleitmodusregelprozess. Ein Algorithmus zur Ausführung des adaptiven Gleitmodusregelprozesses ist wie folgt aufgebaut.

[0169] Eine Umschaltfunktion, die für den adaptiven Gleitmodusregelprozess des Gleitmodusreglers **17** erforderlich ist, und eine Hyperebene, die durch die Umschaltfunktion definiert ist (auch als Gleitebene bezeichnet), wird nachfolgend zuerst beschrieben.

[0170] Gemäß einem Grundkonzept des Gleitmodusregelprozesses, der von dem Gleitmodusregler **17** ausgeführt wird, sind eine zu regelnde Zustandsgröße (Regelgröße) die Zeitseriendaten der Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6**, wie durch den Subtrahierer **13** in jedem Steuerzyklus berechnet, und eine Umschaltfunktion $\sigma 1$ für den Gleitmodusregelprozess wird gemäß der folgenden Gleichung (13) definiert. Die Umschaltfunktion $\sigma 1$ ist durch eine lineare Funktion definiert, die als Komponenten eine Mehrzahl von (zwei in dieser Ausführung) Zeitseriendaten $RVO2(k), RVO2(k-1)$ vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** aufweist, insbesondere die Differenzausgaben $RVO2(k), RVO2(k-1)$ in den gegenwärtigen und vorangehenden Steuerzyklen. Der Vektor Xr , der gemäß der Gleichung (13) als ein Vektor definiert ist, der als seine Komponenten die Differenzausgaben $RVO2(k), RVO2(k-1)$ hat, wird nachfolgend als Zustandsgröße Xr bezeichnet.

$$\begin{aligned}\sigma_1(k) &= sr_1 \cdot RVO_2(k) + sr_2 \cdot RVO_2(k-1) \\ &= S_r \cdot X_r \\ (S_r = [sr_1 \ sr_2], X_r &= \begin{bmatrix} RVO_2(k) \\ RVO_2(k-1) \end{bmatrix})\end{aligned}\quad (13)$$

[0171] Die Koeffizienten sr_1 , sr_2 in Bezug auf die Komponenten $RVO_2(k)$, $RVO_2(k-1)$ der Umschaltfunktion σ_1 werden vorab etabliert, um die Bedingung der folgenden Gleichung (14) zu erfüllen:

$$-1 < \frac{sr_2}{sr_1} < 1 \quad (14)$$

(wenn $sr_1 = 1$, $-1 < sr_2 < 1$)

[0172] In der vorliegenden Ausführung wird der Kürze wegen der Koeffizient sr_1 auf $sr_1 = 1$ ($sr_2/sr_1 = sr_2$) gesetzt, und wird der Koeffizient sr_2 (Konstantwert) so etabliert, dass er der Bedingung genügt: $-1 < sr_2 < 1$.

[0173] Mit der so definierten Umschaltfunktion σ_1 wird die Hyperebene für den Gleitmodusregelprozess durch die Gleichung $\sigma_1 = 0$ definiert. Da die Zustandsgröße X_r zweiten Grades ist, wird die Hyperebene $\sigma_1 = 0$ durch eine gerade Linie repräsentiert, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, und hierbei wird die Hyperebene auch als Umschaltfunktion bezeichnet (eine Hyperebene in dem Gleitmodusregelprozess wird häufig Umschaltebene oder Umschaltlinie genannt, in Abhängigkeit vom Grad des Phasenraums).

[0174] In der vorliegenden Ausführung werden die Zeitseriendaten der geschätzten Differenzausgabe RVO_2 Balken, die durch den Schätzer **16** bestimmt ist, tatsächlich als die Komponenten der Umschaltfunktion verwendet, wie später beschrieben wird.

[0175] Der von dem Gleitmodusregler **17** durchgeführte adaptive Gleitmodusregelprozess dient dazu, die Zustandsgröße $X_r = (RVO_2(k), RVO_2(k-1))$ auf die Hyperebene $\sigma_1 = 0$ gemäß einer Reachingregelvorschrift zu konvergieren, die eine Regelvorschrift ist, um die Zustandsgröße X_r auf die Hyperebene $\sigma_1 = 0$ zu konvergieren, d.h. um den Wert der Umschaltfunktion σ_1 auf "0" zu konvergieren, sowie einer adaptiven Regelvorschrift (einem adaptiven Algorithmus), die eine Regelvorschrift ist, um den Effekt einer Störung beim Konvergieren der Zustandsgröße X_r auf die Hyperebene $\sigma_1 = 0$ zu kompensieren (Modus 1 in [Fig. 4](#)). Während des Konvergierens der Zustandsgröße X_r auf die Hyperebene $\sigma_1 = 0$ gemäß einer äquivalenten Regeleingabe (Halten des Werts der Umschaltfunktion σ_1 auf "0") wird die Zustandsgröße X_r auf einen Ausgleichspunkt auf der Hyperebene $\sigma_1 = 0$ konvergiert, worin $RVO_2(k) = RVO_2(k-1) = 0$, d.h. einen Punkt, wo die Zeitseriendaten $RVO_2/OUT(k)$, $RVO_2/OUT(k-1)$ der Ausgabe RVO_2/OUT des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** gleich dem Sollwert $RVO_2/TARGET$ sind (Modus 2 in [Fig. 4](#)).

[0176] In dem normalen Gleitmodusregelprozess wird die adaptive Regelvorschrift in dem Modus **1** weggelassen, und die Zustandsgröße X_r wird nur gemäß der Reachingregelvorschrift auf die Hyperebene $\sigma_1 = 0$ konvergiert.

[0177] Die Solldifferenzausgabe MO_2CMD für den stromaufwärtigen O_2 -Sensor **7**, die von dem Gleitmodusregler **17** erzeugt werden soll, um die Zustandsgröße X_r auf den Ausgleichspunkt auf der Hyperebene $\sigma_1 = 0$ zu konvergieren, wird ausgedrückt als die Summe einer äquivalenten Regeleingabe U_{1eq} , die eine Eingabekomponente zum Anwenden auf das stromabwärtige Auspuffsystem **E1** gemäß der Regelvorschrift zum Konvergieren der Zustandsgröße X_r auf die Hyperebene $\sigma_1 = 0$ ist, einer Eingabe U_{1rch} (nachfolgend als "Reachingregelvorschrifteneingabe U_{1rch} " bezeichnet) zum Anwenden auf das stromabwärtige Auspuffsystem **E1** gemäß der Reachingregelvorschrift, sowie einer Eingabe U_{1adp} (nachfolgend als "adaptive Regelvorschrifteneingabe U_{1adp} " bezeichnet) zum Anwenden auf das stromabwärtige Auspuffsystem **E1** gemäß der adaptiven Regelvorschrift (siehe die folgende Gleichung (15)).

$$MO_2CMD(k) = U_{1eq}(k) + U_{1rch}(k) + U_{1adp}(k) \quad (15)$$

[0178] Die äquivalente Regeleingabe U_{1eq} , die Reachingregelvorschrifteneingabe U_{1rch} und die adaptive Regelvorschrift U_{1adp} werden auf der Basis des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells, ausgedrückt durch die Gleichung (1) und die Gleichung (10), welche das Verhalten des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem

stromabwärtigen Auspuffsystem E1 repräsentiert, wie folgt bestimmt:

Wenn die Gleichung (10) auf den dritten Term der rechten Seite der Gleichung (1) angewendet wird, erhält man die folgende Gleichung (16):

$$\begin{aligned} &RVO2(k+1) \\ &= ar1 \cdot RVO2(k) + ar2 \cdot RVO2(k-1) + br1 \cdot MO2CMD(k - dr1 - dr2) \\ &= ar1 \cdot RVO2(k) + ar2 \cdot RVO2(k-1) + br1 \cdot MO2CMD(k - dr) \end{aligned} \quad (16)$$

[0179] Die Gleichung (16) drückt das Verhalten des Systems aus, das das stromabwärtige Auspuffsystem E1 und das Eingabeerzeugungssystem dafür umfassen.

[0180] Die äquivalente Regeleingabe $U1eq$, die eine Eingabe zur Anwendung auf das stromabwärtige Auspuffsystem E1 ist, um die Zustandsgröße Xr auf die Hyperebene $\sigma1 = 0$ zu konvergieren (den Wert der Umschaltfunktion $\sigma1$ zu halten), ist die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors 7, der Bedingung genügt: $\sigma1(k+1) = \sigma1(k) = 0$. Unter Verwendung der Gleichungen (13), (16) wird die äquivalente Regeleingabe $U1eq$, die der obigen Bedingung genügt, durch die folgende Gleichung (17) angegeben:

$$\begin{aligned} U1eq(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot \{ &[sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot RVO2(k + dr) \\ &+ (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot RVO2(k + dr - 1) \} \end{aligned} \quad (17)$$

[0181] Die Gleichung (17) ist eine Basisformel zum Bestimmen der äquivalenten Regeleingabe $U1eq(k)$ in jedem Steuerzyklus.

[0182] Gemäß der vorliegenden Ausführung wird die Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch$ grundlegend gemäß der folgenden Gleichung (18) bestimmt:

$$U1rch(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \sigma1(k + dr) \quad (18)$$

[0183] Insbesondere wird die Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch(k)$ in jedem Steuerzyklus proportional zum Wert der Umschaltfunktion $\sigma1(k+dr)$ nach der Totzeit dr bestimmt, im Hinblick auf die Totzeit dr , welche die Summe der Totzeit $dr1$ des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 und der Totzeit $dr2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zum stromabwärtigen Auspuffsystem E1 ist.

[0184] Der Koeffizient $F1$ in der Gleichung (18), der den Verstärkungsfaktor der Reachingregelvorschrift bestimmt, wird so etabliert, dass er der durch die folgende Gleichung (19) ausgedrückten Bedingung genügt:

$$0 < F1 < 2 \quad (19)$$

(bevorzugt $0 < F1 < 1$).

[0185] Die durch die Gleichung (19) ausgedrückte bevorzugte Bedingung ist eine bevorzugte Bedingung, um zu verhindern, dass der Wert der Umschaltfunktion $\sigma1$ in Bezug auf "0" in oszillierender Weise variiert (sogenanntes Flattern).

[0186] Die adaptive Regelvorschrifteingabe $U1adp$ wird grundlegend gemäß der folgenden Gleichung (20) bestimmt (ΔT in der Gleichung (20) repräsentiert die Dauer (konstanten Wert) der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers 10 und des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers 11:

$$U1adp(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr} (\sigma1(i) \cdot \Delta T) \quad (20)$$

[0187] Die adaptive Regelvorschrifteingabe $U1adp$ in jedem Steuerzyklus wird proportional zu einem integrierten Wert (der einem Integral der Werte der Umschaltfunktion $\sigma1$ entspricht) über Steuerzyklen des Produkts der Werte der Umschaltfunktion $\sigma1$ bis nach der Totzeit dr und der Periode ΔT der Steuerzyklen, im Hinblick auf die Gesamtzeit dr , bestimmt.

[0188] Der Koeffizient $G1$ (der den Verstärkungsfaktor der adaptiven Regelvorschrift bestimmt) in der Gleichung

chung (20) wird so etabliert, dass er der Bedingung der folgenden Gleichung (21) genügt:

$$G1 = J \cdot \frac{2 - F1}{\Delta T} \quad (21)$$

$(0 < J < 2)$

[0189] Ein spezifischer Prozess zum Ableiten von Bedingungen zum Etablieren der Gleichungen (19), (21) ist im Detail in der japanischen Patentanmeldung Nr. 11-93741 und der US Patentanmeldung Nr. 09/153,032 beschrieben, und wird nachfolgend im Detail nicht beschrieben.

[0190] Das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis MO2CMD, das von dem Gleitmodusregler 17 als Regeleingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 erzeugt wird, kann grundlegend bestimmt werden als die Summe ($U1eq + U1rch + U1adp$) der äquivalenten Regeleingabe $U1eq$, der Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch$ und der adaptiven Regelvorschrift $U1adp$, die gemäß den jeweiligen Gleichungen (17), (18), (20) bestimmt sind. Jedoch können die Differenzausgaben $RVO2(k+dr)$, $RVO2(k+dr-1)$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors 6 und der Wert $\sigma1(k+dr)$ der Umschaltfunktion $\sigma1$ etc., die in den Gleichungen (17), (18), (20) verwendet werden, nicht direkt erhalten werden, da sie künftige Werte sind.

[0191] Daher verwendet der Gleitmodusregler 17 die geschätzten Differenzausgaben $RVO2(k+dr)$ Balken, $RVO2(k+dr-1)$ Balken, die durch den Schätzer 16 bestimmt sind, anstelle der Differenzausgaben $RVO2(k+dr)$, $RVO2(k+dr-1)$, die zur Berechnung der Gleichung (17) erforderlich sind, und berechnet die äquivalente Regeleingabe $U1eq(k)$ in jedem Steuerzyklus gemäß der folgenden Gleichung (22):

$$U1eq(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{RVO2}(k + dr) + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{RVO2}(k + dr - 1) \} \quad (22)$$

[0192] Gemäß der vorliegenden Ausführung verwendet ferner der Gleitmodusregler 17 tatsächlich Zeitseriendaten der geschätzten Differenzausgabe $RVO2$ Balken, die wie beschrieben sequenziell von dem Schätzer 16 bestimmt werden, als die zu regelnde Zustandsgröße. Der Gleitmodusregler 17 definiert eine Umschaltfunktion $\sigma1$ Balken gemäß der folgenden Gleichung (23) (die Umschaltfunktion $\sigma1$ Balken entspricht Zeitseriendaten der Differenzausgabe $RVO2$ in der Gleichung (13), die durch die Zeitseriendaten der geschätzten Differenzausgabe $RVO2$ Balken ersetzt werden), anstelle der in Gleichung (13) definierten Umschaltfunktion $\sigma1$:

$$\overline{\sigma1}(k) = sr1 \cdot \overline{RVO2}(k) + sr2 \cdot \overline{RVO2}(k - 1) \quad (23)$$

[0193] Der Gleitmodusregler 17 berechnet die Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch(k)$ in jedem Steuerzyklus gemäß der folgenden Gleichung (24) unter Verwendung des Werts der Umschaltfunktion $\sigma1$ Balken, der durch die Gleichung (23) repräsentiert wird, anstatt des Werts der Umschaltfunktion $\sigma1$ zur Bestimmung der Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch$ gemäß der Gleichung (18):

$$U1rch(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma1}(k + dr) \quad (24)$$

[0194] Ähnlich berechnet der Gleitmodusregler 17 die adaptive Regelvorschrifteingabe $U1adp(k)$ in jedem Steuerzyklus gemäß der folgenden Gleichung (25), unter Verwendung des Werts der Umschaltfunktion $\sigma1$ Balken, der durch die Gleichung (23) repräsentiert wird, anstatt den Wert der Umschaltfunktion $\sigma1$ zum Bestimmen der adaptiven Regelvorschrifteingabe $U1adp$ gemäß der Gleichung (20):

$$U1adp(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr} (\overline{\sigma1}(i) \cdot \Delta T) \quad (25)$$

[0195] Die zuletzt identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut, $br1(k)$ Hut, die von dem Identifizierer 13 identifiziert worden sind, werden grundlegend als die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ verwendet, die erforderlich sind, um die äquivalente Regeleingabe $U1eq$, die Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch$ und die adaptive Regelvorschrifteingabe $U1adp$ gemäß den Gleichungen (22), (24), (25) zu berechnen.

[0196] Der Gleitmodusregler **17** bestimmt die Summe der äquivalenten Regeleingabe U_{1eq} , der Reachingregelvorschrifteingabe U_{1rch} und der adaptiven Regelvorschrifteingabe U_{1adp} , die gemäß den Gleichungen (22), (24), (25) bestimmt sind, als die Solldifferenzausgabe MO2CMD (siehe Gleichung (15)). Diese Bedingungen zum Etablieren der Koeffizienten sr_1 , sr_2 , F_1 , G_1 , die in den Gleichungen (22), (24), (25) verwendet werden, sind wie oben beschrieben.

[0197] Die Solldifferenzausgabe MO2CMD, die wie oben beschrieben von dem Gleitmodusregler **17** bestimmt wird, signifiziert eine Regeleingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 zum Konvergieren der geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken von dem stromabwärtigen O_2 -Sensor **6** auf "0", und im Ergebnis zum Konvergieren der Ausgabe RVO2/OUT von dem stromabwärtigen O_2 -Sensor **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET.

[0198] Der obige Prozess ist ein Rechenprozess (Alogrithmus) zum Erzeugen der Solldifferenzausgabe MO2CMD von dem stromaufwärtigen O_2 -Sensor **7** in jedem Steuerzyklus durch den Gleitmodusregler **17**.

[0199] Um gemäß der vorliegenden Ausführung zu verhindern, dass das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** übermäßig variiert, und um den Verbrennungsmotor **1** stabil zu betreiben, begrenzt der Gleitmodusregler **17** die Solldifferenzausgabe MO2CMD ($= U_{1eq} + U_{1rch} + U_{1adp}$), die aus der äquivalenten Regeleingabe U_{1eq} , der Reachingregelvorschrifteingabe U_{1rch} und der adaptiven Regelvorschrifteingabe U_{1adp} bestimmt sind, gemäß der Gleichung (15) auf einen vorbestimmten zulässigen Bereich, und gibt dann die begrenzte Solldifferenzausgabe MO2CMD zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**, was später im Detail beschrieben wird. Insbesondere, wenn in dem obigen Begrenzungsprozess die gemäß der Gleichung (15) bestimmte Solldifferenzausgabe MO2CMD die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreitet, dann begrenzt der Gleitmodusregler **17** zwangsweise den Wert der Solldifferenzausgabe MO2CMD auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs.

[0200] Die Solldifferenzausgabe MO2CMD, die von dem Schätzer **16** zur Bestimmung der geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken gemäß der Gleichung (12) verwendet wird, ist die wie oben beschrieben so beschränkte Solldifferenzausgabe MO2CMD.

[0201] Der Gleitmodusregler **17** bestimmt auch zeitweilig eine Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1) in dem nächsten Steuerzyklus. Ein solcher Prozess der zeitweiligen Bestimmung einer Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1) wird später beschrieben.

[0202] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** führt einen zusätzlichen Prozess aus, der die Stabilität des Regelzustands der Ausgabe MVO2/OUT des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** gemäß dem adaptiven Gleitmodusregelprozess zu bestimmen, der von dem Gleitmodusregler **17** ausgeführt wird. Ein solcher zusätzlicher Prozess wird später beschrieben.

[0203] Nachfolgend wird der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** beschrieben.

[0204] Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** erzeugt sequenziell in vorbestimmten Steuerzyklen (die die gleichen sind wie jene des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10**) das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD (das auch ein Sollwert für die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** ist), das erforderlich ist, um die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** auf die Solldifferenzausgabe MO2CMD zu konvergieren, d.h. um die Ausgabe MVO2/OUT auf den Sollwert MVO2/TARGET gemäß dem gleichen adaptiven Gleitmodusregelprozess zu konvergieren wie den adaptiven Gleitmodusregelprozess, der von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** ausgeführt wird. Während der Durchführung des obigen Steuerprozesses kompensiert der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** die Effekte der Totzeit und der Ansprechverzögerung des zu regelenden stromaufwärtigen Auspuffsystems E2, sowie der Totzeit eines Systems, das den Kraftstoffprozesscontroller **12** und den Verbrennungsmotor **1** umfasst, sowie Verhaltensänderungen des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 etc.

[0205] Um den obigen Steuerprozess auszuführen, wird das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 als ein System betrachtet, um die Differenzausgabe MVO2 ($= MVO2/OUT - MVO2/BASE = MVO2/OUT - RVO2/TARGET$) des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** aus der Differenz $kact = KACT - FLAF/BASE$, nachfolgend als "differenzielles Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kact$ " bezeichnet) zwischen der Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** als dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1**, wie von dem LÄF-Sensor **8** erfasst, und einem vorbestimmten Referenzwert FLAF/BASE dafür zu erzeugen, und das Verhalten dieses Systems wird vorab als Modell erstellt. Insbesondere wird die in das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 einzugebende Eingabe als das

differenzielle Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{act} bezeichnet, und die Ausgabe, die von dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 in Abhängigkeit von der Eingabe erzeugt wird, wird als die differenziell oder Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 betrachtet, und es wird ein Modell aufgestellt, um das Verhalten des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 unter Verwendung des differenziellen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses k_{act} und der Differenzausgabe MVO2 auszudrücken.

[0206] Der Referenzwert FLAF/BASE für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors 1 (die Ausgabe KACT des LAF-Sensors 8) ist ein vorbestimmter konstanter Wert, der im Wesentlichen ein Mittelwert des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses KCMD oder des Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses (der Ausgabe KACT des LAF-Sensors 8) des Verbrennungsmotors 1 zu der Zeit ist, zu der das Anlagensteuersystem den Steuerprozess ausführt, um die Ausgabe RVO2/OUT von dem stromabwärtigen O₂-Sensors 6 auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren.

[0207] In dieser Ausführung wird, wie beim stromabwärtigen Auspuffsystemmodell, das Modell, welches das Verhalten des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 ausdrückt (nachfolgend als "stromaufwärtiges Auspuffsystemmodell" bezeichnet), durch ein Diskretzeitsystemmodell repräsentiert (insbesondere ein autoregressives Modell, das eine Totzeit in dem differenziellen Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{act} als Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E2 hat) gemäß der folgenden Gleichung (26):

$$MVO2(k+1) = am1 \cdot MVO2(k) + am2 \cdot MVO2(k-1) + bm1 \cdot k_{act}(k - dm1) \quad (26)$$

wobei "dm1" die Anzahl von Steuerzyklen des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers 11 repräsentiert, welche die in dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 vorliegende Totzeit repräsentiert, d.h. die erforderliche Zeit, bis das Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder das vom LAF-Sensor 8 erfasste differenzielle Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{act} in jedem Steuerzyklus sich in der Ausgabe MVO2/OUT oder der Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 widerspiegelt. In der vorliegenden Ausführung wird die Totzeit dm1 auf einen vorbestimmten konstanten Wert gesetzt, der gleich oder ein wenig länger ist als die tatsächliche Totzeit des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2.

[0208] Die Terme der rechten Seite der Gleichung (26) und die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 in Bezug auf die Terme haben die gleiche technische Bedeutung wie jene des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells (siehe Gleichung (1) und die hierauf bezogene Beschreibung), und die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 werden sequenziell durch einen Identifizierer identifiziert, was später beschrieben wird.

[0209] Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 führt grundlegend, in vorbestimmten Steuerzyklen (einer konstanten Dauer synchron mit den Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers 10) eine Prozesssequenz (einen Algorithmus) aus, der auf der Basis des durch Gleichung (26) ausgedrückten stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells aufgebaut, um sequenziell einen Sollwert k_{cmd} (der die Differenz (= KCMD – FLAF/BASE) zwischen dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD und dem Referenzwert FLAF/BASE für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis ist) für das differenzielle Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{act} zu erzeugen, das als Regeleingabe dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 zuzuführen ist, um die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 auf die Solldifferenzausgabe MO2CMD zu konvergieren, die von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller 10 erzeugt wird. Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 addiert den Referenzwert FLAF/BASE für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (nachfolgend als "Luft-Kraftstoff-Verhältnisreferenzwert FLAF/BASE" bezeichnet) dem Sollwert k_{cmd} (nachfolgend als "differenzielles Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{cmd} " bezeichnet), um das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD zu erzeugen.

[0210] Um die obige Prozesssequenz auszuführen, hat der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 die in [Fig. 5](#) gezeigte funktionelle Anordnung.

[0211] Wie in [Fig. 5](#) gezeigt, hat der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 einen Subtrahierer 18 zum Subtrahieren des Referenzwerts MVO2/BASE (= RVO2/TARGET) von der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7, um sequenziell die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors 7 zu berechnen, einen Subtrahierer 19 zum Subtrahieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnisreferenzwerts FLAF/BASE von der Ausgabe KACT (dem erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnis) des LAF-Sensors 8, um sequenziell das differenzielle Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{act} zu berechnen, sowie einen Identifizierer 20 (Identifikationsmittel) zum sequenziellen Berechnen identifizierter Werte am1 Hut, am2 Hut, bm1 Hut der Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 (nachfolgend als "identifizierte Verstärkungskoeffizienten am1 Hut, am2 Hut, bm1 Hut" bezeichnet) des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells. Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller 11 hat auch einen Schätzer 21 (zweites Schätzmittel) zum sequenziellen Bestimmen eines geschätzten Werts MVO2 Balken der

Differenzausgabe MVO2 von dem stromaufwärtigen O₂-Sensor **7** (nachfolgend als "geschätzte Differenzausgabe MVO2 Balken" bezeichnet) als Daten, welche einen geschätzten Wert (vorhergesagten Wert) der Ausgabe MVO2/OUT von dem stromaufwärtigen O₂-Sensor **7** nach einer Gesamtzeit dm (= dm1 + dm2) repräsentieren, welche die Summe der Totzeit dm1 des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells E2 und der Totzeit dm2 eines Systems ist, das den Kraftstoffprozesscontroller **12** und den Verbrennungsmotor **1** umfasst (ein solches System wird nachfolgend als "System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2" bezeichnet). Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **10** enthält ferner einen Gleitmodusregler **22** zum sequenziellen Bestimmen des differenziellen Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses kcmd als Daten, welche das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD des Verbrennungsmotors **1** repräsentieren, das erforderlich ist, um die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf die Solldifferenzausgabe MO2CMD zu konvergieren, der von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt wird, d.h. um die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf den Sollwert MVO2/TARGET zu konvergieren, gemäß dem adaptiven Gleitmodusregelprozess, sowie einen Addierer **23** zum Addieren des Luft-Kraftstoff-Verhältnisreferenzwerts FLAF/BASE zu dem Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis kcmd, um sequenziell das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu erzeugen, das dem Kraftstoffprozesscontroller **12** zuzuführen ist.

[0212] Die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7**, die von dem Subtrahierer **18** bestimmt wird, ist die gleiche wie die Differenzausgabe MVO2, die von dem Subtrahierer **14** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** bestimmt wird. Wenn die Differenzausgabe MVO2 von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** zugeführt wird, dann kann der Subtrahierer **18** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** weggelassen werden.

[0213] Der Algorithmus einer Prozesssequenz, die von dem Identifizierer **20**, dem Schätzer **21** und dem Gleitmodusregler **22** auszuführen ist, ist wie folgt aufgebaut:

Der Identifizierer **20** berechnet sequenziell auf Echtzeitbasis die identifizierten Verstärkungskoeffizienten am1 Hut, am2 Hut, bm1 Hut, um einen Modellbildungsfehler des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells in Bezug auf das tatsächliche stromaufwärtige Auspuffsystem E2 zu minimieren.

[0214] Die Prozesssequenz (der Identifikationsprozess) des Identifizierers **20** wird wie folgt ausgeführt: Die Prozesssequenz des Identifizierers **20** wird nachfolgend kurz beschrieben, weil sie die gleiche ist wie die Prozesssequenz des Identifizierers **15** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10**, wie oben beschrieben.

[0215] Der Identifizierer **20** bestimmt in jedem Steuerzyklus den Wert der Differenzausgabe MVO2(k) des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** in dem gegenwärtigen Steuerzyklus an dem stromaufwärtigen Auspuffsystemmodell (nachfolgend als "identifizierte Differenzausgabe MVO2(k) Hut" bezeichnet) gemäß der unten gezeigten Gleichung (27).

$$\hat{MVO2}(k) = \hat{a}m1(k-1) \cdot MVO2(k-1) + \hat{a}m2(k-1) \cdot MVO2(k-2) + \hat{b}m1(k-1) \cdot kact(k-dm1-1) \quad (27)$$

[0216] Die Totzeit dm1 des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 in dem dritten Term der Gleichung (27) hat einen voreingestellten Wert (konstanten Wert), wie oben beschrieben.

[0217] Der Identifizierer **20** bestimmt auch die Differenz id/em zwischen der identifizierten Differenzausgabe MVO2 Hut und der gegenwärtigen Differenzausgabe MVO2(k) von dem stromaufwärtigen O₂-Sensor **7**, d.h. einen identifizierten Fehler, der einen Modellbildungsfehler des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells in Bezug auf das tatsächliche stromaufwärtige Auspuffsystem E2 repräsentiert, gemäß der folgenden Gleichung (28):

$$id/em(k) = MVO2(k) - \hat{MVO2}(k) \quad (28)$$

[0218] Der Identifizierer **20** verändert in jedem Steuerzyklus die identifizierten Verstärkungskoeffizienten am1 Hut, am2 Hut, bm1 Hut um eine Größe, die proportional zu dem Identifikationsfehler id/em ist, um neue identifizierte Verstärkungskoeffizienten am1 Hut, am2 Hut, bm1 Hut zu bestimmen, gemäß der folgenden Gleichung (29):

$$\Theta_m(k) = \Theta_m(k-1) + K\Theta_m(k) \cdot id/em(k) \quad (29)$$

[0219] In der Gleichung (29) repräsentiert Θ_m einen Vektor, welcher gemäß der folgenden Gleichung (30) de-

finiert ist:

$$\Theta_m^T(k) = \begin{bmatrix} \hat{a}m1(k) \hat{a}m2(k) \hat{b}m1(k) \end{bmatrix} \quad (30)$$

[0220] In der Gleichung (29) repräsentiert $K\theta_m$ einen kubischen Vektor, der gemäß der folgenden Gleichung (32) bestimmt ist, d.h. einen Verstärkungskoeffizientenvektor zur Bestimmung einer Änderung in Abhängigkeit von dem identifizierten Fehler id/em der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $am1$ Hut, $am2$ Hut, $bm1$ Hut, unter Verwendung eines durch die folgende Gleichung (31) definierten Vektors ξ_m :

$$\xi_m^T(k) = [MVO2(k-1) MVO2(k-2) MVO2(k-dm1-1)] \quad (31)$$

$$K\theta_m(k) = \frac{P_m(k-1) \xi_m(k)}{1 + \xi_m^T(k) \cdot P_m(k-1) \cdot \xi_m(k)} \quad (32)$$

wobei P_m eine kubische Quadratmatrix repräsentiert, die durch eine Rekursionsformel bestimmt wird, die durch die folgende Gleichung (33) ausgedrückt wird:

$$P_m(k) = \frac{1}{\lambda_{m1}} \left[I - \frac{\lambda_{m2} \cdot P_m(k-1) \cdot \xi_m(k) \cdot \xi_m^T(k)}{\lambda_{m1} + \lambda_{m2} \cdot \xi_m^T(k) \cdot P_m(k-1) \cdot \xi_m(k)} \right] \cdot P_m(k-1) \quad (33)$$

wobei I eine Einheitsmatrix repräsentiert.

[0221] In der Gleichung (33) werden λ_{m1} , λ_{m2} so etabliert, dass sie den Bedingungen $0 < \lambda_{m1} \leq 1$ sowie $0 \leq \lambda_{m2} < 2$ genügen, und ein Anfangswert $P_m(0)$ von P_m repräsentiert eine diagonale Matrix, deren diagonale Komponenten positive Zahlen sind.

[0222] In Abhängigkeit davon, wie λ_{m1} , λ_{m2} in der Gleichung (33) etabliert werden, kann irgendeiner verschiedener spezifischer Algorithmen verwendet werden, einschließlich einer Methode mit festem Verstärkungsfaktor, einer Methode mit degressivem Verstärkungsfaktor, einer Methode der gewichteten kleinsten Quadrate, einer Methode der kleinsten Quadrate, einer Methode der festen Nachführung etc. Gemäß der vorliegenden Ausführung wird z.B. eine Methode der kleinsten Quadrate verwendet ($\lambda_{m1} = \lambda_{m2} = 1$).

[0223] Grundlegend aktualisiert und bestimmt der Identifizierer **20** sequenziell in jedem Steuerzyklus die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $am1$ Hut, $am2$ Hut, $bm1$ Hut des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells, um den identifizierten Fehler id/em zu minimieren, gemäß dem obigen Algorithmus (der Prozesssequenz der sequenziellen Methode der kleinsten Quadrate).

[0224] Der obige Algorithmus ist der Grundalgorithmus, der von dem Identifizierer **20** ausgeführt wird.

[0225] Der Schätzer **21** bestimmt sequenziell in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe $MVO2$ Balken, die ein geschätzter Wert der Differenzausgabe $MVO2$ von dem stromaufwärtigen O_2 -Sensor **7** nach der Gesamtzeit dm ($= dm1 + dm2$) ist, um den Effekt der Totzeit $dm1$ des stromaufwärtigen Auspuffsystems $E2$ und den Effekt der Totzeit $dm2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem $E2$ zur Berechnung des differentiellen Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kcmd$ mit dem Gleitmodusregler **22** zu kompensieren, wie später im Detail beschrieben.

[0226] Die Totzeit $dm2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem $E2$ (Eingabeerzeugungssystem), d.h. das System, das den Kraftstoffprozesscontroller **12** und den Verbrennungsmotor **1** umfasst, wird unten beschrieben. Das Eingabeerzeugungssystem ist signifikant als ein System, welches das Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KACT$ des Verbrennungsmotors **1**, wie von dem LAF-Sensor **8** erfasst, aus den vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugten Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$ erzeugt. Die Totzeit $dm2$ des Eingabeerzeugungssystems ist eine erforderliche Zeit, bis das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$, das in jedem Steuerzyklus von dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugt wird, oder dessen entsprechendes differentielleres Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd$ sich in dem vom LAF-Sensor **8** erfassten Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder seinem entsprechenden differentiellen Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kact$ widerspiegelt. Die Totzeit $dm2$ ist länger, wenn die Drehzahl des Verbrennungsmotors **1** geringer ist. In dieser Ausführung wird die Totzeit $dm2$ des Eingabeerzeugungssystems auf einen bestimmten konstanten Wert voreingestellt (ausgedrückt durch die Zahl der Steuerzyklen des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11**), die gleich oder ein wenig länger ist als die tatsächliche Totzeit des Eingabeer-

zeugungssystem bei einem Niederdrehzahlbereich des Verbrennungsmotors **1**, z.B. einer Leerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors **1**.

[0227] Insofern in der vorliegenden Ausführung die Dauer der Steuerzyklen des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** gleich der Dauer der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** ist, bleiben die Werte der Totzeit $dm2$ und der Totzeit $dm1$ des stromaufwärtigen Auspuffsystems **E2** auch dann gleich, wenn sie durch die Zahl der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** ausgedrückt wird.

[0228] In der vorliegenden Ausführung werden der Prozess der Erzeugung der Solldifferenzangabe $MO2CMD$ mit dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** und der Prozess der Erzeugung des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $KCMD$ mit dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** in synchronen Steuerzyklen ausgeführt. Daher zeigt ein Vergleich zwischen einem System, das eine Kombination des stromaufwärtigen Auspuffsystems **E2** und dem System (das den Kraftstoffprozesscontroller **12** und den Verbrennungsmotor **1** umfasst) zum Erzeugen der Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2** und einem System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10**, welches System eine Kombination des obigen Systems und des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** ist, an, dass der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11**, der nur in dem letzteren System enthalten ist, keine wesentliche Totzeit hat. Daher werden die Totzeit $dr2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** und die Totzeit des Systems, das eine Kombination des stromaufwärtigen Auspuffsystems **E2** und des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem **E2** ist, d.h. die Gesamtzeit dm , auf den gleichen Wert gesetzt (d.h. $dm = dr2$).

[0229] Ein Algorithmus zum Bestimmen des Schätzwerts für die Differenzangabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** nach der Gesamtzeit dm , die die Summe der Totzeit $dm1$ und des stromaufwärtigen Auspuffsystems **E2** und der Totzeit $dm2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2** ist, d.h. die geschätzte Differenzangabe $MVO2$ Balken, ist so aufgebaut wie unten beschrieben. Die Grundidee dieses Algorithmus ist identisch mit jener des Schätzers **16** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10**, und wird daher nachfolgend nur kurz beschrieben.

[0230] Die Gesamtzeit dm ist die Totzeit des Systems, welches das stromaufwärtige Auspuffsystem **E2** und das System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2** umfasst. Die Ansprechverzögerung des Eingabeerzeugungssystems, insbesondere des darin enthaltenen Verbrennungsmotors **1**, kann durch den Kraftstoffprozesscontroller **12** kompensiert werden. Vom Standpunkt des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** kann daher das Eingabeerzeugungssystem, d.h. das System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2**, als ein System betrachtet werden, in dem das differenzielle Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kact(k)$ ($= KACT(k) - FLAF/BASE$) als die Ausgabe des Eingabeerzeugungssystems in jedem Steuerzyklus, mit dem Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcnd(k-dm2)$ übereinstimmt ($= KCMD(k-dm2) - FLAF/BASE$), welches das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD(ddtm2)$ repräsentiert, das der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** dem Kraftstoffprozesscontroller vor der Totzeit $dm2$ gibt, wie durch die folgende Gleichung (34) angegeben:

$$kact(k) = kcnd(k - dm2)$$

$$(KACT(k) = KCMD(k - dm2)) \quad (34)$$

[0231] Hierbei kann unter Verwendung der Gleichung (26), die das stromaufwärtige Auspuffsystemmodell ausdrückt, die geschätzte Differenzangabe $MVO2(k+dm)$ Balken, die ein Schätzwert für die Differenzangabe $MVO2(k+dm)$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** nach der Totzeit dm in jedem Steuerzyklus ist, unter Verwendung von Zeitseriendaten $MVO2(k)$, $MVO2(k-1)$ der Differenzangabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** und von Zeitseriendaten $kact(k+dm2-j)$ ($= kact(k-dm1+dm-j)$, $j = 1, 2, \dots, dm$) des differenziellen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kact$ ausgedrückt werden, das aus der Eingabe $KACT$ des LAF-Sensors **8** (dem erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnis) erhalten wird, gemäß der folgenden Gleichung (35):

$$\begin{aligned} \overline{MVO2}(k + dm) = & \alpha m1 \cdot MVO2(k) + \alpha m2 \cdot MVO2(k - 1) \\ & + \sum_{j=1}^{dm} \beta m(j) \cdot kact(k + dm2 - j) \end{aligned} \quad (35)$$

wobei

$\alpha m1$ = das erste Reihe, erste Spalte-Element von $A m^{dm}$,
 $\alpha m2$ = das erste Reihe, zweite Spalte-Element von $A m^{dm}$,
 $\beta m(j)$ = die erste Reihe-Elemente von $A m^{j-1} \cdot B m$ ($j = 1, 2, \dots, dm$)

$$A m = \begin{bmatrix} \alpha m1 & \alpha m2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B m = \begin{bmatrix} \beta m1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0232] In der Gleichung (35) sind die Koeffizienten $\alpha m1$, $\alpha m2$ in Bezug auf die Zeitseriendaten $MVO2(k)$, $MVO2(k-1)$ der Differenzangabe $MVO2$ und der Koeffizient $\beta m(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dm$) in Bezug auf die Zeitseriendaten $kact(k+dm-j)$ des differenziellen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kact$ in Bezug auf die Gleichung (35) definiert.

[0233] Allgemein ist die Totzeit $dm2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem $E2$ $dm2 \geq 2$ (in dieser Ausführung ist $dm2 = 6$). In diesem Fall sind $kact(k+dm2-1), \dots, kact(k+1)$ der Zeitseriendaten $kact(k+dm2-j)$ ($j = 1, 2, \dots, dm$) des differenziellen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kact$ in der Gleichung (35) künftige Werte des differenziellen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kact$. Obwohl diese künftigen Werte nicht direkt aus der Ausgabe $KACT$ des LAF-Sensors **8** erhalten werden können, können sie durch die Solldifferenzangabe $kcmd$ ersetzt werden, die in der Vergangenheit vom Gleitmodusregler **22** erzeugt worden ist, dessen Details später beschrieben werden, gemäß der Gleichung (34).

[0234] Wenn die künftigen Werte durch die Solldifferenzangabe $kcmd$ ersetzt werden, wird die Gleichung (35) durch die folgende Gleichung (36) ersetzt:

$$\begin{aligned} \overline{MVO2}(k + dm) = & \alpha m1 \cdot MVO2(k) + \alpha m2 \cdot MVO2(k - 1) \\ & + \sum_{j=1}^{dm2-1} \beta m(j) \cdot kcmd(k - j) + \sum_{i=dm2}^{dm} \beta m(i) \cdot kact(k + dm2 - i) \end{aligned} \quad (36)$$

wobei $dm = dm1 + dm2$, $dm2 \geq 2$.

[0235] Der Schätzer **21** berechnet in jedem Steuerzyklus des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** die geschätzte Differenzangabe $MVO2(k+dr)$ Balken gemäß der obigen Gleichung (36) unter Verwendung der Zeitseriendaten $MVO2(k)$, $MVO2(k-1)$ vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzangabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, wie durch den Subtrahieren **18** berechnet, der Zeitseriendaten $kact(k), \dots, kact(k-1)$, $kact(k-dm1)$ des differenziellen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kact$ vor der gegenwärtigen Zeit, wie aus der Ausgabe $KACT$ (dem erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnis) des LAF-Sensors **8** vom Subtrahierer **19** berechnet, sowie der Zeitseriendaten $kcmd(k-1), \dots, kcmd(k-dm2+1)$ der Solldifferenzangabe $kcmd$, wie in der Vergangenheit von dem Gleitmodusregler **22** erzeugt.

[0236] Die Koeffizienten $\alpha m1$, $\alpha m2$ und $\beta m(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dm$), die zur Berechnung der Gleichung (36) erforderlich sind, werden grundlegend unter Verwendung der letzten Werte (der in dem gegenwärtigen Steuerzyklus bestimmten Werte) der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $\alpha m1$ Hut, $\alpha m2$ Hut, $\beta m1$ Hut berechnet, die durch den Identifizierer **20** bestimmt sind. Die Totzeit $dm1$ des stromaufwärtigen Auspuffsystems $E2$ und die Totzeit $dm2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem $E2$, die zur Berechnung der Gleichung 36 erforderlich sind, sind die Werte, die wie oben beschrieben etabliert sind.

[0237] Die obige Prozesssequenz ist der vom Schätzer **21** ausgeführte Basisalgorithmus. Wenn die Totzeit $dm2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem $E2$ etwa gleich der Dauer der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** ist, d.h. $dm2 = 1$, dann kann der Schätzer **21** die geschätzte Differenzangabe $MVO2(k+dr)$ Balken direkt gemäß der Gleichung (35) berechnen.

[0238] Nachfolgend wird der Gleitmodusregler **22** im Detail beschrieben.

[0239] Wie bei dem Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** bestimmt der Gleitmodusregler **22** sequenziell in jedem Steuerzyklus die Solldifferenzangabe $kcmd$ als Regeleingabe zu dem enstromaufwärtig Auspuffsystem $E2$, um die Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**

auf den Sollwert MVO2/TARGET zu konvergieren, d.h. um die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf die Solldifferenzausgabe MO2CMD zu konvergieren, gemäß einem adaptiven Gleitmodusregelprozess. Ein Algorithmus zur Ausführung des adaptiven Gleitmodusregelprozesses ist wie folgt aufgebaut:

Nachfolgend wird zuerst eine Umschaltfunktion beschrieben, die für den adaptiven Gleitmodusregelprozess des Gleitmodusreglers **22** erforderlich ist.

[0240] Die Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) für den stromaufwärtigen O₂-Sensor **7**, die in jedem Steuerzyklus von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt wird, ist signifikant als ein Sollwert für die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** nach der Totzeit dr2 (der Gesamtzeit dm) des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1, d.h. das System, das den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**, den Kraftstoffprozesscontroller **12**, den Verbrennungsmotor **1** sowie das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 umfasst, wie aus der obigen Gleichung (10) ersichtlich. Daher ist das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis kcmd, das in jedem Steuerzyklus von dem Gleitmodusregler **22** zu erzeugen ist, eine Regeleingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 zum Konvergieren der Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf die Solldifferenzausgabe MO2CMD, die von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** vor der Totzeit dr des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 erzeugt wird.

[0241] Wie oben beschrieben, ist die Totzeit dr2 des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 gleich der Gesamtzeit dm (= dm1 + dm2), die die Summe der Totzeit dm1 des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 und der Totzeit dm2 des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 ist.

[0242] Demzufolge kann der Gleitmodusregler **22** in jedem Steuerzyklus das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis kcmd erzeugen, um die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf die Solldifferenzausgabe MO2CMD zu konvergieren, die von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** vor der Gesamtzeit dm erzeugt ist.

[0243] Gemäß einem Grundkonzept des adaptiven Gleitmodusregelprozesses, der von dem Gleitmodusregler **22** ausgeführt wird, wird eine Differenz e, die gemäß der unten gezeigten Gleichung (37) definiert ist, d.h. die Differenz e(k) (nachfolgend als "Fehlerausgabe e des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7**" bezeichnet) zwischen der Differenzausgabe MVO2(k) des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7**, wie durch den Subtrahierer **18** in jedem Steuerzyklus berechnet, und der Solldifferenzausgabe MO2CMD(k-dm), die von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** vor der Gesamtzeit dm als Sollwert für die Differenzausgabe MVO2(k) erzeugt wird, als zu regelnde Zustandsgröße (Regelgröße) verwendet, zur Regelung gemäß dem adaptiven Gleitmodusregelprozess durch den Gleitmodusregler **22**. Die Fehlerausgabe e (k) ist gleich der Differenz (= MVO2/OUT(k) – MVO2/TARGET(k-dm)) zwischen der Ausgabe MVO2/OUT(k) (= MVO2(k) + MVO2/BASE) des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** und dem Sollwert MVO2/TARGET(k-dm) (= MO2CMD(k-dm) + MVO2/BASE) für die Ausgabe MVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **7** vor der Gesamtzeit dm.

$$e(k) = MVO2(k) - MO2CMD(k - dm) \quad (37)$$

[0244] Grundlegend definiert der Gleitmodusregler **22** eine Umschaltfunktion σ_2 für den Gleitmodusregelprozess unter Verwendung der Fehlerausgabe e gemäß der unten gezeigten Gleichung (38). Insbesondere wird die Umschaltfunktion σ_2 durch eine lineare Funktion definiert, die als Komponentenzeitseriendaten MVO2(k), MVO2(k-1) vor der gegenwärtigen Zeit der Fehlerausgabe e des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** hat.

$$\begin{aligned} \sigma_2(k) &= sm_1 \cdot e(k) + sm_2 \cdot e(k-1) \\ &= sm_1 \cdot (MVO2(k) - MO2CMD(k-dm)) \\ &\quad + sm_2 \cdot (MVO2(k-1) - MO2CMD(k-dm-1)) \\ &= Sm \cdot Xm \\ (Sm = [sm_1 \ sm_2], Xm = \begin{bmatrix} e(k) \\ e(k-1) \end{bmatrix}) \end{aligned} \quad (38)$$

[0245] Der Vektor Xm, der in Gleichung (38) als Vektor definiert ist, der die Fehlerausgaben e(k), e(k-1) als seine Elemente aufweist, wird nachfolgend Zustandsgröße Xm genannt.

[0246] Wie bei der Umschaltfunktion σ_1 in Bezug auf den Gleitmodusregler **17** werden die Koeffizienten sm_1 , sm_2 in Bezug auf die Elemente $e(k)$, $e(k-1)$ der Umschaltfunktion σ_2 so etabliert, dass sie der Bedingung der folgenden Gleichung (39) genügen:

$$-1 < \frac{sm_2}{sm_1} < 1$$

(wenn $sm_1 = 1$, $-1 < sm_2 < 1$).

(39)

[0247] In der vorliegenden Ausführung wird der Kürze wegen der Koeffizient sm_1 auf $sm_1 = 1$ gesetzt ($sm_2/sm_1 = sm_2$), und der Koeffizient sm_2 wird so etabliert, dass er der Bedingung genügt: $-1 < sm_2 < 1$.

[0248] Mit der so definierten Umschaltfunktion σ_2 wird die Hyperebene für den Gleitmodusregelprozess, die durch die Gleichung $\sigma_2 = 0$ definiert ist, durch eine gerade Linie wiedergegeben, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, wie bei der Umschaltfunktion σ_1 in Bezug auf den Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10**.

[0249] In der vorliegenden Ausführung werden die Werte der Koeffizienten sm_1 , sm_2 , sr_1 , sr_2 derart etabliert, dass der Absolutwert des Verhältnisses der Koeffizienten sm_1 , sm_2 ($= sm_2/sm_1$, was den Gradienten der Hyperebene $\sigma_2 = 0$ repräsentiert) der Umschaltfunktion σ_2 in Bezug auf den Gleitmodusregler **22** kleiner ist als der Absolutwert des Verhältnisses der Koeffizienten sr_1 , sr_2 ($= sr_2/sr_1$) der Umschaltfunktion σ_1 in Bezug auf den Gleitmodusregler **17**, wie später beschrieben wird.

[0250] Wie beim vom Gleitmodusregler **17** durchgeführten adaptiven Gleitmodusregelprozess dient der vom Gleitmodusregler **22** durchgeführte adaptive Gleitmodusregelprozess dazu, die Zustandsgröße $X_m = (e(k), e(k-1))$ auf die Hyperebene $\sigma_2 = 0$ gemäß der Reachingregelvorschrift und der adaptiven Regelvorschrift (dem adaptiven Algorithmus) auf die Hyperebene $\sigma_2 = 0$ (Modus 1 in [Fig. 4](#)) zu konvergieren, und die Zustandsgröße X_m auf einen Ausgleichspunkt auf der Hyperebene $\sigma_2 = 0$ zu konvergieren, wo $e(k) = e(k-1) = 0$, während die Zustandsgröße X_m auf die Hyperebene $\sigma_2 = 0$ gemäß einer äquivalenten Regeleingabe konvergiert wird (Modus 2 in [Fig. 4](#)).

[0251] Das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{cmd} , das von dem Gleitmodusregler **22** als Regeleingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2** zum Konvergieren der Zustandsgröße X_m auf den Ausgleichspunkt auf der Hyperebene $\sigma_2 = 0$ zu erzeugen ist, wird ausgedrückt als die Summe einer äquivalenten Regeleingabe U_{2eq} , einer Reachingregelvorschrifteingabe U_{2rch} gemäß der Reachingregelvorschrift und einer adaptiven Regelvorschrifteingabe U_{2adp} gemäß der adaptiven Regelvorschrift (siehe die folgende Gleichung (40)).

$$k_{cmd}(k) = U_{2eq}(k) + U_{2rch}(k) + U_{2adp}(k) \quad (40)$$

[0252] Die äquivalente Regeleingabe U_{2eq} , die Reachingregelvorschrifteingabe U_{2rch} und die adaptive Regelvorschrift U_{2adp} werden auf der Basis des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells bestimmt, ausgedrückt durch die Gleichung (26) und die Gleichung (34), die das System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2** repräsentiert, wie folgt: Wenn die Gleichung (34) auf den dritten Term der rechten Seite der Gleichung (26) angewendet wird, erhält man die folgende Gleichung (41):

$$\begin{aligned} MVO_2(k+1) &= am_1 \cdot MVO_2(k) + am_2 \cdot MVO_2(k-1) + bm_1 \cdot k_{cmd}(k-dm_1-dm_2) \\ &= am_1 \cdot MVO_2(k) + am_2 \cdot MVO_2(k-1) + bm_1 \cdot k_{cmd}(k-dm) \end{aligned} \quad (41)$$

[0253] Die Gleichung (41) drückt das Verhalten des Systems aus, welches das stromaufwärtige Auspuffsystem **E2** und das Eingabeerzeugungssystem dafür umfasst.

[0254] Die äquivalente Regeleingabe U_{2eq} ist das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{cmd} , das der Bedingung genügt: $\sigma_2(k+1) = \sigma_2(k) = 0$ in der Gleichung (41). Unter Verwendung der Gleichungen (38), (41) wird die äquivalente Regeleingabe U_{2eq} , die der obigen Bedingung genügt, durch die folgende Gleichung (42) angegeben:

$$\begin{aligned}
 U_{2eq}(k) = & \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot \{ [sm1 \cdot (am1 - 1) + sm2] \cdot MVO2(k + dm) \\
 & + (sm1 \cdot am2 - sm2) \cdot MVO2(k + dm - 1) \\
 & - sm1 \cdot (MO2CMD(k + 1) - MO2CMD(k)) \\
 & - sm2 \cdot (MO2CMD(k) - MO2CMD(k - 1)) \}
 \end{aligned} \quad (42)$$

[0255] Die Gleichung (42) ist eine Basisformel zur Bestimmung der äquivalenten Regeleingabe $U_{2eq}(k)$ in jedem Steuerzyklus.

[0256] Die Reachingregelvorschrifteingabe $U_{2rch}(k)$ in jedem Steuerzyklus wird proportional zum Wert der Umschaltfunktion $\sigma_2(k + dm)$ nach der Gesamtzeit dm bestimmt, die die Summe der Totzeit $dm1$ des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 und der Totzeit $dm2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 ist, wie bei der Reachingregelvorschrifteingabe U_{1rch} in Bezug auf den Gleitmodusregler 17, gemäß der folgenden Gleichung (43):

$$U_{2rch}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot F2 \cdot \sigma_2(k + dm) \quad (43)$$

[0257] Der Koeffizient $F2$ in der Gleichung (43), der den Verstärkungsfaktor der Reachingregelvorschrift bestimmt, wird so etabliert, dass er der durch die folgende Gleichung (44) ausgedrückten Bedingung genügt:

$$0 < F2 < 2 \quad (44)$$

(bevorzugt $0 < F2 < 1$)

[0258] Die adaptive Regelvorschrifteingabe $U_{2adp}(k)$ in jedem Steuerzyklus wird proportional zum integrierten Wert (entsprechend dem Integral des Werts der Umschaltfunktion σ_2) in jedem Steuerzyklus des Produkts $\sigma_2 \cdot \Delta T$ der Umschaltfunktion σ_2 und der Steuerzyklusdauer ΔT bis nach der Gesamtzeit dm bestimmt, wie bei der adaptiven Regelvorschrifteingabe U_{1adp} in Bezug auf den Gleitmodusregler 17, gemäß der folgenden Gleichung (45):

$$U_{2adp}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot G2 \cdot \sum_{i=0}^{k+dm} (\sigma_2(i) \cdot \Delta T) \quad (45)$$

[0259] Der Koeffizient $G2$ (der den Verstärkungsfaktor der adaptiven Regelvorschrift bestimmt) in Gleichung (45) wird so etabliert, dass er der Bedingung der folgenden Gleichung (46) genügt:

$$G2 = J^1 \cdot \frac{2 - F2}{\Delta T} \quad (46)$$

$$(0 < J^1 < 2)$$

[0260] Das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis kc_{cmd} , das von dem Gleitmodusregler 22 als Regeleingabe zum stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 erzeugt wird, kann grundlegend bestimmt werden als die Summe ($U_{2eq} + U_{2rch} + U_{2adp}$) der äquivalenten Regeleingabe U_{2eq} , der Reachingregelvorschrifteingabe U_{2rch} und der adaptiven Regelvorschrift U_{2adp} , die gemäß den jeweiligen Gleichungen (42), (43), (45) bestimmt sind.

[0261] Um $\sigma_2(k + dm)$ zu bestimmen, das zu Berechnen der Reachingregelvorschrifteingabe U_{2rch} und der adaptiven Regelvorschrift U_{2adp} gemäß den jeweiligen Gleichungen (43), (45) erforderlich ist, ist ein künftiger Wert $MVO2(k + dm)$ der Differenzausgabe $MVO2$ erforderlich, wie aus der obigen Gleichung (38) ersichtlich.

[0262] In dieser Ausführung verwendet, wie beim Gleitmodusregler 17, der Gleitmodusregler 22 eine Umschaltfunktion σ_2 Balken gemäß der folgenden Gleichung (43) anstelle der Umschaltfunktion σ_2

$$\begin{aligned}
 \overline{\sigma_2}(k) = & sm1 \cdot (MVO2(k) - MO2CMD(k - dm)) \\
 & + sm2 \cdot (MVO2(k - 1) - MO2CMD(k - dm - 1))
 \end{aligned} \quad (47)$$

[0263] In der Gleichung (47) werden die Zeitseriendaten der Differenzausgabe MVO2 in Bezug auf die Fehlerausgabe e, die ein Element der Umschaltfunktion σ_2 ist, durch Zeitseriendaten der geschätzten Differenzausgabe MVO2 Balken ersetzt, die ein Schätzwert der Differenzausgabe MVO2 ist.

[0264] Der Gleitmodusregler **22** berechnet die Reachingregelvorschrifteneingabe $U_{2rch}(k)$ und die adaptive Regelvorschrifteneingabe $U_{2adp}(k)$ in jedem Steuerzyklus gemäß den folgenden Gleichungen (48), (49) unter Verwendung des Werts der Umschaltfunktion σ_2 Balken, ausgedrückt durch die Gleichung (47), anstatt " σ_2 " in den Gleichungen (43), (45):

$$U_{2rch}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot F2 \cdot \overline{\sigma_2}(k + dm) \quad (48)$$

$$U_{2adp}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot G2 \cdot \sum_{i=0}^{k+dm} (\overline{\sigma_2}(i) \cdot \Delta T) \quad (49)$$

[0265] In Bezug auf die äquivalente Regeleingabe U_{2eq} , die Differenzausgaben $MVO2(k+dm)$, $MVO2(k+dm-1)$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, die in der Gleichung (42) verwendet werden, sind Werte in der Zukunft und können nicht direkt erhalten werden. Die in Gleichung (42) verwendete Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ ist in dem Prozess, der vom Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** durchgeführt wird, noch nicht berechnet worden.

[0266] Der Gleitmodusregler **22** bestimmt eine äquivalente Regeleingabe $U_{2eq}(k)$ in jedem Steuerzyklus gemäß der folgenden Gleichung (50), worin die Differenzausgaben $MVO2(k+dm)$, $MVO2(k+dm-1)$ in der Gleichung (42) durch die geschätzten Differenzausgaben $MVO2(k+dm)$ Balken, $MVO2(k+dm-1)$ Balken ersetzt werden, die als ihre Schätzwerte (vorhergesagte Werte) von dem Schätzer **21** bestimmt sind:

$$\begin{aligned} U_{2eq}(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot \{ & [sm1 \cdot (am1 - 1) + sm2] \cdot \overline{MVO2}(k + dm) \\ & + (sm1 \cdot am2 - sm2) \cdot \overline{MVO2}(k + dm - 1) \\ & - sm1 \cdot (MO2CMD(k + 1) - MO2CMD(k)) \\ & - sm2 \cdot (MO2CMD(k) - MO2CMD(k - 1)) \} \end{aligned} \quad (50)$$

[0267] Die in Gleichung (50) verwendete Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ in einem Steuerzyklus zuvor wird zeitweilig in jedem Steuerzyklus durch den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** bestimmt, und es wird die bestimmte zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ verwendet.

[0268] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** bestimmt die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ wie folgt:

In dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** bestimmt der Schätzer **16** in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken, die ein Schätzwert für die Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **16** nach der Gesamtzeit dr ist, und bestimmt auch zeitweilig die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken nach einer Zeit $(dr+1)$ (nachfolgend als "erforderliche Schätzzeit $(dr+1)$ " bezeichnet), die um einen Steuerzyklus länger ist als die Gesamtzeit dr . Der Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** berechnet die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$ in jedem Zyklus, wie oben beschrieben, und bestimmt auch vorübergehend die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ in einem Steuerzyklus zuvor (in der Zukunft), unter Verwendung der geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken nach der erforderlichen Schätzzeit $(dr+1)$.

[0269] Der Schätzer **16** berechnet die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken nach der erforderlichen Schätzzeit $(dr+1)$ wie folgt:

Der Schätzer **16** bestimmt zeitweilig in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken nach der erforderlichen Schätzzeit $(dr+1)$ gemäß der folgenden Gleichung (51), die erhalten wird, indem beide Seiten der Gleichung (12) um einen Steuerzyklus in die Zukunft verschoben werden (ersetze " k " an beiden Seiten durch " $k+1$ "), und indem die Gleichungen (1), (10) auf die rechte Seite der Gleichung angewendet werden. Die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken, die gemäß der Gleichung (51) berechnet ist, wird nachfolgend als "zeitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken" bezeichnet).

$$\begin{aligned}
\overline{RVO2}(k+dr+1) = & \alpha r1p \cdot RVO2(k) + \alpha r2p \cdot RVO2(k-1) \\
& + \sum_{j=1}^{dr2} \beta rp(j) \cdot MO2CMD(k+1-j) \\
& + \sum_{i=dr2+1}^{dr+1} \beta rp(i) \cdot MVO2(k+1+dr2-i)
\end{aligned} \tag{51}$$

wobei

$\alpha r1p$ = das erste Reihe, erste Spalte-Element von Ar^{dr+1} ,
 $\alpha r2p$ = das erste Reihe, zweite Spalte-Element von Ar^{dr+1} ,
 $\beta rp(j)$ = die erste Reihe-Elemente von $Ar^{j-1} \cdot Br$ ($j = 1, 2, \dots, dr+1$)

$$Ar = \begin{bmatrix} ar1 & ar2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Br = \begin{bmatrix} br1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0270] In der Gleichung (51) sind die Koeffizienten $\alpha r1p$, $\alpha r2p$, $\beta rp(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr+1$) so definiert, wie oben in Bezug auf Gleichung (51) beschrieben. Diese Koeffizienten werden grundlegend aus den zuletzt identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut, $br1(k)$ Hut berechnet, die durch den Identifizierer **15**, wie auch die identifizierten Werte der Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$, in jedem Steuerzyklus berechnet werden. Die Koeffizienten $\alpha r1p$, $\alpha r2p$ unterscheiden sich von $ar1$, $ar2$ in der Gleichung (12), wobei aber die Koeffizienten $\beta rp(1)$, $\beta rp(2)$, ..., $\beta rp(dr)$ der Koeffizienten $\beta rp(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr+1$) die gleichen sind wie die jeweiligen Koeffizienten $\beta r(1)$, $\beta r(2)$, ..., $\beta r(dr)$ in der Gleichung (12).

[0271] Der Gleitmodusregler **17** bestimmt zeitweilig die äquivalente Regeleingabe $U1eq(k+1)$, die Reaching-regelvorschrifteingabe $U1rch(k+1)$ und die adaptive Regelvorschrifteingabe $U1adp(k+1)$ in einem Steuerzyklus zuvor in jedem Steuerzyklus gemäß den folgenden Gleichungen (52), (53), (54), die erhalten werden, indem beide Seiten der Gleichungen (22), (24), (25) um einen Steuerzyklus in die Zukunft verschoben werden:

$$\begin{aligned}
U1eq(k+1) = & \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{RVO2}(k+dr+1) \\
& + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{RVO2}(k+dr) \}
\end{aligned} \tag{52}$$

$$U1rch(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma 1}(k+dr+1) \tag{53}$$

$$U1adp(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr+1} (\overline{\sigma 1}(i) \cdot \Delta T) \tag{54}$$

[0272] Die Summe der äquivalenten Regeleingabe $U1eq(k+1)$, der Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch(k+1)$ und der adaptiven Regelvorschrifteingabe $U1adp(k+1)$ wird bestimmt als die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ in einem Steuerzyklus zuvor, gemäß der unten gezeigten Gleichung (55). Die so bestimmte Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ wird als "zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ " bezeichnet.

$$MO2CMD(k+1) = U1eq(k+1) + U1rch(k+1) + U1adp(k+1) \tag{55}$$

[0273] Die zeitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken, die von dem Schätzer **16** gemäß der Gleichung (51) berechnet ist, wird in der Gleichung (52) als $RVO2(k+dr+1)$ Balken verwendet, und die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken, die von dem Schätzer **16** gemäß der Gleichung (12) berechnet ist, wird als $RVO2(k+dr)$ Balken in der Gleichung (52) angewendet.

[0274] Die zum Berechnen der Gleichungen (53), (54) erforderliche Umschaltfunktion $\sigma 1$ wird gemäß der obigen Gleichung (23) unter Verwendung der zeitweiligen geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken

und der geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken berechnet, die durch den Schätzer **16** gemäß den jeweiligen Gleichungen (15), (12) berechnet werden.

[0275] Die zuletzt identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut, $br1(k)$ Hut, die durch den Identifizierer bestimmt sind (die die gleichen sind wie jene, die zur Berechnung der Gleichungen (22), (24), (25) verwendet wurden), werden grundlegend als die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ verwendet, die erforderlich sind, um die äquivalente Regeleingabe $U1eq(k+1)$, die Reachingregelvorschrifteneingabe $U1rch(k+1)$ und die adaptive Regelvorschrifteneingabe $U1adp(k+1)$ zeitweilig in einem Steuerzyklus zuvor gemäß den Gleichungen (52), (53), (54) zu berechnen. Die Bedingungen zum Etablieren der Koeffizienten $sm1$, $sm2$, $F2$, $G2$, die in den Gleichungen (52), (53), (54) verwendet sind, werden wie oben beschrieben etabliert.

[0276] Der stromabwärtige Auspuffsystemregler **10** begrenzt die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$, die in einem Steuerzyklus zuvor durch den Gleitmodusregler **17** bestimmt ist, wie oben beschrieben, und gibt dann die begrenzte zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**.

[0277] Der Gleitmodusregler **22** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** verwendet die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$, die in einem Steuerzyklus zuvor von dem Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** erzeugt wurde, zur Berechnung der äquivalenten Regeleingabe $U2eq(k)$ in jedem Steuerzyklus gemäß der Gleichung (50).

[0278] Der Gleitmodusregler **22** bestimmt das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd(k)$ aus der äquivalenten Regeleingabe $U1eq(k)$, der Reachingregelvorschrifteneingabe $U2rch(k)$ und der adaptiven Regelvorschrifteneingabe $U2adp(k)$, die wie oben beschrieben berechnet sind, gemäß der Gleichung (40).

[0279] Der Gleitmodusregler **22** begrenzt das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd(k)$, das gemäß der Gleichung (40) berechnet ist, auf einen vorbestimmten zulässigen Bereich, in der gleichen Weise wie der Gleitmodusregler **17**, und gibt dann das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd(k)$ zu dem Addierer **23**.

[0280] Gemäß der vorliegenden Ausführung wird das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd$ unter der Annahme berechnet, dass die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ unter einer bestimmten Bedingung dauerhaft "0" ist, d.h. der Sollwert $MVO2/TARGET$ für die Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** gleicht dem Referenzwert $MVO2/BASE$ (= $RVO2/TARGET$), wie später beschrieben wird.

[0281] Der obige Prozess ist der Basisprozess, der von dem Gleitmodusregler **22** ausgeführt wird.

[0282] Der Addierer **23** addiert den Luft-Kraftstoff-Verhältnisreferenzwert $FLAF/BASE$ zu dem Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd(k)$, das so von dem Gleitmodusregler **22** erzeugt ist, um das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD(k)$ in jedem Steuerzyklus zu bestimmen, und gibt das bestimmte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD(k)$ zu dem Kraftstoffprozesscontroller **12**.

[0283] In dem Anlagensteuersystem gemäß der vorliegenden Ausführung ist der Absolutwert des Verhältnisses der Koeffizienten $sr1$, $sr2$ ($sr2/sr1$) der Umschaltfunktion σ_1 , die von dem Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** verwendet wird, größer als der Absolutwert des Verhältnisses der Koeffizienten $sm1$, $sm2$ ($= sm2/sm1$) der Umschaltfunktion σ_2 , die in dem Gleitmodusregler **22** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** verwendet wird.

[0284] Allgemein ist der Gleitmodusregelprozess (einschließlich des adaptiven Gleitmodusregelprozesses) ein sogenannter Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ und ist in der Lage, eine Dämpfungsrate zum Konvergieren einer Regelgröße auf einen Sollwert in Abhängigkeit von den Werten der Koeffizienten einer Umschaltfunktion, die in dem Gleitmodusregelprozess verwendet wird, anzuzeigen.

[0285] Wenn z.B. die vom Gleitmodusregler **17** verwendete Umschaltfunktion σ_1 auf "0" konvergiert wird, da $RVO2(k) = (-sr2/sr1) \cdot RVO2(k-1)$, wie aus der Gleichung (13) ersichtlich, bestimmt der Absolutwert des Verhältnisses der Koeffizienten $sr1$, $sr2$ ($sr2/sr1$) die Dämpfungsrate (Dämpfungsrate pro Steuerzyklus) der Differenzausgabe $RVO2$ als Regelgröße des Gleitmodusreglers **17** (innerhalb des Bereichs von $0 < |sr2/sr1| < 1$ ist die Dämpfungsrate höher, wenn sich $|sr2/sr1|$ "0" annähert). Dies gilt für die Koeffizienten $sm1$, $sm2$ der Umschaltfunktion σ_2 , die von dem Gleitmodusregler **22** verwendet wird (die Verhältnisse $sr2/sr1$), ($sm2/sm1$) werden nachfolgend jeweils als "Dämpfparameter $Rpole$, $Mpole$ " bezeichnet).

[0286] Die Gleitmodusregler **17**, **22** dienen grundlegend dazu, das Soll-Differenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis kc_{cmd} zu bestimmen, das das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$ für den Verbrennungsmotor **1** repräsentiert, als Regeleingabe zu einem Gesamtauspuffsystem E , das die Kombination des stromabwärtigen Auspuffsystems $E1$ und des stromaufwärtigen Auspuffsystems $E2$ umfasst, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ dafür gemäß ihren kombinierten Regelprozessen zu konvergieren. Um zu verhindern, dass sich die Regelprozesse der Gleitmodusregler **17**, **22** gegenseitig stören, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** zu stabilisieren, die eine Ausgabe des Gesamtauspuffsystems E ist, ist es bevorzugt, dass der Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **17** kleiner ist als der Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **22**. Der Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **17** signifiziert die Änderungsrate der Regeleingabe (der Soll-Differenz-Ausgabe $MO2CMD$) des stromabwärtigen Auspuffsystems $E1$ zu einer Änderung der Ausgabe (der Ausgabe $RVO2/OUT$ oder der Differenz-Ausgabe $RVO2$) des stromabwärtigen Auspuffsystems $E1$. Der Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **22** signifiziert die Änderungsrate der Regeleingabe (des Soll-Differenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses kc_{cmd}) des stromaufwärtigen Auspuffsystems $E2$ zu einer Änderung der Ausgabe (der Ausgabe $MVO2/OUT$ oder der Differenz-Ausgabe $MVO2$) des stromaufwärtigen Auspuffsystems $E2$.

[0287] Um den Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **17** kleiner zu machen als den Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **22**, kann die Dämpfungsrate der Differenz-Ausgabe $RVO2$ als Regelgröße des Gleitmodusreglers **17** kleiner gemacht werden als die Dämpfungsrate der Fehlerausgabe e (siehe Gleichung (37)) als Regelgröße des Gleitmodusreglers **22**.

[0288] In der vorliegenden Ausführung ist der Absolutwert $|R_{pole}|$ des Dämpfparameters R_{pole} in Bezug auf den Gleitmodusregler **17** größer als der Absolutwert $|M_{pole}|$ des Dämpfparameters M_{pole} in Bezug auf den Gleitmodusregler **22** ($|R_{pole}| > |M_{pole}|$), um hierdurch den Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **17** kleiner zu machen als den Rückkopplungsfaktor des Gleitmodusreglers **22**.

[0289] Nachfolgend wird der Kraftstoffprozesscontroller **12** beschrieben.

[0290] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, hat der Kraftstoffprozesscontroller **12** als seine Hauptfunktion einen Basiskraftstoffeinspritzmengenrechner **24** zum Bestimmen einer Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim , die in den Verbrennungsmotor **1** einzuspritzen ist, einen ersten Korrekturkoeffizientenrechner **25** zum Bestimmen eines ersten Korrekturkoeffizienten $KTOTAL$ zum Korrigieren der Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim sowie einen zweiten Korrekturkoeffizientenrechner **26** zum Bestimmen eines zweiten Korrekturkoeffizienten $KCMDM$ zum Korrigieren der Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim .

[0291] Der Basiskraftstoffeinspritzmengenrechner **24** bestimmt eine Referenzkraftstoffeinspritzmenge (Kraftstoffzufuhrmenge) aus der Drehzahl NE und dem Einlassdruck PB des Verbrennungsmotors **1** unter Verwendung eines vorbestimmten Kennfelds und korrigiert die bestimmte Referenzkraftstoffeinspritzmenge in Abhängigkeit von der effektiven Öffnungsfläche eines Drosselventils (nicht gezeigt) des Verbrennungsmotors **1**, um hierdurch eine Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim zu berechnen.

[0292] Der von dem ersten Korrekturkoeffizientenrechner **25** bestimmte erste Korrekturkoeffizient $KTOTAL$ dient dazu, die Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim im Hinblick auf ein Abgasrückführverhältnis des Verbrennungsmotors **1**, d.h. den Anteil eines Abgases, das in einem in den Verbrennungsmotor **1** einzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisches enthalten ist, eine Menge von Spülluft-Kraftstoffkraftstoff, der dem Verbrennungsmotor **1** zugeführt wird, wenn ein Behälter (nicht gezeigt) gespült wird, eine Kühlmitteltemperatur, eine Einlass-temperatur etc. des Verbrennungsmotors **1** zu korrigieren.

[0293] Der vom zweiten Korrekturkoeffizientenrechner **26** bestimmte zweite Korrekturkoeffizient $KCMDM$ dient dazu, die Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim im Hinblick auf den Ladegrad eines Luft-Kraftstoff-Gemisches aufgrund des Kühleffekts von Kraftstoff zu korrigieren, der in den Verbrennungsmotor **1** in Abhängigkeit vom Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$ fließt, das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** bestimmt ist.

[0294] Der Kraftstoffprozesscontroller **12** korrigiert die Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim mit dem ersten Korrekturkoeffizienten $KTOTAL$ und dem zweiten Korrekturkoeffizienten $KCMDM$ durch Multiplizieren der Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim mit dem ersten Korrekturkoeffizienten $KTOTAL$ und dem zweiten Korrekturkoeffizienten $KCMDM$, um hierdurch eine angeforderte Kraftstoffeinspritzmenge T_{cyl} für den Verbrennungsmotor **1** zu erzeugen.

[0295] Spezifische Details des Prozesses zur Berechnung der Basiskraftstoffeinspritzmenge T_{im} , des ersten Korrekturkoeffizienten K_{TOTAL} und des zweiten Korrekturkoeffizienten K_{CMDM} sind im Detail in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 5-79374 und dem U.S. Patent Nr. 5,253,630 offenbart und werden nachfolgend nicht beschrieben.

[0296] Der Kraftstoffprozesscontroller **12** hat, zusätzlich zu den obigen Funktionen, einen Rückkopplungsregler **27** zum Einstellen einer Kraftstoffeinspritzmenge des Verbrennungsmotors **1** gemäß einem Rückkopplungsregelprozess, um das Ausgangssignal K_{ACT} des LAF-Sensors **8** (das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis) zu dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} , das sequenziell vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugt wird, zu konvergieren.

[0297] Der Rückkopplungsregler **27** umfasst einen allgemeinen Rückkopplungsregler **28** zum Regeln eines Gesamt-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses für alle Zylinder des Verbrennungsmotors **1** und einen lokalen Rückkopplungsregler **29** zum Regeln eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses für jeden der Zylinder des Verbrennungsmotors **1**.

[0298] Der allgemeine Rückkopplungsregler **28** bestimmt sequenziell einen Rückkopplungskorrekturkoeffizienten K_{FB} zum Korrigieren der angeforderten Kraftstoffeinspritzmenge T_{cyl} (durch Multiplizieren der angeforderten Kraftstoffeinspritzmenge T_{cyl}), um das Ausgangssignal K_{ACT} von dem LAF-Sensor **8** zu dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} hin zu konvergieren.

[0299] Der allgemeine Rückkopplungsregler **28** umfasst einen PID-Regler **30** zum Bestimmen einer Rückkopplungsstellgröße K_{LAF} als Rückkopplungskorrekturkoeffizienten K_{FB} in Abhängigkeit von der Differenz zwischen dem Ausgangssignal K_{ACT} von dem LAF-Sensor **8** und dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} gemäß einem bekannten PID-Regelprozess, und einen adaptiven Regler **31** (in [Fig. 6](#) mit "STR" bezeichnet) zum adaptiven Bestimmen einer Rückkopplungsstellgröße K_{STR} zum Bestimmen des Rückkopplungskorrekturkoeffizienten K_{FB} im Hinblick auf Änderungen der Betriebsbedingungen des Verbrennungsmotors **1** oder von Eigenschaftsänderungen davon aus dem Ausgangssignal K_{ACT} von dem LAF-Sensor **8** und dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} .

[0300] In der vorliegenden Ausführung ist die vom PID-Regler **30** erzeugte Rückkopplungsstellgröße K_{LAF} gleich "1" und kann direkt als der Rückkopplungskorrekturkoeffizient K_{FB} verwendet werden, wenn das Ausgangssignal K_{ACT} (das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis) von dem LAF-Sensor **8** gleich dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} ist. Die von dem adaptiven Regler **31** erzeugte Rückkopplungsstellgröße K_{STR} wird zum Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} , wenn das Ausgangssignal K_{ACT} von dem LAF-Sensor **8** gleich dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} ist. Eine Rückkopplungsstellgröße k_{str} ($= K_{STR}/K_{CMD}$), die durch Dividieren der Rückkopplungsstellgröße K_{STR} durch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} mit einem Teiler **32** erzeugt wird, kann als der Rückkopplungskorrekturkoeffizient K_{FB} verwendet werden.

[0301] Von der Rückkopplungsstellgröße K_{LAF} , die vom PID-Regler **30** erzeugt wird, und der Rückkopplungsstellgröße k_{str} , die durch Dividieren der Rückkopplungsstellgröße K_{STR} von dem adaptiven Regler **31** durch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis K_{CMD} erzeugt wird, wird mit einem Umschalter **33** eine ausgewählt. Die eine ausgewählte der Rückkopplungsstellgröße K_{LAF} und der Rückkopplungsstellgröße k_{str} wird als der Rückkopplungskorrekturkoeffizient K_{FB} verwendet. Die angeforderte Kraftstoffeinspritzmenge T_{cyl} wird korrigiert, indem sie mit dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten K_{FB} multipliziert wird. Details des allgemeinen Rückkopplungsregler **28** (insbesondere des adaptiven Reglers **38**) werden später beschrieben.

[0302] Der lokale Rückkopplungsregler **29** umfasst einen Beobachter **34** zum Schätzen realer Luft-Kraftstoff-Verhältnisse $\#nA/F$ ($n = 1, 2, 3, 4$) der jeweiligen Zylinder aus dem Ausgangssignal K_{ACT} von dem LAF-Sensor **8** sowie eine Mehrzahl von PID-Reglern **35** (soviel wie die Anzahl der Zylinder) zum Bestimmen jeweiliger Rückkopplungskorrekturkoeffizienten $\#nK_{LAF}$ für die Kraftstoffeinspritzmengen für die Zylinder aus den vom Beobachter **21** geschätzten jeweiligen realen Luft-Kraftstoff-Verhältnissen $\#nA/F$ gemäß einem PID-Regelprozess, um Schwankungen der Luft-Kraftstoff-Verhältnisse der Zylinder zu eliminieren.

[0303] Kurz gesagt schätzt der Beobachter **34** ein reales Luft-Kraftstoff-Verhältnis $\#nA/F$ jedes der Zylinder wie folgt: Ein System von dem Verbrennungsmotor **1** zu dem LAF-Sensor **8** (wo die Abgase von den Zylindern sich vereinigen) wird als ein System zum Erzeugen eines vom LAF-Sensor **8** erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses aus einem realen Luft-Kraftstoff-Verhältnis $\#nA/F$ jedes der Zylinder angesehen und wird im Hinblick auf eine chronologische Verteilung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses jedes der Zylinder des Verbrennungsmotors **1** zu dem vom LAF-Sensor **8** erfassten Luft-Kraftstoff-Verhältnis als Modell erstellt. Auf der Basis des Modellsys-

tems wird ein reales Luft-Kraftstoff-Verhältnis $\#nA/F$ jedes der Zylinder aus dem Ausgangssignal KACT von dem LAF-Sensor **8** geschätzt.

[0304] Details des Beobachters **34** sind z.B. in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 7-83094 und dem U.S. Patent Nr. 5,531,208 offenbart und werden nachfolgend nicht beschrieben.

[0305] Jeder der PID-Regler **35** des lokalen Rückkopplungsreglers **39** dividiert das Ausgangssignal KACT von dem LAF-Sensor **8** durch einen Durchschnittswert der Rückkopplungskorrekturkoeffizienten $\#nKLAF$, die von den jeweiligen PID-Reglern **35** in einem vorhergehenden Steuerzyklus bestimmt wurden, um einen Quotientenwert zu erzeugen, und verwendet den Quotientenwert als Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis für den entsprechenden Zylinder. Jeder der PID-Regler **35** bestimmt dann einen Rückkopplungskorrekturkoeffizienten $\#nKLAF$ in einem gegenwärtigen Steuerzyklus, um jegliche Differenz zwischen dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis und dem Schätzwert des entsprechenden realen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $\#nA/F$, das vom Beobachter **34** bestimmt ist, zu eliminieren.

[0306] Der lokale Rückkopplungsregler **29** multipliziert einen Wert, der durch Multiplizieren der angeforderten Kraftstoffeinspritzmenge T_{cyl} mit dem vom allgemeinen Rückkopplungsregler **28** erzeugten Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB erzeugt worden ist, mit dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten $\#nKLAF$ für jeden der Zylinder, um hierdurch eine Ausgabekraftstoffeinspritzmenge $\#nT_{out}$ ($n = 1, 2, 3, 4$) für jeden der Zylinder zu bestimmen.

[0307] Die so für jeden der Zylinder bestimmte Ausgabekraftstoffeinspritzmenge $\#nT_{out}$ wird auf akkumulierte Kraftstoffpartikel an den Einlassrohrwänden des Verbrennungsmotors **1** durch einen Kraftstoffakkumulationskorrektor **36** in dem Kraftstoffprozesscontroller **12** korrigiert. Die korrigierte Ausgabekraftstoffeinspritzmenge nT_{out} wird den jeweiligen Kraftstoffeinspritzdüsen (nicht gezeigt) des Verbrennungsmotors **1** zugeführt, die Kraftstoff in jeden der Zylinder mit der korrigierten Ausgabekraftstoffeinspritzmenge $\#nT_{out}$ einspritzen.

[0308] Die Korrektur der Ausgabekraftstoffeinspritzmenge im Hinblick auf akkumulierte Kraftstoffpartikel an den Einlassrohrwänden ist im Detail z.B. in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 8-21273 und dem U.S. Patent Nr. 5,568,799 offenbart und wird nachfolgend im Detail nicht beschrieben.

[0309] Nachfolgend wird der allgemeine Rückkopplungsregler **28**, insbesondere der adaptive Regler **31** beschrieben.

[0310] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt, bewirkt der allgemeine Rückkopplungsregler **28** einen Rückkopplungsregelprozess, um die Ausgabe KACT (das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis) von dem LAF-Sensor **8** zu dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD hin zu konvergieren, wie oben beschrieben. Wenn ein solcher Rückkopplungsregelprozess nur unter der bekannten PID-Regelung ausgeführt würde, dann wäre es schwierig, die Regelbarkeit gegenüber dynamischen Verhaltensänderungen stabil zu halten, einschließlich Änderungen in den Betriebszuständen des Verbrennungsmotors **1**, Eigenschaftsänderungen aufgrund der Alterung des Verbrennungsmotors **1** etc.

[0311] Der adaptive Regler **31** ist ein Regler vom rekursiven Typ, der es möglich macht, einen Rückkopplungsregelprozess auszuführen, während dynamische Verhaltensänderungen des Verbrennungsmotors **1** kompensiert werden. Wie in [Fig. 7](#) gezeigt, umfasst der adaptive Regler **31** einen Parametereinsteller **38** zum Einstellen einer Mehrzahl von adaptiven Parametern, welche das vom I.D.

[0312] Landau et al. vorgeschlagene Parametereinstellgesetz verwendet, sowie einen Stellgrößenrechner **37** zum Berechnen der Rückkopplungsstellgröße KSTR unter Verwendung der etablierten adaptiven Parameter.

[0313] Nachfolgend wird der Parametereinsteller **38** beschrieben. Wenn gemäß der von I.D. Landau et al. vorgeschlagenen Parametereinstellvorschrift Polynome des Nenners und Zählers einer Transferfunktion $B(Z^{-1})/A(Z^{-1})$ eines zu regelnden diskreten Systemobjekts allgemein durch die unten angegebenen jeweiligen Gleichungen (56), (57) ausgedrückt werden, wird ein adaptiver Parameter θ Hut (j) (j bezeichnet die Zahl eines Steuerzyklus), der durch den Parametereinsteller **38** etabliert wird, durch einen Vektor (transponierten Vektor) gemäß der unten angegebenen Gleichung (58) ausgedrückt. Eine Eingabe $\xi(j)$ zu dem Parametereinsteller **38** wird durch die unten angegebene Gleichung (59) ausgedrückt. In der vorliegenden Ausführung wird angenommen, dass der Verbrennungsmotor **1**, der ein von dem allgemeinen Rückkopplungsregler **28** zu regelndes Objekt ist, als eine Anlage eines Systems erster Ordnung betrachtet wird, mit einer Totzeit d_p entsprechend drei Steuerzyklen (einer Zeit entsprechend drei Verbrennungszyklen des Verbrennungsmotors **1**), und $m = n = 1$,

$d_p = 3$ in den Gleichungen (56) – (59) ist, und fünf adaptive Parameter s_0, r_1, r_2, r_3, b_0 etabliert sind (siehe [Fig. 7](#)). In den oberen und mittleren Ausdrücken der Gleichung (59) repräsentieren u_s, y_s allgemein eine Eingabe (Steilgröße) zu dem zu regelnden Objekt und eine Ausgabe (Regelgröße) von dem zu regelnden Objekt. In der vorliegenden Ausführung ist die Eingabe die Rückkopplungsstellgröße KSTR und die Ausgabe von dem Objekt (dem Verbrennungsmotor 1) die Ausgabe KACT (erfasstes Luft-Kraftstoff-Verhältnis) von dem LAF-Sensor 8, und die Eingabe ξQ zu dem Parametereinsteller 38 wird durch den unteren Ausdruck der Gleichung (59) ausgedrückt (siehe [Fig. 7](#)).

$$A(Z^{-1}) = 1 + a_1 Z^{-1} + \dots + a_n Z^{-n} \quad (56).$$

$$B(Z^{-1}) = b_0 + b_1 Z^{-1} + \dots + b_m Z^{-m} \quad (57)$$

$$\begin{aligned} \hat{\theta}^T(j) &= [\hat{b}_0(j), \hat{B}_R(Z^{-1}, j), \hat{S}(Z^{-1}, j)] \\ &= [b_0(j), r_1(j), \dots, r_{m+d_p-1}(j), s_0(j), \dots, s_{n-1}(j)] \\ &= [b_0(j), r_1(j), r_2(j), r_3(j), s_0(j)] \end{aligned} \quad (58)$$

$$\begin{aligned} \xi^T(j) &= [us(j), \dots, us(j - m - d_p + 1), ys(j), \dots, ys(j - n + 1)] \\ &= [us(j), us(j - 1), us(j - 2), us(j - 3), ys(j)] = [KSTR(j), KSTR(j - 1), KSTR(j - 2), KSTR(j - 3), KACT(j)] \end{aligned} \quad (59)$$

[0314] Der durch die Gleichung (58) ausgedrückte adaptive Parameter θ Hut ist aufgebaut aus einem skalaren Größenelement b_0 $Hu^{-1}(Z^{-1}, j)$ zum Bestimmen des Verstärkungsfaktors des adaptiven Reglers 31, einem Steuerelement B_R $Hu(Z^{-1}, j)$, das unter Verwendung einer Steilgröße ausgedrückt wird, und einem Steuerelement $S(Z^{-1}, j)$, das unter Verwendung einer Regelgröße ausgedrückt wird, die jeweils durch die folgenden Gleichung (60) – (62) ausgedrückt werden (siehe den Block des in [Fig. 7](#) gezeigten Stellgrößenrechners 37):

$$\hat{b}_0^{-1}(j) = \frac{1}{b_0} \quad (60)$$

$$\begin{aligned} \hat{B}_R(Z^{-1}, j) &= r_1 Z^{-1} + r_2 Z^{-2} + \dots + r_{m+d_p-1} Z^{-(n+d_p-1)} \\ &= r_1 Z^{-1} + r_2 Z^{-2} + r_3 Z^{-3} \end{aligned} \quad (61)$$

$$\begin{aligned} \hat{S}(Z^{-1}, j) &= s_0 + s_1 Z^{-1} + \dots + s_{n-1} Z^{-(n-1)} \\ &= s_0 \end{aligned} \quad (62)$$

[0315] Der Parametereinsteller 38 etabliert Koeffizienten des skalaren Größenelements und der Steuerelemente, oben beschrieben, und führt sie als die adaptiven Parameter θ Hut, die durch die Gleichung (58) ausgedrückt sind, dem Stellgrößenrechner 37 zu. Der Parametereinsteller 38 berechnet den adaptiven Parameter θ Hut derart, dass die Ausgabe KACT von dem LAF-Sensor 8 mit dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD übereinstimmt, unter Verwendung von Zeitseriendaten der Rückkopplungsstellgröße KSTR von der Gegenwart zur Vergangenheit und der Ausgabe KACT von dem LAF-Sensor B.

[0316] Insbesondere berechnet der Parametereinsteller 38 den adaptiven Parameter θ Hut gemäß der folgenden Gleichung (63):

$$\hat{\theta}(j) = \hat{\theta}(j - 1) + \Gamma(j - 1) \cdot \zeta(j - d_p) \cdot e^*(j) \quad (63)$$

wobei $\Gamma(j)$ eine Verstärkungsgradmatrix (deren Grad durch $m+n+d_p$ angegeben ist) zum Bestimmen einer Etablierrate des adaptiven Parameters θ Hut und $e^*(j)$ einen Schätzfehler des adaptiven Parameters θ Hut repräsentiert. $\Gamma(j)$ und $e^*(j)$ werden jeweils durch die folgenden Rekursionsformeln (64), (65) ausgedrückt:

$$\Gamma(j) = \frac{1}{\lambda_1(j)} \cdot [\Gamma(j-1) - \frac{\lambda_2(j) \cdot \Gamma(j-1) \cdot \zeta(j-d_p) \cdot \zeta^T(j-d_p) \cdot \Gamma(j-1)}{\lambda_1(j) + \lambda_2(j) \cdot \zeta^T(j-d_p) \cdot \Gamma(j-1) \cdot \zeta(j-d_p)}]$$

(64)

wobei $0 < \lambda_1(j) \leq 1$, $0 \leq \lambda_2(j) < 2$, $\Gamma(0) > 0$.

$$e^*(j) = \frac{D(Z^{-1}) \cdot KACT(j) - \hat{\theta}^T(j-1) \cdot \zeta(j-d_p)}{1 + \zeta^T(j-d_p) \cdot \Gamma(j-1) \cdot \zeta(j-d_p)}$$

(65)

wobei $D(Z^{-1})$ ein asymptotisch stabiles Polynom zum Einstellen der Konvergenz repräsentiert. In der vorliegenden Ausführung ist $D(Z^{-1}) = 1$.

[0317] Es werden verschiedene spezifische Algorithmen, einschließlich dem Algorithmus mit degressiver Verstärkung, dem Algorithmus mit variabler Verstärkung, dem Algorithmus mit fester Nachführung und dem Algorithmus mit Verstärkung in Abhängigkeit davon erhalten, wie $\lambda_1(j)$, $\lambda_2(j)$ in der Gleichung (64) ausgewählt sind. Für eine zeitabhängige Anlage, wie etwa einen Kraftstoffeinspritzprozess, ist ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis oder dgl. des Verbrennungsmotors **1**, sowie einer des Algorithmus mit degressiver Verstärkung, des Algorithmus mit variabler Verstärkung, des Algorithmus mit fester Verstärkung und des Algorithmus mit fester Nachführung, geeignet.

[0318] Unter Verwendung des vom Parametereinsteller **38** etablierten adaptiven Parameters θ Hut (s_0 , r_1 , r_2 , r_3 , b_0) und des vom stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** berechneten Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses KM bestimmt der Stellgrößenrechner **37** die Rückkopplungsstellgröße KSTR gemäß einer Rekursionsformel, die durch die folgende Gleichung (66) ausgedrückt ist:

$$KSTR = \frac{1}{b_0} \cdot [KCMD(j) - s_0 \cdot KACT(j) - r_1 \cdot KSTR(j-1) - r_2 \cdot KSTR(j-2) - r_3 \cdot KSTR(j-3)]$$

(66)

[0319] Der in [Fig. 7](#) gezeigte Stellgrößenrechner **37** repräsentiert ein Blockdiagramm der Berechnungen gemäß der Gleichung (66).

[0320] Die gemäß der Gleichung (66) bestimmte Rückkopplungsstellgröße KSTR wird zu dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD, insofern die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** mit dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD übereinstimmt. Daher wird die Rückkopplungsstellgröße KSTR im Teiler **32** durch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD dividiert, um hierdurch die Rückkopplungsstellgröße kstr zu erhalten, die als der Rückkopplungskorrekturkoeffizient KFB verwendet werden kann.

[0321] Wie aus der vorstehenden Beschreibung ersichtlich, ist der so aufgebaute adaptive Regler **31** ein rekursiver Regler, der dynamische Verhaltensänderungen des Verbrennungsmotors **1** als zu regelndes Objekt berücksichtigt. Anders ausgedrückt, der adaptive Regler **31** ist ein Regler, der in einer rekursiven Form beschrieben wird, um dynamische Verhaltensänderungen des Verbrennungsmotors **1** zu kompensieren, und insbesondere ein Regler mit einem adaptiven Parametereinstellmechanismus vom rekursiven Typ.

[0322] Ein Rekursionsregler dieses Typs kann unter Verwendung eines Optimalreglers aufgebaut werden. In diesem Fall hat er allgemein keinen Parametereinstellmechanismus. Der wie oben beschrieben aufgebaute adaptive Regler **31** ist dazu geeignet, dynamische Verhaltensänderungen des Verbrennungsmotors **1** zu kompensieren.

[0323] Details des adaptiven Reglers **31** sind oben beschrieben worden.

[0324] Der PID-Regler **30**, der zusammen mit dem adaptiven Regler **31** in dem allgemeinen Rückkopplungsregler **28** vorgesehen ist, berechnet einen Proportionalterm (P-Term), einen Integralterm (I-Term) sowie einen derivativen Term (D-Term) aus der Differenz zwischen der Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** und dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD, und berechnet die Gesamtheit dieser Terme als Rückkopplungsstellgröße KLAf, wie im Fall mit dem allgemeinen PID-Regelprozess. In der vorliegenden Ausführung wird die Rückkopplungsstellgröße KLAf auf "1" gesetzt, wenn die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** mit dem

Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD übereinstimmt, indem ein Anfangswert des Integralterms (I-Terms) auf "1" gesetzt wird, sodass die Rückkopplungsstellgröße KLAF als der Rückkopplungskorrekturkoeffizient KFB verwendet werden kann, um die Kraftstoffeinspritzmenge direkt zu korrigieren. Die Verstärkungsfaktoren des Proportionalterms, des Integralterms und des derivativen Terms werden aus der Drehzahl und dem Einlassdruck des Verbrennungsmotors **1** unter Verwendung eines vorbestimmten Kennfelds bestimmt.

[0325] Der Umschalter **33** des allgemeinen Rückkopplungsreglers **38** gibt die vom PID-Regler **30** bestimmte Rückkopplungsstellgröße KLAF als den Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB aus, um die Kraftstoffeinspritzmenge zu korrigieren, wenn die Verbrennung des Verbrennungsmotors **1** zu Unstabilität neigt, wie etwa dann, wenn die Kühlmitteltemperatur des Verbrennungsmotors **1** niedrig ist, der Verbrennungsmotor **1** mit hohen Drehzahl dreht oder der Einlassdruck niedrig ist, oder wenn die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** aufgrund einer Ansprechverzögerung des LAF-Sensors **8** nicht zuverlässig ist, wie etwa dann, wenn sich das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD stark oder plötzlich, nachdem der Luft-Kraftstoff-Verhältnissrückkopplungsregelprozess gestartet wurde, verändert, oder wenn der Verbrennungsmotor **1** hochstabil arbeitet, wie etwa dann, wenn er leerläuft und daher durch den adaptiven Regler **31** kein Regelprozess mit hohem Verstärkungsfaktor erforderlich ist. Anders gesagt, der Umschalter **33** gibt die Rückkopplungsstellgröße kstr aus, die durch Dividieren der vom adaptiven Regler **31** bestimmten Rückkopplungsstellgröße KSTR durch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD erzeugt wird, als den Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB zum Korrigieren der Kraftstoffeinspritzmenge. Dies ist, weil der adaptive Regler **31** einen hochverstärkenden Regelprozess bewirkt und die Funktion hat, die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** schnell zu dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD hin zu konvergieren und wenn die vom adaptiven Regler **31** bestimmte Rückkopplungsstellgröße KSTR verwendet wird, wenn die Verbrennung des Verbrennungsmotors **1** instabil ist, oder die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** nicht zuverlässig ist, dann der Luft-Kraftstoff-Verhältnissregelprozess tendenziell instabil ist.

[0326] Dieser Betrieb des Umschalters **33** ist im Detail in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 8-105345 und dem U.S. Patent Nr. 5,558,075 offenbart und wird nachfolgend im Detail nicht beschrieben.

[0327] Nachfolgend wird der Betrieb des Anlagensteuersystems beschrieben.

[0328] Zuerst wird ein vom Kraftstoffprozesscontroller **12** durchgeführter Prozess der Bestimmung einer Kraftstoffeinspritzmenge für den Verbrennungsmotor **1** in Bezug auf die [Fig. 6](#) und [Fig. 8](#) beschrieben. Der Kraftstoffprozesscontroller **12** berechnet eine Kraftstoffeinspritzmenge in Steuerzyklen synchron mit einer Kurbelwinkelperiode (OT) des Verbrennungsmotors **1**, wie folgt:

Der Kraftstoffprozesscontroller **12** liest Ausgaben von den verschiedenen Sensoren aus, einschließlich Sensoren zum Erfassen der Drehzahl NE und des Einlassdrucks PB des Verbrennungsmotors **1**, den stromab- und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7**, dem LAF-Sensor **8** in SCHRITTa. Hierbei werden die Ausgaben RVO2/OUT, MVO2/OUT der stromaufwärtigen und stromabwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7**, die für den Prozess erforderlich sind, der von den stromabwärtigen und stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollern **10**, **11** ausgeführt werden, und die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** über den Kraftstoffprozesscontroller **12** zu den stromabwärtigen und stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollern **10**, **11** gegeben. Daher werden die gelesenen Daten, einschließlich RVO2/OUT, MVO2/OUT, KACT, einschließlich Daten, die in vergangenen Steuerzyklen enthalten sind, in zeitsequentieller Weise in einem Speicher (nicht gezeigt) abgespeichert.

[0329] Dann korrigiert der Basiskraftstoffeinspritzmengenrechner **24** eine Kraftstoffeinspritzmenge entsprechend der Drehzahl NE und dem Einlassdruck PB des Verbrennungsmotors **1** in Abhängigkeit von der effektiven Öffnungsfläche des Drosselventils, um hierdurch in SCHRITTb eine Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim zu berechnen. Der erste Korrekturkoeffizientenrechner **25** berechnet einen ersten Korrekturkoeffizienten KTOTAL in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur und der Menge, die von dem Behälter gespült wird, in SCHRITTc.

[0330] Der Kraftstoffprozesscontroller **12** entscheidet, ob das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD verwendet werden soll oder nicht, d.h. er bestimmt das EIN/AUS eines Luft-Kraftstoff-Verhältniseinstellprozesses, und setzt einen Wert eines Flags f/prism/on, das das EIN/AUS des Luft-Kraftstoff-Verhältniseinstellprozesses repräsentiert, in SCHRITTD. Wenn der Wert des Flags f/prism/on "0" ist, bedeutet dies, dass das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD nicht verwendet werden soll (AUS), und wenn der Wert des Flags f/prism/on "1" ist, bedeutet dies, dass das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD verwendet werden soll (EIN).

[0331] Die Bestimmungsunterroutine von SCHRITTD ist im Detail in [Fig. 9](#) gezeigt. Wie in [Fig. 9](#) gezeigt, ent-

scheidet der Kraftstoffprozesscontroller **12** in SCHRITTd-1, ob der stromaufwärtige O₂-Sensor **7** aktiviert ist oder nicht, und in SCHRITTd-2, ob der LAF-Sensor **8** aktiviert ist oder nicht. Der Kraftstoffprozesscontroller **12** entscheidet, ob der stromaufwärtige O₂-Sensor **7** aktiviert ist oder nicht, z.B. auf der Basis der Ausgangsspannung des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7**, und entscheidet, auf der Basis des Widerstands einer Sensorvorrichtung davon, ob der LAF-Sensor **8** aktiviert ist oder nicht.

[0332] Wenn weder der stromaufwärtige O₂-Sensor **7** noch der LAF-Sensor **8** aktiviert ist, dann wird in SCHRITTd-10 der Wert des Flags f/prism/on auf "0" gesetzt, da die erfassten Daten von dem stromaufwärtigen O₂-Sensor **7** oder dem LAF-Sensor **8** zur Verwendung durch den Kraftstoffprozesscontroller **12** nicht genau genug sind.

[0333] Dann entscheidet der Kraftstoffprozesscontroller **12** in SCHRIT-d3, ob der Verbrennungsmotor **1** mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Gemisch arbeitet oder nicht. Der Kraftstoffprozesscontroller **12** entscheidet in SCHRITTd-4, ob der Zündzeitpunkt des Verbrennungsmotors **1** für eine frühzeitige Aktivierung der katalytischen Wandler **3, 4** unmittelbar nach dem Start des Verbrennungsmotors **1** verzögert ist oder nicht. Der Kraftstoffprozesscontroller **12** entscheidet in SCHRITTd-5, ob das Drosselventil des Verbrennungsmotors **1** vollständig offen ist oder nicht. Der Kraftstoffprozesscontroller **12** entscheidet in SCHRITTd-6, ob die Kraftstoffzufuhr zu dem Verbrennungsmotor **1** gestoppt ist oder nicht. Wenn eine der Bedingungen dieser Schritte erfüllt ist, dann wird in SCHRITTd-10 der Wert des Flags f/prism/on auf "0" gesetzt, da es nicht bevorzugt ist, die Kraftstoffzufuhr zu dem Verbrennungsmotor **1** unter Verwendung des vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugten Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses KCMD zu steuern.

[0334] Der Kraftstoffprozesscontroller **12** entscheidet dann in SCHRITTd-7 bzw. SCHRITTd-8, ob die Drehzahl NE und der Einlassdruck PB des Verbrennungsmotors **1** in jeweilige gegebene Bereiche fallen oder nicht. Wenn entweder die Drehzahl NE oder der Einlassdruck PB nicht in seinen gegebenen Bereich fällt, dann wird in SCHRITTd-10 der Wert des Flags f/prism/on auf "0" gesetzt, da es nicht bevorzugt ist, die Kraftstoffzufuhr zu dem Verbrennungsmotor **1** unter Verwendung des vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugten Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses KCMD zu steuern.

[0335] Wenn die Bedingungen von SCHRITTd-1, SCHRITTd-2, SCHRITTd-7, SCHRITTd-8 erfüllt sind und die Bedingungen von SCHRITTd-3, SCHRITTd-4, SCHRITTd-5, SCHRITTd-6 nicht erfüllt sind (in diesen Fällen ist der Verbrennungsmotor **1** im normalen Betrieb), dann wird in SCHRITTd-9 der Wert des Flags f/prism/on auf "1" gesetzt, um das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD zur Regelung der Kraftstoffzufuhr zum Verbrennungsmotor **1** zu verwenden.

[0336] In [Fig. 8](#) bestimmt der Kraftstoffprozesscontroller **12** in SCHRITTe den Wert des Flags f/prism/on, nachdem der Wert des Flags f/prism/on gesetzt worden ist. Wenn f/prism/on = 1, dann liest der Kraftstoffprozesscontroller **12** in SCHRITTF das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD aus. Wenn f/prism/on = 0, dann setzt der Kraftstoffprozesscontroller **12** in SCHRITTG das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD auf einen vorbestimmten Wert. Der vorbestimmte Wert, der als das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD etabliert werden soll, wird aus der Drehzahl NE und dem Einlassdruck PB des Verbrennungsmotors **1** z.B. unter Verwendung eines vorbestimmten Kennfelds bestimmt.

[0337] In dem lokalen Rückkopplungsregler **29** berechnen die PID-Regler **35** jeweilige Rückkopplungskorrekturkoeffizienten #nKLAF, um Schwankungen zwischen den Zylindern zu eliminieren, auf der Basis von Ist-Luft-Kraftstoff-Verhältnissen #nA/F der jeweiligen Zylinder, die aus der Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** durch den Beobachter **34** geschätzt worden sind, in SCHRITTh. Dann berechnet der allgemeine Rückkopplungsregler **28** in SCHRITTh einen Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB.

[0338] In Abhängigkeit von den Betriebszuständen des Verbrennungsmotors **1** wählt der Umschalter **33** entweder die vom PID-Regler **30** bestimmte Rückkopplungsstellgröße KLAF oder die Rückkopplungsstellgröße kstr, die durch Dividieren der vom adaptiven Regler **31** bestimmten Rückkopplungsstellgröße KSTR durch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD erzeugt worden ist (normalerweise wählt der Umschalter **33** die Rückkopplungsstellgröße kstr). Der Umschalter **33** gibt dann die gewählte Rückkopplungsstellgröße KLAF oder kstr als Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB aus.

[0339] Beim Umschalten des Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB von der Rückkopplungsstellgröße KLAF vom PID-Regler **30** zur Rückkopplungsstellgröße kstr von dem adaptiven Regler **31** bestimmt der adaptive Regler **31** eine Rückkopplungsstellgröße KSTR in einer Weise, um den Korrekturkoeffizienten KFB auf dem vorangehenden Korrekturkoeffizienten KFB (= KLAF) so lange wie in der Zykluszeit für das Umschalten

zu halten, um eine abrupte Änderung des Korrekturkoeffizienten KFB zu vermeiden. Beim Umschalten des Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB von der Rückkopplungsstellgröße kstr von dem adaptiven Regler **31** zu der Rückkopplungsstellgröße KLAf von dem PID-Regler **30** berechnet der PID-Regler **30** einen gegenwärtigen Korrekturkoeffizienten KLAf derart, dass die durch sich selbst bestimmte Rückkopplungsstellgröße KLAf in der vorangehenden Zykluszeit als der vorangehende Korrekturkoeffizient KFB (= kstr) berücksichtigt wird.

[0340] Nachdem der Rückkopplungskorrekturkoeffizient KFB berechnet worden ist, berechnet der zweite Korrekturkoeffizientenrechner **12** in SCHRITT] einen zweiten Korrekturkoeffizienten KCMDM in Abhängigkeit von in SCHRITTf oder SCHRITTg bestimmten Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnissen KCMD.

[0341] Dann multipliziert der Kraftstoffprozesscontroller **12** die Basiskraftstoffeinspritzmenge Tim, die wie oben beschrieben bestimmt ist, mit dem ersten Korrekturkoeffizienten KTOTAL, dem zweiten Korrekturkoeffizienten KCMDM, dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten KFB und dem Rückkopplungskorrekturkoeffizienten #nKLAf der jeweiligen Zylinder, unter Bestimmung der Ausgabe der Kraftstoffeinspritzmengen #nTout der jeweiligen Zylinder in SCHRITTk. Die Ausgabekraftstoffeinspritzmengen #nTout werden dann auf akkumulierte Kraftstoffpartikel an den Einlassrohrwänden des Verbrennungsmotors **1** durch die Kraftstoffakkumulationskorrektoren **36** in SCHRITTM korrigiert. Die korrigierten Ausgabekraftstoffeinspritzmengen #nTout werden in SCHRITTN den nicht dargestellten Kraftstoffeinspritzdüsen des Verbrennungsmotors **1** zugeführt.

[0342] In den Verbrennungsmotor **1** spritzen die Kraftstoffeinspritzdüsen den Kraftstoff in die jeweiligen Zylinder gemäß den jeweiligen Ausgabekraftstoffeinspritzmengen #nTout ein.

[0343] Die obige Berechnung der Ausgabekraftstoffeinspritzmengen #nTout und der Kraftstoffeinspritzung des Verbrennungsmotors **1** werden in sukzessiven Zyklen synchron mit der Kurbelwinkelperiode (OT) des Verbrennungsmotors **1** ausgeführt, um das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** zu regeln, um die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** (das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis) zu dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD hin zu konvergieren. Während die Rückkopplungsstellgröße kstr von dem adaptiven Regler **31** als der Rückkopplungskorrekturkoeffizient KFB verwendet wird, wird die Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8** schnell zu dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD hin mit hoher Stabilität gegenüber Verhaltensänderungen konvergiert, wie etwa Änderungen in den Betriebszuständen des Verbrennungsmotors **1** oder Eigenschaftsänderungen davon. Eine Ansprechverzögerung des Verbrennungsmotors **1** wird ebenfalls geeignet kompensiert.

[0344] Gleichzeitig mit der obigen Kraftstoffsteuerung für den Verbrennungsmotor **1**, d.h. der obigen Einstellung und Steuerung der Kraftstoffeinspritzmenge, führen der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** und der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** jeweilige Haupttroutinen aus, die in [Fig. 10](#) und [Fig. 15](#) gezeigt sind, in Steuerzyklen einer Dauer, die miteinander synchronisiert sind.

[0345] Nachfolgend wird zuerst der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** beschrieben.

[0346] Wie in [Fig. 10](#) gezeigt, entscheidet der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** in SCHRITT1, ob sein eigener Prozess (der Prozess des Identifizierers **15**, des Schätzers **16** und des Gleitmodusreglers **17**) ausgeführt werden soll oder nicht, und setzt einen Wert eines Flags f/rcal, das anzeigt, ob der Prozess ausgeführt werden soll oder nicht. Wenn der Wert des Flags f/rcal "0" ist, bedeutet dies, dass der Prozess des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** nicht ausgeführt wird, und wenn der Wert des Flags f/rcal "1" ist, bedeutet dies, dass der Prozess des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** ausgeführt werden soll.

[0347] Die Bestimmungsunterroutine in SCHRITT1 ist im Detail in [Fig. 11](#) gezeigt. Wie in [Fig. 11](#) gezeigt, entscheidet der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** in SCHRITT1-1, ob der stromabwärtige O₂-Sensor **6** aktiviert ist oder nicht, und in SCHRITT1-2, ob der stromaufwärtige O₂-Sensor **7** aktiviert ist oder nicht. Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** entscheidet, ob die stromabwärtigen und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** aktiviert sind oder nicht, auf der Basis der Ausgangsspannungen dieser Sensoren **6**, **7**.

[0348] Wenn keiner der stromabwärtigen und stromaufwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** aktiviert ist, dann wird in SCHRITT1-6 der Wert des Flags f/rcal auf "0" gesetzt, da die Ausgabedaten (erfassten Daten) von den stromaufwärtigen und stromabwärtigen O₂-Sensoren **6**, **7** zur Verwendung durch den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** nicht genau genug sind. Dann wird, um den Identifizierer **15** zu initialisieren, wie später beschrieben, der Wert eines Flags f/idr/reset, das angibt, ob der Identifizierer **15** initialisiert werden soll oder nicht, in SCHRITT1-7 auf "1" gesetzt. Wenn der Wert des Flags f/idr/reset "1" ist, bedeutet dies, dass der Identifizierer **15** initialisiert werden soll, und wenn der Wert des Flags f/idr/reset "0" ist, bedeutet dies, dass der Iden-

tifiziert nicht initialisiert werden soll.

[0349] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** entscheidet in SCHRITT1-3, ob der Verbrennungsmotor **1** mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Gemisch arbeitet oder nicht. Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** entscheidet in SCHRITT1-4, ob der Zündzeitpunkt des Verbrennungsmotors **1** zur frühzeitigen Aktivierung der katalytischen Wandler **3, 4** unmittelbar nach dem Start des Verbrennungsmotors **1** verzögert ist oder nicht. Wenn die Bedingungen dieser Schritte erfüllt sind, dann wird in SCHRITT1-6 der Wert des Flags $f/rcal$ auf "0" gesetzt, da das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$, das zum Einstellen der Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ berechnet ist, für die Kraftstoffsteuerung für den Verbrennungsmotor **1** nicht verwendet wird, und wird in SCHRITT1-7 der Wert des Flags $f/idr/reset$ auf "1" gesetzt, um den Identifizierer **15** zu initialisieren.

[0350] Wenn die Bedingungen von SCHRITT1-1, SCHRITT1-2 erfüllt sind und die Bedingungen von SCHRITT1-3, SCHRITT1-4 nicht erfüllt sind, dann wird in SCHRITT1-5 der Wert des Flags $f/rcal$ auf "1" gesetzt, um die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ zu dem stromaufwärtigen O_2 -Sensor **7** zu erzeugen, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren.

[0351] In [Fig. 10](#) entscheidet der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** in SCHRITT2, nach der obigen Bestimmungsunterroutine, ob ein Prozess zum Identifizieren (Aktualisieren) der Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ mit dem Identifizierer **15** ausgeführt werden soll oder nicht, und setzt einen Wert eines Flags $f/idr/cal$, das anzeigt, ob der Prozess zum Identifizieren (Aktualisieren) der Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ ausgeführt werden soll oder nicht. Wenn der Wert des Flags $f/idr/cal$ "0" ist, bedeutet dies, dass der Prozess zum Identifizieren (Aktualisieren) der Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ nicht ausgeführt werden soll, und wenn der Wert des Flags $f/idr/cal$ "1" ist, bedeutet dies, dass der Prozess zum Identifizieren (Aktualisieren) der Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ ausgeführt werden soll.

[0352] Die Entscheidungsunterroutine von SCHRITT2 wird wie folgt ausgeführt: Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** entscheidet, ob das Drosselventil des Verbrennungsmotors **1** vollständig offen ist oder nicht und entscheidet auch, ob die Kraftstoffzufuhr zu dem Verbrennungsmotor **1** gestoppt wird oder nicht. Wenn eine dieser Bedingungen erfüllt ist, dann wird der Wert des Flags $f/idr/cal$ auf "0" gesetzt, da es dann unmöglich ist, die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ geeignet einzustellen. Wenn keine dieser Bedingungen erfüllt ist, dann wird der Wert des Flags $f/idr/cal$ auf "1" gesetzt, um die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ mit dem Identifizierer **15** zu identifizieren (zu aktualisieren).

[0353] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** berechnet die letzte Differenzausgabe $RVO2(k)$ (= $RVO2/OUT - RVO2/TARGET$) des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** und die letzte Differenzausgabe $MVO2(k)$ (= $MVO2/OUT - MVO2/BASE$) des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** jeweils mit den Subtrahierern **13, 14** in SCHRITT3. Insbesondere wählen die Subtrahierer **13, 14** die letzten der Zeitseriendaten der Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** und der Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, die im in [Fig. 8](#) gezeigten SCHRITTa gelesen und im nicht dargestellten Speicher gespeichert worden sind, und berechnet die Differenzausgaben $RVO2(k)$, $MVO2(k)$. Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** speichert die Differenzausgaben $RVO2(k)$, $MVO2(k)$ sowie Daten, die in der Vergangenheit berechnet worden sind, in zeitserieller Weise in dem nicht dargestellten Speicher.

[0354] Dann bestimmt in SCHRITT4 der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** den in SCHRITT1 gesetzten Wert des Flags $f/rcal$. Wenn der Wert des Flags $f/rcal$ "0" ist, d.h. wenn der Prozess des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** nicht ausgeführt werden soll, dann setzt in SCHRITT12 der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$, die ein Sollwert für die Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** ist, in dem gegenwärtigen Steuerzyklus zwangsweise auf "0". Dann wird der Prozess in dem gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0355] Wenn in SCHRITT4 der Wert des Flags $f/rcal$ "1" ist, d.h. wenn der Prozess des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** ausgeführt werden soll, dann bewirkt der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** in SCHRITT5 den Prozess des Identifizierers **15**.

[0356] Die Prozessunterroutine von SCHRITT5 ist in [Fig. 12](#) im Detail gezeigt.

[0357] Der Identifizierer **15** bestimmt in SCHRITT5-1 den Wert des in SCHRITT2 gesetzten Flags $f/idr/cal$. Wenn der Wert des Flags $f/idr/cal$ "0" ist, d.h. wenn das Drosselventil des Verbrennungsmotors **1** vollständig offen ist oder die Kraftstoffzufuhr zu dem Verbrennungsmotor **1** gestoppt wird, dann geht die Steuerung direkt

zur in [Fig. 10](#) gezeigten Hauptroutine zurück, da der Prozess der Identifizierung der Verstärkungskoeffizienten ar_1 , ar_2 , br_1 mit dem Identifizierer **15** nicht ausgeführt wird.

[0358] Wenn der Wert des Flags $f/idr/cal$ "1" ist, dann bestimmt der Identifizierer **15** in SCHRITT5-2 den in SCHRITT1 gesetzten Wert des Flags $f/idr/reset$ in Bezug auf die Initialisierung des Identifizierers **15**. Wenn der Wert des Flags $f/idr/reset$ "1" ist, wird in SCHRITT5-3 der Identifizierer **15** initialisiert. Wenn der Identifizierer **15** initialisiert ist, werden die identifizierten Verstärkungskoeffizienten ar_1 Hut, ar_2 Hut, br_1 Hut auf vorbestimmte Anfangswerte gesetzt (der identifizierte Verstärkungskoeffizientenvektor Θ_r gemäß der Gleichung (3) wird initialisiert) und die Elemente der Matrix Pr (Diagonalmatrix) gemäß der Gleichung (19) werden auf vorbestimmte Anfangswerte gesetzt. Der Wert des Flags $f/idr/reset$ wird auf "0" rückgesetzt.

[0359] Dann berechnet der Identifizierer **15** in SCHRITT5-4 die identifizierte Differenzausgabe $RVO2(k)$ Hut aus dem Modell des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 (siehe Gleichung (2), das unter Verwendung der gegenwärtigen identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar_1(k-1)$ Hut, $ar_2(k-1)$ Hut, $br_1(k-1)$ Hut ausgedrückt wird (den im vorangehenden Steuerzyklus bestimmten Verstärkungskoeffizienten). Insbesondere berechnet der Identifizierer **15** die identifizierte Differenzausgabe $RVO2(k)$ Hut gemäß der Gleichung (2) unter Verwendung der vergangenen Daten $RVO2(k-1)$, $RVO2(k-2)$ der Differenzausgabe $RVO2$ und der vergangenen Daten $MVO2(k-dr-1)$ der Differenzausgabe $MVO2$, die in jedem Steuerzyklus in SCHRITT3 berechnet worden sind, sowie der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar_1(k-1)$ Hut, $ar_2(k-1)$ Hut, $br_1(k-1)$ Hut.

[0360] Dann berechnet der Identifizierer **15** in SCHRITT5-5 den Vektor $K\theta_r(k)$, der bei der Bestimmung der neuen identifizierten Verstärkungskoeffizienten ar_1 Hut, ar_2 Hut, br_1 Hut zu verwenden sind, gemäß der Gleichung (8). Danach berechnet der Identifizierer **15** in SCHRITT5-6 den identifizierten Fehler $id/er(k)$ (siehe Gleichung (6)).

[0361] Der in SCHRITT5-6 erhaltene identifizierte Fehler $id/er(k)$ kann grundlegend gemäß der Gleichung (6) berechnet werden. In der vorliegenden Ausführung wird jedoch ein Wert ($= RVO2 - RVO2$ Hut), der gemäß der Gleichung (6) aus der in jedem Steuerzyklus in SCHRITT3 berechneten Differenzausgabe $RVO2$ (siehe [Fig. 10](#)) und der in jedem Steuerzyklus in SCHRITT5-4 berechneten identifizierten Differenzausgabe $RVO2$ berechnet ist, mit vorbestimmten Frequenzpasscharakteristiken (insbesondere Tiefpasscharakteristiken) gefiltert, um den identifizierten Fehler $id/er(k)$ zu berechnen.

[0362] Die obige Filterung wird aus den folgenden Gründen ausgeführt: Die Frequenzcharakteristiken von Änderungen in der Ausgabe des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 (der Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6**) in Bezug auf Änderungen in der Eingabe des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 (der Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**) haben allgemein einen hohen Verstärkungsfaktor bei niedrigen Frequenzen, aufgrund des Effekts des zweiten katalytischen Wandlers **4**, der in dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 enthalten ist. Daher ist es bevorzugt, dem niederfrequenten Verhalten des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 besondere Aufmerksamkeit zu schenken, um die Verstärkungskoeffizienten ar_1 , ar_2 , br_1 des Modells des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 in Abhängigkeit vom tatsächlichen Verhalten des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 richtig zu identifizieren. Gemäß der vorliegenden Ausführung wird daher der identifizierte Fehler $id/er(k)$ bestimmt, indem der Wert ($= RVO2 - RVO2$ Hut), der gemäß der Gleichung (6) erhalten wurde, mit Tiefpasscharakteristiken zu filtern.

[0363] Sowohl die Differenzausgabe $RVO2$ als auch die identifizierte Differenzausgabe $RVO2$ Hut können mit den gleichen Frequenzpasscharakteristiken gefiltert werden. Z.B. kann, nachdem die Differenzausgabe $RVO2$ und die identifizierte Differenzausgabe $RVO2$ Hut separat gefiltert worden sind, die Gleichung (6) berechnet werden, um den identifizierten Fehler id/er zu bestimmen. Die obere Filterung wird durch einen gleitenden Aufmittelungsprozess durchgeführt, der ein digitaler Filterprozess ist.

[0364] Nachdem der Identifizierer **15** den identifizierten Fehler $id/er(k)$ bestimmt hat, berechnet der Identifizierer **15** in SCHRITT5-7 einen neuen identifizierten Verstärkungskoeffizientenvektor $\Theta_r(k)$, d.h. neu identifizierte Verstärkungskoeffizienten $ar_1(k)$ Hut, $ar_2(k)$ Hut, $br_1(k)$ Hut, gemäß der Gleichung (7) unter Verwendung des in SCHRITT5-5 berechneten identifizierten Fehlers $id/er(k)$ und $K\theta_r(k)$.

[0365] Nachdem die neu identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar_1(k)$ Hut, $ar_2(k)$ Hut, $br_1(k)$ Hut berechnet worden sind, begrenzt der Identifizierer **15** in SCHRITT5-8 die Werte der Verstärkungskoeffizienten ar_1 Hut, ar_2 Hut, br_1 Hut, um vorbestimmte Bedingungen zu erfüllen. Der Identifizierer **15** aktualisiert in SCHRITT5-9 die Matrix $Pr(k)$ gemäß der Gleichung (9) zur Bearbeitung eines nächsten Steuerzyklus, wonach die Steuerung zur in [Fig. 10](#) gezeigten Hauptroutine zurückkehrt.

[0366] Der Prozess der Begrenzung der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut in SCHRITT5-8 umfasst einen Prozess zur Begrenzung der Kombination der Werte der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut auf eine bestimmte Kombination, d.h. einen Prozess der Begrenzung eines Punkts ($ar1$ Hut, $ar2$ Hut) auf einen vorbestimmten Bereich auf einer Koordinatenebene, die als ihre Komponenten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut hat, und einen Prozess der Begrenzung des Werts der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $br1$ Hut auf einen vorbestimmten Bereich. Wenn gemäß dem ersten Prozess der Punkt ($ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut) auf der Koordinatenebene, der durch die in SCHRITT5-7 berechneten identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut bestimmt ist, von dem vorbestimmten Bereich auf der Koordinatenebene abweicht, dann werden die Werte der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut zwangsweise auf die Werte eines Punkts in dem vorbestimmten Bereich begrenzt. Wenn gemäß dem letzteren Prozess der in SCHRITT5-7 berechnete Wert des identifizierten Verstärkungskoeffizienten $br1$ Hut die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten Bereichs überschreitet, dann wird der Wert des identifizierten Verstärkungskoeffizienten $br1$ Hut zwangsweise auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten Bereichs begrenzt.

[0367] Der obige Begrenzungsprozess der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut dient dazu, die Solldifferenzausgabe MO2CMD stabil zu halten, die von dem Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** erzeugt wird.

[0368] Spezifische Details des Begrenzungsprozesses der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut sind in der japanischen Patentoffenlegungsschrift Nr. 11-153051 und der U.S. Patentanmeldung Nr. 09/153300 offenbart und werden daher nachfolgend nicht beschrieben.

[0369] Oben ist die Prozessroutine von SCHRITT5 für den Identifizierer **15** beschrieben worden.

[0370] In SCHRITT10 bestimmt der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** in SCHRITTE die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$, nachdem der Prozess des Identifizierers **15** ausgeführt werden ist.

[0371] Insbesondere wenn der Wert des in SCHRITT2 etablierten Flags $f/idr/cal$ "1" ist, d.h. wenn die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ durch den Identifizierer identifiziert worden sind, dann werden die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ auf die jeweiligen identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut, $br1(k)$ Hut (in SCHRITT5-8) begrenzt, die von dem Identifizierer **15** in SCHRITT5 bestimmt worden sind, gesetzt. Wenn $f/idr/cal = 0$, d.h. wenn die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ von dem Identifizierer **15** nicht identifiziert worden sind, dann werden die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ auf jeweilige vorbestimmte Werte gesetzt. Die vorbestimmten Werte, auf die die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ gesetzt werden sollen, wenn $f/idr/cal = 0$, d.h. wenn das Drosselventil des Verbrennungsmotors **1** vollständig offen ist oder wenn die Kraftstoffzufuhr des Verbrennungsmotors **1** gestoppt worden ist, können vorbestimmte Festwerte sein. Wenn jedoch der Zustand, in dem $f/idr/cal = 0$, vorübergehend ist, d.h. wenn der vom Identifizierer **15** ausgeführte Identifizierungsprozess vorübergehend unterbrochen wird, dann können die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ auf die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1$ Hut, $ar2$ Hut, $br1$ Hut gesetzt werden, die durch den Identifizierer **15** bestimmt worden sind, unmittelbar bevor das Flag $f/idr/cal$ 0 wird.

[0372] Dann bewirkt der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** eine Prozessoperation des Schätzers **16** in der in [Fig. 10](#) gezeigten Hauptroutine, d.h. er berechnet die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken, die ein Schätzwert für die Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen Sensors **6** ist, nach der Gesamtzeit dr ab dem gegenwärtigen Steuerzyklus, sowie die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken, die ein zeitweiliger Schätzwert für die Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** in einem Steuerzyklus zuvor ist, in SCHRITT7.

[0373] Insbesondere berechnet der Schätzer **16** die Koeffizienten $ar1$, $ar2$, $\beta_r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$), die in der Gleichung (12) zu verwenden sind, sowie die Koeffizienten $ar1p$, $ar2p$, $\beta_{rp}(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr+1$), die in der Gleichung (51) zu verwenden sind, unter Verwendung der in SCHRITTE bestimmten Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ (diese Werte sind grundlegend die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$ Hut, $ar2(k)$ Hut, $br1(k)$ Hut, die im in [Fig. 12](#) gezeigten SCHRITT5-8 begrenzt worden sind) gemäß den Definitionen in den Gleichungen (11), (51).

[0374] Da $\beta_r(j) = \beta_{rp}(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$), brauchen die Koeffizienten $\beta_r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) nicht einzeln berechnet werden, da sie automatisch berechnet werden, sobald die Koeffizienten $\beta_{rp}(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) berechnet werden.

[0375] Dann berechnet der Schätzer **16** die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken (den Schätz-

wert der Differenzausgabe RVO2 nach der Gesamtzeit dr ab der Zeit des gegenwärtigen Steuerzyklus) gemäß der Gleichung (12) unter Verwendung zweier Zeitseriendaten $RVO2(k)$, $RVO2(k-1)$ und den $(dr+1)$ Zeitseriendaten $MVO2(k)$, $MVO2(k-1)$, ..., $MVO2(k-dr+1)$ seit vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus der Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** und der Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, die in jedem Steuerzyklus im in [Fig. 10](#) gezeigten SCHRITT3 berechnet werden, der (in SCHRITT12 oder SCHRITT11 vor dem vorangehenden Steuerzyklus erhaltenen) $(dr-1)$ Zeitseriendaten $MO2CMD(k-1)$, ..., $MO2CMD(k-dr+1)$ der Solldifferenzausgabe MO2CMD, die in den vergangenen Steuerzyklen durch den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** bestimmt sind, sowie der Koeffizienten α_1 , α_2 , $\beta_r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$), die wie oben beschrieben berechnet sind.

[0376] Ähnlich berechnet der Schätzer **16** die zeitweilig geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken (den zeitweilig geschätzten Wert der Differenzausgabe RVO2 nach Ablauf einer Zeit, die um einen Zyklus länger ist als die Gesamtzeit dr , ab der Zeit des gegenwärtigen Steuerzyklus) gemäß der Gleichung (15) unter Verwendung der Zeitseriendaten $RVO2(k)$, $RVO2(k-1)$ und $MVO2(k)$, $MVO2(k-1)$, ..., $MVO2(k-dr+1)$, $MVO2(k-dr-1)$ der jeweiligen Differenzausgaben RVO2, MVO2 vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus, der Zeitseriendaten $MO2CMD(k-1)$, ..., $MO2CMD(k-dr+1)$ der Solldifferenzausgabe MO2CMD in dem vergangenen Steuerzyklus, sowie der Koeffizienten α_{1p} , α_{2p} , $\beta_{rp}(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr+1$), die wie oben beschrieben berechnet sind.

[0377] Die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken und die zeitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken, die wie oben beschrieben berechnet worden sind, werden auf einen vorbestimmten zulässigen Bereich begrenzt, um zu verhindern, dass ihre Werte zu groß oder zu klein werden. Wenn deren Werte die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreiten, werden sie zwangsweise auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs gesetzt. Auf diese Weise werden schließlich die Werte der geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken und der zeitweiligen geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken bestimmt. Gewöhnlich werden jedoch die Werte, die jeweils gemäß den Gleichungen (12), (51) berechnet sind, jeweils zu der geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken und der zeitweilig geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken.

[0378] Nachdem der Schätzer **16** die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken und die zeitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken für den stromabwärtigen O_2 -Sensor **6** bestimmt hat, berechnet der Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$, die ein Sollwert für die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** in dem gegenwärtigen Steuerzyklus ist, sowie die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$, die ein zeitweiliger Sollwert in einem Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus ist, in SCHRITT8.

[0379] Die Berechnungsunterroutine von SCHRITT8 ist im Detail in [Fig. 13](#) gezeigt.

[0380] Wie in [Fig. 13](#) gezeigt, berechnet der Gleitmodusregler **17** einen Wert $\sigma_1(k+dr)$ Balken (entsprechend einem Schätzwert nach der Gesamtzeit dr der Umschaltfunktion σ_1 , definiert gemäß Gleichung (13)) der Umschaltfunktion σ_1 , die gemäß der Gleichung (23) definiert ist, nach der Gesamtzeit dr auf den gegenwärtigen Steuerzyklus sowie einen Wert $\sigma_1(k+dr+1)$ Balken (entsprechend einem Schätzwert nach der Zeit von $(dr+1)$ Steuerzyklen der Umschaltfunktion σ_1) der Umschaltfunktion σ_1 Balken in einem Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus in SCHRITT8-1.

[0381] Hierbei wird der Wert der Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr)$ Balken gemäß der Gleichung (23) berechnet, unter Verwendung des gegenwärtigen Werts $RVO2(k+dr)$ Balken und des vorangehenden Werts $RVO2(k+dr-1)$ Balken (genauer gesagt, ihrer begrenzten Werte) der geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken, die gemäß der Gleichung (12) durch den Schätzer **16** in SCHRITT7 bestimmte wurde.

[0382] Der Wert der Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr+1)$ Balken wird gemäß der Gleichung (23) berechnet, unter Verwendung des gegenwärtigen Werts $RVO2(k+dr+1)$ Balken der zeitweiligen geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken, die gemäß der Gleichung (51) durch den Schätzer **16** in SCHRITT7 bestimmt ist, und des gegenwärtigen Werts $RVO2(k+dr)$ Balken der geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken, die gemäß der Gleichung (12) bestimmt ist.

[0383] Wenn die Umschaltfunktion σ_1 , ob sie nun die Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr)$ Balken oder die Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr+1)$ Balken ist, zu groß ist, dann ist der Wert der Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch$, der in Abhängigkeit vom Wert der Umschaltfunktion σ_1 bestimmt wird, tendenziell zu groß und die adaptive Regelvorschrifteingabe $U1adp$ ändert sich tendenziell abrupt, was die Solldifferenzausgabe MO2CMD ungeeignet

macht, die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** stabil auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren. Gemäß der vorliegenden Ausführung wird daher der Wert der Umschaltfunktion σ_1 so bestimmt, dass er in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt, und wenn der Wert von σ_1 Balken, der gemäß der Gleichung (23) bestimmt ist, die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreitet, dann wird der Wert von σ_1 Balken zwangsweise auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs gesetzt.

[0384] Dann addiert der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT8-2 akkumulativ das Produkt $\sigma_1(k+dr)$ Balken $\cdot \Delta T$ des Werts der Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr)$ Balken, der in jedem Steuerzyklus berechnet wird, und der Dauer ΔT (Konstantendauer) der Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10**, d.h. addiert das Produkt $\sigma_1(k+dr)$ Balken $\cdot \Delta T$ des im gegenwärtigen Steuerzyklus berechneten $\sigma_1(k+dr)$ Balken und der Dauer ΔT im vorangehenden Steuerzyklus bestimmten Summe, um hierdurch einen Integralwert (nachfolgend als "Integralwert Sg1(k+dr)" bezeichnet) des σ_1 Balken zu berechnen, der das berechnete Ergebnis des Terms $\Sigma(\sigma_1 \text{ Balken} \cdot \Delta T)$ in Gleichung (25) ist. Danach addiert der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT8-3 die Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr+1)$ Balken, die wie oben beschrieben in dem gegenwärtigen Steuerzyklus berechnet ist, zu dem Integralwert Sg1(k+dr), um hierdurch einen Integralwert (nachfolgend als "Integralwert Sg1(k+dr+1)" bezeichnet) des σ_1 Balken zu berechnen, der das berechnete Ergebnis des Terms $\Sigma(\sigma_1 \text{ Balken} \cdot \Delta T)$ ist, in Gleichung (54).

[0385] Um zu verhindern, dass die adaptive Regelvorschrifteingabe U1adp, die in Abhängigkeit von entweder dem Integralwert Sg1(k+dr) oder/und dem Integralwert Sg1(k+dr+1) bestimmt ist, zu groß wird, wird der Integralwert Sg1 so bestimmt, dass er in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt. Wenn der durch die obige akkumulative Addition bestimmte Integralwert Sg1 die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreitet, dann wird der Integralwert Sg1 zwangsweise auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs gesetzt.

[0386] Die Integralwerte Sg1(k+dr), Sg1(k+dr+1) bleiben auf den gegenwärtigen Werten (den in dem vorangehenden Steuerzyklus bestimmten Werten), wenn das in SCHRITTd in [Fig. 8](#) bestimmte Flag f/prism/on "0" ist, d.h. wenn das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoffverhältnis KCMD von dem Kraftstoffprozesscontroller **12** nicht benutzt wird.

[0387] Dann berechnet der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT8-4 die äquivalente Regeleingabe U1eq(k), die Reachingregelvorschrifteingabe U1rch(k) und die adaptive Regelvorschrifteingabe U1adp(k) entsprechend dem gegenwärtigen Steuerzyklus gemäß den Gleichungen (22), (24), (25) unter Verwendung des gegenwärtigen Werts RVO2(k+dr) Balken und des vorangehenden Werts RVO2(k+dr-1) Balken der geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken, die gemäß Gleichung (12) durch den Schätzer **16** in SCHRITT7 bestimmt ist, der Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr)$ Balken und des Integralwerts Sg1(k+dr), die jeweils in SCHRITT8-1, SCHRITT8-2 in dem gegenwärtigen Steuerzyklus bestimmt worden sind, sowie der Verstärkungskoeffizienten ar1, ar2, br1, die in SCHRITT6 bestimmt worden sind (diese Werte sind grundlegend die identifizierten Verstärkungskoeffizienten ar1(k) Hut, ar2(k) Hut, br1 Hut, die durch den Identifizierer **15** in SCHRITT5 im gegenwärtigen Steuerzyklus bestimmt werden).

[0388] Der Gleitmodusregler **17** berechnet in SCHRITT8-5 die äquivalente Regeleingabe U1eq(k+1), der Reachingregelvorschrifteingabe U1rch(k+1) sowie die adaptive Regelvorschrifteingabe U1adp(k+1) in einem Steuerzyklus vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus gemäß den jeweiligen Gleichungen (52), (53), (54) unter Verwendung des gegenwärtigen Werts RVO2(k+dr+1) Balken der zweitweltigen geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken, die gemäß der Gleichung (51) durch den Schätzer **16** in SCHRITT7 bestimmt ist, des gegenwärtigen Werts RVO2(k+dr) Balken der geschätzten Differenzausgabe RVO2 Balken, die gemäß der Gleichung (12) bestimmt ist, der Umschaltfunktion $\sigma_1(k+dr+1)$ Balken und des Integralwerts Sg1(k+dr+1), die jeweils in SCHRITT8-1, SCHRITT8-3 in dem gegenwärtigen Steuerzyklus bestimmt worden sind, sowie der Verstärkungskoeffizienten ar1, ar2, br1, die in SCHRITTE bestimmt sind.

[0389] Der Gleitmodusregler **17** addiert in SCHRITT8-6 die äquivalente Regeleingabe U1eq(k), die Reachingregelvorschrifteingabe U1rch(k) und die adaptive Regelvorschrifteingabe U1adp(k), die in SCHRITT8-4 bestimmt sind, gemäß der Gleichung (15), um hierdurch eine Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) im gegenwärtigen Steuerzyklus zu berechnen, d.h. eine Regeleingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren.

[0390] Ähnlich addiert der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT8-7 die äquivalente Regeleingabe U1eq(k+1), die Reachingregelvorschrifteingabe U1rch(k+1) und die adaptive Regelvorschrifteingabe U1adp(k+1), die in

SCHRITT8-5 bestimmt sind, gemäß der Gleichung (55), um hierdurch eine zeitweilige Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1) zu berechnen, die die zeitweilige Solldifferenzausgabe MO2CMD im nächsten Steuerzyklus ist.

[0391] Details der Prozesssequenz des Gleitmodusreglers **17** in SCHRITT8 sind oben beschrieben.

[0392] In [Fig. 10](#) führt der Gleitmodusregler **17** einen Prozess zur Bestimmung der Stabilität des vom Gleitmodusregler **17** ausgeführten Gleitmodusregelprozesses aus, insbesondere der Stabilität eines Regelzustands (nachfolgend als "RSLD-Regelzustand" bezeichnet) der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf der Basis des adaptiven Gleitmodusregelprozesses, und setzt in SCHRITT9 einen Wert eines Flags f/rstb, das anzeigt, ob der RSLD-Regelzustand stabil ist oder nicht.

[0393] Der Prozess der Bestimmung der Stabilität des adaptiven Gleitmodusregelprozesses wird gemäß einem in [Fig. 14](#) gezeigten Flussdiagramm ausgeführt.

[0394] Wie in [Fig. 14](#) gezeigt, berechnet der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT9-1 eine Differenz $\Delta\sigma$ 1 Balken (entsprechend einer Änderungsrate der Umschaltfunktion σ 1 Balken zwischen dem gegenwärtigen Wert $\sigma(k+dr)$ Balken und dem vorangehenden Wert $\sigma(k+dr-1)$ Balken der in SCHRITT8-1 berechneten Umschaltfunktion σ 1 Balken).

[0395] Dann bestimmt der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT9-2, ob ein Produkt $\Delta\sigma$ 1 Balken $\cdot \sigma(k+dr)$ Balken (entsprechend dem zeitdifferenzierten Wert einer Lyapunov-Funktion σ Balken 2/2 in Bezug auf σ Balken) der Differenz $\Delta\sigma$ 1 Balken und des gegenwärtigen Werts $\sigma(k+dr)$ Balken der Umschaltfunktion σ 1 Balken gleich oder kleiner als ein vorbestimmter Wert $\varepsilon 1$ (> 0) ist oder nicht.

[0396] Das Produkt $\Delta\sigma$ 1 Balken $\cdot \sigma(k+dr)$ Balken (nachfolgend als "Stabilitätsbestimmungsparameter Prstb bezeichnet) wird nachfolgend beschrieben. Wenn der Stabilitätsbestimmungsparameter Prstb > 0 ist, ändert sich der Wert der Umschaltfunktion σ Balken grundlegend von "0" weg. Wenn der Stabilitätsbestimmungsparameter Prstb ≤ 0 ist, wird der Wert der Umschaltfunktion σ Balken grundlegend auf "0" konvergiert, um in dem Gleitmodusregelprozess die Regelgröße stabil auf den Sollwert zu konvergieren, ist es allgemein notwendig, dass der Wert der Umschaltfunktion stabil auf "0" konvergiert wird. Daher kann bestimmt werden, ob der RSLD-Regelzustand stabil oder instabil ist, in Abhängigkeit davon, ob der Wert des Stabilitätsbestimmungsparameters Prstb gleich oder kleiner als "0" ist oder nicht.

[0397] Wenn jedoch die Stabilität des RSLD-Regelzustands durch Vergleich des Werts des Stabilitätsbestimmungsparameters Prstb mit "0" bewertet wird, dann wird die Bestimmungsstabilität nur beeinflusst, wenn die Umschaltfunktion σ 1 Balken leichtes Rauschen enthält.

[0398] Gemäß der vorliegenden Ausführung hat der vorbestimmte Wert $\varepsilon 1$, der mit dem Stabilitätsbestimmungsparameter Prstb ($= \Delta\sigma$ Balken $\cdot \sigma(k+dr)$ Balken) zu vergleichen ist, einen positiven Wert, der etwas größer ist als "0".

[0399] Wenn in SCHRITT9-2 Prstb $> \varepsilon 1$, dann wird der RSLD-Regelzustand als instabil bewertet, und wird in SCHRITT9-4 der Wert eines Zeitzählers trm (Herunterzähltimers) auf einen vorbestimmten Anfangswert TRM gesetzt (der Zeitzähler trm wird gestartet), um den Prozessbetrieb des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** unter Verwendung der Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) und der zweitweiligen Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1), die in SCHRITT8 berechnet sind, für eine vorbestimmte Zeit zu unterbinden. Danach wird in SCHRITT9-5 der Wert des Flags f/rstb auf "0" gesetzt (das Flag f/rstb = 0 repräsentiert, dass der RSLD-Regelzustand instabil ist). Danach kehrt die Steuerung zur in [Fig. 10](#) gezeigten Hauptroutine zurück.

[0400] Wenn in SCHRITT9-2 Prstb $\leq \varepsilon 1$, dann entscheidet der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT9-3, ob der gegenwärtige Wert $\sigma(k+dr)$ Balken der Umschaltfunktion σ 1 Balken in einen vorbestimmten Bereich fällt oder nicht.

[0401] Wenn der gegenwärtige Wert $\sigma(k+dr)$ Balken der Umschaltfunktion σ 1 Balken nicht in den vorbestimmten Bereich fällt, dann kann, da der gegenwärtige Wert $\sigma(k+dr)$ Balken der Umschaltfunktion σ 1 Balken einen großen Abstand von "0" hat, daher die Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) oder die zeitweilige Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1), die in SCHRITT8 bestimmt sind, möglicherweise ungeeignet sein, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** stabil auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren. Wenn daher in SCHRITT9-3 der gegenwärtige Wert $\sigma(k+dr)$ Balken der Umschaltfunktion σ 1 nicht in den vor-

bestimmten Bereich fällt, dann wird der RSLD-Regelzustand als unstabil bewertet, und es wird der Prozess von SCHRITT9-4 und SCHRITT9-5 ausgeführt, um den Zeitzähler trm zu starten und den Wert des Flags f/rstb auf "0" zu setzen.

[0402] Weil im Prozess von SCHRITT8-1, der von dem Gleitmodusregler **17** ausgeführt wird, der Wert der Umschaltfunktion σ_1 Balken begrenzt wird, kann der Bewertungsprozess von SCHRITT9-3 weggelassen werden.

[0403] Wenn in SCHRITT9-3 der gegenwärtige Wert $\sigma_1(k+dr)$ Balken der Umschaltfunktion σ_1 Balken in den vorbestimmten Bereich fällt, dann zählt der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT9-6 den Zeitzähler trm für eine vorbestimmte Zeit Δtrm herab. Der Gleitmodusregler **17** entscheidet dann in SCHRITT9-7, ob der Wert des Zeitzählers trm gleich oder kleiner als "0" ist oder nicht, d.h. ob eine dem Anfangswert TRM entsprechende Zeit seit dem Start des Zeitzählers trm abgelaufen ist oder nicht.

[0404] Wenn $trm > 0$, d.h. wenn der Zeitzähler trm die Zeit noch immer misst und seine Setzzeit noch nicht abgelaufen ist, dann wird der RSLD-Regelzustand tendenziell unstabil, da keine wesentliche Zeit abgelaufen ist, seit der RSLD-Regelzustand in SCHRITT9-2 oder SCHRITT9-3 als unstabil gewertet wurde. Daher wird in SCHRITT9-5 der Wert des Flags f/rstb auf "0" gesetzt.

[0405] Wenn in SCHRITT9-7 $trm \leq 0$, d.h. wenn die Setzzeit des Zeitzählers trm abgelaufen ist, dann wird der RSLD-Regelzustand als stabil gewertet, und der Wert des Flags f/rstb wird in SCHRITT9-8 auf "1" gesetzt (das Flag f/rstb = 1 repräsentiert, dass der RSLD-Regelzustand stabil ist).

[0406] Der Gleitmodusregler **17** bestimmt die Stabilität des RSLD-Regelzustands gemäß der in [Fig. 14](#) gezeigten Unteroutine. Wenn der RSLD-Regelzustand als unstabil gewertet wird, dann wird der Wert des Flags f/rstb auf "0" gesetzt, und wenn der RSLD-Regelzustand als stabil gewertet wird, dann wird der Wert des Flags f/rstb auf "1" gesetzt.

[0407] Der obige Prozess der Bestimmung der Stabilität des RSLD-Regelzustands ist als Beispiel erläutert worden. Jedoch kann die Stabilität des RSLD-Regelzustands durch einen anderen Prozess bestimmt werden. Z.B. kann die Frequenz bestimmt werden, mit der der Wert des Stabilitätsbestimmungsparameters Prstb größer ist als der vorbestimmte Wert ϵ_1 in jeder vorbestimmten Dauer, die länger ist als die Steuerzyklen. Wenn die Frequenz einen vorbestimmten Wert überschreitet, dann kann der RSLD-Regelzustand als unstabil gewertet werden. Anderenfalls kann der RSLD-Regelzustand als stabil gewertet werden.

[0408] Zurück zu [Fig. 10](#). Nachdem ein Wert des Flags f/rstb, das die Stabilität des RSLD-Regelzustands anzeigt, gesetzt worden ist, bestimmt der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT10 den Wert des Flags f/rstb. Wenn der Wert des Flags f/rstb "1" ist, d.h. wenn der RSLD-Regelzustand als stabil gewertet wird, dann begrenzt der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT11 die Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) und die zeitweilige Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1), die in SCHRITT8 bestimmt sind, in dem gegenwärtigen Steuerzyklus.

[0409] Insbesondere bestimmt der Gleitmodusregler **17**, ob der Wert jeweils der Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) und der zeitweiligen Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1) in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt oder nicht. Wenn der Wert jeweils der Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) und der zeitweiligen Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1) in den vorbestimmten zulässigen Bereich fällt, dann begrenzt der Gleitmodusregler **17** zwangsweise den Wert jeweils der Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) und der zeitweiligen Solldifferenzausgabe MO2CMD(k+1) auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs.

[0410] Wenn in SCHRITT10 $f/rstb = 0$, d.h. wenn der RSLD-Regelzustand als unstabil gewertet wird, dann setzt der Gleitmodusregler **17** in SCHRITT12 den Wert der Solldifferenzausgabe MO2CMD(k) in dem gegenwärtigen Steuerzyklus auf "0".

[0411] Details der Prozesssequenz des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** sind oben beschrieben worden.

[0412] Die schließlich in jedem Steuerzyklus in SCHRITT11 oder SCHRITT12 bestimmte Solldifferenzausgabe MO2CMD wird als Zeitseriendaten für die jeweiligen Steuerzyklen in einem Speicher (nicht gezeigt) gespeichert und wird in SCHRITT7 in der Prozessoperation des Schätzers **16** verwendet. Von der gespeicherten Solldifferenzausgabe MO2CMD werden die gegenwärtigen und vorangehenden Werte MO2CMD(k), MO2CMD(k+1) zusammen mit dem gegenwärtigen Wert MO2CMD(k+1) der zeitweiligen Solldifferenzausgabe

MO2CMD zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** gegeben.

[0413] Nachfolgend wird nun der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** beschrieben. Basisdetails der Prozesssequenz des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** sind mit jenen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** identisch.

[0414] Wie in [Fig. 15](#) gezeigt, entscheidet der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT21, ob sein eigener Prozess (der Prozess des Identifizierers **20**, des Schätzers **21** und des Gleitmodusreglers **22**) ausgeführt werden soll oder nicht, und setzt einen Wert eines Flags f/mcal, das anzeigt, ob der Prozess ausgeführt werden soll oder nicht. Wenn der Wert des Flags f/mcal "0" ist, bedeutet dies, dass der Prozess des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** nicht ausgeführt werden soll, und wenn der Wert des Flags f/mcal "1" bedeutet dies, dass der Prozess des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** ausgeführt werden soll.

[0415] Die Entscheidungsunterroutine in SCHRITT1 ist im Detail in [Fig. 16](#) gezeigt. Wie in [Fig. 16](#) gezeigt, entscheidet der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT21-1, ob der stromaufwärtige O₂-Sensor **7** aktiviert ist oder nicht, und in SCHRITT21-2, ob der LAF-Sensor **8** aktiviert ist oder nicht, und in der gleichen Weise wie dem Prozess von SCHRITT1-1 wird der SCHRITT1-2 durch den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** ausgeführt.

[0416] Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** entscheidet in SCHRITT21-3, ob der Verbrennungsmotor **1** mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Gemisch arbeitet oder nicht. Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** entscheidet in SCHRITT21-4, ob die Zündzeit des Verbrennungsmotors **1** für eine frühe Aktivierung der katalytischen Wandler **3, 4** unmittelbar nach dem Start des Verbrennungsmotors **1** verzögert ist oder nicht.

[0417] Wenn die Bedingungen von SCHRITT21-1, SCHRITT21-2 nicht erfüllt sind und wenn die Bedingungen von SCHRITT21-3, SCHRITT21-4 erfüllt sind, dann wird in SCHRITT21-6 das Flag f/mcal auf "0" gesetzt, um den Prozess des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** nicht auszuführen. Um dann den Identifizierer **20** zu initialisieren, wird in SCHRITT21-7 der Wert eines Flags f/idm/reset, das anzeigt, ob der Identifizierer **20** initialisiert werden soll oder nicht, auf "1" gesetzt. Wenn der Wert des Flags f/idm/reset "1" ist, bedeutet dies, dass der Identifizierer **20** initialisiert werden soll, und wenn der Wert des Flags f/idm/reset "0" ist, bedeutet dies, dass der Identifizierer **20** nicht initialisiert werden soll.

[0418] Wenn die Bedingungen von SCHRITT21-1, SCHRITT21-2 erfüllt sind, und wenn die Bedingungen von SCHRITT21-3, SCHRITT21-4 nicht erfüllt sind, dann wird in SCHRITT21-5 das Flag f/mcal auf "1" gesetzt, um den Prozess des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** auszuführen, d.h. um das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD zu erzeugen.

[0419] In [Fig. 15](#) nach der obigen Entscheidungsunterroutine entscheidet der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT22, ob ein Prozess der Identifizierung (Aktualisierung) der Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 mit dem Identifizierer **20** ausgeführt werden soll oder nicht, und setzt einen Wert eines Flags f/idm/cal, das anzeigt, ob der Prozess der Identifizierung (Aktualisierung) der Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 ausgeführt werden soll oder nicht.

[0420] Die Entscheidungsunterroutine von SCHRITT22 wird wie folgt ausgeführt: Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** entscheidet, ob das Drosselventil des Verbrennungsmotors **1** vollständig offen ist oder nicht, und entscheidet auch, ob die Kraftstoffzufuhr zu dem Verbrennungsmotor **1** gestoppt ist oder nicht. Wenn eine dieser Bedingungen erfüllt ist, dann wird der Wert des Flags f/idm/cal auf "0" gesetzt. Wenn keine dieser Bedingungen erfüllt ist, dann wird der Wert des Flags f/idm/cal auf "1" gesetzt, um die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 mit dem Identifizieren **20** zu identifizieren.

[0421] Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** berechnet die letzte Differenzangabe $MVO2(k) = MVO2/OUT - MVO2/BASE$ des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** und der letzten Differenzangabe $kact(k) = (KACT - FLAF/BASE)$ des LAF-Sensors **8** jeweils mit den Subtrahierern **18, 19** in SCHRITT **23**. Insbesondere wählen die Subtrahierer **18, 19** die letzten der Zeitseriendaten der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** und der Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8**, die im in [Fig. 8](#) gezeigten SCHRITTa gelesen und in dem nicht dargestellten Speicher gespeichert wurden, und berechnen die Differenzangaben $MVO2(k)$, $kact(k)$. Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** speichert die Differenzangaben $MVO2(k)$, $kact(k)$ sowie die in der Vergangenheit berechneten Daten in zeitserieller Weise in dem nicht dargestellten Speicher.

[0422] Dann bestimmt in SCHRITT24 der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** den in SCHRITT21 gesetzten Wert des Flags $f/mcal$. Wenn der Wert des Flags $f/mcal$ "0" ist, d.h. wenn der Prozess des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** nicht ausgeführt werden soll, dann setzt der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT33 das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kc_{md}(k)$ im gegenwärtigen Steuerzyklus zwangsweise auf einen vorbestimmten Wert. Der vorbestimmte Wert in SCHRITT33 kann ein vorbestimmter Festwert (z.B. "0") sein oder der Wert des im vorangehenden Steuerzyklus bestimmten Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses kc_{md} .

[0423] Wenn das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kc_{md}(k)$ auf den vorbestimmten Wert gesetzt ist, dann addiert der Addierer **23** in dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT32 den Luft-Kraftstoff-Verhältnisreferenzwert $FLAF/BASE$ zu dem Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kc_{md}(k)$, um hierdurch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD(k)$ im gegenwärtigen Steuerzyklus zu bestimmen. Dann wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0424] Wenn in SCHRITT24 der Wert des Flags f/mal "1" ist, d.h. wenn der Prozess des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** ausgeführt werden soll, dann bewirkt der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT25 den Prozess des Identifizierers **20**.

[0425] Der Prozess der Unteroutine von SCHRITT25 ist im Detail in [Fig. 17](#) gezeigt. Der Prozess des Identifizierers **20** ist der gleiche wie der Prozess des Identifizierers **15** in dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** und wird daher nachfolgend kurz beschrieben. Grundsätzlich berechnet der Identifizierer **20** die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $am_1(k)$ Hut, $am_2(k)$ Hut, $bm_1(k)$ Hut in dem gegenwärtigen Steuerzyklus in SCHRITT25-4, SCHRITT25-5, SCHRITT25-6, SCHRITT25-7.

[0426] In SCHRITT25-4 berechnet der Identifizierer **20** die identifizierte Differenzausgabe $MVO_2(k)$ Hut gemäß Gleichung (27) unter Verwendung der vergangenen Daten $MVO_2(k-1)$, $MVO_2(k-2)$ der Differenzausgabe MVO_2 und der vergangenen Daten $kact(k-dm_1-1)$ der Differenzausgabe $kact$, die in jedem Steuerzyklus in SCHRITT23 berechnet sind, und der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $am_1(k-1)$ Hut, $am_2(k-1)$ Hut, $bm_1(k-1)$ Hut, die in dem vorhergehenden Steuerzyklus bestimmt sind.

[0427] In SCHRITT25-5 berechnet der Identifizierer **20** den Vektor $\kappa_{\theta m}$ gemäß der Gleichung (32).

[0428] In SCHRITT25-6 berechnet der Identifizierer **20** den identifizierten Fehler $id/em(k)$ durch Filtern eines Werts, der gemäß der Gleichung (28) aus der Differenzausgabe MVO_2 und der identifizierten Differenzausgabe MVO_2 Hut berechnet worden ist, mit vorbestimmten Frequenzpasscharakteristiken (insbesondere Tiefpasscharakteristiken). Die Filterfrequenzpasscharakteristiken werden im Hinblick auf die Frequenzcharakteristiken des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 bestimmt, das den ersten katalytischen Wandler **3** enthält, und braucht nicht notwendigerweise gleich den Filterfrequenzpasscharakteristiken sein, die von dem Identifizierer **15** in dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** verwendet werden.

[0429] In SCHRITT25-7 berechnet der Identifizierer **20** identifizierte Verstärkungskoeffizienten $am_1(k)$ Hut, $am_2(k)$ Hut, $bm_1(k)$ Hut gemäß der Gleichung (29) unter Verwendung des identifizierten Fehlers $id/em(k)$ und $\kappa_{\theta m}(k)$. Der Identifizierer **20** begrenzt in SCHRITT25-8 die Kombination der identifizierten Verstärkungskoeffizienten $am_1(k)$ Hut, $am_2(k)$ Hut auf eine bestimmte Kombination und begrenzt auch den identifizierten Verstärkungskoeffizienten $bm_1(k)$ Hut auf einen vorbestimmten Bereich, um schließlich die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $am_1(k)$ Hut, $am_2(k)$ Hut, $bm_1(k)$ Hut im gegenwärtigen Steuerzyklus zu bestimmen.

[0430] Wenn der in SCHRITT22 gesetzte Wert des Flags $f/idm/cal$ "0" ist, d.h. wenn das Drosselventil des Verbrennungsmotors **1** vollständig offen ist oder die Kraftstoffzufuhr zu dem Verbrennungsmotor **1** gestoppt ist, dann wird der obige Prozess des Identifizierers **20** nicht ausgeführt (NEIN in SCHRITT25-1). Wenn der Wert des Flags $f/idm/reset$ in Bezug auf die Initialisierung des Identifizierers **20** "1" ist (JA in SCHRITT25-2), wird in SCHRITT25-3 der Identifizierer **20** initialisiert, um die identifizierten Verstärkungskoeffizienten am_1 Hut, am_2 Hut, bm_1 Hut zu initialisieren. In SCHRITT25-8, SCHRITT25-9 wird die Matrix $P_m(k)$ gemäß der Gleichung (33) für den Prozess des nächsten Steuerzyklus aktualisiert.

[0431] In der in [Fig. 15](#) gezeigten Hauptroutine bestimmt, nachdem der Prozess des Identifizierers **20** ausgeführt ist, der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT26 die Werte der Verstärkungskoeffizienten am_1 , am_2 , bm_1 .

[0432] Insbesondere, wenn der Wert des Flags $f/idm/cal$ "1" ist, d.h. wenn die Verstärkungskoeffizienten am_1 ,

am2, bm1 durch den Identifizierer **25** bestimmt worden sind, dann werden die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 in SCHRITT25 auf die jeweiligen identifizierten Verstärkungskoeffizienten am1(k) Hut, am2(k) Hut, bm1(k) Hut, die durch den Identifizierer **20** bestimmt sind, gesetzt. Wenn $f/idm/cal = 0$, d.h. wenn die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 durch den Identifizierer **20** nicht bestimmt worden sind, dann werden die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 auf jeweilige vorbestimmte Werte gesetzt. Diese vorbestimmten Werte können vorbestimmte Festwerte sein. Wenn jedoch der Zustand, in dem $f/idm/cal = 0$ vorübergehend ist, d.h. wenn der vom Identifizierer **20** ausgeführte Identifizierungsprozess vorübergehend unterbrochen wird, dann können die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1 auf die identifizierten Verstärkungskoeffizienten am1 Hut, am2 Hut, bm1 Hut gesetzt werden, die von dem Identifizierer **20** bestimmt sind, unmittelbar bevor das Flag $f/idm/cal$ 0 wird.

[0433] Dann bewirkt der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** in SCHRITT27 eine Systemoperation des Schätzers **21**, d.h. er berechnet die geschätzte Differenzausgabe MVO2(k+dm) Balken, die ein geschätzter Wert für die Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** nach der Gesamtzeit dm ab dem gegenwärtigen Steuerzyklus ist.

[0434] Insbesondere berechnet der Schätzer **21** die Koeffizienten am1, am2, $\beta_m(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dm$), die in der Gleichung (36) zu verwenden sind, unter Verwendung der Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1, die in SCHRITT26 bestimmt sind (diese Werte sind grundlegend die identifizierten Verstärkungskoeffizienten am1(k) Hut, am2(k) Hut, bm1(k) Hut, die in SCHRITT25-8 begrenzt worden sind), gemäß der Definition in der Gleichung (35).

[0435] Dann berechnet der Schätzer **21** die geschätzte Differenzausgabe MVO2 (k+dm) Balken (den Schätzwert der Differenzausgabe MVO2 nach der Gesamtzeit dm ab der Zeit des gegenwärtigen Steuerzyklus) gemäß der Gleichung (36) unter Verwendung der zwei Zeitseriendaten MVO2(k), MVO2(k-1) und der (dm1 +1) Zeitseriendaten kact(k), kact(k-1), ..., kact(k-dm1) von vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus der Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** und der Differenzausgabe kact des LAF-Sensors **8**, die in jedem Steuerzyklus im in [Fig. 15](#) gezeigten SCHRITT23 berechnet werden, der (dm2-1) Zeitseriendaten kcmd(k-1), ..., kcmd(k-dm2+1) (die in SCHRITT33 oder SCHRITT31 vor dem gegenwärtigen Steuerzyklus erhalten sind) des Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses kcmd, das in den vergangenen Steuerzyklen durch den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** bestimmt ist, sowie der Koeffizienten am1, am2, $\beta_m(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dm$), die wie oben beschrieben berechnet sind.

[0436] Die geschätzte Differenzausgabe MVO2(k+dm), die wie oben beschrieben berechnet worden ist, wird auf einen vorbestimmten zulässigen Bereich begrenzt, um zu verhindern, dass sein Wert zu groß oder zu klein wird. Wenn sein Wert die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreitet, wird er zwangsweise auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs gesetzt. Auf diese Weise wird schließlich der Wert der geschätzten Differenzausgabe MVO2(k+dm) Balken bestimmt. Gewöhnlich wird jedoch der gemäß der Gleichung (36) berechnete Wert zur geschätzten Differenzausgabe MVO2(k+dm) Balken.

[0437] Nachdem der Schätzer **21** die geschätzte Differenzausgabe MVO2(k+dm) Balken für den stromaufwärtigen O₂-Sensor **7** bestimmt hat, berechnet der Gleitmodusregler **22** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** in SCHRITT28 die Solldifferenzausgabe kcmd(k) im gegenwärtigen Steuerzyklus.

[0438] Die Berechnungsunterroutine von SCHRITT28 ist im Detail in [Fig. 18](#) gezeigt.

[0439] Der Gleitmodusregler **22** bestimmt die Werte der Flags $f/rcal$, $f/rstb$, die jeweils in SCHRITT1, SCHRITT5 ([Fig. 10](#)) von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** gesetzt sind, jeweils in SCHRITT28-1, SCHRITT28-2.

[0440] Wenn $f/rcal = 1$ und $f/rstb = 1$, d.h. wenn der Prozess des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** normal durchgeführt wird und der RSLD-Regelzustand als stabil (normal) gewertet wird, dann berechnet der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT28-3 den Wert $\sigma_2(k+dm)$ Balken der Umschaltfunktion σ_2 Balken, die gemäß der Gleichung (47) definiert ist, nach der Gesamtzeit dm ab dem gegenwärtigen Steuerzyklus (der Wert $\sigma_2(k+dm)$ Balken entspricht einem Schätzwert nach der Gesamtzeit dm der Umschaltfunktion σ_2 , die gemäß Gleichung (38) definiert ist) gemäß der Gleichung (47) unter Verwendung der Solldifferenzausgaben MO2CMD(k), MO2CMD(k-1), die in den gegenwärtigen und vorangehenden Steuerzyklen von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt sind.

[0441] Beim Berechnen des Werts $\sigma_2(k+dm)$ Balken der Umschaltfunktion σ_2 Balken werden der gegenwärtige Wert MVO2(k+dm) Balken und der vorangehende Wert MVO2(k+dm-1) Balken der geschätzten Differenzausgabe MVO2 Balken, die gemäß der Gleichung (36) durch den Schätzer **21** in SCHRITT27 bestimmt sind, genauer gesagt die begrenzten Werte dieser Werte, verwendet.

[0442] Wenn in SCHRITT28-1 $f/rcal = 0$, dann kann, da der Prozess des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** nicht ausgeführt wird, der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** die Zeitseriendaten der Solldifferenzausgabe MO2CMD nicht richtig erzeugen. Da in diesem Fall in SCHRITT21 das Flag $f/mcal$ auf "1" gesetzt ist, ist die Situation, wo in SCHRITT28-1 $f/rcal = 0$, eine Situation, wo der stromabwärtige O₂-Sensor **6** noch nicht aktiviert worden ist, wie aus dem Vergleich zwischen dem in [Fig. 16](#) gezeigten Flussdiagramm in Bezug auf das Setzen des Flags $f/mcal$ und dem in [Fig. 11](#) gezeigten Flussdiagramm in Bezug auf das Setzen des Flags $f/rcal$ ersichtlich ist.

[0443] Wenn in SCHRITT28-2 $f/rstb = 0$, dann kann, da der RSLD-Regelzustand als instabil gewertet wird, der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** die Zeitseriendaten der Solldifferenzausgabe MO2CMD nicht richtig erzeugen.

[0444] In diesen Fällen bestimmt der Gleitmodusregler **22**, dass die Solldifferenzausgabe MO2CMD dauerhaft "0" ist, d.h. der Sollwert MVO2/TARGET für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** dauerhaft gleich dem Referenzwert MVO2/BASE (= RVO2/TARGET) ist, und berechnet den Wert der Umschaltfunktion $\sigma_2(k+dm)$ Balken gemäß der Gleichung (47) in SCHRITT28-4.

[0445] Insbesondere berechnet der Gleitmodusregler **22** den Wert der Umschaltfunktion $\sigma_2(k+dm)$ Balken gemäß der folgenden Gleichung (67), die erhalten wird, wenn in der Gleichung (47) MO2CMD = 0:

$$\overline{\sigma_2}(k) = sm1 \cdot \overline{MVO2}(k) + sm2 \cdot MVO2(k-1) \quad (67)$$

[0446] Wie in SCHRITT28-3 werden der gegenwärtige Wert MVO2(k+dm) Balken und der vorangehende Wert MVO2(k+dm-1) Balken der geschätzten Differenzausgabe MVO2 Balken verwendet, die durch den Schätzer **21** in SCHRITT27 bestimmt sind.

[0447] Aus den gleichen Gründen wie in SCHRITT8-1 in Bezug auf den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** wird in SCHRITT28-3 und SCHRITT28-4 der Wert der Umschaltfunktion $\sigma_2(k+dm)$ Balken so bestimmt, dass er in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt, und wenn der wie oben beschrieben bestimmte Wert des σ_2 Balken die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreitet, dann wird der Wert des σ_2 Balken zwangsweise auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs gesetzt.

[0448] Dann addiert der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT28-5 akkumulativ das Produkt $\sigma_2(k+dm)$ Balken · ΔT des Werts der Umschaltfunktion $\sigma_2(k+dm)$ Balken, der in jedem Steuerzyklus berechnet ist, und der Dauer ΔT (konstante Dauer) der Steuerzyklen der stromabwärtigen und stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **10**, **11**, d.h. er addiert das Produkt $\sigma_2(k+dm)$ Balken ΔT des im gegenwärtigen Steuerzyklus berechneten $\sigma_2(k+dm)$ Balken und der Dauer ΔT zur im vorangehenden Steuerzyklus bestimmten Summe, um hierdurch einen Integralwert (nachfolgend als "Integralwert Sg2(k+dm)" bezeichnet) des σ_2 Balken zu berechnen, der das Rechenergebnis des Terms $\sum(\sigma_2)$ Balken · ΔT in der Gleichung (49) ist.

[0449] Aus den gleichen Gründen wie in SCHRITT8-2 mit Bezug auf den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** wird der Wert des Integralwerts Sg2(k+dm) so bestimmt, dass er in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt, und wenn der durch die obige akkumulative Addition bestimmte Integralwert Sg2 die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreitet, dann wird der Integralwert Sg2 zwangsweise auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs gesetzt.

[0450] Wenn das in SCHRITTd ([Fig. 8](#)) durch den Kraftstoffprozesscontroller **12** etablierte Flag $f/prism/on$ "0" ist, d.h. wenn das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD von dem Kraftstoffprozesscontroller **12** nicht verwendet wird, dann wird der Integralwert Sg2(k+dm) auf dem gegenwärtigen Wert gehalten (dem im vorangehenden Steuerzyklus bestimmten Wert).

[0451] Dann fällt der Gleitmodusregler **22** die gleichen Entscheidungen wie in SCHRITT28-1, SCHRITT28-2 in SCHRITT28-6, SCHRITT28-7. Wenn $f/rcal = 1$ und $f/rstb = 1$ (normal), dann berechnet der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT28-8 die äquivalente Regeleingabe $U_{2eq}(k)$ in dem gegenwärtigen Steuerzy-

klus gemäß der Gleichung (50) unter Verwendung des gegenwärtigen Werts $MVO2(k+dm)$ Balken und des vorangehenden Werts $MVO2(k+dm-1)$ Balken der geschätzten Differenzausgabe $MVO2$ Balken, die gemäß der Gleichung (36) durch den Schätzer **21** in SCHRITT27 bestimmt ist, des gegenwärtigen Werts $MO2CMD(k+1)$ der zeitweiligen Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ und des gegenwärtigen Werts $MO2CMD(k)$ sowie des vorangehenden Werts $MO2CMD(k-1)$ der Solldifferenzausgabe $MO2CMD$, die durch den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** berechnet sind, sowie der in SCHRITT26 bestimmten Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ (die grundlegend die identifizierten Verstärkungskoeffizienten $am1(k)$ Hut, $am2(k)$ Hut, $bm1(k)$ Hut sind, die durch den Identifizierer **20** in SCHRITT25 im gegenwärtigen Steuerzyklus bestimmt werden).

[0452] Wenn in SCHRITT28-6 $f/rcal = 0$ oder in SCHRITT28-7 $f/rstb = 0$, dann bestimmt der Gleitmodusregler **22**, dass die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ dauerhaft "0" ist, wie in SCHRITT28-4, und berechnet die äquivalente Regeleingabe $U2eq(k)$ gemäß der Gleichung (50) in SCHRITT28-9.

[0453] In diesem Fall berechnet der Gleitmodusregler **22** die äquivalente Regeleingabe $U2eq(k)$ gemäß der folgenden Gleichung (68), die erhalten wird, wenn in der Gleichung (50) $MO2CMD(k+1) = MO2CMD(k) = MO2CMD(k-1)$:

$$U2eq(k) = \frac{-1}{sm1 \cdot bm1} \cdot \{ [sm1 \cdot (am1 - 1) + sm2] \cdot \overline{MVO2}(k + dm) + (sm1 \cdot am2 - sm2) \cdot \overline{MVO2}(k + dm - 1) \} \quad (68)$$

[0454] Der Gleitmodusregler **22** berechnet die Reachingregeleingabe $U2rch(k)$ und die adaptive Regeleingabe $U2adp(k)$ in dem gegenwärtigen Steuerzyklus gemäß den jeweiligen Gleichungen (48), (49) unter Verwendung des Werts der Umschaltfunktion $\sigma2(k+dm)$ Balken, der im gegenwärtigen Steuerzyklus in SCHRITT28-3 oder SCHRITT28-4 berechnet ist, des in SCHRITT28-5 bestimmten Integralwerts $Sg2(k+dm)$ der Umschaltfunktion $\sigma2$ Balken sowie des in SCHRITT26 bestimmten Verstärkungskoeffizienten $br1$, in SCHRITT28-10.

[0455] Der Gleitmodusregler **22** addiert die äquivalente Regeleingabe $U2eq(k)$, die in SCHRITT28-8 oder SCHRITT28-9 bestimmt ist, und die Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch(k)$ und die adaptive Vorschrifteingabe $U1adp(k)$, die in SCHRITT28-10 bestimmt sind, gemäß der Gleichung (40), um hierdurch das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd(k)$ im gegenwärtigen Steuerzyklus in SCHRITT28-11 zu berechnen.

[0456] Hierbei ist in einer normalen Situation, wo $f/rcal = 1$ und $f/rstb = 1$, das berechnete Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd(k)$ eine Regeleingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem $E2$, das auch eine Regeleingabe zu dem gesamten Auspuffsystem E ist, um die Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** auf das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $MO2CMD$ zu konvergieren, das der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt hat, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren. In einer Situation, wo $f/rcal = 0$ oder $f/rstb = 0$, d.h. in einer Situation, wo der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** nicht in der Lage ist, eine geeignete Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ zu erzeugen, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren, ist das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kcmd(k)$ eine Regeleingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem $E2$, um die Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** auf "0" zu konvergieren, d.h. um die Ausgabe $MVO2/OUT$ auf den Referenzwert $MVO2/BASE (= RVO2/TARGET)$ zu konvergieren.

[0457] Die Details des Prozesses des Gleitmodusreglers **22** in SCHRITT28 sind oben beschrieben worden.

[0458] Zurück zu [Fig. 15](#). Der Gleitmodusregler **22** führt einen Prozess der Bestimmung der Stabilität eines Regelzustands (nachfolgend als "MSLD-Regelzustand" bezeichnet) der Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** auf der Basis des adaptiven Gleitmodusregelprozesses aus, der von dem Gleitmodusregler **22** durchgeführt wird, und setzt in SCHRITT29 einen Wert eines Flags $f/mstb$, das anzeigt, ob der MSLD-Regelzustand stabil ist oder nicht. Wenn der Wert des Flags $f/mstb$ "0" ist, bedeutet dies, dass der MSLD-Regelzustand unstabil ist und wenn der Wert des Flags $f/mstb$ "1" ist, bedeutet dies, dass der MSLD-Regelzustand stabil ist.

[0459] Der Prozess der Bestimmung der Stabilität des MSLD-Regelzustands wird gemäß einem in [Fig. 19](#) gezeigten Flussdiagramm ausgeführt. Da der Prozess der Bestimmung der Stabilität des MSLD-Regelzustands dem Bestimmungsprozess ähnlich ist, der von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** in SCHRITT28 ausgeführt wird, wird der Prozess der Bestimmung der Stabilität des SMLD-Regelzustands nachfolgend kurz beschrieben.

[0460] Wie in [Fig. 19](#) gezeigt, berechnet der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT29-1 eine Differenz $\Delta\sigma_2$ Balken zwischen dem gegenwärtigen Wert $\sigma_2(k+dm)$ Balken und dem vorangehenden Wert $\sigma_2(k+dm-1)$ Balken der Umschaltfunktion σ_2 Balken, die in SCHRITT28-3 oder SCHRITT28-4 berechnet sind. Dann entscheidet der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT29-2, ob ein Stabilitätsbestimmungsparameter P_{mstb} , der durch ein Produkt $\Delta\sigma_2$ Balken $\cdot \sigma_2(k+dm)$ Balken der Differenz $\Delta\sigma_2$ Balken und des gegenwärtigen Werts $\sigma_2(k+dm)$ Balken der Umschaltfunktion σ_2 Balken repräsentiert ist, gleich oder kleiner als ein vorbestimmter Wert ε_2 ist. Der Gleitmodusregler **22** bestimmt in SCHRITT29-3, ob der gegenwärtige $\sigma_2(k+dm)$ Balken der Umschaltfunktion σ_2 Balken in einen vorbestimmten Bereich fällt oder nicht. Der vorbestimmte Wert ε_2 ist ein positiver Wert, der etwas größer ist als "0".

[0461] Wenn keine der Bedingungen von SCHRITT29-2, SCHRITT29-3 erfüllt ist, dann wird, da der MS-LD-Regelzustand als instabil gewertet wird, der Wert eines Zeitzählers t_{mm} (Herunterzähltimers) auf einen vorbestimmten Anfangswert TMM gesetzt (der Zeitzähler t_{mm} wird gestartet), um die Bestimmung des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $KCMD(k)$ auf der Basis des in SCHRITT28 berechneten Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kc_{md}(k)$ für eine vorbestimmte Zeit in SCHRITT29-4 zu unterbinden. Danach wird der Wert des Flags $f/mstb$ in SCHRITT29-5 auf "0" gesetzt.

[0462] Wenn beide Bedingungen von SCHRITT29-2, SCHRITT29-3 erfüllt sind, dann zählt der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT29-6 den Zeitzähler t_{mm} für eine vorbestimmte Zeit Δt_{mm} herunter. Dann entscheidet der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT29-7, ob der Wert des Zeitzählers t_{mm} gleich oder kleiner als "0" ist, d.h. ob eine Zeit entsprechend dem Anfangswert TMM seit dem Start des Zeitzählers t_{mm} abgelaufen ist oder nicht.

[0463] Wenn der Zeitzähler t_{mm} immer noch Zeit misst, dann wird der Wert des Flags $f/mstb$ in SCHRITT29-5 auf "0" gesetzt, da eine Zeitdauer, die abgelaufen ist, nachdem der MS-LD-Regelzustand in SCHRITT29-2 oder SCHRITT29-3. als instabil bewertet wurde, kurz ist und der MS-LD-Regelzustand zu Unstabilität neigt.

[0464] Wenn die Setzzeit des Zeitzählers t_{mm} abgelaufen ist, dann wird in SCHRITT29-8 der MS-LD-Regelzustand als stabil gewertet und wird der Wert des Flags $f/mstb$ auf "1" gesetzt.

[0465] Insofern der Wert der Umschaltfunktion σ_2 Balken in den Prozessen von SCHRITT28-3 oder SCHRITT28-4 begrenzt wird, der von dem Gleitmodusregler **22** ausgeführt wird, kann der Entscheidungsprozess von SCHRITT29-3 weggelassen werden.

[0466] Wie beim Prozess der Bestimmung der Stabilität des RSLD-Regelzustands mit dem Gleitmodusregler **17** kann die Stabilität des MS-LD-Regelzustands durch einen anderen Prozess bestimmt werden.

[0467] In [Fig. 15](#) bestimmt, nachdem der Wert des Flags $f/mstb$, das die Stabilität des MS-LD-Regelzustands anzeigt, gesetzt worden ist, der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT30 den Wert des Flags $f/mstb$. Wenn $f/mstb = 1$, d.h. wenn der MS-LD-Regelzustand als stabil bewertet wird, dann begrenzt der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT31 das in SCHRITT28 bestimmte Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kc_{md}(k)$ in dem gegenwärtigen Steuerzyklus.

[0468] In dem Begrenzungsprozess bestimmt der Gleitmodusregler **22**, ob der Wert des Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kc_{md}(k)$ in einen vorbestimmten zulässigen Bereich fällt oder nicht. Wenn der Wert des Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kc_{md}(k)$ die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs überschreitet, dann begrenzt der Gleitmodusregler **22** zwangsweise den Wert des Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses $kc_{md}(k)$ auf die Ober- oder Untergrenze des vorbestimmten zulässigen Bereichs.

[0469] Der Addierer **23** in dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** addiert in SCHRITT32 den Luft-Kraftstoff-Verhältnisreferenzwert $FLAF/BASE$ zu dem so begrenzten Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD(k)$, um hierdurch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD(k)$ in dem gegenwärtigen Steuerzyklus zu bestimmen. Dann wird der Prozess im gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0470] Wenn in SCHRITT30 $f/mstb = 0$, d.h. wenn der MS-LD-Regelzustand als instabil gewertet wird, dann setzt der Gleitmodusregler **22** in SCHRITT33 zwangsweise das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $kc_{md}(k)$ im gegenwärtigen Steuerzyklus auf einen vorbestimmten Wert.

[0471] Nach dem SCHRITT33 addiert der Addierer **23** in dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**

in SCHRITT32 den Luft-Kraftstoff-Verhältnisreferenzwert FLAF/BASE zu dem Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $k_{cmd}(k)$, um hierdurch das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD(k)$ im gegenwärtigen Steuerzyklus zu bestimmen. Dann wird der Prozess des gegenwärtigen Steuerzyklus beendet.

[0472] Oben sind Details des Betriebs des Anlagensteuersystems gemäß der vorliegenden Ausführung beschrieben worden.

[0473] Der Betrieb des Anlagensteuersystems wird wie folgt zusammengefasst: Grundsätzlich, d.h. normalerweise, berechnet der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** in jedem Steuerzyklus die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ entsprechend dem Sollwert für die Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** als Regeleingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem **E1**, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren. Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** berechnet in jedem Steuerzyklus das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{cmd} und das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$ als Regeleingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2**, um die Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** auf die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ zu konvergieren. Der Kraftstoffprozesscontroller **12** stellt die Kraftstoffeinspritzmenge des Verbrennungsmotors **1** ein, um die Ausgabe (das erfasste Luft-Kraftstoff-Verhältnis) des LAF-Sensors **8** auf das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$ zu konvergieren, um hierdurch das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** in das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$ zu stellen. Im Ergebnis wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** eingestellt, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren. Das Anlagensteuersystem ermöglicht somit, dass der Abgasreiniger **5** eine optimale Abgasreinigungsfähigkeit unabhängig von einer Alterung der katalytischen Wandler **3, 4** des Abgasreinigers **5** hat.

[0474] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** berücksichtigt die Gesamtzeit dr , die die Summe der Totzeit $dr1$ des stromabwärtigen Auspuffsystems **E1**, die ein von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** zu regelndes Objekt ist, und der Totzeit $d2$ des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem **E1** (das System, das aufgebaut ist aus dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**, dem Kraftstoffprozesscontroller **12**, dem Verbrennungsmotor **1** und dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2**). Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** berechnet in jedem Steuerzyklus die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ (den Sollwert für die Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** als Regeleingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem **E1**, um die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken, die durch den Schätzer **16** als Schätzwert für die Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** nach der Gesamtzeit dr berechnet ist, auf "0" zu konvergieren, oder anders gesagt, um einen Schätzwert ($= RVO2(k+dr)$ Balken + $RVO2/TARGET$) für die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** nach der Gesamtzeit dr auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren.

[0475] Ähnlich berücksichtigt der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** die Gesamtzeit dm , welche die Summe der Totzeit $dm1$ des stromaufwärtigen Auspuffsystems **E2**, die ein von dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** zu regelndes Objekt ist, und der Totzeit dm des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2** ist (dem System, das aus dem Kraftstoffprozesscontroller **12** und dem Verbrennungsmotor **1** aufgebaut ist). Der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** berechnet in jedem Steuerzyklus das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis k_{cmd} und das Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis $KCMD$ ($= k_{cmd} + FLAF/BASE$) als Regeleingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E2**, das auch eine Regeleingabe zu dem gesamten Auspuffsystem **E** ist, zum Konvergieren des Schätzwerts ($= MVO2(k+dm)$ Balken + $MVO2/BASE$) für die Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** entsprechend der geschätzten Differenzausgabe $MVO2(k+dm)$ Balken, die durch den Schätzer **21** als Schätzwert für die Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** nach der Gesamtzeit dm berechnet wird, auf den Sollwert $MVO2/TARGET$ ($= MO2CMD + MVO2/BASE$) für die Ausgabe $MVO2/OUT$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** entsprechend der Solldifferenzausgabe $MO2CMD$, die von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** erzeugt wird.

[0476] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** und der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** sind daher gemeinsam in der Lage, den Effekt der Totzeit ($= dr1 + dm1$) des gesamten Auspuffsystems **E** zu kompensieren, das aus dem stromaufwärtigen Auspuffsystem **E** und dem stromabwärtigen Auspuffsystem **E2** aufgebaut ist, d.h. des Systems, das den gesamten Abgasreiniger **5** enthält, der vom LAF-Sensor **8** zum stromabwärtigen O_2 -Sensor **6** reicht, um die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** auf den Sollwert $RVO2/TARGET$ zu konvergieren, und um auch den Effekt der Totzeiten $dr1$, $dm2$ der Eingabeerzeugungssysteme in Bezug auf die zu regelnden Objekte jeweils vom stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** und stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** zu kompensieren. Im Ergebnis kann der Regelprozess zum Kon-

vergieren der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET stabilisiert werden und kann der Abgasreiniger **5** seine gewünschte Reinigungsfähigkeit stabil durchführen.

[0477] In Bezug auf den Schätzer **16** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** kann der Effekt einer Ansprechverzögerung des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1, das ein von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** zu regelndes Objekt ist, durch den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** (insbesondere den Gleitmodusregler **22**) und den Kraftstoffprozesscontroller **12** (insbesondere den adaptiven Regler **31**) kompensiert werden. Daher könnte ein Element in Bezug auf eine Ansprechverzögerung, die bei der Berechnung der geschätzten Differenzausgabe RVO2(k+dr) Balken zu berücksichtigen ist, die ein Schätzwert für die Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** nach der Gesamtzeit dr ist, nur das stromabwärtige Auspuffsystem E1 sein, und eine Ansprechverzögerung des Systems zum Einstellen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 braucht nicht berücksichtigt werden.

[0478] Wenn die Totzeit dr1 des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 relativ kurz ist, wie etwa dann, wenn der in dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 enthaltene zweite katalytische Wandler **4** eine relativ kleine Größe hat, dann kann die geschätzte Differenzausgabe RVO2(k+dr) Balken in jedem Steuerzyklus mit ausreichender Genauigkeit gemäß dem obigen Algorithmus auf der Basis des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells (der Gleichung (1)) berechnet werden, welches das Verhalten des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 einschließlich dem Element in Bezug auf die Ansprechverzögerung des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 repräsentiert. Die Verstärkungskoeffizienten ar1, ar2, br1, die Parameter zum Definieren des Verhaltens des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells sind, werden sequenziell auf Echtzeitbasis durch den Identifizierer **15** in Abhängigkeit vom Verhaltenszustand des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 identifiziert. Infolgedessen wird, da der Modellbildungsfehler des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells in Bezug auf das stromabwärtige Auspuffsystem E1 minimiert wird, die Genauigkeit der geschätzten Differenzausgabe RVO2(k+dr) Balken erhöht.

[0479] In Bezug auf den Schätzer **21** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** kann der Effekt einer Ansprechverzögerung des Systems zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2, das ein von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** zu regelndes Objekt ist, durch den Kraftstoffprozesscontroller **12** (insbesondere den adaptiven Regler **31**) kompensiert werden. Bei der Berechnung der geschätzten Differenzausgabe MVO2(k+dm) Balken, die ein Schätzwert für die Differenzausgabe MVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **7** nach der Gesamtzeit dm ist, braucht die Ansprechverzögerung des Systems zum Einstellen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 nicht berücksichtigt werden. Die von dem Schätzer **21** zu berücksichtigende Gesamtzeit dm ist eine relativ kurze Zeit, welche die Summe der Totzeit dm1 des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2, das Teil des Gesamtauspuffsystems E ist, und der Totzeit dm2 des Kraftstoffprozesscontrollers **12** und des Verbrennungsmotors **1** ist, die als das System zum Erzeugen einer Eingabe zu dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 dienen. Da die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1, die Parameter zum Definieren des Verhaltens des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells (der Gleichung (26)) sind, einschließlich dem Element in Bezug auf die Ansprechverzögerung des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2, sequenziell durch den Identifizierer **20** identifiziert werden, wird der Modellbildungsfehler des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells auf einem Minimum gehalten. Dementsprechend kann die geschätzte Differenzausgabe MVO2(k+dm) Balken in jedem Steuerzyklus gemäß dem obigen Algorithmus auf der Basis des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells hochgenau berechnet werden.

[0480] Im Ergebnis kann der Effekt der Totzeit, der den Regelprozess des Konvergierens der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET beeinflusst, wie etwa die Totzeit des Abgasreinigers **5**, geeignet kompensiert werden, um die Stabilität des Regelprozesses zu erhöhen. Insbesondere, weil die geschätzte Differenzausgabe MVO2(k+dm) Balken in Bezug auf den Schätzer **21** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** hochgenau berechnet werden kann, kann der Rückkopplungsregelprozess (der adaptive Gleitmodusregelprozesses in dieser Ausführung) zum Konvergieren der Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf die Solldifferenzausgabe MO2CMD mit hohem Verstärkungsfaktor durchgeführt werden. Zusätzlich kann das schnelle Ansprechverhalten des Regelprozesses zum Konvergieren der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET erhöht werden.

[0481] Der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** und der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11**, in Kombination betrachtet, dienen zum Erzeugen des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses KCMD als Regeleingabe zu dem Gesamtauspuffsystem E als einem zu regelnden Objekt, welches den Abgasreiniger **5** enthält, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6**, die die Ausgabe des Gesamtauspuffsystems E

ist, auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren. Von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** und dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** führt der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** einen Regelprozess in Bezug auf das stromabwärtige Auspuffsystem E1 durch, das ein stromabwärtigen Abschnitt des gesamten Auspuffsystems E ist, und der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** führt einen Regelprozess in Bezug auf das stromaufwärtige Auspuffsystem E2 durch, der ein stromaufwärtiger Abschnitt des gesamten Auspuffsystems E ist.

[0482] Daher kann der Effekt von Störungen, die auf das gesamte Auspuffsystem E wirken, auf den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** und den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** verteilt und von diesen absorbiert werden. Im Vergleich zu einem einzigen Controller, der direkt das gesamte Auspuffsystem E regeln würde, d.h. einen Controller zum direkten Erzeugen des Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnisses KCMD, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren, können der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** und der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** ein geeignetes Soll-Luft-Kraftstoffverhältnis KCMD erzeugen, um die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** stabil auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren, und die Stabilität des Regelprozesses zum Konvergieren der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET kann erhöht werden.

[0483] In dieser Ausführung verwenden sowohl der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** als auch der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11** als ihrem Rückkopplungsregelprozess den Gleitmodusregelprozess, der implizit weniger empfindlich auf den Effekt von Störungen ist. Der in der vorliegenden Ausführung verwendete Gleitmodusregelprozess ist der adaptive Gleitmodusregelprozess, der die adaptive Regelvorschrift (den adaptiven Algorithmus) zum Eliminieren des Effekts von Störungen hat. Die Parameter (die Verstärkungskoeffizienten ar1, ar2, br1) des Modells eines zu regelnden Objekts, die von dem adaptiven Gleitmodusregelprozess des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** erforderlich sind, d.h. dem stromabwärtigen Auspuffsystemmodell, werden sequenziell auf Echtzeitbasis durch den Identifizierer **15** in Abhängigkeit vom Verhaltenszustand des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 identifiziert. Ähnlich werden die Parameter (die Verstärkungskoeffizienten am1, am2, bm1) des stromaufwärtigen Auspuffsystemmodells, die von dem adaptiven Gleitmodusregelprozess des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** erforderlich sind, sequenziell auf Echtzeitbasis durch den Identifizierer **20** in Abhängigkeit vom Verhaltenszustand des stromaufwärtigen Auspuffsystems E2 identifiziert.

[0484] Daher kann der Regelprozess zum Konvergieren der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET hochgenau mit hoher Stabilität durchgeführt werden, ohne durch Änderungen in den Verhaltenszuständen der stromabwärtigen und stromaufwärtigen Auspuffsysteme E1 und E2 und von Störungen beeinflusst zu werden.

[0485] In der vorliegenden Ausführung ist der Absolutwert des Dämpfparameters Rpole (= sr2/sr1) in Bezug auf den adaptiven Gleitmodusregelprozess in dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** größer als der Absolutwert des Dämpfparameters Mpole (= sm2/sm1) in Bezug auf die adaptive Gleitmodusregelung in dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**, um hierdurch den Rückkopplungsfaktor des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** kleiner zu machen als den Rückkopplungsfaktor des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11**. Daher wird die Stabilität des Regelprozesses zum Konvergieren der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** auf den Sollwert RVO2/TARGET zuverlässig beibehalten.

[0486] In einer Situation, wo der stromabwärtige O₂-Sensor **6** noch nicht aktiviert worden ist oder der RSLD-Regelzustand als instabil bewertet wird und der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10** die Solldifferenzausgabe MO2CMD nicht richtig erzeugen kann, nimmt der Gleitmodusregler **22** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** an, dass die Solldifferenzausgabe MO2CMD dauerhaft "0" ist, und erzeugt das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis kcmd. Anders ausgedrückt, der Gleitmodusregler **22** erzeugt das Solldifferenz-Luft-Kraftstoff-Verhältnis kcmd unter der Annahme, dass der Sollwert für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **6** der Referenzwert MVO2/BASE ist (der der gleiche Wert wie der Sollwert RVO2/TARGET für die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** ist). Daher ist das vom stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** erzeugte Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis, das erforderlich ist, um die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** auf den gleichen Sollwert wie den Sollwert RVO2/TARGET für die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** zu konvergieren. In diesem Fall wird das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors **1** eingestellt, um zu bewirken, dass der im stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 enthaltene erste katalytische Wandler **3** eine optimale Reinigungsfähigkeit erreicht. Somit ist es möglich, eine bestmögliche Reinigungsfähigkeit auch in solchen Situationen zu erreichen, wo die optimale Reinigungsfähigkeit des gesamten Abgasreinigers **5** nicht erreicht wer-

den kann.

[0487] Nachfolgend wird ein Anlagensteuersystem gemäß einer zweiten Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Das Anlagensteuersystem gemäß der zweiten Ausführung hat die gleiche Systemanordnung wie das Anlagensteuersystem gemäß der ersten Ausführung, unterscheidet sich jedoch von dem Anlagensteuersystem gemäß der ersten Ausführung in Bezug auf den Prozess, der von dem Schätzer **16** und dem Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** ausgeführt wird. Jene Teile des Anlagensteuersystems gemäß der zweiten Ausführung, die mit jenen des Anlagensteuersystems gemäß der ersten Ausführung identisch sind, mit identischen Bezugswerten bezeichnet, und jene Teile und Prozesse des Anlagensteuersystems gemäß der zweiten Ausführung, die mit jenen des Anlagensteuersystems der ersten Ausführung identisch sind, werden nachfolgend im Detail nicht beschrieben.

[0488] In der oben beschriebenen ersten Ausführung bestimmt der Schätzer **16** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** der geschätzte Differenzausgabe MVO2(k+dr) Balken, die einem Schätzwert für die Ausgabe RVO2/OUT von dem stromabwärtigen O₂-Sensor **6** nach der Gesamtzeit dr entspricht. Wenn jedoch die Totzeit dr₁ des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 relativ kurz ist, wie etwa dann, wenn der im stromabwärtigen Auspuffsystem E1 enthaltene zweite katalytische Wandler **4** eine relativ kleine Größe hat, dann könnte es möglicherweise schwierig sein, die geschätzte Differenzausgabe MVO2(k+dr) Balken ausreichend genau einzuhalten. In diesem Fall ist es bevorzugt, eine Regelstabilität durch Erzeugen der Solldifferenzausgabe MO2CMD entsprechend dem Sollwert MVO2/TARGET durch die Ausgabe MVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **7** zu erreichen, um den Schätzwert für die Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** nach der Totzeit dr₁ des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 auf den Sollwert RVO2/TARGET zu konvergieren, unabhängig von der Totzeit dr₂ des Systems zum Einstellen einer Eingabe zum stromabwärtigen Auspuffsystem E1.

[0489] In dieser Ausführung bestimmt der Schätzer **16** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** sequenziell in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe RVO2(k+dr₁) Balken, die ein Schätzwert für die Differenzausgabe RVO2(k+dr₁) des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** nach der Totzeit dr₁ des stromabwärtigen Auspuffsystems E1 ist. Der Schätzer **16** bestimmt dann in jedem Steuerzyklus die zeitweilige geschätzte Differenzausgabe RVO2(k+dr₁+1) Balken, die ein zeitweiliger geschätzter Wert für die Differenzausgabe RVO2(k+dr₁+1) des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** nach einer Zeit (dr₁+1) ist, die um einen Steuerzyklus länger ist als die Totzeit dr₁, aus den gleichen Gründen wie bei der ersten Ausführung.

[0490] In diesem Fall wird, auf der Basis der gleichen Prinzipien wie in der ersten Ausführung, die geschätzte Differenzausgabe RVO2(k+dr₁) Balken gemäß der folgenden Gleichung (69) auf der Basis des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells (der Gleichung (1)) gemäß der gleichen Idee wie in der ersten Ausführung bestimmt, d.h. einer Gleichung, wo die Totzeiten dr, dr₂ in der Gleichung (11) jeweils durch "dr₁", "0" ersetzt werden:

$$\begin{aligned} \overline{RVO2}(k + dr_1) = & \alpha R1 \cdot RVO2(k) + \alpha R2 \cdot RVO2(k - 1) \\ & + \sum_{j=1}^{dr_1} \beta R(j) \cdot MVO2(k - j) \end{aligned} \quad (69)$$

wobei

$\alpha R1$ = das erste Reihe, erste Spalte-Element von Ar^{dr_1} ,

$\alpha R2$ = das erste Reihe, zweite Spalte-Element von Ar^{dr_1} ,

$\beta R(j)$ = die erste Reihe-Elemente von $Ar^{j-1} \cdot Br$ ($j = 1, 2, \dots, dr_1$)

$$Ar = \begin{bmatrix} ar1 & ar2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Br = \begin{bmatrix} br1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0491] Insbesondere wird die geschätzte Differenzausgabe RVO2(k+dr₁) Balken in jedem Steuerzyklus unter Verwendung von Zeitseriendaten RVO2(k), RVO2(k-1) vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** und der Zeitseriendaten MVO2(k-1), ..., MVO2(k-dr₁) in der Vergangenheit der Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** bestimmt.

[0492] Die Koeffizienten $\alpha R1$, $\alpha R2$ und $\beta R(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr1$) in der Gleichung (69) werden wie oben in Bezug auf die Gleichung (69) definiert. Wie bei der ersten Ausführung werden diese Koeffizienten $\alpha R1$, $\alpha R2$ und $\beta R(j)$ unter Verwendung der Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ berechnet, die im in [Fig. 10](#) gezeigten SCHRITTE bestimmt sind (diese Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ sind grundlegend die letzten identifizierten Verstärkungskoeffizienten $ar1(k)$, $ar2(k)$, $br1(k)$, die vom Identifizierer **15** berechnet sind).

[0493] Die zeitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr1+1)$ Balken wird gemäß der folgenden Gleichung (70) bestimmt, bei "dr1" in der Gleichung (69) durch "dr1+1" ersetzt wird:

$$\begin{aligned} \overline{RVO2}(k+dr1+1) = & \alpha R1P \cdot RVO2(k) + \alpha R2P \cdot RVO2(k-1) \\ & + \sum_{j=1}^{dr1+1} \beta RP(j) \cdot MVO2(k-j) \end{aligned} \quad (70)$$

wobei

$\alpha R1P$ = das erste Reihe, erste Spalte-Element von Ar^{dr1+1} ,

$\alpha R2P$ = das erste Reihe, zweite Spalte-Element von Ar^{dr1+1} ,

$\beta RP(j)$ = die erste Reihe-Elemente von $Ar^{j-1} \cdot Br$ ($j = 1, 2, \dots, dr1+1$)

$$Ar = \begin{bmatrix} ar1 & ar2 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$Br = \begin{bmatrix} br1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

[0494] Insbesondere wird die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr1+1)$ Balken in jedem Steuerzyklus unter Verwendung von Zeitseriendaten $RVO2(k)$, $RVO2(k-1)$ vor der gegenwärtigen Zeit der Differenzausgabe $RVO2$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** sowie von Zeitseriendaten $MVO2(k+1), \dots, MVO2(k-dr1)$ in der Vergangenheit der Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** bestimmt.

[0495] Die Koeffizienten $\alpha R1P$, $\alpha R2P$ und $\beta RP(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr1+1$) in der Gleichung (70) werden wie oben in Bezug auf die Gleichung (70) definiert. Wie bei der Berechnung der geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr1)$ Balken werden die Koeffizienten $\alpha R1$, $\alpha R2$, $\beta R(j)$ unter Verwendung der Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ berechnet, die im in [Fig. 10](#) gezeigten SCHRITTE bestimmt werden.

[0496] Der Prozess des Schätzers **16** gemäß der zweiten Ausführung ist oben beschrieben worden.

[0497] Gemäß der zweiten Ausführung berechnet der Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** die äquivalente Regeleingabe $U1eq(k)$, die Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch(k)$ sowie die adaptive Regelvorschrifteingabe $U1adp(k)$ in jedem Steuerzyklus gemäß den unten gezeigten Gleichungen (71) – (73), wobei "dr" in den Gleichungen (22), (24), (25) durch "dr1" ersetzt wird, wie in der ersten Ausführung. Die Umschaltfunktion $\sigma 1$ Balken, die zur Berechnung der Reachingregelvorschrifteingabe $U1rch(k)$ und der adaptiven Regelvorschrifteingabe $U1adp(k)$ erforderlich ist, wird gemäß der Gleichung (23) in der ersten Ausführung definiert. Die geschätzten Differenzausgaben $RVO2(k+dr1)$ Balken, $RVO2(k+dr1-1)$ Balken, die zur Berechnung der äquivalenten Regeleingabe $U1eq(k)$ und der Umschaltfunktion $\sigma 1$ Balken verwendet werden, sind gegenwärtige bzw. vorangehende Werte der geschätzten Differenzausgabe, die in jedem Regelzyklus durch den Schätzer **16** in der zweiten Ausführung berechnet werden.

$$\begin{aligned} U1eq(k) = & \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{RVO2}(k+dr1) \\ & + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{RVO2}(k+dr1-1) \} \end{aligned} \quad (71)$$

$$U1rch(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma 1}(k+dr1) \quad (72)$$

$$U1adp(k) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr1} (\overline{\sigma 1}(i) \cdot \Delta T) \quad (73)$$

[0498] Der Gleitmodusregler **17** addiert die äquivalente Regeleingabe $U_{1eq}(k)$, die Reachingregelvorschrift-eingabe $U_{1rch}(k)$ und die adaptive Regelvorschrift-eingabe $U_{1adp}(k)$, die gemäß den Gleichungen (71) – (73) berechnet sind, um hierdurch die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$ in jedem Steuerzyklus zu berechnen.

[0499] Der Gleitmodusregler **17** berechnet auch die zeitweilige äquivalente Regeleingabe $U_{1eq}(k+1)$, die zweitweilige Reachingregelvorschrift-eingabe $U_{1rch}(k+1)$ sowie die zweitweilige adaptive Regelvorschrift-eingabe $U_{1adp}(k+1)$ in einem Steuerzyklus vor jedem Steuerzyklus gemäß den unten gezeigten Gleichungen (74) – (76), wobei "dr" in den Gleichungen (52) – (54) durch "dr1" ersetzt wird, wie bei der ersten Ausführung. Die geschätzten Differenzausgaben $RVO2(k+dr1)$ Balken, $RVO2(k+dr1+1)$ Balken, die zur Berechnung der äquivalenten Regeleingabe $U_{1eq}(k+1)$ und der Umschaltfunktion σ_1 Balken verwendet werden, sind der gegenwärtige Wert der geschätzten Differenzausgabe und der vorangehende Wert der zeitweiligen geschätzten Differenzausgabe, die in jedem Steuerzyklus durch den Schätzer **16** in der zweiten Ausführung berechnet werden.

$$U_{1eq}(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot \{ [sr1 \cdot (ar1 - 1) + sr2] \cdot \overline{RVO2}(k + dr1 + 1) + (sr1 \cdot ar2 - sr2) \cdot \overline{RVO2}(k + dr1) \} \quad (74)$$

$$U_{1rch}(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot F1 \cdot \overline{\sigma_1}(k + dr1 + 1) \quad (75)$$

$$U_{1adp}(k+1) = \frac{-1}{sr1 \cdot br1} \cdot G1 \cdot \sum_{i=0}^{k+dr1+1} (\overline{\sigma_1}(i) \cdot \Delta T) \quad (76)$$

[0500] Der Gleitmodusregler **17** addiert die äquivalente Regeleingabe $U_{1eq}(k+1)$, die Reachingregelvorschrift-eingabe $U_{1rch}(k+1)$ sowie die adaptive Regelvorschrift-eingabe $U_{1adp}(k+1)$, die gemäß den Gleichungen (74) – (76) berechnet sind, um hierdurch die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ in einem Steuerzyklus vor jedem Steuerzyklus zu berechnen.

[0501] Insbesondere führt der Gleitmodusregler **17** im in [Fig. 10](#) gezeigten SCHRITT8 einen Prozess ähnlich dem in [Fig. 13](#) gezeigten Flussdiagramm aus, außer dass "dr" durch "dr1" ersetzt ist, um hierdurch die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$ und die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ in jedem Steuerzyklus zu berechnen.

[0502] Im in [Fig. 10](#) gezeigten SCHRITT8 führt der Gleitmodusregler **17** einen Prozess ähnlich dem in [Fig. 14](#) gezeigten Flussdiagramm aus, außer dass "dr" durch "dr1" ersetzt ist, um hierdurch die Stabilität des vom Gleitmodusregler **10** ausgeführten adaptiven Gleitmodusregelprozesses zu bestimmen, d.h. die Stabilität des RSLD-Regelzustands.

[0503] Die anderen Prozesse, die von dem Anlagensteuersystem gemäß der zweiten Ausführung durchgeführt werden, sind mit jenen des Anlagensteuersystems gemäß der ersten Ausführung identisch, d.h. es werden die in den [Fig. 8](#) bis [Fig. 19](#) gezeigten Prozesse durch das Anlagensteuersystem gemäß der zweiten Ausführung ausgeführt.

[0504] Das Anlagensteuersystem gemäß der zweiten Ausführung bietet die gleichen Vorteile wie das Anlagensteuersystem gemäß der ersten Ausführung. Insbesondere ist das Anlagensteuersystem gemäß der zweiten Ausführung wirksam, wenn die Totzeit $dr1$ des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers E1 relativ lang ist.

[0505] Nachfolgend wird ein Anlagensteuersystem gemäß einer dritten Ausführung der vorliegenden Erfindung beschrieben. Das Anlagensteuersystem gemäß der dritten Ausführung hat die gleiche Systemanordnung wie das Anlagensteuersystem gemäß der ersten Ausführung, unterscheidet sich jedoch von dem Anlagensteuersystem gemäß der ersten Ausführung in Bezug auf den Prozess, der vom Schätzer **16** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** ausgeführt wird. Jene Teile des Anlagensteuersystems gemäß der dritten Ausführung, die mit jenen des Anlagensteuersystems der ersten Ausführung identisch sind, sind mit identischen Bezugszeichen bezeichnet, und jene Teile und Prozesse des Anlagensteuersystems gemäß der dritten Ausführung, die mit jenen des Anlagensteuersystems gemäß der ersten Ausführung identisch sind, werden nachfol-

gend im Detail nicht beschrieben.

[0506] In der oben beschriebenen ersten Ausführung bestimmt der Schätzer **16** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** die geschätzte Differenzausgabe $MVO2(k+dr)$ Balken, die einem Schätzwert für die Ausgabe $RVO2/OUT$ von dem stromabwärtigen O_2 -Sensor **6** nach der Gesamtzeit dr entspricht, gemäß der Gleichung (12) unter Verwendung der vergangenen Werte $MO2CMD(k-1), \dots, MO2CMD(k-dr+1)$ der Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ anstatt der künftigen Werte $MVO2(k+dr-1), \dots, MVO2(k+1)$ der Differenzausgabe $MVO2$ des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** in der Gleichung (11).

[0507] In der dritten Ausführung verwendet der Schätzer **16** Zeitseriendaten der geschätzten Differenzausgabe $MVO2$ Balken des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, die in jedem Steuerzyklus vom Schätzer **21** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** berechnet ist, wie oben beschrieben, anstelle der künftigen Werte $MVO2(k+dr-1), \dots, MVO2(k+1)$ der Differenzausgabe $MVO2$.

[0508] Insbesondere kann die geschätzte Differenzausgabe $MVO2(k+dm)$ Balken, die gemäß der Gleichung (36) in jedem Steuerzyklus durch den Schätzer **21** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** berechnet ist, grundlegend als $MVO2(k+dm) \approx \overline{MVO2}(k+dm)$ Balken betrachtet werden, weil dies ein geschätzter Wert der Differenzausgabe $MVO2(k+dm)$ (der ein künftiger Wert ist) des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7** nach der Totzeit dm ab dem gegenwärtigen Steuerzyklus ist. In der dritten Ausführung ist die Totzeit dr_2 des Systems zum Einstellen einer Eingabe zu dem stromabwärtigen Auspuffsystem **E1** gleich der Gesamtzeit dm in Bezug auf den Schätzer **21** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11**.

[0509] Daher können die künftigen Werte $MVO2(k+dr-1), \dots, MVO2(k+1)$ der Differenzausgabe $MVO2$ durch die vergangenen Werte $MVO2(k+dm-1)$ Balken, ..., $MVO2(k+1)$ Balken der geschätzten Differenzausgabe $MVO2$ Balken ersetzt werden, die durch den Schätzer **21** berechnet sind, d.h. die geschätzte Differenzausgabe $MVO2$ Balken von einem zurückliegenden Steuerzyklus bis zu $(dm-1)$ zurückliegenden Steuerzyklen.

[0510] In der zweiten Ausführung bestimmt der Schätzer **16** sequenziell in jedem Steuerzyklus die geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ Balken, die ein Schätzwert der Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** nach der Gesamtzeit dr ist, gemäß der folgenden Gleichung (77):

$$\begin{aligned} \overline{RVO2}(k+dr) = & \alpha r1 \cdot RVO2(k) + \alpha r2 \cdot RVO2(k-1) \\ & + \sum_{j=1}^{dr_2-1} \beta r(j) \cdot \overline{MVO2}(k+dm-j) \\ & + \sum_{i=dr_2}^{dr} \beta r(i) \cdot MVO2(k+dr_2-i) \end{aligned} \quad (77)$$

wobei $dr = dr_1 + dr_2$, $dr_2 \geq 2$, $dr = dm$.

[0511] Anders ausgedrückt, die Gleichung (77) ist ähnlich der Gleichung (12), die in der ersten Ausführung zur Bestimmung der geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr)$ verwendet wird, außer dass die Solldifferenzausgaben $MO2CMD(k+1), \dots, MO2CMD(k-dr+1)$ in der Gleichung (12) durch die vergangenen Werte $MVO2(k+dm-1), \dots, MVO2(k+1)$ der geschätzten Differenzausgabe $MVO2$ Balken ersetzt sind.

[0512] Die Koeffizienten $\alpha r1$, $\alpha r2$ und $\beta r(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr$) in der Gleichung (77) sind exakt die gleichen wie jene in der Gleichung (12) und werden unter Verwendung der im in [Fig. 10](#) gezeigten SCHRITTE bestimmten Verstärkungskoeffizienten $\alpha r1$, $\alpha r2$, $\beta r1$ berechnet, wie in der ersten Ausführung.

[0513] Aus den gleichen Gründen wie in der ersten Ausführung bestimmt der Schätzer **16** in jedem Steuerzyklus die zweitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken, die ein zeitweiliger geschätzter Wert der Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** nach einer Zeit $(dr+1)$ ist, die um einen Steuerzyklus länger ist als die Gesamtzeit dr , gemäß der folgenden Gleichung (78):

$$\begin{aligned}
\overline{RVO2}(k+dr+1) = & \alpha_{1p} \cdot RVO2(k) + \alpha_{2p} \cdot RVO2(k-1) \\
& + \sum_{j=1}^{dr2} \beta_{rp}(j) \cdot \overline{MVO2}(k+1+dm-j) \\
& + \sum_{i=dr2+1}^{dr+1} \beta_{rp}(i) \cdot MVO2(k+1+dr2-i)
\end{aligned} \tag{78}$$

[0514] Die Gleichung (78) ist ähnlich der Gleichung (51), die in der ersten Ausführung zur Bestimmung der zeitweiligen geschätzten Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ verwendet wird, außer dass die geschätzten Differenzausgaben $MO2CMD(k), \dots, MO2CMD(k+1-dr2)$ in der Gleichung (51) durch die Daten $MVO2(k+dm)$ Balken, ..., $MVO2(k+1)$ Balken vor der gegenwärtigen Zeit der geschätzten Differenzausgabe $MVO2$ Balken ersetzt sind.

[0515] Die Koeffizienten α_{1p} , α_{2p} und $\beta_{rp}(j)$ ($j = 1, 2, \dots, dr+1$) in der Gleichung (78) sind exakt die gleichen wie jene in der Gleichung (51) und werden unter Verwendung der im in [Fig. 10](#) gezeigten SCHRITTE bestimmten Verstärkungskoeffizienten α_1 , α_2 , β_{r1} berechnet, wie in der ersten Ausführung.

[0516] Die anderen Prozesse, die von dem Anlagensteuersystem gemäß der dritten Ausführung durchgeführt werden, sind mit jenen des Anlagensteuersystems gemäß der ersten Ausführung identisch, d.h. es werden die in den [Fig. 8](#) bis [Fig. 19](#) gezeigten Prozesse durch das Anlagensteuersystem gemäß der dritten Ausführung ausgeführt.

[0517] Das Anlagensteuersystem gemäß der dritten Ausführung bietet die gleichen Vorteile wie das Anlagensteuersystem gemäß der ersten Ausführung. Die Genauigkeit der geschätzten Differenzausgabe $RVO2$ Balken des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** kann erhöht werden, wenn die geschätzte Differenzausgabe $MVO2$ Balken, die von dem Schätzer **21** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** unter Verwendung der aktuellen Differenzausgabe $MVO2$ Balken des stromaufwärtigen O_2 -Sensors **7**, der den aktuellen Verhaltenszustand des stromaufwärtigen Auspuffsystems **E2** widerspiegelt, und der aktuellen Differenzausgabe $kact$ des LAF-Sensors **8** berechnet ist, verwendet wird, um die geschätzte Differenzausgabe $RVO2$ Balken zu berechnen.

[0518] Das Anlagensteuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die obigen Ausführungen beschränkt, sondern kann wie folgt modifiziert werden:

In den obigen Ausführungen wird der LAF-Sensor (Breitband-Luft-Kraftstoff-Verhältnissensor) **8** als ein dritter Abgassensor verwendet. Jedoch kann der dritte Abgassensor einen normalen O_2 -Sensor oder irgendeinen verschiedener anderer Typen von Sensoren umfassen, insofern er das Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Abgases erfassen kann.

In den obigen Ausführungen wird der O_2 -Sensor **6** als der erste Abgassensor verwendet. Jedoch kann der erste Abgassensor auch irgendeinen verschiedener anderer Typen von Sensoren aufweisen, insofern er die Konzentration einer bestimmten Komponente von Abgas stromab des zu regelnden Abgasreinigers erfassen kann. Wenn z.B. Kohlenmonoxid (CO) in Abgas stromab des Abgasreinigers geregelt werden soll, kann der erste Abgassensor einen CO-Sensor aufweisen. Wenn Stickoxid (NOx) in Abgas stromab des Abgasreinigers geregelt werden soll, kann der erste Abgassensor einen NOx-Sensor aufweisen. Wenn Kohlenwasserstoff (KW) in Abgas stromab des Abgasreinigers geregelt werden soll, kann der erste Abgassensor einen KW-Sensor aufweisen. Wenn der Abgasreiniger einen katalytischen Dreiwegewandler aufweist, dann kann, auch wenn die Konzentration irgendeines der obigen Gaskomponenten erfasst wird, dieser geregelt werden, um die Reinigungsleistung des Abgasreinigers zu maximieren. Wenn der Abgasreiniger einen katalytischen Wandler für Oxidation oder Reduktion aufweist, dann kann die Reinigungsleistung des Abgasreinigers erhöht werden, indem eine zu reinigende Gaskomponente direkt erfasst wird.

[0519] Ein zweiter Abgassensor, der zwischen den ersten und zweiten katalytischen Wandlern des Abgasreinigers angeordnet ist, braucht nicht notwendigerweise vom gleichen Typ wie der erste Abgassensor sein, wie im Falle der obigen Ausführungen, sondern kann von einem Typ sein, der sich von dem ersten Abgassensor unterscheidet, insofern er die Konzentration einer bestimmten Komponente erfassen kann, die zu der vom ersten Abgassensor erfassten Komponente korreliert. Somit kann der zweite Abgassensor ein solcher Sensor sein, dass dann, wenn dessen Ausgabe variiert, die Ausgabe des ersten Abgassensors in Abhängigkeit von der Ausgabe des zweiten Abgassensors variiert.

[0520] In den obigen Ausführungen bestimmt der Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystem-

controllers **10** in jedem Steuerzyklus die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$ in jedem Steuerzyklus und die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ in einem Steuerzyklus zuvor gemäß den jeweiligen unterschiedlichen Prozessen. Jedoch können die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD((k-1)+1)$, die in einem Steuerzyklus zuvor berechnet ist, als Ersatz für die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$ verwendet werden.

[0521] Insbesondere wird die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD((k-1)+1)$, die in einem Steuerzyklus vor jedem Steuerzyklus als die Summe der gemäß den Gleichungen (52) – (54) berechneten Ergebnisse (den ersten und dritten Ausführungen) oder der Summe der gemäß den Gleichungen (74) – (76) berechneten Ergebnisse (der zweiten Ausführung) berechnet ist, allgemein als gleich der Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$ betrachtet werden, die in dem gegenwärtigen Steuerzyklus als die Summe der gemäß den Gleichungen (22), (24), (25) berechneten Ergebnisse (der ersten und dritten Ausführungen) oder der Summe der gemäß den Gleichungen (71) – (73) berechneten Ergebnisse (der zweiten Ausführung) berechnet ist. Daher könnte die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD((k-1)+1)$, die in einem Steuerzyklus zuvor berechnet ist, als Ersatz für die Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k)$ verwendet werden. In diesem Fall braucht der Gleitmodusregler **17** nur die zeitweilige Solldifferenzausgabe $MO2CMD(k+1)$ in jedem Steuerzyklus zu berechnen, und der Schätzer **16** braucht nur die zeitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken (die ersten und dritten Ausführungen) oder die zeitweilige geschätzte Differenzausgabe $RVO2(k+dr+1)$ Balken (die zweite Ausführung) berechnen. Daher kann der Steueralgorithmus vereinfacht werden.

[0522] In den obigen Ausführungen wird der adaptive Gleitmodusregelprozess als der Rückkopplungsregelprozess verwendet, der von dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** und dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** ausgeführt wird. Jedoch können auch verschiedene andere Rückkopplungsprozesse verwendet werden, einschließlich einem PID-Regelprozess und einem Optimalregelprozess.

[0523] In den obigen Ausführungen bestimmt der Gleitmodusregler **22** des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** die äquivalente Regeleingabe $U2eq(k)$ gemäß der Gleichung (50). Jedoch kann der Gleitmodusregler **22** die äquivalente Regeleingabe $U2eq(k)$ auch gemäß einer Gleichung bestimmen, die der Gleichung (50) ähnlich ist, außer dass die dritten und vierten Terme (die die Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ enthaltenden Terme) in den Klammern $\{ \}$ an der rechten Seite der Gleichung (20) weggelassen sind. Dies ist, weil gemäß dem vom Gleitmodusregler **22** ausgeführten adaptiven Gleitmodusregelprozess der Effekt der obigen Weglassung durch die adaptive Regelvorschrift eingabe $U2adp$ absorbiert werden kann, und der Wert der Umschaltfunktion $\sigma 1$ Balken ausreichend auf "0" konvergiert werden kann. Mit dieser Modifikation können der Schätzer **16** und der Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** den Prozess der Berechnung der zeitweiligen geschätzten Differenzausgabe $RVO2$ Balken und der zeitweiligen Solldifferenzausgabe $MO2CMD$ weglassen.

[0524] In den obigen Ausführungen haben die Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** und des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** die gleiche Dauer. Jedoch können diese Steuerzyklen auch unterschiedliche Dauern haben. Gemäß dieser Modifikation können, um den Rückkopplungsfaktor des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** kleiner zu machen als den Rückkopplungsfaktor des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11**, die Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** länger gemacht werden als die Steuerzyklen des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11**, wenn der Absolutwert des Dämpfparameters $Rpole (= sr2/sr1)$ in Bezug auf die Umschaltfunktion $\sigma 1$ des Controllers **10** und der Absolutwert des Dämpfparameters $Mpole (= sm2/sm1)$ in Bezug auf die Umschaltfunktion $\sigma 2$ des Controllers **11** miteinander identisch sind. Allgemeiner gesagt, wenn die Steuerzyklen des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** eine Dauer Tr haben und die Steuerzyklen des stromaufwärtigen Auspuffsystemcontrollers **11** eine Dauer Tm haben, dann $Tr \geq Tm$, und die Koeffizienten $sr2$, $sr1$, $sm2$, $sm1$ in Bezug auf die Umschaltfunktionen $\sigma 1$, $\sigma 2$ werden auf diese Werte gesetzt, um der Ungleichung $|(-sm2/sm1) \cdot m| \leq |-sr2/sr1|$ ($m = Tr/Tm$) genügen.

[0525] In den obigen Ausführungen ist der Sollwert $RVO2/TARGET$ für die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** ein konstanter Wert. Wenn jedoch der katalytische Wandler stromab des Abgasreinigers **5** angeordnet ist, dann können die Daten, die zum Konvergieren der Ausgabe des stromab des katalytischen Wandlers angeordneten O_2 -Sensors auf einen vorbestimmten konstanten Wert erzeugt werden, als der Sollwert $RVO2/TARGET$ für die Ausgabe $RVO2/OUT$ des stromabwärtigen O_2 -Sensors **6** verwendet werden.

[0526] In den obigen Ausführungen werden die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$, die Parameter des stromabwärtigen Auspuffsystemmodells sind, durch den Identifizierer **15** identifiziert. Jedoch können die Verstärkungskoeffizienten $ar1$, $ar2$, $br1$ auch auf vorbestimmte Festwerte gesetzt werden, oder sie können unter Verwendung eines Kennfelds in Abhängigkeit vom Betriebszustand des Verbrennungsmotors **1** und dem Ver-

schlechterungszustand des zweiten katalytischen Wandlers **4** etabliert werden. Dies gilt auch für das stromaufwärtige Auspuffsystemmodell.

[0527] In den obigen Ausführungen verwenden der Schätzer **16** und der Gleitmodusregler **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** das gemeinsame stromabwärtige Auspuffsystemmodell. Jedoch können der Schätzer **16** und der Gleitmodusregler **17** auch jeweilige Modelle anwenden. Dies gilt auch für den stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**.

[0528] In den obigen Ausführungen wird das stromabwärtige Auspuffsystemmodell durch ein Diskretzeitsystem ausgedrückt. Jedoch kann das stromabwärtige Auspuffsystemmodell auch durch ein zeitkontinuierliches Modell ausgedrückt werden, und die Prozessalgorithmen des Schätzers **16** und des Gleitmodusreglers **17** des stromabwärtigen Auspuffsystemcontrollers **10** können auf der Basis des zeitkontinuierlichen Modells aufgebaut werden. Dies gilt auch für den stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**.

[0529] in den obigen Ausführungen ist das stromabwärtige Auspuffsystemmodell unter Verwendung der Differenzausgabe RVO2 des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** und der Differenzausgabe MVO2 des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** aufgebaut. Jedoch kann das stromabwärtige Auspuffsystemmodell auch unter Verwendung der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** und der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** aufgebaut werden. Dies gilt auch für das stromaufwärtige Auspuffsystemmodell.

[0530] In den obigen Ausführungen ist das Anlagensteuersystem, wo das gesamte Auspuffsystem E als die Anlage dient, als Beispiel beschrieben worden.

[0531] Jedoch ist das Anlagensteuersystem gemäß der vorliegenden Erfindung nicht auf die obigen Ausführungen beschränkt.

[0532] Nachfolgend wird ein Anlagensteuersystem gemäß einer noch anderen Ausführung der vorliegenden Erfindung in Bezug auf [Fig. 20](#) beschrieben.

[0533] Wie in [Fig. 20](#) gezeigt, wird eine Anlage **4** mit einer Alkalilösung mit einer Strömungsrate versorgt, die durch ein Flussratensteuerventil (einen Aktuator) **41** reguliert werden kann. Die Anlage **40** mischt die zugeführte Alkalilösung mit einer sauren Lösung an einer Mischeinheit **42**, und verrührt sie mit Rührern **43**, **44** zu einer Mischlösung.

[0534] Das Anlagensteuersystem gemäß der in [Fig. 20](#) gezeigten Ausführung dient zur Steuerung/Regelung der Strömungsrate der der Anlage **40** zugeführten Alkalilösung zum Einstellen des pH der Mischlösung (des Gemisches der Alkalilösung und der sauren Lösung), die von der Anlage **40** abgegeben wird, auf einen gewünschten pH, d.h. einen einem Neutralwert entsprechenden pH.

[0535] Wie mit den gestrichelten Linien in [Fig. 20](#) angegeben, ist die Anlage **40** in eine erste Teilanlage **40a**, die den stromaufwärtigen Rührern **43** und die Mischeinheit **42** enthält, und eine zweite Teilanlage **40b**, die den stromabwärtigen Rührer **44** enthält, aufgeteilt. Die Anlage **40** ist aus diesen ersten und zweiten Teilanlagen **40a**, **40b** aufgebaut.

[0536] Das Anlagensteuersystem hat einen pH-Sensor **45** (erstes Erfassungsmittel), der am Auslass der Anlage **40** angeordnet ist, um den pH der von der Anlage **40** abgegebenen Mischlösung, die insgesamt von der Anlage **40** erzeugt wird, zu erfassen, einen pH-Sensor **46** (zweites Erfassungsmittel), der zwischen der ersten Teilanlage **40a** und der zweiten Teilanlage **40b** angeordnet ist, um den pH der von der ersten Teilanlage **40a** zu der zweiten Teilanlage **40b** gelieferten Mischlösung zu erfassen, einen pH-Sensor **47** (drittes Erfassungsmittel), der am Einlass der Anlage **40** angeordnet ist, um eine Strömungsrate der der ersten Teilanlage **40a** zugeführten Alkalilösung zu erfassen, d.h. der der Anlage **40** zugeführten Alkalilösung, sowie eine Steuereinheit **48** zur Durchführung einer Prozessoperation (später beschrieben) auf der Basis jeweiliger Ausgaben V1/OUT, V2/OUT, V3/OUT der pH-Sensoren **45**, **46** und der Strömungsratensensor **47**.

[0537] Die Steuereinheit **48** umfasst einen Mikrocomputer oder dgl. Die Steuereinheit **48** umfasst einen ersten Controller **49** (erstes Steuerprozessmittel) zum sequenziellen Erzeugen eines Sollwerts V2CMD für die Ausgabe V2/OUT des pH-Sensors **44**, d.h. eines Sollwert für den pH der Mischlösung, die von der ersten Teilanlage **40a** der zweiten Teilanlage **40b** zugeführt wird, um die Ausgabe V1/OUT des pH-Sensors **43**, d.h. den erfassten Wert des pH der von der zweiten Teilanlage **40b** erzeugten Mischlösung auf einen vorbestimmten Sollwert V1/TARGET zu konvergieren, einen zweiten Controller **50** (zweites Steuerprozessmittel) zum sequen-

ziellen Erzeugen eines Sollwert V3CMD für die Ausgabe V3/OUT des Strömungsratensensors **47**, d.h. einer Sollströmungsrate für die der ersten Teilanlage **40b** zuzuführende Alkalilösung, um die Ausgabe VO2/OUT des pH-Sensors **44** auf den Sollwert V2CMD zu konvergieren, sowie einen Ventilcontroller **51** (Aktuatorsteuermitel) zum Steuern/Regeln des Betriebs des Strömungsratensteuerventils **41** zum Konvergieren der Ausgabe V3/OUT des Strömungsratensensors **47** auf den Sollwert V3CMD.

[0538] Der erste Controller **49** entspricht dem stromabwärtigen Auspuffsystemcontroller **10** in dem Anlagensteuersystem gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführung, und hat einen Identifizierer, einen Schätzer, einen Gleitmodusregler etc. (nicht gezeigt), wie der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10**.

[0539] Die Ausgaben V1/OUT, V2/OUT der pH-Sensoren **45**, **46** entsprechen jeweils der Ausgabe RVO2/OUT des stromabwärtigen O₂-Sensors **6** bzw. der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** in der ersten Ausführung, und die zweite Teilanlage **40b** entspricht dem stromabwärtigen Auspuffsystem E1 in der ersten Ausführung. Die Prozessalgorithmen des Identifizierers, des Schätzers und des Gleitmodusreglers des ersten Controllers **49** sind in der gleichen Weise aufgebaut wie der stromabwärtige Auspuffsystemcontroller **10**.

[0540] Der vom ersten Controller **49** erzeugte Sollwert V2CMD entspricht dem Sollwert MVO2/TARGET (= MO2CMD + MVO2/BASE) für die Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7**. Jedoch kann der erste Controller **49** die Differenz zwischen dem Sollwert V2CMD und einem vorbestimmten Referenzwert (entsprechend dem Referenzwert MVO2/BASE in der ersten Ausführung) anstelle des Sollwerts V2CMD erzeugen. Die Gesamtzeit dr in der ersten Ausführung entspricht der Gesamtzeit, die die Summe der Totzeit (entsprechend der Totzeit dr1) der zweiten Teilanlage **40b** und der Totzeit (entsprechend der Totzeit br2) eines Systems ist, das den zweiten Controller **50**, den Ventilcontroller **51**, das Strömungsratensteuerventil **41** und die erste Teilanlage **40a** umfasst.

[0541] Der zweite Controller **50** entspricht dem stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11** in der ersten Ausführung und hat einen Identifizierer, einen Schätzer, einen Gleitmodusregler etc. (nicht gezeigt), wie beim stromaufwärtigen Auspuffsystemcontroller **11**.

[0542] Die Ausgabe V2/OUT des pH-Sensors **46** und die Ausgabe V3/OUT des Strömungsratensensors **47** entsprechen jeweils der Ausgabe MVO2/OUT des stromaufwärtigen O₂-Sensors **7** und der Ausgabe KACT des LAF-Sensors **8**, und die erste Teilanlage **40a** entspricht dem stromaufwärtigen Auspuffsystem E2 in der ersten Ausführung. Die Prozessalgorithmen des Identifizierers, des Schätzers und des Gleitmodusreglers des zweiten Controllers **50** sind in der gleichen Weise aufgebaut wie der stromaufwärtige Auspuffsystemcontroller **11**.

[0543] Der vom zweiten Controller **50** erzeugte Sollwert V3CMD entspricht dem Soll-Luft-Kraftstoff-Verhältnis KCMD in der ersten Ausführung. Die Gesamtzeit dm in der ersten Ausführung entspricht der Gesamtzeit, die die Summe der Totzeit (entsprechend der Totzeit dm1) der ersten Teilanlage **40a** und der Totzeit (entsprechend der Totzeit dm2) eines Systems ist, das den Ventilcontroller **51** und das Strömungsratensteuerventil **41** umfasst.

[0544] Wie bei dem allgemeinen Rückkopplungsregler **28** in der ersten Ausführung hat der Ventilcontroller **51** einen PID-Regler oder einen adaptiven Regler, der einen Befehlswert zum Öffnen des Strömungsratensteuerventils **41** erzeugt, um die Ausgabe V3/OUT (die erfasste Strömungsrate) des Strömungsratensensors **47** auf den Sollwert V3CMD zu konvergieren, und stellt die Öffnung des Strömungsratensteuerventils **41** entsprechend dem erzeugten Befehlswert ein.

[0545] Im in [Fig. 20](#) gezeigten Anlagensteuersystem werden der Steuer/Regelprozess der zweiten Teilanlage **40b** und der Steuer/Regelprozess der ersten Teilanlage **40a** jeweils von dem ersten Controller **49** bzw. dem zweiten Controller **50** ausgeführt. Auch wenn daher die Gesamtzeit der Anlage **40** lang ist, kann der pH der Mischlösung, die schließlich von der Anlage **40** erzeugt wird, genau und stabil auf einen gewünschten pH geregelt werden.

[0546] Das in [Fig. 20](#) gezeigte Anlagensteuersystem ist in Zuordnung zu dem Anlagensteuersystem gemäß der ersten Ausführung beschrieben worden. Jedoch kann das in [Fig. 20](#) gezeigte Anlagensteuersystem auch so aufgebaut werden, dass es den Anlagensteuersystemen gemäß den zweiten und dritten Ausführungen zugeordnet ist.

[0547] Das in [Fig. 20](#) gezeigte Anlagensteuersystem kann in der oben beschriebenen Weise in Bezug auf die

Anlagensteuersysteme gemäß den ersten, zweiten und dritten Ausführungen modifiziert werden.

[0548] Obwohl bestimmte bevorzugte Ausführungen der vorliegenden Erfindung gezeigt und im Detail beschrieben worden sind, sollte es sich verstehen, dass verschiedene Änderungen und Modifikationen darin vorgenommen werden können, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen, der durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

Patentansprüche

1. Anlagensteuersystem zum Steuern/Regeln einer Anlage (E) zum Erzeugen einer Ausgabe aus einer Eingabe aufeinanderfolgend durch eine erste Teilanlage (E2) und eine zweite Teilanlage (E1), umfassend:
 einen Aktuator zum Erzeugen einer Eingabe zu der Anlage (E);
 ein erstes Erfassungsmittel (6) zum Erfassen einer Ausgabe aus der Anlage (E);
 ein zweites Erfassungsmittel (7) zum Erfassen einer Ausgabe aus der ersten Teilanlage, die durch die erste Teilanlage in Abhängigkeit von der Eingabe zu der Anlage erzeugt wird;
 ein drittes Erfassungsmittel (8) zum Erfassen der Eingabe zu der Anlage;
 ein erstes Steuerprozessmittel (10) zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Sollwert für eine Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, der erforderlich ist, um eine Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) auf einen vorbestimmten Sollwert zu konvergieren, gemäß einem Rückkopplungsregelprozess;
 ein zweites Steuerprozessmittel (11) zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die eine Solleingabe zu der Anlage (E) repräsentieren, die erforderlich ist, um die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) auf den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) zu konvergieren, der durch die Daten repräsentiert wird, die durch das erste Steuerprozessmittel (10) erzeugt werden, gemäß einem Rückkopplungsregelprozess;
 ein Aktuatorsteuermittel zum Einstellen einer Ausgabe des Aktuators in die Solleingabe zu der Anlage (E), die durch die Daten repräsentiert wird, die durch das zweite Steuerprozessmittel (11) erzeugt werden;
 ein erstes Schätzmittel (16) zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) nach einer Totzeit der zweiten Teilanlage (E1) repräsentieren, unter Verwendung der Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel (6, 7);
 ein zweites Schätzmittel (21) zum sequenziellen Erzeugen von Daten, die einen Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) nach einer Gesamtzeit repräsentieren, die die Summe einer Totzeit der ersten Teilanlage (E2) und der Totzeit eines Systems ist, das das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst, unter Verwendung der Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel (7, 8); und
 wobei das erste Steuerprozessmittel (10) ein Mittel umfasst, um Daten zu erzeugen, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, unter Verwendung der durch das erste Schätzmittel (16) erzeugten Daten, und wobei das zweite Steuerprozessmittel (11) ein Mittel umfasst, um Daten zu erzeugen, die die Solleingabe zu der Anlage (E) repräsentieren, unter Verwendung der durch das zweite Schätzmittel (21) erzeugten Daten.

2. Anlagensteuersystem nach Anspruch 1, worin die Anlage (E) ein Auspuffsystem umfasst, das von einer Position stromauf eines Abgasreinigers (5), der einen ersten katalytischen Wandler (3) und einen zweiten katalytischen Wandler (4) umfasst, die stromab aufeinanderfolgend in einer Auspuffleitung eines Verbrennungsmotors (1) angeordnet sind, zu einer Position stromab des Abgasreinigers (5) reicht, wobei das Auspuffsystem den Abgasreiniger (5) enthält, wobei die erste Teilanlage (E2) ein System umfasst, das von der Position stromauf des Abgasreinigers (5) zu einer Position zwischen den ersten und zweiten katalytischen Wandlern (3, 4) reicht, wobei die zweite Teilanlage (E1) ein System umfasst, das von der Position zwischen den ersten und zweiten katalytischen Wandlern zu der Position stromab des Abgasreinigers (5) reicht, und worin die Eingabe zu der Anlage (3), wie durch das dritte Erfassungsmittel (8) erfasst, ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis eines Luft-Kraftstoff-Gemisches umfasst, das in dem Verbrennungsmotor (1) als der Aktuator zum Erzeugen des Abgases verbrannt wird, das in den Abgasreiniger (5) eintritt, wobei die Ausgabe von der Anlage, wie durch das erste Erfassungsmittel (6) erfasst, die Konzentration einer Komponente des Abgases umfasst, das durch den Abgasreiniger (5) hindurchgetreten ist, und die Ausgabe der ersten Teilanlage (E2), wie durch das zweite Erfassungsmittel (7) erfasst, die Konzentration einer Komponente des Abgases umfasst, das durch den ersten katalytischen Wandler (3) in den zweiten katalytischen Wandler (4) eingeführt wird.

3. Anlagensteuersystem nach Anspruch 1 oder 2, worin das erste Steuerprozessmittel (10) ein Mittel umfasst, um die Daten zu erzeugen, die den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, um den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) nach der Totzeit der zweiten Teilanlage (E1), wie durch die vom ersten Schätzmittel (16) erzeugten Daten repräsentiert, auf den Sollwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) zu konvergieren, und das zweite Steuerprozessmittel (11) ein

Mittel umfasst, um die Daten zu erzeugen, die die Sollleistung zu der Anlage (E) repräsentieren, um den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) nach der Gesamtzeit, wie durch die vom zweiten Schätzmittel (21) erzeugten Daten repräsentiert, auf den Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) zu konvergieren.

4. Anlagensteuersystem nach Anspruch 1 oder 2, worin das erste Schätzmittel (16) ein Mittel umfasst, um die Daten zu erzeugen, die den Schätzwert für die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) repräsentieren, gemäß einem Algorithmus, der auf der Basis eines Modells der zweiten Teilanlage (E1) aufgebaut ist, das ein Verhalten der zweiten Teilanlage (E1) als ein System ausdrückt zum Erzeugen von Daten, die die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) repräsentieren, aus Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, mit einer Totzeit und einer Ansprechverzögerung.

5. Anlagensteuersystem nach Anspruch 4, worin das Modell der zweiten Teilanlage (E1) ein Modell umfasst, das das Verhalten der zweiten Teilanlage (E1) ausdrückt, unter Verwendung der Differenz zwischen der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, sowie der Differenz zwischen der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) repräsentieren.

6. Anlagensteuersystem nach Anspruch 4, das ferner ein Identifikationsmittel (15) umfasst, zum sequenziellen Identifizieren von zu etablierenden Parametern des Modells der zweiten Teilanlage (E1) unter Verwendung der Ausgaben der ersten und zweiten Erfassungsmittel (6, 7).

7. Anlagensteuersystem nach Anspruch 1 oder 2, worin das zweite Schätzmittel (21) ein Mittel umfasst zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, gemäß einem Algorithmus, der auf der Basis eines Modells der ersten Teilanlage (E2) aufgebaut ist, das ein Verhalten der ersten Teilanlage (E2) als ein System ausdrückt zum Erzeugen von Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, aus Daten, die die Ausgabe des dritten Erfassungsmittels (8) repräsentieren, mit einer Totzeit und einer Ansprechverzögerung.

8. Anlagensteuersystem nach Anspruch 7, worin das zweite Schätzmittel (21) ein Mittel umfasst zum Erzeugen der Daten, die den Schätzwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren, unter Verwendung der vorausliegenden Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel (7, 8) und der Sollleistung zu der Anlage, wie durch die Daten repräsentiert, die durch das zweite Steuerprozessmittel (11) erzeugt werden, unter der Annahme, dass eine Ist-Ausgabe des dritten Erfassungsmittels (8) nach der Totzeit eines Systems, das das Aktuatorsteuermittel und den Aktuator umfasst, gleich der Sollleistung zu der Anlage ist, wie durch die Daten repräsentiert, die durch das zweite Steuerprozessmittel (11) erzeugt werden.

9. Anlagensteuersystem nach Anspruch 7, worin das Modell der ersten Teilanlage (E2) ein Modell umfasst, welches das Verhalten der ersten Teilanlage (E2) ausdrückt, unter Verwendung der Differenz zwischen der Ausgabe des dritten Erfassungsmittels (8) und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des dritten Erfassungsmittels (8) repräsentieren, sowie der Differenz zwischen der Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) und einem vorbestimmten Referenzwert dafür als die Daten, die die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) repräsentieren.

10. Anlagensteuersystem nach Anspruch 7, das ferner ein Identifikationsmittel (15) umfasst zum sequenziellen Identifizieren von zu etablierenden Parametern des Modells der ersten Teilanlage (E2) unter Verwendung der Ausgaben der zweiten und dritten Erfassungsmittel (7, 8).

11. Anlagensteuersystem nach Anspruch 1 oder 2, worin der Rückkopplungsregelprozess, der durch das erste Steuerprozessmittel (10) ausgeführt wird, einen Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ umfasst.

12. Anlagensteuersystem nach Anspruch 11, worin der Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ einen Gleitmodusregelprozess umfasst.

13. Anlagensteuersystem nach Anspruch 12, worin der Gleitmodusregelprozess einen adaptiven Gleitmodusregelprozess umfasst.

14. Anlagensteuersystem nach Anspruch 1 oder 2, worin der Rückkopplungsregelprozess, der durch das zweite Steuerprozessmittel (11) ausgeführt wird, einen Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ umfasst.

15. Anlagensteuersystem nach Anspruch 14, worin der Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ einen Gleitmodusregelprozess umfasst.

16. Anlagensteuersystem nach Anspruch 15, worin der Gleitmodusregelprozess einen adaptiven Gleitmodusregelprozess umfasst.

17. Anlagensteuersystem nach Anspruch 12, das ferner ein Mittel umfasst zum Bestimmen der Stabilität eines Prozesses zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) auf den vorbestimmten Sollwert gemäß dem Gleitmodusregelprozess, worin das zweite Steuerprozessmittel ein Mittel zum Erzeugen der Daten umfasst, die die Solleingabe zu der Anlage (E) repräsentieren, wobei der Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) ein vorbestimmter Wert ist, wenn der Prozess zum Konvergieren der Ausgabe des ersten Erfassungsmittels (6) auf den vorbestimmten Sollwert als instabil bewertet wird.

18. Anlagensteuersystem nach Anspruch 2, worin das erste Erfassungsmittel (6) einen Abgassensor umfasst zum Erzeugen einer Ausgabe in Abhängigkeit von der Konzentration einer Komponente des Abgases, das durch den zweiten katalytischen Wandler (4) hindurchgetreten ist, wenn der Abgassensor aktiviert ist, und das zweite Steuerprozessmittel (11) ein Mittel umfasst zum Bestimmen, ob das erste Erfassungsmittel (6) aktiviert ist oder nicht, sowie ein Mittel zum Erzeugen der Daten, die die Solleingabe zu der Anlage repräsentieren, wobei der Sollwert für die Ausgabe des zweiten Erfassungsmittels (7) ein vorbestimmter Wert ist, wenn das erste Erfassungsmittel (6) als inaktiviert bewertet wird.

19. Anlagensteuersystem nach Anspruch 1 oder 2, worin der von dem ersten Steuerprozessmittel (10) ausgeführte Rückkopplungsregelprozess einen Rückkopplungsfaktor hat, der kleiner ist als der Rückkopplungsfaktor des von dem zweiten Steuerprozessmittel (11) ausgeführten Rückkopplungsregelprozesses.

20. Anlagensteuersystem nach Anspruch 19, worin zumindest einer der Rückkopplungsregelprozesse, die durch das erste und zweite Steuerprozessmittel (10, 11) ausgeführt werden, einen Regelprozess vom reaktionsanzeigenden Typ umfasst.

Es folgen 20 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

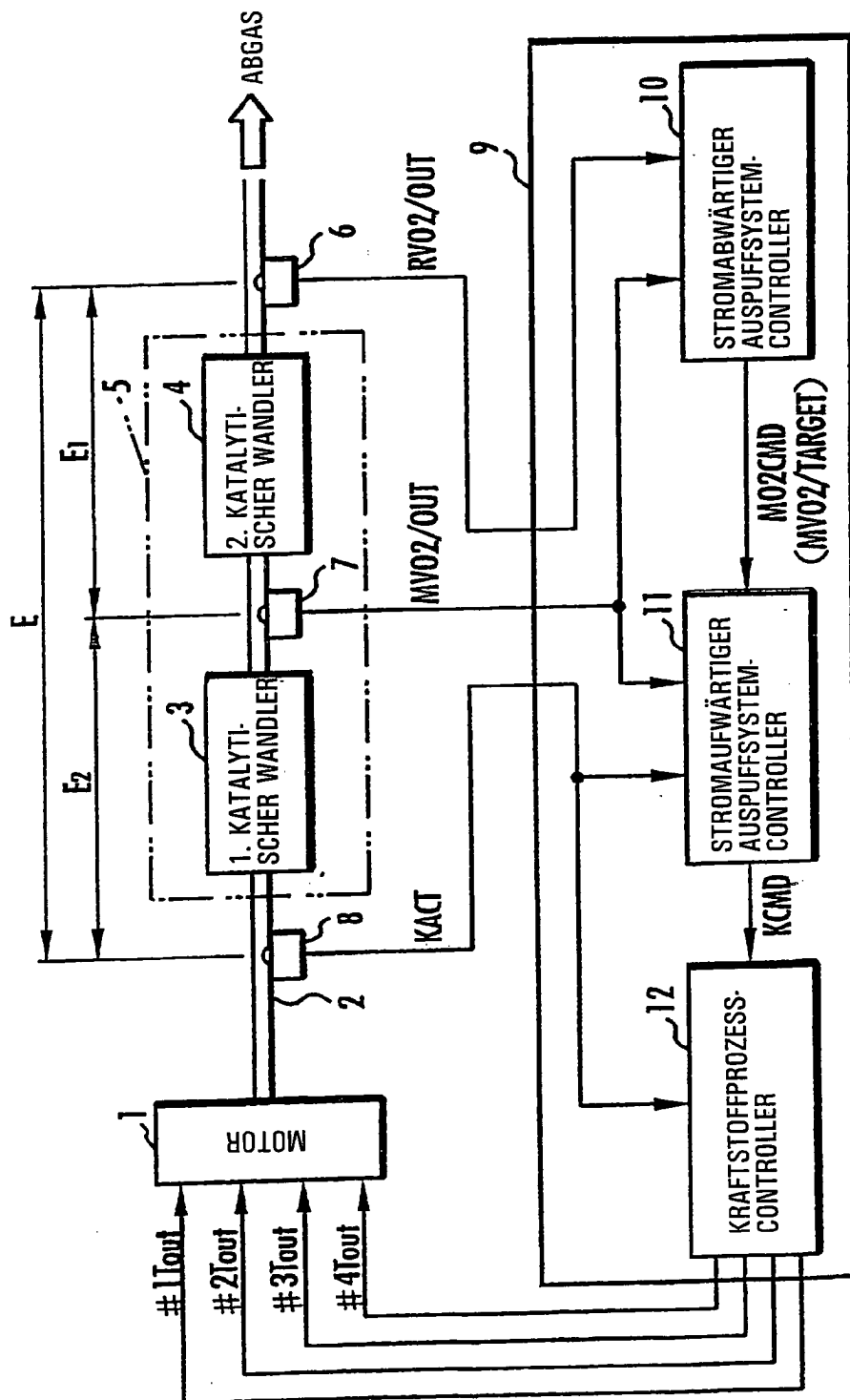


FIG.2

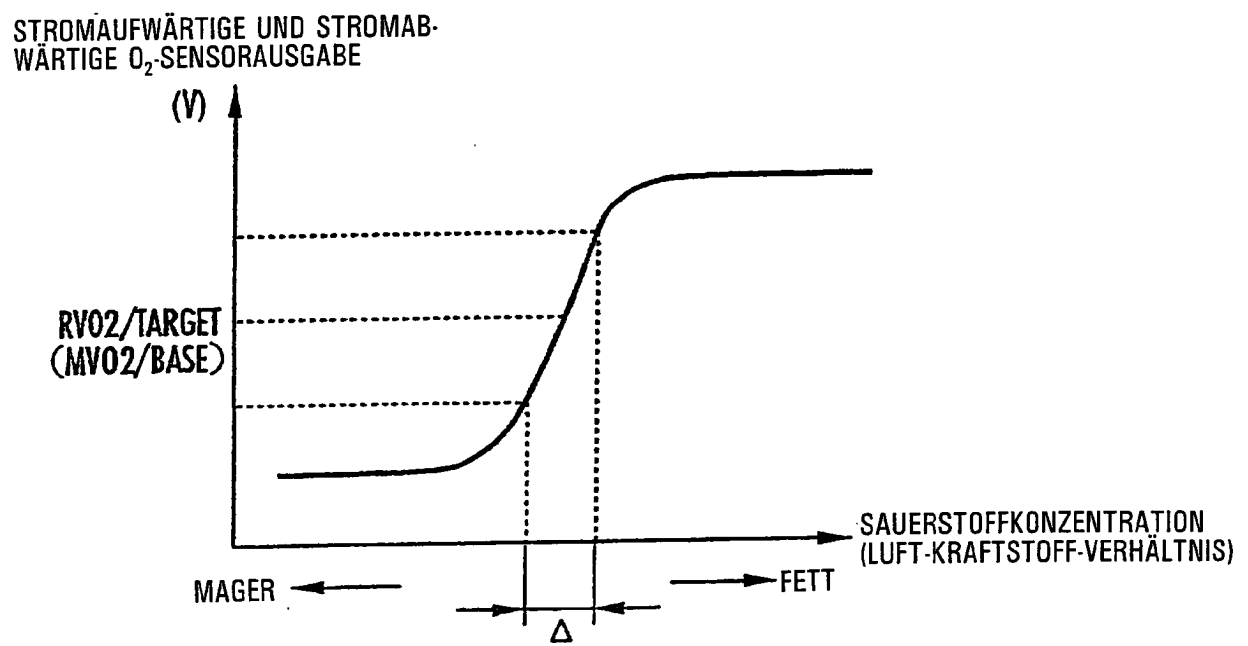


FIG. 3

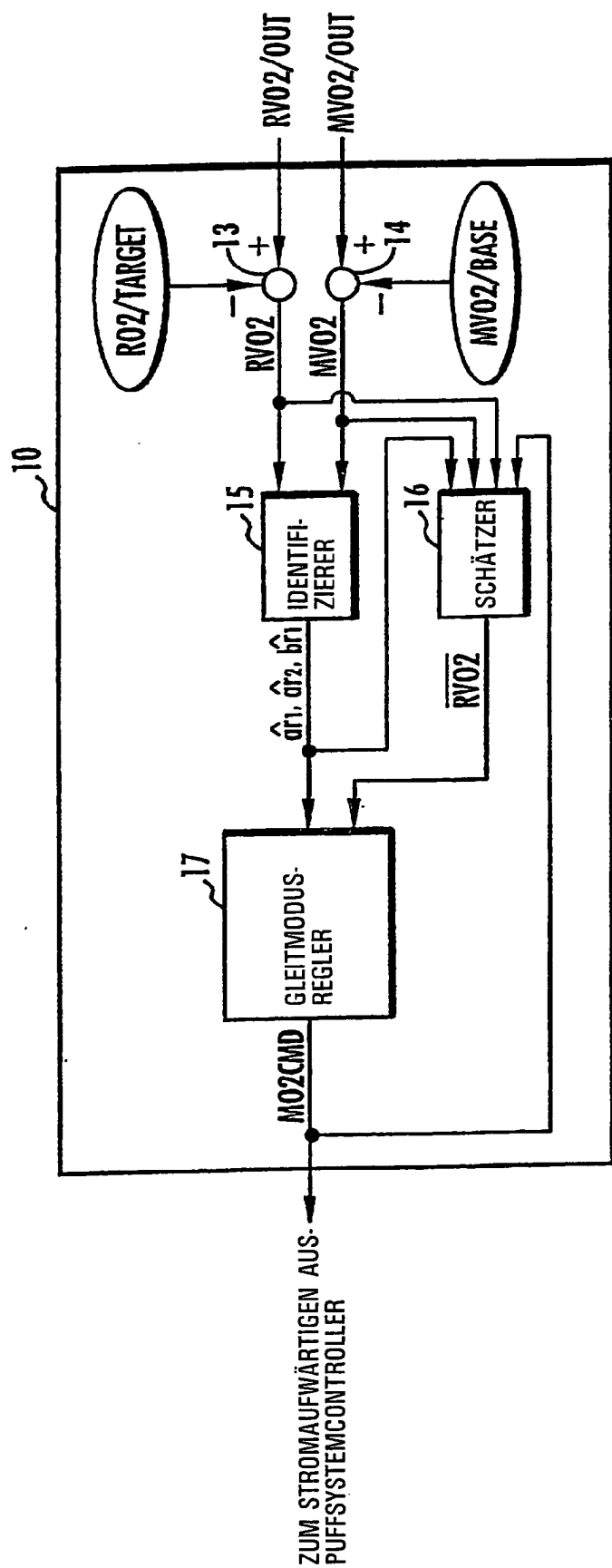


FIG.4

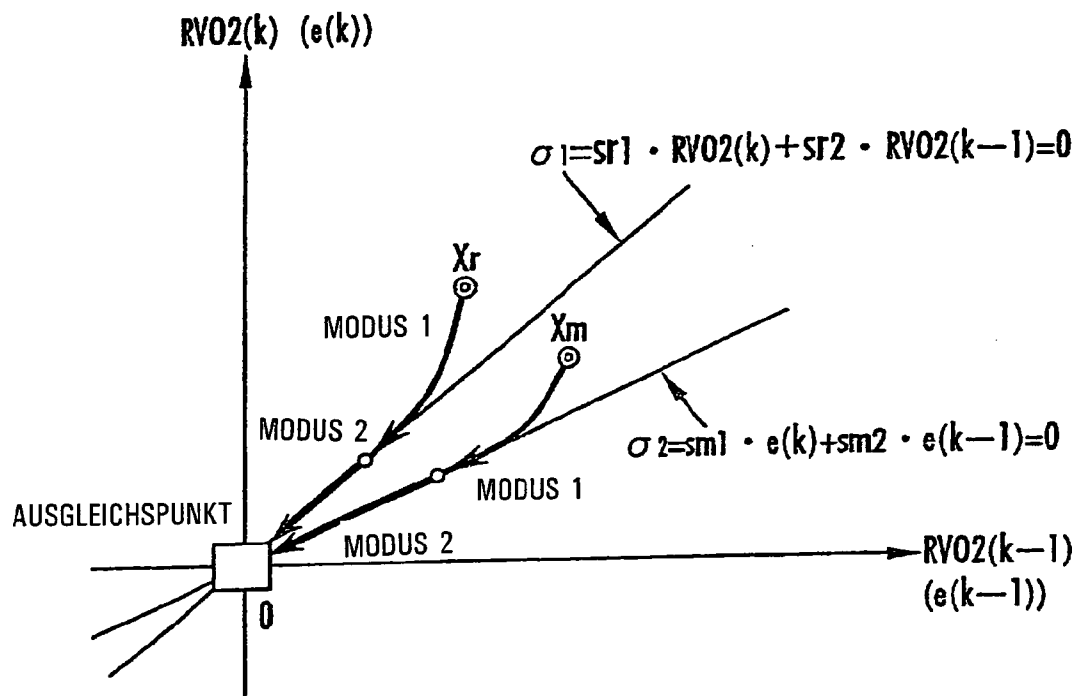


FIG. 5

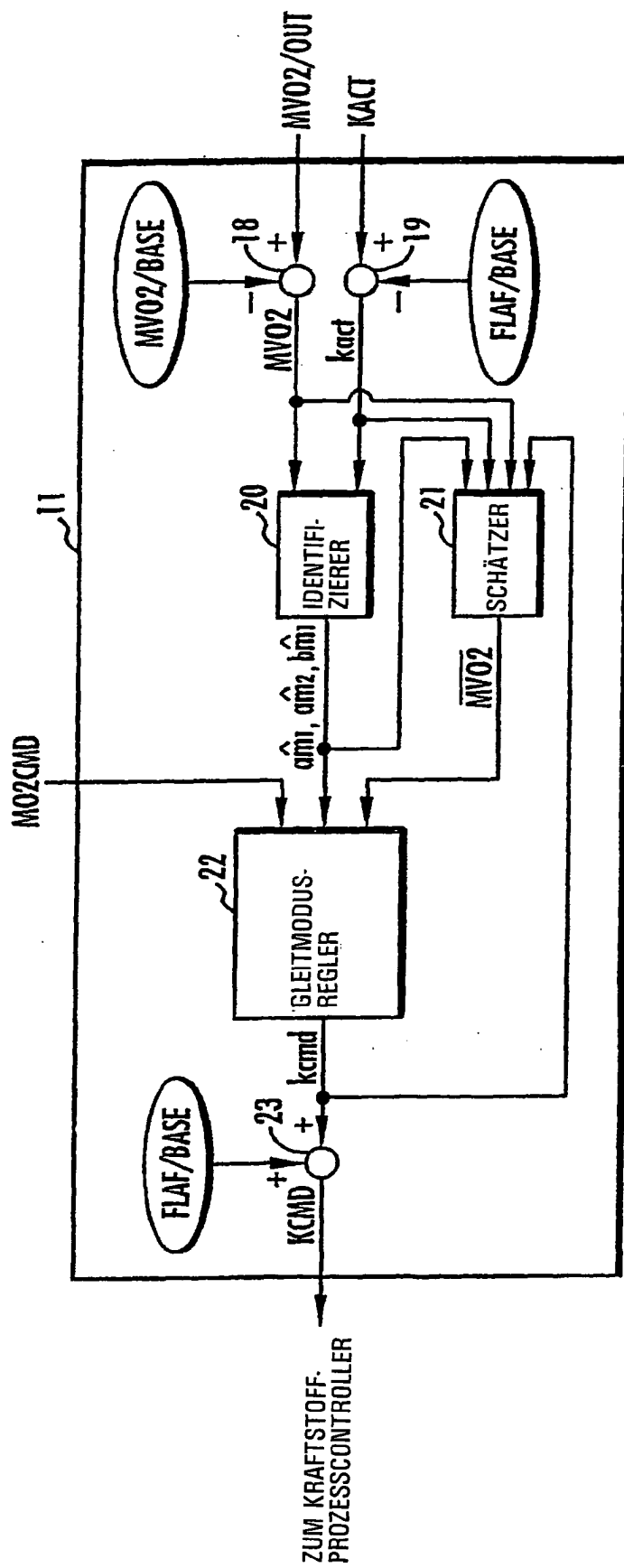


FIG. 6

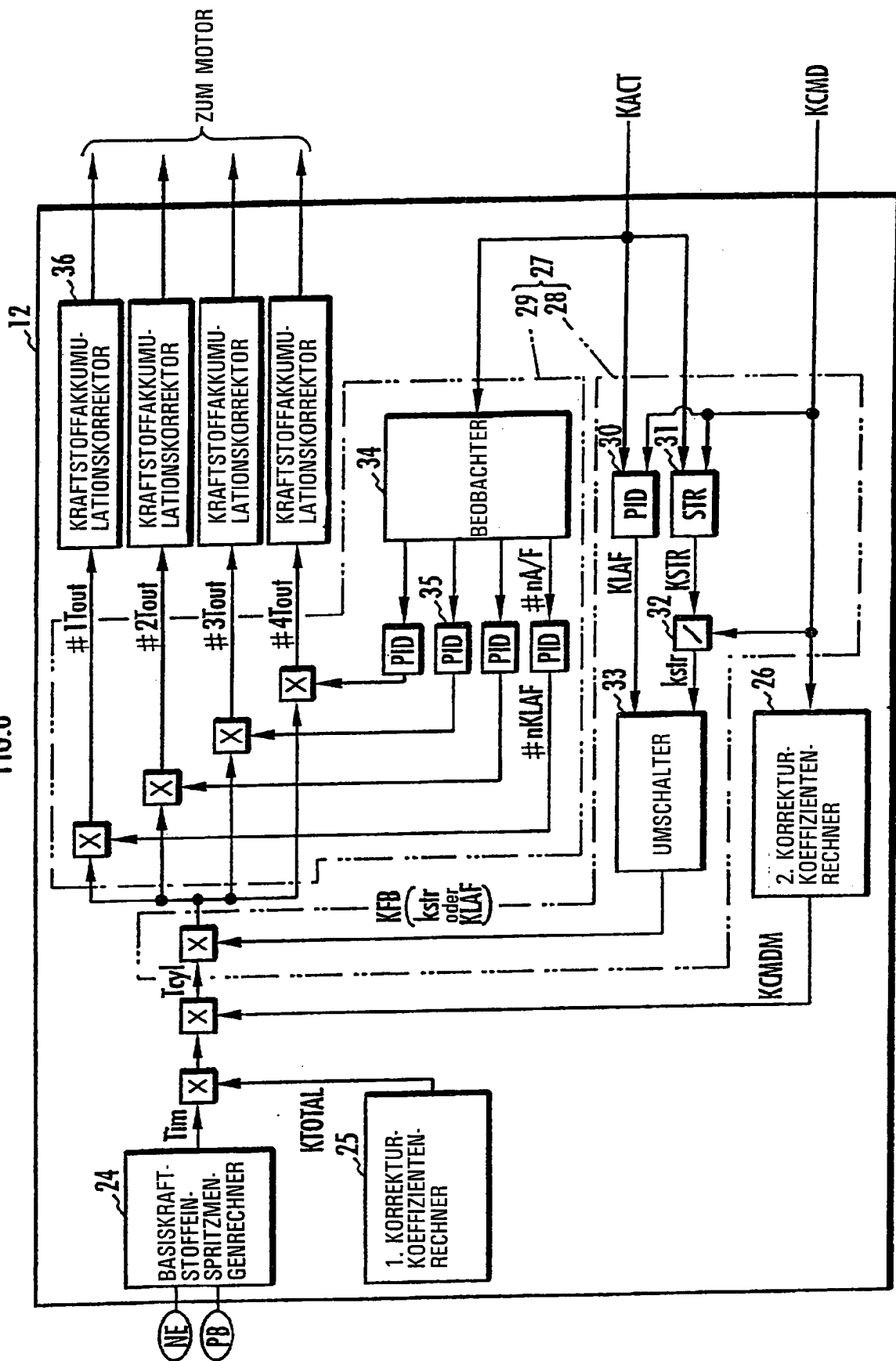


FIG. 7

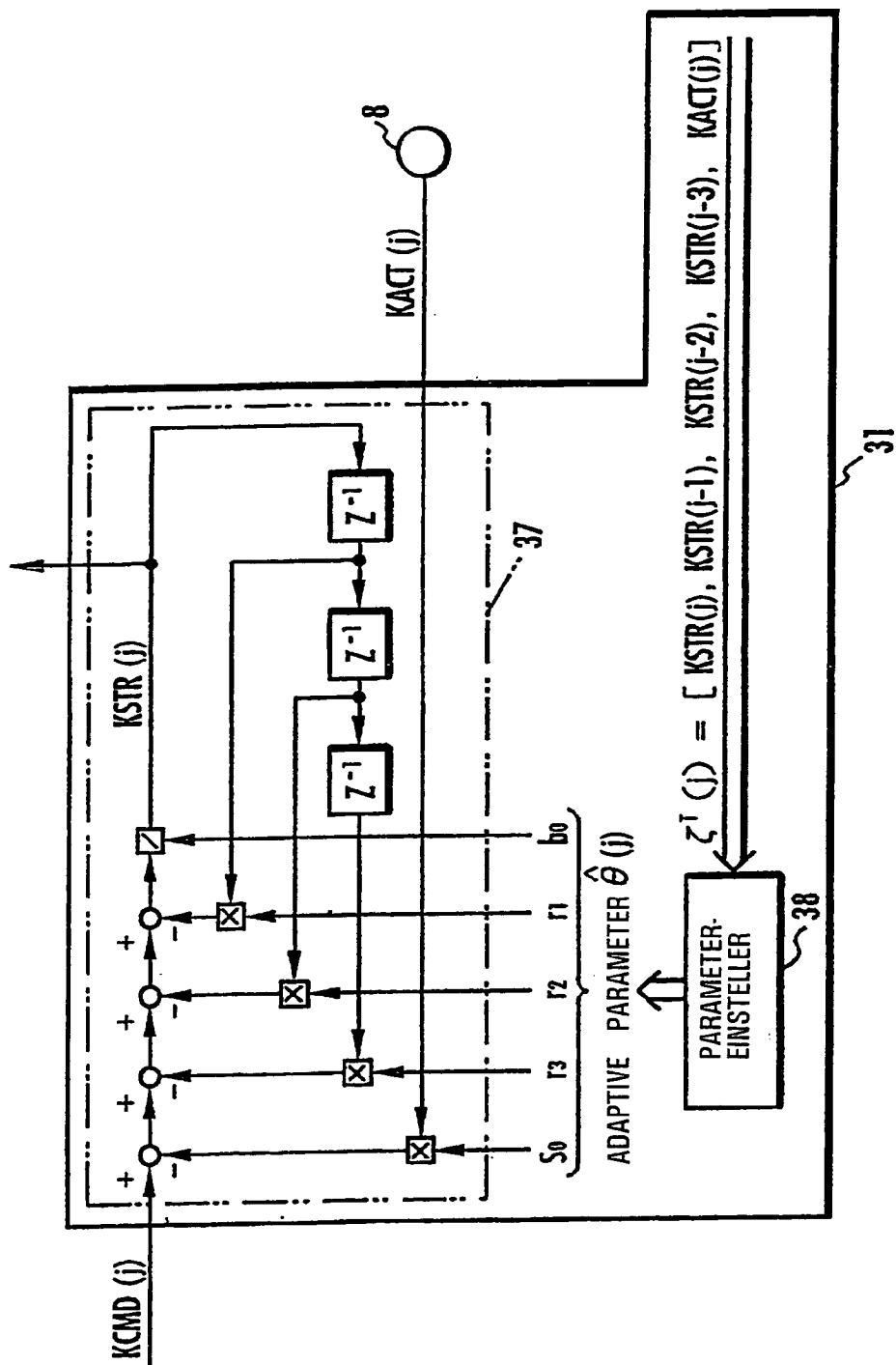


FIG. 8

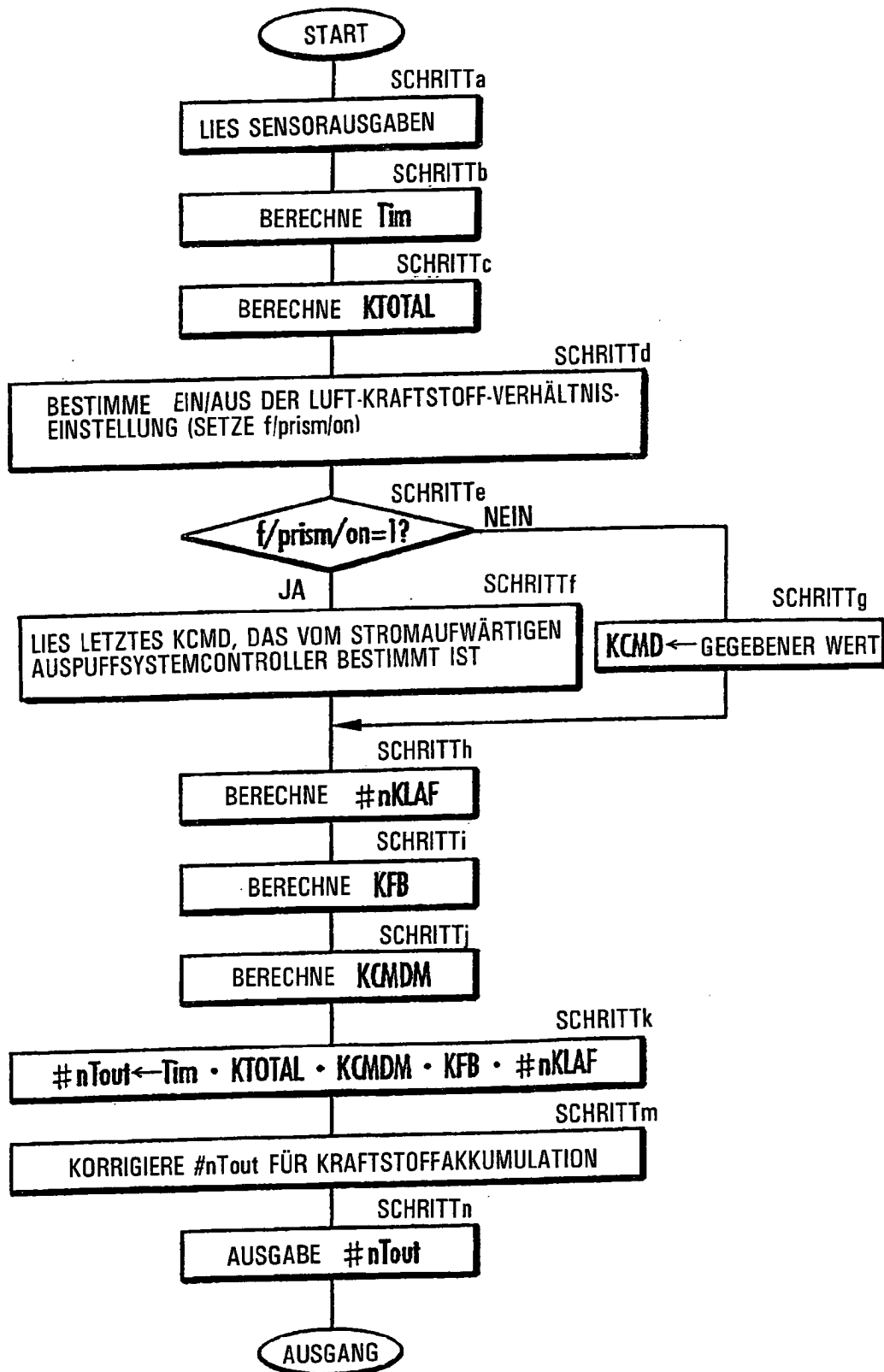


FIG. 9

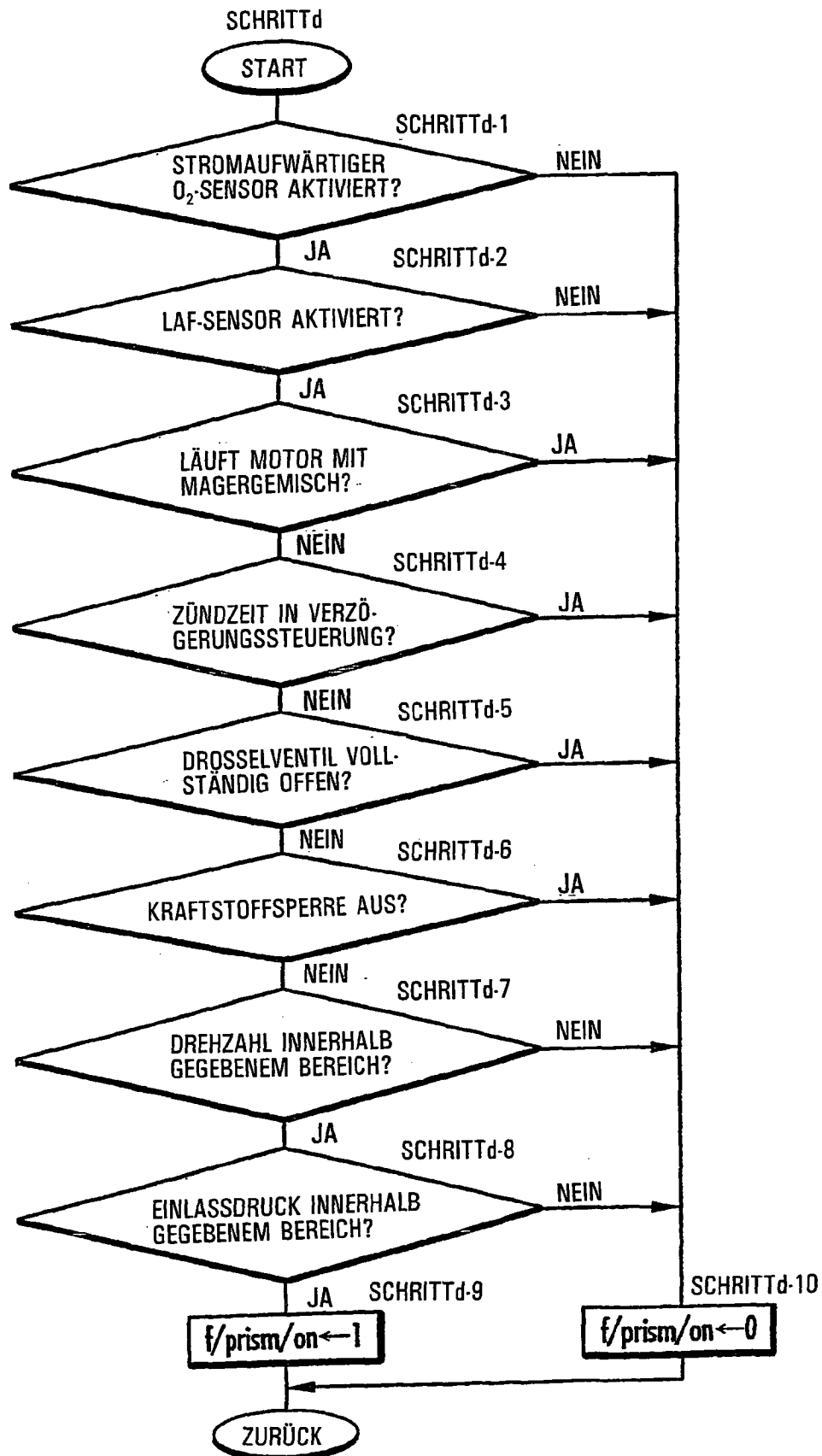


FIG. 10

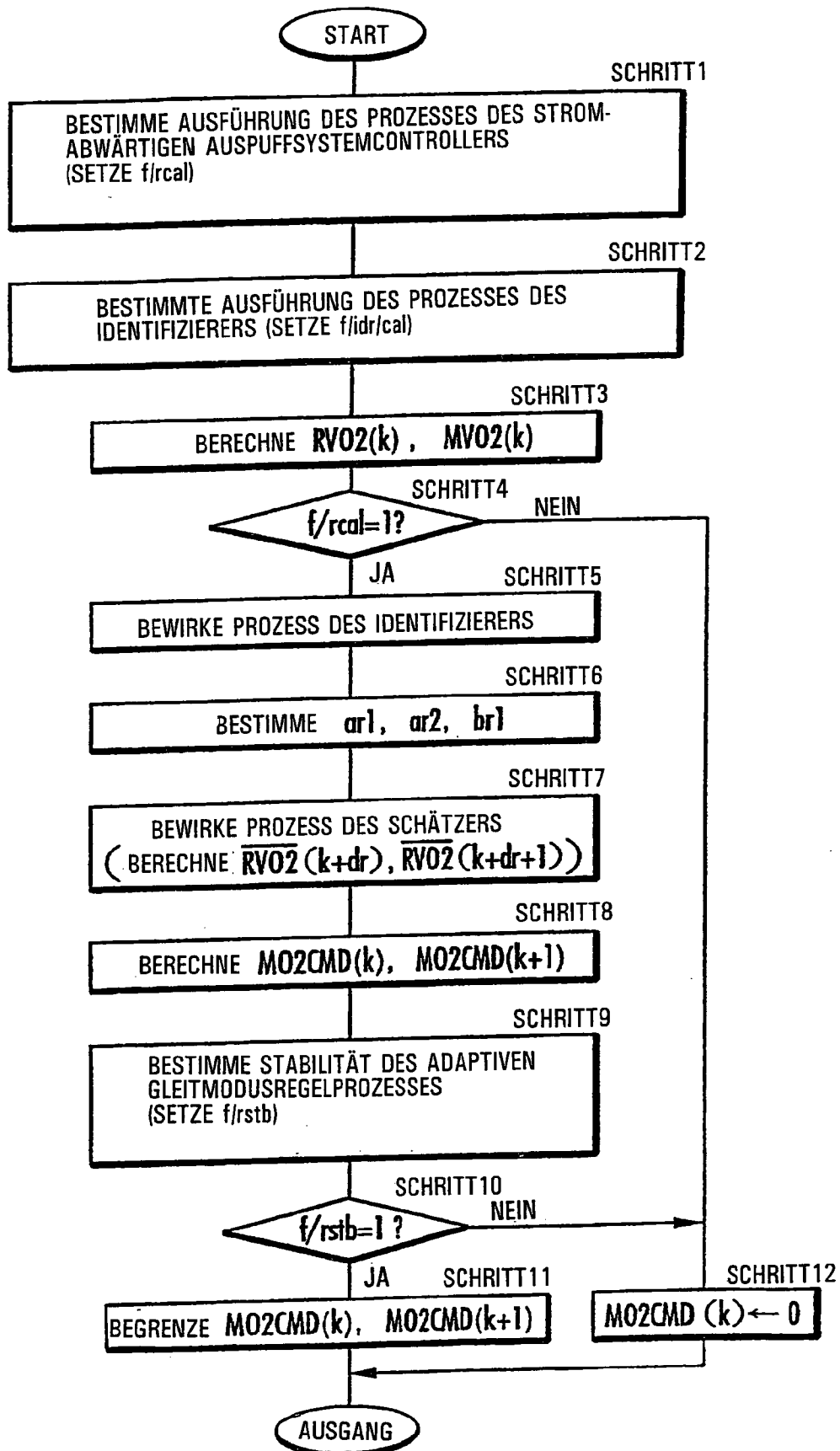


FIG. 11

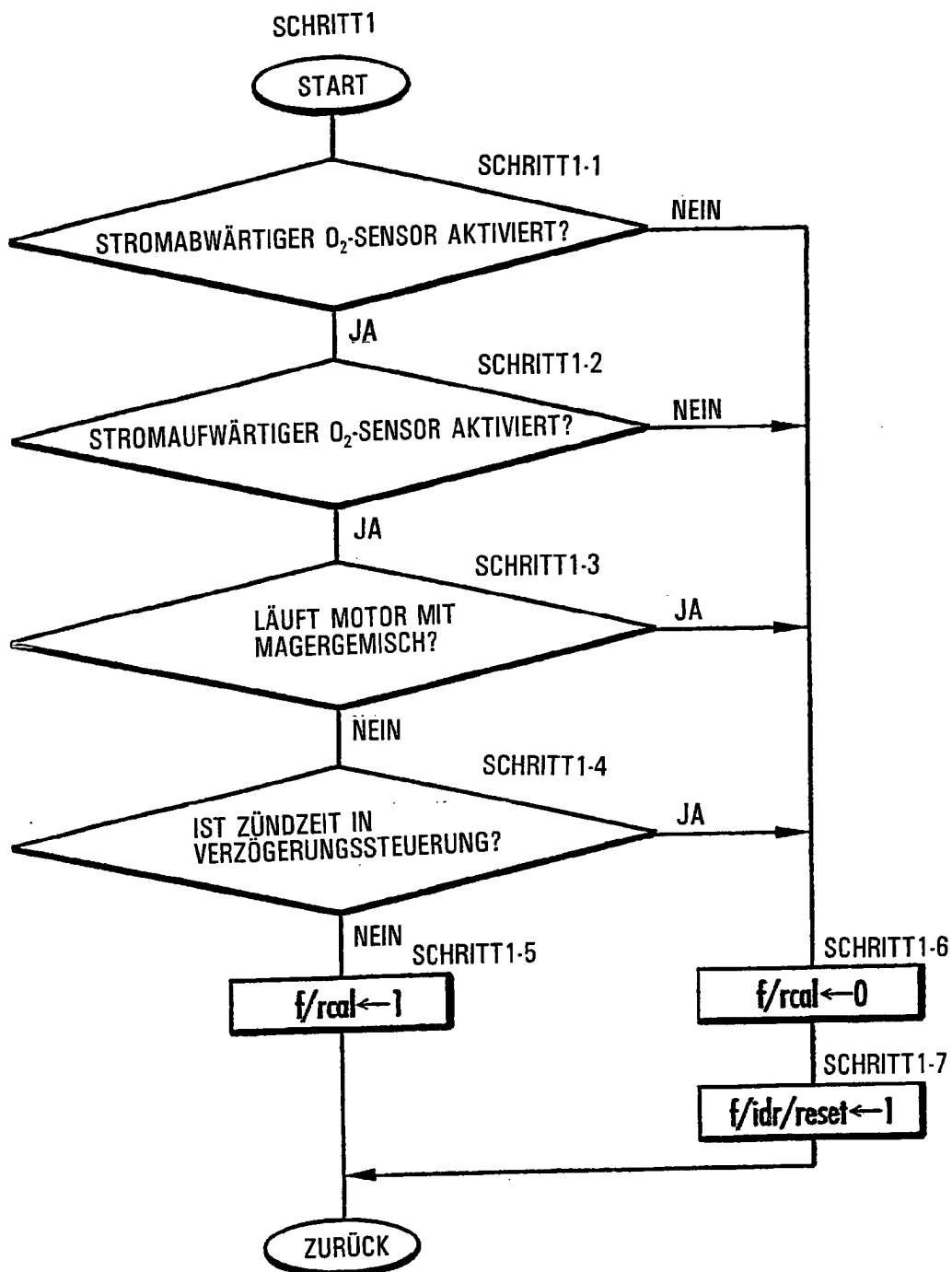


FIG. 12

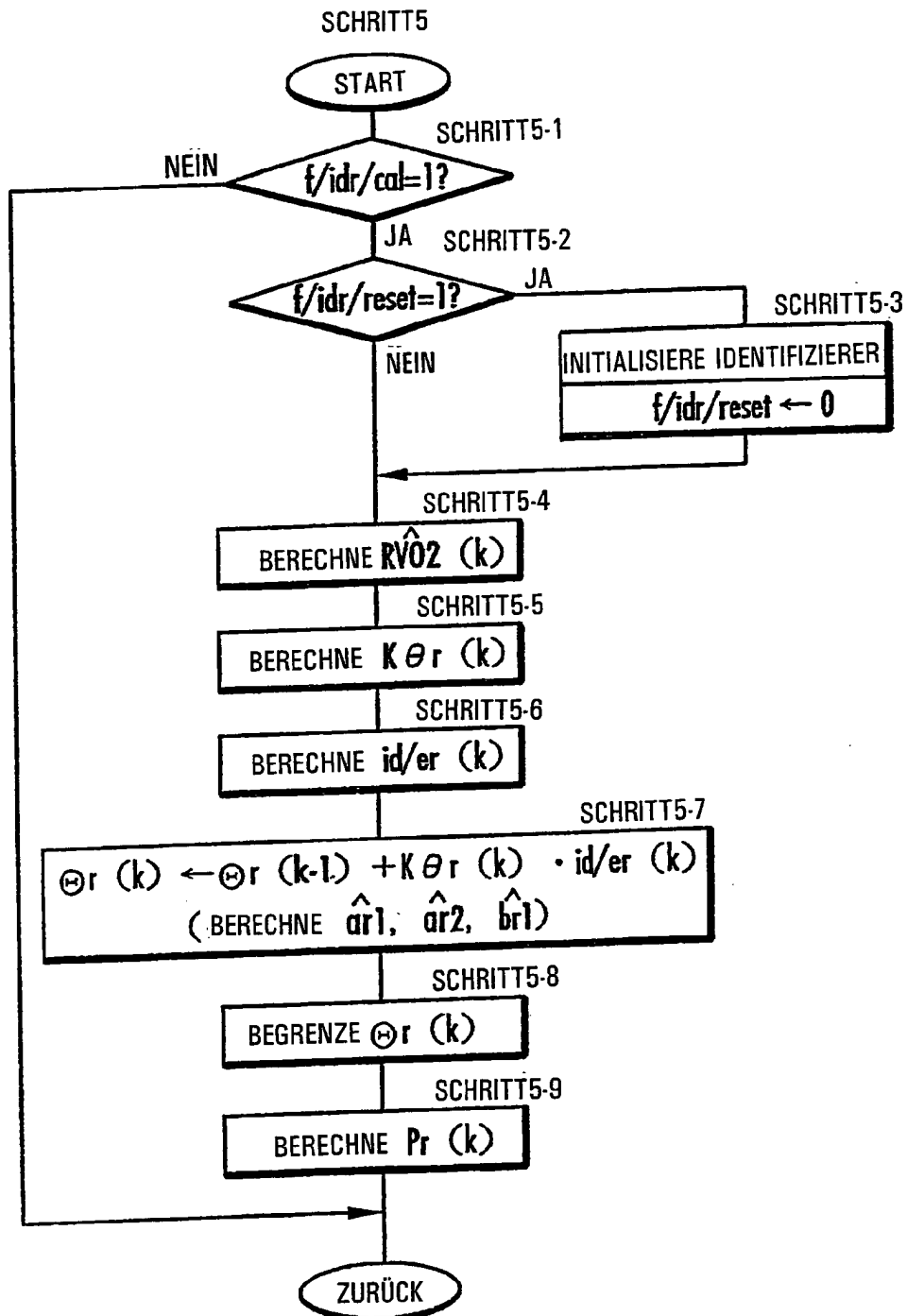


FIG. 13

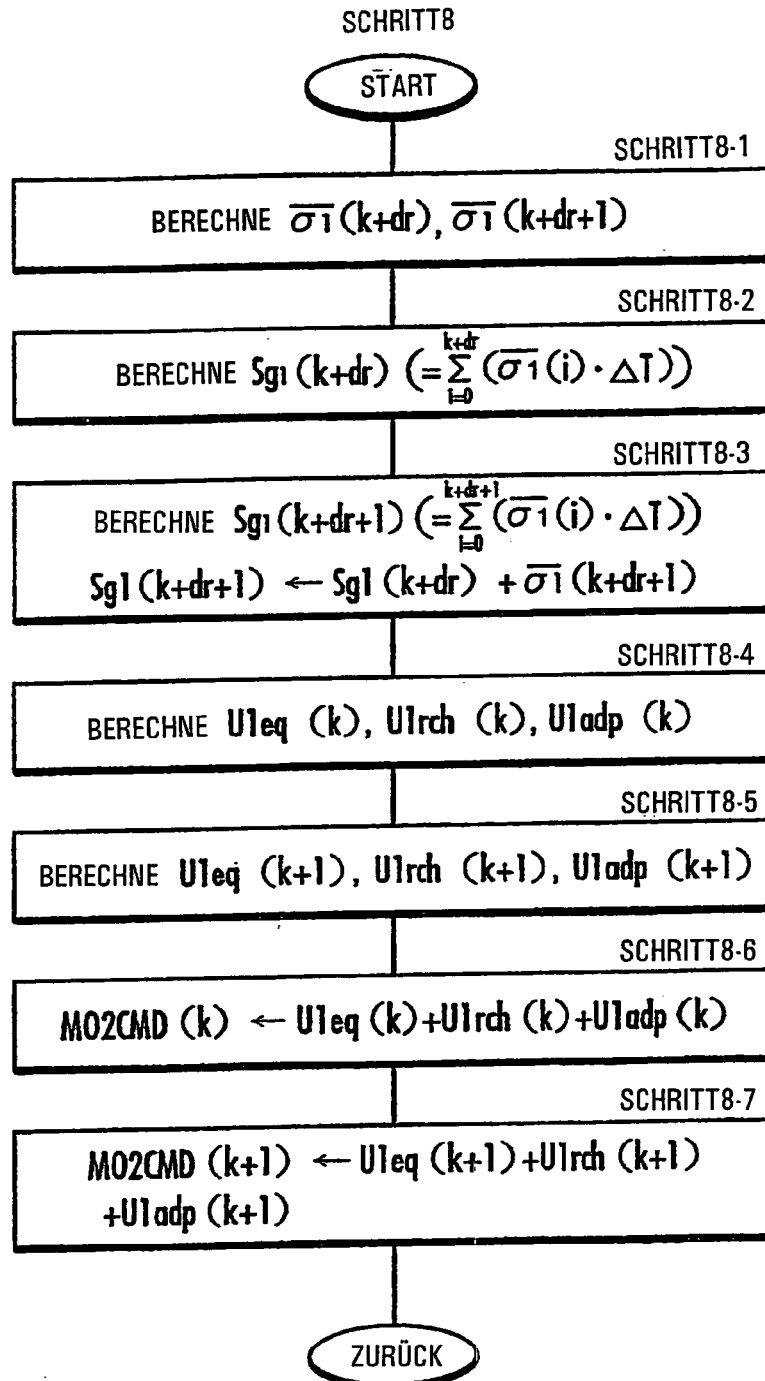


FIG. 14

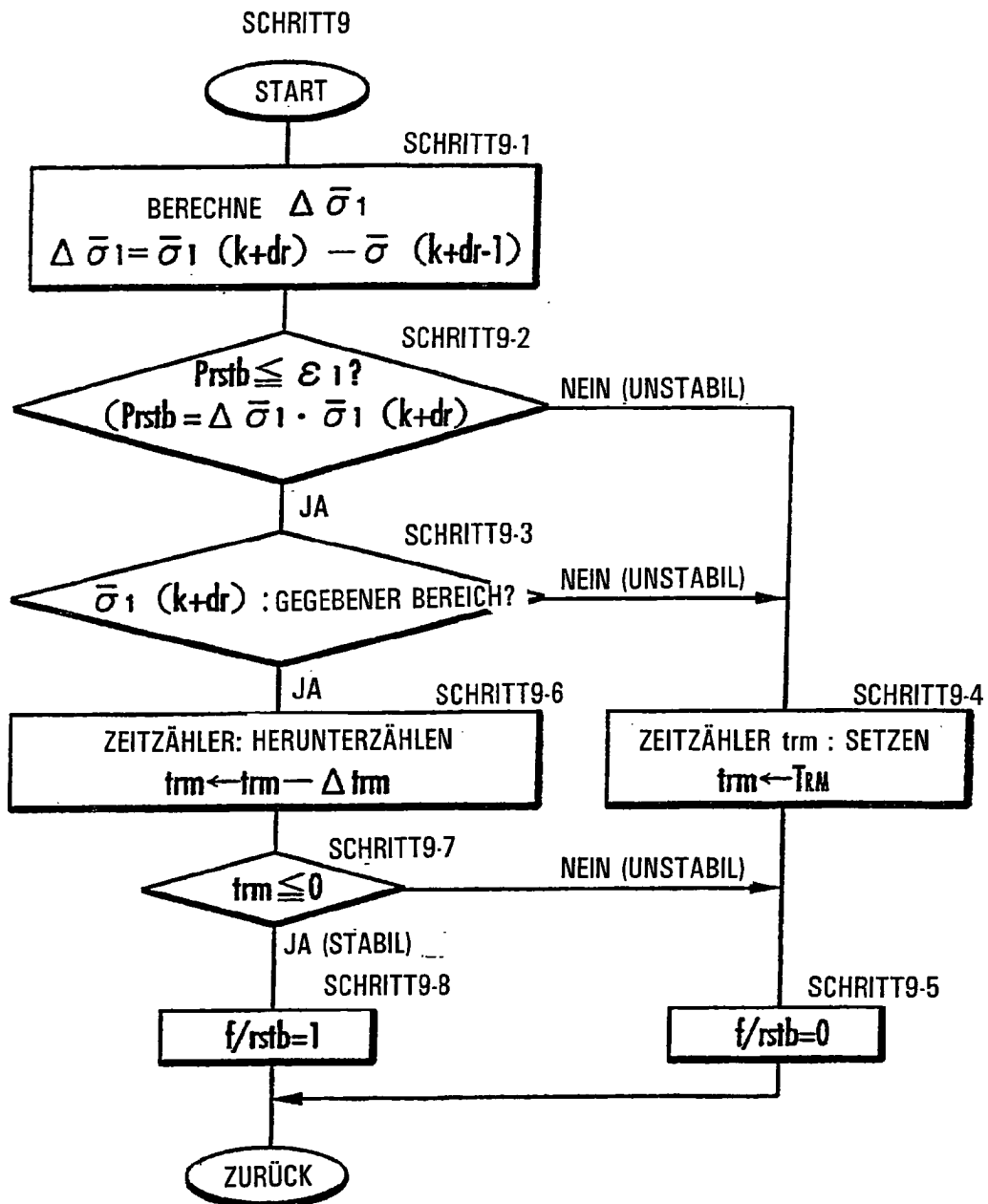


FIG.15

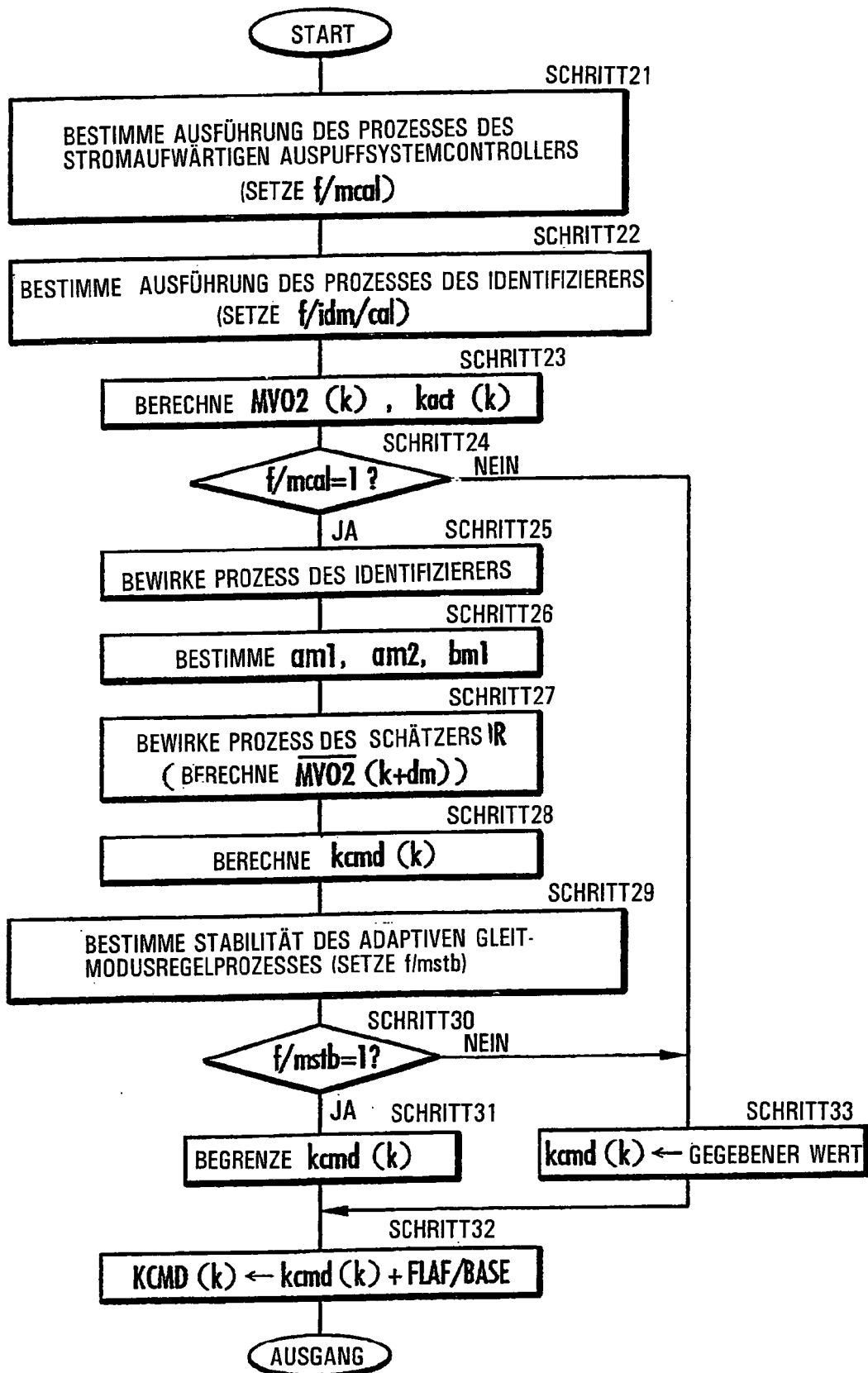


FIG. 16

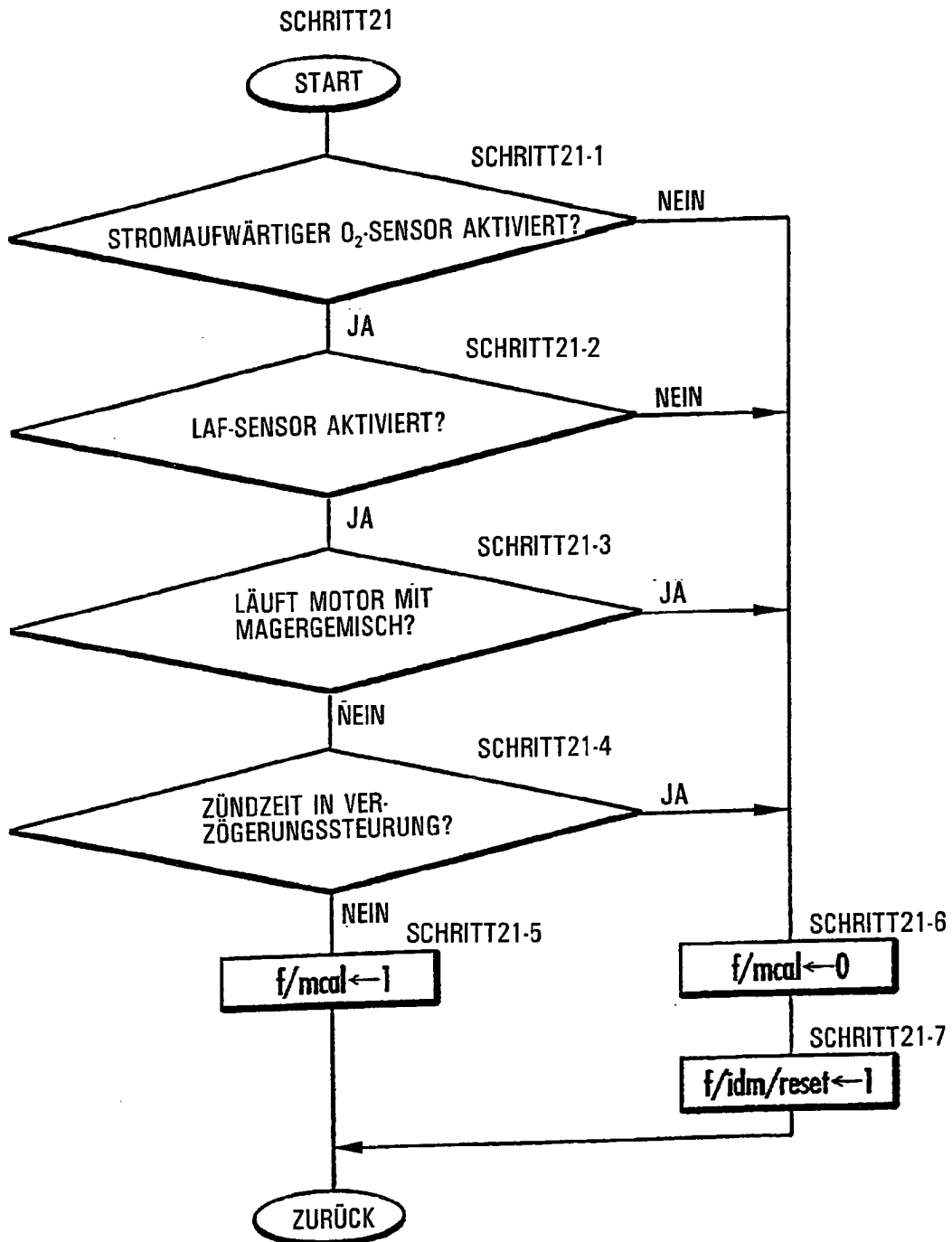


FIG. 17

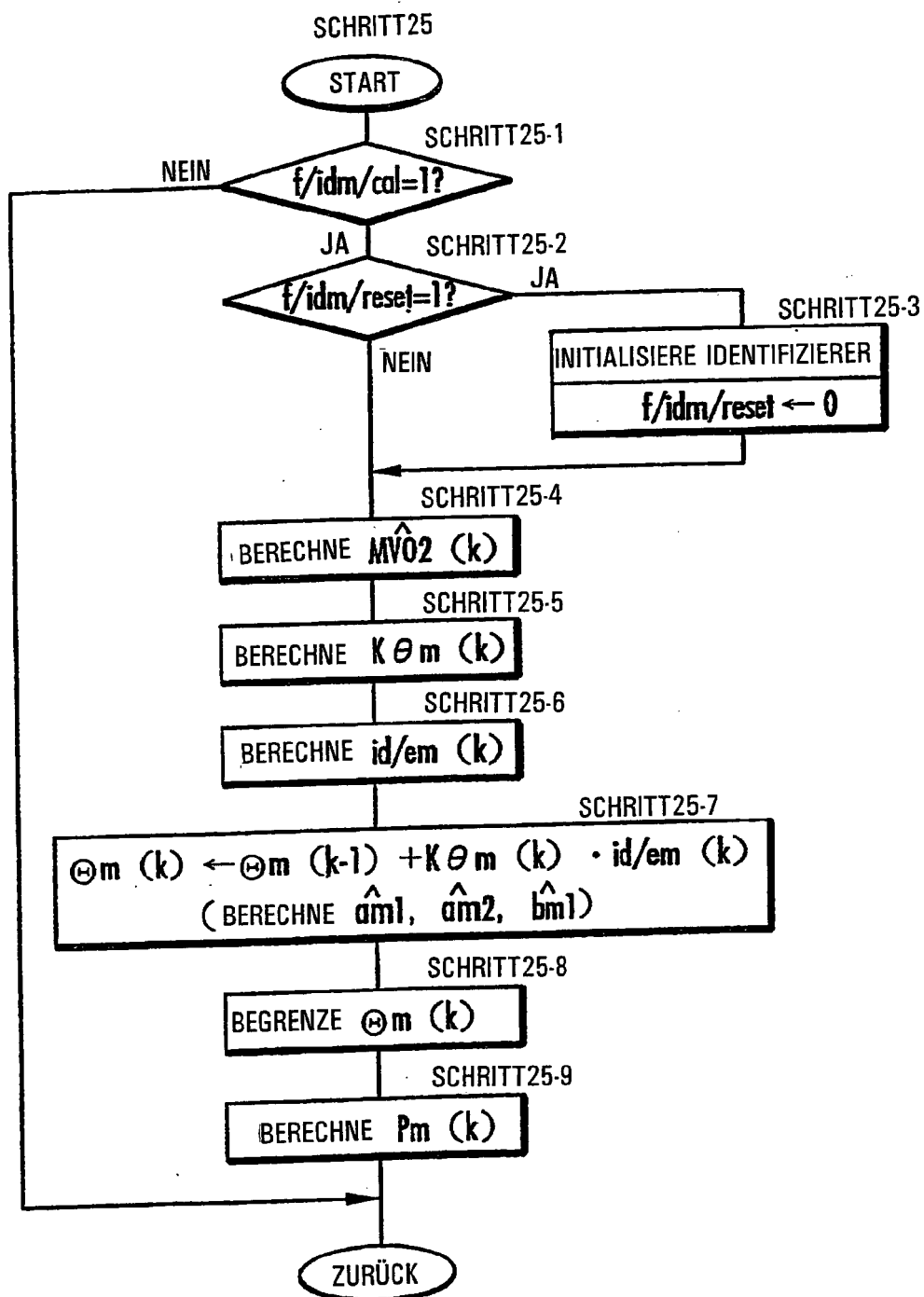


FIG. 18

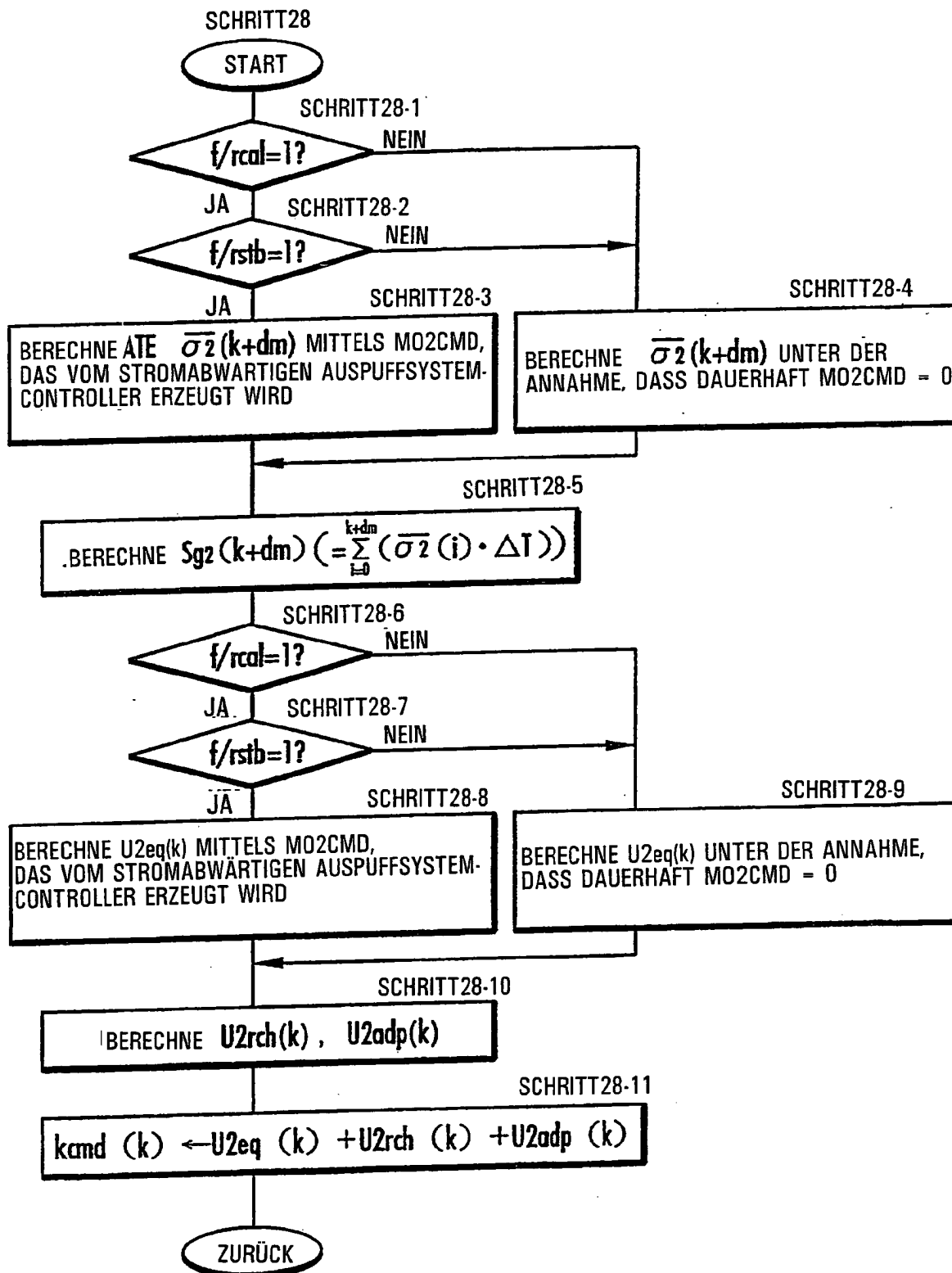


FIG. 19

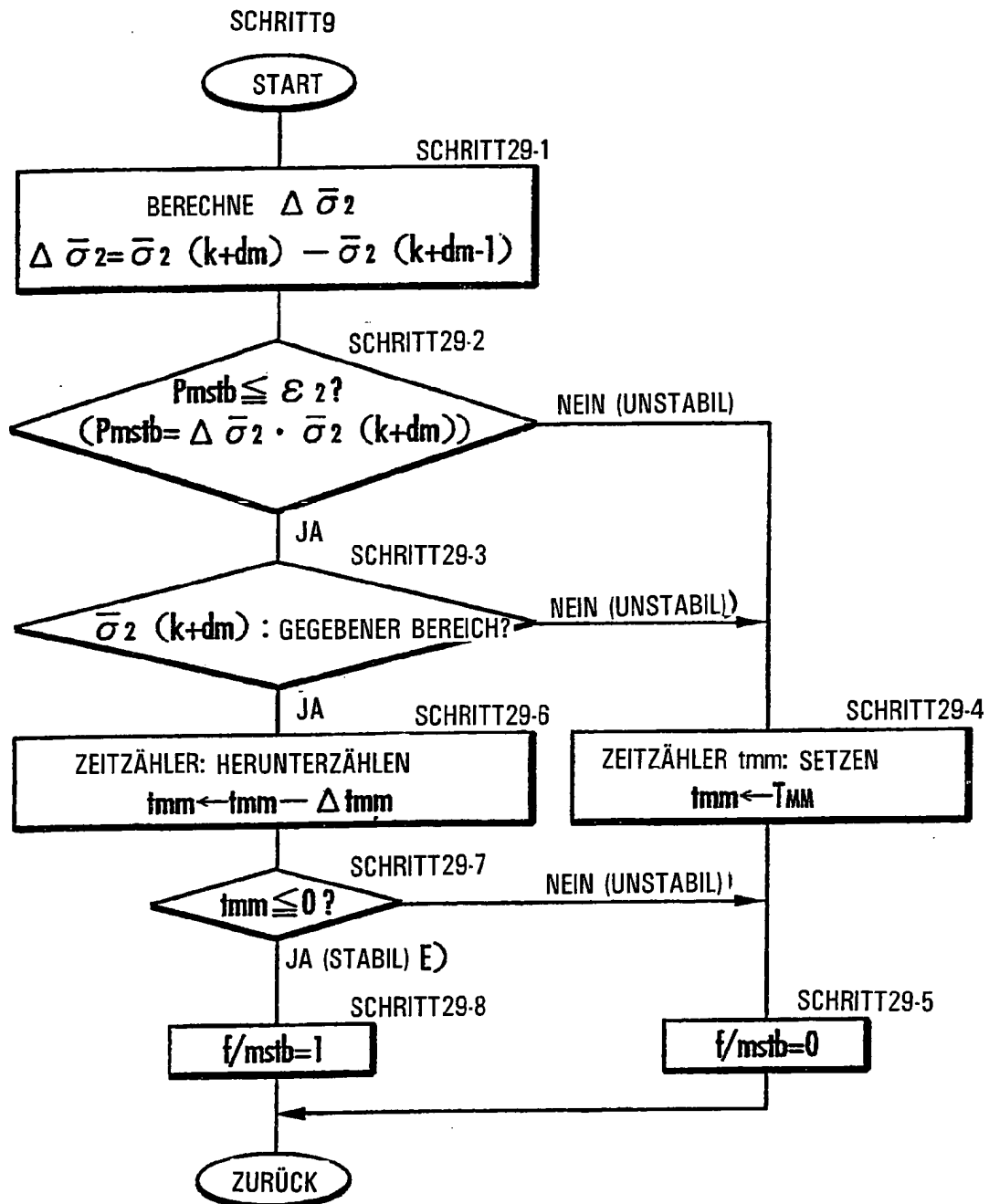


FIG. 20

