



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 061 872 A1** 2007.07.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 061 872.3**

(22) Anmeldetag: **23.12.2005**

(43) Offenlegungstag: **05.07.2007**

(51) Int Cl.⁸: **F01N 9/00** (2006.01)

F01N 3/035 (2006.01)

F01N 11/00 (2006.01)

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

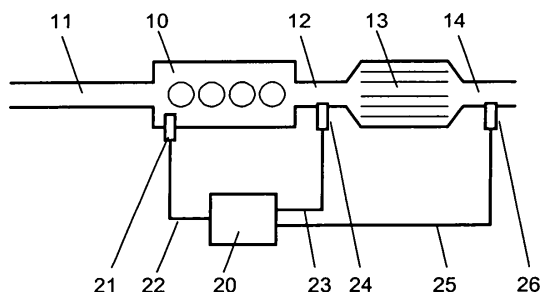
**Schweizer, Frank, 71409 Schwaikheim, DE;
Scherer, Stefan, 70329 Stuttgart, DE; Hartmann,
Gerd, 76356 Weingarten, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur Regeneration einer Abgasreinigungsanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regeneration einer Abgasreinigungsanlage einer Brennkraftmaschine mit einem Speicherkatalysator, wobei in einem Abgasstrang vor dem Speicherkatalysator eine erste Abgassonde und in einem zweiten Abgasstrang nach dem Speicherkatalysator eine zweite Abgassonde angeordnet ist, wobei ein erstes Ausgangssignal einer ersten Abgassonde und ein zweites Ausgangssignal einer zweiten Abgassonde an eine Motorsteuerung weitergeleitet werden und wobei der Speicherkatalysator durch Beaufschlagung mit einem Reduktionsmittel in einer Regenerationsphase regeneriert wird.

Wird während der Regenerationsphase des Speicherkatalysators die Menge des Reduktionsmittels durch die Motorsteuerung gesteuert, wobei die Motorsteuerung die Menge des nach dem Speicherkatalysator auftretenden Reduktionsmittels mittels des zweiten Ausgangssignals der dem Speicherkatalysator nachgeordneten zweiten Abgassonde erfasst, kann im Hinblick auf eine optimierte Dosierung der Einsatz an Reduktionsmitteln deutlich reduziert werden. Ein durch die Regeneration des Speicherkatalysators bedingter Mehrverbrauch an Kraftstoff oder Reduktionsmittel wird minimiert. Weiterhin verbessern sich durch das Verfahren die Abgaswerte, was einen wesentlichen Beitrag zur Einhaltung der Abgasgrenzwerte bedeutet.



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regeneration einer Abgasreinigungsanlage einer Brennkraftmaschine mit einem Speicherkatalysator, wobei in einem Abgasstrang vor dem Speicherkatalysator eine erste Abgassonde und in einem zweiten Abgasstrang nach dem Speicherkatalysator eine zweite Abgassonde angeordnet ist, wobei ein erstes Ausgangssignal einer ersten Abgassonde und ein zweites Ausgangssignal einer zweiten Abgassonde an eine Motorsteuerung weitergeleitet werden und wobei der Speicherkatalysator durch Beaufschlagung mit einem Reduktionsmittel in einer Regenerationsphase regeneriert wird.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zum Betrieb dieser Abgasreinigungsanlage.

[0003] Im Zusammenhang mit künftigen gesetzlichen Vorgaben bezüglich der Stickoxidemission von Kraftfahrzeugen ist eine entsprechende Abgasbehandlung erforderlich. Um die entstehenden Stickoxide aufzunehmen kann ein Stickoxid-Speicherkatalysator eingesetzt werden. Der Speicherkatalysator kann jedoch nur eine begrenzte Menge an Stickoxiden aufnehmen und muss spätestens bei Erreichung der maximalen Speicherfähigkeit regeneriert werden. Ein Verfahren zur Regeneration besteht darin, für einen bestimmten Zeitraum der Brennkraftmaschine ein überstöchiometrisch mit Kraftstoff angereichertes Kraftstoff-Luft-Gemisch zuzuführen und das entstehende „fette“ Abgas über den Speicherkatalysator zu leiten. Das im fetten Abgas enthaltene Kohlenmonoxid und die ebenfalls enthaltenen Kohlenwasserstoffe werden von den im Speicherkatalysator vorhandenen Stickoxiden zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert. Der entstehende Stickstoff wird mit dem Abgas abgeführt. Typischerweise wird das Ende der Regeneration dadurch bestimmt, dass fettes Abgas den Speicherkatalysator ohne zu reagieren wieder verlässt. Dies wird mittels des linearen oder binären Signals einer Abgassonde detektiert.

[0004] Alternativ zur Steuerung des Kraftstoff-Luft-Gemischs in Richtung eines höheren Kraftstoffanteils kann die Regeneration auch durch direkte Zugabe eines Reduktionsmittels in den Abgasstrang erfolgen.

[0005] Aus der DE 197 39 848 A1 ist eine Möglichkeit bekannt, das Ende der Phase mit fettem Abgas festzulegen. Dazu wird eine Sauerstoff messende Sonde im Abgas hinter dem Speicherkatalysator angeordnet. Sobald diese Sonde einen Übergang von einem mageren auf ein fettes Gemisch erkennt, bedeutet dies, dass der Speicherkatalysator nicht mehr genug Sauerstoff zur Oxidation der Kohlenwasser-

stoffe und des Kohlenmonoxides abgibt und von Sauerstoff enthaltendem Stickoxid entladen ist. Daraufhin kann die Phase mit Sauerstoffmangel beendet werden und wieder zur Phase mit magerem Gemisch (Sauerstoffüberschuss) umgesteuert werden. Da der Übergang von magerem Abgas zu fettem Abgas hinter dem Speicherkatalysator langsam erfolgt, muss bei Beendigung der Regenerationsphase ein Durchbruch von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen in Kauf genommen werden, um den Katalysator vollständig von gespeichertem Stickoxid zu entleeren. Es treten unerwünschte Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen auf, die Probleme bei der Einhaltung von Schadstoffgrenzwerten bereiten können. Weiterhin wird durch die Verlängerung der Regenerationsphasen über das nötige Maß der Kraftstoffverbrauch erhöht.

[0006] Auch aus der US 5,775,099 ist ein Verfahren zur Abgasreinigung einer Brennkraftmaschine bekannt. Die Abgase der Brennkraftmaschine werden durch einen Speicherkatalysator geleitet. Bei einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis weist das Abgas einen hohen Stickoxidanteil auf, der im Speicherkatalysator gespeichert wird. Bei einem stöchiometrischen oder fetten Luft-Kraftstoff-Gemisch wird das Stickoxid aus dem Speicherkatalysator zu Stickstoff reduziert. Hierzu schlägt die US 5,775,099 vor, die Kraftstoffmenge zu erhöhen, so dass sich ein stöchiometrisches oder fettes Luft-Kraftstoff-Verhältnis ergibt. Dabei wird Kraftstoff am Ende des Verdichtungs-hubs in der Menge eingespritzt, dass sich ein mageres mittleres Luft-Kraftstoff-Gemisch bildet und zusätzlich Kraftstoff während des Ansaughubs eingespritzt, dass sich ein stöchiometrisches oder fettes Luft-Kraftstoff-Gemisch ergibt. Das derart erzeugte Abgas liefert die nötigen Bestandteile zur Regeneration des Speicherkatalysators.

[0007] Nachteilig an den beschriebenen Verfahren ist, dass ein Anteil des im fetten Abgas enthaltenen Reduktionsmittels den Speicherkatalysator bereits wieder verlässt, bevor dieser vollständig regeneriert ist. Diese Umsetzungsrate des Speicherkatalysators ist stark von der Temperatur der Oberfläche des Speicherkatalysators, dem Abgasvolumenstrom, dem Füllgrad und der Alterung des Speichermaterials abhängig. Die Zudosierung von Reduktionsmittel muss daher auf die genannten Einflussgrößen abgestimmt werden.

[0008] Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Regeneration einer Abgasreinigungsanlage bereitzustellen, die das Reduktionsmittel so dosiert, dass kein unnötiger Mehrverbrauch stattfindet und somit die Umwelt nicht unnötig belastet wird.

[0009] Es ist weiterhin Aufgabe der Erfindung, eine entsprechende Vorrichtung bereitzustellen.

Vorteile der Erfindung

[0010] Die Aufgabe der Erfindung wird dadurch gelöst, dass während der Regenerationsphase des Speicherkatalysators die Menge des Reduktionsmittels durch die Motorsteuerung gesteuert wird, wobei die Motorsteuerung die Menge des nach dem Speicherkatalysator auftretenden Reduktionsmittels mittels des zweiten Ausgangssignals der dem Speicherkatalysator nachgeordneten zweiten Abgassonde erfasst. Damit kann im Hinblick auf eine optimierte Dosierung der Einsatz an Reduktionsmitteln deutlich reduziert werden. Ein durch die Regeneration des Speicherkatalysators bedingter Mehrverbrauch an Kraftstoff oder Reduktionsmittel wird minimiert. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird dem Speicherkatalysator in jedem Moment gerade so viel Reduktionsmittel zugeführt, wie er umsetzen kann. Weiterhin verbessern sich durch das Verfahren die Abgaswerte, was einen wesentlichen Beitrag zur Einhaltung der Abgasgrenzwerte bedeutet.

[0011] Eine bevorzugte Verfahrensvariante sieht vor, dass die Zugabe von Reduktionsmittel so lange erfolgt, bis das zweite Ausgangssignal der zweiten Abgassonde der zweiten Abgassonde einem im wesentlichen gleichen Lambdawert entspricht wie das erste Ausgangssignal der ersten Abgassonde. Damit wird gleichzeitig auf die während der Betriebszeit der Brennkraftmaschine zunehmende Schädigung beziehungsweise Alterung des Speicherkatalysators reagiert, ohne dass dazu eine Vorsteuerung, die diese Einflüsse im Steuergerät berechnen müsste, notwendig wäre. Dies ist insbesondere von Bedeutung, da die thermische Schädigung des Speicherkatalysators über die Lebensdauer nur sehr grob abgeschätzt und das tatsächliche Verhalten des Reduktionsmitteldurchbruchs nur sehr ungenau vorhergesagt werden kann. Insbesondere in Abgas-Mess-Zyklen mit geringer Motorlast und folglich geringer Temperatur des Speicherkatalysators ermöglicht eine solche Regelung erst die Einhaltung der strengen Abgasgesetzgebung.

[0012] Wird das zweite Ausgangssignal der zweiten Abgassonde als Störgröße für den Lambda-Sollwert verwendet, kann erreicht werden, dass bei einer Verringerung der Umsetzungsrate des Speicherkatalysators die Zudosierung des Reduktionsmittels verringert wird und somit Reduktionsmittel oder, bei Verwendung von fettem Abgas zur Reduktion, Kraftstoff gespart werden kann.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsvariante wird aus der Differenz eines Lambda-Wertes von „eins“ und dem zweiten Ausgangssignal der zweiten Abgassonde ein Korrektursignal gebildet und das Korrektursignal zu dem Lambda-Sollwert zur Bildung eines korrigierten Lambda-Sollwertes addiert. Damit wird der Durchbruch an Reduktionsmittel während

der Regeneration unterdrückt.

[0014] Eine bevorzugte Verfahrensvariante sieht vor, dass eine Korrektur des Lambda-Sollwertes nur während einer Regenerationsphase vorgenommen wird. Dadurch ist sichergestellt, dass die Korrektur nur in die Regenerationsphase, nicht aber in den restlichen Fahrbetrieb eingreift.

[0015] Weiterhin wird die Korrektur des Lambda-Sollwertes nur dann vorgenommen, wenn dadurch der Lambda-Sollwert in Richtung höherer Lambda-Werte unterhalb von einem Lambda-Wert von „eins“ korrigiert wird. Damit wird verhindert, dass eine einmal vorgenommene Korrektur wieder zurückgenommen wird. Eine einmal eingetretene Verringerung der Umsetzungsrate des Speicherkatalysators vermindert sich nicht ohne äußere Einflüsse wieder, so dass diese Art der Korrektur des Lambda-Sollwertes die physikalischen Hintergründe korrekt berücksichtigt. Korrekturen werden nur vorgenommen, wenn der Lambda-Wert vor dem Speicherkatalysator „eingeregelt“ ist und damit um weniger als eine vorgegebene Grenze vom Lambda-Sollwert abweicht.

[0016] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Regenerationsphase bei einer vorbestimmten Höhe des Korrektursignals oder des gefilterten Korrektursignals beendet wird. Das Korrektursignal ist ein Maß für die Verringerung der Umsetzungsrate im Speicherkatalysator, die sich verringert, wenn der Speicherkatalysator regeneriert ist. Für das Korrektursignal kann daher eine Grenze festgelegt werden, ab der der Speicherkatalysator als regeneriert anzusehen ist. Hierdurch kann die Regenerationsdauer als auch der Einsatz an Reduktionsmittel minimiert werden.

[0017] Die die Vorrichtung betreffende Aufgabe wird dadurch gelöst, dass die dem Speicherkatalysator vorgeschaltete erste Abgassonde als eine lineare Abgassonde ausgebildet ist und dass die dem Speicherkatalysator nachgeschaltete zweite Abgassonde als lineare Abgassonde oder als Abgassonde mit Sprungcharakteristik ausgebildet ist. Lineare Abgassonden zeigen beim Übergang von einem mageren Gemisch zu einem fetten Gemisch Zwischenwerte an und sind daher für das erfindungsgemäße Verfahren besonders geeignet. Abgassonden mit Sprungcharakteristik sind demgegenüber besonders kostengünstig.

[0018] Bei neueren Brennkraftmaschinen wird die zweite Abgassonde im Rahmen der „On Board Diagnose“ auch dazu verwendet, die Funktion des Speicherkatalysators zu überwachen. Ist als zweite Abgassonde eine lineare Abgassonde vorgesehen, kann das Motorsteuergerät das erste Ausgangssignal der ersten Abgassonde vor dem Speicherkatalysator mit dem zweiten Ausgangssignal der zweiten

Abgassonde hinter dem Speicherkatalysator vergleichen.

[0019] Ist die Motorsteuerung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet, kann mit geringem Mehraufwand in der Steuerung ohne zusätzliche Einrichtungen eine Einsparung von Reduktionsmittel beziehungsweise Kraftstoff erreicht werden.

Zeichnungen

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) in schematischer Darstellung eine Brennkraftmaschine mit Abgasreinigungsanlage

[0022] [Fig. 2](#) einen Signalverlauf der Ausgangssignale der Abgassonden sowie den Lambda-Sollwert

[0023] [Fig. 3](#) das Korrektursignal sowie das gefilterte Korrektursignal

[0024] [Fig. 4](#) die Wirkung der erfindungsgemäßen Korrektur

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0025] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine **10** mit einem Speicherkatalysator **13** und einer Motorsteuerung **20**, die die Betriebsparameter der Brennkraftmaschine **10** steuert. Die Brennkraftmaschine **10** wird über ein Ansaugrohr **11** mit Verbrennungsluft versorgt. Über einen Abgasstrang **12** wird das Abgas aus der Brennkraftmaschine **10** einer Abgasreinigungsanlage einem Speicherkatalysator **13** zugeführt, wobei der Sauerstoffgehalt des Abgases mit einer als lineare Abgassonde ausgeführten ersten Abgassonde **24** gemessen wird und die Daten mittels einer ersten Ausgangssignalleitung **23** der Motorsteuerung **20** zugeführt werden. Die Motorsteuerung **20** legt daraus die erforderliche zuzuführende Kraftstoffmenge fest und steuert sie über eine Signalleitung **22** und eine Kraftstoffzumessung **21** ein. Der Speicherkatalysator **13** hat eine begrenzte Speicherkapazität und muss bei deren Erreichen regeneriert werden. Dies kann durch zusätzliches Einspritzen von Kraftstoff über die Kraftstoffzumessung **21** innermotorisch oder durch Zugabe eines Reduktionsmittels in den Abgasstrang **12** erfolgen.

[0026] Zur Kontrolle der Funktion der Abgasreinigungsanlage und zur Feststellung des Durchtritts von Reduktionsmittel und damit zur Beendigung eines Regenerationszyklus ist eine zweite Abgassonde **26** hinter dem Speicherkatalysator **13** in einem zweiten Abgasstrang **14** angeordnet, deren Ausgangssignal über eine zweite Ausgangssignalleitung **25** ebenfalls

der Motorsteuerung **20** zugeführt wird.

[0027] In [Fig. 2](#) ist der Verlauf eines ersten Ausgangssignals **34** der ersten Abgassonde **24**, eines zweiten Ausgangssignals **35** der zweiten Abgassonde **26** sowie ein Lambda-Sollwert **32** am Ort der ersten Abgassonde **24** in Abhängigkeit von einer Zeit-Achse **37** auf einer Lambda-Achse **31** aufgetragen. Ein Beginn einer Regeneration **33** ist hier zu einem ersten Zeitpunkt dargestellt, an dem die Speicherkapazität des Speicherkatalysators **13** erschöpft ist. Um die Regeneration durchzuführen, wird der Lambda-Sollwert **32** ab dem Beginn der Regeneration **33** auf einen Wert von 0,94 eingestellt. Das erste Ausgangssignal **34** der ersten Abgassonde **24** folgt mit einer gewissen Verzögerung der Änderung des Lambda-Sollwerts **32**. Das zweite Ausgangssignal **35** der zweiten Abgassonde **26** zeigt durch eine Abnahme des Lambdawertes an, dass im Verlauf der Regenerationsphase zunehmend Reduktionsmittel nach dem Speicherkatalysator **13** auftritt. Ein Ende der Regeneration **36** wird dadurch eingeleitet, dass der Lambda-Sollwert **32** auf den Wert vor der Regenerationsphase angehoben wird.

[0028] In [Fig. 3](#) ist ein Korrektursignal **42** sowie ein gefiltertes Korrektursignal **43** entlang der Zeit-Achse **37** auf einer Korrektursignal-Achse aufgetragen. Das Korrektursignal **42** wird aus der Abweichung des hier nicht dargestellten zweiten Ausgangssignals **35** von einem Lambda-Wert von „eins“ bestimmt. Das gefilterte Korrektursignal **43** wird aus dem Korrektursignal **42** bestimmt, indem Änderungen des Korrektursignals **42** zu einem höheren Lambda-Wert übernommen werden, solange das gefilterte Korrektursignal **43** unter einem Lambdawert von „eins“ bleibt.

[0029] In [Fig. 4](#) ist die Wirkung der erfindungsgemäßen Korrektur auf den Lambda-Sollwert **32** gezeigt. Nach dem Beginn der Regeneration **33** zeigt das zweite Ausgangssignal **35** ein Absinken des Lambdawertes an. Das in [Fig. 3](#) dargestellte gefilterte Korrektursignal **43** wird zu dem Lambda-Sollwert **32** addiert und ein korrigierter Lambda-Sollwert **38** gebildet. Dessen Verlauf folgt das erste Ausgangssignal **34**. Im Vergleich mit [Fig. 2](#) ist festzustellen, dass das zweite Ausgangssignal **35** durch die erfindungsgemäße Korrektur eine geringere Abweichung von einem Lambda-Wert von „eins“ einnimmt und somit ein geringerer Durchtritt von Reduktionsmittel erfolgt als in der Ausführung nach [Fig. 1](#). Bei einer vorbestimmten Höhe des gefilterten Korrektursignals **43** und damit auch des korrigierten Lambda-Sollwerts **38** wird davon ausgegangen, dass die Regenerationsphase beendet werden kann und es wird das Ende der Regeneration **36** ausgelöst.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regeneration einer Abgasreini-

gungsanlage einer Brennkraftmaschine (10) mit einem Speicherkatalysator (13), wobei in einem Abgasstrang (12) vor dem Speicherkatalysator (13) eine erste Abgassonde (24) und in einem zweiten Abgasstrang (14) nach dem Speicherkatalysator (13) eine zweite Abgassonde (26) angeordnet ist, wobei ein erstes Ausgangssignal (34) einer ersten Abgassonde (24) und ein zweites Ausgangssignal (35) einer zweiten Abgassonde (26) an eine Motorsteuerung (20) weitergeleitet werden und wobei der Speicherkatalysator (13) durch Beaufschlagung mit einem Reduktionsmittel in einer Regenerationsphase regeneriert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass während der Regenerationsphase des Speicherkatalysators (13) die Menge des Reduktionsmittels durch die Motorsteuerung (20) gesteuert wird, wobei die Motorsteuerung (20) die Menge des nach dem Speicherkatalysator (13) auftretenden Reduktionsmittels mittels des zweiten Ausgangssignals (35) der dem Speicherkatalysator (13) nachgeordneten zweiten Abgassonde (26) erfasst.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabe von Reduktionsmittel so lange erfolgt, bis das zweite Ausgangssignal (35) der zweiten Abgassonde (26) einem im wesentlichen gleichen Lambdawert entspricht wie das erste Ausgangssignal (34) der ersten Abgassonde (24).

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Ausgangssignal (35) der zweiten Abgassonde (26) als Störgröße für den Lambda-Sollwert (32) verwendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Differenz eines Lambda-Wertes von „eins“ und dem zweiten Ausgangssignal (35) der zweiten Abgassonde (26) ein Korrektursignal (42) gebildet und dass das Korrektursignal (42) zu dem Lambda-Sollwert (32) zur Bildung eines korrigierten Lambda-Sollwertes (38) addiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Korrektur des Lambda-Sollwertes (32) nur während einer Regenerationsphase vorgenommen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrektur des Lambda-Sollwertes (32) nur dann vorgenommen wird, wenn dadurch der Lambda-Sollwert (32) in Richtung höherer Lambdawerte unterhalb von einem Lambda-Wert von „eins“ korrigiert wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Regenerationsphase bei einer vorbestimmten Höhe des Korrektursignals (42) oder des gefilterten Korrektursignals (43) beendet wird.

8. Vorrichtung zur Regeneration einer Abgasreinigungsanlage einer Brennkraftmaschine (10) mit einem Speicherkatalysator (13), wobei in einem Abgasstrang (12) vor dem Speicherkatalysator (13) eine erste Abgassonde (24) und in einem zweiten Abgasstrang (14) nach dem Speicherkatalysator (13) eine zweite Abgassonde (26) angeordnet ist, die über eine erste Ausgangssignalleitung (23) und eine zweite Ausgangssignalleitung (25) mit einer Motorsteuerung (20) in Verbindung stehen und wobei der Speicherkatalysator (13) durch Beaufschlagung mit einem Reduktionsmittel in einer Regenerationsphase regeneriert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die dem Speicherkatalysator (13) vorgeschaltete erste Abgassonde (24) als eine lineare Abgassonde ausgebildet ist und dass die dem Speicherkatalysator (13) nachgeschaltete zweite Abgassonde (26) als lineare Abgassonde oder als Abgassonde mit Sprungcharakteristik ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsteuerung (20) zur Durchführung eines Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

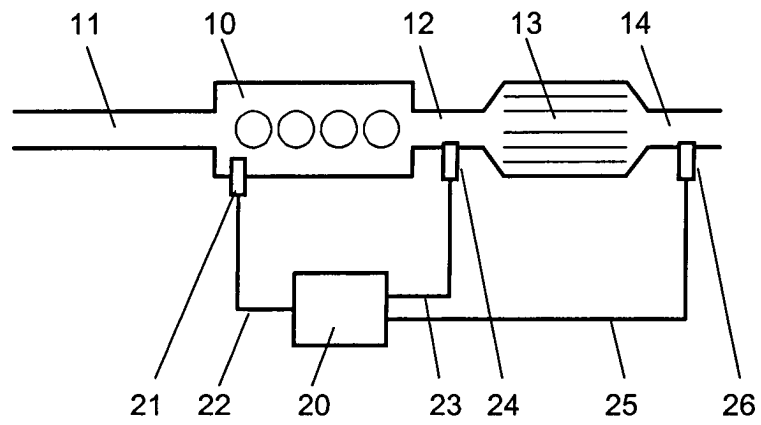


Fig. 1

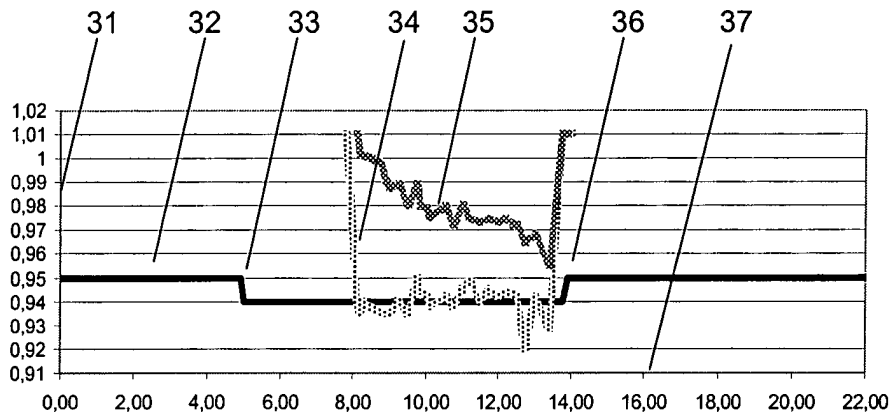


Fig. 2

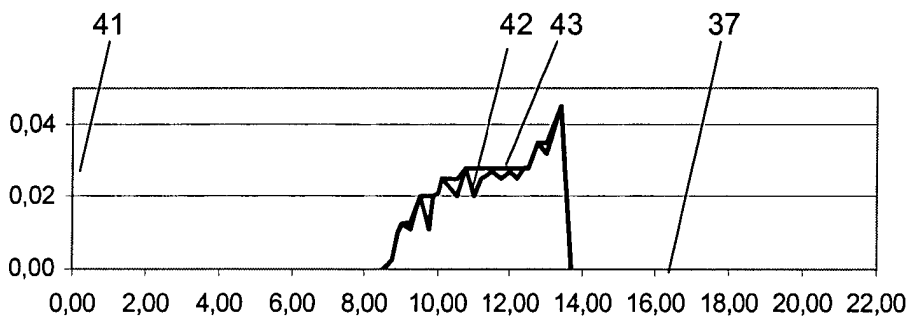


Fig. 3

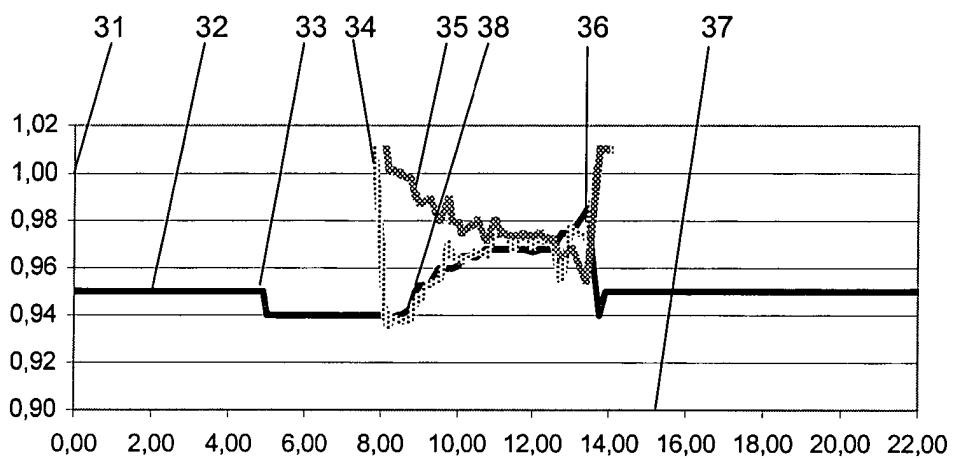


Fig. 4