



(11) **EP 1 118 756 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.01.2007 Patentblatt 2007/01

(51) Int Cl.:
F02D 41/02 ^(2006.01) **F01N 3/08** ^(2006.01)
F01N 11/00 ^(2006.01) **F02D 41/14** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **01101084.0**

(22) Anmeldetag: **18.01.2001**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Regeneration eines NO_x-Speicherkatalysators**

Method and apparatus for controlling the regeneration of an NO_x-adsorption catalyst

Méthode et dispositif pour la commande de la régénération d'un catalyseur de stockage de NO_x

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(30) Priorität: **19.01.2000 DE 10001994**
24.02.2000 DE 10008564

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
25.07.2001 Patentblatt 2001/30

(73) Patentinhaber: **Volkswagen AG**
38436 Wolfsburg (DE)

(72) Erfinder:
• **Drückhammer, Jens, Dr.**
38108 Braunschweig (DE)
• **Schulze, Frank**
38533 Vortorf (DE)

• **Lang, Axel**
38302 Wolfenbüttel (DE)

(74) Vertreter: **Pohlmann, Bernd Michael**
Patentanwalt
Günthersburgallee 40
60316 Frankfurt am Main (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 814 248 **EP-A- 0 872 633**
EP-A- 0 936 349 **EP-A- 1 053 777**
WO-A-00/00729 **WO-A-99/49190**
DE-A- 19 511 548 **DE-C- 19 607 151**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN** vol. 1995, no.
11, 26. Dezember 1995 (1995-12-26) & JP 07
208151 A (TOYOTA MOTOR CORP), 8. August
1995 (1995-08-08)

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).

EP 1 118 756 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Regeneration eines NO_x -Speicherkatalysators mit den im Oberbegriff der Ansprüche 1 bzw. 11 genannten Merkmalen.

[0002] NO_x -Speicherkatalysatoren finden vorwiegend Anwendung bei Magermotoren. Bei dieser Motorenart wird der sog. Magerbetrieb mit einem sog. Lambdawert >1 des Luft/Kraftstoffgemischs im Vergleich zu einem stöchiometrischen mit einem Lambdawert $=1$ oder einem sog. fetten Betrieb mit einem Lambdawert <1 bevorzugt, da ein wesentlich geringerer Kraftstoffverbrauch bei Luftüberschuss im Luft/Kraftstoffgemisch, d.h. bei einem Lambdawert >1 erreicht werden kann. Eine besondere Form des Magermotors stellen Schichtladungsmotoren dar. Im Schichtladebetrieb eines Schichtladungsmotors wird dem Motor ein mageres Luft/Kraftstoffgemisch zugeführt und im Brennraum in der Nähe der Zündkerze ein zündfähiges fettes Luft/Kraftstoffgemisch bereitgestellt, während im übrigen Teil des Brennraums ein mageres Gemisch vorhanden ist. Mit der Zündkerze wird zunächst das fette Luft/Kraftstoffgemisch und mit diesem dann das magere gezündet. Mit dem bisher üblichen 3-Wege-Katalysator allein lassen sich jedoch die beim Betrieb eines Magermotors entstehenden Abgase nicht zu unschädlichen Gaskomponenten reduzieren, da dieser eine Zuführung von Luft und Kraftstoff im genau definierten stöchiometrischen Verhältnis verlangt. Ein NO_x -Speicherkatalysator dagegen kann Stickoxide unter bestimmten Randbedingungen bei einem Lambdawert >1 für einen begrenzten Zeitraum absorptiv speichern und zu einem späteren Zeitpunkt bei einem Lambdawert <1 oder $=1$ wieder ausspeichern und zu unschädlichen Gasen reduzieren. Bei einem Schichtladungsmotor wird der NO_x -Speicherkatalysator während des Schichtladebetriebs in einem sog. Absorptionsmodus betrieben. Im Homogenbetrieb des Motors wird dagegen ein stöchiometrisches oder fettes Luft/Kraftstoffgemisch zugeführt und der NO_x -Speicherkatalysator in einem sog. Regenerationsmodus betrieben. Üblicherweise arbeiten NO_x -Speicherkatalysatoren in Speicherzyklen, die jeweils zumindest einen relativ langsamen Absorptionsmodus und einen schnelleren Regenerationsmodus umfassen.

[0003] Funktion und Wirkungsgrad eines NO_x -Speicherkatalysators hängen von einer Vielzahl von Einflussfaktoren ab und können insbesondere reversiblen und irreversiblen Schädigungen unterliegen. Reversible Schädigungen können beispielsweise durch eine Verschwefelung des Katalysators entstehen, die insbesondere zu einer Reduzierung der NO_x -Speicherfähigkeit oder zum Aufbau mechanischer Verspannungen im Katalysator führen. Thermische Schädigungen, wie Sinterung einer Katalysatorkomponente, Entmischung von Katalysator- und Speicherkomponente oder eine zunehmend inhomogene, oberflächennahe NO_x -Beladung stellen dagegen irreversible Schädigungen des

NO_x -Speicherkatalysators dar. Thermische Schädigungen führen in der Regel neben einer Reduzierung der NO_x -Speicherfähigkeit auch zu einer reduzierten Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators. Neben diesen betriebsbedingten Schädigungen können auch herstellungsbedingte Streuungen in den Eigenschaften Wirkungsgrad und Funktion der Katalysatoren beeinflussen. Reversible Schädigungen eines NO_x -Speicherkatalysators können unter bestimmten Randbedingungen durch Regenerierungsmaßnahmen während des Fahrbetriebs des Kraftfahrzeugs zumindest teilweise behoben werden. Beispielsweise kann eine Entschwefelung durch eine temporäre Erhöhung der Abgastemperatur erreicht werden. Bei irreversiblen Schädigungen ist als Regenerationsmaßnahme dagegen nur eine Anpassung der Betriebsparameter des Motors und/oder der Abgasanlage möglich, die den veränderten Wirkungsgrad der Abgasreinigung berücksichtigt.

[0004] Aus der DE 196 07 151 C1 ist bereits ein Verfahren zur Regeneration eines NO_x -Speicherkatalysators bekannt, bei dem abhängig von einem Betriebszustand des NO_x -Speicherkatalysators eine Regenerationsphase gestartet wird. Der Betriebszustand entspricht mindestens einer Grenzmenge von NO_x -Verbindungen, die vom NO_x -Speicherkatalysator ausgegeben werden. Die abgegebene Menge an NO_x -Verbindungen wird aus dem Signal einer stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators angeordneten Lambdasonde ermittelt. Hiermit ist eine zuverlässige Ermittlung des Betriebszustandes des NO_x -Speicherkatalysators, insbesondere des Schädigungsgrades jedoch nicht möglich, so dass auch die Regenerationssteuerung entsprechend ungenau erfolgt.

[0005] Aus der EP 0936349 A2 ist bereits System zur Diagnose eines NO_x -Katalysators bekannt, der an einen Verbrennungsmotor angeschlossen ist und bei dem die Signale einer hinter dem Katalysator angeordneten NO_x -empfindlichen Sonde zur Beurteilung des Schädigungsgrades ausgewertet werden. Eine Steuerung der Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators wird in diesem Dokument jedoch nicht beschrieben. Ferner offenbart die EP 0936349 A2 in diesem Zusammenhang eine Verminderung der NO_x -Konzentration nach dem Umschalten auf ein fettes Luft/Kraftstoffgemisch. Die NO_x -Konzentration erreicht nach einer gewissen Zeit ein Minimum um anschließend wieder auf höhere Werte anzusteigen und schließlich wieder einen Wert zu erreichen, wie er vor dem Umschalten auf Sauerstoffmangel bestanden hat. Der Zustand des NO_x -Speicherkatalysators beziehungsweise seine Schädigung wird bei dem bekannten System aus der Veränderungsrate der NO_x -Konzentration nach Erreichen des Minimums ermittelt. Hierfür müssen Werte der NO_x -Konzentration innerhalb eines relativ großen Zeitintervalls nach Umschalten auf Sauerstoffmangel herangezogen werden, was zu einer entsprechend langen Diagnosedauer führt. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die Rate der Veränderung der NO_x -Konzentration in dem verwendeten Zeitintervall empfindlich von den Betriebsparametern des Mo-

tors und der Abgasanlage abhängig ist und daher aufwendige Korrekturmaßnahmen erfordert.

[0006] In der EP 1 053 777 ist Verfahren zur Kontrolle der katalytischen Aktivität eines NO_x -Speicherkatalysators beschrieben, wonach die NO_x -Konzentration stromab eines des Katalysators während der Regenerationsphase ermittelt und als Maß für die katalytische Aktivität des Katalysators herangezogen wird.

[0007] Die Aufgabe der Erfindung besteht in der Angabe eines Verfahrens und einer Vorrichtung zur Steuerung der Regeneration eines NO_x -Speicherkatalysators, die im wesentlichen auf der Auswertung von Werten der NO_x -Konzentration innerhalb eines relativ kurzen Zeitintervalls basiert und eine relativ schnelle und unaufwendige Ermittlung des Betriebszustandes des NO_x -Speicherkatalysators zur Erreichung einer optimalen Regeneration erlaubt.

[0008] Diese Aufgabe wird jeweils mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

[0009] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass bei einem Übergang des NO_x -Speicherkatalysators von einem Absorptionsmodus zu einem Regenerationsmodus innerhalb eines kurzen Zeitintervalls nur ein Teil des ausgespeicherten NO_x katalytisch umgesetzt wird. Der nicht umgesetzte Teil des NO_x führt zu einem kurzzeitigen Anstieg der NO_x -Konzentration im Abgas, dem sog. NO_x -Desorptionspeak. Charakteristische Eigenschaften dieses Peaks, wie beispielsweise zeitliche Dauer, Höhe oder dgl. stehen in Beziehung zur Funktion bzw. zu ggfs. vorhandenen Schädigungen des NO_x -Katalysators. Erfindungsgemäß werden die NO_x -Konzentration im Abgas stromabwärts des NO_x -Speicherkatalysators gemessen und zur Ermittlung des Betriebszustandes des NO_x -Speicherkatalysators bei einem Übergang des NO_x -Speicherkatalysators vom Absorptionsmodus zum Regenerationsmodus, die Werte von charakteristischen Merkmalen eines NO_x -Desorptionspeaks im zeitlichen Verlauf der NO_x -Konzentration ermittelt, mit vorgegebenen Prüfmustern verglichen, ein Vergleichsergebnis gebildet und aus dem Vergleichsergebnis ein den Betriebszustand des NO_x -Speicherkatalysators charakterisierendes Katalysatorzustandssignal abgeleitet. In Abhängigkeit von dem Katalysatorzustandssignal wird eine Veränderung der Betriebsparameter vorgenommen, die die Durchführung einer Regenerationsmaßnahme zur Erreichung einer optimalen Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators beinhaltet. Da der NO_x -Desorptionspeak innerhalb eines relativ kurzen Zeitintervalls, beispielsweise nach dem Übergang von einem mageren zu einem fetten oder stöchiometrischen Luft/Kraftstoffgemisch auftritt, ist die Ermittlung des Betriebszustands in einem relativ kurzen Zeitintervall erreichbar. Im günstigsten Fall reicht die Zeitdauer eines einzelnen NO_x -Desorptionspeaks aus. Die erfindungsgemäße Ermittlung von Werten charakteristischer Merkmale des NO_x -Desorptionspeaks erlaubt eine besonders einfache Auswertung des zeitlichen Verlaufs der NO_x -Konzentration in dem interessierenden Zeitintervall und erfordert

somit nur einen geringen Erkennungsaufwand.

[0010] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen sowie unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter erfindungsgemäßer Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den zugehörigen Zeichnungen.

[0011] In den Zeichnungen zeigen in schematischer Darstellung:

Figur 1 einen Verbrennungsmotor mit einem NO_x -Speicherkatalysator;

Figur 2 ein Diagramm zeitlicher Verläufe verschiedener Signale bei einem Regeneriervorgang eines NO_x -Speicherkatalysators;

Figur 3 ein Ablaufdiagramm einer Steuerung der Regeneration eines NO_x -Speicherkatalysators.

[0012] Figur 1 zeigt einen nur schematisch dargestellten mager betreibbaren Verbrennungsmotor 3 eines Kraftfahrzeugs, wie zum Beispiel einen Schichtladungsmotor mit einer nachgeschalteten Abgasanlage 2 mit einem NO_x -Speicherkatalysator 1 zur Speicherung und Umsetzung von Stickoxiden sowie mit einem Motorsteuergerät 13 und einer NO_x -Kontrolleinrichtung 5. Der NO_x -Speicherkatalysator 1 ist in einem Speicherzyklus mit einem Absorptions- und einen Regenerationsmodus betreibbar.

[0013] Der Abgasanlage 2 sind neben dem NO_x -Speicherkatalysator 1 ein Vorkatalysator 16, ein Temperatursensor 12 sowie Lambdasonden 10 und 15 zur Erfassung des Lambdawerts des Abgases im Bereich des Vorkatalysators 16 bzw. stromabwärts des NO_x -Speicherkatalysators 1 zugeordnet. Ein stromabwärts des NO_x -Speicherkatalysators 1 angeordneter an sich bekannter NO_x -Sensor 4 liefert ein selektiv die NO_x -Konzentration im Abgas repräsentierendes NO_x -Signal sowie ggfs. ein entsprechendes Signal für die Sauerstoffkonzentration.

[0014] Das Motorsteuergerät 13 erfasst in bekannter Weise über den Temperatursensor 12 und weitere (nicht dargestellte) Sensoren Betriebsparameter des Verbrennungsmotors 3 wie Abgastemperatur, Last, Drehzahl, Rohemissionsverlauf oder dgl. und kann diese über (nicht dargestellte) Stellglieder, wie beispielsweise eine Drosselklappe in der Luftzuführung des Verbrennungsmotors 3 gegebenenfalls beeinflussen. Die Kommunikation zwischen dem Motorsteuergerät 13 und dem Verbrennungsmotor 3, bzw. den Stellgliedern erfolgt über ein Kabelsystem 14. Das Motorsteuergerät 13 umfasst insbesondere eine Lambdaregelung 11, die mit der Lambdasonde 10 verbunden ist. Weiterhin beinhaltet das Motorsteuergerät 13 die NO_x -Kontrolleinrichtung 5 der das Signal der NO_x -Sonde 4 zugeführt wird.

[0015] Die ggfs. auch als separates Bauteil ausgeführte NO_x -Kontrolleinrichtung 5 weist Mittel zum Ermitteln

der Werte von charakteristischen Merkmalen eines NO_x -Desorptionspeaks, Mittel 6 zum Vergleich der ermittelten Werte mit vorgegebenen Prüfmustern und zur Bildung eines Vergleichsergebnis entsprechend der Abweichung zwischen den ermittelten Werten und den Prüfmustern, sowie Auswertungsmittel 7 und Speichermittel 8 auf. Die NO_x -Kontrolleinrichtung 13a kann beispielsweise durch einen Mikrocontroller mit einer CPU, einem Programmspeicher, einem Datenspeicher und Eingabe- und Ausgabeschchnittstellen realisiert sein. Ein den Betriebszustand des NO_x -Speicherkatalysators charakterisierendes Katalysator-Zustandssignal wird, wie nachfolgend noch genauer beschrieben wird, von den Auswertungsmitteln 7 in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis gebildet, welches von den Mitteln 6 geliefert wird. Die Prüfmuster, die beispielsweise in einem ROM abgelegt sein können, repräsentieren Soll-Werte der charakteristischen Merkmale des NO_x -Desorptionspeaks im Abgas stromabwärts des NO_x -Speicherkatalysators 1 bei einem Übergang vom Absorptions- zum Regenerationsmodus des NO_x -Speicherkatalysators 1, worauf nachfolgend noch genauer eingegangen wird. Das Katalysator-Zustandssignal wird vom Motorsteuergerät 13 zur Erreichung einer optimalen Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators ausgewertet.

[0016] Figur 2 stellt zur Veranschaulichung des erfindungsgemäßen Verfahrens den prinzipiellen zeitlichen Verlauf von Signalen für den Regeneriervorgang eines NO_x -Speicherkatalysators 1 beim Übergang von Mager- auf Fettbetrieb bei einem Schichtladungsmotor dar. Bis zum Zeitpunkt t_1 befindet sich der NO_x -Speicherkatalysator 1 im Absorptionsmodus. Zu diesem Zeitpunkt wird vom Motorsteuergerät 13 erkannt, dass eine Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators 1 erforderlich ist. Dies kann zum Beispiel geschehen, wenn das Motorsteuergerät 13 feststellt, dass die NO_x -Konzentration im Abgas einen Schwellwert $\text{NO}_x\text{-S}$ erreicht hat, weil die NO_x -Beladungskapazität des NO_x -Speicherkatalysators 1 ausgeschöpft ist und damit kein oder nur eine geringe Menge an NO_x weiter eingelagert werden kann. Zum Zeitpunkt t_1 erfolgt daher von der Motorsteuerung 13 die Anforderung einer NO_x -Reduktion und der Wert des Steuersignals S_M wird auf 1 gesetzt. Der Lambdawert L des Luft/Kraftstoffgemischs wird dementsprechend von einem Wert >2 auf einen Wert von ca. 0,9 abgesenkt, was einem Übergang von einem Sauerstoffüberschuss zu einem Sauerstoffmangel entspricht.

[0017] Der Verbrennungsmotor 3 wird beginnend mit dem Zeitpunkt t_1 , da nunmehr ein fettes Luft/Kraftstoffgemisch zur Verfügung gestellt wird, von Schicht- auf Homogenbetrieb umgeschaltet. Das Steuersignal S_B wird von 1 auf 0 gesetzt. Zu diesem Zeitpunkt beginnt der eigentliche Regenerationsmodus des NO_x -Speicherkatalysators 1. Unter diesen Bedingungen wird kurzzeitig zunächst nicht das gesamte NO_x im Abgas an dem NO_x -Speicherkatalysator 1 katalytisch umgesetzt. Es kommt kurzzeitig zu einem Anstieg der NO_x -Konzentration über den Schwellwert $\text{NO}_x\text{-S}$ hinaus, der als

NO_x -Desorptionspeak im NO_x -Signal zu erkennen ist.

[0018] In Figur 2 ist im Bereich D für den zeitlichen Verlauf der NO_x -Signale NO_{x_n} und NO_{x_a} bei einem neuen bzw. einem gealterten NO_x -Speicherkatalysator 1 der jeweilige, in diesem Fall im Wesentlichen dreiecksförmige NO_x -Desorptionspeak dargestellt. Als charakteristische Merkmale der jeweiligen NO_x -Desorptionspeaks sind der Maximalwert H_n , die Fläche A_n und die zeitliche Dauer D_n für einen neuen, beziehungsweise H_a , A_a und D_a für einen gealterten NO_x -Speicherkatalysator in der Zeichnung eingetragen. Die Werte dieser Merkmale sind jeweils bezogen auf eine Referenz- NO_x -Konzentration. In dem Ausführungsbeispiel wird als Referenz- NO_x -Konzentration der Wert der gemessenen NO_x -Konzentration zum Zeitpunkt t_2 verwendet. Jedoch können erfindungsgemäß auch andere Referenzwerte verwendet werden, insbesondere der Wert der NO_x -Konzentration zum Zeitpunkt t_1 bei der vom Motorsteuergerät 13 eine NO_x -Reduktion angefordert wird. Der Bezug der Werte der charakteristischen Merkmale auf einen Referenzwert erlaubt es, statt absoluter Werte der NO_x -Konzentration lediglich Werte relativ zu diesem Referenzwert zu verwenden und damit mögliche Offsetfehler der NO_x -Sonde 4 in einfacher Weise zu kompensieren.

[0019] Anstelle oder zusätzlich zu den genannten Merkmalen eines NO_x -Desorptionspeaks können erfindungsgemäß auch andere Merkmale, insbesondere die Anstiegsflanke, die Abfallflanke oder die Halbwertsbreite gewählt werden. Insbesondere könne auch nichtdreiecksförmige NO_x -Desorptionspeaks, ggfs. auch mit mehr als einem Maximum berücksichtigt werden.

[0020] Zur Ermittlung der Werte der charakteristischen Merkmale aus dem zeitlichen Verlauf des NO_x -Signals werden von dem NO_x -Kontrollgerät 5 an sich bekannte Sortier-Algorithmen, beispielsweise aus der Mustererkennung eingesetzt.

[0021] Zur weiteren Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die ermittelten Werte der charakteristischen Merkmale des NO_x -Desorptionspeaks mit den entsprechenden Prüfmustern verglichen. Da die Prüfmuster Soll-Werte, insbesondere Fehlerschwellwerte der jeweiligen charakteristischen Merkmale repräsentieren, werden sie vorzugsweise aus einem Modell für den NO_x -Speicherkatalysator 1 und gemessenen oder berechneten Betriebsparametern des Verbrennungsmotors 3 bestimmt. Als Betriebsparameter kommen hier insbesondere Last, Drehzahl, Rohemissionsverlauf, Abgastemperatur, Funktion eines Vorkatalysators 16 oder dgl. in Frage. Alternativ können die Prüfmuster auch in einer Lernphase des Motorsteuergeräts 13 bzw. der NO_x -Kontrolleinrichtung 5 aus den gemessenen Werten eines neuen NO_x -Speicherkatalysators 1 gewonnen werden.

[0022] Im einfachsten Fall besteht ein Prüfmuster nur aus dem Soll-Wert eines einzigen Merkmals, beispielsweise dem Maximalwert des NO_x -Desorptionspeaks.

[0023] Für eine differenzierte Diagnose werden die Werte einer Anzahl von zwei oder mehr charakteristischen Merkmalen mit entsprechenden Prüfmustern ver-

glichen. Das entsprechend der Abweichung zwischen den charakteristischen Merkmalen und den Prüfmustern gebildete Vergleichsergebnis spiegelt dann Art und Grad der Schädigung wieder. Hierbei wird die Erkenntnis verwendet, dass unterschiedliche Schädigungen des NO_x-Speicherkatalysators 1 den Wert der charakteristischen Merkmale des NO_x-Desorptionspeaks unterschiedlich beeinflussen. So resultiert eine thermische Schädigung bei einem gewissen Typ von NO_x-Speicherkatalysatoren in einem reduzierten Maximalwert des NO_x-Desorptionspeaks, beeinflusst aber nicht seine zeitliche Dauer, während eine Schwefelvergiftung lediglich zu einer verringerten zeitlichen Dauer führt. Bei NO_x-Speicherkatalysatoren anderen Typs können jedoch bedingt durch andere Schädigungsmechanismen andere Veränderungen des NO_x-Desorptionspeaks auftreten.

[0024] Zur Erreichung einer optimalen Regenerierung des NO_x-Speicherkatalysators 1 werden die Betriebsparameter des Verbrennungsmotors 3 vom Motorsteuergerät 13 in Abhängigkeit vom Katalysator-Zustandssignal verändert. Beispielsweise kann bei einer reversiblen Schädigung durch Verschwefelung während des Regenerationsmodus die Abgastemperatur erhöht werden, um eine Entschwefelung zu erreichen. Andererseits ist es bei einer thermischen Schädigung sinnvoll, die zeitliche Dauer des Regenerationsmodus zu verkürzen. Alternativ oder ergänzend kann in diesem Fall eine Abgasgrenztemperatur festgelegt werden, ab der vom Absorptions- in den Regenerationsmodus übergegangen wird. Ferner kann eine Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von einer ggfs. zuvor vorgenommenen Regenerationsmaßnahme erfolgen. Beispielsweise kann nach einer Entschwefelung, die nicht die erwünschten Resultate erbracht hat, eine weitere Entschwefelung mit erhöhter Temperatur oder Konzentration an einem Reduktionsmittel vorgesehen werden.

[0025] Aus Figur 2 ist zu entnehmen, dass einige Zeit nach Anforderung der NO_x-Regeneration zum Zeitpunkt t₁ der stromabwärts des NO_x-Speicherkatalysators 1 beispielsweise von dem Lambdasensor 15 gemessene Lambdawert L_n von einem Wert >2 auf einen Wert nahe 1 abfällt und zu einem späteren Zeitpunkt nach Beendigung des NO_x-Desorptionspeaks einen Wert <1 annimmt, bevor er nach Beendigung des Regenerationsmodus wieder ansteigt. Der Abfall des Lambdawerts L_n auf einen Wert <1 erfolgt wie dem Diagramm der Figur 2 zu entnehmen ist für einen neuen NO_x-Speicherkatalysator 1 zu einem späteren Zeitpunkt als der entsprechende Abfall des Lambdawerts L_a für einen gealterten Katalysator. Diese Unterschiede im zeitlichen Verlauf der Lambdawerte L_n und L_a können als zusätzliche Informationen zur Bewertung des NO_x-Desorptionspeaks herangezogen werden, ebenso wie ein ggfs. vor dem NO_x-Desorptionspeak auftretender Peak in der Sauerstoffkonzentration.

[0026] Für eine spätere Auswertung können auch die Werte der charakteristischen Merkmale eines oder meh-

rerer NO_x-Desorptionspeaks gespeichert werden. Alternativ oder zusätzlich hierzu kann auch der zeitliche Verlauf der Werte der NO_x-Konzentration zumindest in einem oder mehreren den NO_x-Desorptionspeaks zugeordneten Zeitfenstern gespeichert werden um eine vollständigere Information zur Verfügung zu haben.

[0027] Da die gemessenen Werte der NO_x-Konzentration Schwankungen unterliegen können, ist bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung eine Mittelwertbildung zum Ausgleich dieser Schwankungen vorgesehen. Hierzu werden die Werte der charakteristischen Merkmale über ein Anzahl von Speicherzyklen des NO_x-Speicherkatalysators ermittelt und ein entsprechender Mittelwert, beispielsweise ein arithmetischer Mittelwert gebildet. Diese Maßnahme kann generell vorgesehen sein oder in Abhängigkeit von den ermittelten Werten der charakteristischen Merkmale, insbesondere vom Wert der Schwankungsbreite vorgesehen werden.

[0028] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird aus den ermittelten Werten der charakteristischen Merkmale des NO_x-Desorptionspeaks eine Katalysator-Zustandskennzahl K bestimmt, indem die Werte der charakteristischen Merkmale bewertet und algebraisch kombiniert werden. Eine Möglichkeit hierfür zeigt die Gleichung:

$$K = H_k \cdot c_1 + D_k \cdot c_2 + A_k \cdot c_3.$$

[0029] Hier bezeichnet H_k den Maximalwert, D_k die zeitliche Dauer und A_k die Fläche des jeweiligen NO_x-Desorptionspeaks. Die Bewertungsfaktoren c₁ bis c₃ erlauben eine Anpassung an die spezifischen Eigenschaften eines konkreten NO_x-Speicherkatalysators 1. Ebenso erlauben die Bewertungsfaktoren eine Anpassung an Eigenschaften des Verbrennungsmotors 3 und der Abgasanlage 2. Das Katalysator-Zustandssignal wird bei dieser Ausführungsform der Erfindung in Abhängigkeit von dem Wert der Katalysator-Zustandskennzahl K und einem Fehlerschwellwert gebildet.

[0030] Das Ablaufdiagramm in Figur 3 zeigt einen typischen Ablauf bei der Ermittlung und Bewertung der Merkmale eines NO_x-Desorptionspeaks mit anschließender Regenerationsmaßnahmen. Nach dem Start der Diagnose in Schritt S1 wird gewartet bis ein Signal den Beginn des NO_x-Regenerationsmodus zum Zeitpunkt t₂ anzeigt, weil das NO_x-Signal den Schwellwert NO_x-S erreicht hat. Sobald hierfür am Verzweigungspunkt S2 eine positive Entscheidung erfolgt, wird in Schritt S3 der Wert des NO_x-Signals zum Zeitpunkt t₂ gespeichert. Anschließend wird in Schritt S4 der zeitliche Verlauf des NO_x-Signals gespeichert. Dabei muß nicht in jedem Fall der gesamte zeitliche Verlauf des NO_x-Signals gespeichert werden, da in Abhängigkeit von den gewählten charakteristischen Merkmalen des NO_x-Desorptionspeaks auch ein Teilbereich des zeitlichen Verlaufs des NO_x-Signals ausreichen kann. Sobald das NO_x-Signal den ge-

speicherten Wert des NO_x-Signal zum Zeitpunkt t₂ unterschreitet, erfolgt am Verzweigungspunkt S5 eine Entscheidung zur Ermittlung der NO_x-Desorptionspeakmerkmale in Schritt S6, da zu diesem Zeitpunkt der NO_x-Desorptionspeak als beendet angesehen wird. Die ermittelten Werte werden in Schritt S7 bewertet und anschließend in Schritt S8 abgefragt, ob ein vorgegebener Fehlerschwellwert überschritten wird. Falls dies verneint wird, erfolgt ein Rücksprung zum Verzweigungspunkt S2. Ist ein Fehler festgestellt worden, erfolgt in Schritt S9 eine Entscheidung, ob eine Verschwefelung oder eine thermische Schädigung mit verminderter NO_x-Speicherkapazität vorliegt.

[0031] Bei festgestellter Verschwefelung, erfolgt in Schritt S10 die Einleitung einer Entschwefelung. Ist eine thermische Schädigung mit verminderter NO_x-Speicherkapazität festgestellt worden, erfolgt in Schritt S11 eine Anpassung des Regenerationsmodus, beispielsweise durch eine zeitliche Verkürzung.

[0032] In Abhängigkeit von dem Katalysator-Zustandssignal ist bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, den Fahrer eines Kraftfahrzeugs mittels der Anzeigemittel 9 sofort zu warnen. Andererseits können auch in den Speichermitteln 8 abgelegte Informationen bei einem Werkstattaufenthalt des Kraftfahrzeugs an ein Werkstatt-Diagnosesystem weitergeleitet werden.

[0033] Insgesamt ermöglicht die erfindungsgemäße Ermittlung und nachfolgende Auswertung von Werten charakteristischer Merkmale des bei einem Umschalten von einem Absorptions- auf einen Regenerationsmodus auftretenden NO_x-Desorptionspeaks eine schnelle und unaufwendige Optimierung der Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators eines Kraftfahrzeugs.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Regeneration eines NO_x-Speicherkatalysators (1), der in der Abgasanlage eines Verbrennungsmotors (3) angeordnet und in einem Absorptions- und einem Regenerationsmodus betreibbar ist, wobei in Abhängigkeit vom Betriebszustand des NO_x-Speicherkatalysators (1) eine Veränderung von Betriebsparametern des Verbrennungsmotors (3) vorgenommen wird, wobei die NO_x-Konzentration im Abgas stromabwärts des NO_x-Speicherkatalysators (1) gemessen, und zur Ermittlung des Betriebszustands, insbesondere einer Schädigung des NO_x-Speicherkatalysators, (1) **dadurch gekennzeichnet** dass bei einem Übergang des NO_x-Speicherkatalysators (1) vom Absorptionsmodus zum Regenerationsmodus, die Werte von charakteristischen Merkmalen eines NO_x-Desorptionspeaks im zeitlichen Verlauf der NO_x-Konzentration ermittelt, mit vorgegebenen Prüfmustern verglichen ein Vergleichsergebnis gebildet wird, aus dem ein den Betriebszustand des

NO_x-Speicher Katalysators (1) charakterisierendes Katalysator-Zustandssignal bestimmt wird, und die Veränderung der Betriebsparameter die Durchführung einer Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von dem Katalysator-Zustandssignal zur Erreichung einer optimalen Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators (1) beinhaltet, wobei die NO_x-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators (1) ermittelt und bei Vorliegen einer herabgesetzten NO_x-Speicherfähigkeit als Regenerationsmaßnahme die Dauer des Regenerationsmodus verkürzt und/ oder eine Abgasgrenztemperatur festgelegt wird, oberhalb der von einem Absorptions- in einen Regenerationsmodus umgeschaltet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regenerationsmaßnahme in Abhängigkeit von einer ggfs. zuvor durchgeführten Regenerationsmaßnahme vorgenommen wird.

3. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regenerationsmaßnahme eine Entschwefelung des NO_x-Speicherkatalysators (1) beinhaltet.

4. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** als charakteristische Merkmale des NO_x-Desorptionspeaks die Merkmale Form, Anzahl der Maxima, Höhe der Maxima, zeitliche Dauer, Fläche, Halbwertsbreite, Anstiegs- und/oder Abstiegsflanke jeweils bezogen auf eine vorgegebene Referenz-NO_x-Konzentration gewählt werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem NO_x-Desorptionspeak aus der Höhe des Maximums, der zeitlichen Dauer und der Fläche des NO_x-Desorptionspeaks eine Katalysator-Zustandskennzahl gebildet und das Katalysator-Zustandssignal in Abhängigkeit von der Katalysator-Zustandskennzahl gebildet wird.

6. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Referenz-NO_x-Konzentration ein NO_x-Schwellwert gewählt wird, bei der der Regenerationsmodus des NO_x-Speicherkatalysators (1) eingeleitet wird.

7. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem in Schichtlademodus betreibbaren Verbrennungsmotor als Referenz-NO_x-Konzentration der Wert der NO_x-Konzentration zum Zeitpunkt eines Umschaltens des Verbrennungsmotors (3) auf Homogenbetrieb gewählt wird.

8. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass**

ausschließlich relative Änderungen der NO_x-Konzentration bezogen auf einen vorgegebenen Bezugswert berücksichtigt werden.

9. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Prüfmuster in Abhängigkeit von Betriebsparametern des Verbrennungsmotors (3) gewählt werden. 5

10. Verfahren nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit von den Werten der charakteristischen Merkmale, insbesondere von ihrer Schwankungsbreite für eine Anzahl von Speicherzyklen des NO_x-Speicherkatalysators (1) die Werte der charakteristischen Merkmale gespeichert, ihr Mittelwert berechnet und das Katalysator-Zustandssignal in Abhängigkeit von dem Mittelwert bestimmt wird. 10 15

11. Vorrichtung zur Steuerung der Regeneration eines NO_x-Speicherkatalysators (1), der in der Abgasanlage eines Verbrennungsmotors (3) angeordnet und in einem Absorptions- und einem Regenerationsmodus betreibbar ist, mit einem Motorsteuergerät (13) zur Erfassung und Beeinflussung von Betriebsparametern des Verbrennungsmotors (3), **dadurch gekennzeichnet, dass** eine NO_x-Kontrolleinrichtung (5) vorgesehen ist, der die Messwerte eines stromabwärts des NO_x-Speicherkatalysators (1) angeordneten NO_x-Sensors (4) zur Messung der NO_x-Konzentration im Abgas zuführbar sind und die 20 25 30
 - Mittel zur Ermittlung der Werte von charakteristischen Merkmalen eines NO_x-Desorptionspeak im zeitlichen Verlauf der NO_x-Konzentration bei einem Übergang des NO_x-Speicherkatalysators vom Absorptionsmodus zum Regenerationsmodus, 35
 - Mittel (6) zum Vergleich der Werte der charakteristischen Merkmale mit vorgegebenen Prüfmustern und zur Bildung eines Vergleichsergebnis sowie 40
 - Auswertungsmittel (7) zur Bildung eines den Betriebszustand des NO_x-Speicherkatalysators (1) charakterisierenden Katalysator-Zustandssignals in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis aufweist 45
 - wobei das Katalysatorzustandssignal dem Motorsteuergerät (13) zur Einleitung einer Regenerationsmaßnahme zur Erreichung einer optimalen Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators (1) zuführbar ist und bei Vorliegen einer herabgesetzten NO_x-Speicherfähigkeit als Regenerationsmaßnahme die Dauer des Regenerationsmodus verkürzt und/ oder eine Abgasgrenztemperatur festgelegt wird, oberhalb der von einem Absorptionsin einen Regenerationsmodus umgeschaltet wird. 50 55

Claims

1. Method for controlling the regeneration of a NO_x storage catalytic converter (1) which is arranged in the exhaust system of an internal combustion engine (3) and can be operated in an absorption mode and in a regeneration mode, a change in operating parameters of the internal combustion engine (3) being carried out as a function of the operating state of the NO_x storage catalytic converter (1), the NO_x concentration in the exhaust gas being measured downstream of the NO_x storage catalytic converter (1), and for determining the operating state, in particular for determining damage to the NO_x storage catalytic converter (1), **characterized in that**, in the event of a transition of the NO_x storage catalytic converter from the absorption mode to the regeneration mode, the values of characteristic features of a NO_x desorption peak in the time-based profile of the NO_x concentration are determined, compared with predefined test patterns, and a comparison result is formed, from which a catalytic converter state signal is determined which characterizes the operating state of the NO_x storage catalytic converter (1), and the change in the operating parameters encompasses carrying out a regeneration measure as a function of the catalytic converter state signal in order to obtain optimum regeneration of the NO_x storage catalytic converter (1), the NO_x storage capacity of the NO_x storage catalytic converter (1) being determined and, if the NO_x storage capacity has reduced, the duration of the regeneration mode being reduced and/or an exhaust gas limit temperature, above which a switch is made from an absorption mode into a regeneration mode, being fixed as a regeneration measure.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the regeneration measure is carried out as a function of a previously carried-out regeneration measure, if applicable.

3. Method according to at least one of Claims 1 or 2, **characterized in that** the regeneration measure encompasses desulphurization of the NO_x storage catalytic converter (1).

4. Method according to at least one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the characteristic features of the NO_x desorption peak are selected to be the shape, the number of maxima, the height of the maxima, the time-based duration, the area, the full width at half maximum, the rising edge and/or the falling edge, in each case relative to a predefined reference NO_x concentration.

5. Method according to Claim 4, **characterized in that**, at a NO_x desorption peak, a catalytic converter state

characteristic value is formed from the height of the maximum, the time-based duration and the area of the NO_x desorption peak, and the catalytic converter state signal is formed as a function of the catalytic converter state characteristic value.

6. Method according to at least one of Claims 4 or 5, **characterized in that** a NO_x threshold value at which the regeneration mode of the NO_x storage catalytic converter (1) is initiated is selected as a reference NO_x concentration.
7. Method according to at least one of Claims 4 or 5, **characterized in that**, in an internal combustion engine which can be operated in a stratified charge mode, the value of the NO_x concentration at the time at which the internal combustion engine (3) switches to a homogeneous operating mode is selected as a reference NO_x concentration.
8. Method according to at least one of Claims 1 to 7, **characterized in that** only relative changes in the NO_x concentration relative to a predefined reference value are taken into consideration.
9. Method according to at least one of Claims 1 to 8, **characterized in that** the test patterns are selected as a function of operating parameters of the internal combustion engine (3).
10. Method according to at least one of Claims 1 to 9, **characterized in that** the values of the characteristic features are stored, their mean value calculated and the catalytic converter state signal determined as a function of the mean value, as a function of the values of the characteristic features, in particular of their margin of deviation for a number of storage cycles of the NO_x storage catalytic converter (1).
11. Device for controlling the regeneration of a NO_x storage catalytic converter (1) which is arranged in the exhaust system of an internal combustion engine (3) and can be operated in an absorption mode and in a regeneration mode, having an engine control unit (13) for detecting and influencing operating parameters of the internal combustion engine (3), **characterized in that** a NO_x monitoring device (5) is provided, to which the measurement values of a NO_x sensor (4) arranged downstream of the NO_x storage catalytic converter (1) can be supplied for measuring the NO_x concentration in the exhaust gas, and which

- has means for determining the values of characteristic features of a NO_x desorption peak in the time-based profile of the NO_x concentration in the event of a transition of the NO_x storage catalytic converter from the absorption mode to the regeneration mode,

- has means (6) for comparing the values of the characteristic features with predefined test patterns and for forming a comparison result and
 - has evaluation means (7) for forming a catalytic converter state signal which characterizes the operating state of the NO_x storage catalytic converter (1) as a function of the comparison result, - it being possible for the catalytic converter state signal to be supplied to the engine control unit (13) in order to introduce a regeneration measure in order to obtain optimum regeneration of the NO_x storage catalytic converter (1) and, if the NO_x storage capacity has reduced, the duration of the regeneration mode being reduced and/or an exhaust gas limit temperature, above which a switch is made from an absorption mode into a regeneration mode, being fixed as a regeneration measure.

Revendications

1. Procédé de commande de la régénération d'un catalyseur à accumulation de NO_x (1) qui est disposé dans le système de gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne (3) et qui peut fonctionner en mode d'absorption et de régénération, une variation des paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne (3) se produisant en fonction de l'état de fonctionnement du catalyseur à accumulation de NO_x (1), la concentration en NO_x dans le gaz d'échappement en aval du catalyseur à accumulation de NO_x (1) étant mesurée, et pour déterminer l'état de fonctionnement, notamment un endommagement du catalyseur à accumulation de NO_x (1), **caractérisé en ce que** dans le cas d'un passage du catalyseur à accumulation de NO_x (1) du mode d'absorption au mode de régénération, les valeurs de caractéristiques d'un pic de désorption de NO_x sont déterminées dans l'évolution dans le temps de la concentration en NO_x, sont comparées avec des modèles de vérification prédéfinis, un résultat de la comparaison est produit, à partir duquel un signal d'état du catalyseur caractérisant l'état de fonctionnement du catalyseur à accumulation de NO_x (1) est déterminé, et la variation des paramètres de fonctionnement inclut la mise en oeuvre d'une mesure de régénération en fonction du signal d'état du catalyseur pour obtenir une régénération optimale du catalyseur à accumulation de NO_x (1), la capacité d'accumulation de NO_x du catalyseur à accumulation de NO_x (1) étant déterminée et en présence d'une capacité réduite d'accumulation de NO_x, on raccourcit réduite, en tant que mesure de régénération, la durée du mode de régénération et/ou on établit une température limite de gaz d'échappement, au-dessus de laquelle on passe d'un mode d'absorption à un mode de régénération.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la mesure de régénération est effectuée en fonction d'une mesure de régénération éventuellement réalisée précédemment. 5
3. Procédé selon au moins l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la mesure de régénération inclut une désulfuration du catalyseur à accumulation de NOx (1). 10
4. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'on choisit comme caractéristique du pic de désorption de NOx la forme, le nombre des maxima, la hauteur des maxima, la durée, la surface, la largeur de la demi-valeur, les flancs montants et/ou descendants à chaque fois par rapport à une concentration en NOx de référence prédéfinie. 15
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** pour un pic de désorption de NO_x, une caractéristique d'état du catalyseur est formée à partir de la hauteur du maximum, de la durée et de la surface du pic de désorption de NOx et le signal d'état du catalyseur est formé en fonction de la caractéristique d'état du catalyseur. 20 25
6. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** l'on choisit comme concentration en NOx de référence une valeur seuil de NOx à laquelle le mode de régénération du catalyseur à accumulation de NOx (1) est amorcé. 30
7. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 4 ou 5, **caractérisé en ce que** dans le cas d'un moteur à combustion interne pouvant fonctionner en mode de charge stratifié, on choisit comme concentration en NO_x de référence la valeur de la concentration en NOx à l'instant du passage du moteur à combustion interne (3) au mode de fonctionnement homogène. 35 40
8. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** l'on ne tient compte exclusivement que des variations relatives de la concentration en NOx par rapport à une valeur de référence prédéfinie. 45
9. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** le modèle de vérification est choisi en fonction de paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne (3). 50
10. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que**, en fonction des valeurs des caractéristiques, notamment de leur largeur d'oscillation pour un certain nombre de cycles d'accumulation du catalyseur à accumulation de NOx (1), les valeurs des caractéristiques sont mémorisées, leur valeur moyenne est calculée et le signal d'état du catalyseur est déterminé en fonction de la valeur moyenne. 55
11. Dispositif de commande de la régénération d'un catalyseur à accumulation de NOx (1) qui est disposé dans le système de gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne (3) et qui peut fonctionner en mode d'absorption et de régénération, comprenant un appareil de commande du moteur (13) pour détecter et influencer des paramètres de fonctionnement du moteur à combustion interne (3), **caractérisé en ce que** l'on prévoit un dispositif de contrôle de NOx (5), auquel les valeurs de mesure d'un capteur de NOx (4) disposé en aval du catalyseur à accumulation de NOx (1) peuvent être acheminées pour mesurer la concentration en NOx dans le gaz d'échappement et qui présente :
 - des moyens pour déterminer les valeurs de caractéristiques d'un pic de désorption de NOx dans l'évolution dans le temps de la concentration en NOx au passage du catalyseur à accumulation de NOx du mode d'absorption au mode de régénération,
 - des moyens (6) pour comparer les valeurs des caractéristiques avec des modèles de vérification prédéfinis et pour former un résultat de comparaison, ainsi que
 - des moyens d'analyse (7) pour former un signal d'état du catalyseur caractérisant l'état de fonctionnement du catalyseur à accumulation de NOx (1) en fonction du résultat de la comparaison,
 - le signal d'état du catalyseur pouvant être acheminé à l'appareil de commande du moteur (13) pour amorcer une mesure de régénération pour obtenir une régénération optimale du catalyseur à accumulation de NOx (1), et en présence d'une capacité d'accumulation de NOx réduite, on raccourcit, en tant que mesure de régénération, la durée du mode de régénération et/ou on établit une température limite de gaz d'échappement, au-dessus de laquelle on passe d'un mode d'absorption à un mode de régénération.

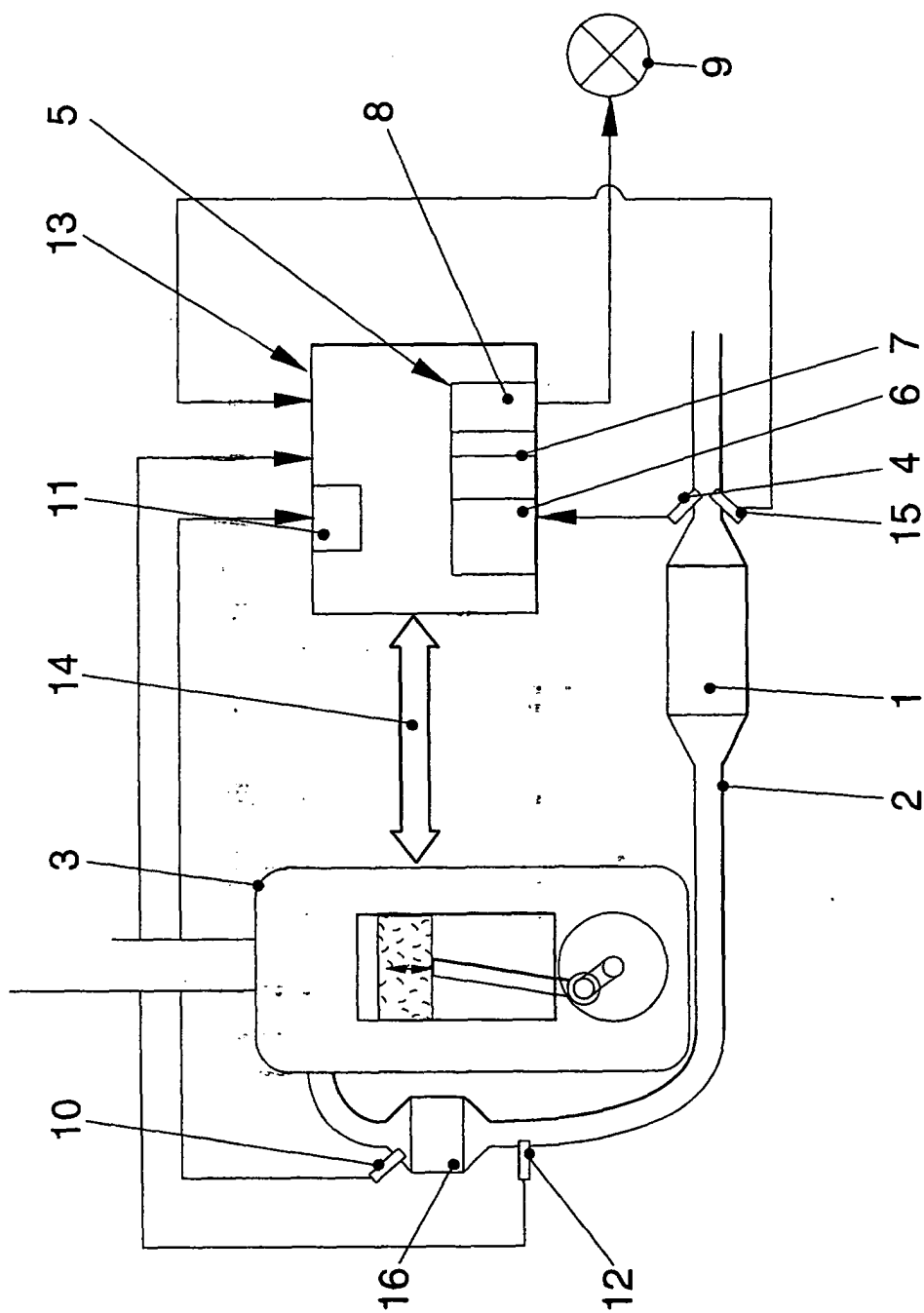


Fig. 1

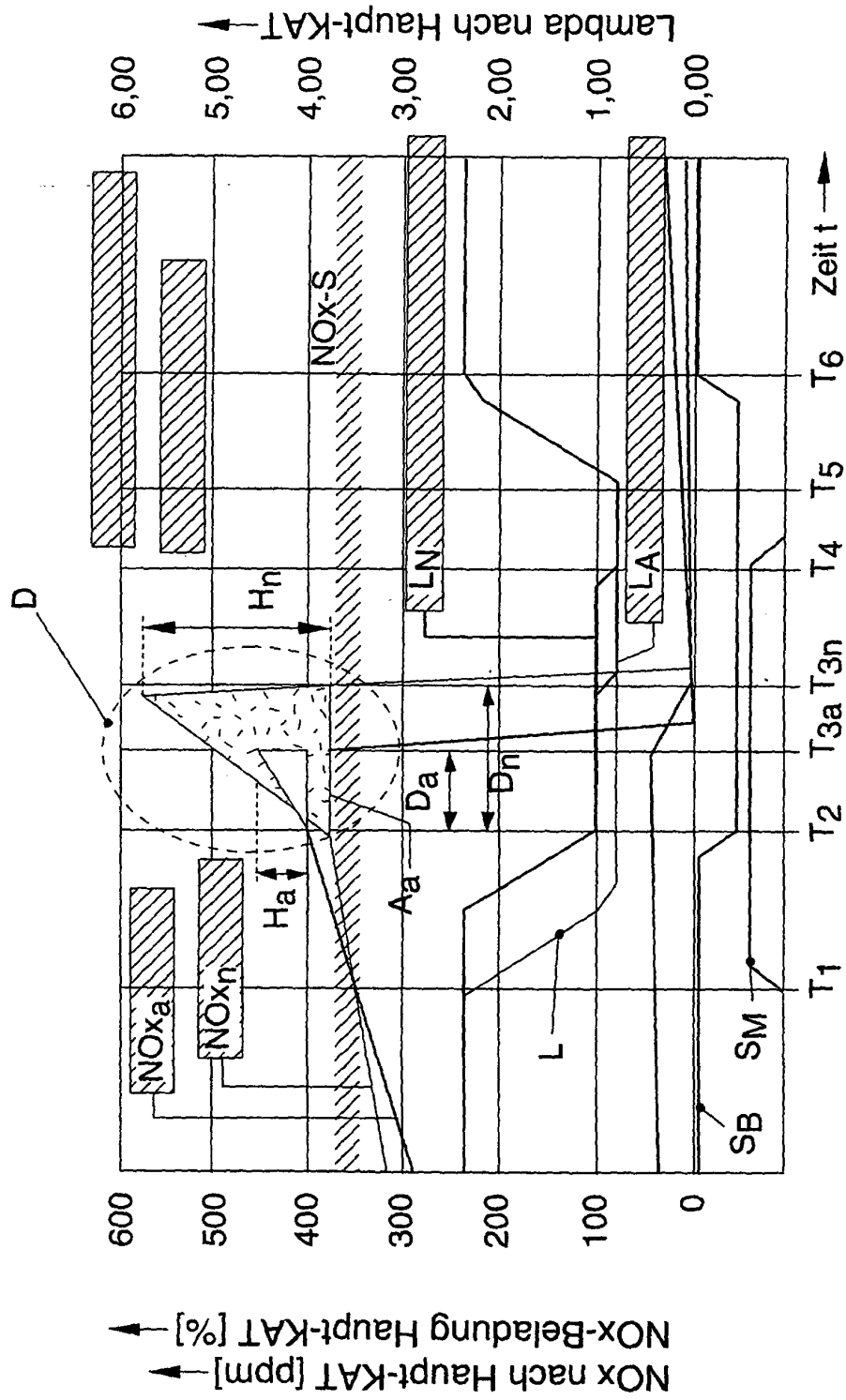


FIG. 2

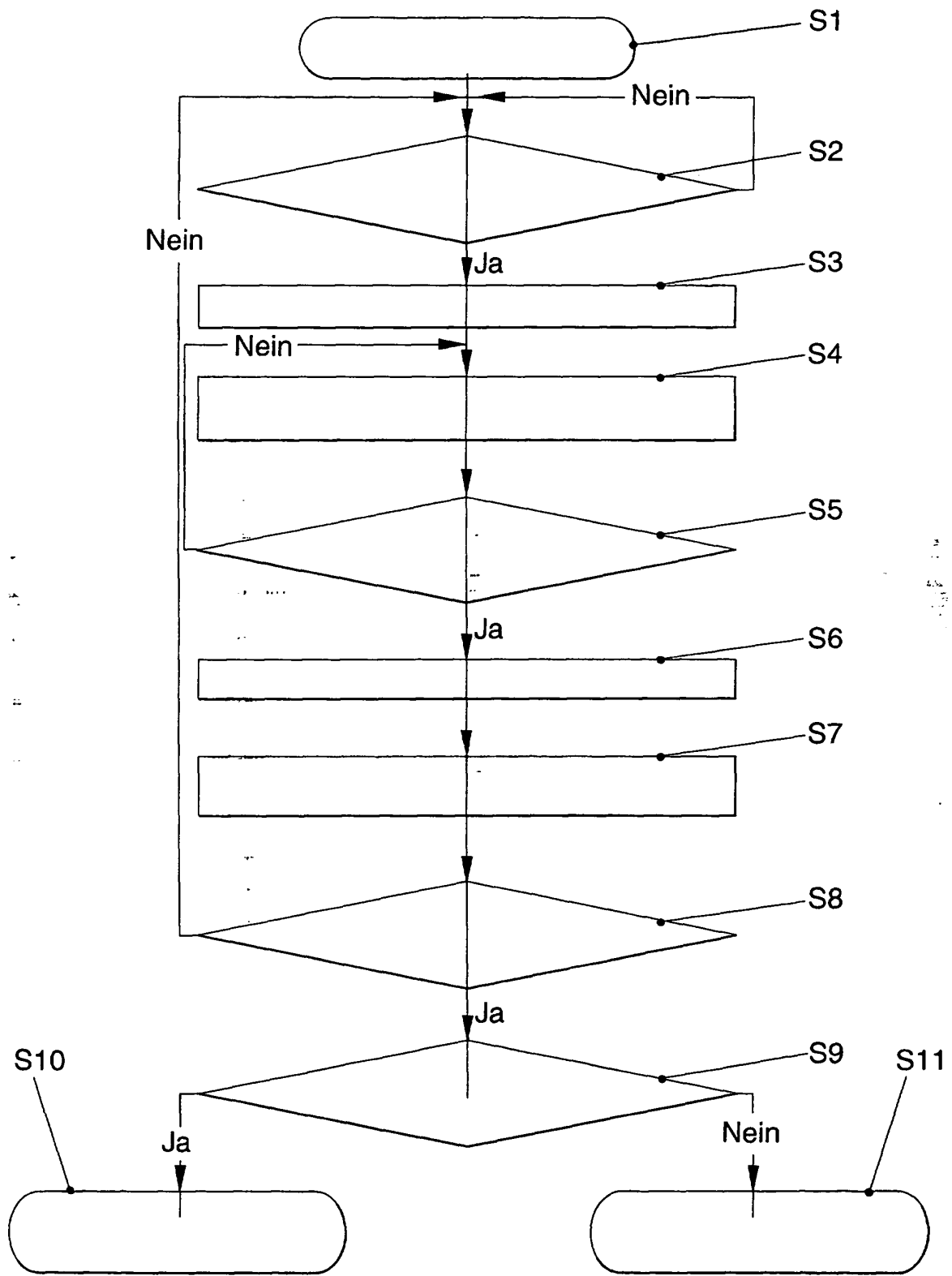


FIG. 3