(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. April 2001 (05.04.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/23875 A2

(51) Internationale Patentklassifikation[7]: G01N 27/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/09093

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. September 2000 (18.09.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
199 46 628.9 29. September 1999 (29.09.1999) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; 38436 Wolfsburg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **LOECK, Harald** [DE/DE]; Aueteichstr. 27, 38442 Wolfsburg (DE). **KREBS, Rudolf** [DE/DE]; Peiner Str. 95, 38176 Wendeburg (DE). **KÖNIG, Axel** [DE/DE]; Galgenkamp 13, 38448 Wolfsburg (DE). **DRÜCKHAMMER, Jens** [DE/DE]; Wichernstr. 47 b, 38108 Braunschweig (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT**; Brieffach 1770, 38436 Wolfsburg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(national)*: CN, IN, JP, KR, US.

(84) Bestimmungsstaaten *(regional)*: europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht:
— *Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR DIAGNOSING THE LEVEL OF DETERIORATION OF AN NO_x CATALYST LOCATED IN THE EXHAUST CHANNEL OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR DIAGNOSE EINES SCHÄDIGUNGSZUSTANDES EINES IN EINEM ABGASKANAL EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE ANGEORDNETEN NO_x-SPEICHERKATALYSATORS

(57) Abstract: The invention relates to a method for diagnosing the level of deterioration of an NO_x catalyst located in the exhaust channel of an internal combustion engine. The NO_x concentration in the exhaust gas is detected by an NO_x sensor disposed downstream of the NO_x storage catalyst. The internal combustion engine is provided with a device for adjusting a minimum operating temperature of the NO_x storage catalyst which device at least temporarily influences the exhaust gas temperature (heating measure). According to the inventive method (a) a signal course (16) of the NO_x concentration is detected by the NO_x sensor within a predetermined diagnostic period once the heating measure (consisting of measures on the motor side and blowing in of secondary air) is terminated, and (b) the signal course (16) of the NO_x concentration is compared with a predetermined nominal course (14) for the NO_x concentration.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose eines Schädigungzustandes eines in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO_x-Speicherkatalysators, wobei eine NO_x-Konzentration im Abgas durch einen stromab des NO_x-Speicherkatalysators angeordneten NO_x-Sensor erfaßt wird und der Verbrennungskraftmaschine Mittel zur Einstellung einer Mindestbetriebstemperatur des NO_x-Speicherkatalysators zugeordnet sind, die zu einer zumindest temporären Beeinflussung einer Abgastemperatur dienen (Aufheizmaßnahme). Es ist vorgesehen, daß (a) nach Beendigung der Aufheizmaßnahme (aus motorseitigen Maßnahmen und der Sekundärlufteinblasung) innerhalb eines vorgebbaren Diagnosezeitraumes ein Signalverlauf (16) der NO_x-Konzentration von dem NO_x-Sensor erfaßt wird und (b) der Signalverlauf (16) NO_x-Konzentration mit einem vorgebbaren Sollverlauf (14) für die NO_x-Konzentration verglichen wird.

WO 01/23875 A2

Verfahren zur Diagnose eines Schädigungszustandes eines in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO_X-Speicherkatalysators

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Diagnose eines Schädigungszustandes eines in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO_X-Speicherkatalysators mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

Zur Reduzierung einer Emission von während eines Verbrennungsvorganges eines Luft-Kraftstoff-Gemisches in der Verbrennungskraftmaschine gebildeter Schadstoffe ist es bekannt, Katalysatoren in dem Abgaskanal anzuordnen. Dabei werden Schadstoffe, die als Reduktionsmittel dienen können, wie CO, HC oder H_2, mit vorhandenem Luftsauerstoff oxidiert. Ebenfalls während des Verbrennungsvorganges gebildetes NO_X wird an dem Katalysator mit Hilfe der Reduktionsmittel zu Stickstoff reduziert.

Befindet sich die Verbrennungskraftmaschine in einem Magerbetrieb mit $\lambda > 1$, so ist ein Anteil der Reduktionsmittel am Abgas ebenfalls vermindert und eine vollständige Umsetzung des NO_X kann nicht mehr erfolgen. Zur Abhilfe ist dem Katalysator eine Speicherkomponente für NO_X zugeordnet, wobei beide als NO_X-Speicherkatalysator zusammengefaßt werden können. Ein solcher NO_X-Speicherkatalysator kann auch Bestandteil eines 3-Wege-Katalysators sein. Eine Absorption des NO_X findet so lange statt, bis entweder eine Katalysatortemperatur eine NO_X-Desorptionstemperatur überschreitet oder eine NO_X-Speicherfähigkeit erschöpft ist. Vor diesem Zeitpunkt muß der NO_X-Speicherkatalysator regeneriert werden, indem ein Wechsel in einen stöchiometrischen Betrieb ($\lambda = 1$) oder Fettbetrieb ($\lambda < 1$) eingeleitet wird.

Weiterhin ist bekannt, der Verbrennungskraftmaschine Mittel zuzuordnen, die es erlauben, insbesondere nach einem Kaltstart der Verbrennungskraftmaschine, den NO_X-

beispielsweise durch eine Anordnung einer Sekundärluftpumpe, die einen Sauerstoffanteil im Abgas durch kontrollierte Einspeisung eines Luftvolumens erhöht, und eine darauf abgestimmte Einstellung des motorischen Luftverhältnisses, erfolgen. Nachfolgend wird auf diese Weise eine Abgastemperaturerhöhung infolge exothermer Reaktionen erreicht.

Ferner ist bekannt, stromab des NO_X-Speicherkatalysators einen NO_X-Sensor anzuordnen, der eine NO_X-Konzentration im Abgas erfaßt. Über die NO_X-Konzentration kann dann in bekannter Weise eine Regenerationsnotwendigkeit, beispielsweise nach dem Überschreiten einer vorgebbaren Schwellenemission, eingeleitet werden.

Während eines Betriebes des NO_X-Speicherkatalysators kann eine Funktionalität des NO_X-Speicherkatalysators durch verschiedene Schädigungen beeinträchtigt werden. Zum einen können reversible Schädigungen, wie eine Verschwefelung durch schwefelhaltige Kraftstoffe oder eine Belegung des NO_X-Speicherkatalysators durch Ruß, mit Hilfe gezielter Regenerationsmaßnahmen wieder behoben werden. Zum anderen treten mit zunehmender Betriebsdauer aber auch irreversible Schädigungen in Erscheinung. So kann beispielsweise durch thermische Überbelastung ein Aktivitätsverlust des NO_X- Speicherkatalysators eintreten und damit gegebenenfalls eine wirksame Reduktion der Schadstoffemissionen nicht mehr ermöglicht werden.

Nachteilig bei den bekannten Verfahren zur Steuerung von NO_X-Speicherkatalysatoren ist es, daß derartige Schädigungszustände nur unzureichend diagnostiziert werden, weil sie nur bei betriebswarmem Motor stattfinden. Findet eine Diagnose statt, so wird häufig auf relativ komplexe Meßanordnungen, die zusätzliche Lambdasensoren, Temperatursensoren und spezifische Gassensoren umfassen, zurückgegriffen. Dies erfordert zum einen ein komplexes Auswerteverfahren, und zum anderen sind derartige Sensoren relativ kostspielig und erhöhen somit die Fertigungskosten erheblich.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, das die Diagnose des Schädigungszustandes des NO_X-Speicherkatalysators in einfacher Weise und unter Zuhilfenahme von nur einem NO_X-Sensor ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch das Verfahren zur Diagnose des Schädigungszustandes des NO_X-Speicherkatalysators mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, daß

(a) nach Beendigung der Aufheizmaßnahme (aus motorseitigen Maßnahmen und der Sekundärlufteinblasung) innerhalb eines vorgebbaren Diagnosezeitraumes ein Signalverlauf der NO_X-Konzentration von dem NO_X-Sensor erfaßt wird und

(b) der Signalverlauf der NO_X-Konzentration mit einem vorgebbaren Sollverlauf für die NO_X-Konzentration verglichen wird,

kann bereits unmittelbar nach dem Kaltstart der Verbrennungskraftmaschine und dem Aufheizen des Speicherkatalysators auf die Mindesttemperatur der Schädigungszustand erfaßt werden.

In bevorzugter Weise wird ein Verlauf und/oder eine Größe einer Abweichung des Signalverlaufes von dem Sollverlauf zu einem Kontrollwert zusammengefaßt. Überschreitet dabei der Kontrollwert einen vorgebbaren Schwellenwert, so kann gegebenenfalls ein Wartungssignal erzeugt werden (On-Board-Diagnose). Anhand des Wartungssignales können dann zum einen entsprechende Regenerationsmaßnahmen ergriffen werden oder zum anderen umfangreichere Wartungsmaßnahmen eingeleitet werden. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, den Schwellenwert anhand von Parametern, wie eine Gesamtbetriebsdauer des NO_X-Speicherkatalysators, eine Effizienz vorhergehender Regenerationsmaßnahmen, eine Fahrzeuggeschwindigkeit oder einer aktuellen Katalysatortemperatur, festzulegen.

Als besonders günstig hat es sich erwiesen, das erfindungsgemäße Verfahren an Verbrennungskraftmaschinen durchzuführen, denen eine Sekundärluftpumpe zugeordnet ist. Die Sekundärluftpumpe dient in bekannter Weise nach dem Kaltstart der Verbrennungskraftmaschine zur Einleitung der Aufheizmaßnahme, bei der die Katalysatortemperatur auf die Mindestbetriebstemperatur erhöht wird. Nach der Abschaltung der Sekundärluftpumpe wird dann die Diagnose eingeleitet.

Eine Diagnose ist erst nach dem Abschalten der Sekundärluftpumpe sinnvoll, weil ab diesem Zeitpunkt die Gemischregeliung auf $\lambda = 1$ eingestellt werden kann. Unter dem

$\lambda = 1$ geregelten Betriebsmodus setzt dann die NO_X-Reduktion des Katalysators ein. Unter diesen Betriebsbedingungen kann eine eventuell vorhandene Schädigung des Katalysators mit Hilfe des NO_X-Sensors erfaßt werden.
Die Diagnose des Schädigungszustandes wird ferner vorzugsweise innerhalb eines vorgebbaren Temperaturbereiches für die Katalysatortemperatur durchgeführt, wobei die Katalysatortemperatur durch geeignete Temperatursensoren erfaßt werden kann.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnung, die einen Verlauf eines Lambdawertes, einen Verlauf einer Fahrgeschwindigkeit, einen Signalverlauf einer NO_X-Konzentration und einen vorgebbaren Sollverlauf für die NO_X-Konzentration zeigt, näher erläutert.

Eine Verbrennungskraftmaschine, insbesondere ein $\lambda = 1$ geregelter oder DI-Otto-Motor, emittiert während eines Betriebes Schadstoffe, wie CO, HC und NO_X. Einerseits können über in einem Abgaskanal der Verbrennungskraftmaschine angeordnete Katalysatoren Reduktionsmittel (CO, HC, H_2) mit Sauerstoff oxidiert werden, und andererseits kann mit Hilfe der Reduktionsmittel NO_X an den Katalysatoren zu Stickstoff umgesetzt werden. In einem Magerbetrieb mit $\lambda > 1$ wird NO_X als Nitrat in einem NO_X-Speicherkatalysator eingelagert, und zwar solange, bis entweder eine NO_X-Desorptionstemperatur überschritten wird oder eine NO_X-Speicherfähigkeit erschöpft ist. Zur Vermeidung eines NO_X-Durchbruches wird die Verbrennungskraftmaschine vor diesem Zeitpunkt unter stöchiometrischen oder fetten Bedingungen mit $\lambda \leq 1$ (Regeneration) betrieben.

Nach einem Kaltstart der Verbrennungskraftmaschine wird üblicherweise ein Betriebsmodus der Verbrennungskraftmaschine mit $\lambda < 1$ (Fettbetrieb) eingestellt (siehe Verlauf des Lambdawertes 10), um ein schnelleres Aufheizen des NO_X-Speicherkatalysators zu erreichen. Zusätzlich wird gegebenenfalls während einer Beschleunigung eines durch die Verbrennungskraftmaschine angetriebenen Kraftfahrzeuges (siehe Verlauf der Fahrzeuggeschwindigkeit 12) der Fettbetrieb erzwungen.

Der NO_X-Speicherkatalysator muß zur Gewährung einer hinreichenden Konvertierungsrate für NO_X Und NO_X-Speicherfähigkeit eine Mindestbetriebstemperatur aufweisen. Dazu sind der Verbrennungskraftmaschine Mittel zugeordnet, die insbesondere nach einem Kaltstart eine Einstellung der Katalysatortemperatur durch eine zumindest temporäre Beeinflussung der Abgastemperatur erlauben (Aufheizmaßnahme während einer Phase t_S). So kann durch eine Sekundärluftpumpe ein Sauerstoffanteil am Abgas durch Einspeisung eines zusätzlichen Luftvolumens unmittelbar nach der Verbrennungskraftmaschine erhöht werden. Befindet sich die Verbrennungskraftmaschine im Fettbetrieb, erfolgt somit eine verlagerte exotherme Oxidation der Reduktionsmittel direkt im oberen Abgaskanal oder gegebenenfalls an einem vorhanden Vorkatalysator.

Nach Beendigung der Aufheizmaßnahme, beispielsweise nachdem eine Katalysatortemperatur in einem vorgebbaren Temperaturbereich liegt, wird innerhalb eines vorgebbaren Diagnosezeitraumes (Phase t_D) über einen stromab des NO_X-Speicherkatalysators angeordneten NO_X-Sensor der Signalverlauf 16 der NO_X-Konzentration erfaßt. Ein derartiger Signalverlauf 16 kann beispielsweise in ein Motorsteuergerät eingelesen werden und wird mit einem dort hinterlegten vorgebbaren Sollverlauf 14 für die NO_X-Konzentration verglichen. Der Sollverlauf 14 zeigt dabei üblicherweise den Verlauf der NO_X-Konzentration eines frischen NO_X-Speicherkatalysators.

Ein Verlauf und/oder eine Größe einer Abweichung des Signalverlaufs 16 von dem Sollverlauf 14 liefert somit ein Maß für den Schädigungszustand des NO_X-Speicherkatalysator. Der Verlauf und/oder die Größe der Abweichung können zu einem Kontrollwert zusammengefaßt werden. Beim Überschreiten des Kontrollwertes über einen Schwellenwert kann dann ein Wartungssignal erzeugt werden. Dabei kann der Schwellenwert mit Hilfe von Parametern, wie einer Gesamtbetriebsdauer des Katalysators, einer Effizienz vorhergehender Regenerationsmaßnahmen der Fahrzeuggeschwindigkeit 12 oder der Katalysatortemperatur, festgelegt werden.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Diagnose eines Schädigungzustandes eines in einem Abgaskanal einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO_X-Speicherkatalysators, wobei eine NO_X-Konzentration im Abgas durch einen stromab des NO_X-Speicherkatalysators angeordneten NO_X-Sensor erfaßt wird und der Verbrennungskraftmaschine Mittel zur Einstellung einer Mindestbetriebstemperatur des NO_X-Speicherkatalysators zugeordnet sind, die zu einer zumindest temporären Beeinflussung einer Abgastemperatur dienen (Aufheizmaßnahme), **dadurch gekennzeichnet,** daß

   (a) nach Beendigung der Aufheizmaßnahme innerhalb eines vorgebbaren Diagnosezeitraumes ein Signalverlauf (16) der NO_X-Konzentration von dem NO_X-Sensor erfaßt wird und

   (b) der Signalverlauf (16) der NO_X-Konzentration mit einem vorgebbaren Sollverlauf (14) für die NO_X-Konzentration verglichen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß ein Verlauf und/oder eine Größe einer Abweichung des Signalverlaufes (16) von dem Sollverlauf (14) zu einem Kontrollwert zusammengefaßt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß beim Überschreiten des Kontrollwertes über einen Schwellenwert ein Wartungssignal erzeugt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Schwellenwert anhand von Parametern, wie einer Gesamtbetriebsdauer des NO_X-Speicherkatalysa-tors, einer Effizienz vorhergehender Regenerations-maßnahmen, einer Fahrzeuggeschwindigkeit oder der aktuellen Katalysatortemperatur, festgelegt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Mittel zur Einstellung der Mindestbetriebstemperatur des NO_X-Speicherkatalysators eine Sekundärluftpumpe umfassen.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Diagnose des Schädigungszustands innerhalb eines vorgebbaren Temperaturbereiches für eine Katalysatortemperatur erfolgt.

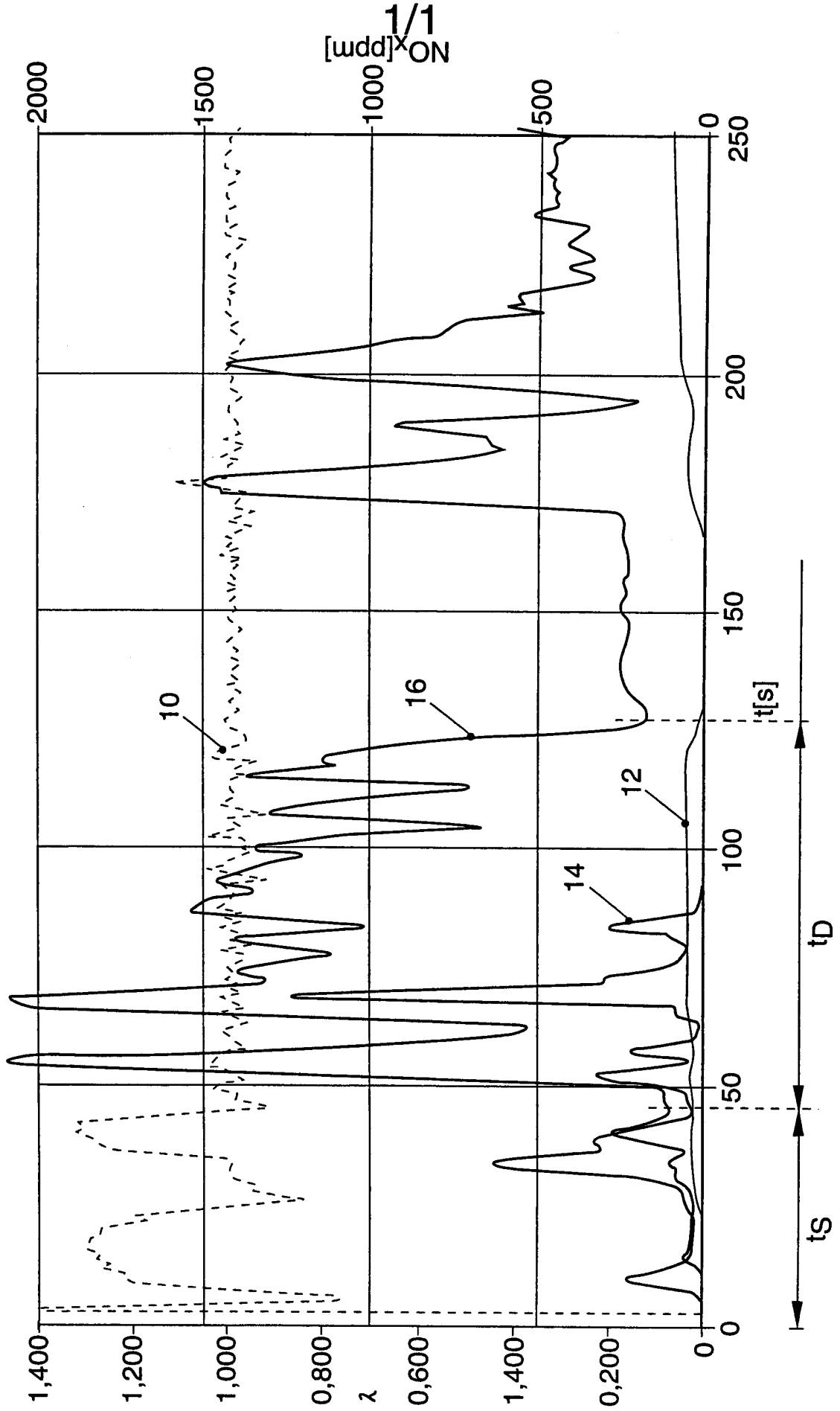

NOx[ppm]
2000
1500
1000
500
0
250
200
150
100
50
0
t[s]
10
16
12
14
tD
tS
λ
1,400
1,200
1,000
0,800
0,600
1,400
0,200
0

FIG. 1