



(11)

EP 1 508 683 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.12.2010 Patentblatt 2010/49

(51) Int Cl.:
F02D 41/02 ^(2006.01) **F02D 41/14** ^(2006.01)
F02D 41/24 ^(2006.01) **F01N 3/08** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04103569.2**

(22) Anmeldetag: **26.07.2004**

(54) **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

Method for operating of an internal combustion engine

Méthode de contrôle d'un moteur à combustion interne

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **18.08.2003 DE 10337873**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.02.2005 Patentblatt 2005/08

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

(72) Erfinder:
• **HINZE, Sören
38102, Braunschweig (DE)**

• **HAHN, Hermann
30175, Hannover (DE)**
• **BRUNS, Gerrit
33619, Bielefeld (DE)**

(74) Vertreter: **Kandlbinder, Markus Christian et al
Zeitler - Volpert - Kandlbinder
Patentanwälte
Herrnstrasse 44
80539 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 997 617 EP-A2- 1 184 555
DE-A1- 10 023 079 DE-A1- 10 028 365
DE-A1- 10 249 026 DE-A1- 19 929 293

EP 1 508 683 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer magerlauffähigen Brennkraftmaschine mit einem in einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine angeordneten NO_x-Speicherkatalysator, wobei eine Reduktionsmittelmenge zur Umsetzung der im NO_x-Speicherkatalysator gespeicherten NO_x- und O₂-Menge berechnet wird, wobei auf der Basis der berechneten Reduktionsmittelmenge die Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators gesteuert durchgeführt wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Heutige NO_x-Sensoren und Lambdasonden müssen beheizt werden, um Betriebsbereitschaft zu erreichen. Werden diese Abgassensoren hinter einem NO_x-Speicherkatalysator eingesetzt, können sie aus Gründen der Dauerhaltbarkeit und insbesondere wegen der Gefahr eines Keramikbruchs aufgrund eines Wasserschlages nicht beheizt werden, bevor kein flüssiges Wasser mehr in der Abgasanlage vorliegt. Daher muss zumindest eine Temperaturschwelle oder der Taupunkt hinter dem NO_x-Speicherkatalysator überschritten werden, bevor die Beheizung der Abgassensoren einsetzen darf. Sind während des verbrauchsgünstigen Magerbetriebs die Abgassensorsignale hinter dem NO_x-Speicherkatalysator für die Einleitung und/oder Beendigung einer NO_x-Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators notwendig, kann bis zu dem Zeitpunkt, zu dem kein flüssiges Wasser hinter dem NO_x-Speicherkatalysator mehr vorliegt, der Magerbetrieb nicht freigegeben werden. Stattdessen muss der Motor solange mit Lambda gleich 1 betrieben werden, um die Emissionssicherheit zu gewährleisten.

[0003] Aus der DE 100 23 079 A1 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung einer NO_x-Regeneration eines im Abgasstrang einer Verbrennungskraftmaschine angeordneten NO_x-Speicherkatalysators bekannt, bei dem über eine vordere und hintere Messeinrichtung ein Lambdawert vor und nach dem NO_x-Speicherkatalysator erfassbar ist. Es ist vorgesehen, dass die Regenerationsparameter in Abhängigkeit von einem Katalysatorzustand und einem Verhältnis der Lambdawerte vor und nach dem NO_x-Speicherkatalysator am Ende der NO_x-Regeneration (Lambdaverhältnis) festgelegt werden (Adaption der Regenerationsparameter).

[0004] Aus der DE 199 51 544 C1 ist es bekannt, auf Basis der insgesamt in dem NO_x-Speicherkatalysator gespeicherten NO_x- und O₂-Menge eine Modellierung der Regenerationsphase des NO_x-Speicherkatalysators vorzusehen. Dabei wird die Speicherkapazität des NO_x-Speicherkatalysators durch ein Modell berechnet. Die Steuerung des Betriebs mittels Berücksichtigung der Speicherkapazität des NO_x-Speicherkatalysators hat den Vorteil, dass eine Verschlechterung des NO_x-Speicherkatalysators, beispielsweise durch Alterung, im Betrieb erkannt werden kann und man mit der Steuerung geeignet darauf reagieren kann. Allerdings sind die erforderlichen Modellrechnungen relativ aufwendig und

ungenau.

[0005] Aus der EP 1 184 555 A2 ist eine Abgasreinigungsvorrichtung mit einem NO_x-Speicherkatalysator bekannt. Für diesen NO_x-Speicherkatalysator wird die Speicherrate für NO_x und O₂ in Abhängigkeit von einer Katalysatortemperatur, einem Schädigungszustand des Katalysators und der bereits gespeicherten Menge an NO_x adaptiert. Die Regeneration des Katalysators wird in Abhängigkeit von einer Messung des Zustandes des Abgases durchgeführt. Hierzu wird ein "flag FLEAN" auf 1 gesetzt, wenn ein Ausgangssignal eines ersten Lambda-Sensors schlechter als der stöchiometrische Lambdawert wird, wobei daraufhin die in dem NO_x-Speicherkatalysator gespeicherte NO_x-Menge berechnet wird. Hierbei ist jedoch noch nicht notwendigerweise die maximale Speicherkapazität des NO_x-Speicherkatalysators erreicht. Die momentane bzw. altersbedingte, maximale Speicherkapazität des NO_x-Speicherkatalysators kann nicht vollständig ausgenutzt werden.

[0006] Dokument DE 199 51 544 C1 betrifft ein Verfahren zur Steuerung des Betriebes eines NO_x-Speicherkatalysators. Bei einer Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators wird der Zeitpunkt ermittelt, zu dem ein Lambda-Sondensignal einen Sprung ausführt. Die bis zu diesem Sprung zugeführte Regenerationsmittelmenge wird als Maß für eine NO_x-Speicherkapazität verwendet. Dabei soll es sich um eine Kapazität handeln, die sich bei vollständiger Beladung der Oberfläche des NO_x-Speicherkatalysators ergibt. Hierbei wird davon ausgegangen, dass bei der Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators das Regenerationsmittel durchbricht, wenn alle Speicherpartikel an der Oberfläche regeneriert sind. Das Verhalten des NO_x-Speicherkatalysators wird in einem Einspeichertest nachvollzogen. Hierbei gibt es eine Sättigungskonzentration NO_{x_eng} und eine vorbestimmte NO_x-Konzentration NO_{x_s} (vorbestimmter Schwellwert) stromab des NO_x-Speicherkatalysators während einer Beladungsphase. Im Betrieb des NO_x-Speicherkatalysators soll die NO_x-Speicherkonzentration stromab des NO_x-Speicherkatalysators überwacht und die Speicherphase bei Erreichen von NO_{x_s} beendet werden, also lange bevor die vollständige Speicherkapazität bei NO_{x_eng} erreicht ist. Das beschriebene Verfahren soll diese Art der Beladung des NO_x-Speicherkatalysators nur bis zu einem vorbestimmten Schwellwert umsetzen, wenn kein Sensor zum Bestimmen der NO_x-Konzentration stromab des NO_x-Speicherkatalysators vorhanden ist. Die in DE 199 51 544 C1 offenbart NO_x-Nutzspeicherkapazität betrifft somit offensichtlich nicht die maximale Speicherkapazität des NO_x-Speicherkatalysators bis zur NO_x-Konzentration NO_{x_eng} stromab des NO_x-Speicherkatalysators sondern lediglich einer Beladung bis zum Zeitpunkt t_{RE}. DE 199 51 544 C1 lehrt somit explizit, die Anforderung der Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators bereits zu einem Zeitpunkt t_{RE} anzufordern, bei dem der NO_x-Speicherkatalysator noch nicht vollständig beladen ist. Dokument DE 100 28 365 A1 betrifft ein Abgasreinigungssy-

stem für einen Motor, das geeignet ist, einzeln die Menge von eingefangenen NO_x und die Sauerstoffspeicherkapazität eines NO_x -Einfangmittels zu beurteilen und geeignet ist, eine Verschlechterung des NO_x -Einfangmittels zu diagnostizieren. Hierzu ist eine Sauerstoffkonzentrationserfassungseinrichtung vorgesehen, die zum Erfassen einer Sauerstoffkonzentration in einem Abgas des Motors stromab einer NO_x -Falle ausgebildet ist. Eine NO_x -Einfangbeurteilungseinrichtung beurteilt eine Menge von durch die NO_x -Falle eingefangenen NO_x aus einem erfassten Ergebnis der Sauerstoffkonzentrationserfassungseinrichtung durch Heranziehen einer Sauerstoffspeicherkapazität, wenn das Luft-/Kraftstoffgemisch zeitweise zu einem stöchiometrischen oder fetten Gemisch eingestellt wird.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Abgasnachbehandlung auch in solchen Betriebsphasen zu optimieren, in denen Abgassensoren und insbesondere ein dem NO_x -Speicherkatalysator nachgeordneter NO_x -Sensor nicht oder noch nicht betriebsbereit sind.

[0008] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0009] Dazu ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass ein Zustand einer NO_x -Speicherfähigkeit und einer O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators adaptiert und mit dem adaptierten Zustand auf der Basis eines Modells für den NO_x -Speicherkatalysator in frischem Zustand ermittelt wird, wann die NO_x -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators erschöpft ist und in diesem Fall eine Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators angefordert wird, wobei auf der Basis der berechneten Reduktionsmittelmenge die Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators gesteuert durchgeführt wird.

[0010] Dies hat den Vorteil, dass auch bei noch nicht betriebsbereitem NO_x -Sensor stromab des NO_x -Speicherkatalysators ein Magerbetrieb mit etwaiger NO_x -Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators zugelassen werden kann, so dass sich ein noch höherer Anteil von Kraftstoff sparenden Magerbetriebsphasen während des Betriebs der Brennkraftmaschine erzielen lässt. Zusätzlich wird auf einfache Weise eine genaue Adaption des Alterungszustandes des NO_x -Speicherkatalysator bei vollständig geregelter Abgasnachbehandlung erzielt.

[0011] Zweckmäßigerweise wird die Adaption des Zustands von NO_x -Speicherfähigkeit und O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators auf der Basis von Sensorsignalen von Abgassensoren im Abgastrakt der Brennkraftmaschine durchgeführt.

[0012] Zur weiteren Optimierung der Adaption und gesteuerten NO_x -Regeneration wird bei der gesteuerten NO_x -Regeneration ein Reduktionsmitteldurchsatz in Abhängigkeit von einem Abgasmassenstrom und einer Temperatur des NO_x -Speicherkatalysators mit dem Modell und/oder einem Kennfeld für den NO_x -Speicherkatalysator im frischen Zustand adaptiert und daraus ein

Ende der gesteuerten NO_x -Regeneration bestimmt.

[0013] Das Modell für den NO_x -Speicherkatalysator in frischem Zustand beschreibt bevorzugt ein Speicher- und/oder Regenerationsverhalten des NO_x -Speicherkatalysators.

[0014] Zweckmäßigerweise werden bei der Adaption des Zustands von NO_x -Speicherfähigkeit und O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators mindestens ein Adaptionswert für die NO_x -Speicherfähigkeit im Magerbetrieb und mindestens ein Wert für die O_2 -Speicherfähigkeit ermittelt.

[0015] Eine jederzeit aktuelle Bewertung der NO_x -Speicherfähigkeit sowie der notwendigen Regenerationsdauer erzielt man dadurch, dass die bei der Adaption des Zustands von NO_x -Speicherfähigkeit und O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators ermittelten Adaptionswerte im geregelten Betrieb für den Magerbetrieb und die NO_x -Regeneration aktualisiert werden.

[0016] Um eine gute Auflösung des Alterungszustandes des NO_x -Speicherkatalysators zu erzielen, wird die Adaption des Zustands von NO_x -Speicherfähigkeit und O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators nur in solchen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine durchgeführt, in denen ein Abgasmassenstrom, eine Last, eine Temperatur des NO_x -Speicherkatalysator und/oder eine Abgastemperatur innerhalb vorbestimmter Grenzwerte liegt.

[0017] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung werden die bei der Adaption des Zustands von NO_x -Speicherfähigkeit und O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators ermittelten Adaptionswerte über additive und/oder multiplikative Parameter in Abhängigkeit von einem Abgasmassenstrom, einer Last, einer Temperatur des NO_x -Speicherkatalysators, einer Abgastemperatur und/oder einem NO_x -Füllstand korrigiert.

[0018] Für die Steuerung der Einleitung einer NO_x -Regeneration werden NO_x -Kennwerte im und/oder hinter dem NO_x -Speicherkatalysator unter Berücksichtigung des zuvor ermittelten Zustands der NO_x -Speicherfähigkeit berechnet.

[0019] Zweckmäßigerweise wird die Steuerung der NO_x -Regeneration nur in solchen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine durchgeführt, in denen Abgassensoren, insbesondere ein NO_x -Sensor stromab des NO_x -Speicherkatalysators, nicht betriebsbereit sind.

[0020] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird von der Adaption des Zustands von NO_x -Speicherfähigkeit und O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators sowie der Steuerung der NO_x -Regeneration auf einen geregelten Betrieb für den NO_x -Speicherkatalysator nur am Beginn einer Speicher- und/oder einer Regenerationsphase umgeschaltet.

[0021] Zweckmäßigerweise wird während einer geregelten NO_x -Regeneration ein kumulierter Reduktionsmitteldurchsatz ohne Trennung von NO_x - und

[0022] O_2 -Speichermengen adaptiert und die gesteu-

erte Regeneration unter Berücksichtigung des ermittelten Adaptionwertes in Abhängigkeit vom kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz beendet. Hierbei wird bevorzugt der Reduktionsmittelstrom aus einem Abgasmassenstrom und einem Verbrennungsluftverhältnis berechnet, wobei aus dem berechneten Reduktionsmittelstrom ein Modell und/oder ein Kennfeld des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes während der Regeneration in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom und einer Temperatur des NO_x -Speicherkatalysators für einen frischen NO_x -Speicherkatalysator erstellt wird. In einem geregelten Betrieb der Abgasnachbehandlung wird ein Adaptionwert für den kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz durch Vergleich des aktuellen Wertes für den kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz mit einem in dem Modell und/oder Kennfeld abgelegten Wert für den kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz an diesem Betriebspunkt bestimmt.

[0023] Um eine gute Auflösung des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes zu erzielen, wird die Adaption des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes nur in solchen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine durchgeführt, in denen ein Abgasmassenstrom, eine Last, eine Temperatur des NO_x -Speicherkatalysators und/oder eine Abgastemperatur innerhalb vorbestimmter Grenzwerte liegt.

[0024] In einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung werden die bei der Adaption des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes ermittelten Adaptionswerte über additive und/oder multiplikative Parameter in Abhängigkeit von einem Abgasmassenstrom, einer Last, einer Temperatur des NO_x -Speicherkatalysators, einer Abgastemperatur und/oder einem NO_x -Füllstand korrigiert.

[0025] Zur Emissionsminderung wird mit einem vorbestimmten Sicherheitsfaktor die gesteuerte Regeneration zusätzlich verlängert oder verkürzt.

[0026] Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, sowie aus der nachstehenden Beschreibung der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung. Diese zeigt in der einzigen Fig. eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine.

[0027] Das erfindungsgemäße Verfahren bezieht sich auf eine zumindest zeitweise magerlaufende Brennkraftmaschine, wie sie schematisch in der einzigen Fig. dargestellt ist. In einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine 10 ist ein Vorkatalysator 18 und ein NO_x -Speicherkatalysator 12 angeordnet. Stromab von diesem NO_x -Speicherkatalysator 12 befindet sich eine Messeinrichtung 14, die in der Lage ist, das Luftverhältnis des Abgases zu bestimmen. Die Messeinrichtung 14 ist beispielsweise eine Sprung- oder Breitband-Lambdasonde oder ein NO_x -Sensor, der ein oder beide Lambdasignale U_λ abgibt, sowie eine Messeinrichtung 14, die in der Lage ist, die NO_x -Konzentration im Abgas zu bestimmen, beispielsweise ein NO_x -Sensor. Weiter ist eine Motorsteuereinheit 16 vorgesehen, welche das Lambdasignal U_λ

sowie das NO_x -Signal verarbeitet. In dieser Motorsteuereinheit 16 ist ferner eine Funktionalität implementiert, die in der Lage ist, den Zustand des NO_x -Speicherkatalysators 12 während einer Einspeicherphase, d.h. beispielsweise eines Magerbetriebs der Brennkraftmaschine, zu bestimmen.

[0028] Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass der Zustand einer NO_x -Speicherfähigkeit und einer O_2 -Speicherfähigkeit des NO_x -Speicherkatalysators 12 adaptiert wird, NO_x -Kennwerte im und/oder hinter dem NO_x -Speicherkatalysator 12 unter Berücksichtigung des ermittelten NO_x -Speicherzustandes berechnet und damit die Notwendigkeit einer NO_x -Regeneration des NO_x -Speicherkatalysators 12 bestimmt und diese eingeleitet wird. Die Dauer der NO_x -Regeneration wird abhängig von der unter Berücksichtigung der ermittelten aktuell gespeicherten NO_x - und O_2 -Masse ermittelten, notwendigen Reduktionsmittelmasse gesteuert.

[0029] Das Speicher- bzw. Regenerationsverhalten des NO_x -Speicherkatalysators 12 wird für die Steuerung durch rechnerische Modelle beschrieben. Aufgrund von Streuungen der Modelleingangsgrößen ist eine genaue Modellierung unter Berücksichtigung der Alterung bzw. Schwefelvergiftung jedoch nicht möglich. Der Einfluss von Alterung bzw. Schwefelvergiftung des NO_x -Speicherkatalysators 12 auf das Speicher- bzw. Regenerationsverhalten des NO_x -Speicherkatalysators 12 wird daher erfindungsgemäß durch geeignete Methoden anhand von Messsignalen von Sensoren ermittelt.

[0030] Des Weiteren hat der von der NO_x -Speicherfähigkeit unabhängige Zustand der O_2 -Speicherfähigkeit großen Einfluss auf die Regenerationsdauer. Erfindungsgemäß werden die Zustände von NO_x -Speicherfähigkeit und O_2 -Speicherfähigkeit anhand physikalischer und/oder phänomenologischer Zusammenhänge im Vergleich zu einem Modell nur des frischen NO_x -Speicherkatalysators 12 adaptiert. Die Adaptionen erfolgen im mittels Abgassensoren geregelten Betrieb der Abgasnachbehandlung. Es werden jeweils zumindest ein Adaptionwert für die NO_x -Speicherfähigkeit im Magerbetrieb und der O_2 -Speicherfähigkeit unter Zuhilfenahme der Abgassensorsignale ermittelt.

[0031] Die Adaptionswerte werden im geregelten Betrieb der Abgasnachbehandlung aktualisiert, so daß zu jeder Zeit eine aktuelle Bewertung der NO_x -Speicherfähigkeit sowie der notwendigen Regenerationsdauer vorliegt. Die Adaptionvorgänge finden dabei bevorzugt unter Bedingungen statt, die eine gute Auflösung des Alterungszustandes des NO_x -Speicherkatalysators 12 ermöglichen. Dazu sind Grenzen für den Abgasmassenstrom, die Motorlast, die Katalysator- und/oder die Abgastemperatur vorgegeben. Optional erfolgt eine Korrektur der Adaptionswerte über additive und/oder multiplikative Parameter in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom, von der Motorlast, von der Temperatur des NO_x -Speicherkatalysators 12, von der Abgastemperatur und/oder von einem NO_x -Füllstandes des NO_x -Speicherkatalysators 12. Für die Steuerung der Ein-

leitung der NO_x-Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators 12 werden NO_x-Kennwerte im und/oder hinter dem NO_x-Speicherkatalysator 12 unter Berücksichtigung des zuvor ermittelten Zustands der NO_x-Speicherfähigkeit berechnet. Des Weiteren können multiplikative und/oder additive Korrekturparameter für die berechneten NO_x-Kennwerte zur emissionsgünstigen Auslegung verwendet werden.

[0032] Die Steuerung der Regenerationsdauer erfolgt abhängig von der ermittelten aktuell gespeicherten NO_x- und O₂-Masse bzw. -Menge und der dafür erforderlichen Reduktionsmittelmasse bzw. -menge. Des Weiteren werden multiplikative und/oder additive Korrekturparameter für die gespeicherte NO_x- und O₂-Masse bzw. -Menge und/oder die ermittelte Reduktionsmittelmasse bzw. -menge verwendet.

[0033] Sobald die für die geregelte Abgasnachbehandlung notwendigen Abgassensoren betriebsbereit sind, wird die Abgasnachbehandlung von den zuvor erläuterten Steuerungsfunktionalitäten an die Regelfunktionalitäten übergeben. Dies erfolgt vorzugsweise zu Beginn einer Speicher- und/oder Regenerationsphase.

[0034] Bei einer bevorzugten Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ohne eine explizite Trennung von NO_x- und O₂-Speichermengen der kumulierte Reduktionsmitteldurchsatz während der geregelten Regeneration adaptiert und die gesteuerte Regeneration unter Berücksichtigung des ermittelten Adaptionwertes abhängig vom kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz beendet. Dem liegt die Erkenntnis zugrunde, dass während einer Regeneration abhängig von der gespeicherten NO_x-Masse eine unterschiedlich große O₂-Masse umgesetzt wird. Bei heutigen NO_x-Speicherkatalysatoren ergibt sich je nach Beschichtung eine Abhängigkeit der Regenerationsdauer vom Abgasmassenstrom, der Motorlast, der Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators, der Abgastemperatur und/oder dem Verbrennungsluftverhältnis.

[0035] Der Reduktionsmittelstrom wird erfindungsgemäß aus dem Abgasmassenstrom und dem Verbrennungsluftverhältnis berechnet. Damit wird ein Modell und/oder Kennfeld des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes während der Regeneration in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom und der Katalysatortemperatur für einen frischen NO_x-Speicherkatalysator erstellt. Im geregelten Betrieb der Abgasnachbehandlung wird ein Adaptionwert durch Vergleich des aktuellen zum im Modell/Kennfeld für einen frischen Katalysator abgelegten kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz ermittelt. Der Adaptionvorgang erfolgt bevorzugt unter Bedingungen, die eine gute Auflösung der Regenerationsdauer ermöglichen. Dazu sind Grenzen für den Abgasmassenstrom, die Motorlast, die Katalysatortemperatur und/oder die Abgastemperatur vorgegeben. Optional erfolgt eine Korrektur der Adaptionswerte über additive und/oder multiplikative Parameter in Abhängigkeit von der gespeicherten NO_x-Menge, O₂-Menge, vom dem Abgasmassenstrom, von der Motorlast, von der Katalysatortemperatur

und/oder von der Abgastemperatur.

[0036] Im gesteuerten Betrieb der Abgasnachbehandlung wird während der Regeneration der Reduktionsmitteldurchsatz kumuliert und die Regeneration mit Erreichen eines Schwellwertes unter Berücksichtigung des Adaptionwertes beendet. Optional wird zur Emissionsminderung mit einem Sicherheitsfaktor die NO_x-Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators verlängert bzw. verkürzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer magerlauffähigen Brennkraftmaschine mit einem in einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine angeordneten NO_x-Speicherkatalysator, wobei eine Reduktionsmittelmenge zur Umsetzung der im NO_x-Speicherkatalysator gespeicherten NO_x und O₂-Menge berechnet wird, wobei auf der Basis der berechneten Reduktionsmittelmenge die Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators gesteuert durchgeführt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Zustand einer NO_x-Speicherfähigkeit und einer O₂-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators adaptiert und mit dem adaptierten Zustand auf der Basis eines Modells für den NO_x-Speicherkatalysator in frischem Zustand ermittelt wird, wann die NO_x-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators erschöpft ist und in diesem Fall eine Regeneration des NO_x-Speicherkatalysators angefordert wird, wobei während einer geregelten NO_x-Regeneration aus einem Reduktionsmittelstrom ein kumulierter Reduktionsmitteldurchsatz ohne Trennung von NO_x- und O₂-Speichermengen adaptiert und die gesteuerte Regeneration unter Berücksichtigung des ermittelten Adaptionwertes in Abhängigkeit vom kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz beendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Adaption des Zustands von NO_x-Speicherfähigkeit und O₂-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators auf der Basis von Sensorsignalen von Abgassensoren im Abgastrakt der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der gesteuerten NO_x-Regeneration ein Reduktionsmitteldurchsatz in Abhängigkeit von einem Abgasmassenstrom und einer Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators mit dem Modell und/oder einem Kennfeld für den NO_x-Speicherkatalysator im frischen Zustand adaptiert wird und daraus ein Ende der gesteuerten NO_x-Regeneration bestimmt wird.
4. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden

den Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Modell für den NO_x-Speicherkatalysator in frischem Zustand ein Speicher- und/oder Regenerationsverhalten des NO_x-Speicherkatalysators modelliert.

5. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei der Adaption des Zustands von NO_x-Speicherfähigkeit und O₂-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators mindestens ein Adaptionswert für die NO_x-Speicherfähigkeit im Magerbetrieb und mindestens ein Wert für die O₂-Speicherfähigkeit ermittelt werden. 5 10
6. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei der Adaption des Zustands von NO_x-Speicherfähigkeit und O₂-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators ermittelten Adaptionswerte im geregelten Betrieb für den Magerbetrieb und die NO_x-Regeneration aktualisiert werden. 15 20
7. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Adaption des Zustands von NO_x-Speicherfähigkeit und O₂-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators nur in solchen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine durchgeführt wird, in denen ein Abgasmassenstrom, eine Last, eine Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators und/oder eine Abgastemperatur innerhalb vorbestimmter Grenzwerte liegt. 25 30
8. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei der Adaption des Zustands von NO_x-Speicherfähigkeit und O₂-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators ermittelten Adaptionswerte über additive und/oder multiplikative Parameter in Abhängigkeit von einem Abgasmassenstrom, einer Last, einer Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators, einer Abgastemperatur und/oder einem NO_x-Füllstand korrigiert werden. 35 40 45
9. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** NO_x-Kennwerte im und/oder hinter dem NO_x-Speicherkatalysator unter Berücksichtigung des zuvor ermittelten Zustands der NO_x-Speicherfähigkeit berechnet werden. 50
10. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerung der NO_x-Regeneration nur in solchen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine durchgeführt wird, in denen Abgassensoren, insbesondere ein NO_x-Sensor stromab des NO_x-Speicherkataly-

sators, nicht betriebsbereit sind.

11. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** von der Adaption des Zustands von NO_x-Speicherfähigkeit und O₂-Speicherfähigkeit des NO_x-Speicherkatalysators sowie der Steuerung der NO_x-Regeneration auf einen geregelten Betrieb für den NO_x-Speicherkatalysator nur am Beginn einer Speicher- und/oder einer Regenerationsphase umgeschaltet wird. 5 10
12. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reduktionsmittelstrom aus einem Abgasmassenstrom und einem Verbrennungsluftverhältnis berechnet wird. 15 20
13. Verfahren nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus dem berechneten Reduktionsmittelstrom ein Modell und/oder ein Kennfeld des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes während der Regeneration in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom und einer Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators für einen frischen NO_x-Speicherkatalysator erstellt wird. 25 30
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem geregelten Betrieb der Abgasnachbehandlung ein Adaptionswert für den kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz durch Vergleich des aktuellen Wertes für den kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz mit einem in dem Modell und/oder Kennfeld abgelegten Wert für den kumulierten Reduktionsmitteldurchsatz an diesem Betriebspunkt bestimmt wird. 35 40 45
15. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Adaption des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes nur in solchen Betriebsphasen der Brennkraftmaschine durchgeführt wird, in denen ein Abgasmassenstrom, eine Last, eine Temperatur des NO_x-Speicherkatalysators und/oder eine Abgastemperatur innerhalb vorbestimmter Grenzwerte liegt. 50
16. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die bei der Adaption des kumulierten Reduktionsmitteldurchsatzes ermittelten Adaptionswerte über additive und/oder multiplikative Parameter in Abhängigkeit von einem Abgasmassenstrom, einer Last, einer Temperatur des NO_x-Speicherkatalysator, einer Abgastemperatur und/oder einem NO_x-Füllstand korrigiert werden. 55
17. Verfahren nach mindestens einem der vorhergehenden

den Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mit einem vorbestimmten Sicherheitsfaktor die gesteuerte Regeneration zusätzlich verlängert oder verkürzt wird.

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine which is capable of lean running and which has a NO_x storage catalytic converter arranged in an exhaust tract of the internal combustion engine, with a reducing agent quantity for converting the NO_x and O₂ quantities stored in the NO_x storage catalytic converter being calculated, with the regeneration of the NO_x storage catalytic converter being carried out in a controlled fashion on the basis of the calculated reducing agent quantity,
characterized
in that a state of a NO_x storage capacity and of an O₂ storage capacity of the NO_x storage catalytic converter is adapted, and with the adapted state, on the basis of a model for the NO_x storage catalytic converter in the fresh state, it is determined when the NO_x storage capacity of the NO_x storage catalytic converter is exhausted, and in this situation a regeneration of the NO_x storage catalytic converter is demanded, wherein during a regulated NO_x regeneration, a cumulative reducing agent throughput is adapted from a reducing agent flow without separation of NO_x and O₂ storage quantities, and the controlled regeneration is ended as a function of the cumulative reducing agent throughput taking into consideration the determined adaptation value.
2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the adaptation of the state of NO_x storage capacity and O₂ storage capacity of the NO_x storage catalytic converter is carried out on the basis of sensor signals from exhaust-gas sensors in the exhaust tract of the internal combustion engine.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that**, during the controlled NO_x regeneration, by means of the model and/or a characteristic map for the NO_x storage catalytic converter in the fresh state, a reducing agent throughput is adapted as a function of an exhaust-gas mass flow and of a temperature of the NO_x storage catalytic converter, and an end of the controlled NO_x regeneration is determined therefrom.
4. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the model for the NO_x storage catalytic converter in the fresh state models a storage and/or regeneration behaviour of the NO_x storage catalytic converter.
5. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that**, during the adaptation of the state of NO_x storage capacity and O₂ storage capacity of the NO_x storage catalytic converter, at least one adaptation value for the NO_x storage capacity in the lean operating mode and at least one value for the O₂ storage capacity are determined.
6. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the adaptation values determined during the adaptation of the state of NO_x storage capacity and O₂ storage capacity of the NO_x storage catalytic converter are updated in the regulated operating mode for the lean operating mode and the NO_x regeneration.
7. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the adaptation of the state of NO_x storage capacity and O₂ storage capacity of the NO_x storage catalytic converter is carried out only in those operating phases of the internal combustion engine in which an exhaust-gas mass flow, a load, a temperature of the NO_x storage catalytic converter and/or an exhaust-gas temperature lie within predetermined limit values.
8. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the adaptation values determined during the adaptation of the state of NO_x storage capacity and O₂ storage capacity of the NO_x storage catalytic converter are corrected by means of additive and/or multiplicative parameters as a function of an exhaust-gas mass flow, a load, a temperature of the NO_x storage catalytic converter, an exhaust-gas temperature and/or a NO_x filling level.
9. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** NO_x characteristic values in and/or downstream of the NO_x storage catalytic converter are calculated taking into consideration the previously determined state of the NO_x storage capacity.
10. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the control of the NO_x regeneration is carried out only in those operating phases of the internal combustion engine in which exhaust-gas sensors, in particular a NO_x sensor downstream of the NO_x storage catalytic converter, are not ready for operation.
11. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** a switch is made from the adaptation of the state of NO_x storage capacity and O₂ storage capacity of the NO_x storage catalytic converter and the control of the NO_x regeneration to a regulated operating mode for the NO_x storage catalytic converter only at the start of a storage phase

and/or regeneration phase.

12. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the reducing agent flow is calculated from an exhaust-gas mass flow and a combustion air ratio. 5
13. Method according to Claim 12, **characterized in that** a model and/or a characteristic map of the cumulative reducing agent throughput during the regeneration as a function of the exhaust-gas mass flow and a temperature of the NO_x storage catalytic converter is established for a fresh NO_x storage catalytic converter from the calculated reducing agent flow. 10
14. Method according to Claim 13, **characterized in that**, in a regulated operating mode of the exhaust-gas aftertreatment, an adaptation value for the cumulative reducing agent throughput is determined by comparing the present value for the cumulative reducing agent throughput with a value, which is stored in the model and/or characteristic map, for the cumulative reducing agent throughput at said operating point. 20
15. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the adaptation of the cumulative reducing agent throughput is carried out only in those operating phases of the internal combustion engine in which an exhaust-gas mass flow, a load, a temperature of the NO_x storage catalytic converter and/or an exhaust-gas temperature lie within predetermined limit values. 30
16. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the adaptation values determined during the adaptation of the cumulative reducing agent throughput are corrected by means of additive and/or multiplicative parameters as a function of an exhaust-gas mass flow, a load, a temperature of the NO_x storage catalytic converter, an exhaust-gas temperature and/or a NO_x filling level. 40
17. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the controlled regeneration is additionally lengthened or shortened by means of a predetermined safety factor. 45

Revendications

1. Procédé de conduite d'un moteur à combustion interne en régime pauvre, avec un catalyseur à accumulation de NO_x disposé dans une ligne de gaz d'échappement du moteur à combustion interne, dans lequel on calcule une quantité d'agent réducteur pour la conversion de la quantité de NO_x et de 55

O₂ accumulée dans le catalyseur à accumulation de NO_x, dans lequel on effectue de façon commandée la régénération du catalyseur à accumulation de NO_x sur la base de la quantité d'agent réducteur calculée, **caractérisé en ce que** l'on adapte un état d'une capacité d'accumulation de NO_x et d'une capacité d'accumulation de O₂ du catalyseur à accumulation de NO_x et, avec l'état adapté, on détermine sur la base d'un modèle pour le catalyseur à accumulation de NO_x à l'état frais quand la capacité d'accumulation de NO_x du catalyseur à accumulation de NO_x est épuisée et une régénération du catalyseur à accumulation de NO_x est dans ce cas requise, dans lequel, pendant une régénération de NO_x régulée, on adapte à partir d'un flux d'agent réducteur un débit d'agent réducteur cumulé sans séparation de quantités d'accumulation de NO_x et de O₂ et on termine la régénération commandée en tenant compte de la valeur d'adaptation déterminée en fonction du débit d'agent réducteur cumulé.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'on effectue l'adaptation de l'état de la capacité d'accumulation de NO_x et de la capacité d'accumulation de O₂ du catalyseur à accumulation de NO_x sur la base de signaux de détection de capteurs des gaz d'échappement dans la ligne des gaz d'échappement du moteur à combustion interne.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, lors de la régénération de NO_x commandée, on adapte un débit d'agent réducteur en fonction d'un flux massique de gaz d'échappement et d'une température du catalyseur à accumulation de NO_x avec le modèle et/ou un diagramme caractéristique pour le catalyseur à accumulation de NO_x à l'état frais et on détermine à partir de celui-ci une fin de la régénération de NO_x commandée.
4. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le modèle pour le catalyseur à accumulation de NO_x à l'état frais modélise un comportement d'accumulation et/ou de régénération du catalyseur à accumulation de NO_x.
5. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, lors de l'adaptation de l'état de la capacité d'accumulation de NO_x et de la capacité d'accumulation de O₂ du catalyseur à accumulation de NO_x, on détermine au moins une valeur d'adaptation pour la capacité d'accumulation de NO_x en régime pauvre et au moins une valeur pour la capacité d'accumulation de O₂.
6. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on actualise, en fonctionnement régulé pour le régime pauvre et la régénération de NO_x, les valeurs d'adaptation déter-

minées lors de l'adaptation de l'état de la capacité d'accumulation de NO_x et de la capacité d'accumulation de O_2 du catalyseur à accumulation de NO_x .

7. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on n'effectue l'adaptation de l'état de la capacité d'accumulation de NO_x et de la capacité d'accumulation de O_2 du catalyseur à accumulation de NO_x que dans les phases de fonctionnement du moteur à combustion interne, dans lesquelles un flux massique de gaz d'échappement, une charge, une température du catalyseur à accumulation de NO_x et/ou une température des gaz d'échappement se situe à l'intérieur de valeurs limites prédéterminées. 5
8. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on corrige les valeurs d'adaptation déterminées lors de l'adaptation de l'état de la capacité d'accumulation de NO_x et de la capacité d'accumulation de O_2 du catalyseur à accumulation de NO_x au moyen de paramètres d'addition et/ou de multiplication en fonction d'un flux massique de gaz d'échappement, d'une charge, d'une température du catalyseur à accumulation de NO_x , d'une température des gaz d'échappement et/ou d'un niveau de remplissage de NO_x . 10 15
9. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on calcule des valeurs caractéristiques de NO_x dans et/ou après le catalyseur à accumulation de NO_x en tenant compte de l'état préalablement déterminé de la capacité d'accumulation de NO_x . 20 25
10. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on n'effectue la commande de la régénération de NO_x que dans les phases de fonctionnement du moteur à combustion interne, dans lesquelles des capteurs des gaz d'échappement, en particulier un détecteur de NO_x en aval du catalyseur à accumulation de NO_x , ne sont pas en mesure de fonctionner. 30 35 40
11. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on ne commute de l'adaptation de l'état de la capacité d'accumulation de NO_x et de la capacité d'accumulation de O_2 du catalyseur à accumulation de NO_x ainsi que de la commande de la régénération de NO_x à un fonctionnement régulé pour le catalyseur à accumulation de NO_x qu'au commencement d'une phase d'accumulation et/ou d'une phase de régénération. 45 50
12. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on calcule le flux d'agent réducteur à partir d'un flux massique de gaz d'échappement et d'un rapport d'air de combustion. 55

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** l'on construit, à partir du flux calculé d'agent réducteur, un modèle et/ou un diagramme caractéristique du débit d'agent réducteur cumulé pendant la régénération en fonction du flux massique de gaz d'échappement et d'une température du catalyseur à accumulation de NO_x pour un catalyseur à accumulation de NO_x frais.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que**, dans un fonctionnement régulé du post-traitement des gaz d'échappement, on détermine une valeur d'adaptation pour le débit d'agent réducteur cumulé par comparaison de la valeur actuelle pour le débit d'agent réducteur cumulé avec une valeur, stockée dans le modèle et/ou le diagramme caractéristique, pour le débit d'agent réducteur cumulé à ce point de fonctionnement.

15. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on n'effectue l'adaptation du débit d'agent réducteur cumulé que dans les phases de fonctionnement du moteur à combustion interne, dans lesquelles un flux massique de gaz d'échappement, une charge, une température du catalyseur à accumulation de NO_x et/ou une température des gaz d'échappement se situe à l'intérieur de valeurs limites prédéterminées.

16. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on corrige les valeurs d'adaptation déterminées lors de l'adaptation du débit d'agent réducteur cumulé au moyen de paramètres d'addition et/ou de multiplication en fonction d'un flux massique de gaz d'échappement, d'une charge, d'une température du catalyseur à accumulation de NO_x , d'une température des gaz d'échappement et/ou d'un niveau de remplissage de NO_x . 30 35 40

17. Procédé selon au moins une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'on prolonge ou on raccourcit en outre la régénération commandée au moyen d'un facteur de sécurité prédéterminé.

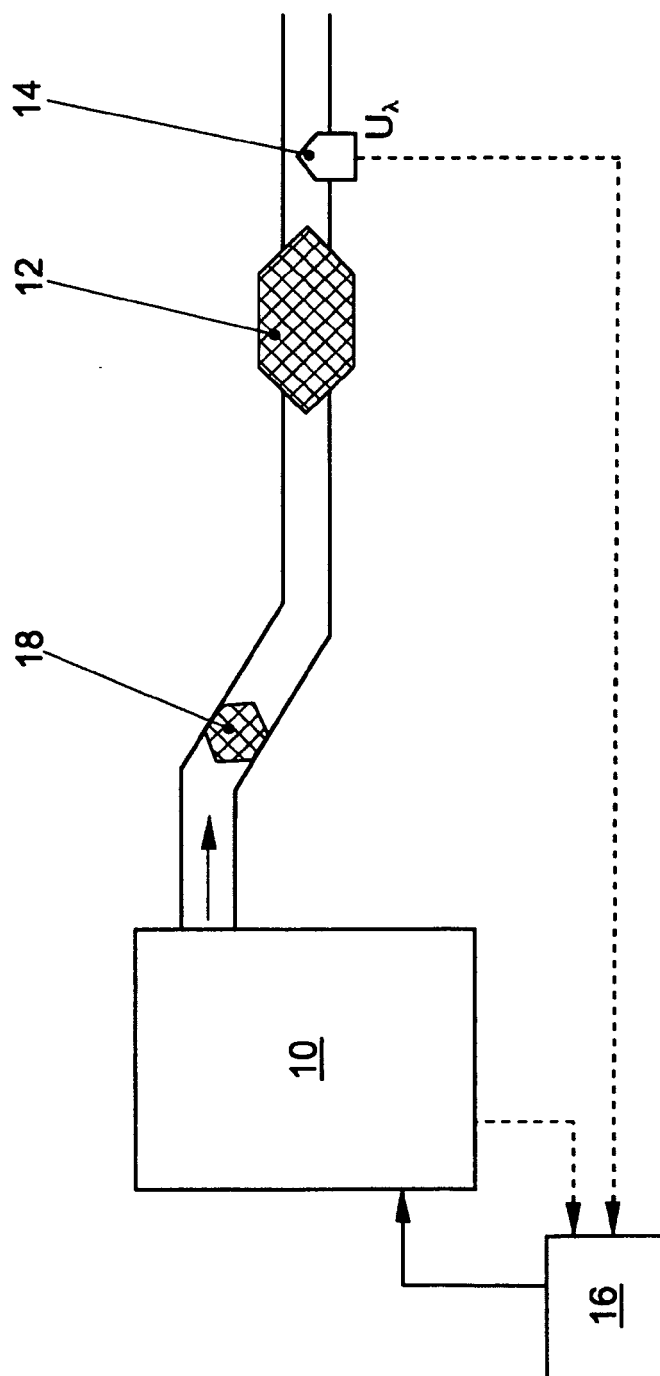


FIG. 1

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10023079 A1 [0003]
- DE 19951544 C1 [0004] [0006]
- EP 1184555 A2 [0005]
- DE 10028365 A1 [0006]