



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.11.2010 Patentblatt 2010/47

(51) Int Cl.:
F02D 41/02 ^(2006.01) **F02D 41/12** ^(2006.01)
F02D 41/14 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **09160947.9**

(22) Anmeldetag: **22.05.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK TR**

(71) Anmelder: **Umicore AG & Co. KG**
63457 Hanau-Wolfgang (DE)

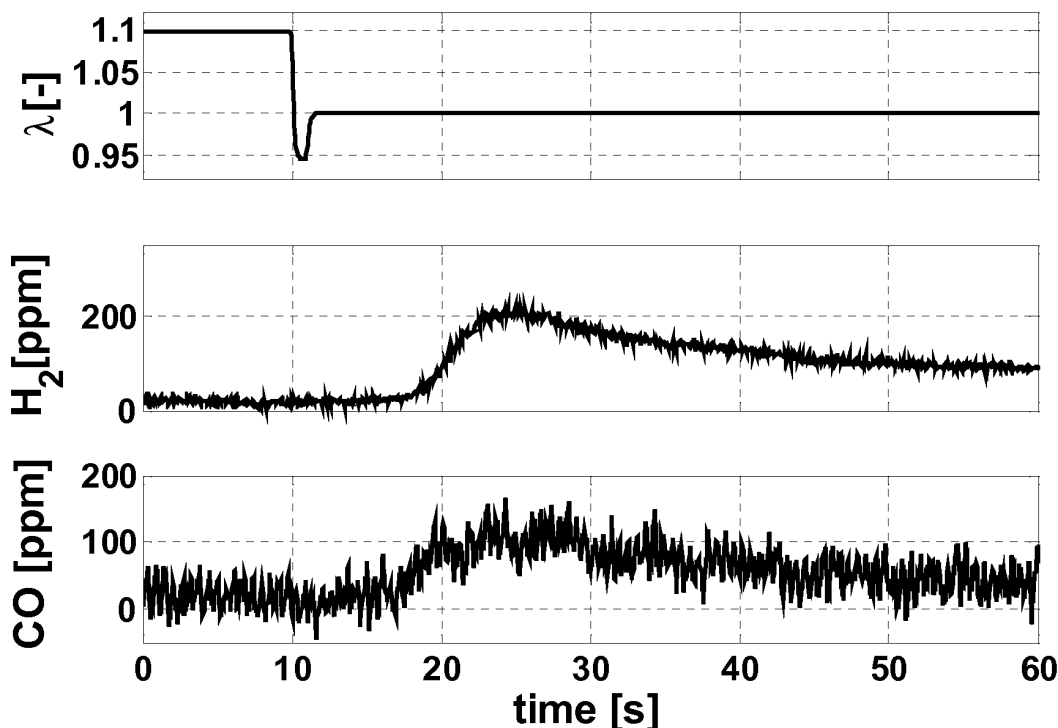
(72) Erfinder:
• **Votsmeier, Martin**
69469, Lueztelsachsen (DE)

- **Moeller, Roman**
8050, Zuerich (CH)
- **Onder, Christopher**
8484, Weisslingen (CH)
- **Gieshoff, Juergen**
63571, Gelnhausen (DE)
- **Guzzella, Lino**
8610, Uster (CH)

(54) **Verfahren zur Reinigung der Abgase eines Verbrennungsmotors mit einem Katalysator**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung der Abgase eines Verbrennungsmotors mit einem Katalysator, der Sauerstoff speichernde Komponenten enthält. Besonders befaßt sich die Erfindung

mit der Wiederherstellung des optimalen Füllgrades der Sauerstoff speichernden Komponenten für einen geregelten, stöchiometrischen Betrieb, nachdem der Motor für kürzere oder längere Zeit unter mageren Bedingungen betrieben wurde.



Figur 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reinigung der Abgase eines Verbrennungsmotors mit einem Katalysator, der Sauerstoff speichernde Komponenten enthält. Besonders befaßt sich die Erfindung mit der Wiederherstellung des optimalen Füllgrades der Sauerstoff speichernden Komponenten für einen geregelten, stöchiometrischen Betrieb des Motors, nachdem er unter mageren Bedingungen betrieben wurde.

[0002] Zur Reinigung der Abgase solcher Motoren werden sogenannte Dreiweg-Katalysatoren verwendet, die gleichzeitig Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickoxide (NOx) aus dem Abgas entfernen.

[0003] Zur Beschreibung der Zusammensetzung des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemisches wird häufig die Luftzahl Lambda (λ) verwendet. Dabei handelt es sich um das auf stöchiometrische Bedingungen normierte Luft/Kraftstoff-Verhältnis. Das Luft/Kraftstoff-Verhältnis beschreibt, wieviel Kilogramm Luft pro Kilogramm Kraftstoff dem Verbrennungsmotor zugeführt werden. Das Luft/Kraftstoff-Verhältnis für eine stöchiometrische Verbrennung liegt für übliche Motorkraftstoffe bei 14,7. Die Luftzahl Lambda beträgt in diesem Punkt 1. Luft/Kraftstoff-Verhältnisse unter 14,7, beziehungsweise Luftzahlen unter 1, werden als fett und Luft/Kraftstoff-Verhältnisse über 14,7 oder Luftzahlen über 1 werden als mager bezeichnet.

[0004] Treten im Verbrennungsmotor keine Speichereffekte für bestimmte Komponenten des Abgases auf, so entspricht die Luftzahl des Abgases der Luftzahl des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemisches. Um einen hohen Umsetzungsgrad aller drei Schadstoffe zu erreichen, muß die Luftzahl Lambda in einem sehr engen Bereich um $\lambda = 1$ (stöchiometrische Bedingung) eingestellt werden. Das Intervall um $\lambda = 1$, in dem alle drei Schadstoffe zu wenigstens 80% umgesetzt werden, wird häufig als Lambda-Fenster bezeichnet.

[0005] Dreiweg-Katalysatoren enthalten zum Ausgleich von Schwankungen des Sauerstoffgehaltes im Abgas Sauerstoff speichernde Komponenten (OSC = Oxygen Storage Components), die bei magerem Abgas ($\lambda > 1$) Sauerstoff speichern und bei fettem Abgas ($\lambda < 1$) Sauerstoff abgeben und so die Stöchiometrie des Abgases auf $\lambda = 1$ einstellen. Als Sauerstoff speichernde Komponente in einem Katalysator eignen sich Verbindungen, die eine Änderung ihres Oxidationszustandes zulassen. Bevorzugt wird Ceroxid verwendet, welches sowohl als Ce_2O_3 als auch als CeO_2 vorliegen kann. Zur Stabilisierung des Ceroxids wird es zum Beispiel als Mischoxid mit Zirkonoxid eingesetzt.

[0006] Im folgenden wird mit der Speicherkapazität der Sauerstoff speichernden Komponenten die Masse Sauerstoff verstanden, die von der Sauerstoff speichernden Komponente pro Gramm aufgenommen werden kann. Dementsprechend bezeichnet der Füllgrad das Verhältnis der tatsächlich gespeicherten Masse Sauerstoff zur Speicherkapazität. Die Speicherkapazität kann nach ver-

schiedenen, dem Fachmann bekannten Verfahren, experimentell bestimmt werden.

[0007] Ziel der Regelung der Luftzahl ist es, eine vollständige Füllung oder eine weitgehenden Leerung des Sauerstoffspeichers zu vermeiden. Im Falle einer vollständigen Füllung des Sauerstoffspeichers kommt es zu einem Durchbruch von magerem Abgas und damit zur Emission von Stickoxiden. Im Falle einer weitgehenden Leerung kommt es zu Fett-Durchbrüchen, also zur Emission von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen.

[0008] Zur Regelung der Luftzahl wird das Signal einer Sauerstoffsonde (Lambda-sonde) verwendet, die in Strömungsrichtung des Abgases vor dem Katalysator (Vorkat-Sonde) angeordnet ist. Mit Hilfe dieser Sonde wird das dem Motor zugeführte Luft/Kraftstoff-Gemisch so geregelt, daß das Abgas vor dem Eintritt in den Katalysator stöchiometrisch zusammengesetzt ist. Diese Regelung wird im Rahmen dieser Erfindung als Lambda-Regelung bezeichnet. Gewöhnlich wird zusätzlich zur Vorkat-Sonde eine Sauerstoffsonde hinter dem Katalysator in den Abgasstrang eingefügt. Mit dieser Hinterkat-Sonde kann die Ziel-Stöchiometrie der Lambda-Regelung nachjustiert werden. Man spricht in diesem Fall von einer Hinterkat-Regelung. Die Hinterkat-Regelung dient besonders zur Überwachung und Einstellung des Füllgrades des Sauerstoffspeichers des Katalysators.

[0009] Die Sonden erzeugen in Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt des Abgases eine elektrische Spannung. Konventionell werden zu diesem Zweck Zweipunkt Lambdasonden, die auch als Sprung-Lambdasonden bezeichnet werden, eingesetzt. Bei magerem Abgas weisen sie eine Spannung von etwa 0,2 V auf, die beim Übergang zu fettem Abgas in einem sehr engen Lambda-Intervall von 0,2 V auf über 0,7 V springt. Die Hinterkat-Regelung wird dabei so ausgelegt, daß sich eine Sonden-Spannung von etwa 0,65 V ergibt. Dieser Punkt liegt auf dem steilen Ast der Sondenkennlinie und entspricht einem optimalen Füllgrad des Sauerstoffspeichers von etwa 50 %. Abweichungen von der Stöchiometrie des Abgases nach oben oder unten können auf diese Weise leicht erkannt und korrigiert werden.

[0010] Ein Otto-Motor wird überwiegend mit stöchiometrisch zusammengesetzten Luft/Kraftstoff-Gemischen betrieben. Soll der Motor jedoch keine Leistung mehr abgeben, wird gewöhnlich die Kraftstoffzufuhr unterbrochen. Bei dieser sogenannten Schubabschaltung wird dem Motor nur noch Luft zugeführt, so daß die Abgaszusammensetzung der Umgebungsluft entspricht.

[0011] Während der Schubabschaltung werden die Sauerstoff speichernden Komponenten des Katalysators vollständig mit Sauerstoff abgesättigt, beziehungsweise gefüllt. Während der Schubabschaltung ist die Hinterkat-Regelung nicht möglich. Neben der Schubabschaltung kann es auch in anderen Fahrsituationen zu einer vollständigen Füllung des Sauerstoffspeichers kommen, zum Beispiel aufgrund von Regelfehlern der Lambda-Regelung.

[0012] Nach Beendigung einer Schubabschaltung soll

der geregelte, stöchiometrische Betrieb möglichst schnell wieder aufgenommen werden. Hierzu muß aber zunächst der Füllgrad des Sauerstoffspeichers auf seinen optimalen Wert von etwa 50 % zurückgeführt werden. Aus diesem Grund wird der Motor nach einer Schubabschaltung gewöhnlich kurzzeitig mit einem fetten Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben. Dieser kurzzeitige Betrieb mit einem fetten Luft/Kraftstoff-Gemisch wird auch als Fettpuls bezeichnet. Erst nach Rückführung des Füllgrades des Sauerstoffspeichers auf etwa 50 % wird die reguläre Hinterkat-Regelung wieder aufgenommen. Alternativ hierzu ist es auch bekannt, die Hinterkat-Regelung direkt nach Beendigung der Schubabschaltung wieder einzuschalten. Beide Methoden haben den Nachteil, daß die Einstellung der optimalen Bedingungen für die Lambda-Regelung relativ lange dauert. Während dieser Zeitspanne kann es zu unerwünschten Emissionen kommen.

[0013] Die DE 10 2004 038 482 B3 befaßt sich mit der Einstellung des Füllgrades des Sauerstoffspeichers nach einem instationären Betriebszustand des Motors, wie zum Beispiel einer Schubabschaltung. Im Falle der Schubabschaltung soll der Sauerstoffspeicher schnell wieder auf einen optimalen Wert von ca. 50 % seines Befüllungsgrades entleert werden. Dazu wird kurzzeitig ein fettes Luft/Kraftstoff-Verhältnis $\lambda < 1$ eingestellt und dann mit optimierter Geschwindigkeit wieder gegen 1 geführt.

[0014] Die DE 10 2004 019 831 A1 vermeidet eine unerwünschte Sauerstoffaufladung des Abgaskatalysators während einer Schubabschaltungsphase dadurch, daß dem Katalysator ein Katalysator-Massenstrom mit einem definierten, vorgegebenen Lambdawert zugeführt wird.

[0015] Die DE 10 2006 044 458 A1 befaßt sich ebenfalls mit der Kraftstoffeinspritzung nach einer Schubabschaltung. Dabei wird bei der ersten Kraftstoffeinspritzung nach Aufhebung der Schubabschaltung die Kraftstoffimpulsbreite so eingestellt, daß eine Kraftstoffzufuhrmenge in Relation zu einer Einlaßluftmenge stark erhöht wird, und der Zündpunkt auf einen ersten spätverstellten Zündpunkt eingestellt wird. Bei der zweiten und nachfolgenden Kraftstoffeinspritzungen wird die Kraftstoffimpulsbreite eingestellt, die eine kleinere Zunahmebreite des Kraftstoffs hat, und der Zündpunkt wird auf den zweiten spätverstellten Zündpunkt eingestellt, der einen kleineren Spätstellungsbetrag als der erste spätverstellte Zündpunkt hat.

[0016] Von den Erfindern wurde beobachtet, daß es bei den bekannten Verfahren infolge des Fettpulses nach einer Schubabschaltung zu einer zeitlich begrenzten Emission von Kohlenmonoxid und Wasserstoff kommt. Diese Emissionen haben eine Dauer von etwa 100 Sekunden und im Maximum eine Konzentration von 10 bis 500 ppm Kohlenmonoxid, wodurch die Hinterkat-Regelung nach der Schubabschaltung gestört und verzögert wird.

[0017] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfah-

ren anzugeben, mit dem der Übergang von der Schubabschaltung auf den geregelten, stöchiometrischen Betrieb beschleunigt werden kann.

[0018] Die Aufgabe wird durch das im Hauptanspruch definierte Verfahren gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen werden in den Unteransprüchen beansprucht.

[0019] Das Verfahren betrifft die Reinigung der Abgase eines Verbrennungsmotors mit einem Katalysator, der einen Sauerstoffspeicher aus Sauerstoff speichernde Komponenten enthält, wobei der Motor mit einer elektronischen Motorsteuerung ausgerüstet ist und während der überwiegenden Betriebsdauer mit einem geregelten, stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, wobei abhängig von den Fahrsituationen auch temporäre Magerbetriebsphasen auftreten.

[0020] Das Verfahren ist **dadurch gekennzeichnet, daß** nach einer temporären Magerbetriebsphase des Motors mit einem mageren Luft/Kraftstoff-Gemisch, welche mit einer weitgehenden Füllung des Sauerstoffspeichers verbunden ist, und vor Wiederaufnahme des geregelten Motorbetriebs, der Füllgrad des Sauerstoffspeichers auf einen optimalen Füllgrad für den stöchiometrischen Betrieb dadurch zurückgeführt wird, daß der Motor mit einem Fettpuls gefolgt von einem Magerpuls versorgt wird, wobei die Menge der mit dem Magerpuls dem Katalysator zugeführten oxidativen Komponenten geringer ist als zur vollständigen Kompensation der mit dem Fettpuls zugeführten Menge an fetten Abgaskomponenten notwendig wäre.

[0021] Die Erfindung beruht auf der Beobachtung, daß nach einer Schubabschaltung der für die stöchiometrische Regelung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses optimale Füllgrad des Sauerstoffspeichers dann sehr schnell wieder eingestellt werden kann, wenn einem kurzen Fettpuls nach der Schubabschaltung ein kurzer Magerpuls folgt. Fettpuls und Magerpuls werden dabei durch entsprechende Steuerung des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses erzeugt. Bevorzugt geschieht das dadurch, daß der Vorkat-Lambdasonde ein entsprechendes zeitliches Lambda-Profil vorgegeben wird. Nach Ablauf des Lambda-Profils und Erreichen des optimalen Füllgrades des Sauerstoffspeichers, erkennbar an einer Hinterkat-Signalspannung von etwa 0,6 bis 0,7 Volt, bevorzugt 0,65 Volt, wird die reguläre Lambda-Regelung aus Vorkat-Regelung und Hinterkat-Regelung wieder aufgenommen.

[0022] Die Erfinder haben gefunden, daß die Oxidation (Befüllung) bzw. Reduktion (Entleerung) des Sauerstoffspeichers im Abgas einen Gleichgewichtsprozeß darstellt. Es wurde ein Artikel der Erfinder mit dem Titel "Is Oxygen Storage in Three Way Catalysts an Equilibrium Controlled Process?" von der Zeitschrift "Applied Catalysis B: Environmental" zur Veröffentlichung angenommen.

[0023] Bei stationärem Betrieb stellt sich immer ein Gleichgewichtszustand des Sauerstoffspeichers ein mit den reduzierenden und oxidierenden Komponenten des Abgases, das heißt im Gleichgewichtszustand wird die

Reduktion des Sauerstoffspeichers durch Kohlenmonoxid, Wasserstoff oder Kohlenwasserstoffe gerade kompensiert durch eine entsprechende Oxidation mit Kohlendioxid und Wasser.

[0024] Eine wichtige Konsequenz dieses Gleichgewichtsverhaltens ist, daß der maximal erreichbare Entleerungsgrad des Speichers von der Stöchiometrie des Abgases abhängt. So wird zum Beispiel bei $\lambda=0,95$ der Speicher vollständiger reduziert (entleert) als bei $\lambda=0,99$.

[0025] Eine weitere Konsequenz des Gleichgewichtsverhaltens ist, daß ein vollständig entleerter Sauerstoffspeicher auch von mäßig fettem Abgas teilweise wieder oxidiert wird, bis sich ein neuer Gleichgewichtszustand mit dem mäßig fetten Abgas einstellt. Hierbei bildet der Sauerstoffspeicher durch Reaktion mit Wasser oder Kohlendioxid die Komponenten Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Diese Situation tritt ein, wenn nach einer Schubabschaltung gemäß dem Stand der Technik der Sauerstoffspeicher nur mit einem Fettpuls entleert wird. Durch diesen einzigen Fettpuls wird der Sauerstoffspeicher stark reduziert (tiefentleert). Wird dieser tiefentleerte Sauerstoffspeicher im Anschluß an den Fettpuls mit stöchiometrischem oder leicht fettem Abgas beaufschlagt, erzeugt er für einen Zeitraum von 10 bis zu mehreren 100 Sekunden Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Typische Konzentrationen dieser Kohlenmonoxid- und Wasserstoff-Freisetzung liegen bei etwa 10 ppm bis 500 ppm. Diese Schadstofffreisetzung kann etwas verringert werden, wenn der Fettpuls nicht schlagartig beendet wird, sondern langsam wieder auf den stöchiometrischen Wert zurückgeführt wird. Allerdings wird dadurch die Zeitspanne zwischen dem Ende der Schubabschaltung und der Wiederaufnahme des geregelten Betriebs vergrößert mit der Gefahr weiterer Schadstoffemissionen.

[0026] Bei genauerer Analyse dieser Vorgänge muß auch die Verteilung von Oxidation und Reduktion des Sauerstoffspeichers längs des Katalysators in Betracht gezogen werden. Der Fettpuls trifft zuerst auf die Eintrittsstirnfläche des Katalysators. Selbst wenn der Fettpuls so bemessen wird, daß er den gesamten Sauerstoffspeicher des Katalysators nur teilweise entleeren kann, kommt es doch im vorderen Teil des Katalysators zu einer Tiefenentleerung des Sauerstoffspeichers und deshalb in der Folge des Pulses zu einer verzögerten Freisetzung von Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Der hintere Teil des Katalysators wird bei diesem Vorgang nur teilweise entleert. Im günstigsten Fall kann das von dem vorderen Teil des Katalysators freigesetzte Kohlenmonoxid und der Wasserstoff den hinteren Teil des Katalysators im gewünschten Maß entleeren. Allerdings dauert es in diesem Fall aufgrund der Langsamkeit der Kohlenmonoxid- und Wasserstoff-Freisetzung 10 bis 100 Sekunden, bis der Sauerstoffspeicher über die gesamte Länge des Katalysators vollständig entleert ist und die Stöchiometrie des Abgases hinter Katalysator dem stationären Wert entspricht.

[0027] Die zuvor beschriebenen Kohlenmonoxid- und

Wasserstoff-Emissionen an einem nach dem Stand der Technik betriebenen Fahrzeug wirken sich nachteilig aus auf die Stabilität der wieder einsetzenden Hinterkat-Regelung. Für die Hinterkat-Regelung wird eine hinter dem Katalysator angeordnete Sonde eingesetzt. Durch die im Katalysator erzeugten Kohlenmonoxid- und Wasserstoff-Emissionen wird der Hinterkat-Regelung ein insgesamt fettes Abgas vorgetäuscht. Die Hinterkat-Regelung versucht die Fettverschiebung dadurch zu kompensieren, daß das dem Motor zugeführte Luft/Kraftstoff-Gemisch magerer eingestellt wird. Durch diese Abmagerung wird der Sauerstoffspeicher entgegen dem eigentlichen Zweck der Regelung wieder mit Sauerstoff befüllt. Im befüllten Zustand kommt es bei der kleinsten Mager-Abweichung des Abgases zu einem Durchbruch von Stickoxiden. Eine Konsequenz der geschilderten Phänomene ist, daß es sich häufig als schwierig erweist, nach einer Schubabschaltung wieder in einen ordnungsgemäßen Betrieb der Hinterkat-Regelung überzugehen. Eine Lösung dieses Problems besteht darin, die Hinterkat-Regelung für einen gewissen Zeitraum nach einer Schubabschaltung zu deaktivieren. Diese Lösung ist jedoch nicht optimal, weil der Katalysator dann über einen verhältnismäßig langen Zeitraum ungeregt betrieben wird.

[0028] Die geschilderten Kohlenmonoxid- und Wasserstoff-Emissionen im Anschluss an eine tiefgehende Reduktion des Sauerstoffspeichers wirken sich nicht nur nach einer Schubabschaltung negativ aus. Auch im normalen Betrieb kann es insbesondere in dynamischen Betriebsphasen zu kurzfristigen Regelfehlern kommen, die zu einer vollständigen Füllung des Sauerstoffspeichers führen. Wenn der Speicher weitgehend gefüllt ist, und gleichzeitig die Stöchiometrie des Abgases kurzfristig ins Magere abweicht, kommt es zu einem Magerdurchbruch, der von der Hinterkat-Sonde registriert wird. Wie eingangs beschrieben, wird das Signal der Hinterkat-Sonde dazu verwendet, die Ziel-Stöchiometrie der Lambda-Regelung nachzujustieren. Die Hinterkat-Regelung führt in diesem Fall dazu, daß das dem Motor zugeführte Luft/Kraftstoff-Gemisch wieder angefettet wird. Diese Anfettung hat eine ähnliche Wirkung wie der Fettpuls nach einer Schubabschaltung: der Sauerstoffspeicher wird zunächst sehr tief entleert. Diese Tiefentleerung zieht die zuvor beschriebenen Kohlenmonoxid- und Wasserstoff-Emissionen nach sich. Die Hinterkat-Regelung reagiert darauf mit einer Abmagerung des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemisches, was zu einem erneuten Mager-Durchbruch mit einem Absinken der Hinterkat-Sondenspannung führen kann. Das Absinken der Hinterkat-Sondenspannung startet den beschriebenen Prozess aus Kohlenmonoxid- und Wasserstoff-Emissionen, Abmagern und Mager-Durchbruch von neuem. Es kommt also zu einer periodischen Schwingung der Abgasstöchiometrie mit periodischen Mager-Durchbrüchen und entsprechenden Stickoxid-Emissionen. Dieses Schwingungsverhalten ist dem Regelungs-Techniker gut bekannt. Um die Schwingungen zu vermeiden muß durch Einstellung der Regelparameter die Antwortzeit

der Regelung heraufgesetzt werden. Diese Lösung ist natürlich nicht optimal, weil durch die verminderte Geschwindigkeit der Regelung die unvermeidlich im Fahrbetrieb entstehenden Lambda-Abweichungen nur mit einer unnötig verlängerten Antwortzeit kompensiert werden können.

[0029] Erfindungsgemäß werden die geschilderten Probleme der konventionellen Verfahren dadurch verringert oder sogar vollständig ausgeschaltet, daß nach Beendigung der Magerbetriebsphase der Füllgrad des Sauerstoffspeichers durch wenigstens einen Fett- und einen Magerpuls auf den optimalen Wert für die nachfolgende Hinterkat-Regelung zurückgeführt wird.

[0030] Bevorzugt ist dabei die mit dem Fettpuls zugeführte Menge an fetten Abgaskomponenten größer als zur Einstellung des optimalen Füllgrades für den stöchiometrischen Betrieb benötigt wird, aber kleiner ist als die Menge an fetten Abgaskomponenten, die für eine vollständige Leerung der Speicherkapazität des Sauerstoffspeichers notwendig wäre.

[0031] Erfindungsgemäß wird also zunächst ein Fettpuls eingesetzt, der in der Lage ist, den Katalysator über seine ganze Länge zu entleeren. Dabei wird der vordere Teil des Speichers tiefentleert. Diese Tiefentleerung im vorderen Teil wird durch einen kleineren Magerpuls rückgängig gemacht. Um auch den hinteren Teil der zuvor tiefentleerten Zone zu befüllen wird der Magerpuls zwangsläufig eine kleine Zone am Eingang des Katalysators über den optimalen Füllgrad hinaus wieder befüllen. Dies kann durch einen weiteren Fettpuls kompensiert werden, der so gewählt wird, daß die von ihm bereitgestellte Menge an Fettkomponenten kleiner ist als für die vollständige Kompensation des vorangegangenen Magerpulses notwendig ist.

[0032] Die Reduktionsmittelmenge im ersten Fettpuls muß also größer sein, als die äquivalente Menge Sauerstoff, die dem Katalysator beim Übergang vom vollständig oxidierten Zustand in den stöchiometrischen Betriebszustand entzogen werden muß. Der Katalysator wird also zunächst tiefentleert. Die Reduktionsmittelmenge im ersten Fettpuls wird jedoch bevorzugt kleiner gewählt als die äquivalente Sauerstoffmenge, die dem Katalysator durch einen stationären Fettbetrieb entzogen werden kann.

[0033] Die Pulsfolge wird bevorzugt abhängig vom Betriebszustand des Motors und dem Alterungszustand des Katalysators so ausgelegt, daß nach Beendigung der Pulsfolge die Speicher-Beladungsverteilung der Verteilung entspricht, die sich auch bei geregelter Betrieb des Katalysators in diesem Betriebspunkt einstellen würde. Eine optimale Pulsfolge kann daran erkannt werden, daß die Spannung der Nachkat-Sonde nach Beendigung der Pulsfolge stabil den Sollwert der Hinterkat-Regelung einnimmt. Als Einflußgrößen für diese Optimierung stehen die Amplitude und/oder die zeitliche Länge der Fett- und Magerpulse zur Verfügung. Amplitude und/oder zeitliche Länge der Pulse können in Abhängigkeit von Temperatur und Raumgeschwindigkeit des Abgases und/oder einem

Alterungszustand des Katalysators optimiert werden.

[0034] Sollte die Abfolge eines Fett- und eines Magerpulses für eine vollständige Rückführung des Füllgrades auf den optimalen Wert nicht ausreichen, kann der Motor nach dem ersten Fett- und Magerpuls mit weiteren Fett- und Magerpuls versorgt werden, wobei die mit dem jeweiligen Fettpuls zugeführte Menge an Fettkomponenten größer ist als mit den oxidativen Komponenten des folgenden Magerpulses kompensiert werden kann. Die optimale Zahl von aufeinanderfolgenden Fett/Magerpuls kann in Vorversuchen in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen nach einer Schubabschaltung ermittelt werden.

[0035] Das Verfahren wird bevorzugt bei der Abgasreinigung von stöchiometrisch betriebenen Verbrennungsmotoren eingesetzt, bei denen es zu Schubabschaltungen kommt, wenn keine Motorleistung mehr angefordert wird. In diesem Fall bilden die Schubabschaltungen die temporären Magerbetriebsphasen. Temporäre Magerbetriebsphasen können jedoch auch durch ungewollte Regelungsschwankungen des stöchiometrischen Betriebs verursacht werden.

[0036] Ein weiteres Anwendungsgebiet der Erfindung ist die Abgasreinigung eines mager betriebenen Verbrennungsmotors, der teilweise stöchiometrisch und teilweise mager betrieben wird. Bei geringen Leistungsanforderungen im Stadtverkehr wird der Motor zur Benzineinsparung mager betrieben. Werden höhere Leistungen angefordert, so muß der Motor auf stöchiometrischen Betrieb umgeschaltet werden. Hier kommt es also im Magerbetrieb genau so wie bei einer Schubabschaltung zur vollständigen Füllung des Sauerstoffspeichers im Katalysator. Die Umschaltung auf stöchiometrischen Betrieb führt zu denselben Problemen wie nach einer Schubabschaltung.

[0037] Bevorzugt werden ungewollte temporäre Magerbetriebsphasen infolge einer Regelungsstörung dadurch erkannt, daß die Hinterkat-Sonde ein mageres Abgas anzeigt. Zu diesem Zweck kann eine Sprungsonde verwendet werden. Fällt ihre Signalspannung unter einen vorgegebenen Schwellenwert, so liegt eine temporäre Magerbetriebsphase gemäß dieser Erfindung vor. Der Schwellenwert kann in Abhängigkeit von Temperatur und Raumgeschwindigkeit des Abgases, von der Abgasstöchiometrie und vom Alterungszustand des Katalysators gewählt werden. Bevorzugt werden diese Schwellenwerte in einer Tabelle der Motorsteuerung gespeichert.

[0038] Die Sauerstoff speichernden Komponenten des Abgasreinigungskatalysators verlieren durch thermische Alterung kontinuierlich an Speicherkapazität. Das Verfahren ermöglicht es, die noch verbliebene Speicherkapazität zu ermitteln. Hierzu kann das Ausgangssignal der hinter dem Katalysator im Abgasstrang angeordneten Sauerstoffsonde eingesetzt werden. Liegt die Signalspannung nach dem Sprung von der temporären Magerbetriebsphase in den geregelten, stöchiometrischen Betrieb unterhalb der erwarteten Spannung, so ist die ver-

bliebene Sauerstoffspeicherkapazität des Katalysators geringer als angenommen. Auf diese Weise kann also aus der Signalspannung im stöchiometrischen Betrieb nach einer Schubabschaltung die verbliebene Sauerstoffspeicherkapazität ermittelt werden. Fällt die verbliebene Sauerstoffspeicherkapazität unter einen vorgegebenen Wert, so kann ein entsprechendes Warnsignal gesetzt werden.

[0039] Die Bestimmung der noch verbliebenen Sauerstoffspeicherkapazität ermöglicht es, die Menge der mit den Fett- und Magerpulsen dem Katalysator zugeführten Fett- und Magerkomponenten an die verbliebene Sauerstoffspeicherkapazität anzupassen und somit den Übergang von der Schubabschaltung auf den geregelten, stöchiometrischen Betrieb zu optimieren. Bevorzugt geschieht dies, indem die Amplituden der Fett- und Magerpulse entsprechend der verbliebenen Sauerstoffspeicherkapazität um einen Faktor vermindert werden. Der Faktor kann als Funktion der verbliebenen Sauerstoffspeicherkapazität in einer Tabelle der Motorsteuerung gespeichert werden.

[0040] Es ist vorteilhaft, einen mittleren Wert für die Sauerstoffspeicherkapazität in der Motorsteuerung zu speichern, aus dem die Sauerstoffspeicherkapazität für die verschiedenen Betriebspunkte des Motors durch einen Korrekturfaktor berechnet werden kann.

[0041] Die Erfindung wird an Hand der folgenden Figuren näher erläutert. Es zeigen

Figur 1: Freisetzung von Kohlenmonoxid/Wasserstoff bei stöchiometrischem Betrieb im Anschluß an einen Fettpuls.

Figur 2: Konventionelles Lambda-Profil nach einer Schubabschaltung und sich daraus ergebender Verlauf der Spannung der Lambda-Sonde hinter dem Katalysator für zwei verschiedene Fettpulse nach Schubabschaltung

Figur 3: Erfindungsgemäßes Lambda-Profil nach einer Schubabschaltung und sich daraus ergebender Verlauf der Spannung der Lambda-Sonde hinter dem Katalysator

[0042] Figur 1 veranschaulicht die Emission von Kohlenmonoxid und Wasserstoff nach einer Schubabschaltung und Rückkehr in den stöchiometrischen Betrieb durch einen einzigen Fettpuls. Für diese Messungen wurde ein konventioneller Dreiweg-Katalysator in einer Modellgas-Anlage untersucht.

[0043] Das obere Diagramm zeigt den Verlauf der Luftzahl Lambda in Abhängigkeit von der Zeit (Lambda-Profil). Während der ersten 10 Sekunden wurde eine Schubabschaltung mit einem Lambda-Wert von 1,1 simuliert. Nach Ablauf der Schubabschaltung wurde der Sauerstoffspeicher des untersuchten Dreiweg-Katalysators durch einen einzigen Fettpuls auf den Füllgrad für den

stöchiometrischen Betrieb mit $\Lambda = 1$ entleert. Die beiden unteren Diagramme zeigen jeweils den gemessenen Verlauf der Wasserstoff- und Kohlenmonoxid-Konzentration hinter dem Katalysator. Zeitverzögert nach dem Fettpuls wird durch den Katalysator Wasserstoff und Kohlenmonoxid freigesetzt. Die Emission dieser beiden Schadstoffe hält über eine Dauer von mehr als 40 Sekunden an.

[0044] Figur 2 zeigt das Ergebnis von Simulationsrechnungen für den Fall eines konventionellen Lambda-Profils nach einer Schubabschaltung mit vollständiger Befüllung des Sauerstoffspeichers. Die Berechnungen wurden für zwei verschiedenen lange Fettpulse mit einem Lambda-Wert von 0,9 vorgenommen. Die Lambda-Profile vor dem Katalysator sind in dem oberen Diagramm gezeigt. Das untere Diagramm zeigt die berechneten Signalspannungen der Hinterkat-Sonde.

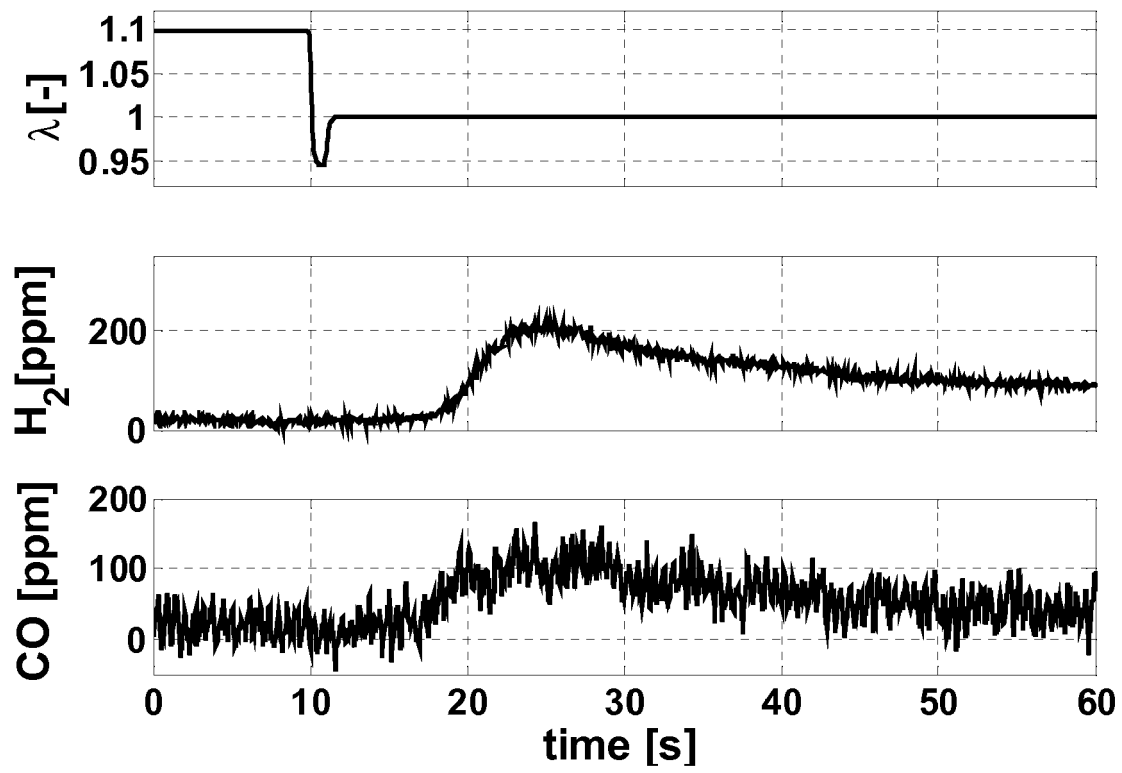
[0045] Die Signalspannung der Hinterkat-Sonde startet bei etwa 0,1 V und zeigt damit ein stark mageres Abgas (Magerbetriebsphase) mit einem hohen Sauerstoffanteil an. Der Sauerstoffspeicher weist nahezu einen 100 %-tigen Füllgrad auf. Zur Entleerung des Sauerstoffspeichers wird das Abgas vor dem Katalysator kurzzeitig angefettet.

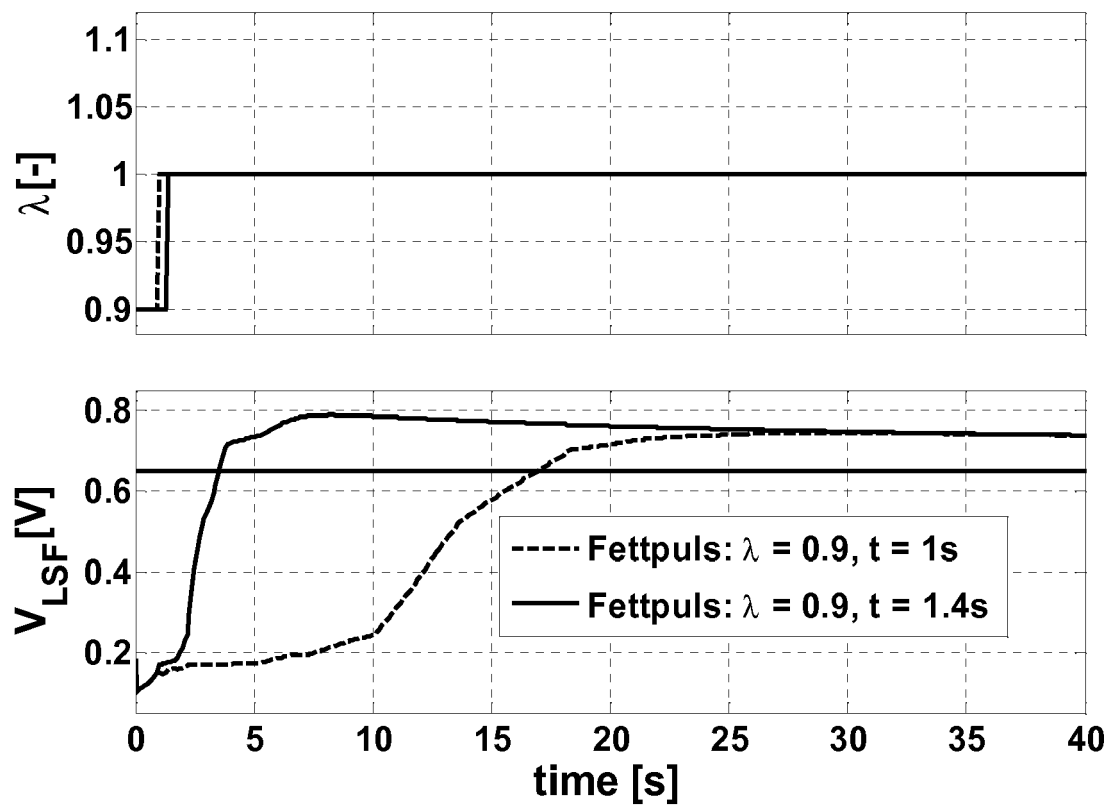
[0046] Bei einer Dauer des Fettpulses von nur 1,0 s (gestrichelte Kurven) dauert es etwa 17 Sekunden bis die Signalspannung der Hinterkat-Sonde auf 0,65 V angestiegen ist. Bei einer Dauer des Fettpulses von 1,4 s wird schon nach nur etwa 3,5 s eine Signalspannung von 0,65 V erreicht. In beiden Fällen registriert die Hinterkat-Sonde jedoch eine weitere Verschiebung der Stöchiometrie des Abgases zu fetten Werten. Nach 40 s liegt die SONDENSspannung noch immer bei etwa 0,75 V. Diese starke Fettverschiebung wird durch die zuvor beschriebenen Emissionen von Kohlenmonoxid und Wasserstoff verursacht.

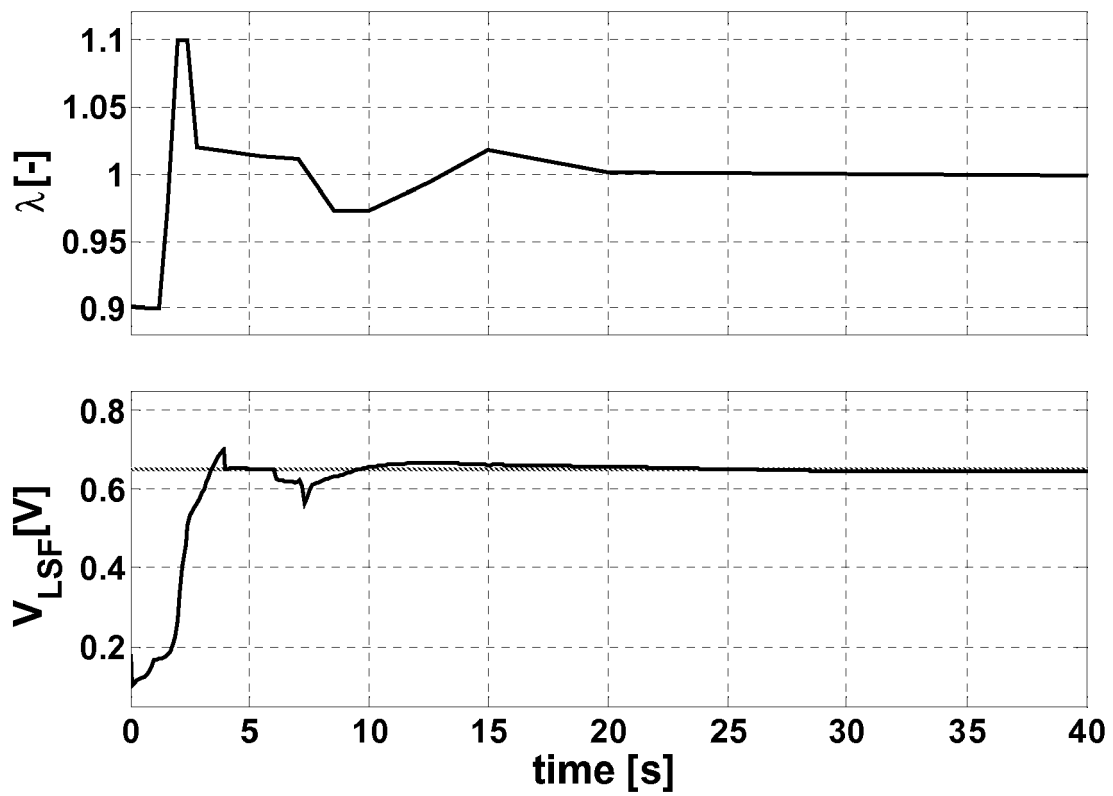
[0047] Figur 3 zeigt das Ergebnis von Simulationsrechnungen für den Fall eines erfindungsgemäßen Lambda-Profils. Zur Entleerung des Sauerstoffspeichers weist das Abgas vor dem Katalysator in diesem Beispielfall zwei Paar Fett- und Magerpulse mit einer Gesamtdauer von etwa 20 s auf. Das Diagramm mit der Signalspannung der Hinterkat-Sonde erreicht schon nach etwa 4 s die gewünschten 0,65 V und bleibt auf diesem Spannungsniveau. Der Sauerstoffspeicher hat also schon nach dieser kurzen Zeit mit nur einem Fett/Magerpulspaar ein über seine gesamte Länge gemitteltes optimales Füllniveau erreicht. Trotzdem ist wegen der zuvor beschriebenen axialen Verteilung des Füllgrades ein weiteres Fett/Magerpulspaar notwendig, um den Füllgrad über die gesamte Katalysatorlänge optimal einzustellen. Die Hinterkat-Regelung bleibt nach Beendigung der vorgelagerten Magerbetriebsphase zum Zeitpunkt Null bis zum Ablauf des letzten Fett/Magerpulspaares bei etwa 20 s abgeschaltet. Erst danach wird die Hinterkat-Regelung wieder aufgenommen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reinigung der Abgase eines Verbrennungsmotors mit einem Katalysator, der einen Sauerstoffspeicher aus Sauerstoff speichernde Komponenten enthält, wobei der Motor mit einer elektronischen Motorsteuerung ausgerüstet ist und während der überwiegenden Betriebsdauer mit einem geregelten, stöchiometrischen Luft/Kraftstoffgemisch betrieben wird, wobei abhängig von den Fahrsituationen auch temporäre Magerbetriebsphasen auftreten,
dadurch gekennzeichnet,
daß nach einer temporären Magerbetriebsphase des Motors, welche mit einer weitgehenden Füllung des Sauerstoffspeichers verbunden ist, und vor Wiederaufnahme des geregelten Motorbetriebs, der Füllgrad des Sauerstoffspeichers auf einen optimalen Füllgrad für den stöchiometrischen Betrieb **dadurch** zurückgeführt wird, daß der Motor mit einem Fettpuls gefolgt von einem Magerpuls versorgt wird, wobei die Menge der mit dem Magerpuls dem Katalysator zugeführten oxidativen Komponenten geringer ist als zur vollständigen Kompensation der mit dem Fettpuls zugeführten Menge an fetten Abgas-
5
10
15
20
25
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die mit dem Fettpuls zugeführte Menge an fetten Abgaskomponenten größer ist als zur Einstellung des optimalen Füllgrades für den stöchiometrischen Betrieb benötigt wird, aber kleiner ist als die Menge an fetten Abgaskomponenten, die für eine vollständige Leerung der Speicherkapazität des Sauerstoffspeichers notwendig wäre.
30
35
3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Motor nach dem ersten Fett- und Magerpuls mit weiteren Fett- und Magerpulsen versorgt wird, wobei die mit dem jeweiligen Fettpuls zugeführte Menge an Fettkomponenten größer ist als mit den oxidativen Komponenten des folgenden Magerpulses kompensiert werden könnte.
40
45
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2
dadurch gekennzeichnet,
daß Fett- und Magerpuls eine Amplitude und eine zeitliche Länge aufweisen und Amplitude und/oder zeitliche Länge in Abhängigkeit von Temperatur und Raumgeschwindigkeit des Abgases und/oder einem Alterungszustand des Katalysators angepaßt werden.
50
5. Verfahren nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Amplituden der Fett- und Magerpulse entspre-
55
6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die temporäre Magerbetriebsphase eine Schubabschaltung ist.
5
7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die temporäre Magerbetriebsphase eine Magerbetriebsphase eines abhängig von der Fahrsituation sowohl stöchiometrisch als auch mager betriebenen Verbrennungsmotors ist.
10
8. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die temporäre Magerbetriebsphase durch Regelungsschwankungen des stöchiometrischen Betriebs verursacht wird.
15
9. Verfahren nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet,
daß die temporäre Magerbetriebsphase **dadurch** erkannt wird, daß eine hinter dem Katalysator angeordnete Sauerstoffsonde ein mageres Abgas anzeigt, wenn ihre Signalspannung einen Schwellenwert unterschreitet.
20
10. Verfahren nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Schwellenwert in Abhängigkeit von Temperatur und Raumgeschwindigkeit des Abgases, von der Abgasstöchiometrie und vom Alterungszustand des Katalysators gewählt wird.
25
11. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß hinter dem Katalysator eine Sauerstoffsonde im Abgasstrang angeordnet ist und ihre tatsächlich erreichte Signalspannung nach dem Sprung von der temporären Magerbetriebsphase in den geregelten, stöchiometrischen Betrieb benutzt wird, um daraus eine verbliebene Sauerstoffspeicherkapazität des Sauerstoffspeichers zu ermitteln.
30
12. Verfahren nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Signal gesetzt wird, wenn die verbliebene Sauerstoffspeicherkapazität unter einen vorgegebenen Wert gesunken ist.
35
13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Menge der mit den Fett- und Magerpulsen dem Katalysator zugeführten Fett- und Magerkomponenten an die verbliebene Sauerstoffspeicherkapazität angepaßt wird.
40
45
50
55

**Figur 1**

**Figur 2**

**Figur 3**



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 09 16 0947

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2006 044458 A1 (MITSUBISHI MOTORS CORP [JP]) 5. April 2007 (2007-04-05) * Zusammenfassung; Ansprüche 1,2; Abbildung 3 * * Absätze [0010], [0012], [0021], [0022], [0058] - [0065], [0075] * -----	1,4-10	INV. F02D41/02 F02D41/12 F02D41/14
A	DE 102 40 833 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 18. März 2004 (2004-03-18) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildungen 5,6 * * Absätze [0024] - [0027] * -----	1,4-10	
A	WO 2005/083250 A (SIEMENS AG [DE]; POEHMERER WOLF DIETER [FR]; RENZ VOLKER [DE]; ROESEL) 9. September 2005 (2005-09-09) * Zusammenfassung; Ansprüche 1,6,7; Abbildung 3 * * Seite 7, Zeile 6 - Seite 8, Zeile 33 * -----	11-13	
A	DE 10 2005 003020 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP [JP]) 9. Februar 2006 (2006-02-09) * Zusammenfassung; Abbildung 7 * * Absatz [0086] * -----	1,7,8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02D
A	US 5 228 286 A (DEMURA TAKAYUKI [JP]) 20. Juli 1993 (1993-07-20) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 7 * * Spalte 8, Zeile 35 - Spalte 9, Zeile 56 * -----	1,7,8	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 20. Oktober 2009	Prüfer Van der Staay, Frank
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.02 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 09 16 0947

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-10-2009

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102006044458 A1	05-04-2007	JP 2007085228 A	05-04-2007
		US 2007062489 A1	22-03-2007

DE 10240833 A1	18-03-2004	FR 2844007 A1	05-03-2004

WO 2005083250 A	09-09-2005	DE 102004009615 A1	22-09-2005
		EP 1718853 A1	08-11-2006
		JP 2007534877 T	29-11-2007
		US 2008314023 A1	25-12-2008

DE 102005003020 A1	09-02-2006	CN 1719014 A	11-01-2006
		JP 2006022772 A	26-01-2006
		KR 20060004593 A	12-01-2006
		US 2006005533 A1	12-01-2006

US 5228286 A	20-07-1993	JP 3348434 B2	20-11-2002
		JP 4342847 A	30-11-1992

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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 102004038482 B3 [0013]
- DE 102004019831 A1 [0014]
- DE 102006044458 A1 [0015]