



(10) **DE 10 2013 201 734 A1** 2014.08.07

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 201 734.0**

(22) Anmeldetag: **04.02.2013**

(43) Offenlegungstag: **07.08.2014**

(51) Int Cl.: **F01N 11/00 (2006.01)**

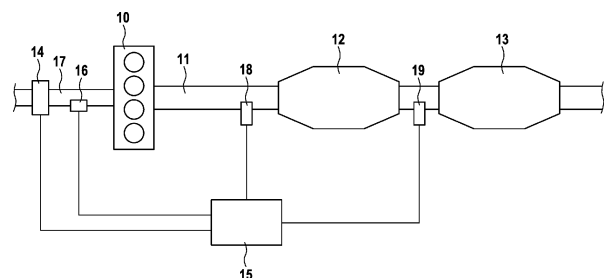
(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
**Kuentzle, Matthias, 71701, Schwieberdingen, DE;
Chu, Siyun, 71672, Marbach, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Lambdasondenanordnung im Abgassystem einer Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Betreiben einer Lambdasondenanordnung im Abgassystem einer Brennkraftmaschine (10) mit wenigstens einer ersten Lambdasonde (18) stromaufwärts eines Katalysators (12) und wenigstens einer zweiten Lambdasonde (19), die eine Sprungsonde ist, stromabwärts des Katalysators (12) wird eine Diagnose eines Kennlinienoffset der ersten Lambdasonde (18) und gegebenenfalls eine Adaption eines Kennlinienoffsetfehlers vorgenommen. Erfindungsgemäß werden hierbei für die Diagnose bei aktiver Lambdaverstellung ein Wert, der die Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC des Katalysators (12) repräsentiert, und ein weiterer Wert, der die Sauerstoffaustragfähigkeit RSC des Katalysators (12) repräsentiert, erfasst. Aus dem Verhältnis von OSC und RSC wird ein Kennlinienoffset der ersten Lambdasonde (18) berechnet.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Lambdasondenanordnung im Abgassystem einer Brennkraftmaschine mit wenigstens einer ersten Lambdasonde stromaufwärts eines Katalysators und wenigstens einer zweiten Lambdasonde stromabwärts des Katalysators. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Computerprogramm und ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode zur Durchführung dieses Verfahrens.

Stand der Technik

[0002] Bei modernen Brennkraftmaschinen werden Lambdasonden eingesetzt, die die Sauerstoffkonzentration im Abgas der Brennkraftmaschine bestimmen. Im Abgaskanal der Brennkraftmaschine sind ein oder mehrere Katalysatoren für die Abgasnachbehandlung vorgesehen. Über einen Lambda-Regelkreis wird die Luft- und Kraftstoffzufuhr der Brennkraftmaschine so geregelt, dass eine für die Abgasnachbehandlung optimale Zusammensetzung des Abgases erreicht wird. Lambda gibt dabei das Verhältnis von Luft zu Kraftstoff an. $\lambda = 1$ bezeichnet ein stöchiometrisches Verhältnis von Luft zu Kraftstoff. Bei $\lambda < 1$ spricht man von einem fetten Kraftstoffgemisch, das einen Kraftstoffüberschuss aufweist (Luftmangel). Bei $\lambda > 1$ spricht man von einem mageren Kraftstoffgemisch, das einen Sauerstoffüberschuss aufweist. In der Praxis wird die Brennkraftmaschine oftmals mit einem leicht fetten Kraftstoffgemisch betrieben. Ein fettes Kraftstoffgemisch wird im Folgenden auch als Fettgas und ein mageres Kraftstoffgemisch auch als Magergas bezeichnet.

[0003] Es sind verschiedene Formen von Lambdasonden bekannt. Bei einer sogenannten Zweipunkt-Lambdasonde, die auch als Sprungsonde oder Nernstsonde bezeichnet wird, weist die Kennlinie bei $\lambda = 1$ einen sprunghaften Abfall auf. Sie erlaubt daher im Wesentlichen nur die Unterscheidung zwischen fettem Abgas beim Betrieb der Brennkraftmaschine mit Kraftstoffüberschuss und magerem Abgas bei Betrieb mit Luftüberschuss. Eine sogenannte Breitbandlambdasonde, die auch als stetige oder lineare Lambdasonde bezeichnet wird, ermöglicht die Messung des Lambdawertes im Abgas in einem weiten Bereich um $\lambda = 1$ herum. Die Verwendung einer Breitbandlambdasonde erlaubt daher auch eine Betriebsweise mit magerem Kraftstoffgemisch.

[0004] Oft eingesetzte Lambdasondenanordnungen im Abgastrakt einer Brennkraftmaschine umfassen stromaufwärts des Katalysators eine Breitbandlambdasonde und stromabwärts des Katalysators eine Sprungsonde. Die stromaufwärts des Katalysators angeordnete Sonde erfasst die Sauerstoffkonzentration des Abgases, das die Brennkraftmaschine verlässt. Auf der Basis dieser Messwerte wird in einem

Regelkreis das Kraftstoffgemisch für die Verbrennung eingestellt. Da es sich bei den Sonden um abgasrelevante Teile handelt, muss die korrekte Funktion der Sonden genauer überwacht werden. Insbesondere müssen alle Fehler der stromaufwärts des Katalysators angeordneten Sonde, die zu einer Abgasverschlechterung führen würden, zur Anzeige gebracht werden. Dies gilt in zunehmendem Maße, da die gesetzlichen Vorgaben in dieser Hinsicht immer strenger werden. Fehler müssen dabei sehr schnell erkannt und nachfolgend entsprechend ausgeglichen werden.

[0005] Insbesondere die US-amerikanische Gesetzgebung fordert, dass ein abgasrelevanter Fehler innerhalb eines definierten Konditionierungstestzyklus erkannt und entsprechend adaptiert wird, damit in einem anschließenden Abgastestzyklus die Abgaswerte unterhalb der geltenden OBD (On Board Diagnosis)-Abgasgrenzwerte liegen.

[0006] Eines der vorgegebenen Fehlerbilder ist ein Kennlinienoffset der stromaufwärts des Katalysators angeordneten Breitbandlambdasonde. Die Breitbandlambdasonden-Offsetdiagnose bringt den abgaskorrelierenden Sondenoffset-Fehler zur Anzeige. Mit dem Ergebnis der Offsetdiagnose wird das System um diesen Fehler adaptiert, damit das System weiterhin abgasneutral bleibt. Im Rahmen der Diagnose wird der gegebenenfalls vorhandene Sondenoffset-Fehler erkannt. Im Rahmen der Adaption kann der Fehler ausgeglichen werden, also mit ausreichender Genauigkeit gelernt werden, so dass der Sondenoffset korrigiert wird.

[0007] Schwierig ist hierbei, dass diese Diagnose und Adaption sehr schnell durchgeführt werden muss. In der Regel ist es derzeit nur schwer möglich, die Diagnose und die Adaption in nur einem Konditionierungstestzyklus zu erreichen. Dies wird in Zukunft vor dem Hintergrund der immer strenger werdenden Vorschriften langfristig nicht mehr akzeptiert werden. Mit den derzeit verfügbaren Maßnahmen können, insbesondere bei dem Lambdasonden-Kennlinienoffset, diese Forderungen nur mit sehr großem Aufwand und oftmals unter Einbuße der Robustheit realisiert werden.

[0008] Darüber hinaus erfordern zukünftige gesetzgeberische Anforderungen an die Diagnosefunktionen immer häufiger ein aktives, gezieltes Eingreifen in die Motorfunktionen, beispielsweise eine Lambdaverstärkung bei einer Dynamikdiagnose einer Lambdasonde. Derartige Diagnosen müssen in einem Testzyklus zertifiziert werden, wobei in der Ablaufsteuerung der Diagnosen ein Zielkonflikt entsteht. Vor allem die hierfür erforderliche Zeit ist problematisch.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Lambdasondenanordnung bereitzustellen, insbesondere ein Verfahren zur Diagnose und Adaption eines Kennlinienoffsetfehlers einer Lambdasonde, das den zeitlichen Aspekten bei der Durchführung der Diagnose und der Adaption Rechnung trägt. Das Verfahren soll insbesondere die erforderliche Zeit für eine Offsetdiagnose verkürzen. Auf diese Weise soll Zeit gewonnen werden, um beispielsweise andere Diagnosen der abgasrelevanten Komponenten durchführen zu können, so dass insbesondere die gesetzlichen Vorgaben erfüllt werden können.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Betreiben einer Lambdasondenanordnung gelöst, wie es sich aus dem Anspruch 1 ergibt. Bevorzugte Ausgestaltungen dieses Verfahrens ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

[0011] Das erfindungsgemäße Verfahren ist zum Betreiben einer Lambdasondenanordnung in dem Abgassystem einer Brennkraftmaschine vorgesehen. Hierbei ist wenigstens eine erste Lambdasonde stromaufwärts eines geregelten Katalysators und wenigstens eine zweite Lambdasonde stromabwärts des Katalysators vorgesehen. Die zweite Lambdasonde ist eine Sprungsonde oder Nernstsonde. In Bezug auf die erste Lambdasonde stromaufwärts des Katalysators wird eine Diagnose eines Kennlinienoffset durchgeführt. Gegebenenfalls wird eine Adaption oder eine Korrektur eines Kennlinienoffsetfehlers vorgenommen. Für die Diagnose werden erfindungsgemäß bei aktiver Lambdaverstellung eine Größe, die die Sauerstoffspeicherkapazität oder Sauerstoffspeicherfähigkeit (OSC = Oxygen Storage Capacity) des Katalysators repräsentiert, sowie eine weitere Größe, die die Sauerstoffaustragkapazität oder Sauerstoffaustragfähigkeit (RSC = Removing Storage Capacity) des Katalysators repräsentiert, erfasst. Aus dem Verhältnis der Sauerstoffspeicherfähigkeit zu der Sauerstoffaustragfähigkeit des Katalysators wird ein Kennlinienoffset der ersten Lambdasonde berechnet. Dieses Verfahren erlaubt gegenüber herkömmlichen Diagnoseverfahren eine wesentliche Verkürzung der Diagnosezeit. Ein Sondenoffsetfehler kann sehr schnell erkannt werden. Daher hat dieses Verfahren den besonderen Vorteil, dass deutlich mehr Zeit für Adaptionsschritte oder andere Diagnosen zur Verfügung steht, so dass beispielsweise im Hinblick auf gesetzgeberische Anforderungen die Einhaltung der geforderten Abgasgrenzwerte in deutlich verbesserter Weise möglich ist. Wenn mithilfe der Erfassung von OSC und RSC ein Sondenoffset detektiert wird, kann über die Aktivierung einer an sich bekannten Adaption oder Regelung der vorhan-

dene Restfehler ausadaptiert werden, so dass das System in Bezug auf den Sondenoffset der stromaufwärts des Katalysators angeordneten Sonde sehr schnell abgasneutral gestellt werden kann.

[0012] Die Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC und die Sauerstoffaustragfähigkeit RSC beschreiben die gleiche physikalische Größe des Katalysators, die auf unterschiedliche Weise gemessen wird. Damit hat die Sauerstoffspeicherfähigkeit oder -kapazität des Katalysators ein festes Verhältnis zu der Sauerstoffaustragfähigkeit oder -kapazität. Dieses Verhältnis ist insbesondere von der Katalysatortemperatur, dem Katalysatortyp und dem Alterungszustand des Katalysators abhängig. Wenn Abweichungen zwischen OSC und RSC bei einem bestimmten Katalysator in einem bestimmten Zustand feststellbar sind, ist dies auf ein Offset der stromaufwärts des Katalysators angeordneten Lambdasonde zurückzuführen. Damit lässt sich im Sinne der Erfindung aus Abweichungen zwischen OSC und RSC auf ein Kennlinienoffset der stromaufwärts des Katalysators angeordneten Sonde schließen und das Offset berechnen. Aufgrund der Abhängigkeit von OSC und RSC von beispielsweise der Katalysatortemperatur und der Katalysatoralterung kann mit der erfindungsgemäßen Methode nur ein relativ großer Sondenoffset sicher detektiert werden. Ein Offset von 1 bis 2 % kann dabei bereits zum Überschreiten eines Abgasgrenzwerts führen, so dass eine anschließende Feinadaption dann notwendig ist.

[0013] In einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC gemessen, indem zunächst eine Vorkonditionierung des Katalysators durch einen Betrieb der Brennkraftmaschine mit einem fetten Kraftstoffgemisch vorgenommen wird. Anschließend erfolgt ein Betrieb mit einem mageren Kraftstoffgemisch. Durch eine Integration des Sauerstoffstroms bei Betrieb der Brennkraftmaschine mit magerem Gemisch bis zum Sprung (Fett nach Mager) der dem Katalysator nachgeschalteten zweiten Lambdasonde kann OSC ermittelt werden.

[0014] Die Sauerstoffaustragfähigkeit RSC wird vorzugsweise so gemessen, dass eine Vorkonditionierung des Katalysators durch einen Betrieb der Brennkraftmaschine mit magerem Kraftstoffgemisch und anschließend ein Betrieb mit einem fetten Kraftstoffgemisch vorgenommen wird. Durch eine Integration des Fettgasstroms bei Betrieb der Brennkraftmaschine mit fettem Gemisch bis zum Sprung (Mager nach Fett) der dem Katalysator nachgeschalteten zweiten Lambdasonde kann RSC ermittelt werden.

[0015] Eine gegebenenfalls durchzuführende Adaption eines Kennlinienoffset wird in einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einer an sich bekannten Eigenfrequenz-

regelung des Katalysators durchgeführt. Ein geeignetes Verfahren zur Durchführung einer Eigenfrequenzregelung ist insbesondere aus dem europäischen Patent EP 1 336 728 B1 bekannt. Vorzugsweise wird für die Eigenfrequenzregelung des Katalysators die Brennkraftmaschine abwechselnd mit einem fetten und mit einem mageren Kraftstoffgemisch betrieben. Beim jeweils erfassbaren Sprung der stromabwärts des Katalysators angeordneten zweiten Sonde, der aus dem Wechsel zwischen magerem und fettem Kraftstoffgemisch resultiert, wird auf die jeweils andere Betriebsweise umgeschaltet. Die Differenz der gemessenen Sauerstoffeinträge (OSC) und der gemessenen Sauerstoffausträge (RSC) des Katalysators wird gebildet. Diese Differenz wird als Integralfunktion verwendet und als Eingangsgröße für den Regelkreis zum Betrieb des Katalysators eingesetzt. Mit dieser Eigenfrequenzregelung kann in sehr vorteilhafter Weise eine Offsetkorrektur der ersten Lambdasonde vorgenommen werden. Daher kann diese Eigenfrequenzregelung mit ganz besonderem Vorteil mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, bei dem ein Kennlinienoffsetfehler detektierbar ist, kombiniert werden. Aus der Kombination resultiert ein sehr schnelles und robustes Diagnose- und Adaptionsverfahren für eine Offsetdiagnose einer stromaufwärts des Katalysators angeordneten Lambdasonde.

[0016] Es ist möglich, die Eigenfrequenzregelung bei einem Betriebszustand, in dem kein Kennlinienoffset innerhalb vorgegebener Toleranzen im Zuge der erfindungsgemäßen Diagnose messbar war, nach kurzer Zeit zu beenden oder gar nicht erst zu aktivieren. Dies kann vorteilhaft sein, da insbesondere bei Gesamtkatalysatorsystemen mit nur einem Katalysator, dem stromaufwärts und stromabwärts eine Lambdasonde zugeordnet ist, je nach Konfiguration des Katalysators die mehrmalige Umschaltung zwischen fettem und magerem Betrieb unter Umständen nicht abgasneutral ist. Daher kann es vorteilhaft sein, die Umschaltung zwischen Mager und Fett in einem System ohne detektierbaren Fehler nicht anzustoßen oder nach kurzer Zeit zu beenden bzw. die Korrektur eines Offset nur im Bedarfsfall durchzuführen. Wenn also die Sauerstoffeinträge nicht oder nicht signifikant von den Sauerstoffausträgen abweichen, kann die Eigenfrequenzregelung sofort abgeschaltet werden. Es kann insbesondere eine Fehlergrenze oder Fehlerverdachtsschwelle für den Kennlinienoffsetfehler vorgegeben werden, beispielsweise 1 % oder beispielsweise 2 %. Wenn der erfindungsgemäß detektierbare Offsetfehler oberhalb dieser vorgebbaren Grenze liegt, wird eine Adaption des Kennlinienoffset vorgenommen, insbesondere gemäß der beschriebenen Eigenfrequenzregelung. Andererseits ist das erfindungsgemäße Verfahren in besonderer Weise für eine Feinadaption eines Kennlinienoffset geeignet. In einem fehlerfreien System schwingt sich die Adaption sehr schnell ein und kann nach der Ein-

schwingung beendet werden. Daher ist es besonders bevorzugt, die Feinadaption immer anzustoßen.

[0017] In weiteren bevorzugten Ausführungsformen kann die Adaption des Kennlinienoffset, insbesondere in Form der beschriebenen Eigenfrequenzregelung, auch bei anderen Betriebszuständen vorgenommen werden, insbesondere nach einem Löschen des Fehlerspeichers und/oder nach einer Spannungsversorgungsunterbrechung (Power-Fail).

[0018] Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich in besonderer Weise für eine Lambdasondenanordnung nach dem sogenannten 2-Sondenkonzept, wobei stromaufwärts und stromabwärts eines ersten Katalysatorvolumens jeweils eine Sonde angeordnet ist und sich stromabwärts der zweiten Sonde ein weiteres Katalysatorvolumen, das unüberwacht sein kann, anschließt. Beispielsweise kann hierbei eine Breitbandlambdasonde stromaufwärts des Katalysators mit einer Sprungsonde stromabwärts des Katalysators oder eine Sprungsonde stromaufwärts des Katalysators mit einer weiteren Sprungsonde stromabwärts des Katalysators kombiniert sein. Bei dieser zweiten Ausgestaltung ist im Allgemeinen eine stetige Lambdaregelung erforderlich. Hierbei wird aus der ersten Sprungsonde ein Lambdasignal durch Kennlinien abgeleitet, welches die Abgaszusammensetzung an der ersten Sonde kontinuierlich darstellt. Allerdings ist hierfür eine aufwendige Adaption der verschiedenen Kennlinien im Hinblick auf die Temperatur etc. erforderlich, um ein aussagekräftiges Lambdasignal zu erhalten. So kann jedoch das abgeleitete Lambdasignal aus dem Sprungsondensignal für eine kontinuierliche Regelung eingesetzt werden. Darüber hinaus eignet sich das erfindungsgemäße Verfahren prinzipiell auch für eine Sondenanordnung nach dem sogenannten 3-Sondenkonzept, wobei stromabwärts eines zweiten Katalysatorvolumens eine weitere Sonde vorgesehen ist.

[0019] Die Erfindung umfasst schließlich ein Computerprogramm, das alle Schritte des beschriebenen Verfahrens ausführt, wenn es auf einem Rechenggerät oder einem Steuergerät ausgeführt wird, sowie ein Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens. Die Implementierung des erfindungsgemäßen Verfahrens als Computerprogramm hat den Vorteil, dass dieses Programm ohne Weiteres auch bei bestehenden Kraftfahrzeugen eingesetzt werden kann, um so die Vorteile des erfindungsgemäßen Diagnoseverfahrens für eine Lambdasonde stromaufwärts eines geregelten Katalysators nutzen zu können.

[0020] Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen in Verbindung mit der Zeichnung. Hierbei können die einzelnen Merkmale

jeweils für sich oder in Kombination miteinander verwirklicht sein.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0021] Die Figur zeigt eine schematische Darstellung einer Lambdasondenanordnung in dem Abgasstrang einer Brennkraftmaschine aus dem Stand der Technik zu Illustrierung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0022] Die in der Figur gezeigte Darstellung illustriert eine an sich bekannte Sensoranordnung im Abgasstrang einer Brennkraftmaschine gemäß dem sogenannten 2-Sondenkonzept. Eine derartige Sensoranordnung ist für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet, wobei in besonders vorteilhafter Weise eine Diagnose und Adaption einer stromaufwärts des Katalysators angeordneten Lambdasonde im Hinblick auf deren Kennlinienoffset möglich ist.

[0023] Im Abgasstrang **11** der Brennkraftmaschine **10** sind ein erstes Katalysatorvolumen **12** und ein zweites Katalysatorvolumen **13** angeordnet, die zur Reduktion der im Abgas enthaltenen Emissionen vorgesehen sind. Der Brennkraftmaschine **10** wird ein Gemisch aus Kraftstoff und Luft zur Verbrennung zugeführt. Die zugeführte Luftmenge wird über einen Luftmengenmesser **14** erfasst. Die Messdaten werden an eine elektronische Steuereinrichtung **15** weitergeleitet. Die Steuereinrichtung **15** berechnet daraus und gegebenenfalls aus weiteren Betriebskenngrößen des Verbrennungsprozesses ein Kraftstoffmesssignal, mit dem ein Kraftstoffzumessmittel **16** angesteuert wird, beispielsweise ein oder mehrere Einspritzventile, die in einem Saugrohr **17** der Brennkraftmaschine **10** angeordnet sind. Die Gemischbildung kann wie in dieser Darstellung im Saugrohr **17** oder alternativ direkt in den Brennräumen der Brennkraftmaschine **10** erfolgen. Die Abgase aus dem Verbrennungsprozess werden über das Abgasrohr **11** den Katalysatoren **12** und **13** zugeleitet. Eine stromaufwärts des ersten Katalysatorvolumens **12** angeordnete Lambdasonde (Abgassonde) **18** erfasst die Sauerstoffkonzentration im Abgas des Verbrennungsprozesses. Eine weitere Lambdasonde **19** ist stromabwärts des ersten Katalysatorvolumens **12** angeordnet. Hierbei handelt es sich um eine Sprungsonde. Die stromaufwärts des Katalysators **12** angeordnete Lambdasonde **18** ist vorzugsweise eine Breitbandlambdasonde. Bei der Abgassonde **18** kann es sich jedoch auch um eine Sprungsonde handeln. Die Signale der beiden Abgassonden **18** und **19** werden der elektronischen Steuereinrichtung **15** zugeführt und beeinflussen über einen Regelprozess die Kraftstoffzumessung. Ein erster Regelkreis wird aus einer Regelstrecke mit dem Verbrennungsmotor

10, der Abgassonde **18**, der elektronischen Steuereinrichtung **15** und der Kraftstoffzumesseneinrichtung **16** gebildet. Ein von der Abgassonde **18** registrierter Sauerstoffmangel würde durch eine entsprechende Verarbeitung mit einem Regelalgorithmus in der elektronischen Steuereinrichtung **15** zu einer Vergrößerung der Einspritzimpulsbreite, mit der das Kraftstoffzumessmittel **16** angesteuert wird, führen. Diesem Regelkreis ist ein weiterer Regelkreis überlagert, der auf dem Signal der stromabwärts des Katalysators **12** angeordneten Sprungsonde **19** basiert. Neben einem solchen System mit zwei (oder mehr) Katalysatorvolumina und zwei Sonden ist das erfindungsgemäße Verfahren weiterhin beispielsweise auch für Anordnungen mit nur einem Katalysatorvolumen oder für Anordnungen nach einem 3-Sondenkonzept einsetzbar.

[0024] Die Erfindung erlaubt in sehr vorteilhafter Weise eine Diagnose und Adaption eines möglichen Kennlinienoffsetfehlers der stromaufwärts des ersten Katalysators **12** angeordneten Lambdasonde **18**. Für die Diagnose eines gegebenenfalls vorhandenen Kennlinienoffsetfehlers wird einerseits die Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC des Katalysators **12** und andererseits die Sauerstoffaustragfähigkeit des Katalysators **12** ermittelt. Da es sich bei OSC und RSC um die gleiche physikalische Größe des Katalysators handelt, die nur auf unterschiedliche Weise gemessen wird, lässt sich aus einer Abweichung zwischen beiden messbaren Werten auf ein Kennlinienoffset bei der Lambdasonde **18** schließen. Dieser Offset lässt sich berechnen und kann nachfolgend entsprechend korrigiert werden.

[0025] Zur Messung der Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC des Katalysators **12** wird zunächst eine Vorkonditionierung des Katalysators mit einem fetten Kraftstoffgemisch durchgeführt, d. h., die Brennkraftmaschine wird mit Kraftstoffüberschuss betrieben. Anschließend wird die Brennkraftmaschine mit einem mageren Kraftstoffgemisch betrieben und der Katalysator mit Sauerstoff befüllt. Die nachfolgende Sprungsonde **19** stromabwärts des Katalysators **12** generiert ein entsprechendes Signal. Aus der Integration des Sauerstoffstroms bis zum Sprung der Sonde **19** von Fett nach Mager lässt sich die Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC ableiten.

[0026] Zur Messung der Sauerstoffaustragfähigkeit RSC wird zunächst eine Vorkonditionierung des Katalysators mit einem mageren Kraftstoffgemisch durchgeführt, d. h., die Brennkraftmaschine wird mit Sauerstoffüberschuss betrieben. Anschließend wird die Brennkraftmaschine mit einem fetten Kraftstoffgemisch betrieben und der Katalysator von Sauerstoff befreit. Die nachfolgende Sprungsonde **19** stromabwärts des Katalysators **12** generiert ein entsprechendes Signal. Aus der Integration des Fettgastroms bis

zum Sprung der Sonde **19** von Mager nach Fett lässt sich die Sauerstoffaustragfähigkeit RSC ableiten.

[0027] Aus einer gegebenenfalls vorhandenen Abweichung zwischen OSC und RSC lässt sich das Offset der Lambdasonde **18** berechnen. Beispielsweise kann der Kennlinienoffset Δ_{LSU} aus RSC und OSC gemäß der folgenden Formel errechnet werden:

$$\Delta_{LSU} = \frac{OSC_{\text{mess}} - F \times RSC_{\text{mess}}}{0,23 \times \left(\int_{OSC} ml dt + F \times \int_{RSC} ml dt \right)}$$

[0028] Dies erfolgt unter folgender Annahme:

$$OSC_{\text{real}} = F \times RSC_{\text{real}}$$

[0029] Aufgrund des Einflusses der Katalysatortemperatur, der Katalysatoralterung und auch der Mess toleranz der Sondendynamik auf die Größen der Sauerstoffspeicherfähigkeit und der Sauerstoffaustragfähigkeit des Katalysators **12** ergibt sich bei der Berechnung des Kennlinienoffset der Lambdasonde **18** ein Toleranzband. Daher kann nur ein relativ großer Fehler im Kennlinienoffset mit dieser Methode sicher gefunden werden. Dennoch bietet diese Methode erhebliche Vorteile im Hinblick auf die Geschwindigkeit der Diagnose.

[0030] Eine nachfolgende Korrektur oder Adaption des Kennlinienoffsetfehlers kann mit herkömmlichen Methoden erfolgen. Beispielsweise ist eine Feinadaption mit konventioneller I-Anteil-Überwachung möglich. Eine derartige Adaption ist allerdings verhältnismäßig langsam. Mit besonderem Vorteil wird daher eine Eigenfrequenzregelung des Katalysators **12** für die Adaption des Offsetfehlers durchgeführt.

[0031] Ein Teil des Kennlinienoffset der Lambdasonde **18** kann bereits über den RSC/OSC-Abgleich adaptiert werden und der Adaptionwert wird zur Korrektur genutzt. Vorteilhafterweise wird die beschriebene Eigenfrequenzregelung für eine Adaption des Kennlinienoffsets der Lambdasonde **18** eingesetzt. Diese Adaption durch die Eigenfrequenzregelung kann nach dem RSC/OSC-Abgleich ablaufen, somit erfüllt sie die Aufgabe einer Feinadaption. Sie kann aber auch unabhängig von dem RSC/OSC-Abgleich durchgeführt werden und erfüllt dann die Aufgabe einer kompletten Adaption des Kennlinienoffset der Lambdasonde **18**.

[0032] Für die vorzugsweise durchgeführte Eigenfrequenzregelung wird die Brennkraftmaschine **10** abwechselnd mit einem fetten Kraftstoffgemisch und einem mageren Kraftstoffgemisch betrieben. Im resultierenden jeweiligen Sprung der Lambdasonde **19** stromabwärts des Katalysators **12** wird entsprechend zwischen Fett und Mager umgeschaltet. Der Katalysator **12** wird also abwechselnd mit Sauerstoff be-

füllt und entleert. Die Differenz der Sauerstoffeinträge und Sauerstoffausträge im Katalysator **12** wird während der Umschaltung zwischen Fett und Mager gebildet. Über eine Integralfunktion wird diese Differenz als Eingangsgröße für einen Regelkreis des Katalysators **12** genutzt. Im Fall eines Kennlinienoffsetfehlers der Lambdasonde **18** weichen die Sauerstoffeinträge und die Sauerstoffausträge voneinander ab. Damit erfolgt eine Veränderung über die Integralfunktion, so dass sich die Adaption gewissermaßen einschwingt. Das Offset der Lambdasonde **18** wird damit immer kleiner und somit adaptiert oder korrigiert. Weitere Einzelheiten zu der Eigenfrequenzregelung können insbesondere der europäischen Patentschrift EP 1 336 728 B1 entnommen werden. Auf diese Schrift wird voll umfänglich verwiesen.

[0033] Insgesamt wird ein gegebenenfalls vorhandener Kennlinienoffset der Lambdasonde **18** direkt aus dem Fett-/Magereintrag errechnet. Nach nur wenigen Umschaltungen ist es möglich, das exakte Kennlinienoffset der Lambdasonde **18** zu bestimmen. In Abhängigkeit der Größe der Lambdaverstellung, der Speicherfähigkeit des Katalysators und des Abgasmassenstroms dauert dieser Vorgang wenige Sekunden bis Minuten. Das verbleibende Offset kann in der beschriebenen Weise insbesondere mit der Eigenfrequenzregelung innerhalb kurzer Zeit adaptiert werden.

[0034] Dieses Verfahren ist im Vergleich mit herkömmlichen Anpassungen wesentlich schneller und genauer. Herkömmlicherweise wird zunächst eine Regelabweichung im Fehlerfall beobachtet und anschließend ein Stelleingriff in der Regelung des Katalysators vorgenommen. Hiermit ist eine exakte Korrektur des Fehlers in der Regel zwar möglich, dauert aber sehr lang. Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt hingegen eine schnelle Korrektur.

[0035] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt die Diagnose eines Offsetfehlers über den Vergleich der Sauerstoffeinträge und der Sauerstoffausträge am Katalysator. Eine Messphase, in der der Sauerstoffeintrag (OSC) und der Sauerstoffaustrag (RSC) erfasst werden, ist in der Regel ohnehin vorhanden, da diese Messwerte auch für andere Diagnosen, z.B. für die Breitbandsondendynamikdiagnose, die Katalysatordiagnose oder die Sprungsondendynamikdiagnose, genutzt werden. Insofern müssen für das erfindungsgemäße Verfahren keine zusätzlichen Messungen durchgeführt werden. Es ist lediglich eine zusätzliche Auswertung der ohnehin erfassten Messdaten notwendig. Erfindungsgemäß kann durch einen RSC/OSC-Abgleich im Fehlerfall ein Fehlerverdacht schnell abgeleitet werden und beispielsweise eine Eigenfrequenzregelung schnell eingreifen, um das Offset schnell zu adaptieren.

[0036] Bei einem Konzept mit nur einem Katalysator ist eine mehrmalige Umschaltung zwischen mager und fett in der Regel nicht abgasneutral durchzuführen, sodass es in diesem Fall vorteilhaft ist, die Adaption durch eine Eigenfrequenzregelung nur im Bedarfsfall durchzuführen, also insbesondere nur bei einem abgasrelevanten Offset der Lambdasonde, das erfindungsgemäß detektierbar ist. Für die Bewertung, ob ein abgasrelevantes Offset vorliegt oder nicht, kann ein bestimmter Wert, insbesondere eine Fehlerverdachtsschwelle vorgegeben werden, die überschritten werden muss, bevor eine weitere Adaption angestoßen wird.

[0037] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt ein sehr schnelles Erkennen eines Kennlinienoffsetfehlers und eine effektive Korrektur des Fehlers. Auch wenn die abschließende Ausregelung des Fehlers eine gewisse Zeitspanne erfordert, wird der Fehler sehr schnell neutralisiert und entsprechend zur Anzeige gebracht, sodass das erfindungsgemäße Verfahren gegenüber herkömmlichen Verfahren insgesamt Vorteile vor allem in Hinblick auf eine Zeitersparnis bei der Diagnose bietet. Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist weiterhin, dass ein kleiner Offsetfehler von z.B. 2–3%, der keinen Fehlerverdacht auslösen würde, wesentlich schneller als mit einer herkömmlichen Katalysatorregelung (z.B. I-Anteil einer Hinterkatalysatorregelung) adaptiert werden kann.

[0038] Wenn das Ereignis auftritt, dass der Fehlerspeicher gelöscht wurde oder dass die Spannungsversorgung unterbrochen wurde, kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Diagnose und Adaption eines Kennlinienoffset der Lambdasonde **18** ebenfalls mit Vorteil durchgeführt werden. In diesen Fällen ist es sinnvoll, eine Aktivierung der schnellen Offsetadaption über die Eigenfrequenzregelung anzustoßen. Auf diese Weise kann ein evtl. vorhandener Kennlinienoffset der Lambdasonde stromaufwärts des Katalysators sehr schnell adaptiert und korrigiert werden. Eine Umschaltung zwischen Fett und Mager im Zuge der Eigenfrequenzregelung ist in einem System mit Teilkatalysatorvolumina abgasneutral durchführbar. Auch bei nur einem Katalysatorvolumen ist der Abgaseinfluss relativ gering. Je nach Bedarf kann die Umschaltung zwischen Fett und Mager nach kurz Zeit beendet wird, z.B. nach einer Einschwingung der Adaption.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1336728 B1 [0015, 0032]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Lambdasondenanordnung im Abgassystem einer Brennkraftmaschine (10) mit wenigstens einer ersten Lambdasonde (18) stromaufwärts eines Katalysators (12) und wenigstens einer zweiten Lambdasonde (19), die eine Sprungsonde ist, stromabwärts des Katalysators (12), wobei eine Diagnose eines Kennlinienoffset der ersten Lambdasonde (18) und gegebenenfalls eine Adaption eines Kennlinienoffsetfehlers vorgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Diagnose bei aktiver Lambdaverstellung ein Wert, der die Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC des Katalysators (12) repräsentiert, und ein weiterer Wert, der die Sauerstoffaustragfähigkeit RSC des Katalysators (12) repräsentiert, erfasst werden und aus dem Verhältnis von OSC zu RSC ein Kennlinienoffset der ersten Lambdasonde (18) berechnet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sauerstoffspeicherfähigkeit OSC gemessen wird, indem eine Vorkonditionierung des Katalysators (12) bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine (10) mit fettem Kraftstoffgemisch, dann ein Betrieb mit magerem Kraftstoffgemisch und eine Integration des Sauerstoffstroms bis zum Mager-Durchgang der dem Katalysator (12) nachgeschalteten zweiten Lambdasonde (19) vorgenommen werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sauerstoffaustragfähigkeit RSC gemessen wird, indem eine Vorkonditionierung des Katalysators (12) bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine (10) mit magerem Kraftstoffgemisch, dann ein Betrieb mit einem fettem Kraftstoffgemisch und eine Integration des Fettgasstroms bis zum Fett-Durchgang der dem Katalysator (12) nachgeschalteten zweiten Lambdasonde (19) vorgenommen werden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Adaption des Kennlinienoffset mit einer Eigenfrequenzregelung des Katalysators (12) erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Eigenfrequenzregelung des Katalysators (12) die Brennkraftmaschine (10) abwechselnd mit fettem und mit magerem Kraftstoffgemisch betrieben wird, wobei im jeweiligen resultierenden Sprung der zweiten Sonde (19) zwischen magerem und fettem Kraftstoffgemisch umgeschaltet wird und die Differenz der gemessenen Sauerstoffeinträge und der gemessenen Sauerstoffausträge gebildet und als Integralfunktion als Eingangsgröße für einen Regelkreis des Katalysators (12) eingesetzt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eigenfrequenzregelung bei einem Betriebszustand, in dem kein Kennlinienoffset innerhalb vorgegebener Toleranzen messbar ist, nicht aktiviert oder nach kurzer Zeit beendet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ab einer vorgebbaren Größe des Kennlinienoffset, insbesondere bei einer Überschreitung einer Größe von 1%, vorzugsweise von 2 %, die Adaption des Kennlinienoffset, insbesondere die Eigenfrequenzregelung nach Anspruch 4, vorgenommen wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Adaption des Kennlinienoffset, insbesondere die Eigenfrequenzregelung nach Anspruch 4, nach einem Löschen des Fehlerspeichers und/oder nach einer Spannungsversorgungsunterbrechung durchgeführt wird.

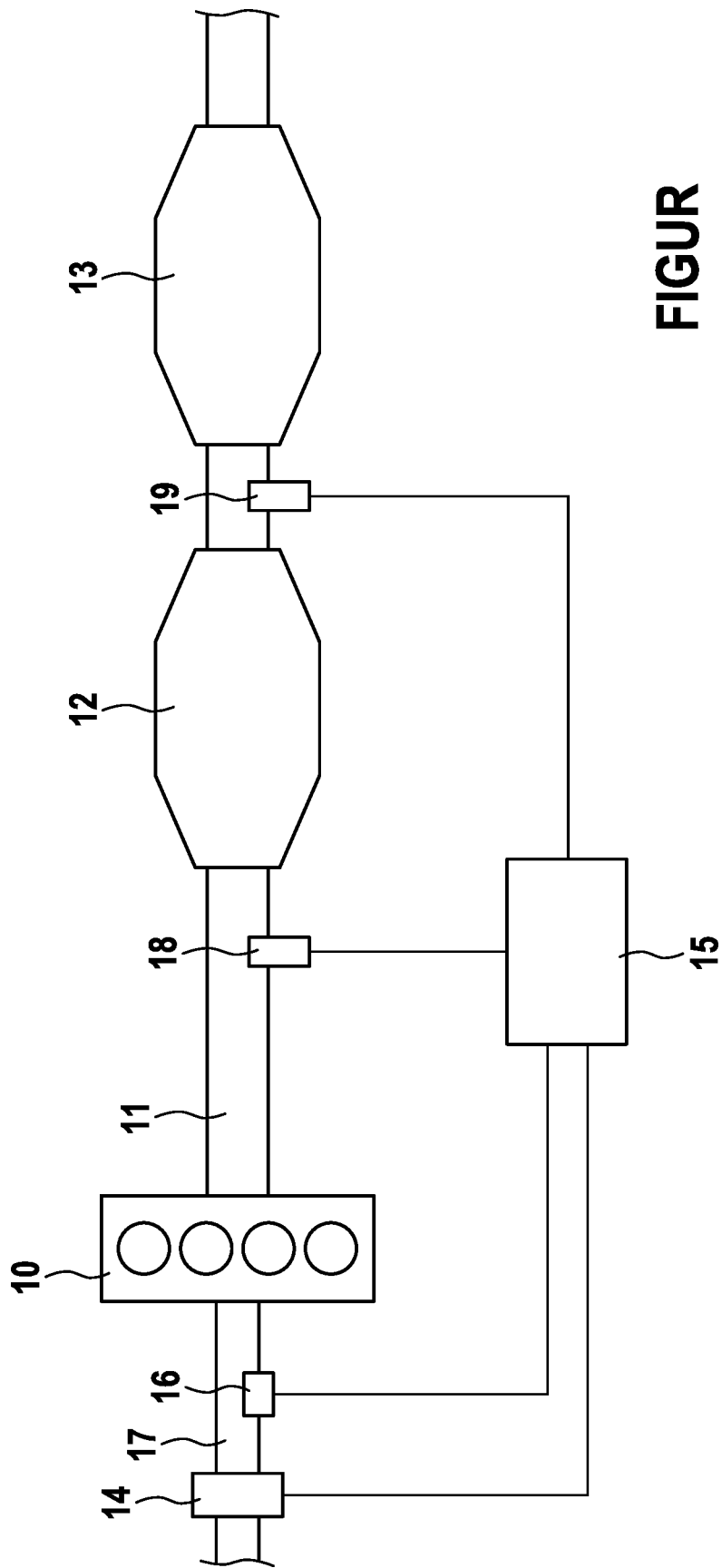
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren für eine Lambdasondenanordnung gemäß einem 2-Sondenkonzept, insbesondere mit einer Breitbandlambdasonde (17) in Kombination mit einer Sprungsonde (18) oder mit einer Sprungsonde in Kombination mit einer weiteren Sprungsonde und stetiger Lambdaregelung, verwendet wird.

10. Computerprogramm, das alle Schritte eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführt, wenn es auf einem Rechenggerät oder einem Steuergerät (15) ausgeführt wird.

11. Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist, zur Durchführung eines Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wenn das Programm auf einem Rechenggerät oder einem Steuergerät (15) ausgeführt wird.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



FIGUR