

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 987 408 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.09.2004 Patentblatt 2004/37

(51) Int Cl.7: **F01N 3/08**, F01N 3/22,
F02D 41/02

(21) Anmeldenummer: **99114565.7**

(22) Anmeldetag: **24.07.1999**

(54) **Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage mit schwefelanreichernder
Abgasreinigungskomponente und damit betreibbare Verbrennungsmotoranlage**

Method of operation of an internal combustion engine with sulphur accumulating exhaust gas
purification components and an internal combustion engine operable therewith

Procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne avec composants de purification de
gaz d'échappement accumulant de soufre et un moteur à combustion interne fonctionnant avec ce
procédé

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **17.09.1998 DE 19842625**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.03.2000 Patentblatt 2000/12

(73) Patentinhaber: **DaimlerChrysler AG**
70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Schmidt, Jürgen, Dr.**
75417 Mühlacker (DE)

• **Tiefenbacher, Gerd**
73733 Esslingen (DE)
• **Waltner, Anton**
71384 Weinstadt (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 007 826 WO-A-98/27322
US-A- 3 943 709

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1998, no.**
03, 27. Februar 1998 (1998-02-27) & JP 09 291814
A (MITSUBISHI MOTORS CORP), 11. November
1997 (1997-11-11)

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 0 987 408 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie auf eine mit einem solchen Verfahren betreibbare Verbrennungsmotoranlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 8. Anlagen dieser Art werden insbesondere in Kraftfahrzeugen eingesetzt und enthalten eine Abgasreinigungskomponente, in der sich während des Betriebs Schwefel anreichert, der im Kraftstoff enthalten ist. Solche schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponenten können insbesondere Stickoxid(NO_x)-Speicherkatalysatoren oder sogenannte Schwefelfallen sein.

[0002] Die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente bedarf von Zeit zu Zeit einer Desulfatisierung, um sie wieder vom angesammelten, meist in Sulfatform vorliegenden Schwefel zu befreien. So ist beispielsweise bekannt, daß die Schwefelvergiftung von NO_x -Speicherkatalysatoren deren Speicherkapazität herabsetzt. Weiter ist bekannt, daß die Desulfatisierung bevorzugt bei erhöhten Abgastemperaturen und fetten Abgaszusammensetzungen abläuft.

[0003] Herkömmlicherweise werden Desulfatisierungsvorgänge im laufenden Motorbetrieb immer dann durchgeführt, wenn der Schwefelgehalt in der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente ein gewisses Maß überschritten hat. Dies wird z.B. im Fall eines NO_x -Speicherkatalysators dann angenommen, wenn dessen Speicherkapazität merklich nachläßt. Bei Verfahren dieser Art, wie sie in der Offenlegungsschrift EP 0 636 770 A1 und der deutschen Patentanmeldung Nr. 197 47 222.2 beschrieben sind, wird diese nachlassende Speicherkapazität daran erkannt, daß sich die Adsorptions- und Desorptionsphasen verkürzen. Die Dauer der Adsorptionsphasen kann durch einen stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators positionierten NO_x -Sensor und die Dauer der Desorptionsphasen durch eine dort positionierte Lambda-Sonde überwacht werden.

[0004] Zur Durchführung der Desulfatisierungsphasen wird in der genannten EP 0 636 770 A1 vorgeschlagen, den Verbrennungsmotor von magerem auf fettes Motorluftverhältnis, d.h. Luft/Kraftstoff-Verhältnis des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemischs, umzustellen und bei Bedarf zusätzlich eine elektrische Heizeinrichtung für den NO_x -Speicherkatalysator zu aktivieren. Die jeweilige Desulfatisierungsphase wird für einen vorgegebenen Zeitraum von z.B. 10 min. beibehalten. Bei dem Verfahren der genannten deutschen Patentanmeldung Nr. 197 47 222.2 wird die Einstellung eines ausreichend fetten Motorluftverhältnisses von einer Zudosierung von Sekundärluft in den Abgasstrang stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators begleitet. Dabei kann eine Regelung und nicht nur Steuerung des Katalysatorluftverhältnisses, d.h. des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses des den NO_x -Speicherkatalysator durchströmenden Abgases, vorgesehen sein, und die Kata-

lysatortemperatur kann auf einen gewünschten Wert eingestellt werden.

[0005] In der Offenlegungsschrift DE 195 22 165 A1 sind ein weiteres derartiges Verfahren mit periodischer Desulfatisierung eines NO_x -Speicherkatalysators im laufenden Motorbetrieb bei erkanntem Nachlassen von dessen Speicherkapazität sowie eine diesbezügliche Verbrennungsmotoranlage bekannt, wobei dort zur Aktivierung einer jeweiligen Desulfatisierungsphase auf ein fetteres Motorluftverhältnis und einen späteren Zündzeitpunkt für den jeweiligen Motorzylinder umgestellt und außerdem Sekundärluft in den Abgasstrang stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators zugeführt wird. Dies erfolgt vorzugsweise so, daß während der Desulfatisierung, die für eine vorgebbare Zeitdauer aufrechterhalten wird, die Katalysatortemperatur auf einen gewünschten, erhöhten Sollwert eingeregelt wird.

[0006] Aus der Offenlegungsschrift JP 09291 814 A ist es bekannt, eine Desulfatisierung eines NO_x -Speicherkatalysators im Anschluss an einen Start des Verbrennungsmotors vorzunehmen. Unmittelbar nachdem von hierzu vorgesehenen Mitteln festgestellt wird, dass ein Start des Verbrennungsmotors erfolgt ist, wird hierzu der NO_x -Speicherkatalysator aufgeheizt und mit einem an Kraftstoff angereicherten Abgas versorgt.

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Verbrennungsmotoranlage anzugeben, mit welchen eine schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente möglichst kraftstoffsparend und geruchsneutral sowie unter Vermeidung von Störungen des Motorbetriebs desulfatisiert werden kann.

[0008] Die Erfindung löst dieses Problem durch die Bereitstellung eines Betriebsverfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 1 sowie einer Verbrennungsmotoranlage mit den Merkmalen des Anspruchs 8.

[0009] Gemäß dem Verfahren nach Anspruch 1 wird jeweils bei einem Kaltstart ein Desulfatisierungsvorgang ausgelöst, in welchem der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage auf den entsprechenden Desulfatisierungsmodus eingestellt wird, wobei das Kraftfahrzeug vor der Einstellung des Desulfatisierungsmodus angefahren wird. In dem an eine Kaltstartaktivierung anschließenden Zeitraum wird der Verbrennungsmotor meist ohnehin noch nicht primär nach kraftstoffverbrauchsminimierenden Kriterien betrieben, wie sie für einen Normalbetriebsmodus bei warmgelaufenem Motor Anwendung finden können, da z.B. zunächst in einem Katalysatorheizmodus versucht wird, vorhandene Abgasreinigungskomponenten, insbesondere eine oder mehrere Abgaskatalysatoreinheiten, möglichst rasch auf Betriebstemperatur zu bringen. Dazu kann beispielsweise der Verbrennungsmotor noch nicht im sogenannten, verbrauchsgünstigen Schichtladebetrieb gefahren werden, und entsprechende Katalysatorheizmaßnahmen sind auch bei Motoren mit Direkteinspritzung zweckmäßig. Da die motorischen Katalysatorheizmaßnahmen, die beispielsweise die Einstellung eines fetten Motorluftverhältnisses beinhalten, weitestgehend

mit den motorischen Maßnahmen zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente korrespondieren, entsteht durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise kein merklich höherer Kraftstoffverbrauch im Vergleich zu einem Anlagenbetrieb ohne Desulfatisierungsvorgänge. Da die Zeitabstände, zu denen spätestens wieder ein nächster Desulfatisierungsvorgang notwendig ist, typischerweise merklich größer als die Zeitabstände aufeinanderfolgender Kaltstarts sind, reichen die Kaltstart-Desulfatisierungsphasen im allgemeinen zur Erzielung einer rechtzeitigen und ausreichenden Entschwefelung aus, ohne daß zusätzliche Desulfatisierungsvorgänge bei warmgelaufenem Motor notwendig sind. Dadurch werden der normale Motorbetrieb nicht gestört und ein damit einhergehender Kraftstoffmehrverbrauch vermieden.

[0010] Bei einem nach Anspruch 2 weitergebildeten Verfahren wird nach der Aktivierung eines Motorkaltstarts der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage zunächst auf einen Katalysatorheizmodus eingestellt, bis die Temperatur der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente einen vorgebbaren Entschwefelungsmindestwert überschreitet, wonach dann der Betrieb auf den Desulfatisierungsmodus umgestellt wird. Der anfängliche Katalysatorheizmodus ermöglicht ein sehr rasches Erreichen einer ausreichenden Entschwefelungstemperatur für die zu desulfatisierende Abgasreinigungskomponente. In weiterer Ausgestaltung dieser Maßnahme kann gemäß Anspruch 3 während des Katalysatorheizmodus Sekundärluft in die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente oder stromaufwärts davon in den Abgasstrang eingespeist werden, wodurch sich in Verbindung mit der Wahl eines fetten Motorluftverhältnisses die Abgastemperatur rasch steigern läßt. Bei Umstellung auf den Desulfatisierungsmodus wird diese Sekundärluftzufuhr beendet.

[0011] Ein nach Anspruch 4 weitergebildetes Betriebsverfahren eignet sich für Verbrennungsmotoranlagen, die im Abgasstrang stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente eine Oxidationskatalysatoreinheit, d.h. eine solche mit oxidierender Funktion, wie z.B. einen Dreiwege-Katalysator, aufweisen. Gemäß dieser Verfahrensvariante wird während der Desulfatisierung Sekundärluft in den Abgasstrang für die Oxidationskatalysatoreinheit eingespeist, d.h. direkt in diese oder in den Abgasstrangabschnitt zwischen ihr und der momentan desorbierenden, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente. Dies erlaubt ein Oxidieren sowohl von Kohlenmonoxid und unverbrannten Kohlenwasserstoffen als auch von eventuell bei der Desulfatisierung entstehendem Schwefelwasserstoff.

[0012] Ein nach Anspruch 5 weitergebildetes Betriebsverfahren eignet sich für Verbrennungsmotoranlagen mit zwei oder mehr seriell hintereinanderliegenden, schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten. Verfahrensgemäß werden die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten im Desulfatisierungsmodus

nacheinander entschwefelt, und zwar in einer der Abgasströmungsrichtung entsprechenden Reihenfolge. Dieser Desulfatisierungsprozeß wird von einer Sekundärluftzuführung begleitet, mit der Sekundärluft jeweils nur noch stromabwärts von derjenigen schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheit in den Abgasstrang zugeführt wird, die gerade entschwefelt wird. Damit wird einerseits eine unerwünschte Sekundärluftzufuhr zu derjenigen Abgasreinigungseinheit, die gerade desulfatisiert wird, vermieden und andererseits eine Oxidation von Kohlenmonoxid, unverbrannten Kohlenwasserstoffen und bei der Entschwefelung eventuell entstehendem Schwefelwasserstoff gewährleistet.

[0013] Bei einem nach Anspruch 6 weitergebildeten Verfahren, das nach einer Kaltstartaktivierung den Katalysatorheizmodus und anschließend den Desulfatisierungsmodus beinhaltet, wird vorteilhafterweise das Motorluftverhältnis im Desulfatisierungsmodus leicht fett eingestellt, d.h. kraftstoffreicher als das stöchiometrische Verhältnis, jedoch kraftstoffärmer als im Katalysatorheizmodus, was sich günstig auf den Kraftstoffverbrauch auswirkt.

[0014] Gemäß einem nach Anspruch 7 weitergebildeten Verfahren wird die Dauer des jeweiligen Desulfatisierungsmodus aus einer sensorischen Überwachung des Schwefelspeicherzustands der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente oder einer modellbasierten Schätzung ermittelt. In einer solchen Schätzung finden neben der verbrauchten Kraftstoffmenge und dem Schwefelgehalt des Kraftstoffs auch zwischenzeitlich stattgefundene, natürliche Desulfatisierungsvorgänge Berücksichtigung. Darunter sind solche Desulfatisierungsprozesse zu verstehen, die bei warmgelaufenem Motor in Zeiträumen stattfinden, in denen aufgrund des aktuellen Motorbetriebszustands in der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente desulfatisierungsfördernde Bedingungen herrschen, insbesondere ausreichend hohe Temperatur und ausreichend fettes Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases, wie z.B. bei Autobahn- und/oder Vollastfahrt.

[0015] Die Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 8 beinhaltet wenigstens zwei seriell in den Abgasstrang geschaltete, schwefelanreichernde Abgasreinigungseinheiten sowie Sekundärluftzufuhrmittel, die je einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig für die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten enthalten. Damit ist eine gezielte, verfahrensgemäße Sekundärluftzufuhr zur jeweiligen schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente möglich, um beispielsweise diese schneller auf Betriebstemperatur zu bringen oder im zugeführten Abgas enthaltene Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und/oder Schwefelwasserstoff zu oxidieren.

[0016] Die Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 9 beinhaltet stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente, die eine oder mehrere serielle Abgasreinigungseinheiten umfassen kann, eine Oxidationskatalysatoreinheit. Die vorgese-

henen Sekundärluftzufuhrmittel umfassen neben einem oder mehreren Sekundärluftzufuhrzweigen für die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente zusätzlich einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig für die Oxidationskatalysatoreinheit, so daß in dieser beispielsweise während eines Desulfatisierungsvorgangs in der stromaufwärtigen, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente gebildeter Schwefelwasserstoff oxidiert werden kann.

[0017] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird nachfolgend beschrieben. Hierbei zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Blockdiagramm einer Verbrennungsmotoranlage und

Fig. 2 ein schematisches Betriebsablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betrieb der Verbrennungsmotoranlage von Fig. 1.

[0018] Die in Fig. 1 gezeigte Verbrennungsmotoranlage, die insbesondere für ein Kraftfahrzeug vorgesehen sein kann, beinhaltet einen Verbrennungsmotor 1, an den sich ausgangsseitig ein Abgasstrang 2 anschließt. Dem Abgasstrang 2 ist eine Abgasreinigungsanlage zugeordnet, die eine schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente in Form zweier hintereinandergeschalteter NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 und einen nachgeschalteten Dreiwege-Katalysator K3 umfaßt, der unter anderem eine oxidierende Funktion hat und damit als Oxidationskatalysatoreinheit fungiert. Mit einer Bypassleitung 3, in die ein ansteuerbares Ventil 4 geschaltet ist, können die beiden NO_x -Speicherkatalysatoren bei Bedarf umgangen werden. Die beiden NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 dienen dazu, im Abgas enthaltene Stickoxide periodisch zu adsorbieren und zwecks Konvertierung, z.B. durch Abgasrückführung oder eine katalytische Reduktion, wieder zu desorbieren, wie dies an sich bekannt ist und daher hier keiner näheren Erläuterung und zeichnerischen Darstellung bedarf.

[0019] Die Abgasreinigungsanlage beinhaltet des weiteren Desulfatisierungsmittel, um die NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 vom angereicherten Schwefel, genauer von dem für die Stickoxid-Adsorptionsfunktion vergiftend wirkenden Sulfat, befreien zu können. Diese Desulfatisierungsmittel umfassen Sekundärluftzufuhrmittel in Form einer Sekundärluftleitung L1 mit zugehöriger Sekundärluftpumpe 5. Die Sekundärluftleitung L1 verzweigt sich stromabwärts der Pumpe 5 in drei Leitungszweige L2, L3, L4, von denen ein erster Zweig L2 in einen ersten Abgasstrangabschnitt 2a zwischen Motor 1 und dem stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysator K1, ein zweiter Leitungszweig L3 in einen zweiten Abgasstrangabschnitt 2b zwischen den beiden NO_x -Speicherkatalysatoren K1, K2 und ein dritter Leitungszweig L4 in einen dritten Abgasstrangabschnitt 2c zwischen dem stromabwärtigen NO_x -Spei-

cherkatalysator K2 und dem Dreiwege-Katalysator K3 münden. Jeder Leitungszweig L2, L3, L4 kann mittels eines zugehörigen, ansteuerbaren Ventils 6, 7, 8 geöffnet und geschlossen werden.

[0020] Darüber hinaus umfassen die Desulfatisierungsmittel eine Desulfatisierungssteuereinheit, die vorzugsweise als entsprechender Steuerteil in Software oder Hardware in ein Motorsteuergerät integriert ist, das den Motor 1 und die übrigen Komponenten der Abgasreinigungsanlage 2 steuert. Soweit die diesbezüglichen Komponenten in Fig. 1 nicht gezeigt sind, können hierfür dem Fachmann geläufige, herkömmliche Komponenten verwendet werden. Dabei sind lediglich die Steuereinheiten so auszulegen, daß sie die gesamte Verbrennungsmotoranlage gemäß dem nachfolgend erläuterten Verfahren betreiben können. Die Implementierung dieser Betriebsverfahrensschritte beispielsweise in das Motorsteuergerät ist dem Fachmann bei Kenntnis dieser Verfahrensschritte ohne weiteres möglich, so daß darauf hier nicht näher eingegangen zu werden braucht.

[0021] In Fig. 2 ist in Diagrammform ein Beispiel des erfindungsgemäßen Betriebsverfahrens für die Verbrennungsmotoranlage von Fig. 1 illustriert. Das Verfahrensbeispiel zeigt schematisch den zeitabhängigen Betriebsablauf für den Fall eines Kaltstarts. Dabei sind im Diagramm von Fig. 2 in vier übereinanderliegenden Diagrammen die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{Fzg} , die Abgastemperatur T, das Luft/Kraftstoff-Verhältnis λ und die Sekundärluftmasse m_L , d.h. die von den Sekundärluftzufuhrmitteln in den Abgasstrang 2 eingespeiste Sekundärluftmenge, in ihrem Zeitverlauf wiedergegeben.

[0022] In einer ersten, zeitlich sehr kurzen Phase A wird ein Motorstart bei kaltem Motor 1 ausgelöst, d.h. die Fahrzeuggeschwindigkeit v_{Fzg} ist null und die Abgastemperatur T liegt auf Umgebungstemperatur. Nach dieser Aktivierung eines Motorkaltstarts wird der Betrieb in einer anschließenden Phase B auf einen Katalysatorheizmodus eingestellt. In diesem wird durch entsprechende Motorsteuerungsmaßnahmen und Sekundärluftzuführung eine möglichst rasche Steigerung der Abgastemperatur bewirkt, um die Abgasreinigungsanlage, speziell die Abgaskatalysatoren K1, K2, K3, schnell auf Betriebstemperatur zu bringen. Das dem Motor 1 zugeführte Luft/Kraftstoff-Gemisch wird hierzu fett eingestellt, d.h. auf einen Lambdawert kleiner eins, wie an einer entsprechenden, durchgezogen gezeichneten Kennlinie λ_M des Motorluftverhältnisses dargestellt. Gleichzeitig wird über den ersten Leitungszweig L2 Sekundärluft in den stromaufwärtigen Abgasstrangabschnitt 2a eingespeist, wie mit einer entsprechenden, durchgezogen gezeichneten, ersten Sekundärluftkennlinie m_{L2} gezeigt. Die beiden anderen Sekundärluftleitungszweige L3, L4 bleiben geschlossen.

[0023] Die Sekundärluftzuführung in den vom Motor 1 abgehenden Abgasstrangabschnitt 2a führt zu einer mageren Abgaszusammensetzung, d.h. die Lambdawerte λ_{K1} , λ_{K2} und λ_{K3} in den drei Katalysatoreinheiten K1, K2, K3 liegen über dem stöchiometrischen Wert

eins, wie in Fig. 2 durch die gestrichelte Kennlinie λ_{K1} , die durchgezogene Kennlinie λ_{K2} und die strichpunktier- te Kennlinie λ_{K3} gezeigt. Wie weiter in Fig. 2 anhand entsprechender Temperaturkennlinien T_{K1} , T_{K2} und T_{K3} dargestellt, nimmt durch diese Maßnahmen im Kataly- satorheizmodus die Abgastemperatur T_{K1} vor dem stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysator sehr schnell zu und erreicht am Ende dieser Heizphase B eine zur Durchführung einer anschließenden Desulfati- sierungsphase ausreichende Entschwefelungstempere- tur von typischerweise etwa 550°C oder mehr. Paral- lel dazu nehmen auch die Abgastemperatur T_{K2} vor dem stromabwärtigen NO_x -Speicherkatalysator und die Abgastemperatur T_{K3} vor dem Dreiwege-Katalysator K3 in etwas geringerem Maße zu, wobei der Dreiwege- Katalysator K3 am Ende der Heizphase B seine An- springtemperatur für die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid erreicht hat. Wie anhand einer Geschwindigkeitskennlinie v_F zu er- kennen, wird das Fahrzeug in der letzten Hälfte der Heizphase B angefahren.

[0024] Nachdem die Katalysatoreinheiten K1, K2, K3 auf diese Weise auf Betriebstemperatur gebracht wur- den, wird vom Katalysatorheizmodus B auf einen Des- sulfatisierungsmodus umgeschaltet, der zwei aufeinanderfolgende Desulfatisierungsphasen C, D beinhaltet. In der ersten Desulfatisierungsphase C wird der Motor- anlagenbetrieb primär auf die Desulfatisierung des stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysators K1 einge- stellt. Dazu wird die Zuführung von Sekundärluft über den ersten Leitungszweig L2 zu diesem NO_x -Speicher- katalysator K1 abgestellt, d.h. die zugehörige Luftmas- senkennlinie m_{L2} fällt auf null ab. Gleichzeitig wird über den zweiten Leitungszweig L3 Sekundärluft in den Ab- gasstrangabschnitt 2b vor dem stromabwärtigen NO_x - Speicherkatalysator K2 zugeführt, wie am Anstieg einer zugehörigen, gestrichelt gezeichneten, zweiten Sekun- därluftkennlinie m_{L3} zu erkennen. Das Motorluftverhält- nis λ_M wird beim Übergang zum Desulfatisierungsmo- dus auf einen nur noch geringfügig unter dem stöchio- metrischen Wert eins liegenden Wert angehoben, d.h. der Motor 1 wird leicht fett betrieben.

[0025] Durch diese Maßnahmen ändert sich das Ka- talysatorluftverhältnis λ_{K1} im stromaufwärtigen NO_x - Speicherkatalysator K1 von einem mageren auf einen leicht fetten, den Desulfatisierungsvorgang fördernden Wert, während sich die Katalysatorluftverhältnisse λ_{K2} , λ_{K3} in den beiden anderen Katalysatoren K2, K3 nicht wesentlich ändern und im mageren Bereich verbleiben. In diesen Katalysatoreinheiten K2, K3 können dadurch sowohl unverbrannte Kohlenwasserstoffe und Kohlen- monoxid als auch das möglicherweise bei der Desulfati- sierung des stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysa- tors K1 entstehender Schwefelwasserstoff oxidiert wer- den. Alternativ zur gezeigten Sekundärluftzufuhr allein über den zweiten Leitungszweig L3 kann in dieser Be- triebphase mit im wesentlichen gleicher Wirkung eine Sekundärluftzufuhr nur über den dritten Leitungszweig

L4 für den Dreiwege-Katalysator K3 oder eine solche über den zweiten und dritten Leitungszweig L3, L4 vor- gesehen sein.

[0026] Die Dauer der Desulfatisierungsphase C für den stromaufwärtigen NO_x -Speicherkatalysator wird mittels einer Modellrechnung bezüglich der Schwefel- vergiftung ermittelt. In diese modellbasierte Schätzung des zu Beginn vorliegenden Schwefelgehalts im zu des- orbierenden NO_x -Speicherkatalysator gehen als maßgebende Einflußgrößen der verbrauchte Kraftstoff und dessen Schwefelgehalt sowie die Auswertung na- türlicher Desulfatisierungsprozesse ein, wie sie gege- benenfalls während einer vorangegangenen Normalbe- trieb-Fahrphase mit warmgelaufenen Motor aufgetre- ten sein können, indem zeitweise die dafür günstigen Bedingungen vorgelegen haben. Dies ist z.B. bei Auto- bahn- und Vollast-Betriebsphasen der Fall. Zusätzlich oder alternativ zu dieser modellbasierten Schätzung kann eine sensorische Diagnose des NO_x -Speicherzu- stands vorgesehen sein.

[0027] Sobald dann die erste Desulfatisierungsphase C für die ermittelte Dauer durchgeführt worden ist, wird auf die zweite Desulfatisierungsphase D umgeschaltet, in welcher primär der in Abgasströmungsrichtung näch- ste NO_x -Speicherkatalysator K2 desulfatisiert wird. Hierzu wird die Sekundärluftzufuhr über den zweiten Leitungszweig L3 für diesen stromabwärtigen NO_x - Speicherkatalysator K2 beendet, d.h. die zugehörige Kennlinie m_{L3} fällt auf null ab. Gleichzeitig wird späte- stens jetzt mit der Zuführung von Sekundärluft über den dritten Leitungszweig L4 für den Dreiwege-Katalysator K3 begonnen, wie in Fig. 2 anhand einer zugehörigen, dritten Luftmassenkennlinie m_{L4} dargestellt. Das Motor- Motorluftverhältnis λ_M wird unverändert im leicht fetten Bereich belassen.

[0028] Durch diese Maßnahmen fällt das Katalysator- luftverhältnis λ_{K2} für den nun zu desulfatisierenden NO_x -Speicherkatalysator K2 vom vormals mageren in den leicht fetten Bereich ab, wie es für den Desulfatisie- rungsprozeß günstig ist. Das Katalysatorluftverhältnis λ_{K3} im Dreiwege-Katalysator K3 bleibt hingegen im ma- geren Bereich, so daß dort weiterhin die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen, Kohlenmonoxid und gegebenenfalls bei der Desulfatisierung entstehend- dem Schwefelwasserstoff gewährleistet ist.

[0029] Sobald dann die wiederum geeignet ermittelte Dauer der Desulfatisierungsphase D für den stromab- wärtigen NO_x -Speicherkatalysator K2 abgelaufen ist, wird die Verbrennungsmotoranlage für eine nächste Phase E auf Normalbetrieb umgestellt, d.h. auf kraft- stoffverbrauchs- und motorleistungsoptimierten Be- trieb. Das Mo-Motorluftverhältnis λ_M wird in diesem Nor- malbetrieb möglichst mager eingestellt. Im Motor da- durch entstehende Stickoxide werden von den NO_x - Speicherkatalysatoren K1, K2 adsorbiert. Sobald deren NO_x -Speicherkapazität erschöpft ist, werden sie in her- kömmlicher Weise einem Desorptionsvorgang unterzo- gen, wozu bei Bedarf auch die Sekundärluftzufuhrmittel

aktiviert werden können.

[0030] Es versteht sich, daß in der beschriebenen Weise auch mehr als zwei seriell hintereinanderliegende NO_x-Speicherkatalysatoren oder andersartige schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponenten desulfatisiert werden können. 5

[0031] Das erfindungsgemäße Betriebsverfahren kann im übrigen auch bei Fehlen einer Sekundärluftzuführung angewendet werden, sofern es die Abgasemissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid in der Kaltstartphase zulassen. Die jeweils geeigneten Betriebsbedingungen werden dann allein durch Betriebssteuerungsmaßnahmen am Motor 1 selbst und ohne Sekundärluftzuführung in den Abgasstrang eingestellt. Insbesondere wird der Motor während der Kaltstartphase mit einem fetten Abgasgemisch versorgt, so daß einerseits eine schnelle Katalysatoraufheizung und andererseits eine Entschwefelung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente erreicht wird. 10 15 20

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage eines Kraftfahrzeugs, die einen Verbrennungsmotor (1) mit zugehörigem Abgasstrang (2), eine im Abgasstrang angeordnete, schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente mit wenigstens einer schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheit (K1, K2,) und Mittel zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente umfasst, wobei der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage zu vorgebbaren Zeitpunkten jeweils im Anschluss an eine Kaltstartaktivierung des Verbrennungsmotors vor Übergang in einen Normalbetriebsmodus auf einen Desulfatisierungsmodus eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kraftfahrzeug vor der Einstellung des Desulfatisierungsmodus angefahren wird. 25 30 35 40

2. Verfahren nach Anspruch 1, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb der Verbrennungsmotoranlage nach einer jeweiligen Motorkaltstartaktivierung zunächst auf einen Katalysatorheizmodus zur Aufheizung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente eingestellt und dann auf den Desulfatisierungsmodus umgestellt wird, wenn die Temperatur der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente einen vorgebbaren Entschwefelungsmindestwert überschritten hat. 45 50

3. Verfahren nach Anspruch 2 zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage, die des weiteren Mittel zur Sekundärluftzuführung an einer oder mehreren Stellen des Abgasstrangs (2) beinhaltet, weiter 55

dadurch gekennzeichnet, dass

im Katalysatorheizmodus Sekundärluft in die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente oder den Abgasstrangabschnitt stromaufwärts davon zugeführt und diese Sekundärluftzufuhr bei Umstellung auf den Desulfatisierungsmodus beendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3 zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage, die des weiteren Mittel zur Sekundärluftzuführung an einer oder mehreren Stellen des Abgasstrangs (2) und stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente eine Oxidationskatalysatoreinheit (K3) beinhaltet, weiter 10 15

dadurch gekennzeichnet, dass

im Desulfatisierungsmodus Sekundärluft in die Oxidationskatalysatoreinheit oder den Abgasstrangabschnitt zwischen der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente und der Oxidationskatalysatoreinheit zugeführt wird. 20

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4 zum Betrieb einer Verbrennungsmotoranlage, die des weiteren Mittel zur Sekundärluftzuführung an einer oder mehreren Stellen des Abgasstrangs (2) beinhaltet und bei der die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente mehrere seriell in den Abgasstrang geschaltete Abgasreinigungseinheiten (K1, K2) umfasst, weiter 25 30

dadurch gekennzeichnet, dass

die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten (K1, K2) im Desulfatisierungsmodus in Abgasströmungsrichtung nacheinander in einer jeweils zugehörigen Desulfatisierungsphase desulfatisiert werden, wobei während der jeweiligen Desulfatisierungsphase Sekundärluft in den Abgasstrang ausschließlich an einer oder mehreren Stellen stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheit, die momentan desulfatisiert wird, zugeführt wird. 35 40

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** das Luft-Kraftstoff-Verhältnis (λ_M) des dem Verbrennungsmotor (1) zugeführten Luft-Kraftstoff-Gemischs im Desulfatisierungsmodus kraftstoffreicher als der stöchiometrische Wert und kraftstoffärmer als im Katalysatorheizmodus gewählt wird. 45 50

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, weiter **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dauer des jeweiligen Desulfatisierungsmodus aus einer sensorischen Überwachung des Speicherzustands der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente und/oder einer modellbasierten Schätzung der gespeicherten Schwefelmenge ermittelt wird, wobei die Schätzung wenig- 55

stens in Abhängigkeit vom verbrauchten Kraftstoff und dessen Schwefelgehalt sowie von während eines vorangegangenen Normalbetriebs eventuell stattgefundenen, natürlichen Desulfatisierungsprozessen erfolgt.

8. Verbrennungsmotoranlage, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit

- einem Verbrennungsmotor (1) mit zugehörigem Abgasstrang (2),
- einer im Abgasstrang angeordneten, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente und
- Mitteln zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente, die Sekundärluftzufuhrmittel umfassen,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente wenigstens zwei seriell in den Abgasstrang geschaltete Abgasreinigungseinheiten (K1, K2) beinhaltet und
- die Sekundärluftzufuhrmittel je einen eigenen Sekundärluftzufuhrzweig (L2, L3) für die schwefelanreichernden Abgasreinigungseinheiten aufweisen.

9. Verbrennungsmotoranlage nach Anspruch 8, mit

- einem Verbrennungsmotor (1) mit zugehörigem Abgasstrang (2),
- einer im Abgasstrang angeordneten, schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente und
- Mitteln zur Desulfatisierung der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente, die Sekundärluftzufuhrmittel umfassen,

dadurch gekennzeichnet, dass

- stromabwärts der schwefelanreichernden Abgasreinigungskomponente eine Oxidationskatalysatoreinheit (K3) vorgesehen ist und
- die Sekundärluftzufuhrmittel mindestens je einen Sekundärluftzufuhrzweig (L2, L3; L4) für die schwefelanreichernde Abgasreinigungskomponente einerseits und die Oxidationskatalysatoreinheit (K3) andererseits aufweisen.

Claims

1. Method for the operation of an internal combustion engine system of a motor vehicle, comprising an internal combustion engine (1) with an associated exhaust train (2), a sulphur accumulating exhaust gas

purification component located in the exhaust train with at least one sulphur accumulating exhaust gas purification unit (K1, K2) and means for the desulphatisation of the sulphur accumulating exhaust gas purification component, whereby the operation of the internal combustion engine system is, at pre-settable points in time, set to a desulphatisation mode following a cold start activation of the internal combustion engine prior to a transition to a normal operating mode, **characterised in that** the motor vehicle is started before the desulphatisation mode is set.

2. Method according to claim 1, further **characterised in that** the operation of the internal combustion engine system is, following a cold start activation of the engine, first set to a catalyst heating mode for heating the sulphur accumulating exhaust gas purification component and then switched to the desulphatisation mode as soon as the temperature of the sulphur accumulating exhaust gas purification component has exceeded a presettable minimum desulphurisation value.

3. Method according to claim 2 for the operation of an internal combustion engine system further incorporating means for the supply of secondary air at one or more points of the exhaust train (2), further **characterised in that** secondary air is fed into the sulphur accumulating exhaust gas purification unit or into the exhaust gas train upstream thereof in the catalyst heating mode, and **in that** this secondary air supply is ended at switch-over to the desulphatisation mode.

4. Method according to any of claims 1 to 3 for the operation of an internal combustion engine system further incorporating means for supplying secondary air at one or more points of the exhaust train (2) and an oxidising catalyst unit (K3) downstream of the sulphur accumulating exhaust gas purification component, further

characterised in that secondary air is fed into the oxidising catalyst unit or into the exhaust train section between the sulphur accumulating exhaust gas purification component and the oxidising catalyst unit in the desulphatisation mode.

5. Method according to claim 3 or 4 for the operation of an internal combustion engine system further incorporating means for the supply of secondary air at one or more points of the exhaust train (2) and wherein the sulphur accumulating exhaust gas purification component incorporates a plurality of exhaust gas purification units (K1, K2) connected in series in the exhaust train, further **characterised in that** the sulphur accumulating exhaust gas purification units (K1, K2) are desul-

phatised in sequence in the desulphatisation mode in an associated desulphatisation phase, whereby secondary air is, during the relevant desulphatisation phase, exclusively fed into the exhaust train at one or more points downstream of the sulphur accumulating exhaust gas purification unit being currently desulphatised.

6. Method according to any of claims 2 to 5, further **characterised in that** the air-to-fuel ratio (λ_M) of the air/fuel mixture supplied to the internal combustion engine (1) in the desulphatisation mode is selected to be richer than the stoichiometric value and leaner than in the catalyst heating mode.

7. Method according to any of claim 1 to 6, further **characterised in that** the duration of the desulphatisation mode is determined by sensor-monitoring the accumulation state of the sulphur accumulating exhaust gas purification component and/or by the model-based estimation of the accumulated amount of sulphur, whereby the estimation is based at least on the fuel consumed and on its sulphur content and on any natural desulphatisation process completed during previous normal operation.

8. Internal combustion engine system, in particular for a motor vehicle, comprising

- an internal combustion engine (1) with associated exhaust train (2),
- a sulphur accumulating exhaust gas purification component located in the exhaust train, and
- means for the desulphatisation of the sulphur accumulating exhaust gas purification component, including means for the supply of secondary air,

characterised in that

- the sulphur accumulating exhaust gas purification component incorporates at least two exhaust gas purification units (K1, K2) connected in series in the exhaust train, and **in that**
- the means for the supply of secondary air include a separate secondary air supply branch (L2, L3) each for the sulphur accumulating exhaust gas purification units.

9. Internal combustion engine system according to claim 8, comprising

- an internal combustion engine (1) with associated exhaust train (2),
- a sulphur accumulating exhaust gas purification component located in the exhaust train, and

- means for the desulphatisation of the sulphur accumulating exhaust gas purification component, including means for the supply of secondary air,

characterised in that

- an oxidising catalyst unit (K3) is provided downstream of the sulphur accumulating exhaust gas purification component, and **in that**
- the means for the supply of secondary air include at least one secondary air supply branch (L2, L3; L4) for the sulphur accumulating exhaust gas component on the one hand and for the oxidising catalyst unit (K3) on the other hand.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner une installation à moteur à combustion interne d'un véhicule automobile, qui comprend un moteur à combustion interne (1) avec une ligne de gaz d'échappement (2) correspondante, un composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre avec au moins une unité d'épuration de gaz d'échappement (K1, K2) concentrant ou accumulant le soufre, et des moyens de désulfatation du composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, le fonctionnement de l'installation à moteur à combustion interne étant réglé sur un mode de désulfatation, en des instants pouvant être prescrits, respectivement à la suite d'une activation par démarrage à froid du moteur à combustion interne, avant le passage à un mode de fonctionnement normal, **caractérisé en ce que** l'on démarre le véhicule automobile avant d'établir le mode de désulfatation.
2. Procédé selon la revendication 1, en outre **caractérisé en ce que** le fonctionnement de l'installation à moteur à combustion interne après une activation respective par démarrage à froid du moteur, est tout d'abord réglé sur un mode de chauffage de réacteur catalytique pour échauffer le composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, et est ensuite commuté sur le mode de désulfatation, lorsque la température du composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre a dépassé une valeur minimale de désulfuration pouvant être prescrite.
3. Procédé selon la revendication 2, pour faire fonctionner une installation à moteur à combustion interne, qui comporte en outre des moyens pour l'amenée d'air secondaire en un ou plusieurs endroits de la ligne de gaz d'échappement (2), en outre **caractérisé en ce que** dans le mode de

chauffage de réacteur catalytique, on amène de l'air secondaire dans le composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre ou dans le tronçon de ligne de gaz d'échappement en amont dudit composant, et on achève cette amenée d'air secondaire lors de la commutation sur le mode de désulfatation.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, pour faire fonctionner une installation à moteur à combustion interne, qui comporte en outre des moyens pour l'amenée d'air secondaire en un ou plusieurs endroits de la ligne de gaz d'échappement (2) et, en aval du composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, une unité de réacteur ou pot catalytique d'oxydation (K3), en outre **caractérisé en ce que** dans le mode de désulfatation, on amène de l'air secondaire dans l'unité de réacteur catalytique d'oxydation, ou dans la ligne de gaz d'échappement, entre le composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre et l'unité de réacteur catalytique d'oxydation.
5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, pour faire fonctionner une installation à moteur à combustion interne, qui comporte en outre des moyens pour l'amenée d'air secondaire en un ou plusieurs endroits de la ligne de gaz d'échappement (2), et dans laquelle le composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre comprend plusieurs unités d'épuration de gaz d'échappement (K1, K2) montés en série dans la ligne de gaz d'échappement, en outre **caractérisé en ce que** les unités d'épuration de gaz d'échappement (K1, K2) accumulant le soufre, dans le mode de désulfatation, sont soumis à la désulfatation successivement dans la direction d'écoulement du gaz d'échappement, au cours d'une phase de désulfatation respectivement correspondante, de l'air secondaire étant amené, au cours de la phase de désulfatation respectivement considérée, dans la ligne de gaz d'échappement, exclusivement en un ou plusieurs endroits en aval de l'unité d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, qui est momentanément soumise à la désulfatation.
6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, en outre **caractérisé en ce que** la proportion air-carburant (λ_M) du mélange air-carburant amené au moteur à combustion interne (1), est choisie, pour le mode de désulfatation, plus riche en carburant que la valeur stoechiométrique, et plus pauvre en carburant que dans le mode de chauffage de réacteur catalytique.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, en outre **caractérisé en ce que** la durée du mode de désulfatation respectif, est déterminée à partir

d'une surveillance par détecteurs ou capteurs de l'état d'accumulation du composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, et/ou d'une évaluation, basée sur une modélisation, de la quantité de soufre accumulée, l'évaluation étant effectuée au moins en fonction du carburant consommé et de sa teneur en soufre, ainsi que de processus de désulfatation naturels ayant éventuellement eu lieu pendant un fonctionnement normal précédent.

8. Installation à moteur à combustion interne, notamment destinée à un véhicule automobile, comprenant
 - un moteur à combustion interne (1) avec une ligne de gaz d'échappement (2) correspondante,
 - un composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre et disposé dans la ligne de gaz d'échappement, et
 - des moyens de désulfatation du composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, qui englobent des moyens d'amenée d'air secondaire,

caractérisée en ce que

- le composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre comprend au moins deux unités d'épuration de gaz d'échappement (K1, K2) montées en série dans la ligne de gaz d'échappement, et
- les moyens d'amenée d'air secondaire comportent pour chacune des unités d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, une branche d'amenée d'air secondaire (L2, L3) qui lui est propre.

9. Installation à moteur à combustion interne, selon la revendication 8, comprenant
 - un moteur à combustion interne (1) avec une ligne de gaz d'échappement (2) correspondante,
 - un composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre et disposé dans la ligne de gaz d'échappement, et
 - des moyens de désulfatation du composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, qui englobent des moyens d'amenée d'air secondaire,

caractérisée en ce que

- en aval du composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre, il est prévu une unité de réacteur catalytique d'oxy-

dation (K3), et

- les moyens d'amenée d'air secondaire comportent au moins une branche d'amenée d'air secondaire (L2, L3 ; L4) respectivement pour le composant d'épuration de gaz d'échappement accumulant le soufre d'une part, et pour l'unité de réacteur catalytique d'oxydation (K3) d'autre part.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

