

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 931 922 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
28.07.1999 Patentblatt 1999/30

(51) Int. Cl.⁶: F02D 41/02, F01N 3/08

(21) Anmeldenummer: 98123165.7

(22) Anmeldetag: 04.12.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: 24.01.1998 DE 19802631

(71) Anmelder: DaimlerChrysler AG
70567 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• Boegner, Walter
71686 Remseck (DE)
• Karl, Günter, Dr.
73732 Esslingen (DE)
• Kruttsch, Bernd, Dr.
73770 Denkendorf (DE)
• Schön, Christof, Dr.
73630 Remshalden (DE)
• Voigtländer, Dirk
70825 Korntal (DE)
• Wenninger, Günter
70599 Stuttgart (DE)

(54) Verfahren und Einrichtung zum Reinigen von Abgasen eines Verbrennungsmotors

(57) Ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit einer Motorsteuerung, die einen Wechsel zwischen Mager-Betrieb und Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors ermöglicht, und mit einer Abgasreinigungseinrichtung, bei der im Abgasstrang nach dem Motor nacheinander eine λ -Sonde, ein SO_x -Speicher-Katalysator und ein NO_x -Speicher-Katalysator angeordnet sind, soll die für eine Desulfatisierung notwendige Abgaszusammensetzung und Abgastemperatur mit technisch einfachen Maßnahmen bereitstellen. Dies wird dadurch erzielt, daß zu Beginn der Desulfati-

sierung von Mager- auf Fett-Betrieb des Motors gewechselt wird, daß mit Hilfe einer steuerbaren Sekundärluftzuführung nach dem Motor und vor der λ -Sonde Sekundärluft in den Abgasstrang eingebracht wird, wobei ein vorbestimmter λ -Wert der mit Sekundärluft gemischten Abgase und mittels Temperatursensor im SO_x -Speicher-Katalysator eine vorbestimmte Temperatur eingestellt wird, und daß am Ende der Desulfatisierung von Fett- auf Mager-Betrieb des Motors umgestellt wird.

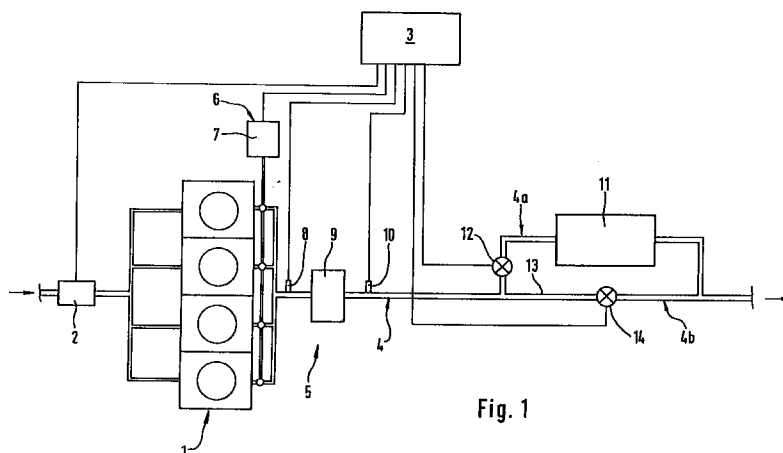


Fig. 1

EP 0 931 922 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Reinigen von Abgasen eines Verbrennungsmotors mit den Merkmalen des Oberbegriffes des Patentanspruches 1. Außerdem betrifft die Erfindung eine Einrichtung zum Reinigen von Abgasen eines Verbrennungsmotors.

[0002] Um die Schadstoffemission eines Verbrennungsmotors zu reduzieren, kann ein derartiger Motor, z.B. Diesel- oder Ottomotor, mit einer von den Abgasen des Verbrennungsmotors durchströmten Abgasreinigungseinrichtung ausgestattet werden. Zur Reinigung der Verbrennungsmotorabgase eignen sich in besonderer Weise NO_x -Adsorbersysteme. Derartige, auch als NO_x -Adsorber-Katalysatoren bezeichnete Abgasreinigungselemente speichern unter bestimmten Voraussetzungen die Stickoxide (NO_x) von Verbrennungskraftmaschinen, sofern diese „mager“ betrieben werden. Ein solcher Mager-Betrieb liegt vor, wenn das Verbrennungs-Luftverhältnis λ größer als 1 ist, das heißt wenn eine überstöchiometrische Verbrennung vorliegt, bei der große Mengen Sauerstoff im Abgas vorhanden sind. Zur Regeneration derartiger, aufgrund ihrer Speicherefähigkeit auch als Speicher-Katalysator bezeichneten NO_x -Adsorbersysteme wird reduzierend wirkendes Abgas mit möglichst hohem Reduktionsmittelgehalt benötigt, damit das im NO_x -Adsorber-Katalysator gespeicherte NO_x freigesetzt und zu Stickstoff N_2 umgesetzt werden kann. Eine Verbrennungskraftmaschine produziert reduzierend wirkendes Abgas, wenn eine „fette“ Verbrennung, das heißt eine unterstöchiometrische Verbrennung mit $\lambda < 1$ vorliegt, bei der kein oder nur noch wenig Restsauerstoff im Abgas vorhanden ist.

[0003] Die mit einem derartigen NO_x -Speicher-Katalysator ausgestatteten Verbrennungsmotoren müssen demnach über eine Motorsteuerung verfügen, die einen Wechsel zwischen Mager-Betrieb und Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors ermöglicht.

[0004] Aufgrund des Mager-Betriebes sind in den Abgasen des Verbrennungsmotors Schwefeloxid-Verbindungen (SO_x), vorzugsweise Schwefeldioxid (SO_2), enthalten, die während eines Mager-Betriebes mit dem Speicher-Material des NO_x -Speicher-Katalysators reagieren und dabei Sulfate bilden. Eine derartige Sulfatbildung führt zu einer Verringerung der NO_x -Speicherkapazität des NO_x -Speicher-Katalysators, was auch als „Schwefelvergiftung“ des NO_x -Speicher-Katalysators bezeichnet wird.

[0005] Damit eine Abgasreinigungseinrichtung mit einem NO_x -Speicher-Katalysator über längere Zeit ordnungsgemäß funktionieren kann, muß der Schwefelgehalt im Abgas verringert werden. Die wesentlichen Schwefelquellen sind dabei der verwendete Kraftstoff und das Motoröl, so daß zum einen Kraftstoffe und Motoröle mit niedrigerem Schwefelgehalt die Lebensdauer eines NO_x -Speicher-Katalysators erhöhen.

[0006] Zum anderen kann die Sulfatbildung im NO_x -

Speicher-Katalysator vermieden werden, in dem ein in der Literatur als „ SO_x -Trap“ bezeichneter SO_x -Speicher-Katalysator verwendet wird, der im Abgasstrang vor dem NO_x -Speicher-Katalysator angeordnet ist. Wenn die Abgase den SO_x -Speicher-Katalysator durchströmen, wird ein Großteil der vom Motor emittierten Schwefelverbindungen darin adsorbiert und abgespeichert. Auf diese Weise wird die Dauerhaltbarkeit des NO_x -Speicher-Katalysators erheblich verbessert.

[0007] Jedoch ist die SO_x -Speicher-Kapazität eines derartigen SO_x -Traps bzw. SO_x -Speicher-Katalysators begrenzt, so daß für einen Dauerbetrieb eine Regeneration bzw. Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators durchgeführt werden muß. Eine derartige Desulfatisierung kann mit Hilfe eines Abgases erreicht werden, das Reduktionsmittel (z.B. CO , H_2 , HC) enthält und eine relativ hohe Temperatur aufweist. Unter diesen Bedingungen werden die zuvor gespeicherten Schwefelmengen hauptsächlich als SO_2 und H_2S desorbiert und freigesetzt, wobei die SO_x -Speicherkapazität des SO_x -Speicher-Katalysators wieder hergestellt wird.

[0008] Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, ein Verfahren der eingangs genannten Art dahingehend auszugestalten, daß die für die Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators notwendige Abgaszusammensetzung und Abgastemperatur mit technisch einfachen Maßnahmen bzw. Einrichtungen bereitgestellt werden kann.

[0009] Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruches 1 gelöst.

[0010] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, mit Hilfe der Motorsteuerung die Abgaszusammensetzung dahingehend zu beeinflussen, daß diese eine reduzierende Atmosphäre aufweisen, die im SO_x -Speicher-Katalysator eine Freisetzung der SO_x -Verbindungen bewirken kann. Die dazu außerdem erforderliche hohe Abgastemperatur wird dabei auf einfache Weise mit Hilfe der vorgeschlagenen Zuführung von sekundärer Luft in den Abgasstrang, nach dem Motor und vor dem SO_x -Speicher-Katalysator erreicht. Hierbei wird die Erkenntnis ausgenutzt, daß das mit Reduktionsmitteln angereicherte Abgas eine hohe chemische Energie enthält, die unter Zufuhr von Sauerstoff mittels entsprechender chemischer Reaktionen in Wärmeenergie umgesetzt werden kann. Der dazu benötigte Sauerstoff wird mit der Sekundärluft zur Verfügung gestellt. Im SO_x -Speicher-Katalysator kann dann eine katalytische Verbrennung eines Teils der im Abgas mitgeführten Reduktionsmittel mit dem Sauerstoff der Sekundärluft stattfinden, bei der Wärmeenergie freigesetzt und vorzugsweise an das Oberflächenmaterial des SO_x -Speicher-Katalysators übertragen wird. Die für die Sulfatzersetzung notwendige hohe Temperatur im SO_x -Speicher-Katalysator kann somit durch diese chemische Reaktion im SO_x -Speicher-Katalysator selbst erzeugt werden und erfordert daher keine zusätzliche Energiequelle.

[0011] Eine Reduktionsmittel enthaltende Atmosphäre wird im Abgas auf einfache Weise dadurch bereitgestellt, daß durch die Motorsteuerung von Mager-Betrieb auf Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors umgestellt wird.

[0012] Um eine optimale Desulfatisierung erzielen zu können wird im SO_x -Speicher-Katalysator vorzugsweise eine Temperatur von mehr als 550°C eingestellt.

[0013] Um eine derartige hohe Temperatur im SO_x -Speicher-Katalysator erzielen zu können und um eine für die Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators optimale Zusammensetzung der Abgase zu erreichen, wird das Verbrennungs-Luftverhältnis der mit der Sekundärluft vermischten Abgase aus einem Bereich von $\lambda = 0,75$ bis $\lambda = 0,99$ gewählt.

[0014] Die Einstellung dieser bevorzugten Werte für das Verbrennungs-Luftverhältnis der mit Sekundärluft gemischten Abgase und für die im SO_x -Speicher-Katalysator herrschende Temperatur wird entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dadurch erzielt, daß während der Desulfatisierung durch die Motorsteuerung die Menge der zugeführten Sekundärluft und/oder das Verbrennungsluftverhältnis der vom Motor kommenden Abgase beeinflußt bzw. variiert wird. Die vorgeschlagenen Maßnahmen ermöglichen auf einfache Weise eine Regelung bzw. Steuerung der Parameter, die für den Ablauf der Desulfatisierung charakteristisch sind.

[0015] Bei einer Abgasreinigungseinrichtung, bei der im Abgasstrang vor dem NO_x -Speicher-Katalysator der SO_x -Speicher-Katalysator angeordnet ist, gelangen die bei der Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators freigesetzten Schwefelverbindungen in den NO_x -Speicher-Katalysator und können dort Verbindungen mit dem NO_x -Speicher-Material eingehen und Sulfate bilden. Dies hat zur Folge, daß sich die NO_x -Speicher-Kapazität des NO_x -Speicher-Katalysators verringert.

[0016] Es stellt sich somit das Problem, die Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators so durchzuführen, daß dabei die Speicherkapazität des NO_x -Speicher-Katalysators nicht beeinträchtigt wird. Dies wird dadurch ermöglicht, daß im Abgasstrang ein den NO_x -Speicher-Katalysator umgehender Bypass vorgesehen ist, der während der Desulfatisierung von der Motorsteuerung aktiviert ist. Mit Hilfe dieses Bypasses werden die mit Schwefelverbindungen beladenen Abgase während der Desulfatisierung am NO_x -Speicher-Katalysator vorbeigeleitet, so daß es zu keiner Sulfatbildung im NO_x -Speicher-Katalysator kommen kann.

[0017] Bei einer anderen besonders vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Adsorption von Schwefelverbindungen im NO_x -Speicher-Katalysator während der Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators auch dadurch verhindert werden, daß nach dem Umschalten von Mager-Betrieb auf Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors zunächst eine Regeneration des NO_x -Speicher-Katalysators durchgeführt wird, wobei die Motorsteuerung einen mit

dem Regenerationsgrad des NO_x -Speicher-Katalysators korrelierenden Parameter überwacht und erst bei Erreichen eines vorbestimmten Schwellwertes für diesen Parameter die Zufuhr von Sekundärluft in den Abgasstrang veranlaßt. Durch diese vorgelagerte Regenerations-Phase werden mit Hilfe der während des Fett-Betriebes vom Motor emittierten Reduktionsmittel die in dem SO_x -Speicher-Katalysator und in dem NO_x -Speicher-Katalysator gespeicherten Sauerstoffmengen und Nitrate umgesetzt. Die beiden Katalysatoren (SO_x - und NO_x -Speicher-Katalysator) werden dadurch in einen reduzierten Zustand versetzt, in dem - außer den Sulfaten im SO_x -Speicher-Katalysator - näherungsweise keine sauerstoffhaltigen Atome oder Moleküle in den Katalysatoren mehr vorhanden sind. Nach einer derartigen Regeneration, insbesondere des NO_x -Speicher-Katalysators kann dann die eigentliche Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators erfolgen, indem Sekundärluft zugeführt wird. Bei dieser unmittelbar nachgeschalteten Desulfatisierung werden die während des Mager-Betriebes adsorbierten und gespeicherten Schwefelverbindungen aus dem SO_x -Speicher-Katalysator desorbiert und freigesetzt. Die freigesetzten Schwefelverbindungen können den reduzierten NO_x -Speicher-Katalysator durchströmen, ohne daß dabei eine Adsorption bzw. Speicherung der Schwefelverbindungen stattfinden kann. Eine Schwefelvergiftung bzw. Sulfatisierung des NO_x -Speicher-Katalysators kann somit während der Desulfatisierung des vorgeschalteten SO_x -Speicher-Katalysators verhindert werden und zwar ausschließlich durch die Wahl eines besonders geschickten Ablaufes der Steuerungs- bzw. Regelungsvorgänge. Eine nach diesem Verfahren arbeitende Abgasreinigungseinrichtung verfügt über wenig bewegliche Bauteile, ist dadurch robust, wenig stör anfällig und preiswert.

[0018] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnungen. Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 eine Prinzipskizze eines Verbrennungsmotors mit einer Abgasreinigungseinrichtung, die einen NO_x -Speicher-Katalysator umgehenden Bypass aufweist und mit zwei Schließorganen ausgestattet ist,

Fig. 2 eine Prinzipskizze eines Verbrennungsmotors mit einer Abgasreinigungseinrichtung wie in Fig. 1, jedoch mit nur einem Schließorgan, und

Fig. 3 eine Prinzipskizze eines Verbrennungsmotors mit einer Abgasreinigungseinrichtung wie in den Fig. 1 und 2, jedoch ohne Bypass.

[0019] Entsprechend den Fig. 1 bis 3 wird einem Verbrennungsmotor 1, der sowohl ein Diesel- als auch ein Otto-Motor sein kann, Luft über eine elektronisch oder

elektrisch verstellbare Drosselklappe 2 zugeführt. Die Drosselklappe 2 ist dabei mit einer elektronischen Motorsteuerung 3 verbunden, die über einen Rechner, einen Speicher mit Daten und entsprechenden Programmen verfügt.

[0020] Die bei der Verbrennung vom Motor 1 gebildeten Abgase treten in einen Abgasstrang 4 einer Abgasreinigungseinrichtung 5 des Motors 1 ein. Dabei ist an den Abgasstrang 4, im gezeigten Ausführungsbeispiel bereits im Austrittsbereich der Abgase aus dem Verbrennungsmotor 1, eine Sekundärluftzuführung 6 angeschlossen, die mit einer von der Motorsteuerung 3 gesteuerten Sekundärluftpumpe 7 Sekundärluft in den Abgasstrang 4 zur Vermischung mit den Abgasen einbringen kann.

[0021] Nach den Anschlußstellen der Sekundärluftzuführung 6 an den Abgasstrang 4 ist eine λ -Sonde 8 im Abgasstrang 4 angeordnet, die mit der Motorsteuerung 3 verbunden ist. Nach der λ -Sonde 8 ist im Abgasstrang 4 ein SO_x -Speicher-Katalysator 9 angeordnet, der vorzugsweise als SO_x -Trap ausgebildet ist.

[0022] Nach dem SO_x -Speicher-Katalysator 9 ist im Abgasstrang 4 ein mit der Motorsteuerung 3 verbundener Temperatursensor 10 angeordnet. Dabei mißt der Temperatursensor 10 eine Temperatur, die mit der im SO_x -Speicher-Katalysator 9 herrschenden Temperatur korreliert.

[0023] Bei der Ausführungsform entsprechend Fig. 1 zweigt sich der Abgasstrang 4 in seinem weiteren Verlauf auf, wobei in einem ersten Teilstrang 4a ein NO_x -Speicher-Katalysator 11 angeordnet ist. Vor dem NO_x -Speicher-Katalysator 11 ist in diesem ersten Teilstrang 4a ein als Abgasklappe ausgebildetes Schließorgan 12 angeordnet, das mit der Motorsteuerung 3 verbunden ist und durch diese zwischen einer Durchlaßstellung und einer Sperrstellung verstellbar ist.

[0024] Ein nach der Abzweigung ausgebildeter zweiter Teilstrang 4b bildet einen den NO_x -Speicher-Katalysator 11 umgehenden Bypass 13. In diesem Bypass 13 ist ebenfalls ein als Abgasklappe ausgebildetes Schließorgan 14 angeordnet, das auch mit der Motorsteuerung 3 verbunden und zwischen einer Durchlaßstellung und einer Sperrstellung verstellbar ist.

[0025] Die Teilstränge 4a und 4b des Abgasstranges 4 sind nach dem NO_x -Speicher-Katalysator 11 wieder zu einem gemeinsamen Abgasstrang 4 zusammengeführt.

[0026] Das erfindungsgemäß vorgeschlagene Verfahren arbeitet wie folgt:

[0027] Die Motorsteuerung 3 überwacht die Speicherkapazität des SO_x -Speicher-Katalysators 9 und stellt fest, wann eine Regeneration des SO_x -Speicher-Katalysators erforderlich ist. Um die aktuelle Speicherkapazität des SO_x -Speicher-Katalysators 9 feststellen zu können, kann vorgesehen sein, daß hier nicht dargestellte Sensoren im SO_x -Speicher-Katalysator 9 oder im Abgasstrang 4 angeordnet sind, die z.B. einen Anstieg des Gehalts an Schwefelverbindungen im Abgas oder

einen anderen, mit der SO_x -Speicher-Kapazität korrelierenden Parameter detektieren. Ebenso ist es möglich, die jeweils aktuelle Speicherkapazität des SO_x -Speicher-Katalysators 9 anhand von in einem entsprechenden Speicher abgelegten Kennfeldern zu bestimmen, in denen beispielsweise die SO_x -Speicher-Kapazität in Abhängigkeit von der Betriebsdauer des Verbrennungsmotors 1 und des Schwefelgehaltes der vom Motor 1 kommenden Abgase abgelegt ist.

[0028] Nachdem die Motorsteuerung 3 ein Absinken der SO_x -Speicher-Kapazität auf bzw. unter einen bestimmten Schwellwert festgestellt hat, beeinflußt sie das Betriebsverhalten des Verbrennungsmotors 1 dahingehend, daß dieser von einem Mager-Betrieb auf einen Fett-Betrieb umgestellt wird. Dabei kann vorgesehen sein, daß eine sich ggf. bei der Umstellung zwischen den beiden Betriebsarten (mager bzw. fett) auftretende Veränderung der Motorleistung, insbesondere des Motordrehmomentes, z.B. durch eine entsprechende Veränderung der Stellung der Drosselklappe 2 ausgeglichen wird, so daß der Fahrer den Wechsel zwischen den Betriebsarten nicht wahrnimmt.

[0029] Mit dem Wechsel auf fetten Motorbetrieb oder dazu zeitlich verzögert wird die Sekundärluftpumpe 7 aktiviert, so daß Sekundärluft in den Abgasstrang 4 eingeblasen wird. Dabei vermischt sich das vom Motor 1 kommende Abgas mit der Sekundärluft. Aufgrund der im Fett-Betrieb unterstöchiometrischen Verbrennung mit $\lambda < 1$ sind die vom Motor 1 kommenden Abgase mit Reduktionsmitteln beladen. Durch die Zufuhr von Sekundärluft werden die Abgase außerdem mit Sauerstoff angereichert.

[0030] Mit Hilfe der λ -Sonde 8 wird von der Motorsteuerung 3 der aktuelle λ -Wert vor dem SO_x -Speicher-Katalysator 9, das heißt das Verbrennungsluftverhältnis der mit der Sekundärluft vermischten Abgase, gemessen. Um einen vorbestimmten λ -Wert der Abgase einstellen zu können, bei dem ein optimaler Ablauf der Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 gewährleistet werden kann, beeinflußt die Motorsteuerung 3 die Abgaszusammensetzung. Dazu werden erfindungsgemäß mehrere Möglichkeiten vorgeschlagen:

[0031] Entsprechend der ersten Möglichkeit zur Beeinflussung des λ -Wertes der dem SO_x -Speicher-Katalysator 9 zugeführten Abgase wird - bei einem konstant bleibenden Verbrennungs-Luftverhältnis der vom fett betriebenen Motor 1 kommenden Abgase - die Menge an zugeführter Sekundärluft über eine entsprechende Ansteuerung der Sekundärluftzuführung 6 bzw. deren Sekundärluftpumpe 7 variiert.

[0032] Entsprechend einer zweiten Möglichkeit zur Beeinflussung der Abgaszusammensetzung vor deren Eintritt in den SO_x -Speicher-Katalysator 9 kann - bei einer konstant bleibenden Menge an zugeführter Sekundärluft - über die Motorsteuerung 3 das Verbrennungsluftverhältnis der vom Motor 1 erzeugten Abgase variiert werden, in dem die Motorsteuerung 3 in den

Betrieb des Motors 1 eingreift.

[0033] Bei einer dritten Möglichkeit zur Beeinflussung des λ -Wertes der dem SO_x -Speicher-Katalysator 9 zugeführten Abgase werden die vorgenannten Möglichkeiten kombiniert, das heißt sowohl das Verbrennungs-
5 luftverhältnis der vom Motor 1 erzeugten Abgase als auch die Menge der zugeführten Sekundärluft werden durch die Motorsteuerung 3 in geeigneter Weise beeinflusst.

[0034] Das für eine Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 angestrebte Verbrennungsluftverhältnis wird vorzugsweise aus einem Bereich von $\lambda = 0,75$ bis $\lambda = 0,99$ gewählt.

[0035] Die in den SO_x -Speicher-Katalysator 9 eintretenden Abgase weisen einen hohen Gehalt an Reduktionsmitteln (z.B. CO , H_2 , HC) auf, außerdem sind diese Abgase nach der Sekundärluftzuführung 6 mit Sauerstoff angereichert, so daß im SO_x -Speicher-Katalysator 9 eine katalytische Verbrennung stattfinden kann. Bei dieser Reaktion wird die in den Reduktionsmittel
15 gespeicherte chemische Energie durch Oxidation in Wärmeenergie umgesetzt. Auf diese Weise wird der SO_x -Speicher-Katalysator 9 erwärmt und kann eine für die Desulfatisierung optimale Temperatur erreichen.

[0036] Mit Hilfe des Temperatursensors 10 wird die Erwärmung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 überwacht. Diese Erwärmung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 kann durch eine Beeinflussung des Verbrennungsluftverhältnisses der dem SO_x -Speicher-Katalysator 9 zugeführten Abgase reguliert werden. Die Motorsteuerung 3 regelt bzw. stellt im SO_x -Speicher-Katalysator 9 mit Hilfe des Temperatursensors 10 eine für die Desulfatisierung optimale Temperatur ein, vorzugsweise mehr als 550°C . Außerdem ermöglicht der Temperatursensor 10 einen wirksamen Schutz vor Überhitzung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 bzw. der anderen Bestandteile der Abgasreinigungseinrichtung 5.
25

[0037] Während der normalen Betriebsphasen des Verbrennungsmotors 1 bzw. dessen Abgasreinigungseinrichtung 5, in denen Schwefelverbindungen im SO_x -Speicher-Katalysator 9 adsorbiert und gespeichert werden, ist die Abgasklappe 14 des Bypasses 13 geschlossen, während die Abgasklappe 12 in dem den NO_x -Speicher-Katalysator 11 enthaltenden Teilstrang 4a des Abgasstranges 4 geöffnet ist. Die von Schwefelverbindungen gereinigten Abgase durchströmen somit den NO_x -Speicher-Katalysator 11 und werden in diesem von Stickoxiden (NO_x) befreit.
40

[0038] Während der Desulfatisierung wird gleichzeitig mit der Aktivierung der Sekundärluftzuführung 6 oder dazu zeitlich verzögert die Abgasklappe 12 geschlossen und die Abgasklappe 14 geöffnet, so daß die Abgase unter Umgehung des NO_x -Speicher-Katalysators 11 ausschließlich den Bypass 13 durchströmen. Auf diese Weise wird gewährleistet, daß die während der Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 freigesetzten Schwefelverbindungen von der Abgas-
45

strömung nicht in den NO_x -Speicher-Katalysator 11 transportiert werden können. Somit kann wirksam eine Sulfatbildung im NO_x -Speicher-Katalysator 11 und folglich dessen Vergiftung bzw. Kapazitätsverminderung verhindert werden.

[0039] Zur Vermeidung einer Schwefelvergiftung des NO_x -Speicher-Katalysators 11 während der Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 ist im Unterschied zur Ausführungsform gemäß Fig. 1 bei einem anderen Aufbau der Abgasreinigungseinrichtung 5 entsprechend Fig. 2 nur ein als Abgasklappe ausgebildetes Schließorgan 15 vorgesehen, das im Bypass 13 angeordnet und über eine Verbindung mit der Motorsteuerung 3 durch diese zwischen einer Durchgangsstellung und einer Sperrstellung verstellbar ist. Während des Normalbetriebes des Verbrennungsmotors 1 bzw. der Abgasreinigungsanlage 5 ist die Abgasklappe 15 in ihrer geschlossenen Stellung, so daß die schwefelfreien Abgase den NO_x -Speicher-Katalysator 11 durchströmen müssen. Im Unterschied dazu ist die Abgasklappe 15 während der Regenerationsphase bzw. Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 auf Durchlaß geschaltet. Zwar sind bei dieser Ausführungsform gemäß Fig. 2 bei geöffneter Abgasklappe 15 zwei Strömungswege, nämlich durch Teilstrang 4a und durch Teilstrang 4b, möglich, jedoch ist der Abgasstrang 4 in diesem Bereich strömungstechnisch derart ausgebildet, daß bei geöffneter Abgasklappe 15 die Abgase ausschließlich oder zumindest größtenteils durch den Bypass 13 strömen und keine schwefelhaltigen Abgase oder nur vernachlässigbar geringe Anteile den NO_x -Speicher-Katalysator 11 durchströmen. Dies wird beispielsweise durch eine Erhöhung des Strömungswiderstandes im Teilstrang 4a, z.B. durch eine Drosselstelle realisiert. Die Abgasreinigungseinrichtung 5 entsprechend Fig. 2 ist aufgrund ihrer Ausführung mit nur einer Abgasklappe 15 preiswerter und weniger stör anfällig als die Ausführungsform entsprechend Fig. 1.
30

[0040] Entsprechend Fig. 3 wird bei einer anderen Variante ein Schutz des NO_x -Speicher-Katalysators 11 vor einer Schwefelvergiftung während der Desulfatisierung auch ohne Bypass erreicht. Dies wird dadurch ermöglicht, daß bei einer derartigen Abgasreinigungseinrichtung 5 vor der eigentlichen Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 von der Motorsteuerung 3 eine Regeneration des NO_x -Speicher-Katalysators 11 durchgeführt wird.
35

[0041] Der gesamte Desulfatisierungsvorgang läuft bei einer Anordnung entsprechend Fig. 3 wie folgt ab:

[0042] Nachdem die Motorsteuerung 3 ein Absinken der SO_x -Speicher-Kapazität des SO_x -Speicher-Katalysators 9 auf oder unter einen vorbestimmten Schwellwert festgestellt hat, veranlaßt sie - wie bei den Ausgestaltungen gemäß den Fig. 1 und 2 - einen Wechsel von Mager-Betrieb auf Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors 1, jedoch in diesem Fall ohne die Sekundärluftzuführung 6 zu aktivieren. Der Verbrennungsmotor 1 erzeugt dann Abgase mit einem relativ
50

hohen Reduktionsmittelgehalt, die im NO_x -Speicher-Katalysator 11 eine Reduktionsreaktion auslösen, bei der die im NO_x -Speicher-Katalysator 11 adsorbierten Stickoxide reduziert und in Form unbedenklicher Verbindungen wie N_2 , CO_2 , H_2O freigesetzt werden. Der NO_x -Speicher-Katalysator 11 wird durch seine Regeneration in einen reduzierten Zustand überführt, bei dem keine sauerstoffhaltigen Spezies mehr im NO_x -Speicher-Katalysator 11 vorhanden sind.

[0043] Während dieser Regeneration des NO_x -Speicher-Katalysators 11 wird auch der SO_x -Speicher-Katalysator 9 von den reduzierend wirkenden Abgasen des fett betriebenen Verbrennungsmotors 1 durchströmt, so daß auch im SO_x -Speicher-Katalysator 9 eine Reduktion stattfinden kann, bei der außer den Schwefeloxidverbindungen (SO_x) sauerstoffhaltige Verbindungen freigesetzt werden.

[0044] Das Ende des Regenerationsvorganges für den NO_x -Speicher-Katalysator 11 wird von der Motorsteuerung 3 festgestellt. Beispielsweise erfolgt der Regenerationsprozeß anhand von in Kennfeldern abgespeicherten Parametern oder mit Hilfe eines im Abgasstrang 4 nach dem NO_x -Speicher-Katalysator 11 angeordneten zusätzlichen Sensors 16. Dieser Sensor 16 ist mit der Motorsteuerung 3 verbunden und kann entsprechend einer bevorzugten Ausführungsform als λ -Sonde ausgebildet sein. Das Ende der Regenerationsphase kann vom Sensor 16 beispielsweise dadurch detektiert werden, daß die im Abgas enthaltenen Reduktionsmittel in zunehmenden Maße den NO_x -Speicher-Katalysator 11 unverändert durchstromen.

[0045] Nach Abschluß der Regenerationsphase des NO_x -Speicher-Katalysators 11 beginnt die eigentliche Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9, in dem mit Hilfe der Sekundärluftzuführung 6 Sekundärluft in die vom Motor 1 kommenden Abgase eingeleitet wird. Mit Hilfe des Verbrennungsluftverhältnisses vor dem SO_x -Speicher-Katalysator 9 werden die optimalen Bedingungen für die Desulfatisierung durch die Motorsteuerung 3 eingestellt bzw. eingeregelt. Dabei ist es durchaus möglich, daß für die Regeneration des NO_x -Speicher-Katalysators 11 ein Fett-Betrieb mit einem anderem λ -Wert als für die Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 eingestellt wird.

[0046] Die während der Desulfatisierung freigesetzten Schwefelverbindungen werden von der Abgasströmung dem NO_x -Speicher-Katalysator 11 zugeleitet. Da dieser sich jedoch in einem reduzierten Zustand befindet, können die im Abgas enthaltenen Schwefelverbindungen von dessen Adsorbermaterial nicht adsorbiert und gespeichert werden, so daß die Schwefelverbindungen den NO_x -Speicher-Katalysator 11 unverändert durchströmen. Mit Hilfe dieses erfindungsgemäß vorgeschlagenen geschickten Regelungsvorganges kann somit effektiv eine Sulfatisierung bzw. Schwefelvergiftung des NO_x -Speicher-Katalysators 11 während der Desulfatisierung des vorgeschalteten SO_x -Speicher-Katalysators 9 vermieden werden.

[0047] Eine Abgasreinigungseinrichtung 5 entsprechend Fig. 3 weist im Vergleich zu den vorgehend beschriebenen Ausführungsformen entsprechend den Fig. 1 und 2 keine Abgasklappen auf, so daß der Gesamtaufbau der Abgasreinigungseinrichtung 5 erheblich robuster und weniger stör anfällig, somit wartungsfreundlich und insgesamt preiswert ist.

[0048] Das Ende der Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators 9 wird bei allen gezeigten Ausführungsbeispielen von der Motorsteuerung 3 beispielsweise anhand von in Kennfeldern abgelegten Parametern ermittelt. Zusätzlich oder alternativ kann entsprechend Fig. 3 zwischen dem SO_x -Speicher-Katalysator 9 und dem NO_x -Speicher-Katalysator 11 im Abgasstrang 4, insbesondere bei den Beispielen gemäß den Fig. 1 und 2 vor dem Bypass 13, ein weiterer Sensor 17 angeordnet sein, der mit der Motorsteuerung 3 verbunden ist. Dieser Sensor 17 kann beispielsweise eine Abnahme freigesetzter Schwefelverbindungen in den Abgasen detektieren oder entsprechend einer anderen Ausführungsform als λ -Sonde ausgebildet sein und das Verbrennungsluftverhältnis der Abgase nach dem SO_x -Speicher-Katalysator 9 überwachen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reinigen von Abgasen eines Verbrennungsmotors mit einer Motorsteuerung, die einen Wechsel zwischen einem Mager-Betrieb und einem Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors ermöglicht, und mit einer Abgasreinigungseinrichtung, bei der im Abgasstrang nach dem Motor nacheinander eine λ -Sonde, ein SO_x -Speicher-Katalysator und ein NO_x -Speicher-Katalysator angeordnet sind,

gekennzeichnet durch folgende Schritte:

A mit Hilfe einer mit der Motorsteuerung (3) verbundenen Sensorik wird ein mit der aktuellen SO_x -Speicher-Kapazität des SO_x -Speicher-Katalysators (9) korrelierender Parameter generiert,

B wenn die Motorsteuerung (3) eine Abnahme der SO_x -Speicher-Kapazität unter einen vor-eingestellten Parameter-Wert feststellt, startet diese die Desulfatisierung des SO_x -Speicher-Katalysators, in dem sie einen Wechsel von Mager-Betrieb auf Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors veranlaßt,

C mit Hilfe einer steuerbaren Sekundärluftzuführung wird nach dem Motor (1) und vor der λ -Sonde (8) Sekundärluft in den Abgasstrang (4) eingebracht,

D das aktuelle Verbrennungsluftverhältnis der mit Sekundärluft gemischten Abgase wird von der λ -Sonde (8) detektiert und durch die Motorsteuerung (3) auf einen vorbestimmten

Wert eingestellt,

E mit Hilfe eines Temperatursensors (10) wird ein mit der im SO_x-Speicher-Katalysator (9) herrschenden Temperatur korrelierender Signalwert generiert, wobei durch die Motorsteuerung (3) die im SO_x-Speicher-Katalysator (9) herrschende Temperatur zur Erzielung eines vorbestimmten Signalwertes eingestellt wird,

F beim Erreichen eines vorbestimmten Schwellwertes für den mit der SO_x-Speicher-Kapazität des SO_x-Speicher-Katalysators (9) korrelierenden Parameter beendet die Motorsteuerung (3) die Desulfatisierung, in dem sie einen Wechsel von Fett-Betrieb auf Mager-Betrieb des Verbrennungsmotors (1) veranlaßt.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß während der Desulfatisierung, zum Einstellen der vorbestimmten Werte für das Verbrennungsluftverhältnis der mit Sekundärluft gemischten Abgase und für die im SO_x-Speicher-Katalysator (9) herrschende Temperatur die Motorsteuerung (3) die Menge der zugeführten Sekundärluft und/oder das Verbrennungsluftverhältnis der vom Motor (1) kommenden Abgase variiert.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß im Abgasstrang (4) ein den NO_x-Speicher-Katalysator (11) umgehender Bypass (13) vorgesehen ist, der während der Desulfatisierung durch die Motorsteuerung (3) aktiviert ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß Mittel (12, 14) zum Leiten der Abgasströmung vorgesehen sind, die während aktivierter Desulfatisierung die Abgase durch den Bypass (13) leiten und den Zustrom zum NO_x-Speicher-Katalysator (11) sperren und während deaktivierter Desulfatisierung die Abgase durch den NO_x-Speicher-Katalysator (11) leiten und eine Durchströmung des Bypasses (13) sperren.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Mittel zum Leiten der Abgasströmung eine Weiche vorgesehen ist, die in einer Gabelung des Abgasstranges (4) in den NO_x-Speicher-Katalysator (11) und in den Bypass (13) angeordnet ist.

6. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß als Mittel zum Leiten der Abgasströmung in der Zuströmung zum NO_x-Speicher-Katalysator (11) ein erstes Schließorgan (12) und im Bypass (13)

ein zweites Schließorgan (14) vorgesehen ist, wobei die Schließorgane (12, 14) wechselseitig auf Durchlaß und Sperren geschaltet sind.

7. Verfahren nach Anspruch 3,

dadurch gekennzeichnet,

daß ein Schließorgan (15) im Bypass (13) angeordnet ist und die Anordnung aus Bypass (13) und NO_x-Speicher-Katalysator (11) im Abgasstrang (4) strömungstechnisch dahingehend ausgebildet ist, daß bei auf Durchlaß geschaltetem Schließorgan (15) die Abgase ausschließlich oder im wesentlichen nur den Bypass (13) durchströmen.

8. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

dadurch gekennzeichnet,

daß nach der Durchführung des Schrittes B eine Regeneration des NO_x-Speicher-Katalysators (11) durchgeführt wird, wobei die Motorsteuerung (3) einen mit dem Regenerationsgrad des NO_x-Speicher-Katalysators (11) korrelierenden Parameter überwacht und erst bei Erreichen eines vorbestimmten Schwellwertes für diesen Parameter die Durchführung des Schrittes C veranlaßt.

9. Verfahren nach Anspruch 8,

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Detektion des mit dem Regenerationsgrad des NO_x-Speicher-Katalysators (11) korrelierenden Parameters ein Sensor (16), insbesondere eine λ-Sonde, vorgesehen ist, der nach dem NO_x-Speicher-Katalysator (11) im Abgasstrang (4) angeordnet ist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß der mit der SO_x-Speicher-Kapazität des SO_x-Speicher-Katalysators (9) korrelierende Parameter in Abhängigkeit von der Betriebsdauer des Verbrennungsmotors (1) und von der Zusammensetzung der vom Motor (1) kommenden Abgase kennfeldmäßig ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß zur Detektion des mit der SO_x-Speicher-Kapazität des SO_x-Speicher-Katalysators (9) korrelierenden Parameters ein Sensor (17), insbesondere eine λ-Sonde, zwischen SO_x-Speicher-Katalysator (9) und NO_x-Speicher-Katalysator (11) im Abgasstrang (4) angeordnet ist.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

daß der für die Desulfatisierung vorbestimmte Wert

des Verbrennungs-Luftverhältnisses der mit Sekundärluft vermischten Abgase aus einem Bereich von $\lambda = 0,75$ bis $\lambda = 0,99$ gewählt ist.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5
dadurch gekennzeichnet,
 daß der für die Desulfatisierung vorbestimmte Wert der im SO_x -Speicher-Katalysator (9) herrschenden Temperatur einer Temperatur von mehr als 550°C 10
 entspricht.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 15
dadurch gekennzeichnet,
 daß beim Wechsel zwischen Mager-Betrieb und Fett-Betrieb des Verbrennungsmotors (1) die Motorsteuerung (3) mit Hilfe einer steuerbaren Drosselklappe (2) eine Luftzufuhr zum Verbrennungsmotor (1) in Richtung auf die Erzeugung 20
 eines konstanten Motor-Drehmomentes oder einer konstanten Motorleistung variiert.

15. Einrichtung zum Reinigen von Abgasen eines Verbrennungsmotors (1), bei der nach dem Motor (1) in 25
 einem Abgasstrang (4) nacheinander eine Sekundärluftzuführung (6), eine λ -Sonde (8), ein SO_x -Speicher-Katalysator (9), ein Temperatursensor (10) und ein NO_x -Speicher-Katalysator (11) angeordnet sind. 30

16. Einrichtung nach Anspruch 15,
dadurch gekennzeichnet,
 daß zur Umgehung des NO_x -Speicher-Katalysator (11) ein Bypass (13) im Abgasstrang (4) vorgesehen 35
 ist.

17. Einrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet,
 daß im Abgasstrang (4) Mittel (12, 14) zum Leiten 40
 der Abgasströmung vorgesehen sind, mit denen die Abgasströmung im wesentlichen entweder durch den NO_x -Speicher-Katalysator (11) oder durch den Bypass (13) geleitet wird. 45

45

50

55

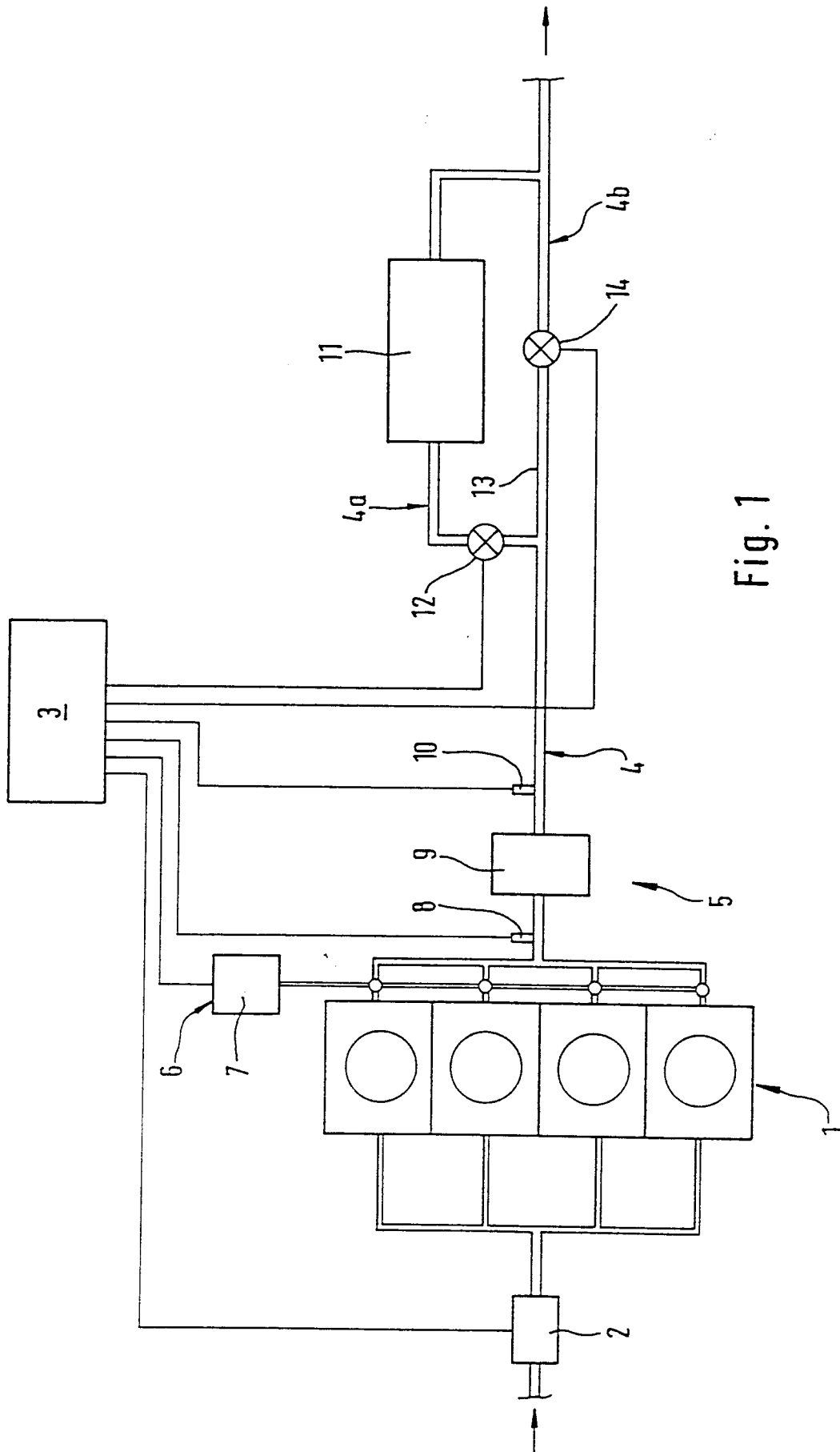


Fig. 1

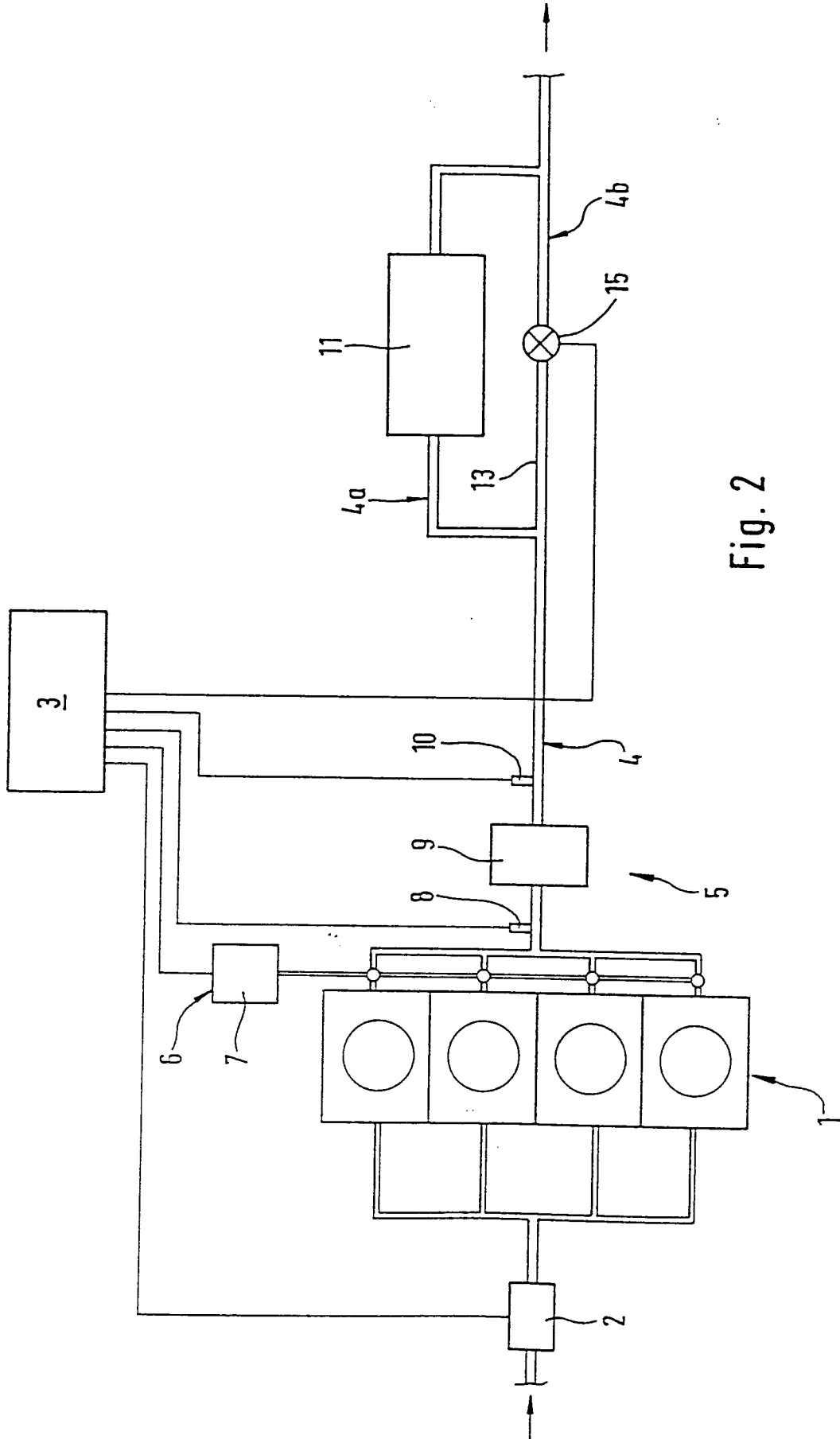


Fig. 2

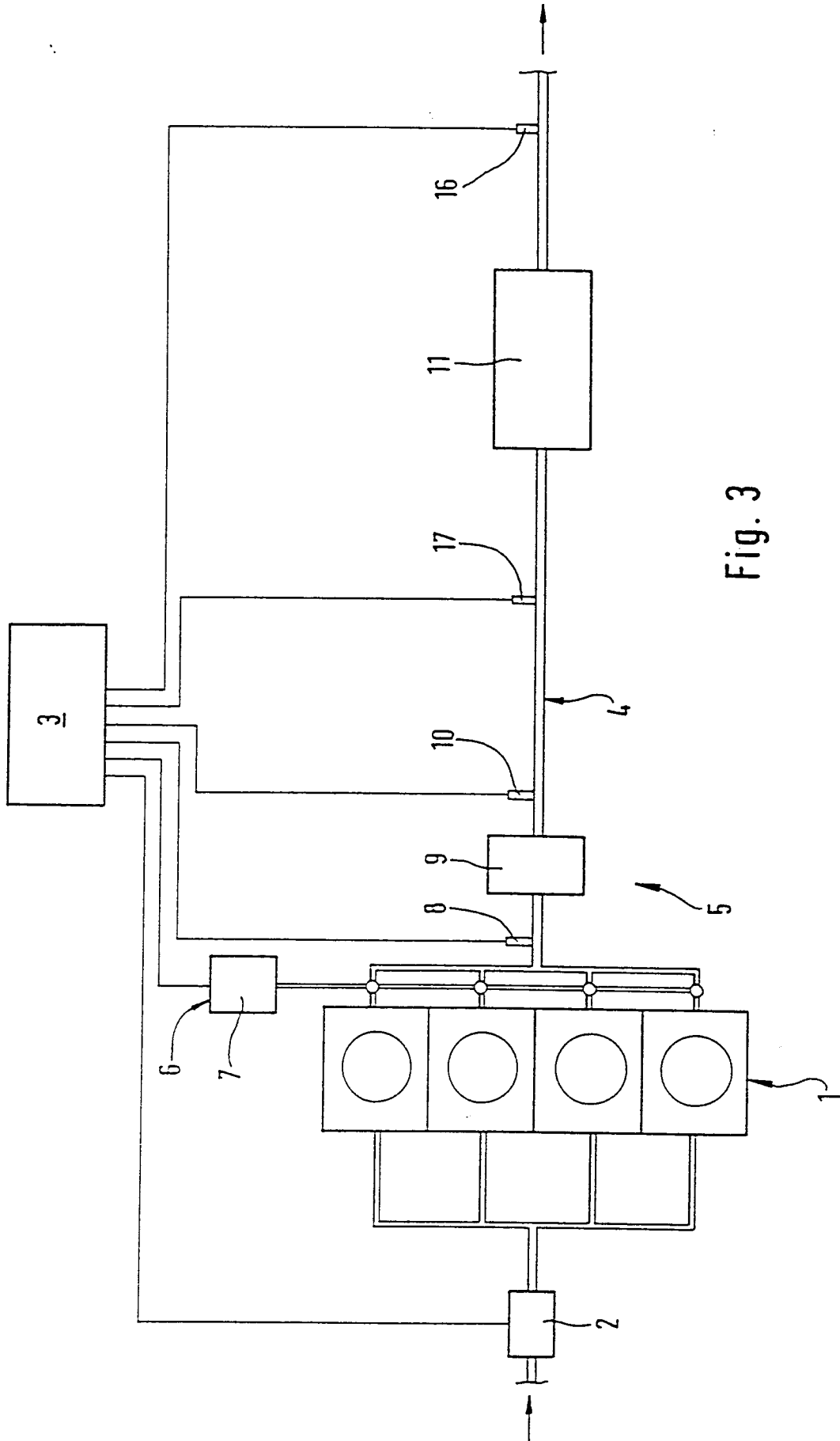


Fig. 3