

(19)



(11)

EP 1 837 497 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
31.12.2008 Patentblatt 2009/01

(51) Int Cl.:
F01N 3/035 ^(2006.01) **F01N 3/08** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06111594.5**

(22) Anmeldetag: **23.03.2006**

(54) **Abgasnachbehandlungssystem umfassend einen Speicherkatalysator und einen Partikelfilter sowie Verfahren zur Herstellung eines derartigen Systems**

Exhaust gas purification system comprising an absorber catalyst and a particulate filter as well as a method to produce such a system

Système de purification de gaz d'échappement comprenant un piège à polluants et un filtre à particules ainsi qu'un procédé de fabrication d'un tel système

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.09.2007 Patentblatt 2007/39

(73) Patentinhaber: **Ford Global Technologies, LLC**
Dearborn, MI 48126 (US)

(72) Erfinder:
• **Schneider, Matthew**
52064, Aachen (DE)
• **Balenovic, Mario**
5645 KT, Eindhoven (AN)
• **Dubkov, Alexei**
52064, Aachen (DE)

• **Carberry, Brendan**
52074, Aachen (DE)
• **Yacoub, Yasser Mohammed Sayed**
50858, Köln (DE)
• **Harmsen, Jan**
6369 BX, Simpelveld (NL)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten**
Ford-Werke Aktiengesellschaft
Patentabteilung NH/DRP
Henry-Ford-Strasse 1
50725 Köln (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 069 286 **EP-A- 1 486 248**
WO-A-20/04070177

EP 1 837 497 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Abgasnachbehandlungssystem umfassend einen Speicherkatalysator und einen Partikelfilter zur Nachbehandlung des Abgases einer Brennkraftmaschine, welches das Abgasnachbehandlungssystem im wesentlichen in Richtung seiner Längsachse durchströmt, bei dem der Speicherkatalysator zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) und der Partikelfilter zum Sammeln und Verbrennen der im Abgas befindlichen Rußpartikel integral als bauliche Einheit ausgebildet sind, wobei der Partikelfilter ein Wabenfilter ist und dieser Wabenfilter gleichzeitig als Trägersubstrat zur Ausbildung des Speicherkatalysators dient.

[0002] Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Abgasnachbehandlungssystems.

[0003] Nach dem Stand der Technik werden Brennkraftmaschinen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen mit verschiedenen Abgasnachbehandlungssystemen ausgestattet. Zwar findet auch ohne zusätzliche Maßnahmen während der Expansion und des Ausschlebens der Zylinderfüllung bei einem ausreichenden hohen Temperaturniveau und dem Vorhandensein genügend großer Sauerstoffmengen eine Oxidation der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) und von Kohlenmonoxid (CO) statt. Diese Reaktionen kommen aber aufgrund der stromabwärts schnell abnehmenden Abgastemperatur und der infolgedessen rapide sinkenden Reaktionsgeschwindigkeit schnell zum Erliegen. Eventueller Sauerstoffmangel kann durch eine Sekundärlufteinblasung kompensiert werden. Jedoch müssen in der Regel besondere Reaktoren und/oder Filter im Abgastrakt vorgesehen werden, um die Schadstoffemissionen unter sämtlichen Betriebsbedingungen spürbar zu reduzieren.

[0004] Thermische Reaktoren versuchen, eine weitgehende Nachoxidation von HC und CO im Abgassystem zu erzielen, indem eine Wärmeisolation und ein ausreichend großes Volumen im Abgasrohr des Abgassystems vorgesehen wird. Die Wärmeisolation soll ein möglichst hohes Temperaturniveau durch Minimierung der Wärmeverluste sicherstellen, wohingegen ein großes Abgasrohrvolumen eine lange Verweildauer der Abgase gewährleistet. Sowohl die lange Verweildauer als auch das hohe Temperaturniveau unterstützen die angestrebte Nachoxidation. Nachteilig ist der schlechte Wirkungsgrad bei unterstöchiometrischer Verbrennung und die hohen Kosten. Für Dieselmotoren sind thermische Reaktoren aufgrund des grundsätzlich niedrigeren Temperaturniveaus nicht zielführend.

[0005] Aus den genannten Gründen kommen nach dem Stand der Technik bei Ottomotoren katalytische Reaktoren zum Einsatz, die unter Verwendung katalytischer Materialien, die die Geschwindigkeit bestimmter Reaktionen erhöhen, eine Oxidation von HC und CO auch bei niedrigen Temperaturen sicherstellen. Sollen zusätzlich Stickoxide (NO_x) reduziert werden, kann dies durch den

Einsatz eines Dreiwegkatalysators erreicht werden, der dazu aber einen in engen Grenzen ablaufenden stöchiometrischen Betrieb ($\lambda \approx 1$) des Ottomotors erfordert.

[0006] Dabei werden die Stickoxide NO_x mittels der vorhandenen nicht oxidierten Abgaskomponenten, nämlich den Kohlenmonoxiden und den unverbrannten Kohlenwasserstoffen, reduziert, wobei gleichzeitig diese Abgaskomponenten oxidiert werden.

[0007] Bei Brennkraftmaschinen, die mit einem Luftüberschuss betrieben werden, also beispielsweise im Magerbetrieb arbeitende Ottomotoren, insbesondere aber direkteinspritzende Dieselmotoren aber auch direkteinspritzende Ottomotoren, können die im Abgas befindlichen Stickoxide prinzipbedingt - d. h. aufgrund der fehlenden Reduktionsmittel - nicht reduziert werden.

[0008] Zur Oxidation der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) und von Kohlenmonoxid (CO) wird ein Oxidationskatalysator im Abgassystem vorgesehen. Um eine ausreichende Konvertierung zu realisieren, ist eine gewisse Betriebstemperatur erforderlich. Die sogenannte Anspringtemperatur kann 120°C bis 250°C betragen.

[0009] Zur Reduzierung der Stickoxide werden selektive Katalysatoren - sogenannte SCR-Katalysatoren - eingesetzt, bei denen gezielt Reduktionsmittel in das Abgas eingebracht werden, um die Stickoxide selektiv zu vermindern. Als Reduktionsmittel kommen neben Ammoniak und Harnstoff auch unverbrannte Kohlenwasserstoffe zum Einsatz. Letzteres wird auch als HC-Anreicherung bezeichnet, wobei die unverbrannten Kohlenwasserstoffe direkt in den Abgastrakt eingebracht werden oder aber durch innermotorische Maßnahmen, nämlich durch eine Nacheinspritzung von zusätzlichem Kraftstoff in den Brennraum nach der eigentlichen Verbrennung, zugeführt werden. Dabei soll der nacheingespritzte Kraftstoff nicht im Brennraum durch die noch ablaufende Hauptverbrennung oder aber durch die - auch nach Beendigung der Hauptverbrennung - hohen Verbrennungsgastemperaturen gezündet werden, sondern während des Ladungswechsels in den Abgastrakt eingeleitet werden.

[0010] Grundsätzlich können die Stickoxidemissionen auch mit sogenannten Stickoxidspeicherkatalysatoren (**LNT - Lean NO_x Trap**) reduziert werden. Dabei werden die Stickoxide zunächst - während eines mageren Betriebs der Brennkraftmaschine - im Katalysator absorbiert d.h. gesammelt und gespeichert, um dann während einer Regenerationsphase beispielsweise mittels eines unterstöchiometrischen Betriebs (beispielsweise $\lambda < 0,95$) der Brennkraftmaschine bei Sauerstoffmangel reduziert zu werden (deNO_x).

[0011] Weitere innermotorische Möglichkeiten zur Realisierung eines fetten d.h. eines unterstöchiometrischen Betriebs der Brennkraftmaschine bietet die Abgasrückführung (AGR) und - bei Dieselmotoren - die Drosselung im Ansaugtrakt. Auf innermotorische Maßnahmen kann verzichtet werden, wenn das Reduktionsmittel direkt in den Abgastrakt eingebracht wird, beispielsweise durch Einspritzen von zusätzlichem Kraft-

stoff. Während der Regenerationsphase werden die Stickoxide freigegeben und im wesentlichen in Stickstoffdioxid (N_2), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) umgewandelt. Die Häufigkeit der Regenerationsphasen wird durch die Gesamtemission an Stickoxiden und die Speicherkapazität des LNT bestimmt.

[0012] Die Temperatur des Speicherkatalysators (LNT) sollte vorzugsweise in einem Temperaturfenster zwischen 200°C und 450°C liegen, so dass einerseits eine schnelle Reduktion der Stickoxide sichergestellt wird und andererseits keine Desorption ohne Konvertierung der wieder freigegebenen Stickoxide stattfindet, was durch zu hohe Temperaturen ausgelöst werden kann.

[0013] Eine Schwierigkeit bei der Verwendung und insbesondere bei der Anordnung des LNT im Abgastrakt ergibt sich aus dem im Abgas enthaltenen Schwefel, der ebenfalls im LNT absorbiert wird und im Rahmen einer sogenannten desulfurization (deSO_x) d.h. einer Entschwefelung regelmäßig entfernt werden muss. Hierfür muss der LNT auf hohe Temperaturen, üblicherweise zwischen 600°C und 700°C , erwärmt und mit einem Reduktionsmittel versorgt werden, was wiederum durch den Übergang zu einem fetten Betrieb der Brennkraftmaschine erreicht werden kann. Je höher die Temperatur des LNT ist, desto effektiver läuft die Entschwefelung ab, wobei eine zulässige Höchsttemperatur nicht überschritten werden sollte, denn dann trägt die Entschwefelung des LNT infolge zu hoher Temperaturen maßgeblich zur thermischen Alterung des Katalysators bei. Dadurch wird die gewollte Konvertierung der Stickoxide gegen Ende der Lebensdauer des Katalysators nachteilig beeinflusst, wobei insbesondere die Speicherkapazität infolge thermischer Alterung abnimmt.

[0014] Zur Minimierung der Emission von Rußpartikeln werden nach dem Stand der Technik sogenannte regenerative Partikelfilter eingesetzt, die die Rußpartikel aus dem Abgas herausfiltern und speichern, wobei diese Rußpartikel im Rahmen der Regeneration des Filters intermittierend verbrannt werden (deSoot). Die Intervalle der Regeneration werden dabei unter anderem durch den Abgasgegendruck, der sich infolge des zunehmenden Strömungswiderstandes des Filters aufgrund der anwachsenden Partikelmasse im Filter einstellt, bestimmt.

[0015] Die zur Regeneration des Partikelfilters hohen Temperaturen - etwa 550°C bei nicht vorhandener katalytischer Unterstützung - werden im Betrieb nur bei hohen Lasten und hohen Drehzahlen erreicht. Daher muss auf zusätzliche Maßnahmen zurückgegriffen werden, um eine Regeneration des Filters unter allen Betriebsbedingungen zu gewährleisten.

[0016] Die Verbrennung der Partikel kann dabei durch im Abgastrakt vorgesehene Zusatzbrenner erfolgen oder aber durch eine Nacheinspritzung von zusätzlichem Kraftstoff in den Brennraum, wobei der nacheingespritzte Kraftstoff bereits im Brennraum gezündet wird, was durch die auslaufende Hauptverbrennung oder die gegen Ende der Verbrennung im Brennraum vorliegenden

hohen Temperaturen geschehen kann, so dass die Abgastemperatur der in den Abgastrakt ausgeschobenen Abgase innermotorisch angehoben wird. Nachteilig an dieser Vorgehensweise sind insbesondere die im Abgastrakt auf dem Weg zum Filter zu befürchtenden Wärmeverluste und die damit verbundene Temperaturabsenkung der heißen Abgase. Der Filter kann ohne weiteres einen Meter und mehr vom Auslass des Brennraums entfernt im Abgastrakt angeordnet sein.

[0017] Der Kompensation der Wärmeverluste durch die Generierung entsprechend hoher Abgastemperaturen sind durch die Temperaturfestigkeit anderer im Abgasstrang vorgesehener Bauteile Grenzen gesetzt, insbesondere der Temperaturbeständigkeit einer im Abgassystem angeordneten Turbine eines Abgasturboladers, eines Dreiwegekatalysators oder eines Speicherkatalysators. Üblicherweise wird die Turbine mit den höchsten Temperaturen beaufschlagt, da sie am nächsten am Auslaß des Brennraums angeordnet ist.

[0018] Der nacheingespritzte Kraftstoff kann auch unverbrannt und gegebenenfalls schon aufbereitet in den Abgastrakt ausgeschoben werden und dann gezielt lokal dort im Abgassystem oxidiert werden, wo hohe Abgastemperaturen notwendig sind, nämlich im Partikelfilter bzw. in seiner unmittelbaren Nachbarschaft. Die Verbrennung des nacheingespritzten Kraftstoffes kann katalytisch mittels eines vor dem Filter positionierten Katalysators initiiert werden. Es kann aber auch eine elektrische Zündung in bzw. an dem Rußfilter vorgesehen werden.

[0019] Ähnlich wie bereits für die Reduzierung der Stickoxide vorgeschlagen, kann auch Kraftstoff direkt in den Abgastrakt eingebracht werden. Die weitere Vorgehensweise entspricht der zuvor Beschriebenen, bei der der zusätzlich eingespritzte Kraftstoff unverbrannt in das Abgassystem gelangt und gezielt in der Nachbarschaft des Partikelfilters oxidiert wird.

[0020] Es muss berücksichtigt werden, dass der Einsatz von zusätzlichem Kraftstoff, sei es aufgrund eines Überganges zu einem fetten Motorbetrieb oder aber infolge der Anreicherung des Abgases mit Kraftstoff, prinzipbedingt den Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine nachteilig beeinflusst. Insbesondere die Häufigkeit, mit der der Partikelfilter regeneriert oder der LNT gereinigt wird, hat maßgeblichen und direkten Einfluss auf die zu diesen Zwecken eingesetzte Kraftstoffmenge und damit auf den Gesamtverbrauch.

[0021] Da sowohl die Abgase von Ottomotoren als auch die Abgase von Dieselmotoren - wenn auch in unterschiedlichen Mengen und Qualitäten - unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x) als auch Rußpartikel enthalten, kommen nach dem Stand der Technik in der Regel kombinierte Abgasnachbehandlungssysteme zum Einsatz, die einen oder mehrere der oben beschriebenen Katalysatoren, Reaktoren und/oder Filter umfassen.

[0022] Die vorliegende Erfindung hat beispielsweise ein kombiniertes Abgasnachbehandlungssystem d.h.

ein System zum Gegenstand, bei dem der Speicherkatalysator zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) und der Partikelfilter zum Sammeln und Verbrennen der im Abgas befindlichen Rußpartikel integral d.h. als bauliche Einheit ausgebildet sind. Der Partikelfilter ist ein Wabenfilter und dieser Wabenfilter dient gleichzeitig als Trägersubstrat zur Ausbildung des Speicherkatalysators. Dabei wird der Wabenfilter mit einem katalytischen Material beschichtet, welches zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) geeignet ist. Ein derartiges Abgasnachbehandlungssystem ist beispielsweise in EP 1 486 248 beschrieben.

[0023] Ein derartiges System zeichnet sich gegenüber herkömmlichen Systemen, bei denen der Partikelfilter und der Speicherkatalysator jeweils ein eigenständiges Bauteil bilden, durch seine kompakte Bauweise aus. Zudem kann die Anzahl an Trägersubstraten halbiert werden, da das Trägersubstrat des Partikelfilters gleichzeitig zur Ausbildung des Speicherkatalysators herangezogen wird.

[0024] Die Nachteile des Systems ergeben sich teilweise aber auch aus der beschriebenen Doppelfunktion des Trägersubstrates. Der als Partikelfilter dienende Wabenfilter umfasst eine Vielzahl von Kanälen, die in der Regel wechselseitig d.h. im Schachbrettmuster verschlossen sind, so dass das Abgas in die am Einlass des Wabenfilters offenen Kanäle einströmt und auf dem Weg zum Auslass die Kanalwände dieser zum Austritt hin verschlossenen Kanäle durchströmen muss, um in einen Kanal zu gelangen der zum Auslass des Wabenfilters hin offen ist (siehe auch Figur 1). Bei Oberflächenfiltern sind die Porendurchmesser des Trägersubstrates so gering, dass die Rußpartikel nicht in das Filtermaterial eindringen, sondern sich als Filterkuchen auf der Oberfläche des Filters ablagern.

[0025] Mit der zunehmenden Ablagerung von Rußpartikeln nimmt der effektive zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt ab d. h. der Strömungswiderstand zu, weshalb mit zunehmender Beladung der Abgasgegendruck anwächst. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, wird eine möglichst große Filteroberfläche angestrebt. Der momentane Abgasgegendruck bzw. das Nicht-Überschreiten eines maximal zulässigen Abgasgegendrucks bilden im wesentlichen die maßgeblichen Parameter, anhand derer entschieden wird, ob bzw. wann eine Partikelfilterregeneration durchgeführt wird.

[0026] Wird nun auf den - zuvor beschriebenen - Wabenfilter eine zusätzliche Beschichtung aus katalytischem Material zum Speichern und Reduzieren von Stickoxiden d.h. zur Ausbildung des Speicherkatalysators aufgetragen, erhöht sich der durch den Wabenfilter hervorgerufene Abgasgegendruck zusätzlich, weshalb zur Ausbildung eines Speicherkatalysators der in Rede stehenden Art weniger katalytisches Material verwendet wird als bei einem herkömmlichen Speicherkatalysator, dem nicht gleichzeitig die Aufgabe eines Partikelfilters im Rahmen einer Doppelfunktion zukommt. In der Regel

wird weniger Material - beispielsweise ein Drittel weniger - zur Beschichtung eines Speicherkatalysators der gattungsbildenden Art eingesetzt, um den Abgasgegendruck im Vergleich zu herkömmlichen Speicherkatalysatoren nicht in unvorteilhafter Weise zu erhöhen. Dies bedeutet aber gleichzeitig, dass die Speicherkapazität des in Rede stehenden Katalysators proportional zur verwendeten Menge des katalytischen Materials abnimmt. Der Speicherkatalysator des gattungsbildenden Systems - gleiche Katalysatorvolumen vorausgesetzt - weist daher grundsätzlich den Nachteil einer verminderten Speicherkapazität auf.

[0027] Darüber hinaus erweist es sich als problematisch, eine einheitliche Temperatur über den gesamten Filter bzw. Katalysator zu erzielen, was sich insbesondere bei der Filterregeneration und Entschwefelung in nachteiliger Weise bemerkbar macht.

[0028] Soll der Speicherkatalysator beispielsweise auf die für die Entschwefelung notwendigen hohen Temperaturen zwischen 600°C und 700°C erwärmt werden, liegt während der Aufheizung des Systems in der Regel eine inhomogene Temperaturverteilung im System vor. Dabei kann die Temperatur im Inneren des Wabenfilters bereits 650°C betragen, während in den außen liegenden Bereichen des Filters Temperaturen um 550°C herrschen.

[0029] Die für eine Entschwefelung zu niedrigen Temperaturen in den äußeren Bereichen des Systems bedingen, dass diese Bereiche des Speicherkatalysators nicht vom Schwefel gereinigt bzw. befreit werden, was zu einer Abnahme der Speicherkapazität dieser äußeren Bereiche und damit zu einer Abnahme der Speicherkapazität des LNT mit zunehmender Betriebsdauer bzw. mit zunehmendem Lebensalter führt. Kommt die Speicherkapazität der äußeren Bereiche vollständig zum Erliegen, durchströmen die Abgase diese äußeren Bereiche, ohne dass die im Abgas befindlichen Stickoxide gespeichert oder konvertiert werden.

[0030] Alternativ könnte der Aufheizvorgang solange fortgeführt werden bis die Temperatur in den äußeren Bereichen ausreichend hoch für eine Entschwefelung ist. Dafür müsste aber die Temperatur im Inneren des Abgasnachbehandlungssystems auf ein Niveau angehoben werden, welches zur thermischen Zerstörung mindestens aber zur thermischen Alterung des Wabenfilters führen würde. Daher wird nach dem Stand der Technik auf eine übermäßige Erwärmung des Systems verzichtet und stattdessen die Abnahme der Speicherkapazität, insbesondere in den äußeren Gebieten, in Kauf genommen.

[0031] Die sich infolge einer Erwärmung im System einstellende inhomogene Temperaturverteilung erweist sich auch hinsichtlich der Filterregeneration als nachteilig. Wird der Filter zum Zweck einer Filterregeneration erwärmt, kann die für die Rußoxidation erforderliche Temperatur von etwa 550°C im Inneren des Systems bereits vorliegen, während die äußeren Bereiche noch nicht eine für die Regeneration ausreichend hohe Tem-

peratur aufweisen. Folglich wird der Ruß in den äußeren Bereichen nicht oxidiert, der Abgasgegendruck erhöht sich und die Speicherfähigkeit der äußeren Bereiche nimmt ebenfalls ab. Wird dann aber der Ruß, der sich in den äußeren Bereichen über einen längeren Zeitraum angesammelt hat, während einer Regeneration tatsächlich gezündet und verbrannt, beispielsweise ausgelöst durch die Einleitung eines Entschwefelungsprozesses, können lokal derart hohe Temperaturen auftreten, dass der Speicherkatalysator in den entsprechenden Bereichen thermisch überlastet bzw. zerstört wird.

[0032] Ein weiterer Effekt, der die Funktionsweise des Wabenfilters bzw. Systems nachteilig beeinflusst, resultiert aus den Aschebestandteilen, die das Abgas mit sich führt und welche sich im System bzw. Wabenfilter ablagern. Dabei lagert sich die Asche an den verschlossenen Enden der Eintrittskanäle des Wabenfilters ab, wo sich mit zunehmendem Lebensalter des Systems ein stetig anwachsendes Aschedepot aufbaut, das die effektiv nutzbare Kanallänge zunehmend und kontinuierlich vermindert, so dass auch in diesem Bereich die aufgetragene katalytische Materialschicht lediglich anfangs zur Konvertierung und Verminderung der Schadstoffe beiträgt, später aber ungenutzt bleibt. Dies ist insbesondere deshalb als nachteilig anzusehen, weil katalytische Materialien sehr kostenintensiv sind und diese Materialien bei der Herstellung eines Abgasnachbehandlungssystems einen entscheidenden Kostenfaktor darstellen.

[0033] Vor diesem Hintergrund ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Abgasnachbehandlungssystem der gattungsgemäßen Art d. h. gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, welches hinsichtlich der aus dem Stand der Technik bekannten Problematik - inhomogene Temperaturverteilung, thermische Alterung bzw. Beschädigung, Kosteneffizienz, Schadstoffkonvertierung - optimiert ist.

[0034] Eine weitere Teilaufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Abgasnachbehandlungssystems aufzuzeigen.

[0035] Gelöst wird die erste Teilaufgabe durch ein Abgasnachbehandlungssystem umfassend einen Speicherkatalysator und einen Partikelfilter zur Nachbehandlung des Abgases einer Brennkraftmaschine, welches das Abgasnachbehandlungssystem im wesentlichen in Richtung seiner Längsachse durchströmt, bei dem der Speicherkatalysator zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) und der Partikelfilter zum Sammeln und Verbrennen der im Abgas befindlichen Rußpartikel integral als bauliche Einheit ausgebildet sind, wobei der Partikelfilter ein Wabenfilter ist und dieser Wabenfilter gleichzeitig als Trägersubstrat zur Ausbildung des Speicherkatalysators dient, und das dadurch gekennzeichnet ist, dass ein innerer, um die Längsachse des Systems angeordneter Bereich des Wabenfilters zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) mit einem katalytischen Material beschichtet ist, wohingegen ein äußerer Bereich des Wabenfilters eine derartige Beschichtung

nicht aufweist.

[0036] Bei dem erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungssystem wird nicht der gesamte Wabenfilter mit katalytischem Material beschichtet, sondern nur ein innerer Bereich, der sich unter anderem dadurch auszeichnet, dass er leichter d. h. schneller und mit weniger Aufwand erhitzt werden kann als die außen gelegenen Bereiche des Systems. Nur dem inneren Bereich des Wabenfilters kommt eine Doppelfunktion als Partikelfilter und Speicherkatalysator zu, wohingegen der äußere Bereich aufgrund der fehlenden katalytischen Beschichtung lediglich als Partikelfilter dient.

[0037] Der aus dem Stand der Technik bekannte und weiter oben bereits erörterte Konflikt, nämlich einerseits die äußeren Bereiche - insbesondere im Rahmen einer Entschwefelung - auf die erforderlichen hohen Temperaturen aufheizen zu müssen, andererseits aber den inneren Bereich nicht zu überhitzen d. h. thermisch nicht zu überlasten, wird auf diese Weise eliminiert bzw. obsolet. Eine Entschwefelung der äußeren Bereiche ist nicht mehr erforderlich, da diese Bereiche nicht zum Speichern und Konvertieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) herangezogen werden.

[0038] Das erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungssystem hat weitere Vorteile, die sich aus der gezielten Beschichtung nur des inneren Bereichs und dem bewussten Weglassen der Beschichtung im äußeren Bereich ergeben.

[0039] Dadurch, dass der äußere Bereich des Wabenfilters nicht beschichtet ist, nimmt der Strömungswiderstand der äußeren Bereiche des Wabenfilters ab, was grundsätzlich als vorteilhaft anzusehen ist, da der Abgasgegendruck ebenfalls sinkt. Zudem führt das eingesparte katalytische Material, welches nach dem Stand der Technik zur Beschichtung der äußeren Bereiche verwendet wird, zu einem Kostenvorteil gegenüber herkömmlichen Abgasnachbehandlungssystemen.

[0040] Aufgrund des geringeren Strömungswiderstands der äußeren Bereiche im Vergleich zum inneren Bereich wird ein größerer Teil der heißen Abgase die äußeren Bereiche beim Durchströmen des Wabenfilters passieren und ein kleinerer Abgasteilstrom durch den inneren Bereich strömen. Dadurch ergibt sich eine wesentlich homogenere Temperaturverteilung im System während der Erwärmung des Systems mittels heißer Abgase, da den Bereichen unterschiedlich große Wärmemengen, die mit den Abgasmengen korrelieren, zugeführt werden. D.h. die äußeren Bereiche, welche - wie aus dem Stand der Technik bekannt - schwieriger zu erwärmen sind, werden mit einem größeren Abgasmassenstrom belegt bzw. beaufschlagt. Vorteile bietet dies insbesondere bei der Regeneration des Partikelfilters, weil die für die Zündung und Oxidation des Filters erforderliche hohe Temperatur von etwa 550° in sämtlichen Bereichen des Abgasnachbehandlungssystems vergleichsweise schnell erreicht wird.

[0041] Die Tatsache, dass die äußeren Bereiche für die Abgase - aufgrund der fehlenden katalytischen Be-

schichtung bzw. des geringeren Strömungswiderstandes - leichter zu passieren sind, kann auch dahingehend genutzt werden, im inneren Bereich des Systems mehr katalytisches Material aufzutragen d.h. eine stärkere bzw. dickere Beschichtung vorzusehen. Zwar erhöht sich damit der Strömungswiderstand des inneren Bereichs und damit der Strömungswiderstand des Gesamtsystems, womit der Vorteil eines geringeren Abgasgegenstands zum mindesten teilweise wieder verloren geht. Durch diese Maßnahme kann die Speicherkapazität des Speicherkatalysators aber erhöht werden bzw. die durch Weglassen der Beschichtung in den äußeren Bereichen bedingte Abnahme der Speicherkapazität wieder kompensiert werden.

[0042] Das erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungssystem gestattet zudem eine höhere Beladung der äußeren Bereiche mit Ruß bzw. Rußpartikeln.

[0043] Dadurch wird die erste der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich ein System gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, welches hinsichtlich der aus dem Stand der Technik bekannten Problematik - inhomogene Temperaturverteilung, thermische Alterung bzw. Beschädigung, Kosteneffizienz, Schadstoffkonvertierung - optimiert ist.

[0044] Es sei darauf hingewiesen, dass im Sinne der vorliegenden Anmeldung der innere Bereich und der äußere Bereich nicht zwangsläufig jeweils ein zusammenhängendes Filtervolumen bilden müssen, sondern sich aus mehreren, nicht miteinander verbundenen Teilbereichen bzw. Teilvolumina zusammensetzen können. Beispielsweise kann der äußere Bereich aus zwei getrennten d.h. nicht zusammenhängenden Teilvolumen aufgebaut sein. Im weiteren wird aber dennoch stets von einem inneren Bereich und einem äußeren Bereich die Rede sein.

[0045] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Systems gemäß den Unteransprüchen werden im folgenden beschrieben und erläutert.

[0046] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Abgasnachbehandlungssystems, bei denen der Wabenfilter zumindest im äußeren Bereich mit einer zusätzlichen Beschichtung versehen ist, welche die Zündung und/oder die Oxidation des Rußes bzw. der Rußpartikel beschleunigt bzw. die Zündtemperatur für die Regeneration des Filters herabsetzt. Insbesondere die äußeren Bereiche, die - in Abhängigkeit von der jeweiligen Ausführungsform des Systems - im Vergleich zum inneren Bereich - mehr oder weniger stark - zeitverzögert erwärmt werden d.h. eine vorgegebene Temperatur gegenüber dem inneren zentralen Bereich des Wabenfilters mit einer zeitlichen Verzögerung erreichen, profitieren von einer katalytischen Beschichtung, welche die Regeneration des Partikelfilters unterstützt.

[0047] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Abgasnachbehandlungssystems, bei denen der Wabenfilter von zylinderförmiger Gestalt ist und einen Außendurchmesser D aufweist. Eine zylinderförmige Gestalt des Wabenfilters bietet Vorteile bei der Erwärmung, da-

durch Vorteile bei der Regeneration bzw. Reinigung und damit wiederum grundsätzlich Vorteile hinsichtlich der Schadstoffkonvertierung. Die Zylinderform hat sich insbesondere dahingehend als günstig erwiesen, ein vorgegebenes Systemvolumen möglichst effektiv nutzbar zu machen. Systeme, welche einen ovalen Querschnitt aufweisen, verfügen über die genannten Vorteile in leicht abgeschwächter Form. Sie bieten aber im Vergleich zu Systemen mit polygonalen, beispielsweise rechteckförmigen bzw. quadratischen, Querschnitten wiederum spürbare Vorteile hinsichtlich der im Vordergrund der Betrachtungen stehenden und relevanten Temperaturverteilung innerhalb des Systems. Die Entscheidung, ob ein System mit einem zylinderförmigen oder ovalen Querschnitt zum Einsatz kommt, wird auch von dem zur Verfügung stehenden Bauraum bzw. der Anordnung des Systems, welches in der Regel unterhalb des Bodens des Kraftfahrzeuges angeordnet wird, mitbestimmt.

[0048] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Abgasnachbehandlungssystems, bei denen der innere beschichtete Bereich einen rohrförmigen Abschnitt bildet, der einen Außendurchmesser $d < D$ aufweist und von dem äußeren unbeschichteten Bereich umgeben ist. Um einen äußeren Bereich auszubilden, muss der innere Bereich einen kleineren Außendurchmesser haben als der Wabenfilter.

[0049] Vorzugsweise wird der innere Bereich rohrförmig ausgebildet und damit symmetrisch zur Längsachse des Systems. Eine Temperaturverteilung vorausgesetzt, bei der die Temperatur im Zentrum des Systems d.h. auf der Längsachse ihren maximalen Wert annimmt und zu den äußeren Bereichen hin kontinuierlich abnimmt, herrscht dann über den gesamten Umfang am Übergang vom inneren Bereich zum äußeren Bereich eine etwa gleichgroße lokale Temperatur.

[0050] Die Vorteile dieser Ausführungsform werden offenkundig, wenn berücksichtigt wird, dass der Übergang vom inneren Bereich zum äußeren Bereich die Grenze festlegt, an der die Beschichtung des Wabenfilters mit katalytischem Material endet, und zum Schutz dieser Beschichtung eine maximal zulässige Temperatur vorgegeben wird, die einzuhalten ist. Mittels der vorgeschlagenen Ausführungsform kann der gesamte innere Bereich an maximale Temperaturen herangeführt bzw. erwärmt werden.

[0051] Die rohrförmige Ausbildung des inneren Bereichs ist grundsätzlich vorteilhaft d. h. ein symmetrisch um die Längsachse angeordneter innerer Bereich bietet unabhängig von der spezifischen äußeren Gestalt des Wabenfilters Vorteile hinsichtlich der Temperaturverteilung.

[0052] Vorteilhaft können aber auch Ausführungsformen des Abgasnachbehandlungssystems sein, bei denen der innere Bereich eine dem Wabenfilter ähnliche Gestalt aufweist d.h. der innere Bereich bei einem zylinderförmigen Wabenfilter rohrförmig bzw. zylinderförmig und bei einem Wabenfilter mit ovalem Querschnitt oval ausgebildet und gegebenenfalls entsprechend ausge-

richtet ist.

[0053] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Systems, bei denen gilt: $d/D > 0,5$ bzw. $d/D > 0,65$, aber auch Ausführungsformen bei denen gilt $d/D > 0,85$.

[0054] Das konkrete Verhältnis des Außendurchmessers D des Wabenfilters zu dem Außendurchmesser d des inneren Bereichs hängt vom einzelnen Anwendungsfall ab und ergibt sich häufig aus der vorrangigen Zielsetzung.

[0055] Steht eine Reduzierung des Abgasgegenstands oder eine Senkung der Bauteilkosten im Vordergrund, kann der äußere Bereich vergleichsweise weit ausgedehnt werden, indem das Verhältnis d/D möglichst klein gewählt wird. Dies ist gleichbedeutend damit, dass nur ein geringer Anteil der Oberfläche des Wabenfilters mit einem katalytischen Material beschichtet wird, was zum einen den Strömungswiderstand mindert und zum anderen die Kosten - durch Einsparung von katalytischem Material - senkt.

[0056] Es ist aber auch zu berücksichtigen, dass der Abgasstrom, welcher den äußeren Bereich des Abgasnachbehandlungssystems durchströmt, aufgrund der fehlenden Beschichtung nicht von Stickoxiden befreit bzw. gereinigt wird. Im äußeren Bereich werden weder im mageren Betrieb Stickoxide gespeichert, noch im fetten Betrieb Stickoxide unter Sauerstoffmangel reduziert. Die Stickoxide können ungehindert - nach Durchströmen des äußeren Bereichs - in die Umgebung bzw. die Umwelt entweichen. Der Anteil dieser Stickoxide an der gesamten Stickoxid-Emission der Brennkraftmaschine nimmt prinzipbedingt mit größer werdendem äußeren Bereich d.h. mit einer Verkleinerung des Verhältnisses d/D zu.

[0057] Die Festlegung der Größe des inneren und des äußeren Bereichs hängt somit auch von den originären Emissionen (engine-out emissions) der Brennkraftmaschine und den einzuhaltenden gesetzlichen Vorschriften ab.

[0058] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Abgasnachbehandlungssystems, bei denen das Trägersubstrat im wesentlichen aus Siliziumcarbid und/oder Cordierit ausgebildet ist. Untersuchungen haben gezeigt, dass aus diesen Werkstoffen gefertigte Trägersubstrate aufgrund der niedrigen spezifischen Wärmekapazität vergleichsweise schnell aufgeheizt bzw. erwärmt werden können, was vorteilhaft ist hinsichtlich des erforderlichen Energiebedarfs zum Aufheizen des Systems. Zudem verteilt sich die Wärme schneller im Wabenfilter bzw. im Trägersubstrat, was einer möglichst homogenen Temperaturverteilung im System dienlich ist. Beides bietet grundsätzlich Vorteile hinsichtlich einer effizienten Schadstoffkonvertierung.

[0059] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Abgasnachbehandlungssystems, bei denen das Trägersubstrat eine Porosität von 50 bis 70% aufweist.

[0060] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Abgasnachbehandlungssystems, bei denen ein Oxidationskatalysator, insbesondere zur Oxidation des im Ab-

gas befindlichen Kohlenmonoxides (CO) und der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC), vorgesehen ist, der zusammen mit dem erfindungsgemäßen System einen Vier-Wege-Katalysator bildet.

[0061] Ein Abgasnachbehandlungssystem zur Oxidation von CO und HC vermindert nicht nur die Emissionen der unvollständig oder gar nicht oxidierten Schadstoffe, sondern führt infolge der exothermen Reaktionen im Rahmen der Oxidation zu einer Erwärmung des Abgases und der vom Abgas durchströmten Abgasnachbehandlungskomponenten.

[0062] Vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen der Oxidationskatalysator und das erfindungsgemäße System in Reihe geschaltet sind, wobei der Oxidationskatalysator stromaufwärts des Systems angeordnet ist.

[0063] Günstig ist diese Ausführungsform hinsichtlich der Temperaturen, welche für die Reduzierung der einzelnen Schadstoffe erforderlich sind.

[0064] Sowohl die für Dieselmotoren verwendeten Oxidationskatalysatoren als auch die bei Ottomotoren eingesetzten Drei-Wege-Katalysatoren benötigen eine bestimmte Betriebstemperatur, um die Schadstoffe in ausreichendem Maße zu konvertieren und die Schadstoffemissionen spürbar zu reduzieren. Die Drei-Wege-Katalysatoren sollen im Rahmen der vorliegenden Erfindung zu den Oxidationskatalysatoren gezählt werden.

[0065] Dadurch, dass der Oxidationskatalysator stromaufwärts des Systems vorgesehen wird, ist der Oxidationskatalysator die Abgasnachbehandlungskomponente, die am nächsten am Auslass der Brennkraftmaschine angeordnet ist und zuerst von den heißen Abgasen durchströmt wird. Folglich sind die Wärmeverluste und die damit verbundene Temperaturabsenkung der heißen Abgase auf dem Weg zum Oxidationskatalysator vergleichsweise gering. Dementsprechend erreicht der Oxidationskatalysator seine sogenannte Anspringtemperatur von etwa 250°C auch nach einem Kaltstart innerhalb einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne.

[0066] Die im Oxidationskatalysator ablaufenden exothermen Reaktionen bewirken eine Erwärmung des hindurchströmenden Abgases und damit eine Erwärmung der nachgeschalteten d.h. stromabwärts des Katalysators angeordneten Abgasnachbehandlungssysteme, was für die diesen Komponenten zugewiesenen Aufgaben vorteilhaft ist. So liegt sowohl die bevorzugte Betriebstemperatur des Speicherkatalysators als auch die Regenerationstemperatur des Partikelfilters oberhalb der Anspringtemperatur des Oxidationskatalysators, so dass hier eine zusätzliche Erwärmung der Abgase im Oxidationskatalysator zielführend bzw. förderlich ist.

[0067] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Systems, bei denen ein Endabschnitt vorgegebbarer Länge Δl des Wabenfilters unbeschichtet ist.

[0068] Wie bereits in der Einleitung weiter oben ausgeführt wurde, führt das Abgas Asche mit sich, die sich an den verschlossenen Enden der Eintrittskanäle des Wabenfilters ablagert. Das anwachsende Aschedepot an den Kanalenden verkürzt die nutzbare Kanallänge zu-

nehmend und damit auch die nutzbare Länge des Wabenfilters. Der mit Asche belegte Bereich des Wabenfilters kann weder als Partikelfilter noch als Speicherkatalysator genutzt werden. Die hier aufgetragene katalytische Materialschicht kann infolge Veraschung nur kurzweilig zur Konvertierung und Verminderung der Schadstoffe beitragen.

[0069] Nachteilig ist - neben der Verminderung der Speicherkapazität des Systems infolge Veraschung - insbesondere, dass die katalytischen Materialien zur Ausbildung des Speicherkatalysators - wie bereits erwähnt - sehr kostenintensiv sind und aufgrund der Ablagerung von Asche an den verschlossenen Kanalenden in diesen Bereichen nur von begrenztem Nutzen sind d.h. die Beschichtung ist nach Ablagerung von Asche ohne Wert für die Nachbehandlung der Abgase der Brennkraftmaschine.

[0070] Aus den genannten Gründen wird es als zielführend angesehen, die von Ascheablagerung bedrohten Bereiche des Wabenfilters nicht mit einem katalytischen Material zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) zu beschichten. Folglich sind Ausführungsformen vorteilhaft, bei denen ein Endabschnitt vorgegebener Länge Δl des Wabenfilters unbeschichtet bleibt.

[0071] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Systems, bei denen gilt: $\Delta l / L > 0,75$ bzw. $\Delta l / L > 0,9$.

[0072] Die zweite der Erfindung zugrundeliegende Teilaufgabe wird gelöst durch ein Verfahren, bei dem

- als Partikelfilter ein Wabenfilter eingesetzt wird,
- dieser Wabenfilter als Trägersubstrat zur Ausbildung des Speicherkatalysators verwendet wird, wobei
- ein innerer, um die Längsachse des Systems angeordneter Bereich des Wabenfilters zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) mit einem katalytischen Material beschichtet wird, wohingegen ein äußerer Bereich des Wabenfilters unbeschichtet bleibt.

[0073] Das bereits für das erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungssystem Gesagte gilt auch für das erfindungsgemäße Verfahren.

[0074] Erfindungsgemäß wird nicht der gesamte Wabenfilter, sondern nur ein ausgesuchter zentraler Bereich im Innern des Wabenfilters mit einem katalytischen Material zum Speichern und Reduzieren der Stickoxide beschichtet.

[0075] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen der äußere Bereich des Wabenfilters mit einer zusätzlichen Beschichtung versehen wird, welche die Zündung und/oder die Oxidation des Rußes bzw. der Rußpartikel unterstützt bzw. die Zündtemperatur für die Regeneration des Filters herabsetzt.

[0076] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen ein Endabschnitt vorgegebener Länge Δl des Wabenfilters nicht beschichtet wird. Damit wird

dem Problem der Veraschung Rechnung getragen.

[0077] Im folgenden wird die Erfindung anhand von drei Ausführungsbeispielen gemäß den Figuren 1 bis 4b näher beschrieben. Hierbei zeigt:

5

Fig. 1 schematisch in der perspektivischen Darstellung einen Wabenfilter nach dem Stand der Technik,

10

Fig. 2a schematisch eine erste Ausführungsform des Systems im Längsschnitt,

Fig. 2b schematisch die in Figur 2a dargestellte erste Ausführungsform des Systems im Querschnitt,

15

Fig. 3a schematisch eine zweite Ausführungsform des Systems im Querschnitt,

20

Fig. 3b schematisch die in Figur 3a dargestellte zweite Ausführungsform des Systems im Längsschnitt,

25

Fig. 4a schematisch eine dritte Ausführungsform des Systems im Querschnitt, und

Fig. 4b schematisch die in Figur 4a dargestellte dritte Ausführungsform des Systems im Längsschnitt.

30

[0078] Figur 1 zeigt schematisch in der perspektivischen Darstellung einen Wabenfilter 4 nach dem Stand der Technik.

35

[0079] Der als Partikelfilter und als Trägersubstrat für den Speicherkatalysator dienende Wabenfilter 4 umfasst eine Vielzahl von Kanälen 6, die wechselseitig d. h. im Schachbrettmuster verschlossen sind, so dass das Abgas in die am Einlass 7 des Wabenfilters 4 offenen Kanäle 6 einströmt und auf dem Weg zum Auslass 8 die Kanalwände dieser zum Austritt 8 hin verschlossenen Kanäle 6 durchströmen muss, um in einen Kanal 6 zu gelangen, der zum Auslass des Wabenfilters 4 hin offen ist. Die am Auslass 8 des Wabenfilters 4 verschlossenen Kanalenden tragen das Bezugszeichen 5.

40

[0080] Figur 2a zeigt schematisch eine erste Ausführungsform des Systems 1 im Längsschnitt. Figur 2b zeigt diese erste Ausführungsform im Querschnitt.

45

[0081] Das von Schadstoffen zu reinigende Abgas der Brennkraftmaschine tritt am Einlass 7 in das Abgasnachbehandlungssystem 1 ein, durchströmt es in Richtung der Längsachse 9 und verlässt das System 1 wieder am Auslass 8.

50

[0082] Das dargestellte Abgasnachbehandlungssystem 1 bzw. System 1 weist einen Wabenfilter 4 - wie in Figur 1 illustriert - auf, der als Partikelfilter 3 fungiert und gleichzeitig als Trägersubstrat zur Ausbildung eines Speicherkatalysators 2 dient.

[0083] Der Speicherkatalysator 2 zum Speichern und

Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide (NO_x) und der Partikelfilter 3 zum Sammeln und Verbrennen der im Abgas befindlichen Rußpartikel sind integral als bauliche Einheit ausgebildet.

[0084] Dabei ist ein innerer, um die Längsachse 9 des Systems 1 angeordneter Bereich 10 des Wabenfilters 4, der infolge seiner zentralen Lage innerhalb des Systems 1 bzw. Abgasstromes schneller erwärmt werden kann, zum Speichern und Reduzieren der Stickoxide mit einem katalytischen Material 11 beschichtet, wohingegen ein äußerer Bereich 12 des Wabenfilters 4 eine derartige Beschichtung nicht aufweist.

[0085] Nur der innere Bereich 10 des Wabenfilters 4 fungiert - in einer Art Doppelfunktion - sowohl als Partikelfilter 3 als auch als Speicherkatalysator 2. Der äußere Bereich 12 hingegen fungiert aufgrund der fehlenden katalytischen Beschichtung lediglich als Partikelfilter 3. Eine Entschwefelung des äußeren Bereichs 12 ist folglich nicht mehr erforderlich, da dieser Bereich 12 nicht zum Speichern und Konvertieren von Stickoxiden herangezogen wird.

[0086] Der aus dem Stand der Technik bekannten Problematik, nämlich einerseits den äußeren Bereich 12 - insbesondere im Rahmen einer Entschwefelung - auf die erforderlichen hohen Temperaturen aufheizen zu müssen, andererseits aber den inneren Bereich 10 nicht zu überhitzen d.h. thermisch nicht zu überlasten, wird auf diese Weise Rechnung getragen.

[0087] Der Strömungswiderstand des äußeren Bereichs 12 ist aufgrund der fehlenden katalytischen Beschichtung zur Ausbildung eines Speicherkatalysators vergleichsweise gering. Dadurch sinkt der Abgasgegenstand. Aufgrund des geringeren Strömungswiderstands des äußeren Bereichs 12 im Vergleich zum inneren Bereich 10 wird ein größerer Teil der heißen Abgase den äußeren Bereich 12 durchströmen. Dadurch ergibt sich eine wesentlich homogenere Temperaturverteilung im System 1, da auf diese Weise den Bereichen 10,12 unterschiedlich große Wärmemengen - entsprechend dem Bedarf - zugeführt werden. Die schwieriger zu erwärmen den äußeren Bereiche 12 werden mit einem größeren Abgasmassenstrom belegt. Die für die Zündung und die Oxidation des Filters 3 erforderliche hohe Temperatur von etwa 550° zum Zweck der Filterregeneration wird vergleichsweise schnell erreicht.

[0088] Der Wabenfilter 4 hat eine zylinderförmige Gestalt, was Vorteile bei der Erwärmung bietet. Der innere beschichtete Bereich 10 bildet einen rohrförmigen Abschnitt, der symmetrisch zur Längsachse 9 des Systems 1 ausgebildet und von dem äußeren unbeschichteten Bereich 12 umgeben ist und dessen Außendurchmesser d kleiner ist als der Außendurchmesser D des Wabenfilters 4. Für das Durchmesser Verhältnis der ersten, in den Figuren 2a und 2b dargestellten Ausführungsform gilt: $d/D \approx 0,77$.

[0089] Bei einer Temperaturverteilung, bei der die Temperatur im Zentrum des Systems 1 d. h. auf der Längsachse 9 den maximalen Wert annimmt und zu den

äußeren Bereichen 12 hin kontinuierlich abnimmt, herrscht dann über den gesamten Umfang am Übergang vom inneren Bereich 10 zum äußeren Bereich 12 eine etwa gleichgroße Temperatur.

[0090] Figur 3a zeigt schematisch eine zweite Ausführungsform des Systems 1 im Querschnitt. Figur 3b zeigt diese zweite Ausführungsform im Längsschnitt.

[0091] An dieser Stelle sollen nur die Unterschiede zu der in den Figuren 2a und 2b dargestellten Ausführungsform erörtert werden, weshalb im übrigen Bezug genommen wird auf die zuvor beschriebenen Figuren 2a und 2b und die im Zusammenhang mit diesen Figuren gemachten Ausführungen. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0092] Bei dem in den Figuren 3a und 3b gezeigten System 1 ist ein Endabschnitt 13 vorgegebener Länge Δl des Wabenfilters 4 unbeschichtet.

[0093] Die vom Abgas mitgeführte Asche lagert sich an den verschlossenen Enden der Eintrittskanäle des Wabenfilters 4 ab. Das anwachsende Aschedepot an den Kanälen verkürzt die nutzbare Kanallänge zunehmend und damit auch die nutzbare Länge des Wabenfilters 4. Die von Asche bedeckte Oberfläche des Wabenfilters 4 kann weder für das Sammeln von Rußpartikeln noch zum Speichern von Stickoxiden genutzt werden. Ein Auftragen von katalytischem Material in diesem von Veraschung bedrohten Bereich ist daher nicht sinnvoll.

[0094] Figur 4a zeigt schematisch eine dritte Ausführungsform des Systems im Querschnitt. Figur 4b zeigt diese dritte Ausführungsform im Längsschnitt.

[0095] An dieser Stelle soll nur auf die Unterschiede zu der in den Figuren 3a und 3b dargestellten Ausführungsform eingegangen werden, weshalb im übrigen Bezug genommen wird auf die Figuren 3a und 3b und die im Zusammenhang mit diesen Figuren gemachten Ausführungen. Für dieselben Bauteile wurden dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0096] Im Unterschied zu der in den Figuren 3a und 3b dargestellten Ausführungsform weist die in den Figuren 4a und 4b gezeigte Ausführungsform einen Wabenfilter 4 mit quadratischem Querschnitt auf. Zudem hat der innere Bereich 10 ebenfalls einen quadratischen Querschnitt.

Bezugszeichen

[0097]

- | | |
|---|------------------------------------|
| 1 | Abgasnachbehandlungssystem, System |
| 2 | Speicherkatalysator |
| 3 | Partikelfilter |
| 4 | Wabenfilter |
| 5 | Kanal |
| 6 | verschlossenes Kanalende |
| 7 | Einlass |
| 8 | Auslass, Austritt |
| 9 | Längsachse |

10	innerer Bereich
11	katalytisches Material
12	äußerer Bereich
13	Endabschnitt
AGR	Abgasrückführung
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d	Außendurchmesser des inneren beschichteten rohrförmigen Abschnitts
Δd	Durchmesserdifférenz
D	Außendurchmesser des Wabenfilters
deNO _x	Reinigung des Speicherkatalysators
deSoot	Regeneration des Partikelfilters
deSO _x	Desulfurisation, Entschwefelung
H ₂ O	Wasser
HC	unverbrannte Kohlenwasserstoffe
N ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxide
Δl	Länge des unbeschichteten Endabschnitts
l ₁	Länge des beschichteten Abschnitts des Wabenfilters
L	Länge des Systems, Länge des Wabenfilters
LNT	Lean NO _x Trap
SCR	Selective Catalytic Reduction
SO _x	Schwefeloxide
λ	Luftverhältnis

Patentansprüche

1. Abgasnachbehandlungssystem (1) umfassend einen Speicherkatalysator (2) und einen Partikelfilter (3) zur Nachbehandlung des Abgases einer Brennkraftmaschine, welches das Abgasnachbehandlungssystem (1) im wesentlichen in Richtung seiner Längsachse (9) durchströmt, bei dem der Speicherkatalysator (2) zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide und der Partikelfilter (3) zum Sammeln und Verbrennen der im Abgas befindlichen Rußpartikel integral als bauliche Einheit ausgebildet sind, wobei der Partikelfilter (3) ein Wabenfilter (4) ist und dieser Wabenfilter (4) gleichzeitig als Trägersubstrat zur Ausbildung des Speicherkatalysators (2) dient, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein innerer, um die Längsachse (9) des Systems (1) angeordneter Bereich (10) des Wabenfilters (4) zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide mit einem katalytischen Material (11) beschichtet ist, wohingegen ein äußerer Bereich (12) des Wabenfilters (4) eine derartige Beschichtung nicht aufweist.
2. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wabenfilter (4) von zylinderförmiger Gestalt ist und einen Außendurchmesser D aufweist.

3. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der innere beschichtete Bereich (10) einen rohrförmigen Abschnitt bildet, der einen Außendurchmesser d < D aufweist und von dem äußeren unbeschichteten Bereich (12) umgeben ist.
4. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: d/D > 0,5
5. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: d/D > 0,65
6. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** gilt: d/D > 0,85
7. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägersubstrat im wesentlichen aus Siliziumcarbid und/oder Cordierit ausgebildet ist.
8. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trägersubstrat eine Porosität von 50 bis 70% aufweist.
9. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Oxidationskatalysator, insbesondere zur Oxidation des im Abgas befindlichen Kohlenmonoxides und der unverbrannten Kohlenwasserstoffe, vorgesehen ist, der zusammen mit dem System (1) einen Vier-Wege-Katalysator bildet.
10. Abgasnachbehandlungssystem (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Endabschnitt (13) vorgebbare Länge Δl des Wabenfilters (4) unbeschichtet ist.
11. Verfahren zur Herstellung eines Abgasnachbehandlungssystems (1) nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**
 - als Partikelfilter (3) ein Wabenfilter (4) eingesetzt wird,
 - dieser Wabenfilter (4) als Trägersubstrat zur Ausbildung des Speicherkatalysators (2) verwendet wird, wobei
 - ein innerer, um die Längsachse (9) des Systems (1) angeordneter Bereich (10) des Wabenfilters (4) zum Speichern und Reduzieren der im Abgas befindlichen Stickoxide mit einem katalytischen Material (11) beschichtet wird, wohingegen ein äußerer Bereich (12) des Wabenfilters (4) unbeschichtet bleibt.

Claims

1. Exhaust-gas aftertreatment system (1) comprising a storage catalytic converter (2) and a particle filter (3) for the aftertreatment of the exhaust gas of an internal combustion engine, which exhaust gas flows through the exhaust-gas aftertreatment system (1) substantially in the direction of the longitudinal axis (9) thereof, in which exhaust-gas aftertreatment system (1) the storage catalytic converter (2) for storing and reducing the nitrogen oxides situated in the exhaust gas, and the particle filter (3) for collecting and burning the soot particles situated in the exhaust gas, are integrally formed as a structural unit, with the particle filter (3) being a honeycomb filter (4) and with said honeycomb filter (4) simultaneously serving as a support substrate for forming the storage catalytic converter (2), **characterized in that** an inner region (10), which is arranged around the longitudinal axis (9) of the system (1), of the honeycomb filter (4) is coated, for storing and reducing the nitrogen oxides in the exhaust gas, with a catalytic material (11), whereas an outer region (12) of the honeycomb filter (4) does not have a coating of said type.
2. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to Claim 1, **characterized in that** the honeycomb filter (4) is of cylindrical design and has an outer diameter D.
3. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to Claim 2, **characterized in that** the inner, coated region (10) forms a tubular section which has an outer diameter $d < D$ and which is surrounded by the outer, non-coated region (12).
4. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to Claim 3, **characterized in that** $d/D > 0.5$.
5. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to Claim 3 or 4, **characterized in that** $d/D > 0.65$.
6. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to one of Claims 3 to 5, **characterized in that** $d/D > 0.85$.
7. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the support substrate is formed substantially from silicon carbide and/or cordierite.
8. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** the support substrate has a porosity of 50 to 70%.
9. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** an oxidation catalytic converter, in particular for ox-

idizing the carbon monoxide situated in the exhaust gas and the unburned hydrocarbons, is provided, which oxidation catalytic converter, together with the system (1), forms a four-way catalytic converter.

10. Exhaust-gas aftertreatment system (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** an end section (13) of predefinable length Δl of the honeycomb filter (4) is non-coated.

11. Method for producing an exhaust-gas aftertreatment system (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that**

- a honeycomb filter (4) is used as a particle filter,
- said honeycomb filter (4) is used as a support substrate for forming the storage catalytic converter (2), with
- an inner region (10), which is arranged around the longitudinal axis (9) of the system (1), of the honeycomb filter (4) being coated, for storing and reducing the nitrogen oxides in the exhaust gas, with a catalytic material (11), whereas an outer region (12) of the honeycomb filter (4) remains non-coated.

Revendications

1. Système de purification de gaz d'échappement (1) comprenant un piège à polluants (2) et un filtre à particules (3) pour le post-traitement des gaz d'échappement d'un moteur à combustion interne traversant le système de purification de gaz d'échappement (1) pour l'essentiel en direction de son axe longitudinal (9), dans lequel le piège à polluants (2) servant à piéger et réduire les oxydes d'azote se trouvant dans les gaz d'échappement et le filtre à particules (3) servant à rassembler et brûler les particules de suie se trouvant dans les gaz d'échappement sont intégralement réalisés comme une unité de construction, le filtre à particules (3) étant un filtre en nids d'abeille (4) et ce filtre en nids d'abeille (4) servant en même temps de couche de support pour former le piège à polluants (2), **caractérisé en ce qu'une zone (10) du filtre en nids d'abeille (4) intérieure disposée autour de l'axe longitudinal (9) du système (1) est recouverte d'un matériau catalytique (11) pour piéger et réduire les oxydes d'azote se trouvant dans les gaz d'échappement, tandis qu'une zone (12) extérieure du filtre en nids d'abeille (4) ne comporte pas de tel revêtement.**
2. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le filtre en nids d'abeille (4) est de forme cylindrique et présente un diamètre extérieur D.

3. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la zone (10) intérieure recouverte forme une section en forme de tuyau qui a un diamètre extérieur $d < D$ et est entourée par la zone (12) sans revêtement. 5
4. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** $d/D > 0,5$. 10
5. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon la revendication 3 ou 4, **caractérisé en ce que** $d/D > 0,65$.
6. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** $d/D > 0,85$. 15
7. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche de support est pour l'essentiel formée à partir de carbure de silicium et/ou de cordiérite. 20
8. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la couche de support présente une porosité de 50 à 70 %. 25
9. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** catalyseur d'oxydation est prévu, notamment pour l'oxydation du monoxyde de carbone se trouvant dans les gaz d'échappement et des hydrocarbures non brûlés, ledit catalyseur formant avec le système (1) un catalyseur à quatre voies. 30
35
10. Système de purification de gaz d'échappement (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** segment terminal (13) de longueur Δl prédéfinie du filtre en nids d'abeille (4) reste sans revêtement. 40
11. Procédé de fabrication d'un système de purification de gaz d'échappement (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** : 45
 - le filtre à particules (3) utilisé est un filtre en nids d'abeille (4) ; 50
 - ce filtre en nids d'abeille (4) sert de couche de support pour former le piège à polluants (2) ;
 - une zone (10) intérieure du filtre en nids d'abeille (4) disposée autour de l'axe longitudinal (9) du système (1) servant à piéger et à réduire les oxydes d'azote se trouvant dans les gaz d'échappement étant recouverte d'un matériau 55

catalytique (11) tandis qu'une zone (12) extérieure du filtre en nids d'abeille (4) reste sans revêtement.

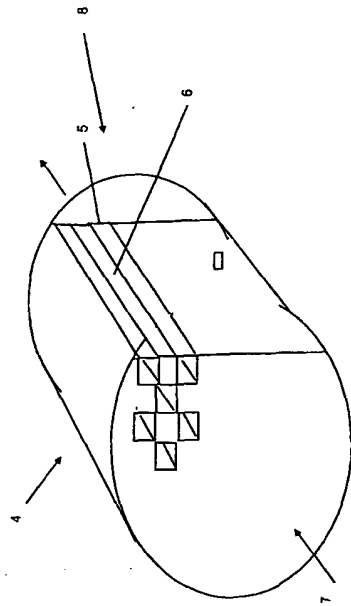


Fig. 1

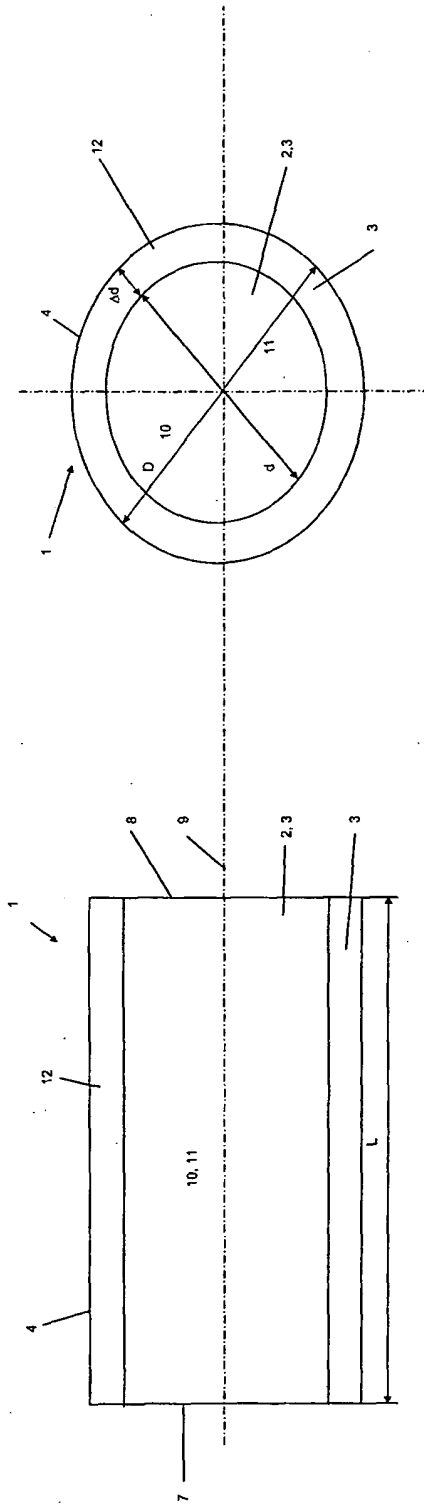


Fig. 2a

Fig. 2b

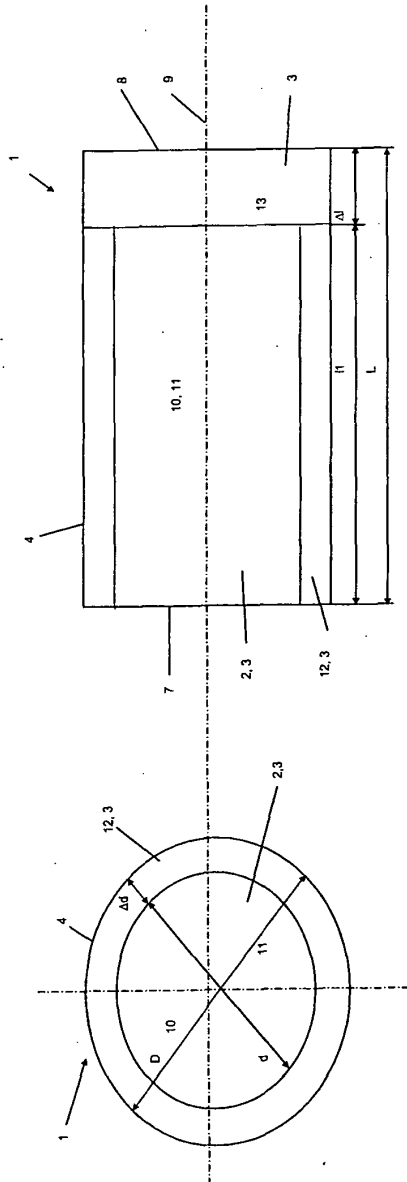


Fig. 3a

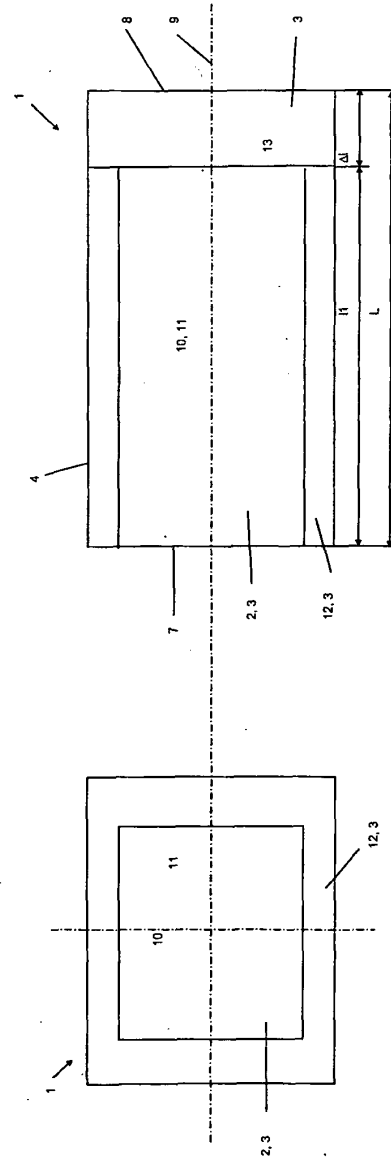


Fig. 4a

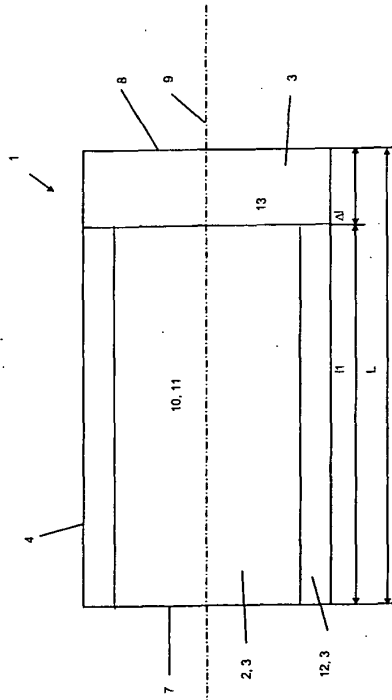


Fig. 3b

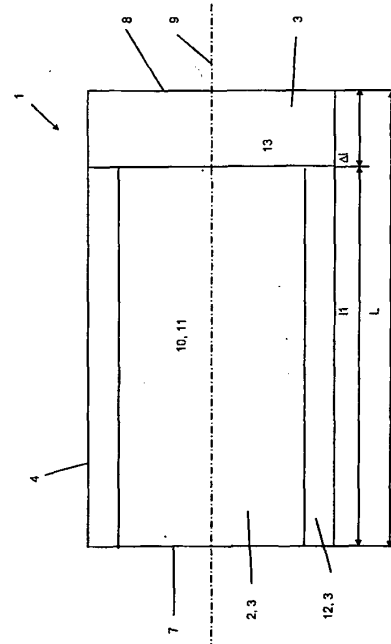


Fig. 4b

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1486248 A [0022]