

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
1. November 2001 (01.11.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 01/80977 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B01D 53/92, 53/94, F01N 3/035
- (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MAHR, Bernd [DE/DE]; Panoramastrasse 83, 73207 Plochingen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/01261
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. April 2001 (03.04.2001)
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 20 555.0 27. April 2000 (27.04.2000) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR PURIFYING THE EXHAUST GASES OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR REINIGUNG VON ABGASEN EINES VERBRENNUNGSMOTORS

(57) Abstract: The invention relates to a method for purifying the exhaust gases of an internal combustion engine, comprising the following steps: introduction of the exhaust gas, which contains gaseous and particulate pollutants, into an oxidation catalyst and/or a plasma reactor for at least partially oxidizing the gaseous pollutants that are contained in the exhaust gas, in particular according to the reactions $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$, $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$, $\text{HC} \rightarrow \text{CO}_2$, application of an electric current to the exhaust gas for electrically charging or polarizing the particulate pollutants, deposition of the electrically charged or polarized particulate pollutants onto an electric pole opposite to that of the charge or polarization, or onto the earth of a deposition device, in particular of a second catalyst, and combustion of the soot particles that have been deposited in this manner, by means of the NO_2 contained in the exhaust gas.

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Reinigung von Abgasen eines Verbrennungsmotors mit folgenden Schritten: Einbringung des gasförmigen und partikelförmigen Schadstoffe umfassenden Abgases in einen Oxidationskatalysator un/oder einen Plasmareaktor zur wenigstens teilweisen Oxidation der im Abgas enthaltenen gasförmigen Schadstoffe, insbesondere entsprechend den Reaktionen $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$, $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$, $\text{HC} \rightarrow \text{CO}_2$, elektrische Beaufschlagung des Abgases zur elektrischen Aufladung bzw. Polarisierung von partikelförmigen Schadstoffen, Abscheiden der elektrisch aufgeladenen bzw. polarisierten partikelförmigen Schadstoffe auf einem bezüglich der Aufladung bzw. Polarisierung entgegengesetzten elektrischen Pol oder auf Masse einer Abscheidungseinrichtung, insbesondere eines zweiten Katalysators, und Verbrennung der so abgeschiedenen Russpartikel mittels des im Abgas befindlichen NO_2 .



WO 01/80977 A1

5

10 Verfahren und Vorrichtung zur Reinigung von Abgasen eines
Verbrennungsmotors

15 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine
Vorrichtung zur Reinigung von Abgasen eines
Verbrennungsmotors.

In den letzten Jahren ist weltweit eine Verschärfung der
20 gesetzlichen Grenzwerte für die Emissionen von Pkw zu
beobachten, die teilweise von Bemühungen zur Reduzierung
der CO₂-Emission begleitet wird. Damit gewinnen mager
verbrennende, direkt einspritzende Motoren an Bedeutung ,
für die jedoch wegen des Sauerstoffüberschusses die
25 Abgasreinigung hinsichtlich der Stickoxide (NO_x bestehend
aus NO und NO₂) noch Probleme bereitet. Für Diesel-Pkw
besteht eine Lösung in der selektiven katalytischen
Reduktion (SCR - Selective Catalytic Reduction) der
Stickoxide über geeignete Katalysatoren. Eine weitere
30 Möglichkeit zur Stickoxidreduzierung stellt der NO_x-
Speicherkatalysator dar.

- 2 -

Dieselmotoren weisen bei effizienter Verbrennung sehr niedrige HC-Konzentrationen (HC - Hydro Carbons) im Abgas auf. Hier bieten sich Reduktionsmittel an, die Ammoniak freigegeben, beispielsweise Harnstoff bzw. Harnstoff-Wasser-
5 Lösung, oder Ammoniak selbst. Dieser Reduktionsmittel können selbst bei unterstöchiometrischer Dosierung Stickoxide über geeignete Katalysatoren zu mehr als 80% reduzieren können. Mit Ammoniak (NH_3) als Reduktionsmittel wird diese Technik in Kraftwerken zur Stickoxidreduktion
10 seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt. Für den mobilen Einsatz sind feste oder flüssige Substanzen besser geeignet, die im Unterschied zu Ammoniak an sich unschädlich sind, aber die Erzeugung des für die katalytische Reaktion erforderlichen Ammoniaks an Bord
15 eines Kraftfahrzeuges erlauben. Ein Beispiel für eine derartige Substanz ist Harnstoff, aus dem Ammoniak durch thermische Zerlegung gewonnen werden kann. Die Hydrolyse von Harnstoff, der dem Abgas zum Beispiel in Form einer wässrigen Lösung zudosiert wird, kann auf dem gleichen
20 Katalysator erfolgen wie die selektive katalytische Reduktion.

Insbesondere bei Personenkraftwagen besteht unabhängig von Katalysator und Reduktionsmittel das Problem, daß die
25 Abgastemperaturen in der Startphase und bei Stadtfahrten mit häufigen Leerlaufphasen zur selektiven katalytischen Reduktion nicht ausreichen. In diesem Zusammenhang ist es schwierig, zukünftige Grenzwerte zu erfüllen.

30 Eine energetisch aufwendige Möglichkeit zur Lösung dieses Problems bestünde im Einsatz beheizter Katalysatoren. Es ist ebenfalls bekannt, Abgase mit nicht thermischen Plasmen

in Kombination mit Katalysatoren zu behandeln, wodurch für eine wirksame Abgasreinigung zu erzielende Temperaturbereiche in Katalysatoren auf unter 100°C vermindert werden können.

5

Nicht thermische Plasmen sind bekannt dafür, daß in ihnen durch Elektronenstoß-Dissoziation der Hauptkomponenten eines Abgases energetisch effiziente chemisch aktive Radikale erzeugt werden, die die in niedrigen
10 Konzentrationen vorhandenen Schadstoffe angreifen. Beispiele für nicht thermische Plasmen sind gepulste Corona-Entladungen sowie die dielektrisch behinderten Entladungen (DBE). Bei mager betriebenen Verbrennungsmotoren, wie beispielsweise dem Dieselmotor,
15 sind N-, O- und OH-Radikale zu erwarten, die sowohl reduzierende als auch oxidierende Reaktionen auslösen.

Zusätzlich zu den gasförmigen Schadstoffen in einem Abgas, insbesondere Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC),
20 Stickoxide (NO_x) und Schwefeldioxid (SO₂) ist das besondere Augenmerk auf feste Schadstoffe, insbesondere Rußpartikel zu richten. Rußpartikel entstehen bei der Verbrennung unter Luftmangel, was beispielsweise beim Dieselmotor durch das inhomogene Gemisch örtlich der Fall ist. Die starke Zunahme
25 von Ruß bei einer Annäherung an $\lambda=1$ folgt aus der zunehmenden Ausdehnung der fetten Gemischzonen in Folge einer erhöhten Einspritzmenge. Durch die Rußpartikelemission, im wesentlichen Kohlenstoffpartikel, gerät der Dieselmotor immer wieder in die öffentliche
30 Kritik. Die Partikel bestehen aus festen, löslichen und flüchtigen Anteilen, die wegen ihres Durchmessers von nur

- 4 -

wenigen zehntausendstel Millimetern in der Luft im Schwebезustand vorliegen.

Zur Beseitigung der festen Partikel im Abgas von
5 Dieselmotoren sind Rußfilter bekannt. Es werden hierbei verschiedene Filtersysteme eingesetzt, wobei gemäß dem Stand der Technik ein sogenannter Keramik-Monolith-Filter zur Zeit den besten Kompromiß bezüglich der an das Filter gestellten Anforderungen darstellt. Im Gegensatz zu
10 durchgängigen Katalysatormonolithen sind die Kanäle für das Rußfilter wechselseitig verschlossen, so daß das partikelbeladene Abgas durch die unbeschichteten, porösen Wände des Wabenkörpers strömen muß. Die Partikel lagern sich in den Poren ab. Je nach Porosität des Keramikkörpers
15 schwankt der Wirkungsgrad der Filter zwischen 70 und 90 %.

Es sind ferner kombinierte Systeme mit Katalysatoren und Partikelfiltern bekannt. Hier sei beispielsweise auf das
20 CRT-System (Continuously Regenerating Trap) hingewiesen, welches einen Oxidationskatalysator, insbesondere zur Durchführung einer Hauptreaktion gemäß $\text{NO} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2$ und einen nachgeschalteten Partikelfilter, in welchem eine Reaktion der Form $\text{C} + 2\text{NO}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NO}$ realisierbar ist, aufweist.

25

Als nachteilig bei Partikelfiltern oder kombinierten Systemen aus Partikelfiltern und Katalysatoren erweist sich der hohe bei derartigen Systemen entstehende
Abgasgedruck. Ferner ist darauf hinzuweisen, daß nach
30 ca. 80.000 km Laufleistung eines Pkws ein Ausbau des Partikelfilters zur Reinigung von Ölasche notwendig ist. Bei CRT-Systemen ist ferner darauf hinzuweisen, daß die

- 5 -

erwähnte, im Partikelfilter ablaufende Reaktion insofern auf Schwierigkeiten stößt, als die Ruß- bzw. Kohlenstoffpartikel nur schlecht an dem Partikelfilter haften.

5

Zur Gewährleistung der vollen Funktionsfähigkeit der Filter müssen diese in gewissen Zeitabständen regeneriert werden. Für die Reinigung bieten sich zwei Verfahren an, wobei in beiden Fällen Rußpartikel verbrannt werden: Im chemischen
10 Verfahren setzen Additive im Kraftstoff die Zündfähigkeit der Rußpartikel auf die übliche Abgastemperatur herab. Nachteilig können sich dabei die durch die Zusätze hervorgerufenen Sekundär-Emissionen auswirken. Beim thermischen Verfahren wird ein Brennelement
15 hinzugeschaltet, welches die Abgastemperatur auf etwa 700°C erhöht. Hierfür werden Brenner Elemente mit hoher Leistung benötigt. Die Regeneration läßt sich im einfachsten Fall bei abgeschaltetem Motor durchführen. Der Zeitpunkt der Filterregeneration wird entweder über eine Zeitsteuerung
20 oder über eine Druckmeßdose ermittelt. Insbesondere das Vorsehen eines Rußfilters in Kombination mit einem Brennelement erweist sich in der Praxis als relativ teuer und groß bauend, so daß nach weiteren Möglichkeiten gesucht wird, auf derartige Maßnahmen verzichten zu können.

25

Aufgabe der Erfindung ist daher die Bereitstellung eines Verfahrens bzw. einer Vorrichtung zur Reinigung von Abgasen eines Verbrennungsmotors, mit denen in möglichst einfacher Weise eine effiziente Durchführung einer Reinigung möglich
30 ist.

- 6 -

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Reinigung von Abgasen eines Verbrennungsmotors mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie eine entsprechende Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 4.

5

Erfindungsgemäß ist ein kompaktes Abgasbehandlungssystem zur Verfügung gestellt, welches hohe Schadstoff-Konvertierungsraten realisiert. Als besonders vorteilhaft erweist sich, daß bei Anwendung der erfindungsgemäßen
10 Maßnahmen im Vergleich zu herkömmlichen Vorgehensweisen nur geringe Abgasgedrücke entstehen.

Das erfindungsgemäße System ist robust und erweist sich für Dieselmotoren und Ottomotoren als gleichermaßen geeignet.
15 Auf ein aufwendiges Partikelfiltersystem kann, wenigstens teilweise, verzichtet werden, insbesondere ist kein Brenner zur Regeneration eines Partikelfilters notwendig. Das erfindungsgemäße System zeichnet sich ferner dadurch aus, daß es nicht anfällig gegen Ölasche ist, was bei
20 herkömmlichen Systemen ein praktisches Problem darstellt.

Das erfindungsgemäß vorgesehene erste elektrische Feld kann in einfachsten Fall als Kondensator ausgebildet sein. Es ist ebenfalls denkbar, den Oxidationskatalysator mit
25 entsprechenden Mitteln zur Erzeugung des elektrischen Feldes auszubilden. Hier ist es beispielsweise möglich, einen integrierten Oxidationskatalysator/Plasmareaktor vorzusehen. Es ist erfindungsgemäß ebenfalls möglich, auf einen Oxidationskatalysator zu verzichten und das System
30 eingangsseitig nur mit einem Plasmareaktor auszubilden. Ein derartiger Plasmareaktor ist einerseits bei entsprechenden Temperaturen in der Lage, eine Oxidation von

Abgasbestandteilen zu unterstützen und andererseits die erfindungsgemäß vorgesehene Aufladung bzw. Polarisierung der partikelförmigen Schadstoffe zu gewährleisten.

- 5 Zweckmäßigerweise erfolgt die elektrische Beaufschlagung des Abgases mittels eines ersten elektrischen Feldes, welches insbesondere in Form eines Plasmareaktors nach dem Prinzip der Barrierenentladung oder nach der dielektrisch behinderten Entladung arbeitet oder in Form geeigneter
10 Kondensatormittel realisiert ist.

- Der elektrische Gegenpol bzw. Massepol des zweiten elektrischen Feldes kann beispielsweise als Keramik-Monolith oder in Form von Schüttgut, Metallschaum,
15 Keramikschaum oder als Metallträger realisiert sein. Bei geeigneter katalytischer Beschichtung ist eine Integration des Gegenpols bzw. Massepols mit einem zweiten Katalysator realisierbar.

- 20 Das erste bzw. das zweite elektrische Feld kann als Gleichspannungs- oder Wechselspannungsquelle (bzw. Plasma- oder Coronaentladung) ausgeführt sein.

- 25 Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche.

- Zweckmäßigerweise wird NO, welches bei der Verbrennung der Rußpartikel entsteht oder im ursprünglichen Abgas enthalten
30 war, mittels eines nachgeschalteten Entstickungskatalysators reduziert. Mit dieser Maßnahme ist eine weitere Reinigung des Abgases von Schadstoffen

erzielbar. Es ist möglich, den Entstickungskatalysator und den zweiten Katalysator integriert auszubilden.

Es ist bevorzugt, daß das Abgas vor und/oder nach seiner
5 Einbringung in das erste elektrische Feld/Plasma mit einem Reduktionsmittel, insbesondere Harnstoff bzw. einer Harnstoff-Wasser-Lösung, beaufschlagt wird. Durch diese Maßnahme kann ein Partikelwachstum unterstützt werden, welches die Abscheidung der Partikel auf dem elektrischen
10 Gegenpol und/oder der Masse des zweiten elektrischen Feldes begünstigt und so die Oxidation der Partikel erleichtert. Es sei erwähnt, daß auch H_2 oder O_3 als Reduktionsmittel einsetzbar sind.

15 Zweckmäßigerweise weisen die dem zweiten elektrischen Feld zugeordneten oder nachgeschalteten Katalysatormittel einen Hydrolysekatalysator und/oder einen Entstickungskatalysator, insbesondere einen SCR-Katalysator, und/oder einen Oxidationskatalysator auf.
20 Mittels derartiger Katalysatoren, welche gegebenenfalls als Einheit ausgebildet sein können, ist eine weitere wirksame Abgasreinigung erzielbar. Es sei darauf hingewiesen, daß gegebenenfalls auf einzelne der genannten Katalysatorkomponenten verzichtet werden kann.

25 Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Vorrichtung ferner wenigstens einen NO_x -Sensor und/oder wenigstens einen Partikelsensor und/oder einen Temperatursensor auf. Derartige Sensoren können
30 insbesondere vor und nach dem Abgasnachbehandlungssystem vorgesehen sein, um die Effektivität des Systems zu überprüfen bzw. zu steuern/regeln.

Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nun anhand der beigefügten Zeichnung weiter erläutert. In dieser zeigt, jeweils schematisch

5

Figur 1 blockschaltbildartig eine erste bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

10

Figur 2 blockschaltbildartig eine zweite bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, und

Figur 3 blockschaltbildartig eine dritte bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

15

Das in Figur 1 dargestellte Abgasreinigungssystem weist zunächst einen Oxidationskatalysator 1 auf. Der Oxidationskatalysator 1 dient zur Oxidation der in einem Verbrennungsmotorabgas enthaltenen gasförmigen Schadstoffe, insbesondere Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide, beispielsweise gemäß den Reaktionsgleichungen $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$, $\text{HC} \rightarrow \text{CO}_2$ und $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$. Es sei angemerkt, daß anstelle des Oxidationskatalysators 1 oder zusätzlich zu diesem ein Plasmareaktor vorgesehen sein kann.

25

Das aus dem Oxidationskatalysator 1 austretende, wenigstens teilweise wie beschrieben oxidierte Abgas wird anschließend in ein erstes elektrisches Feld 2 eingebracht. Das elektrische Feld 2 dient zur elektrischen Aufladung bzw. Polarisierung von ebenfalls in dem Abgas enthaltenen Rußpartikeln (Kohlenstoffpartikeln). Das erste elektrische Feld 1 kann in beliebiger geeigneter Weise realisiert sein,

30

im einfachsten Fall als Kondensator. Es ist ebenfalls einstückig bzw. integriert mit dem Oxidationskatalysator 1 und/oder einem Plasmareaktor ausführbar. Insbesondere kann der Plasmareaktor zur Erzeugung des ersten elektrischen
5 Feldes eingesetzt werden.

Die mittels des ersten elektrischen Feldes 2 aufgeladenen Partikel werden nun in den Wirkungsbereich eines einen elektrischen Gegenpol zu der Aufladung der Partikel
10 darstellenden zweiten elektrischen Feldes 3 eingebracht. Dieses zweite elektrische Feld 3 bzw. der elektrische Gegenpol kann sich vor dem Eintritt, unmittelbar am Eintritt oder in einem ersten Abschnitt eines nachfolgenden weiteren Katalysators 4 befinden. Es ist ebenfalls möglich,
15 das elektrische Feld im Zusammenhang mit einer nicht katalytisch wirkenden Abscheidungseinrichtung vorzusehen, wodurch auch ohne katalytische Wirkung ein wirksames Partikelfilter realisierbar ist.

20 Die aufgeladenen Rußpartikel scheiden sich aufgrund einer elektrostatischen Wechselwirkung auf dem elektrischen Gegenpol ab. Es sei noch einmal angemerkt, daß auch eine Abscheidung auf Masse vorteilhaft möglich ist.

25 Die so (mittels Impaktation) auf dem Katalysator 4 anhaftenden Rußpartikel sind nun, eben aufgrund ihrer elektrostatisch unterstützten Anhaftung, leichter mittels des ebenfalls im Abgas befindlichen bzw. in dem ersten Oxidationskatalysator 1 erzeugten NO bzw. NO₂ verbrennbar,
30 als dies bei Lösungen gemäß dem Stand der Technik möglich war.

- 11 -

Das bei dieser Verbrennung entstehende NO, sowie auch das in dem ersten Katalysator 1 nicht oxidierte NO, wird in einem nachfolgenden Entstickungskatalysator 5 (DeNO_x-Katalysator) reduziert. Als Beispiel für einen in diesem Zusammenhang geeigneten DeNO_x-Katalysator sei der SCR-Katalysator (Selective Catalytic Reduction) oder auch der NO_x-Speicherkatalysator erwähnt.

Es sei angemerkt, daß auch ohne Vorsehen des zweiten elektrischen Feldes 3 eine gegenüber herkömmlichen Lösungen wesentlich bessere Haftung der Rußpartikel auf dem zweiten Katalysator 4 zu beobachten sein dürfte, da dieser Katalysator üblicherweise an Fahrzeugmasse anliegt.

Es sei ferner darauf hingewiesen, daß der zweite Katalysator 4 und der Entstickungskatalysator 5 gegebenenfalls als Einheit ausgeführt sein können.

Unter Bezugnahme auf Figur 2 wird eine weitere bevorzugte Ausführungsform-des erfindungsgemäßen Systems erläutert.

Mit 1 ist wiederum ein Oxidationskatalysator (bzw. ein Plasmareaktor) beschrieben. Mittels einer Harnstoffdosiereinrichtung 6 ist es möglich, vor oder nach dem ersten elektrischen Feld 2 Harnstoff bzw. eine Harnstoff-Wasser-Lösung dem Abgas zuzudosieren. Harnstoff bzw. Harnstoff-Wasser-Lösung wirkt hierbei als Reduktionsmittel und unterstützt ferner ein Wachstum der Rußpartikel, wodurch die Abscheidung der Partikel auf dem elektrischen Gegenpol des Katalysators 4 unterstützt wird. Wie in Figur 2 ferner dargestellt ist, können dem zweiten Katalysator ferner ein Hydrolysekatalysator 7 und ein

weiterer Oxidationskatalysator 8 zusätzlich zum bereits unter Bezugnahme auf Figur 1 beschriebenen SCR-Katalysator 5 nachgeschaltet sein. Der insbesondere das zweite elektrische Feld 3 umfassende Katalysator 4, der Hydrolysekatalysator 7, der SCR-Katalysator 5 und der Oxidationskatalysator 8 können gegebenenfalls zu einer Einheit zusammengefaßt werden, wobei es auch möglich ist, den zweiten Katalysator 4 und den Hydrolysekatalysator 7 zu einer ersten, und den SCR-Katalysator 5 und den Oxidationskatalysator 8 zu einer zweiten Einheit zusammenzufassen.

Die Ausführungsform gemäß Figur 3 unterscheidet sich von derjenigen der Figur 2 dadurch, daß auf einen Hydrolysekatalysator 7 verzichtet ist. Es ist ebenfalls denkbar, auf den Oxidationskatalysator 8 zu verzichten.

Der als Entstickungskatalysator 5 vorzugsweise verwendete SCR-Katalysator ist zweckmäßigerweise mit einem (nicht dargestellten) weiteren Harnstoff-Dosiersystem ausgebildet. Die erwähnten Katalysatoren können Katalysatoren auf metallischer oder keramischer Basis (Metallträger, Keramikmonolithen, Schüttgut, Metallschaum, Keramikschaum) sein.

25

Anschließend an die jeweils dargestellten Systeme sind ferner vorzugsweise NO_x -, HC und/oder NH_3 -Sensoren sowie ein Abgastempersensoren vorgesehen. Weiterhin erweist sich eine Temperaturmeßstelle vor oder nach dem ersten Oxidationskatalysator 1 (bzw. Plasmareaktor) als vorteilhaft. Zusätzlich kann ein NO_x -Sensor vor dem Abgasnachbehandlungssystem eingesetzt werden. Es sei ferner

darauf hingewiesen, daß auch Partikelsensoren vor oder nach dem Abgasnachbehandlungssystem oder zwischen dessen einzelnen Komponenten vorsehbar sind.

- 5 Es sei schließlich angemerkt, daß beispielsweise die Ausführungsform gemäß Figur 1 auch ohne das Vorsehen des Entstickungskatalysators 5, d.h. lediglich mit dem Oxidationskatalysator 1, dem elektrischen Feld 2 und dem zweiten Katalysator 4 als Partikelfilter einsetzbar ist.

5

Ansprüche

- 10 1. Verfahren zur Reinigung von Abgasen eines
Verbrennungsmotors mit folgenden Schritten:
- Einbringung des gasförmige und partikelförmige
Schadstoffe umfassenden Abgases in einen
Oxidationskatalysator und/oder einen Plasmareaktor zur
15 wenigstens teilweisen Oxidation der im Abgas
enthaltenen gasförmigen Schadstoffe, insbesondere
entsprechend den Reaktionen $\text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$, $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$, $\text{HC} \rightarrow \text{CO}_2$,
 - elektrische Beaufschlagung des Abgases zur
elektrischen Aufladung bzw. Polarisierung von
20 partikelförmigen Schadstoffen,
 - Abscheiden der elektrisch aufgeladenen bzw.
polarisierten partikelförmigen Schadstoffe auf einem
bezüglich der Aufladung bzw. Polarisierung
entgegengesetzten elektrischen Pol oder auf Masse
25 einer insbesondere Keramikschaum, Metallschaum oder
Schüttgut umfassenden Abscheidungseinrichtung,
insbesondere eines zweiten Katalysators, und
 - Verbrennung der so abgeschiedenen Rußpartikel mittels
des im Abgas befindlichen NO_2 .
- 30
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß
die elektrische Beaufschlagung des Abgases mittels eines

ersten elektrischen Feldes erfolgt, welches insbesondere in Form eines Plasmareaktors nach dem Prinzip der Barrierenentladung oder nach der dielektrisch behinderten Entladung arbeitet oder in Form geeigneter
5 Kondensatormittel realisiert.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Verbrennung von partikelförmigen Schadstoffen entstehendes NO mittels eines
10 nachgeschalteten Entstickungskatalysators (5) reduziert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas vor und/oder nach seiner
15 Einbringung in das erste elektrische Feld mit einem Reduktionsmittel, insbesondere Harnstoff bzw. einer Harnstoff-Wasser-Lösung oder Wasserstoff oder Sauerstoff, beaufschlagt wird.

20 5. Vorrichtung zur Reinigung von Abgasen eines Verbrennungsmotors, mit

- einem Oxidationskatalysator (1) und/oder einem Plasmareaktor zur wenigstens teilweisen Oxidation von im Abgas enthaltenen gasförmigen Schadstoffen,
- 25 - Mitteln (2) zur Erzeugung eines ersten elektrischen Feldes, in welchem in dem Abgas enthaltene partikelförmige Schadstoffe elektrisch aufladbar bzw. polarisierbar sind, und
- Mitteln (3) zur Erzeugung eines zweiten elektrischen
30 Feldes, die derart ausgebildet sind, daß die elektrisch aufgeladenen bzw. polarisierten partikelförmigen Schadstoffe auf einem bezüglich der

- Aufladung bzw. Polarisation entgegengesetzten Pol oder auf Masse einer Abscheidungseinrichtung, insbesondere eines zweiten Katalysators (4), abgeschieden werden, so daß eine Verbrennung der abgeschiedenen
- 5 partikelförmigen Schadstoffe mittels des in dem Abgas enthaltenen NO_2 durchführbar ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch Mittel zur Beaufschlagung des Abgases mit einem
- 10 Reduktionsmittel, insbesondere Harnstoff bzw. Harnstoff-Wasser-Lösung, vor und/oder nach seiner Beaufschlagung mittels des ersten elektrischen Feldes.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch
- 15 gekennzeichnet, daß der zweite Katalysator einen Hydrolysekatalysator und/oder einen Entstickungskatalysator, insbesondere einen SCR-Katalysator, und/oder einen Oxidationskatalysator aufweist.
- 20 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, gekennzeichnet durch wenigstens einen NO_x -Sensor und/oder wenigstens einen Partikelsensor und/oder wenigstens einem Temperatursensor.

FIG. 1

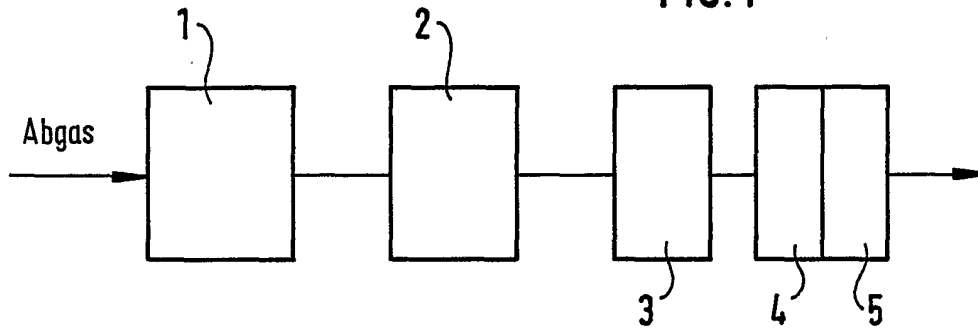


FIG. 2

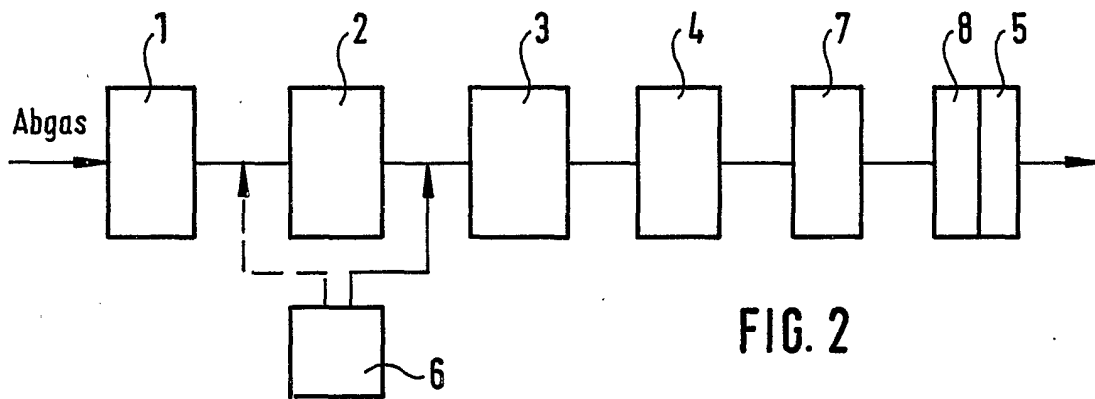
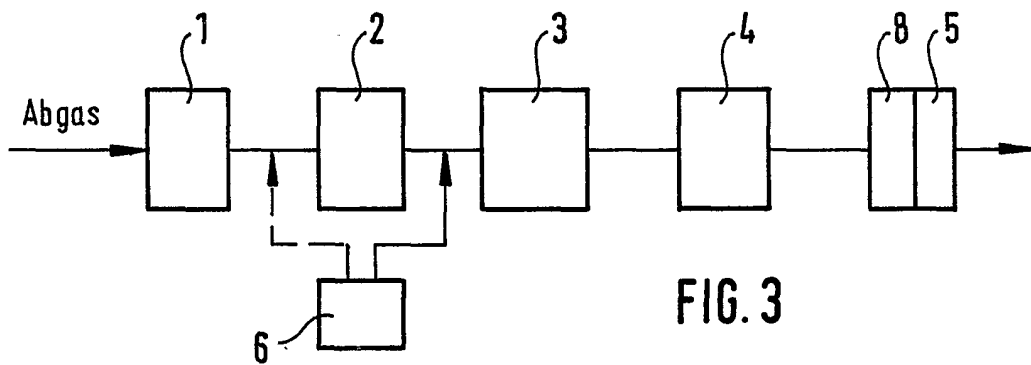


FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte.. Application No
PCT/DE 01/01261

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 B01D53/92 B01D53/94 F01N3/035

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B01D F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 038 854 A (PENETRANTE ET AL) 21 March 2000 (2000-03-21)	1-3,5,7
Y	column 13, line 15 -column 16, line 18 ---	4,6
Y	WO 00 21647 A (JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED COMPANY) 20 April 2000 (2000-04-20) page 7, line 22 -page 8, line 17 ---	4,6
X	WO 00 21646 A (JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED COMPANY) 20 April 2000 (2000-04-20) page 2, line 25 -page 4, line 18 ---	1-7
X	DE 198 26 831 A (FEV MOTORENTECHNIK GMBH) 14 October 1999 (1999-10-14) column 2, line 24 -column 4, line 53 --- -/--	1,2,8

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 July 2001

Date of mailing of the international search report

03/08/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Doolan, G

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 01/01261

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 608 619 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 3 August 1994 (1994-08-03) column 4, line 5 -column 6, line 22 -----	5-7
X	DE 196 35 231 A (SIEMENS AG) 5 March 1998 (1998-03-05) column 1, line 3 -column 1, line 16 column 3, line 15 -column 3, line 52 -----	5,7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 01/01261

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6038854 A	21-03-2000	US 5893267 A	13-04-1999
		US 5711147 A	27-01-1998
		US 6038853 A	21-03-2000
		EP 0946256 A	06-10-1999
		WO 9809699 A	12-03-1998
		US 5891409 A	06-04-1999
WO 0021647 A	20-04-2000	AU 6111799 A	01-05-2000
WO 0021646 A	20-04-2000	AU 6100699 A	01-05-2000
		EP 1117474 A	25-07-2001
DE 19826831 A	14-10-1999	JP 11324652 A	26-11-1999
		US 6185930 B	13-02-2001
EP 0608619 A	03-08-1994	DE 69314928 D	04-12-1997
		DE 69314928 T	19-03-1998
		GB 2274412 A, B	27-07-1994
		JP 3056626 B	26-06-2000
		JP 6241019 A	30-08-1994
		KR 213592 B	02-08-1999
		NO 940170 A	21-07-1994
		US 5440876 A	15-08-1995
DE 19635231 A	05-03-1998	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01261

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 IPK 7 B01D53/92 B01D53/94 F01N3/035

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 B01D F01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 038 854 A (PENETRANTE ET AL) 21. März 2000 (2000-03-21)	1-3,5,7
Y	Spalte 13, Zeile 15 -Spalte 16, Zeile 18 ---	4,6
Y	WO 00 21647 A (JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED COMPANY) 20. April 2000 (2000-04-20) Seite 7, Zeile 22 -Seite 8, Zeile 17 ---	4,6
X	WO 00 21646 A (JOHNSON MATTHEY PUBLIC LIMITED COMPANY) 20. April 2000 (2000-04-20) Seite 2, Zeile 25 -Seite 4, Zeile 18 ---	1-7
X	DE 198 26 831 A (FEV MOTORENTECHNIK GMBH) 14. Oktober 1999 (1999-10-14) Spalte 2, Zeile 24 -Spalte 4, Zeile 53 --- -/--	1,2,8

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Juli 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

03/08/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Doolan, G

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/01261

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 608 619 A (ATOMIC ENERGY AUTHORITY UK) 3. August 1994 (1994-08-03) Spalte 4, Zeile 5 -Spalte 6, Zeile 22 -----	5-7
X	DE 196 35 231 A (SIEMENS AG) 5. März 1998 (1998-03-05) Spalte 1, Zeile 3 -Spalte 1, Zeile 16 Spalte 3, Zeile 15 -Spalte 3, Zeile 52 -----	5,7

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT
Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationale Aktenzeichen

PCT/DE 01/01261

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6038854 A	21-03-2000	US 5893267 A US 5711147 A US 6038853 A EP 0946256 A WO 9809699 A US 5891409 A	13-04-1999 27-01-1998 21-03-2000 06-10-1999 12-03-1998 06-04-1999
WO 0021647 A	20-04-2000	AU 6111799 A	01-05-2000
WO 0021646 A	20-04-2000	AU 6100699 A EP 1117474 A	01-05-2000 25-07-2001
DE 19826831 A	14-10-1999	JP 11324652 A US 6185930 B	26-11-1999 13-02-2001
EP 0608619 A	03-08-1994	DE 69314928 D DE 69314928 T GB 2274412 A,B JP 3056626 B JP 6241019 A KR 213592 B NO 940170 A US 5440876 A	04-12-1997 19-03-1998 27-07-1994 26-06-2000 30-08-1994 02-08-1999 21-07-1994 15-08-1995
DE 19635231 A	05-03-1998	KEINE	