



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
16.03.2005 Patentblatt 2005/11

(51) Int Cl.7: **F01N 3/023**

(21) Anmeldenummer: **03020688.2**

(22) Anmeldetag: **11.09.2003**

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

• **Kolbeck, Christian, Dr.**
2120 Obersdorf (AT)
• **Figoutz, Siegfried**
8044 Graz (AT)

(71) Anmelder: **PS Unternehmensbeteiligungs GmbH**
8605 Kapfenberg (AT)

(74) Vertreter: **Radünz, Ingo, Dipl.-Ing.**
Schumannstrasse 100
40237 Düsseldorf (DE)

(72) Erfinder:
• **Miebach, Rolf**
50321 Brühl (DE)
• **Pelzer, Wather, Dr.**
8600 Bruck an der Mur (AT)

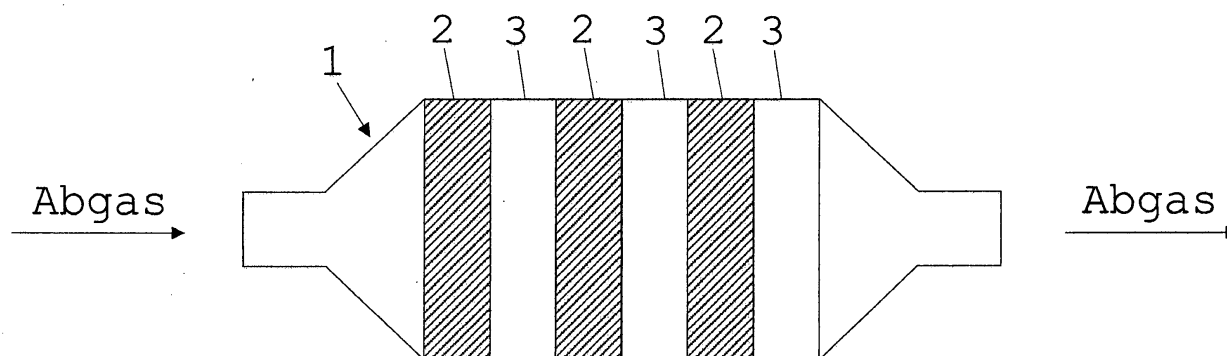
Bemerkungen:
Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86 (2)
EPÜ.

(54) **Vorrichtung zur Entfernung von Russpartikeln aus einem Abgasstrom von Verbrennungsmotoren**

(57) Es wird eine Vorrichtung zur Entfernung von Rußpartikeln aus einem Abgasstrom von Verbrennungsmotoren in einem Modul (1) durch Oxidation der temporär in einer Katalysatoranlage eingefangenen Rußpartikel mit Stickstoffdioxid (NO_2) angegeben, wobei das Stickstoffdioxid durch Oxidation des im Abgas

vorhandenen Stickstoffmonoxids (NO) an einem Katalysator in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases bei einer Temperatur oberhalb von ca. 200°C entsteht. Dabei ist in dem Modul (1) zumindest ein die Stickstoffdioxid-Konzentration im Abgas für die Oxidation der Rußpartikel erhöhender edelmetallbeschichteter offenporiger Metallschaum (2) angeordnet.

Fig. 1



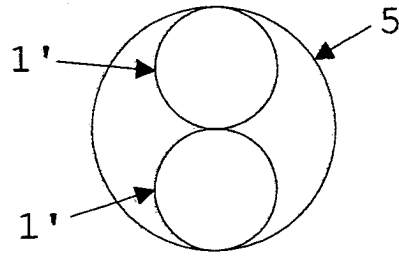


Fig. 5

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Entfernung von Rußpartikeln aus einem Abgasstrom von Verbrennungsmotoren in einem Modul (1) durch Oxidation der temporär eingefangenen Rußpartikel mit Stickstoffdioxid (NO₂), wobei das Stickstoffdioxid durch Oxidation des im Abgas vorhandenen Stickstoffmonoxids (NO) an einem Katalysator in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases bei einer Temperatur oberhalb von etwa 200°C entsteht.

[0002] Zur Absenkung der Rußpartikelemission könnten rein motorseitige Maßnahmen zur Einhaltung der weltweit immer strengeren Emissions-Grenzwerte, wie beispielsweise EURO IV / EURO V oder ULEV / SULEV, für kraftstoffbetriebene Verbrennungsmotoren lediglich mit einem wirtschaftlich nicht vertretbaren Aufwand erzielt werden. Daher kommen heute wie auch zukünftig so genannte Abgasnachbehandlungsanlagen zum Einsatz.

[0003] Grundsätzlich wird dabei zwischen zwei Verfahren zur Abgasnachbehandlung unterschieden, die sich einerseits auf die Minimierung der NO_x-Emissionen, die hier lediglich am Rande erwähnt seien, wie beispielsweise SCR-Katalysatorsysteme und NO_x-Speicherkatalysatoren, und andererseits auf die Minimierung der Rußpartikelemission konzentrieren.

[0004] Durch den Einsatz einer geeigneten Abgasnachbehandlungsanlage für Kraftfahrzeuge in Kombination mit motorseitigen Maßnahmen ist es demnach möglich, die strengen Vorschriften hinsichtlich der Rußpartikelemission und der NO_x-Emissionen einzuhalten.

[0005] So können heute beispielsweise mit klassischen Filteranlagen, wie z. B. keramischen Wall-Flow-Filtern, hinsichtlich der hier interessierenden Rußpartikel bereits Abscheidegrade von >95 % erzielt werden. Durch die Ansammlung von Rußpartikeln und von Asche aus den Motoröladditiven kommt es jedoch bei solchen Anlagen mit der Zeit zu einem unerwünschten Anstieg des Motorgegendruckes, der wiederum zu einem erhöhten Treibstoffverbrauch führt. Aus dem Grund sind derartige Filteranlagen in regelmäßigen Zeitabständen komplett zu demontieren und zu reinigen.

[0006] Weiterentwickelte Varianten derartiger Filteranlagen tragen den erwähnten Nachteilen der im Einsatz befindlichen Filteranlagen insofern Rechnung, als solche Anlagen auf der Filteroberfläche eine katalytische Beschichtung aufweisen. Durch eine derartige Beschichtung als Aktivkomponente wird die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel merklich herabgesetzt.

[0007] Die Herabsetzung der Verbrennungstemperatur der Rußpartikel ist insofern von großer Bedeutung, als die Abgase, die von neu entwickelten Verbrennungsmotoren ausgestoßen werden, immer weniger heiß sind. Bei Filteranlagen ohne katalytische Beschichtung

der Filteroberfläche liegt die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel bei ca. 580°C bis 600°C. Allerdings bleibt auch bei den Varianten derartiger Filteranlagen noch die besondere Schwierigkeit der Entfernung der gefilterten Asche bestehen.

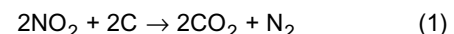
[0008] Einen weiteren Lösungsansatz zur Entfernung des im Filter angesammelten Rußes stellt die thermisch induzierte Regeneration dar. Dabei wird die Filteranlage beispielsweise mit einem Brenner oder elektrisch auf die für die Oxidation der Rußpartikel nötige Temperatur gebracht. Ein solches Verfahren geht selbstverständlich auf Kosten der Gesamtenergiebilanz des Verbrennungsmotors.

[0009] Eine andere Möglichkeit zur kontinuierlichen Entfernung der gefilterten Rußpartikel besteht darin, die Partikel durch Eindüsen eines die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzenden Additives aus dem Filtersubstrat zu entfernen. Ein solcher Lösungsansatz stellt ebenfalls keine besonders geeignete Lösung dar, weil die zugeführten Additive selbst zur Aschebildung beitragen.

[0010] Andere Lösungsansätze beschäftigen sich wiederum mit der Oxidation der gefilterten Rußpartikel mit NO₂.

[0011] Aus der EP 341832 B1 geht ein Verfahren für die Abgasnachbehandlung von schweren Lastkraftwagen hervor. Bei dem Verfahren wird das Abgas zuerst über einen Katalysator ohne Filterwirkung geleitet, um das im Abgas enthaltene Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid zu oxidieren. Das Stickstoffdioxid enthaltende Abgas wird dann zum Abbrand der in einem stromabwärts angeordneten Filter gesammelten Rußpartikel verwendet. Dabei reicht die Stickstoffdioxidmenge aus, um die Verbrennung der gefilterten Rußpartikel bei unter 400°C zu ermöglichen.

[0012] Weiter ist aus der EP 835684 A2 ein Verfahren zur Abgasnachbehandlung von Lieferwagen und Personenkraftwagen bekannt. Entsprechend dem angegebenen Verfahren wird das Abgas über zwei hintereinander angeordnete Katalysatoren geleitet. Am ersten Katalysator wird das im Abgas enthaltene Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid oxidiert. Am zweiten stromabwärts angeordneten Katalysator, der als Filter wirkt, werden dann die gesammelten Rußpartikel abgelagert und bei einer Temperatur von ca. 250°C teilweise entsprechend der Gleichung (1) zu Kohlendioxid CO₂ oxidiert und das Stickstoffdioxid NO₂ zu Stickstoff reduziert:



[0013] Demnach werden bei dem bekannten Verfahren die gefilterten Rußpartikel ohne die Verwendung eines Brenners oder elektrischen Heizelementes verbrannt, d.h. oxidiert. Dabei besteht der verwendete erste Katalysator aus einem Waben-Durchfluss-Monolithen, der mit einem Oxidationskatalysator beschichtet

ist.

[0014] Aus der DE 3407172 C2 ist eine Vorrichtung zur Abgasnachbehandlung von Dieselmotoren bekannt, die in einem Gehäuse eine Reihe von Filterelementen mit unterschiedlichem Abstand voneinander enthält. Dabei weist zumindest ein Filterelement A eine die Verbrennungstemperatur von Ruß herabsetzende Beschichtung auf. Weiter ist zumindest ein Filterelement B vorhanden, das einen die Verbrennung von schädlichen gasförmigen Substanzen unterstützenden Katalysator enthält.

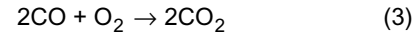
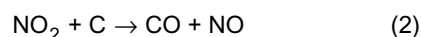
[0015] Aus der WO 99/09307 ist ein Verfahren für die Reduktion der Rußemission von schweren Lastkraftwagen bekannt. Bei dem angegebenen Verfahren wird das Abgas zur Oxidation von Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid über einen Katalysator und danach wie üblich zur Oxidation des in einem Rußfilter gesammelten Rußes geleitet. Neu bei dem angegebenen Verfahren ist, dass ein Teil des gereinigten Abgases danach über einen Kühler geleitet und mit der Ansaugluft des Dieselmotors vermischt wird.

[0016] Die bekannten Verfahren zur Abgasnachbehandlung von verbrennungsmotorisch erzeugten Abgasen weisen noch den Nachteil auf, dass jeweils Filtervorrichtungen verwendet werden, die trotz aller weiteren vorgesehenen Hilfsmaßnahmen die Gefahr mit sich bringen, irgendwann zu verstopfen.

[0017] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist darin zu sehen, eine als ständig offenes System betriebene Vorrichtung zur Abgasnachbehandlung von verbrennungsmotorisch erzeugtem Abgas zu schaffen, die als sich selbst "On-Board" regenerierende Anlage ständig offen ist und im wesentlichen ohne die sonst üblichen Filtervorrichtungen arbeitet und damit ein Verstopfen der Abgasnachbehandlungsanlage verhindert sowie gleichzeitig eine wirkungsvolle Nachbehandlung des hervorgerufenen Abgases erzielt, vor allem hinsichtlich der Entfernung der Rußpartikel aus dem zu behandelnden verbrennungsmotorisch erzeugtem Abgas.

[0018] Nach der Erfindung wird die Aufgabe bei einer gattungsgemäßen Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0019] Dabei hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, dass die in den verbrennungsmotorisch erzeugten Abgasen vorhandenen Rußpartikel mit Hilfe eines auf einer FeCr-Legierung basierenden offenporigen Metallschaumes zunächst temporär eingefangen werden. Die Rußpartikel werden dann über die so genannte Gaskatalyse entsprechend den Gleichungen (2) und (3) mit dem am edelmetallbeschichteten Metallschaum durch Rezirkulation von Stickstoffmonoxid nachhaltig erzeugten Stickstoffdioxid NO₂ oxidiert, d.h. verbrannt:



[0020] Das gemäß der Gleichung (2) entstehende Stickstoffmonoxid NO reagiert an dem edelmetallbeschichteten Metallschaum wieder zu Stickstoffdioxid NO₂ so dass von einer Mehrfachnutzung des Stickstoffmonoxids gewissermaßen durch Rezirkulation gesprochen werden kann, die eine nachhaltige Steigerung des für die Reduktion von Rußpartikeln erforderlichen und an dem edelmetallbeschichteten Metallschaum erzeugten Stickstoffdioxids NO₂ hervorruft.

[0021] Der Metallschaum zeichnet sich durch hohe thermische Oxidationsbeständigkeit, hohe Temperaturwechselbeständigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit, insbesondere gegenüber verdünnter Schwefelsäure, und mechanische Festigkeit aus.

[0022] Dabei ist der Metallschaum zumindest mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt oder einem Gemisch dieser Edelmetalle beschichtet.

[0023] Weiter ist der Metallschaum vorteilhafter Weise mit einer die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzenden Verbindung beschichtet, wobei vorzugsweise Cer-orthovanadat (CeVO₄) verwendet wird.

[0024] Als besonders vorteilhaft hat sich erwiesen, dass die beschichteten Metallschäume auch nicht von der Asche aus den Motoröladditiven inhibiert werden, da solche Asche die Metallschäume passieren kann und ausgeblasen wird, so dass die bevorzugte Vorrichtung als sich selbst regenerierendes Modul ständig offen bleibt.

[0025] Der erfindungsgemäß zum Einsatz kommende Metallschaum, dessen Geometrie nahezu frei wählbar ist, kann mit zwei unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden. Ein Verfahren beruht auf der Imprägnierung eines PU-Schaum-Precursors mit einem so genannten Slurry, der sphärische Metallpartikel mit exakt definierter Partikelgrößenverteilung enthält, und einem anschließendem Sinterprozess. Bei dem anderen Verfahren handelt es sich um ein herkömmliches Feingussverfahren.

[0026] Ein besonderer Vorteil des verwendeten offenporigen Metallschaumes im Gegensatz zu Wall-Flow-Filtern besteht insbesondere in der ungeordneten Zellgeometrie, die innerhalb kürzester Wegstrecken eine 3D-Durchmischung, d.h. eine turbulente Durchmischung, des Abgases ermöglicht. Dadurch wird der Wirkungsgrad der Katalysatorvorrichtung erhöht und ein Verstopfen verhindert.

[0027] Vorzugsweise ist der Metallschaum mit einer relativen Dichte im Bereich von 2 bis 20 % ausgebildet, wobei der Metallschaum elektrisch leitend ist.

[0028] Weiterhin ist der Metallschaum bevorzugter Weise mit einer gewissen Porenanzahl ausgestattet, die sich in einem Bereich von 3 bis 80 Poren pro inch (pores per (linear) inch) oder in der Abkürzung (ppi) befindet.

[0029] Die Edelmetallbeschichtung auf dem Metallschaum wird vorzugsweise direkt oder durch Imprägnierung eines Wash-coats mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt oder einem Gemisch dieser Edelmetalle in einer Konzentration von 1,0 g bis 2,5 g Edelmetall pro Liter Metallschaum aufgebracht. Bei einem so ausgebildeten Katalysator handelt es sich um einen Oxidationskatalysator, der in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit selbstverständlich auch Kohlenwasserstoffe (HC) einschließlich der schweren Kohlenwasserstoffe (SOF) ab ca. 200°C und Kohlenmonoxid (CO) ab ca. 150°C oxidiert.

[0030] Weiterhin sind bei der Vorrichtung vorzugsweise Metallschäume mit einer Ce(III)VO₄(Cer-orthovanadat)-Beschichtung vorgesehen, einer die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzenden katalytisch aktiven Verbindung, einer so genannten Sauerstoffspeicherverbindung. Ein solcher Katalysator setzt bei direktem Kontakt die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel auf ca. 360°C herab, so dass man von einer so genannten Festphasenkatalyse spricht.

[0031] Dabei ist auf den Metallschaum vorteilhafter Weise die für die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzende Verbindung Cer-orthovanadat mit einem Plasma-Verfahren, einem Wash-coat-Verfahren oder einem Sol-Gel-Verfahren in einer Konzentration von 1,0 g bis 25 g CeVO₄ pro Liter Metallschaum aufgebracht.

[0032] Die Anordnung der beschichteten bzw. unbeschichteten Metallschäume in dem Katalysatormodul ist dabei nahezu frei wählbar. Vorzugsweise sollte die Vorrichtung jedoch zumindest aus einem mit einem Edelmetall beschichteten Metallschaum bestehen. Durch Variation der Porenanzahl und/oder der relativen Dichte des Metallschaumes gelingt es in vorteilhafter Weise, eine über die Länge des Katalysatormodules kontinuierliche Regeneration des zu behandelnden Abgases zu erzielen.

[0033] Dabei ist die Porenanzahl der Metallschäume in Richtung des Abgasstromes variabel gestaltet. Die Porenanzahl der Metallschäume nimmt jedoch vorzugsweise stromabwärts zu. Zwischen den einzelnen oder allen Metallschäumen besteht vorteilhafter Weise ein Abstand von 0 bis 50 mm.

[0034] Darüber hinaus kann der Metallschaum besonders vorteilhaft stoffschlüssig in ein metallisches Gehäuse eingebracht werden, und zwar vorzugsweise durch Einlöten, da es sich bei dem verwendeten Metallschaum, wie bereits erwähnt, um eine metallische Verbindung handelt. Dadurch kann bei Verwendung einer stoffschlüssigen Verbindung auf den Einsatz toxikologisch äußerst bedenklicher Quellmatten verzichtet werden, die beispielsweise bei Keramikfiltern standardmäßig verwendet werden.

[0035] Eine besondere Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung besteht darin, dass die Metallschäume mit einer Lagermatte in das metallische Modul eingebracht sind.

[0036] Weiterhin kann in vorteilhafter Weise ein Modul aufgebaut werden, dass aus mehreren gleichartig ausgebildeten Modulen oder verschiedenartig ausgebildeten Modulen zusammengesetzt ist. Dabei sind die Module bevorzugter Weise parallel zur Abgasströmung angeordnet, und zwar je nach Anforderung zu zwei gleichen oder unterschiedlichen Modulen oder zu drei gleichen oder unterschiedlichen Modulen und dergleichen.

[0037] Weitere Vorteile der Erfindung sind nachstehend anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung in verkleinertem Maßstab eines Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Entfernung von verbrennungsmotorisch erzeugten Rußpartikeln nach der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung in verkleinertem Maßstab eines weiteren Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Entfernung von verbrennungsmotorisch erzeugten Rußpartikeln nach der Erfindung;

Fig. 3 eine schematische Darstellung in verkleinertem Maßstab eines anderen Ausführungsbeispiels einer Vorrichtung zur Entfernung von verbrennungsmotorisch erzeugten Rußpartikeln nach der Erfindung;

Fig. 4 eine schematische Darstellung in verkleinertem Maßstab einer Ausführung aus zwei parallel angeordneten Modulen gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 einer Vorrichtung zur Entfernung von verbrennungsmotorisch erzeugten Rußpartikeln nach der Erfindung und

Fig. 5 einen Querschnitt in verkleinertem Maßstab entlang dem Schnitt A-B entsprechend der Fig. 4.

[0038] In Fig. 1 ist ein vom Abgas durchströmtes Modul 1 dargestellt, bei dem Metallschäume 2, 3 abwechselnd hintereinander angeordnet sind. Dabei sind die Metallschäume abwechselnd mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt oder einem Gemisch dieser Edelmetalle beschichtet oder unbeschichtet. Vorteilhafterweise sind die beschichteten Metallschäume 2 jeweils stromaufwärts vor den unbeschichteten Metallschäumen 3 in Abgasströmung angeordnet, die jeweils Rußpartikel temporär einfangen.

[0039] Eine andere Anordnung der Metallschäume 2, 3, d.h. die Einfügung der unbeschichteten Metallschäume 3 jeweils stromaufwärts vor den beschichteten Metallschäumen 2 in Abgasströmung ist je nach Anforderung durchführbar.

[0040] Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 zeigt das Modul 1, bei dem lediglich mit Edelmetall beschichtete Metallschäume 2 angeordnet sind, die selbst Rußpartikel temporär einfangen.

[0041] Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 zeigt das Modul 1, bei dem abwechselnd mit Edelmetall beschichtete Metallschäume 2 und mit einer die Verbrennungstemperatur von Rußpartikeln herabsetzenden Verbindung beschichtete Metallschäume 4 angeordnet sind. Dabei sind vorteilhafter Weise die jeweiligen mit Edelmetall beschichteten Metallschäume 2 stromaufwärts vor den mit einer die Verbrennungstemperatur von Rußpartikeln herabsetzenden Verbindung beschichteten Metallschäume 4 in Abgasströmung angebracht, die jeweils Rußpartikel temporär einfangen.

[0042] Eine andere Anordnung der Metallschäume 2, 4, d.h. die Einfügung der mit einer die Verbrennungstemperatur von Rußpartikeln herabsetzenden Verbindung beschichteten Metallschäume 4 jeweils stromaufwärts vor den edelmetallbeschichteten Metallschäumen 2 in Abgasströmung ist je nach Anforderung auch wählbar.

[0043] Bei der so ausgebildeten Ausführung wird der eingefangene Ruß zusätzlich durch direkten Kontakt mit der oberflächlich aufgetragenen als Katalysator wirkenden Beschichtung oxidiert. Die aufgetragene Beschichtung besteht dabei aus einer Sauerstoffspeicherverbindung, wie beispielsweise Cer-orthovanadat Ce(III)VO_4 .

[0044] In Fig. 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel mit einem Modul 5 dargestellt, das aus zwei parallel angeordneten Modulen 1' gemäß dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 aufgebaut ist, bei dem allerdings der konisch auslaufende Einlassbereich für das Abgas und der konisch zulaufende Auslassbereich für das Abgas entfallen sind. Bei einer solchen Ausführung durchströmt das Abgas jeweils die parallel angeordneten Module 1' wie im Zusammenhang mit Fig. 1 angegeben. Dabei sind die Metallschäume 2, 3 abwechselnd mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt oder einem Gemisch dieser Edelmetalle beschichtet oder unbeschichtet. Vorteilhafterweise sind die beschichteten Metallschäume 2 jeweils stromaufwärts vor den unbeschichteten Metallschäumen 3 in Abgasströmung angeordnet.

[0045] Eine andere Anordnung der Metallschäume 2, 3, d.h. die Einfügung der unbeschichteten Metallschäume 3 jeweils stromaufwärts vor den beschichteten Metallschäumen 2 in Abgasströmung ist je nach Anforderung ebenfalls wählbar.

[0046] Weiterhin sind nicht lediglich zwei parallel angeordnete Module 1' in dem Modul 5 vorzusehen, sondern entsprechend den gestellten Anforderungen sind auch mehrere Module 1' in dem Modul 5 zur Steigerung des Wirkungsgrades in vorteilhafter Weise unterzubringen.

[0047] Die Fig. 5 zeigt einen Querschnitt durch das in Fig. 4 dargestellte Modul 5 entlang der Schnittlinie A-B, wobei jeweils ein Modul 1' parallel zur Abgasströmung angeordnet und vom Abgas durchströmt wird.

[0048] Die parallele Anordnung und die Anzahl der Module 1' in dem Modul 5 kann nahezu beliebig an die jeweilige Motorleistung angepasst werden. Dabei kann

dem erforderlichen Wirkungsgrad hinsichtlich der Entfernung von Rußpartikeln aus dem verbrennungsmotorisch erzeugten Abgasstrom vorteilhaft Rechnung getragen werden, und zwar durch die Art der Edelmetallbeschichtung oder Edelmetallbeladung, die geometrische Oberfläche des Metallschaumes und die Anzahl der beschichteten Metallschäume.

[0049] So konnten beispielsweise Emissionsreduktionen für Rußpartikel von ca. 85 % bis 90 % erzielt werden, ohne dabei die geforderten zulässigen Stickstoffdioxid-Grenzwerte zu überschreiten.

[0050] Darüber hinaus kann der Wirkungsgrad für die Reduktion der Rußpartikelemission durch eine thermisch induzierte Regeneration noch weiter erhöht werden, wie diese beispielsweise mit einem Brenner oder einer elektrischen Energieeinkopplung durch eine Widerstandsheizung erreicht werden kann.

[0051] Die thermisch induzierte Regeneration kann auch durch Oxidation von spät in den Verbrennungsmotor eingespritztem Kraftstoff erfolgen, einer so genannten Nacheinspritzung, durch welche die Abgastemperatur zunächst von ca. 150 bis 200°C auf ca. 400°C angehoben werden kann.

[0052] Zusätzlich gelingt es durch Oxidation von motorisch nachhaltig erzeugten Kohlenwasserstoffen (CH) am edelmetallbeschichteten Metallschaum oder Oxidationskatalysator die Temperatur im Modul um weitere ca. 200°C auf letztendlich die für die Rußpartikelverbrennung erforderliche Temperatur von ca. 600°C zu erhöhen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Entfernung von Rußpartikeln aus einem Abgasstrom von Verbrennungsmotoren in einem Modul (1) durch Oxidation der temporär in einer Katalysatoranlage eingefangenen Rußpartikel mit Stickstoffdioxid (NO_2), wobei das Stickstoffdioxid durch Oxidation des im Abgas vorhandenen Stickstoffmonoxids (NO) an einem Katalysator in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases bei einer Temperatur oberhalb von ca. 200°C entsteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem Modul (1) zumindest ein die Stickstoffdioxid-Konzentration im Abgas für die Oxidation der Rußpartikel erhöhender edelmetallbeschichteter offenerporiger Metallschaum (2) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der edelmetallbeschichtete Metallschaum (2) die Eigenschaft aufweist, das Stickstoffmonoxid (NO) zu rezirkulieren und dadurch mehrfach zu nutzen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) aus einer FeCr-Legierung für eine hohe thermische Oxidati-

onsbeständigkeit, hohe Temperaturwechselbeständigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit und hohe mechanische Festigkeit besteht.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2) zumindest mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt oder einem Gemisch dieser Edelmetalle beschichtet ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (4) mit einer die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzenden Verbindung beschichtet ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (4) mit der die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzenden Verbindung aus Cer-orthovanadat (CeVO_4) beschichtet ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Modul (1) als offenes, sich selbst regenerierendes Modul ausgebildet ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einem Pulversinterverfahren oder einem Feingussverfahren hergestellt ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer eine 3D-Durchströmung hervorruhenden unregelmäßigen Zellgeometrie mit einer Mischerfunktion ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer relativen Dichte im Bereich von 2 bis 20 % ausgebildet ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer Porenanzahl in einem Bereich von 3 bis 80 ppi ausgebildet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer frei wählbaren Geometrie ausgebildet ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) elektrisch leitend ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2) direkt oder durch Imprägnierung eines Wash-coats mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt

oder einem Gemisch dieser Edelmetalle in einer Konzentration von 1,0 g - 2,5 g Edelmetall pro Liter Metallschaum beschichtet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf den Metallschaum (4) die für die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzende Verbindung Cer-orthovanadat mit einem Plasma-Verfahren, einem Wash-coat-Verfahren oder einem Sol-Gel-Verfahren in einer Konzentration von 1,0 g - 25 g CeVO_4 /Liter Metallschaum aufgebracht ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Porenanzahl der Metallschäume (2, 3, 4) in Richtung des Abgasstromes variiert gestaltet ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Porenanzahl der Metallschäume (2, 3, 4) in Richtung des Abgasstromes zunimmt.
18. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einzelnen oder allen Metallschäumen (2, 3, 4) ein Abstand von 0-50 mm besteht.
19. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallschäume (2, 3, 4) mit einem Lötprozess stoffschlüssig in das metallische Modul (1) eingebracht sind.
20. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallschäume (2, 3, 4) mit einer Lagermatte in das metallische Modul (1) eingebettet sind.
21. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Modul (5) aus mehreren gleichartig aufgebauten Modulen (1) oder verschiedenartig aufgebauten Modulen ausgebildet ist.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren gleichartig aufgebauten Module (1) oder verschiedenartig aufgebauten Module in dem Modul (5) parallel zur Abgasströmung angeordnet sind.

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 86(2) EPÜ.

1. Vorrichtung zur Entfernung von Rußpartikeln aus einem Abgasstrom von Verbrennungsmotoren in einem Modul (1) durch Oxidation der temporär in einer Katalysatoranlage eingefangenen Rußpartikel mit Stickstoffdioxid (NO_2), wobei das Stickstoffdi-

oxid durch Oxidation des im Abgas vorhandenen Stickstoffmonoxids (NO) an einem Katalysator in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des Abgases bei einer Temperatur oberhalb von ca. 200°C entsteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Modul (1) als offenes, sich selbst regenerierendes Modul ausgebildet ist, dass in dem Modul (1) offene porige Metallschäume (2, 3, 4) angeordnet sind, dass in dem Modul (1) mindestens ein die Stickstoffdioxid-Konzentration im abgas für die Oxidation der Rußpartikel erhöhender edelmetallbeschichteter offener poriger Metallschaum (2) vorgesehen ist, dass die edelmetallbeschichteten offener porigen Metallschäume (2) allein oder in alternierender Anordnung zu den unbeschichteten (3) und/oder beschichteten (4) Metallschäumen angebracht sind, dass die angeordneten edelmetallbeschichteten offener porigen Metallschäume (2) derart ausgebildet sind, dass das an den mindestens zwei vorgesehenen edelmetallbeschichteten Metallschäumen (2) bei der Oxidation der Rußpartikel entstehende Stickstoffmonoxid (NO) wieder zu Stickstoffdioxid (NO₂) reagiert und dadurch mehrfach genutzt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) aus einer FeCr-Legierung für eine hohe thermische Oxidationsbeständigkeit, hohe Temperaturwechselbeständigkeit, hohe Korrosionsbeständigkeit und hohe mechanische Festigkeit besteht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2) zumindest mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt oder einem Gemisch dieser Edelmetalle beschichtet ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (4) mit einer die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzenden Verbindung beschichtet ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (4) mit der die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzenden Verbindung aus Cer-orthovanadat (CeVO₄) beschichtet ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einem Pulversinterverfahren oder einem Feingussverfahren hergestellt ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer 3D-Durchströmung hervorruhenden unregelmäßigen Zellgeometrie mit einer Mischerfunktion

ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer relativen Dichte im Bereich von 2 bis 20 % ausgebildet ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer Porenanzahl in einem Bereich von 3 bis 80 ppi ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) mit einer frei wählbaren Geometrie ausgebildet ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2, 3, 4) elektrisch leitend ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Metallschaum (2) direkt oder durch Imprägnierung eines Wash-coats mit einem Edelmetall aus der Gruppe Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt oder einem Gemisch dieser Edelmetalle in einer Konzentration von 0,1 g - 5,0 g Edelmetall pro Liter Metallschaum beschichtet ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf den Metallschaum (4) die für die Verbrennungstemperatur der Rußpartikel herabsetzende Verbindung Cer-orthovanadat mit einem Plasma-Verfahren, einem Wash-coat-Verfahren oder einem Sol-Gel-Verfahren in einer Konzentration von 0,1 g - 25 g CeVO₄/Liter Metallschaum aufgebracht ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Porenanzahl der Metallschäume (2, 3, 4) in Richtung des Abgasstromes variiert gestaltet ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Porenanzahl der Metallschäume (2, 3, 4) in Richtung des Abgasstromes zunimmt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen einzelnen oder allen Metallschäumen (2, 3, 4) ein Abstand von 0-50 mm besteht.

17. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallschäume (2, 3, 4) mit einem Lötprozess stoffschlüssig in das metallische Modul (1) eingebracht sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch ge-**

kennzeichnet, dass die Metallschäume (2, 3, 4) mit einer Lagermatte in das metallische Modul (1) eingebettet sind.

19. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Modul (5) aus mehreren gleichartig aufgebauten Modulen (1') oder verschiedenartig aufgebauten Modulen ausgebildet ist. 5

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren gleichartig aufgebauten Module (1') oder verschiedenartig aufgebauten Module in dem Modul (5) parallel zur Abgasströmung angeordnet sind. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

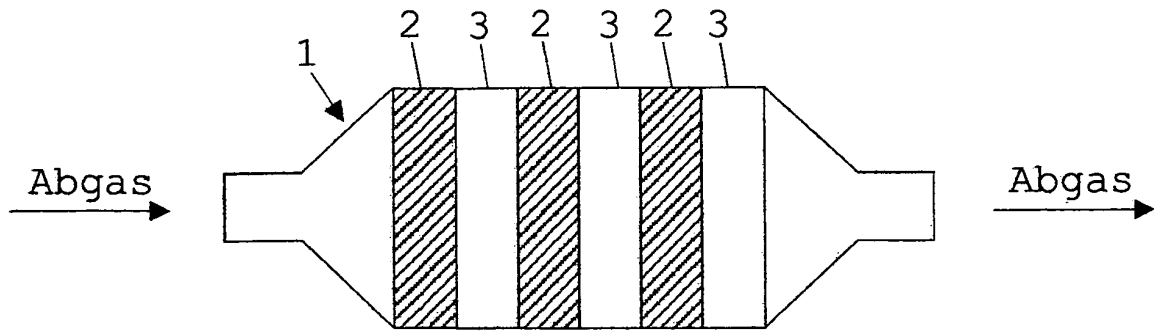


Fig. 1

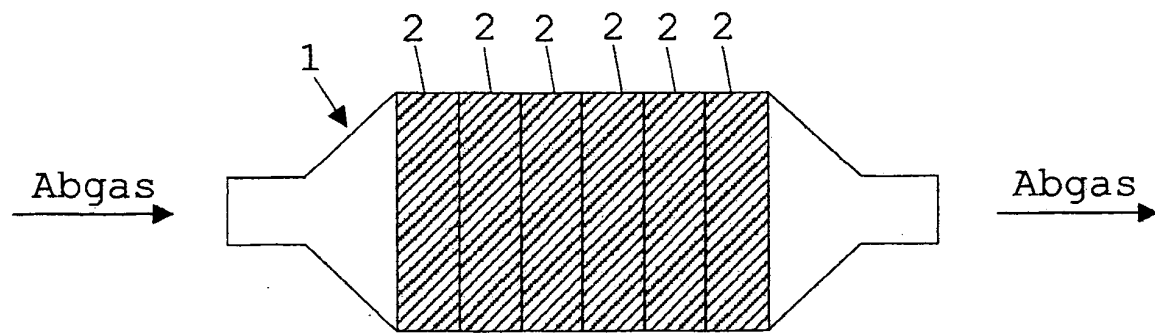


Fig. 2

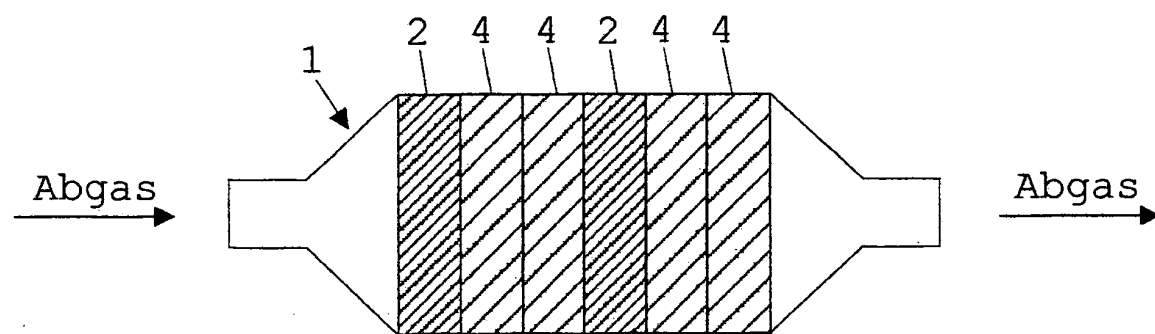
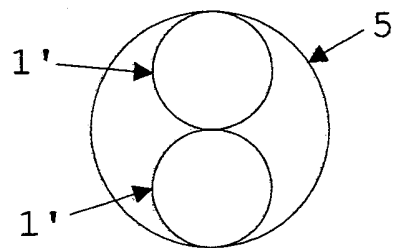
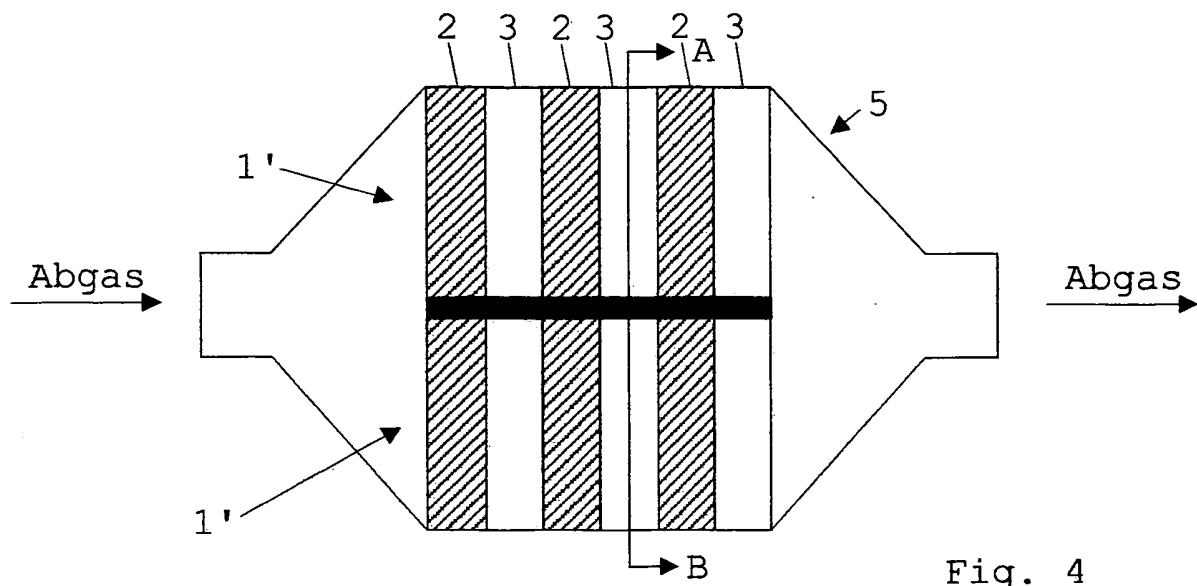


Fig. 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 02 0688

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 1 065 352 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 3. Januar 2001 (2001-01-03) * Seite 3, Absätze 13-17,20,21,23 * * Seite 4, Zeile 45, Absatz 55 * * Seite 5, Zeile 25,26 * * Seite 6, Absätze 48,49 * * Seite 8, Absätze 62,63 * * Abbildungen 1,5 * ---	1-5, 7-14, 18-21	F01N3/023
X	EP 1 251 248 A (OMG AG & CO KG) 23. Oktober 2002 (2002-10-23) * Spalte 3, Absätze 22,28 * * Spalte 4, Zeile 32 * * Spalte 5, Absätze 40,41,44,45,47 * * Spalte 6, Zeile 3,4,14-18; Abbildungen 1,2 *	1,2,4,7, 21	
Y		3,5,8,9, 13,14, 16,18-20	
Y	DE 37 31 889 A (MOTOTECH MOTOREN UMWELTSCHUTZ) 29. Juni 1989 (1989-06-29) * Spalte 2, Zeile 21-25 * ---	3,5,8,9, 13,14, 16,18-20	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) F01N
X	DE 37 29 683 A (MOTOTECH MOTOREN UMWELTSCHUTZ) 30. März 1989 (1989-03-30) * Spalte 2, Zeile 60,61 * * Ansprüche 2,3,11 * * Spalte 3, Zeile 48-59 * * Spalte 4, Zeile 51-53,64,65 * * Spalte 5, Zeile 5-9,39-42; Abbildung 1 * ---	1-3	
X	DE 100 20 555 A (BOSCH GMBH ROBERT) 31. Oktober 2001 (2001-10-31) * Spalte 3, Zeile 22,23,39,41,42,49-52 * * Spalte 4, Zeile 30,65-68 * ---	1	
	-/--		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 6. Januar 2004	Prüfer Boye, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 02 0688

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A	US 5 993 502 A (FUNAKOSHI JUN ET AL) 30. November 1999 (1999-11-30) * Zusammenfassung; Abbildung 1B *	1	
A	--- PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 08, 6. August 2003 (2003-08-06) & JP 2003 097261 A (AISIN TAKAOKA LTD; TOYOTA MOTOR CORP), 3. April 2003 (2003-04-03) * Zusammenfassung *	1,21,22	
A	--- DE 37 29 126 A (MOTOTECH MOTOREN UMWELTSCHUTZ) 6. April 1989 (1989-04-06) * Zusammenfassung *	1,3	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 6. Januar 2004	Prüfer Boye, M
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

1
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 03 02 0688

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

06-01-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1065352 A	03-01-2001	JP 2001073742 A CA 2312609 A1 EP 1065352 A2	21-03-2001 29-12-2000 03-01-2001
EP 1251248 A	23-10-2002	EP 1251248 A1 EP 1251249 A2 JP 2003035129 A US 2002170433 A1	23-10-2002 23-10-2002 07-02-2003 21-11-2002
DE 3731889 A	29-06-1989	DE 3729126 A1 DE 3731889 A1	06-04-1989 29-06-1989
DE 3729683 A	30-03-1989	DE 3729683 A1	30-03-1989
DE 10020555 A	31-10-2001	DE 10020555 A1 WO 0180977 A1	31-10-2001 01-11-2001
US 5993502 A	30-11-1999	JP 10028826 A JP 3346991 B2 JP 10080613 A CA 2190238 A1 EP 0819459 A1 US 5925156 A	03-02-1998 18-11-2002 31-03-1998 15-01-1998 21-01-1998 20-07-1999
JP 2003097261 A	03-04-2003	KEINE	
DE 3729126 A	06-04-1989	DE 3729126 A1 DE 3731889 A1	06-04-1989 29-06-1989

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82