(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
27. Juni 2019 (27.06.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/121365 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
B01J 37/02 (2006.01) *B01D 53/94* (2006.01)
B01J 35/00 (2006.01) *F01N 3/10* (2006.01)
B01J 23/63 (2006.01) *F01N 3/035* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/084883

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Dezember 2018 (14.12.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
17208613.4 19. Dezember 2017 (19.12.2017) EP

(71) Anmelder: **UMICORE AG & CO. KG** [DE/DE]; Rodenbacher Chaussee 4, 63457 Hanau-Wolfgang (DE).

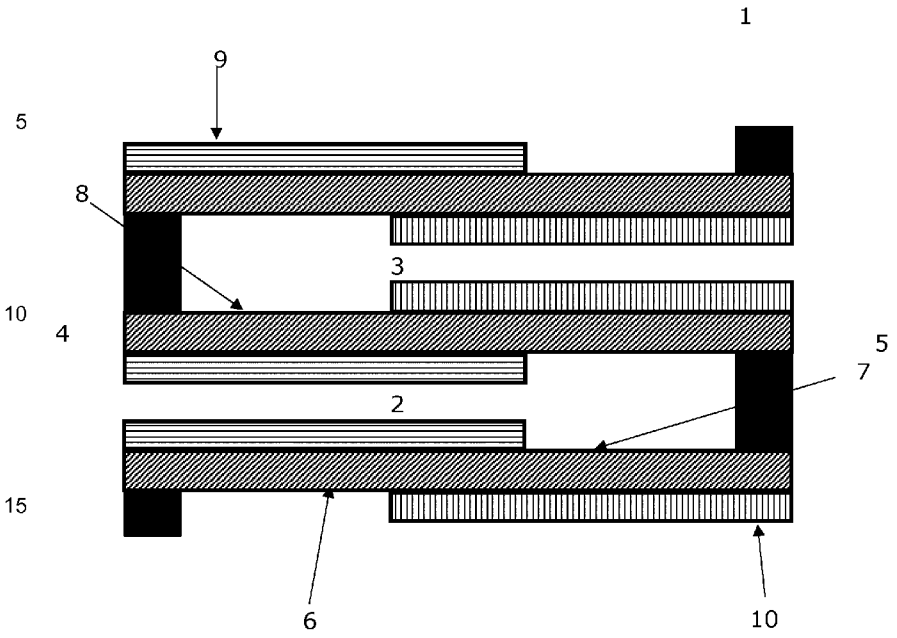
(72) Erfinder: **SCHOENHABER, Jan**; Heinrich-Fuhr-Stasse 19, 64287 Darmstadt (DE). **DEIBEL, Naina**; Sudetenstrasse 17, 64319 Pfungstadt (DE). **ROESCH, Martin**; Olmuetzer Strasse 2 A, 63110 Rodgau (DE). **SPIESS, Stephanie**; Wenckstrasse 1, 64289 Darmstadt (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(54) **Title:** CATALYTICALLY ACTIVE PARTICULATE FILTER

(54) **Bezeichnung:** KATALYTISCH AKTIVES PARTIKELFILTER

Figur 1



(57) **Abstract:** The present invention relates to a particulate filter which comprises a wall flow filter of length L and two different catalytically active coatings Y and Z, wherein the wall flow filter comprises channels E and A that extend in parallel between a first and a second end of the wall flow filter and are separated by porous walls which form the surfaces O_E and O_A, respectively, and wherein the channels E are closed at the second end and the channels A are closed at the first end. The invention is characterized in that the coating Y is located in the channels E on the surfaces O_E and the coating Z is located in the channels A on the surfaces O_A.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Partikelfilter, das ein Wandflussfilter der Länge L und zwei

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2019/121365 A1

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

unterschiedliche katalytisch aktive Beschichtungen Y und Z umfasst, wobei das Wandflussfilter Kanäle E und A umfasst, die sich parallel zwischen einem ersten und einem zweiten Ende des Wandflussfilters erstrecken und die durch poröse Wände getrennt sind, die Oberflächen O_E bzw. O_A bilden und wobei die Kanäle E am zweiten Ende und die Kanäle A am ersten Ende verschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, dass sich Beschichtung Y in den Kanälen E auf den Oberflächen O_E und Beschichtung Z in den Kanälen A auf den Oberflächen O_A befindet.

Katalytisch aktives Partikelfilter

Die vorliegende Erfindung betrifft ein katalytisch aktives Partikelfilter, das sich insbesondere für die Entfernung von Partikeln, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden aus dem Abgas von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoff-Gemisch betriebenen Verbrennungsmotoren eignet.

Abgase von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoff-Gemisch betriebenen Verbrennungsmotoren, also Benzinmotoren, werden in herkömmlichen Verfahren mit Hilfe von Dreiwege-Katalysatoren gereinigt. Diese sind in der Lage, die drei wesentlichen gasförmigen Schadstoffe des Motors, nämlich Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Stickoxide, gleichzeitig zu unschädlichen Komponenten umzusetzen.
Neben diesen gasförmigen Schadstoffen enthält das Abgas von Benzinmotoren aber auch feinste Partikel (PM), die aus der unvollständigen Verbrennung des Kraftstoffs resultieren und im Wesentlichen aus Ruß bestehen. Im Unterschied zur Partikelemission von Dieselmotoren sind die Partikel im Abgas stöchiometrisch betriebener Verbrennungsmotoren sehr klein und weisen eine durchschnittliche Partikelgröße kleiner 1 µm auf. Typische Partikelgrößen liegen im Bereich 10 bis 200 nm. Des Weiteren ist die emittierte Partikelmenge sehr gering und bewegt sich im Bereich von 2 bis 4 mg/km.

Mit der europäischen Abgasnorm EU-6c ist eine Umstellung des Grenzwertes für solche Partikel vom Partikelmassengrenzwert auf einen kritischeren Partikelzahlgrenzwert von 6×10^{11}/km (im Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycle – WLTP) verbunden. Damit entsteht Bedarf nach Abgasreinigungskonzepten für stöchiometrisch betriebene Verbrennungsmotoren, die effektiv arbeitende Einrichtungen zur Entfernung von Partikeln umfassen.

Im Bereich der Reinigung von Abgas von mager betriebenen Motoren, also insbesondere von Dieselmotoren, haben sich Wandflussfilter aus

keramischen Materialien, wie z.B. Siliciumcarbid, Aluminiumtitanat und Cordierit bewährt. Diese sind aus einer Vielzahl von parallelen Kanälen aufgebaut, die durch poröse Wände gebildet werden. Die Kanäle sind wechselseitig an einem der beiden Enden des Filters verschlossen, so dass Kanäle A gebildet werden, die an der ersten Seite des Filters offen und auf der zweiten Seite des Filters verschlossen sind, sowie Kanäle B, die an der ersten Seite des Filters verschlossen und auf der zweiten Seite des Filters offen sind. Das beispielsweise in die Kanäle A einströmende Abgas kann den Filter nur über die Kanäle B wieder verlassen, und muss zu diesem Zweck durch die porösen Wände zwischen den Kanälen A und B durchfließen. Beim Durchtritt des Abgases durch die Wand werden die Partikel zurückgehalten und das Abgas gereinigt.

Die so zurückgehaltenen Partikel müssen nachfolgend abgebrannt bzw. oxidiert werden, um ein Verstopfen des Filters bzw. einen inakzeptablen Anstieg des Gegendrucks des Abgassystems zu verhindern. Zu diesem Zweck wird beispielsweise das Wandflussfilter mit katalytisch aktiven Beschichtungen versehen, die die Zündtemperatur von Ruß herabsetzen. Es ist bereits bekannt, solche Beschichtungen auf die porösen Wände zwischen den Kanälen aufzubringen (sogenannte auf-Wand-Beschichtung) oder in die porösen Wände einzubringen (sogenannte in-Wand-Beschichtung). Die EP 1 657 410 A2 beschreibt auch bereits eine Kombination beider Beschichtungsarten, d.h. ein Teil des katalytisch aktiven Materials liegt in den porösen Wänden und ein anderer Teil auf den porösen Wänden vor.

Das Konzept, Partikel mittels Wandflussfiltern aus dem Abgas zu entfernen, ist bereits auf die Reinigung von Abgas von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoff-Gemisch betriebenen Verbrennungsmotoren übertragen worden, siehe zum Beispiel die EP 2042226 A2. Gemäß deren Lehre trägt ein Wandflussfilter zwei übereinander angeordnete Schichten, wobei eine in der porösen Wand und die andere auf der porösen Wand angeordnet sein kann.

Ein ähnliches Konzept verfolgt die DE 102011050788 A1. Dort enthalten die porösen Filterwände ein Katalysatormaterial eines Drei-Wege-Katalysators, während zusätzlich ein Katalysatormaterial eines Drei-Wege-Katalysators auf Teilbereiche der Filterwände aufgebracht ist.

Weitere Dokumente, die mit katalytisch aktiven Beschichtungen versehene Filtersubstrate beschreiben, sind EP 3205388 A1, EP 3207977 A1, EP 3207978 A1, EP 3207987 A1, EP 3207989 A1, EP 3207990 A1 und EP 3162428 A1.

Es besteht weiter Bedarf nach katalytisch aktiven Partikelfiltern, die die Funktionalitäten eines Partikelfilters und eines Dreiwegekatalysators vereinen und dabei die künftig geltenden Grenzwerte einzuhalten erlauben.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Partikelfilter zur Entfernung von Partikeln, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden aus dem Abgas von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoffgemisch betriebenen Verbrennungsmotoren, das ein Wandflussfilter der Länge L und zwei unterschiedliche Beschichtungen Y und Z umfasst, wobei das Wandflussfilter Kanäle E und A umfasst, die sich parallel zwischen einem ersten und einem zweiten Ende des Wandflussfilters erstrecken und die durch poröse Wände getrennt sind, die Oberflächen O_E bzw. O_A bilden und wobei die Kanäle E am zweiten Ende und die Kanäle A am ersten Ende verschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, dass sich Beschichtung Y in den Kanälen E auf den Oberflächen O_E befindet und sich ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters auf einer Länge von 51 bis 90 % der Länge L erstreckt und sich Beschichtung Z in den Kanälen A auf den Oberflächen O_A befindet und sich ausgehend vom zweiten Ende des Wandflussfilters auf einer Länge von 51 bis 90 % der Länge L erstreckt.

Die Beschichtungen Y und Z sind Dreiwege-katalytisch aktiv, insbesondere bei Betriebstemperaturen von 250 bis 1100 °C. Sie sind verschieden voneinander, beide enthalten aber üblicherweise ein oder mehrere

Edelmetalle, die auf einem oder mehreren Trägermaterialien fixiert sind, sowie eine oder mehrere Sauerstoffspeicherkomponenten.

Die Beschichtungen Y und Z können sich hinsichtlich der enthaltenen Komponenten unterscheiden. So können sie sich beispielsweise hinsichtlich der enthaltenen Edelmetalle oder hinsichtlich der enthaltenen Sauerstoffspeicherkomponenten unterscheiden.

Sie können aber auch identische Bestandteile enthalten, diese müssen dann aber in unterschiedlichen Mengen vorliegen.

Als Edelmetalle kommen insbesondere Platin, Palladium und Rhodium in Frage, wobei Palladium, Rhodium oder Palladium und Rhodium bevorzugt und Palladium und Rhodium besonders bevorzugt sind.

Bezogen auf das erfindungsgemäße Partikelfilter ist der Anteil von Rhodium am gesamten Edelmetallgehalt insbesondere größer als 10 Gew.-%. In einer bevorzugten Ausführungsform befinden sich 50-100% des gesamten Rhodiumanteils in der Schicht Y und 50-100% des gesamten Palladiumanteils in der Schicht Z. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform befinden sich 75-100% des gesamten Rhodiumanteils in der Schicht Y und 75-100% des gesamten Palladiumabteils in der Schicht Z. Die Edelmetalle werden üblicherweise in Mengen von 0,15 bis 5 g/l, bezogen auf das Volumen des Wandflussfilters eingesetzt.

Die porösen Wände des erfindungsgemäßen Partikelfilters selbst sind bevorzugt frei von Edelmetallen. Im Rahmen der Erfindung kann es vorkommen, dass etwas Washcoat der Schichten Y und Z beim Beschichten in die Oberflächenporen des Wandflussfilters eindringt. Erfindungsgemäß ist dies jedoch soweit wie möglich zu vermeiden. Generell liegt die Menge an Washcoat, welche in die oberflächigen Regionen der porösen Filterwand eindringt bei <20% mehr bevorzugt bei <10% und ganz bevorzugt bei <5% bezogen auf das Gewicht des verwendeten Washcoats.

Da es sich vorliegend um Aufwandbeschichtungen handelt, weisen diese eine gewisse Erhebung über die Wandoberfläche auf. Die Dicke der beiden Schichten liegt aber in der Regel zwischen 5 – 250 µm, vorzugsweise 7,5 – 225 µm und ganz bevorzugt zwischen 10 – 200 µm, wobei die Dicke der Schicht bevorzugt in der Mitte eines jeweiligen Kanals bestimmt wird und nicht in den Ecken. Zur Bestimmung der Schichtdicke eignen sich dem Fachmann bekannte, gängige Analysemethoden, wie zum Beispiel Rasterelektronenmikroskopie.

Als Trägermaterialien für die Edelmetalle kommen alle dem Fachmann für diesen Zweck geläufigen Materialien in Betracht. Solche Materialien sind insbesondere Metalloxide mit einer BET-Oberfläche von 30 bis 250 m^2/g, bevorzugt von 100 bis 200 m^2/g (bestimmt nach DIN 66132 – am Anmeldetag). Besonders geeignete Trägermaterialien für die Edelmetalle sind ausgewählt aus der Reihe bestehend aus Aluminiumoxid, dotiertes Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Titandioxid und Mischoxiden aus einem oder mehreren davon.

Dotierte Aluminiumoxide sind beispielsweise Lanthanoxid-, Zirkoniumoxid- und/oder Titanoxid-dotierte Aluminiumoxide. Mit Vorteil wird Lanthan-stabilisiertes Aluminiumoxid eingesetzt, wobei Lanthan in Mengen von 1 bis 10 Gew.-%, bevorzugt 3 bis 6 Gew.-%, jeweils berechnet als La_2O_3 und bezogen auf das Gewicht des stabilisierten Aluminiumoxides, verwendet wird.

Als Sauerstoffspeicherkomponenten kommen insbesondere Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxide in Frage. Der Begriff „Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxid" im Sinne vorliegender Erfindung schließt physikalische Mischungen aus Ceroxid, Zirkoniumoxid und Seltenerdoxid aus. Vielmehr sind „Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxide" durch eine weitgehend homogene, dreidimensionale Kristallstruktur gekennzeichnet, die idealerweise frei ist von Phasen aus reinem Ceroxid, Zirkoniumoxid bzw.

Seltenerdoxid. Je nach Herstellungsverfahren können aber auch nicht vollständig homogene Produkte entstehen, die in der Regel ohne Nachteil verwendet werden können.

Im Übrigen umfasst der Begriff Seltenerdmetall bzw. Seltenerdmetalloxid im Sinne vorliegender Erfindung kein Cer bzw. kein Ceroxid.

Als Seltenerdmetalloxide in den Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxiden kommen beispielsweise Lanthanoxid, Yttriumoxid, Praseodymoxid, Neodymoxid und/oder Samariumoxid in Betracht.
Bevorzugt sind Lanthanoxid, Yttriumoxid und/oder Praseodymoxid.
Besonders bevorzugt sind Lanthanoxid und/oder Yttriumoxid und ganz besonders bevorzugt sind Lanthanoxid und Yttriumoxid, Yttriumoxid und Praseodymoxid, sowie Lanthanoxid und Praseodymoxid.
In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind die Sauerstoffspeicherkomponenten frei von Neodymoxid.

Erfindungsgemäß kann das Masseverhältnis von Ceroxid zu Zirkoniumoxid in den Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxiden in weiten Grenzen variieren. Es beträgt beispielsweise 0,1 bis 1,5, bevorzugt 0,2 bis 1 oder 0,3 bis 0,5.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfasst Beschichtung Y eine Sauerstoffspeicherkomponente mit einem Gehalt an Ceroxid von 20 bis 40 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Sauerstoffspeicherkomponente.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung umfasst Beschichtung Z eine Sauerstoffspeicherkomponente mit einem Gehalt an Ceroxid von 30 bis 60 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Sauerstoffspeicherkomponente.

Lanthanoxid enthaltende Sauerstoffspeicherkomponenten weisen insbesondere ein Masseverhältnis von Lanthanoxid zu Ceroxid von 0,05 bis 0,5 auf.

Üblicherweise enthalten die Beschichtungen Y und Z Sauerstoffspeicherkomponenten in Mengen von 15 bis 120 g/l, bezogen auf das Volumen des Wandflussfilters.

Das Masseverhältnis von Trägermaterialien und Sauerstoffspeicherkomponenten in den Beschichtungen Y und Z beträgt üblicherweise 0,3 bis 1,5, beispielsweise 0,4 bis 1,3.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthalten eine oder beide der Beschichtungen Y und Z eine Erdalkaliverbindung wie z.B. Strontiumoxid, Bariumoxid oder Bariumsulfat. Die Menge an Bariumsulfat je Beschichtung beträgt insbesondere 2 bis 20 g/l Volumen des Wandflussfilters.

Insbesondere enthält Beschichtung Z Strontiumoxid oder Bariumoxid.

In weiteren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthalten eine oder beide der Beschichtungen Y und Z Additive wie Seltenerdverbindungen wie z.B. Lanthanoxid und/oder Binder, wie z.B. Aluminiumverbindungen. Diese Additive werden in Mengen verwendet, die in weiten Grenzen variieren können und die der Fachmann im konkreten Fall mit einfachen Mitteln bestimmen kann.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind die Beschichtungen Y und Z verschieden voneinander, wobei aber beide Lanthan-stabilisiertes Aluminiumoxid, Palladium, Rhodium oder Palladium und Rhodium und eine Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid, sowie Yttriumoxid und/oder Praseodymoxid umfassende Sauerstoffspeicherkomponente umfassen.

In Beschichtung Y ist dabei der Yttriumoxid-Gehalt insbesondere 5 bis 15 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Sauerstoffspeicherkomponente. Das Gewichtsverhältnis von Lanthanoxid zu Yttriumoxid beträgt insbesondere 0.1 bis 1, vorzugsweise 0.125 – 0.75 und ganz bevorzugt 0.15 0.5.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist der Gehalt von Yttriumoxid in der Sauerstoffspeicherkomponente der Beschichtung Z größer oder gleich dem Gehalt von Yttriumoxid in der Sauerstoffspeicherkomponente der Beschichtung Y, jeweils bezogen auf das Gewicht der jeweiligen Sauerstoffspeicherkomponente.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist der Massenanteil von Yttriumoxid in der Beschichtung Y größer als in der Beschichtung Z.

Insbesondere Beschichtung Z kann eine zusätzliche Sauerstoffspeicherkomponente umfassen, die Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid, sowie Yttriumoxid und/oder Praseodymoxid enthält.

Dabei ist der Yttriumoxid-Gehalt insbesondere 5 bis 15 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Sauerstoffspeicherkomponente. Das Gewichtsverhältnis von Lanthanoxid zu Yttriumoxid beträgt insbesondere 0.1 bis 1, vorzugsweise 0.125 – 0.75 und ganz bevorzugt 0.15 – 0.5.
Dabei ist der Praseodymoxid-Gehalt insbesondere 2 bis 10 Gew.-%, bezogen auf das Gewicht der Sauerstoffspeicherkomponente. Das Gewichtsverhältnis von Lanthanoxid zu Praseodymoxid beträgt insbesondere 0.1 bis 2, vorzugsweise 0.125 – 0.1,7 und ganz bevorzugt 0.15 – 1.5.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist in Beschichtung Z der Zirkoniumoxid-Gehalt der Yttriumoxid-haltigen Sauerstoffspeicherkomponente größer als der Zirkoniumoxid-Gehalt der Praseodymoxid-haltigen Sauerstoffspeicherkomponente, jeweils bezogen auf die jeweilige Sauerstoffspeicherkomponente. Insbesondere in dieser Ausführungsform ist es von Vorteil, wenn das Gewichtsverhältnis Ce:Zr in der Yttriumoxid-haltigen Sauerstoffspeicher-komponente (CeZr1) kleiner ist als das Ce:Zr-Verhältnis in der Praseodymoxid-haltigen Sauerstoffspeicherkomponente (CeZr2). Dabei liegt der Wert von Ce:Zr1 bei 0.1 – 1.0, vorzugsweise bei

0.15 – 0.75 und ganz bevorzugt bei 0.2 – 0.6. Für Ce:Zr2 finden sich dagegen Werte von 0.2 – 1.5, vorzugsweise 0.25 – 1.3 und ganz bevorzugt 0.3 – 1.1.

Die Beschichtungen Y und Z umfassen in Ausführungsformen jeweils Lanthan-stabilisiertes Aluminiumoxid in Mengen von 20 bis 70 Gew.-%, besonders bevorzugt 25 bis 60 Gew.-%, sowie Sauerstoffspeicher-komponente in Mengen von 25 bis 80 Gew.-%, besonders bevorzugt 40 bis 70 Gew.-%, jeweils bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung Y bzw. Z.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beträgt in Beschichtung Y das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid zur Sauerstoffspeicher-komponente mindestens 0,7 und maximal 2.4.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beträgt in Beschichtung Z das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid zur Sauerstoffspeicher-komponente mindestens 0,3 und maximal 1.9.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erstreckt sich die Beschichtung Y ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters über 55 bis 90 %, insbesondere über 57 bis 85 % der Länge L des Wandflussfilters. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich die Beschichtung Y ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters über 57 bis 65% der Länge L des Wandflussfilters. Die Beladung des Wandflussfilters mit Beschichtung Y beträgt bevorzugt 33 bis 125 g/l, bezogen auf das Volumen des Wandflussfilters.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erstreckt sich die Beschichtung Z ausgehend vom zweiten Ende des Wandflussfilters über 55 bis 90 %, insbesondere über 57 bis 85 % der Länge L des Wandflussfilters. . In einer besonders bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich die Beschichtung Z ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters über 57

bis 65% der Länge L des Wandflussfilters. Die Beladung des Wandflussfilters mit Beschichtung Z beträgt bevorzugt 33 bis 125 g/l, bezogen auf das Volumen des Wandflussfilters.

Die Gesamtwashcoatbeladung des erfindungsgemäßen Partikelfilters beträgt insbesondere 40 bis 150 g/l, bezogen auf das Volumen des Wandflussfilters.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beträgt die Summe der Längen von Beschichtung Y und Beschichtung Z 110 bis 180 % der Länge L, vorzugsweise 114 bis 170 % der Länge L und besonders bevorzugt um 120 bis 130 % der Länge L.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung enthält weder Beschichtung Y, noch Beschichtung Z einen Zeolithen oder ein Molsieb.

In einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft diese ein Partikelfilter, das ein Wandflussfilter der Länge L und zwei unterschiedliche Beschichtungen Y und Z umfasst, wobei das Wandflussfilter Kanäle E und A umfasst, die sich parallel zwischen einem ersten und einem zweiten Ende des Wandflussfilters erstrecken und die durch poröse Wände getrennt sind, die Oberflächen O_E bzw. O_A bilden und wobei die Kanäle E am zweiten Ende und die Kanäle A am ersten Ende verschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, dass
Beschichtung Y sich in den Kanälen E auf den Oberflächen O_E befindet und sich ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters über 57 bis 65 % der Länge L erstreckt und Aluminiumoxid in einer Menge von 35 bis 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung Y, Palladium, Rhodium, oder Palladium und Rhodium und eine Sauerstoffspeicherkomponente in einer Menge von 40 bis 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung Y enthält, wobei die Sauerstoffspeicherkomponente Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasst, und Beschichtung Z sich in den Kanälen A auf den Oberflächen O_A befindet und sich ausgehend vom zweiten Ende des Wandflussfilters über 57 bis 65 %

der Länge L erstreckt und Aluminiumoxid in einer Menge von 25 bis 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung , Palladium, Rhodium, oder Palladium und Rhodium und Sauerstoffspeicherkomponenten in einer Gesamtmenge von 50 bis 80 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung Z enthält, wobei eine Sauerstoffspeicherkomponente Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid und eine andere Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid enthält. Die Beschichtung Z enthält in diesem Fall zum Beispiel zwei Sauerstoffspeicherkomponenten. Die weiter oben angegebenen vorteilhaften Ausführungsformen treffen mutatis mutandis auch auf diesen Wandflussfilter zu.

Wandflussfilter, die gemäß vorliegender Erfindung verwendet werden können, sind bekannt und am Markt erhältlich. Sie bestehen beispielsweise aus Silicium-Carbid, Aluminium-Titanat oder Cordierit, haben beispielsweise eine Zelligkeit von 200 bis 400 Zellen pro Quadratinch und üblicherweise eine Wandstärke zwischen 6 und 12 Mil, bzw. 0,1524 und 0,305 Millimeter Sie weisen in unbeschichtetem Zustand beispielsweise Porositäten von 50 bis 80, insbesondere 55 bis 75% auf. Ihre durchschnittliche Porengröße beträgt in unbeschichtetem Zustand beispielsweise 10 bis 25 Mikrometer. In der Regel sind die Poren des Wandflussfilters sogenannte offene Poren, das heißt sie haben eine Verbindung zur den Kanälen. Des Weiteren sind die Poren in der Regel untereinander verbunden. Dies ermöglicht einerseits die leichte Beschichtung der inneren Porenoberflächen und andererseits eine leichte Passage des Abgases durch die porösen Wände des Wandflussfilters.

Die Herstellung des erfindungsgemäßen Partikelfilters kann nach dem Fachmann geläufigen Methoden erfolgen, so etwa dadurch, dass eine Beschichtungssuspension, die üblicherweise Washcoat genannt wird, mittels eines der üblichen Tauchbeschichtungsverfahren bzw. Pump- und Saug-Beschichtungsverfahren auf das Wandflussfilter appliziert wird. Thermische Nachbehandlung bzw. Kalzination schließen sich üblicherweise an.

Die Beschichtungen Y und Z werden in getrennten und aufeinanderfolgenden Beschichtungsschritten erhalten.

Dem Fachmann ist bekannt, dass die durchschnittliche Porengröße des Wandflussfilters und die mittlere Teilchengröße der katalytisch aktiven Materialien aufeinander abgestimmt werden müssen, um eine auf-Wand-Beschichtung oder eine in-Wand-Beschichtung zu erzielen. Im Fall der in-Wand-Beschichtung muss die mittlere Teilchengröße der katalytisch aktiven Materialien klein genug sein, um in die Poren des Wandflussfilters einzudringen. Dagegen muss im Fall der auf-Wand-Beschichtung die mittlere Teilchengröße der katalytisch aktiven Materialien groß genug sein, um nicht in die Poren des Wandflussfilters einzudringen.

In Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden die Beschichtungssuspensionen zur Herstellung der Beschichtungen Y und Z bis zu einer Partikelgrößenverteilung von d_{50} = 4 bis 8 µm und d_{99} = 22 bis 16 µm gemahlen.

Das erfindungsgemäße Partikelfilter eignet sich hervorragend zur Entfernung von Partikeln, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden aus dem Abgas von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoff-Gemisch betriebenen Verbrennungsmotoren.

Die vorliegende Erfindung betrifft somit auch ein Verfahren zur Entfernung von Partikeln, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden aus dem Abgas von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoff-Gemisch betriebenen Verbrennungsmotoren, das dadurch gekennzeichnet ist, dass das Abgas über ein erfindungsgemäßes Partikelfilter geleitet wird.

Dabei kann das Abgas so über ein erfindungsgemäßes Partikelfilter geleitet werden, dass es durch die Kanäle E in das Partikelfilter eintritt und es durch Kanäle A wieder verlässt.

Es ist aber auch möglich, dass das Abgas durch die Kanäle A in das Partikelfilter eintritt und es durch Kanäle E wieder verlässt.

Figur 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Partikelfilter, das ein Wandflussfilter der Länge L (1) mit Kanälen E (2) und Kanälen A (3) umfasst, die sich parallel zwischen einem ersten Ende (4) und einem zweiten Ende (5) des Wandflussfilters erstrecken und die durch poröse Wände (6) getrennt sind, die Oberflächen O_E (7) bzw. O_A (8) bilden und wobei die Kanäle E (2) am zweiten Ende (5) und die Kanäle A (3) am ersten Ende (4) verschlossen sind. Beschichtung Y (9) befindet sich in den Kanälen E (2) auf den Oberflächen O_E (7) und Beschichtung Z (10) in den Kanälen A (3) auf den Oberflächen O_A (8).

Die Erfindung wird in den nachstehenden Beispielen näher erläutert.

Vergleichsbeispiel 1

Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicherkomponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei die Beschichtung über 100% der Substratlänge in die poröse Filterwand eingebracht wurde. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug 75 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 1,27 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Er wird nachstehend als VGPF1 bezeichnet.

Beispiel 1

Beschichtung der Eingangskanäle

a) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 56:44. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodium-nitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt. Dabei wurde die Beschichtungssuspension auf die Filterwände des Substrats beschichtet und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge von 60 % der Filterlänge. Die Beladung des Einlasskanals betrug 62,5 g/l, die Edelmetallbeladung 1,06 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu

Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

Beschichtung der Ausgangskanäle

b) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicherkomponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Ausgangskanälen auf eine Länge von 60 % der Filterlänge. Die Beladung des Auslasskanals betrug 62,5 g/l, die Edelmetallbeladung 1,06 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 75 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 1,27 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Er wird nachstehend als GPF1 bezeichnet.

Katalytische Charakterisierung

Die Partikelfilter VGPF1 und GPF1 wurden zusammen in einer Motorprüfstandsalterung gealtert. Diese besteht aus einer Schubabschaltungsalterung mit 950°C Abgastemperatur vor Katalysatoreingang (Maximale Betttemperatur 1030°C). Die Alterungszeit betrug 19 Stunden (siehe Motortechnische Zeitschrift, 1994, 55, 214-218).

Anschließend wurden die katalytisch aktiven Partikelfilter im gealterten Zustand an einem Motorprüfstand im sogenannten „Light-off Test" und im „lambda Sweeptest" getestet. Bei dem Light-off Test wird das

Anspringverhalten bei stöchiometrischer Abgaszusammensetzung mit konstanter mittlerer Luftzahl λ bestimmt (λ =0,999 mit ±3,4% Amplitude).

Die nachfolgende Tabelle 1 enthält die Temperaturen T_{50}, bei denen jeweils 50% der betrachteten Komponenten umgesetzt werden.

	T_{50} HC stöch	T_{50} CO stöch	T_{50} NOx stöch
VGPF1	375	382	388
GPF1	363	367	368

Tabelle 1

Das dynamische Umsatzverhalten der Partikelfilter im Lambda Sweeptest wurde in einem Bereich von λ = 0,99 - 1,01 bei einer konstanten Temperatur von 510°C bestimmt. Die Amplitude von λ betrug dabei ±3,4%. Tabelle 2 enthält den Umsatz am Schnittpunkt der CO- und der NOx-Umsatzkurven, sowie den zugehörigen HC-Umsatz der gealterten Partikelfilter.

	CO/NOx Umsatz am Kreuzungspunkt	HC Umsatz am λ des CO/NOx Kreuzungspunktes
VGPF1	84%	96%
GPF1	96%	97%

Tabelle 2

Der erfindungsgemäße Partikelfilter GPF1 zeigt gegenüber VGPF1 im gealterten Zustand eine deutliche Verbesserung beim Anspringverhalten und beim dynamischen CO/NOx-Umsatz.

Vergleichsbeispiel 2:

a) Aufbringen der Inwandbeschichtung:

Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoffspeicher-komponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicherkomponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodium-nitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfilter-substrats eingesetzt, wobei die Beschichtung über 100% der Substratlänge in die poröse Filterwand eingebracht wurde. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug 100 g/l, die Edelmetallbeladung 2,60 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 60 : 13,75. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

b) Beschichtung der Eingangskanäle

Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 50/50. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodium-nitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge von 25 % der Filterlänge. Die Beladung des Eingangskanals betrug 58 g/l, die Edelmetallbeladung 2,30 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 10 : 3. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

c) Beschichtung der Ausgangskanäle

Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 56/44. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter b) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Ausgangskanälen auf eine Länge von 25 % der Filterlänge. Die Beladung des Auslasskanals betrug 59 g/l, die Edelmetallbeladung 1,06 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 1 : 2. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 130 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 3,44 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 10 : 3. Er wird nachstehend als VGPF2 bezeichnet.

Vergleichsbeispiel 3:

a) Aufbringen der Inwandbeschichtung:

Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicherkomponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei die Beschichtung über 100% der Substratlänge in die

poröse Filterwand eingebracht wurde. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug 100 g/l, die Edelmetallbeladung 2,07 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 45 : 13,5. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

b) Beschichtung der Eingangskanäle
Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 50/50. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge von 60 % der Filterlänge. Die Beladung des Eingangskanals betrug 90 g/l, die Edelmetallbeladung 2,30 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 10 : 3. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 154 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 3,44 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 10 : 3. Er wird nachstehend als VGPF3 bezeichnet.

Beispiel 2

Beschichtung der Eingangskanäle
a) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 56/44. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfilter-substrats

eingesetzt. Dabei wurde die Beschichtungssuspension auf die Filterwände des Substrats beschichtet und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge von 60 % der Filterlänge. Die Beladung des Einlasskanals betrug 83.33 g/l, die Edelmetallbeladung 2,87 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 10 : 3. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

Beschichtung der Ausgangskanäle

b) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicherkomponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Ausgangskanälen auf eine Länge von 60 % der Filterlänge. Die Beladung des Auslasskanals betrug 83.33 g/l, die Edelmetallbeladung 2,87 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 10 : 3. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 100 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 3,44 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 10 : 3. Er wird nachstehend als GPF2 bezeichnet.

Katalytische Charakterisierung

Die Partikelfilter VGPF2, VGPF3 und GPF2 wurden zusammen in einer Motorprüfstandsalterung gealtert. Diese besteht aus einer Schubabschaltungsalterung mit 950°C Abgastemperatur vor Katalysatoreingang

(Maximale Betttemperatur 1030°C). Die Alterungszeit betrug 76 Stunden (siehe Motortechnische Zeitschrift, 1994, 55, 214-218).
Anschließend wurden die katalytisch aktiven Partikelfilter im gealterten Zustand an einem Motorprüfstand im sogenannten „Light-off Test" und im „lambda Sweeptest" getestet. Bei dem Light-off Test wird das Anspringverhalten bei stöchiometrischer Abgaszusammensetzung mit konstanter mittlerer Luftzahl λ bestimmt (λ =0,999 mit ±3,4% Amplitude).

Die nachfolgende Tabelle 3 enthält die Temperaturen T_{50}, bei denen jeweils 50% der betrachteten Komponenten umgesetzt werden.

	T_{50} HC stöch	T_{50} CO stöch	T_{50} NOx stöch
VGPF2	368	374	371
VGPF3	387	395	396
GPF2	332	335	332

Tabelle 3

Das dynamische Umsatzverhalten der Partikelfilter im lambda Sweeptest wurde in einem Bereich von λ = 0,99 - 1,01 bei einer konstanten Temperatur von 510°C bestimmt. Die Amplitude von λ betrug dabei ±3,4%. Tabelle 4 enthält den Umsatz am Schnittpunkt der CO- und der NOx-Umsatzkurven, sowie den zugehörigen HC-Umsatz der gealterten Partikelfilter.

	CO/NOx Umsatz am Kreuzungspunkt	HC Umsatz am λ des CO/NOx Kreuzungspunktes
VGPF2	92	97
VGPF3	93	97
GPF2	98	98

Tabelle 4

Der erfindungsgemäße Partikelfilter GPF2 zeigt gegenüber VGPF2 und VGPF3 im gealterten Zustand eine deutliche Verbesserung beim Anspringverhalten und beim dynamischen CO/NOx-Umsatz.

Vergleichsbeispiel 4

Beschichtung der Eingangskanäle

a) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 56/44. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodium-nitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfilter-substrats eingesetzt. Dabei wurde die Beschichtungssuspension auf die Filterwände des Substrats beschichtet und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge von 50 % der Filterlänge. Die Beladung des Einlasskanals betrug 100 g/l, die Edelmetallbeladung 1.42 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

Beschichtung der Ausgangskanäle

b) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoff-speicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicher-komponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen

Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Ausgangskanälen auf eine Länge von 50 % der Filterlänge. Die Beladung des Auslasskanals betrug 100 g/l, die Edelmetallbeladung 1.42 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 100 g/l, die Gesamtedel-metallbeladung 1.42 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Er wird nachstehend als VGPF4 bezeichnet.

Beispiel 3

Beschichtung der Eingangskanäle

a) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 56/44. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodium-nitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfilter-substrats eingesetzt. Dabei wurde die Beschichtungssuspension auf die Filterwände des Substrats beschichtet und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge von 55 % der Filterlänge. Die Beladung des Einlasskanals betrug 91 g/l, die Edelmetallbeladung 1.16 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

Beschichtung der Ausgangskanäle

b) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoff-speicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicher-

komponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Ausgangskanälen auf eine Länge von 55 % der Filterlänge. Die Beladung des Auslasskanals betrug 91 g/l, die Edelmetallbeladung 1.16 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 100 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 1.42 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Er wird nachstehend als GPF3 bezeichnet.

Beispiel 4

Beschichtung der Eingangskanäle

a) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 56/44. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfilter-substrats eingesetzt. Dabei wurde die Beschichtungssuspension auf die Filterwände des Substrats beschichtet und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge von 60 % der Filterlänge. Die Beladung des Einlasskanals betrug 83.33 g/l, die Edelmetallbeladung 1.06 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

Beschichtung der Ausgangskanäle

b) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicherkomponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Ausgangskanälen auf eine Länge von 60 % der Filterlänge. Die Beladung des Auslasskanals betrug 83.33 g/l, die Edelmetallbeladung 1.06 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 100 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 1.42 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Er wird nachstehend als GPF4 bezeichnet.

Beispiel 5

Beschichtung der Eingangskanäle

a) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 56/44. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung eines handelsüblichen Wandflussfilter-substrats eingesetzt. Dabei wurde die Beschichtungssuspension auf die Filterwände des Substrats beschichtet und zwar in den Eingangskanälen auf eine Länge

von 80 % der Filterlänge. Die Beladung des Einlasskanals betrug 62.5 g/l, die Edelmetallbeladung 0.79 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert.

Beschichtung der Ausgangskanäle

b) Mit Lanthanoxid stabilisiertes Aluminiumoxid wurde zusammen mit einer ersten Sauerstoffspeicherkomponente, die 40 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid umfasste, und einer zweiten Sauerstoffspeicherkomponente, die 24 Gew.-% Ceroxid, Zirkonoxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasste, in Wasser suspendiert. Beide Sauerstoffspeicherkomponenten wurden zu gleichen Teilen eingesetzt. Das Gewichtsverhältnis von Aluminiumoxid und Sauerstoffspeicherkomponente betrug 30:70. Die so erhaltene Suspension wurde anschließend unter ständigem Rühren mit einer Palladiumnitrat-Lösung und einer Rhodiumnitrat-Lösung versetzt. Die resultierende Beschichtungssuspension wurde direkt zur Beschichtung des unter a) erhaltenen Wandflussfiltersubstrats eingesetzt, wobei auf die Filterwände des Substrats beschichtet wurde und zwar in den Ausgangskanälen auf eine Länge von 80 % der Filterlänge. Die Beladung des Auslasskanals betrug 62.5 g/l, die Edelmetallbeladung 0.79 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Der so erhaltene beschichtete Filter wurde getrocknet und anschließend kalziniert. Die Gesamtbeladung dieses Filters betrug somit 100 g/l, die Gesamtedelmetallbeladung 1.42 g/l mit einem Verhältnis von Palladium zu Rhodium von 5 : 1. Er wird nachstehend als GPF5 bezeichnet.

Katalytische Charakterisierung

Die Partikelfilter VGPF4, GPF3, GPF4 und GPF5 wurden an einem Kaltblasprüfstand bezüglich des Abgasgegendrucks verglichen.

Die nachfolgende Tabelle 5 enthält Druckverlustdaten die bei einer Lufttemperatur von 21°C und einem Volumenstrom von 600 m^3/h bestimmt wurden. Die Werte wurden zur besseren Übersicht auf VGPF3 normiert.

	VGPF4	GPF3	GPF4	GPF5
Δp normiert auf VGPF3	100	92	78	70

Tabelle 5

Die erfindungsgemäßen Filter GPF3, GPF4 und GPF5 weisen allesamt überraschenderweise einen geringeren Druckverlust auf, als das Vergleichsbeispiel VGPF4, obwohl diese eine größere Oberfläche der Filterwände bedecken. Dies ist durchaus überraschend, da man eigentlich davon ausgehen konnte, dass längere Beschichtungen einen höheren Abgasgegendruck verursachen, da hier mehr Abgas durch die katalytischen Beschichtungen strömen muss, da dadurch weniger Abgas durch die ohne Beschichtung versehene Filterwand strömen kann.

Des Weiteren wurde systematisch untersucht, welches die Haupteffekte sind, die für einen möglichst geringen Abgasgegendruck verantwortlich sind. Hierbei wurden verschiedene Filter mit unterschiedlichen Zonenlängen (Faktor A) und Washcoatschichtdicken (Faktor B) präpariert und gegeneinander verglichen. Alle Filter hatten dieselbe Gesamtwashcoatbeladung und den gleichen Edelmetallgehalt.

Faktor	**Name**	**Einheit**	**Min**	**Max**
A	Zonenlänge	%	30	60
B	Washcoatdicke	g/L	50	80

Tabelle 6

Die statistische Auswertung zeigt, dass es besonders vorteilhaft ist, den Washcoat auf einer möglichst großen Oberfläche auf den Filterwänden mit einer dadurch einhergehenden geringen Schichtdicke zu verteilen, anstatt nur eine geringe Oberfläche mit einer hohen Schichtdicke zu bedecken, da

eine hohe Schichtdicke als Hauptursache für einen hohen Abgasgegendruck anzusehen ist (Figur 2). Zudem wurden die Partikelfilter zusammen in einer Motorprüfstandsalterung gealtert. Diese besteht aus einer Schubabschaltungsalterung mit 950°C Abgastemperatur vor Katalysatoreingang (Maximale Betttemperatur 1030°C). Die Alterungszeit betrug 19 Stunden (siehe Motortechnische Zeitschrift, 1994, 55, 214-218).
Anschließend wurden die katalytisch aktiven Partikelfilter im gealterten Zustand an einem Motorprüfstand im sogenannten „Lambda Sweeptest" getestet. Überraschenderweise zeigt die statistische Auswertung der Testergebnisse auch einen signifikanten Vorteil im Lambda Sweeptest, wenn die katalytische Beschichtung mit einer geringen Schichtdicke auf einer möglichst großen Oberfläche aufgebracht wird (Figur 3).

Zusätzlich wurde untersucht inwieweit sich eine Ausführungsform bestehend aus einer kurzen und einer langen Zone von einer Ausführungsform bestehend aus zwei langen Zonen unterscheidet. Hierfür wurde ein erfindungsgemäßer Filter mit Zonenlängen von jeweils 60% der Filterlänge gegen einen Vergleichsfilter mit Zonenlängen von 90% im Einlasskanal und 30% im Auslasskanal verglichen. In dem Light-off Test, bei dem das Anspringverhalten bei stöchiometrischer Abgaszusammensetzung mit konstanter mittlerer Luftzahl λ bestimmt wird (λ =0,999 mit ±3,4% Amplitude), zeigt sich, dass der erfindungsgemäße Filter mit Zonenlängen von jeweils 60% die entsprechenden Abgaskomponenten bei niedrigeren Temperaturen konvertieren kann als der nicht erfindungsgemäße Filter mit Zonenlängen von 90% und 30%. Die nachfolgende Tabelle 7 enthält die Temperaturen T_{50}, bei denen jeweils 50% der betrachteten Komponenten umgesetzt werden.

Zonenlänge	T_{50} HC stöch	T_{50} CO stöch	T_{50} NOx stöch
90:30	288	287	288
60:60	284	284	284

Tabelle 7

5

Patentansprüche

1. Partikelfilter zur Entfernung von Partikeln, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden aus dem Abgas von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoffgemisch betriebenen Verbrennungsmotoren, das ein Wandflussfilter der Länge L und zwei unterschiedliche Beschichtungen Y und Z umfasst, wobei das Wandflussfilter Kanäle E und A umfasst, die sich parallel zwischen einem ersten und einem zweiten Ende des Wandflussfilters erstrecken und die durch poröse Wände getrennt sind, die Oberflächen O_E bzw. O_A bilden und wobei die Kanäle E am zweiten Ende und die Kanäle A am ersten Ende verschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, dass sich Beschichtung Y in den Kanälen E auf den Oberflächen O_E befindet und sich ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters auf einer Länge von 51 bis 90 % der Länge L erstreckt und sich Beschichtung Z in den Kanälen A auf den Oberflächen O_A befindet und sich ausgehend vom zweiten Ende des Wandflussfilters auf einer Länge von 51 bis 90 % der Länge L erstreckt.

2. Partikelfilter gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Beschichtung Y ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters auf 57 bis 65 % der Länge L des Wandflussfilters erstreckt.

3. Partikelfilter gemäß Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Beschichtung Z ausgehend vom zweiten Ende des Wandflussfilters auf 57 bis 65 % der Länge L des Wandflussfilters erstreckt.

4. Partikelfilter gemäß einem der vorgehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungen Y und Z eine Dicke besitzen, die zwischen 5 – 250 µm liegt.

5. Partikelfilter gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungen Y und Z jeweils ein oder mehrere Edelmetalle, die auf einem oder mehreren Trägermaterialien fixiert sind, sowie ein oder mehrere Sauerstoffspeicherkomponenten enthalten.

6. Partikelfilter gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungen Y und Z jeweils die Edelmetalle Platin, Palladium und/oder Rhodium enthalten.

7. Partikelfilter gemäß Anspruch 5 und/oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungen Y und Z jeweils die Edelmetalle Palladium, Rhodium oder Palladium und Rhodium enthalten.

8. Partikelfilter gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägermaterialien für die Edelmetalle Metalloxide mit einer BET-Oberfläche von 30 bis 250 m^2/g (bestimmt nach DIN 66132 neueste Fassung am Anmeldetag) sind.

9. Partikelfilter gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Trägermaterialien für die Edelmetalle ausgewählt sind aus der Reihe bestehend aus Aluminiumoxid, dotiertes Aluminiumoxid, Siliziumoxid, Titandioxid und Mischoxiden aus einem oder mehreren davon.

10. Partikelfilter gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungen Y und Z als Sauerstoffspeicher-komponente ein Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxid enthalten.

11. Partikelfilter gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxide als Seltenerdmetalloxid Lanthanoxid, Yttriumoxid, Praseodymoxid, Neodymoxid und/oder Samariumoxid enthalten

12. Partikelfilter gemäß Anspruch 10 und/oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Cer/Zirkonium/Seltenerdmetall-Mischoxide als Seltenerdmetalloxid Lanthanoxid und Yttriumoxid, Yttriumoxid und Praseodymoxid oder Lanthanoxid und Praseodymoxid enthalten.

13. Partikelfilter gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschichtungen Y und Z beide Lanthan-stabilisiertes Aluminiumoxid, Palladium, Rhodium oder Palladium und Rhodium und eine Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid, sowie Yttriumoxid und/oder Praseodymoxid umfassende Sauerstoffspeicherkomponente umfassen.

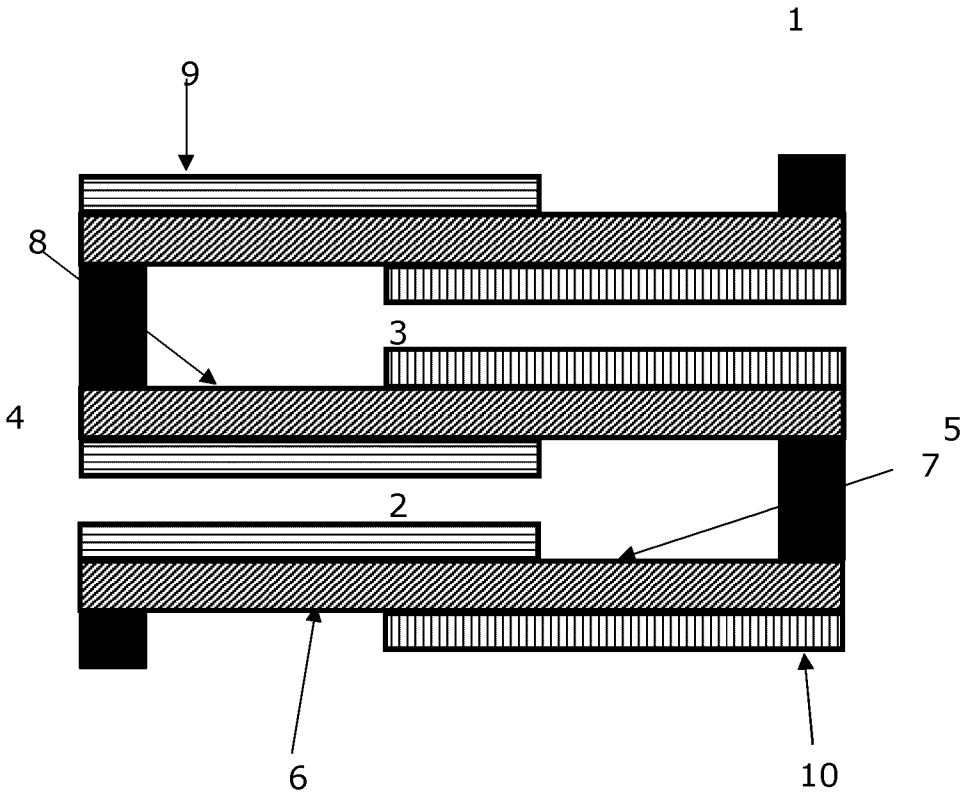
14. Partikelfilter gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass Beschichtung Z eine zusätzliche Sauerstoffspeicherkomponente umfasst, die Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid, sowie Praseodymoxid und/oder Yttriumoxid enthält.

15. Partikelfilter, das ein Wandflussfilter der Länge L und zwei unterschiedliche Beschichtungen Y und Z umfasst, wobei das Wandflussfilter Kanäle E und A umfasst, die sich parallel zwischen einem ersten und einem zweiten Ende des Wandflussfilters erstrecken und die durch poröse Wände getrennt sind, die Oberflächen O_E bzw. O_A bilden und wobei die Kanäle E am zweiten Ende und die Kanäle A am ersten Ende verschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, dass
Beschichtung Y sich in den Kanälen E auf den Oberflächen O_E befindet und sich ausgehend vom ersten Ende des Wandflussfilters über 57 bis 65 % der Länge L erstreckt und Aluminiumoxid in einer Menge von 35 bis 60 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung Y, Palladium, Rhodium oder Palladium und Rhodium und eine Sauerstoffspeicherkomponente in einer Menge von 40 bis 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung Y enthält, wobei die Sauerstoffspeicherkomponente Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid umfasst, und
Beschichtung Z sich in den Kanälen A auf den Oberflächen O_A befindet und sich ausgehend vom zweiten Ende des Wandflussfilters über 57 bis 65 % der Länge L erstreckt und Aluminiumoxid in einer Menge von 30 bis 50 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung, Palladium, Rhodium oder Palladium und Rhodium und Sauerstoffspeicherkomponenten

in einer Gesamtmenge von 50 bis 80 Gew.-%, bezogen auf das Gesamtgewicht der Beschichtung Z enthält, wobei eine Sauerstoff-speicherkomponente Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid und Yttriumoxid und eine andere Zirkoniumoxid, Ceroxid, Lanthanoxid und Praseodymoxid enthält.

16. Verfahren zur Entfernung von Partikeln, Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden aus dem Abgas von mit stöchiometrischem Luft/Kraftstoff-Gemisch betriebenen Verbrennungsmotoren, dadurch gekennzeichnet, dass das Abgas über ein Partikelfilter gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 geleitet wird.

Figur 1


1
9
8
3
4
5
7
2
6
10

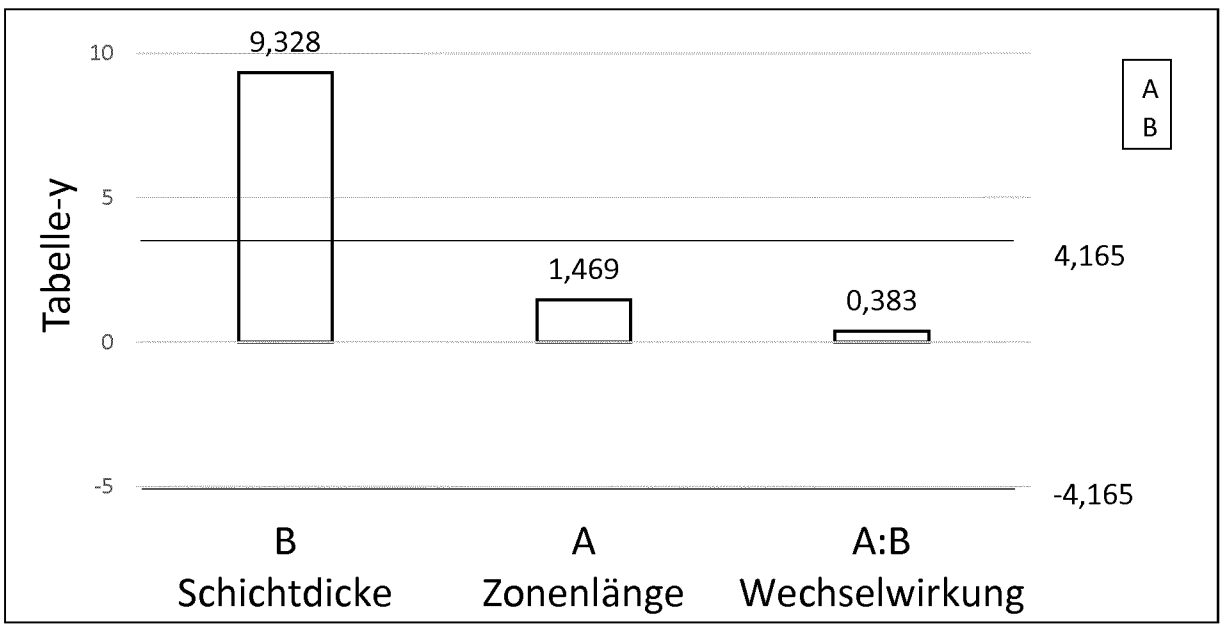

Staudruck bei
600m³/h
9,328
1,469
0,383
4,165
-4,165
10
5
0
-5
Tabelle-y
A
B
B
Schichtdicke
A
Zonenlänge
A:B
Wechselwirkung

Fig. 2

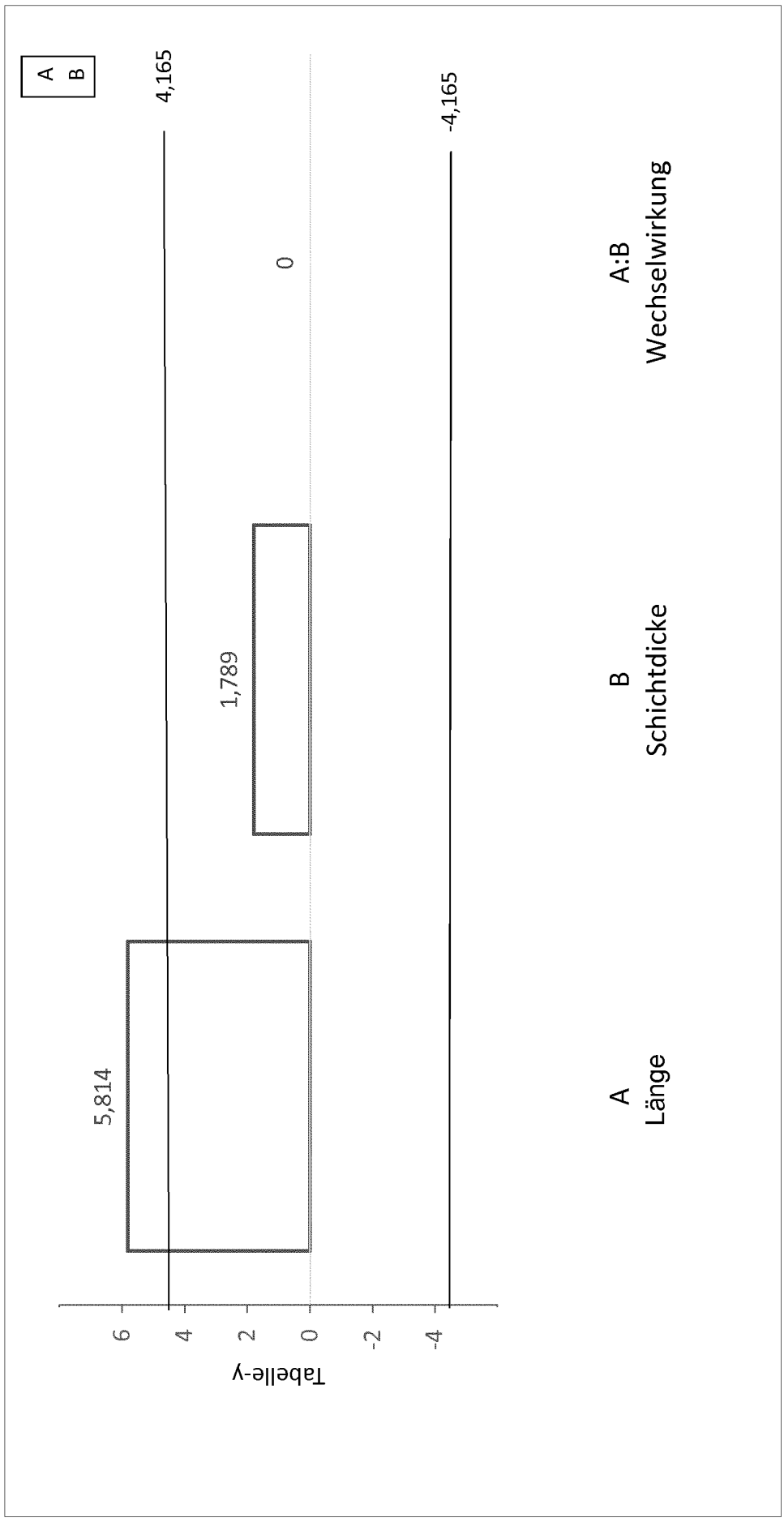

CO/NOx-Konvertierung im Lambda-
„Sweep“ Test bei 3.4% Amplitude
A
B
4,165
0
-4,165
5,814
1,789
6
4
2
0
-2
-4
Tabelle-y
A
Länge
B
Schichtdicke
A:B
Wechselwirkung

Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/084883

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01J 37/02(2006.01)i; ***B01J 35/00***(2006.01)i; ***B01J 23/63***(2006.01)i; ***B01D 53/94***(2006.01)i; ***F01N 3/10***(2006.01)i; ***F01N 3/035***(2006.01)i

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)

B01J; 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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102015212788 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 12 January 2017 (2017-01-12)	1-14,16
A	paragraphs [0011], [0017], [0031], [0032], [0034], [0036], [0120] - [0123] figures 3,4	15
X	US 2011030346 A1 (NEUBAUER TORSTEN [DE] ET AL) 10 February 2011 (2011-02-10)	1-14,16
A	paragraphs [0002], [0010], [0013], [0014], [0022], [0030] - [0034], [0043], [0044], [0051] - [0056]	15
X	DE 102013207415 A1 (JOHNSON MATTHEY PLC [GB]) 24 October 2013 (2013-10-24)	1-14,16
A	paragraphs [0001], [0002], [0032] - [0034], [0036], [0039] - [0041], [0044], [0048]	15
X	DE 102014104748 A1 (JOHNSON MATTHEY PLC [GB]) 09 October 2014 (2014-10-09)	1-14,16
A	paragraphs [0001], [0008], [0020], [0035], [0037], [0040] - [0056], [0059]	15
X	US 2011252773 A1 (ARNOLD MIRKO [DE] ET AL) 20 October 2011 (2011-10-20)	1-14,16
A	paragraphs [0002], [0009], [0012], [0018], [0020], [0022], [0031], [0037], [0042], [0043], [0046], [0047], [0051], [0054]	15

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family 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 application or patent 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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
26 February 2019	**07 March 2019**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	**Hackenberg, Stefan** Telephone No.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2017034920 A1 (BASF CORP [US]; N E CHEMCAT CORP [JP]) 02 March 2017 (2017-03-02) page 2, line 12 - page 3, line 4 page 15, lines 17-35 page 18, line 11 - page 19, line 15 figures 6,7	1-3,16
A	DE 202010018081 U1 (JOHNSON MATTHEY PLC [GB]) 17 February 2014 (2014-02-17) paragraphs [0001], [0030], [0038], [0042], [0043], [0049], [0050], [0055] - [0058], [0072]	1-16
A	WO 2009100097 A2 (BASF CATALYSTS LLC [US]; WEI JUNMEI [US]; WASSERMANN KNUT [US]; LI YUE) 13 August 2009 (2009-08-13) paragraphs [0001], [0009], [0024], [0028] - [0031], [0039], [0042], [0043], [0047], [0052], [0053]	1-16
A	EP 2042225 A1 (UMICORE AG & CO KG [DE]) 01 April 2009 (2009-04-01) paragraphs [0001], [0012], [0013], [0016], [0019], [0024], [0032] figure 4	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/084883

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE 102015212788 A1	12 January 2017	NONE	
US 2011030346 A1	10 February 2011	BR 112012002442 A2	01 March 2016
		CN 102574056 A	11 July 2012
		EP 2461895 A1	13 June 2012
		ES 2498727 T3	25 September 2014
		JP 5854995 B2	09 February 2016
		JP 2013500857 A	10 January 2013
		KR 20120053506 A	25 May 2012
		US 2011030346 A1	10 February 2011
		WO 2011015615 A1	10 February 2011
DE 102013207415 A1	24 October 2013	BR 112014026385 A2	27 June 2017
		CN 104254387 A	31 December 2014
		DE 102013207415 A1	24 October 2013
		EP 2841184 A2	04 March 2015
		EP 3384977 A1	10 October 2018
		JP 6189936 B2	30 August 2017
		JP 2015521245 A	27 July 2015
		KR 20150015459 A	10 February 2015
		US 2014044626 A1	13 February 2014
		US 2016243501 A1	25 August 2016
		WO 2013160678 A2	31 October 2013
DE 102014104748 A1	09 October 2014	BR 112015025202 A2	18 July 2017
		CN 105228730 A	06 January 2016
		CN 108868972 A	23 November 2018
		DE 102014104748 A1	09 October 2014
		EP 2981347 A1	10 February 2016
		GB 2512648 A	08 October 2014
		JP 6382939 B2	29 August 2018
		JP 2016519617 A	07 July 2016
		JP 2018199132 A	20 December 2018
		KR 20150140727 A	16 December 2015
		RU 2015147165 A	12 May 2017
		US 2014301924 A1	09 October 2014
		WO 2014162140 A1	09 October 2014
US 2011252773 A1	20 October 2011	CA 2796830 A1	27 October 2011
		CN 102939445 A	20 February 2013
		EP 2561195 A2	27 February 2013
		JP 2013530332 A	25 July 2013
		JP 2017024000 A	02 February 2017
		KR 20130092413 A	20 August 2013
		MY 162869 A	31 July 2017
		US 2011252773 A1	20 October 2011
		WO 2011133503 A2	27 October 2011
		ZA 201208563 B	29 January 2014
WO 2017034920 A1	02 March 2017	BR 112018003261 A2	25 September 2018
		CA 2996032 A1	02 March 2017
		CN 108472636 A	31 August 2018
		EP 3337609 A1	27 June 2018
		JP 2018532573 A	08 November 2018

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/084883

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
		KR 20180075480 A	04 July 2018
		US 2018229224 A1	16 August 2018
		WO 2017034920 A1	02 March 2017
DE 202010018081 U1	17 February 2014	BR PI1013395 A2	29 March 2016
		BR PI1013401 A2	05 April 2016
		CN 102333579 A	25 January 2012
		CN 102413906 A	11 April 2012
		CN 105642116 A	08 June 2016
		CN 105909349 A	31 August 2016
		CN 107654273 A	02 February 2018
		DE 102010002425 A1	23 September 2010
		DE 202010018079 U1	04 February 2014
		DE 202010018081 U1	17 February 2014
		EP 2401056 A1	04 January 2012
		EP 2401059 A1	04 January 2012
		EP 2589427 A2	08 May 2013
		EP 3320964 A1	16 May 2018
		GB 2468210 A	01 September 2010
		GB 2485260 A	09 May 2012
		GB 2487850 A	08 August 2012
		GB 2497440 A	12 June 2013
		GB 2497441 A	12 June 2013
		GB 2497442 A	12 June 2013
		JP 5717654 B2	13 May 2015
		JP 5876727 B2	02 March 2016
		JP 2012518537 A	16 August 2012
		JP 2012518753 A	16 August 2012
		JP 2018159380 A	11 October 2018
		KR 20110119748 A	02 November 2011
		KR 20110127225 A	24 November 2011
		KR 20180021243 A	28 February 2018
		KR 20180104189 A	19 September 2018
		RU 2011139081 A	10 April 2013
		RU 2011139134 A	10 April 2013
		US 2010239478 A1	23 September 2010
		US 2011158871 A1	30 June 2011
		US 2012097033 A1	26 April 2012
		US 2014186228 A1	03 July 2014
		US 2016193594 A1	07 July 2016
		US 2018361364 A1	20 December 2018
		WO 2010097634 A1	02 September 2010
		WO 2010097638 A1	02 September 2010
WO 2009100097 A2	13 August 2009	AR 070342 A1	31 March 2010
		BR PI0908461 A2	15 December 2015
		CN 101970817 A	09 February 2011
		EP 2318673 A2	11 May 2011
		JP 5689685 B2	25 March 2015
		JP 2011525579 A	22 September 2011
		KR 20100125291 A	30 November 2010
		US 2009193796 A1	06 August 2009

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/084883

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
		WO 2009100097 A2	13 August 2009
EP 2042225 A1	01 April 2009	AT 457813 T	15 March 2010
		EP 2042225 A1	01 April 2009
		JP 5460597 B2	02 April 2014
		JP 2010540217 A	24 December 2010
		US 2010275579 A1	04 November 2010
		WO 2009043390 A2	09 April 2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/084883

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. B01J37/02 B01J35/00 B01J23/63 B01D53/94 F01N3/10
F01N3/035
ADD.
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
B01J 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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2015 212788 A1 (VOLKSWAGEN AG [DE]) 12. Januar 2017 (2017-01-12)	1-14,16
A	Absätze [0011], [0017], [0031], [0032], [0034], [0036], [0120] - [0123] Abbildungen 3,4	15
X	US 2011/030346 A1 (NEUBAUER TORSTEN [DE] ET AL) 10. Februar 2011 (2011-02-10)	1-14,16
A	Absätze [0002], [0010], [0013], [0014], [0022], [0030] - [0034], [0043], [0044], [0051] - [0056]	15
X	DE 10 2013 207415 A1 (JOHNSON MATTHEY PLC [GB]) 24. Oktober 2013 (2013-10-24)	1-14,16
A	Absätze [0001], [0002], [0032] - [0034], [0036], [0039] - [0041], [0044], [0048]	15

-/--

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. 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 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
26. Februar 2019	07/03/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Hackenberg, Stefan

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	DE 10 2014 104748 A1 (JOHNSON MATTHEY PLC [GB]) 9. Oktober 2014 (2014-10-09) Absätze [0001], [0008], [0020], [0035], [0037], [0040] - [0056], [0059]	1-14,16 15
X A	US 2011/252773 A1 (ARNOLD MIRKO [DE] ET AL) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) Absätze [0002], [0009], [0012], [0018], [0020], [0022], [0031], [0037], [0042], [0043], [0046], [0047], [0051], [0054]	1-14,16 15
X	WO 2017/034920 A1 (BASF CORP [US]; N E CHEMCAT CORP [JP]) 2. März 2017 (2017-03-02) Seite 2, Zeile 12 - Seite 3, Zeile 4 Seite 15, Zeilen 17-35 Seite 18, Zeile 11 - Seite 19, Zeile 15 Abbildungen 6,7	1-3,16
A	DE 20 2010 018081 U1 (JOHNSON MATTHEY PLC [GB]) 17. Februar 2014 (2014-02-17) Absätze [0001], [0030], [0038], [0042], [0043], [0049], [0050], [0055] - [0058], [0072]	1-16
A	WO 2009/100097 A2 (BASF CATALYSTS LLC [US]; WEI JUNMEI [US]; WASSERMANN KNUT [US]; LI YUE) 13. August 2009 (2009-08-13) Absätze [0001], [0009], [0024], [0028] - [0031], [0039], [0042], [0043], [0047], [0052], [0053]	1-16
A	EP 2 042 225 A1 (UMICORE AG & CO KG [DE]) 1. April 2009 (2009-04-01) Absätze [0001], [0012], [0013], [0016], [0019], [0024], [0032] Abbildung 4	1-16

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/084883

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015212788 A1	12-01-2017	KEINE	
US 2011030346 A1	10-02-2011	BR 112012002442 A2	01-03-2016
		CN 102574056 A	11-07-2012
		EP 2461895 A1	13-06-2012
		ES 2498727 T3	25-09-2014
		JP 5854995 B2	09-02-2016
		JP 2013500857 A	10-01-2013
		KR 20120053506 A	25-05-2012
		US 2011030346 A1	10-02-2011
		WO 2011015615 A1	10-02-2011
DE 102013207415 A1	24-10-2013	BR 112014026385 A2	27-06-2017
		CN 104254387 A	31-12-2014
		DE 102013207415 A1	24-10-2013
		EP 2841184 A2	04-03-2015
		EP 3384977 A1	10-10-2018
		JP 6189936 B2	30-08-2017
		JP 2015521245 A	27-07-2015
		KR 20150015459 A	10-02-2015
		US 2014044626 A1	13-02-2014
		US 2016243501 A1	25-08-2016
		WO 2013160678 A2	31-10-2013
DE 102014104748 A1	09-10-2014	BR 112015025202 A2	18-07-2017
		CN 105228730 A	06-01-2016
		CN 108868972 A	23-11-2018
		DE 102014104748 A1	09-10-2014
		EP 2981347 A1	10-02-2016
		GB 2512648 A	08-10-2014
		JP 6382939 B2	29-08-2018
		JP 2016519617 A	07-07-2016
		JP 2018199132 A	20-12-2018
		KR 20150140727 A	16-12-2015
		RU 2015147165 A	12-05-2017
		US 2014301924 A1	09-10-2014
		WO 2014162140 A1	09-10-2014
US 2011252773 A1	20-10-2011	CA 2796830 A1	27-10-2011
		CN 102939445 A	20-02-2013
		EP 2561195 A2	27-02-2013
		JP 2013530332 A	25-07-2013
		JP 2017024000 A	02-02-2017
		KR 20130092413 A	20-08-2013
		MY 162869 A	31-07-2017
		US 2011252773 A1	20-10-2011
		WO 2011133503 A2	27-10-2011
		ZA 201208563 B	29-01-2014
WO 2017034920 A1	02-03-2017	BR 112018003261 A2	25-09-2018
		CA 2996032 A1	02-03-2017
		CN 108472636 A	31-08-2018
		EP 3337609 A1	27-06-2018
		JP 2018532573 A	08-11-2018
		KR 20180075480 A	04-07-2018
		US 2018229224 A1	16-08-2018
		WO 2017034920 A1	02-03-2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/084883

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 202010018081 U1	17-02-2014	BR PI1013395 A2	29-03-2016
		BR PI1013401 A2	05-04-2016
		CN 102333579 A	25-01-2012
		CN 102413906 A	11-04-2012
		CN 105642116 A	08-06-2016
		CN 105909349 A	31-08-2016
		CN 107654273 A	02-02-2018
		DE 102010002425 A1	23-09-2010
		DE 202010018079 U1	04-02-2014
		DE 202010018081 U1	17-02-2014
		EP 2401056 A1	04-01-2012
		EP 2401059 A1	04-01-2012
		EP 2589427 A2	08-05-2013
		EP 3320964 A1	16-05-2018
		GB 2468210 A	01-09-2010
		GB 2485260 A	09-05-2012
		GB 2487850 A	08-08-2012
		GB 2497440 A	12-06-2013
		GB 2497441 A	12-06-2013
		GB 2497442 A	12-06-2013
		JP 5717654 B2	13-05-2015
		JP 5876727 B2	02-03-2016
		JP 2012518537 A	16-08-2012
		JP 2012518753 A	16-08-2012
		JP 2018159380 A	11-10-2018
		KR 20110119748 A	02-11-2011
		KR 20110127225 A	24-11-2011
		KR 20180021243 A	28-02-2018
		KR 20180104189 A	19-09-2018
		RU 2011139081 A	10-04-2013
		RU 2011139134 A	10-04-2013
		US 2010239478 A1	23-09-2010
		US 2011158871 A1	30-06-2011
		US 2012097033 A1	26-04-2012
		US 2014186228 A1	03-07-2014
		US 2016193594 A1	07-07-2016
		US 2018361364 A1	20-12-2018
		WO 2010097634 A1	02-09-2010
		WO 2010097638 A1	02-09-2010
WO 2009100097 A2	13-08-2009	AR 070342 A1	31-03-2010
		BR PI0908461 A2	15-12-2015
		CN 101970817 A	09-02-2011
		EP 2318673 A2	11-05-2011
		JP 5689685 B2	25-03-2015
		JP 2011525579 A	22-09-2011
		KR 20100125291 A	30-11-2010
		US 2009193796 A1	06-08-2009
		WO 2009100097 A2	13-08-2009
EP 2042225 A1	01-04-2009	AT 457813 T	15-03-2010
		EP 2042225 A1	01-04-2009
		JP 5460597 B2	02-04-2014
		JP 2010540217 A	24-12-2010
		US 2010275579 A1	04-11-2010
		WO 2009043390 A2	09-04-2009