

(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
29. Juni 2017 (29.06.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/108165 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01N 3/20 (2006.01) F01N 3/10 (2006.01)
F01N 3/021 (2006.01) F01N 13/00 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/002090

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Dezember 2016 (12.12.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 016 986.6
24. Dezember 2015 (24.12.2015) DE

(71) Anmelder: DAIMLER AG [DE/DE]; Mercedesstraße
137, 70327 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: BLECKMANN, Johannes; Griesingerweg 13,
70190 Stuttgart-Ost (DE). ESSMANN, Claudia;
Azenbergstraße 43 A, 70174 Stuttgart (DE). GÄRTNER,
Uwe; Ziegelweg 6/1, 73630 Remshalden (DE).
MASSNER, Alexander; Dresdener Straße 88, 73730
Esslingen (DE).

(74) Anwalt: DAIMLER AG; Intellectual Property, Trends &
Innovation, RD/RI - H512, 70546 Stuttgart (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, 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.

(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)

(54) Title: EXHAUST GAS AFTERTREATMENT DEVICE FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung : ABGASNACHBEHANDLUNGSEINRICHTUNG FÜR EINE VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE

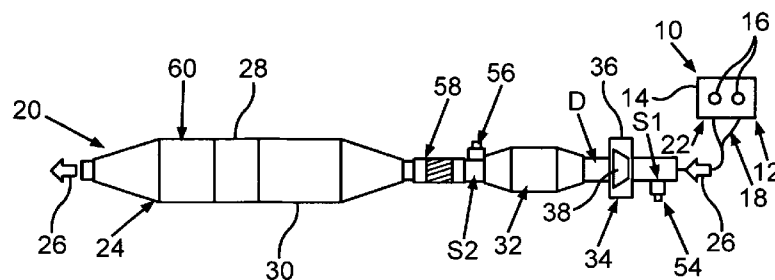


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an exhaust gas aftertreatment device (24) for an internal combustion engine (12) of a motor vehicle, comprising at least one first catalytic converter (32) through which exhaust gas of the internal combustion engine (12) can flow, at least one particle filter (30) through which the exhaust gas can flow and which is arranged downstream of the first catalytic converter (32) for retaining soot particles from the exhaust gas, and at least one second catalytic converter (28) through which the exhaust gas can flow, which is arranged downstream of the particle filter (30), and which is designed as an SCR catalytic converter. According to the invention, the first catalytic converter (32) is a combination catalytic converter comprising - a first catalytic converter part (40) which is designed as an SCR catalytic converter; - a second catalytic converter part (42) which is arranged downstream of the first catalytic converter part (40) and which is designed as an ammonia slip catalytic converter and has a noble metal layer (44) with a first noble metal content; - a third catalytic converter part (46) which is arranged downstream of the second catalytic converter part (42) and which is designed as an oxidation catalytic converter and has a noble metal layer (48) with a second noble metal content; and - an SCR layer (50) which is arranged on the noble metal layers (44, 48) of the second and third catalytic converter part (42, 46) and which extends over the entire length (L) of the second and third catalytic converter part (42, 46).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2017/108165 A1



Die Erfindung betrifft eine Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) für eine Verbrennungskraftmaschine (12) eines Kraftwagens, mit wenigstens einem von Abgas der Verbrennungskraftmaschine (12) durchströmbaren ersten Katalysator (32), mit wenigstens einem von dem Abgas durchströmbaren und stromab des ersten Katalysators (32) angeordneten Partikelfilter (30) zum Rückhalten von Rußpartikeln aus dem Abgas, sowie einem mit wenigstens dem Abgas durchströmbaren zweiten Katalysator (28), welcher stromab des Partikelfilters (30) angeordnet und als SCR-Katalysator ausgebildet ist. Erfindungsgemäß ist der erste Katalysator (32) ein Kombinationskatalysator, mit - einem ersten Katalysatorteil (40), welcher als SCR-Katalysator ausgebildet ist; - einem stromab des ersten Katalysatorteils (40) angeordneten zweiten Katalysatorteil (42), welcher als Ammoniak-Schlupfkatalysator ausgebildet ist und eine Edelmetallschicht (44) mit einem ersten Edelmetallgehalt aufweist; - einem stromab des zweiten Katalysatorteils (42) angeordneten dritten Katalysatorteil (46), welcher als Oxidationskatalysator ausgebildet ist und eine Edelmetallschicht (48) mit einem zweiten Edelmetallgehalt aufweist; und - einer SCR-Schicht (50), die auf den Edelmetallschichten (44, 48) des zweiten und dritten Katalysatorteils (42, 46) angeordnet ist und sich über die gesamte Länge (L) des zweiten und dritten Katalysatorteils (42, 46) erstreckt.

Daimler AG

Abgasnachbehandlungseinrichtung für eine Verbrennungskraftmaschine

Die Erfindung betrifft eine Abgasnachbehandlungseinrichtung für eine Verbrennungskraftmaschine, insbesondere eines Kraftwagens, gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1.

Abgasnachbehandlungseinrichtungen für Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere von Kraftwagen, sind aus dem allgemeinen Stand der Technik und insbesondere aus dem Serienfahrzeugbau bereits hinlänglich bekannt.

Die Verbrennungskraftmaschine weist dabei wenigstens einen Brennraum, insbesondere in Form eines Zylinders, auf, welchem während eines gefeuerten Betriebs der Verbrennungskraftmaschine Kraftstoff, insbesondere flüssiger Kraftstoff, und Luft zugeführt werden. Dadurch entsteht in dem Brennraum ein Kraftstoff-Luft-Gemisch, welches auch als Gemisch bezeichnet und verbrannt wird. Daraus resultiert Abgas der Verbrennungskraftmaschine, wobei das Abgas aus wenigstens einem Auslass der Verbrennungskraftmaschine und somit aus der Verbrennungskraftmaschine selbst ausströmen kann.

Beispielsweise mittels einer Abgasverrohrung wird das Abgas zu der Abgasnachbehandlungseinrichtung geführt, sodass das Abgas der Verbrennungskraftmaschine mittels der Abgasnachbehandlungseinrichtung nachbehandelt werden kann. Hierzu umfasst die Abgasnachbehandlungseinrichtung wenigstens einen von Abgas der Verbrennungskraftmaschine durchströmbaren SCR-Katalysator, mittels welchem eine selektive katalytische Reduktion (SCR) bewirkt beziehungsweise unterstützt wird. Dies bedeutet, dass der SCR-Katalysator die SCR-Reaktion katalysiert. Mittels der selektiven katalytischen Reduktion werden im Abgas enthaltene Stickoxide (NO_x) reduziert, das heißt zumindest teilweise aus dem Abgas entfernt. Dieses Entfernen der Stickoxide aus dem Abgas wird auch als Entstickung

bezeichnet. Im Rahmen der SCR reagieren im Abgas enthaltene Stickoxide insbesondere mit Bestandteilen eines in das Abgas eingebrachten Reduktionsmittels oder mit Bestandteilen, die sich aus dem Reduktionsmittel bilden, zu Stickstoff und Wasser. Bei dem Reduktionsmittel handelt es sich insbesondere um eine wässrige Harnstofflösung. Aus dieser wässrigen Harnstofflösung bildet sich im Rahmen der SCR-Reaktion bei der Reduktion von Stickoxiden wirksames Ammoniak (NH_3).

Darüber hinaus umfassen insbesondere Abgasnachbehandlungseinrichtungen für Verbrennungskraftmaschinen, welche als Dieselmotoren ausgebildet sind, wenigstens einen von dem Abgas durchströmbaren und – in Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasnachbehandlungseinrichtung – stromauf des SCR-Katalysators angeordneten Partikelfilter zum Rückhalten von Rußpartikeln aus dem Abgas. Mittels des Partikelfilters wird das Abgas gefiltert, sodass zumindest ein Teil der im Abgas enthaltenen Rußpartikel mittels des Partikelfilters aus dem Abgas gefiltert wird. Ist die Verbrennungskraftmaschine als Dieselmotor ausgebildet, so wird der Partikelfilter üblicherweise auch als Dieselpartikelfilter (DPF) bezeichnet.

Weiter weisen heutige Abgasnachbehandlungseinrichtungen, insbesondere solche für Dieselmotoren, in Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasnachbehandlungseinrichtung stromauf des Partikelfilters in der Regel einen Oxidationskatalysator (DOC) auf.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Abgasnachbehandlungseinrichtung der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, dass sich ein besonders emissionsgünstiger Betrieb realisieren lässt.

Diese Aufgabe wird durch eine Abgasnachbehandlungseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Um eine Abgasnachbehandlungseinrichtung der im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Art derart weiterzuentwickeln, dass ein besonders emissionsgünstiger Betrieb realisierbar ist, ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungseinrichtung einen von dem Abgas durchströmbaren und stromauf des Partikelfilters angeordneten Kombinationskatalysator aufweist. Der Kombinationskatalysator umfasst dabei einen ersten Katalysatorteil, welcher als SCR-Katalysator beziehungsweise SCR-Katalysatorteil ausgebildet ist. Dies bedeutet, dass der

erste Katalysatorteil eine selektive katalytische Reduktion (SCR) bewirkt beziehungsweise unterstützt, wobei im Rahmen der SCR-Reaktion im Abgas enthaltene Stickoxide (NO_x) reduziert, das heißt zumindest teilweise aus dem Abgas entfernt werden. Im Rahmen der SCR-Reaktion reagieren im Abgas enthaltene Stickoxide insbesondere mit Bestandteilen eines in das Abgas eingebrachten Reduktionsmittels oder mit Bestandteilen, die sich aus dem Reduktionsmittel bilden, zu Stickstoff und Wasser. Dabei katalysiert der erste Katalysatorteil die SCR-Reaktion und weist somit eine SCR-Wirkung auf, sodass mit Hilfe des ersten Katalysatorteils insbesondere Stickstoffmonoxid (NO) und/oder Stickstoffdioxid (NO_2) zu Stickstoff (N_2) umgewandelt werden kann.

Der Kombinationskatalysator umfasst ferner einen zweiten Katalysatorteil, welcher – in Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasnachbehandlungseinrichtung – stromab des ersten Katalysatorteils angeordnet ist. Dies bedeutet, dass das die Abgasnachbehandlungseinrichtung durchströmende Abgas zunächst den ersten Katalysatorteil und daran anschließend den zweiten Katalysatorteil durchströmt. Der zweite Katalysatorteil ist dabei als Ammoniak-Schlupfkatalysator (ASC) ausgebildet und weist eine Edelmetallschicht mit einem ersten Edelmetallgehalt auf. In dem Ammoniak-Schlupfkatalysator wird ein Ammoniakschlupf aus dem Reduktionsmittel in Stickstoff und Wasser oxidiert. Unter einer ASC-Wirkung ist dabei eine katalytische Wirkung des Ammoniak-Schlupfkatalysators auf eine Oxidation von Ammoniak (NH_3) zu verstehen.

Der Kombinationskatalysator umfasst ferner einen dritten Katalysatorteil, welcher stromab des zweiten Katalysatorteils angeordnet ist. Somit strömt das die Abgasnachbehandlungseinrichtung durchströmende Abgas zunächst durch den ersten Katalysatorteil, daran anschließend durch den zweiten Katalysatorteil und daran anschließend durch den dritten Katalysatorteil, sodass der erste, zweite und dritte Katalysatorteil nacheinander von dem Abgas durchströmt werden. Der dritte Katalysatorteil ist dabei als Oxidationskatalysator ausgebildet und weist eine Edelmetallschicht mit einem zweiten Edelmetallgehalt auf. Der Oxidationskatalysator und somit der dritte Katalysatorteil hat die Aufgabe, im Abgas etwaig enthaltenes Kohlenmonoxid (CO) und im Abgas etwaig enthaltene Kohlenwasserstoffe (HC) zu oxidieren. Somit katalysiert, das heißt bewirkt beziehungsweise unterstützt, der dritte Katalysatorteil die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid, sodass der dritte Katalysatorteil eine OC-Wirkung, insbesondere eine DOC-Wirkung, aufweist. Ferner weist der Kombinationskatalysator eine auf den Edelmetallschichten des zweiten und dritten Katalysatorteils angeordnete, insbesondere obere, SCR-Schicht auf, welche beispielsweise als Kupfer-Zeolith-Schicht (Cu-Z -Schicht)

ausgebildet ist und sich über die gesamte Länge L des zweiten und dritten Katalysatorteils erstreckt.

Die SCR-Schicht ist beispielsweise ein vierter Teil des Kombinationskatalysators, wobei die SCR-Schicht auf den sich bis in tiefere Wandschichten erstreckenden Edelmetallschichten angeordnet beziehungsweise aufgebracht ist, so dass das Abgas, das aus dem ersten Katalysatorteil austritt und in den zweiten Katalysatorteil einströmt, zunächst auf die SCR-Schicht trifft und dann zu der tiefer liegenden Edelmetallschicht des zweiten Katalysatorteils diffundiert. Unter der SCR-Schicht ist zu verstehen, dass die SCR-Schicht eine SCR-Wirkung aufweist, in deren Rahmen Reduktionsreaktionen von Stickoxiden mit Ammoniak zu Stickstoff und Wasserdampf katalysiert werden. In dem zweiten und dritten Katalysatorteil des erfindungsgemäßen Kombinationskatalysators ist die SCR-Schicht dazu vorgesehen, einen NH_3 -Schlupf aus dem ersten Katalysatorteil durch SCR-Reaktionen abzubauen. Dabei ist die SCR-Schicht vorteilhaft direkt auf den Edelmetallschichten angeordnet und berührt somit die jeweiligen Edelmetallschichten. Besonders vorteilhaft ist der Kombinationskatalysator so ausgeführt, dass die Edelmetallschichten und die SCR-Schicht des zweiten und dritten Katalysatorteils auf gemeinsamen Katalysatorgrundkörperelementen aufgebracht sind und sich der zweite und der dritte Katalysatorteil in Strömungsrichtung des Abgases unmittelbar aneinander anschließen und sich gegebenenfalls sogar kontaktieren, wodurch der zweite und dritte Katalysatorteil vorteilhaft besonders kompakt ausführbar und besonders kostengünstig herstellbar sind.

Mittels der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung können übermäßige Stickoxid-Emissionen (NO_x -Emissionen), insbesondere nach einem Start, insbesondere Kaltstart, der Verbrennungskraftmaschine sowie nach einem Betrieb der Verbrennungskraftmaschine in einem Niedriglastbereich vermieden werden. Der Erfindung liegt insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass nach einem Start, insbesondere nach einem Kaltstart, der Verbrennungskraftmaschine sowie nach einem Fahrzeugbetrieb im Niedriglastbereich, insbesondere nach einem Leerlaufbetrieb, das heißt auch nach einem Segelbetrieb, bei welchem die Verbrennungskraftmaschine in ihrem Leerlaufbetrieb ist, sowie nach Ampelwartezeiten, während welcher die Verbrennungskraftmaschine läuft und sich in ihrem Leerlaufbetrieb befindet, üblicherweise hohe Stickoxid-Emissionen entstehen können, da in diesen Fahrzeugbetriebszuständen die Katalysatoren und Filter der Abgasnachbehandlungseinrichtung auskühlen und nach diesen Fahrzeugbetriebszuständen so kalt sind, dass in den darauffolgenden Anfahrvorgängen

oder Beschleunigungsvorgängen, bei welchen sehr hohe Abgasemissionen entstehen können, die Katalysatoren und Filter erst wieder auf Betriebstemperatur gebracht werden müssen. Die erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungseinrichtung eignet sich dabei besonders vorteilhaft für Dieselmotorkraftfahrzeuge und insbesondere für Diesel-Lastkraftwagen, deren Emissionen, insbesondere Stickoxid-Emissionen, mittels der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung besonders gering gehalten werden können.

Der Erfindung liegt weiter insbesondere die Erkenntnis zugrunde, dass zukünftige Emissionsanforderungen an Verbrennungskraftmaschinen, insbesondere Dieselmotoren, zunehmend auf eine Berücksichtigung diverser Sekundäremissionen wie beispielsweise NO_2 und N_2O sowie die Arbeitsfähigkeit der Abgasnachbehandlungseinrichtung unter realen Fahrbedingungen abzielen. Bei herkömmlichen Abgasnachbehandlungseinrichtungen, welche einen Oxidationskatalysator, einen stromab des Oxidationskatalysators angeordneten Partikelfilter, einen stromab des Partikelfilters angeordneten SCR-Katalysator und einen stromab des SCR-Katalysators angeordneten ASC (Ammoniak-Schlupfkatalysator) aufweisen, werden ein schnelles Aufheizen des SCR-Katalysators insbesondere nach einem Kaltstart und somit eine hohe Effizienz des SCR-Katalysators verhindert. Vorteilhaft ist der als SCR-Katalysator ausgebildete erste Katalysatorteil des Kombinationskatalysators der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung nach Austritt des Abgases aus der Verbrennungskraftmaschine die in Strömungsrichtung erste Abgasnachbehandlungseinrichtung, so dass die Abgastemperaturen in dem ersten Katalysatorteil der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung vergleichsweise hoch sind. Dadurch heizt sich der als SCR-Katalysator ausgebildete erste Katalysatorteil vergleichsweise schnell nach einem Start oder einem Niedriglastbetrieb der Verbrennungskraftmaschine auf, so dass auch vergleichsweise rasch nach einem Start oder einem Niedriglastbetrieb der Verbrennungskraftmaschine eine höhere Entstickungs-Effizienz in dem als SCR-Katalysator ausgebildeten ersten Katalysatorteil erreichbar ist. Im Folgenden wird der als SCR-Katalysator des ersten Katalysatorteils der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung als erster SCR-Katalysator bezeichnet.

Eine Auskühlung von Katalysatoren und Filtern nach einem Kaltstart oder Niedriglastbetriebszuständen der Verbrennungskraftmaschine fällt insbesondere bei Kraftwagen in Form von Nutzkraftwagen oder Lastkraftwagen stärker aus mit der Folge von entsprechend höheren Abgasemissionen als bei Personenkraftwagen, da in

Nutzkraftwagen oder Lastkraftwagen bauraumbedingt im Vergleich zu Personenkraftwagen ein vergleichsweise großer Abstand mit einer damit verbundenen großen Wegstrecke zwischen der Verbrennungskraftmaschine und der Abgasnachbehandlungseinrichtung besteht, wodurch in Nutzkraftwagen und Lastkraftwagen höhere thermische Verluste entstehen als in Personenkraftwagen. Bei einer herkömmlichen Abgasnachbehandlungseinrichtung wird das Einbringen von Reduktionsmittel in das Abgas bei den oben genannten Betriebsbedingungen, das heißt bei und für eine Aufheizphase nach einem Start, insbesondere Kaltstart, und in sowie für eine Aufheizphase nach einem Niedriglastbetrieb abgeschaltet, da bei diesen Betriebsbedingungen das Abgas eine nur sehr geringe Temperatur aufweist. Dabei wird das Einbringen des Reduktionsmittels abgeschaltet, damit es nicht zu Auskristallisierungen des Reduktionsmittels kommt. Das Einbringen des Reduktionsmittels wird üblicherweise erst eingeschaltet beziehungsweise durchgeführt, wenn ein SCR-Katalysator, in welchem das Reduktionsmittel umgesetzt werden soll, eine Temperatur aufweist, welche größer als 180 Grad Celsius ist. Das Abschalten des Einbringens des Reduktionsmittels hat während der genannten Betriebsbedingungen hohe Stickoxid-Emissionen zur Folge, falls keine entsprechenden Gegenmaßnahmen getroffen sind.

Mittels der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung können ein extrem gutes Kaltstartverhalten und ein vorteilhaftes Verhalten unter realen Fahrbedingungen realisiert werden. Insbesondere im Stadtbetrieb können NO_2 -Sekundäremissionen besonders gering gehalten werden, insbesondere durch NO_2 -Anteile von kleiner gleich 50 Prozent. Als besonders vorteilhaft hat es sich dabei gezeigt, wenn der erste SCR-Katalysator als Vanadium-basierter SCR-Katalysator ausgebildet ist. Bei Vanadium-basierten SCR-Katalysatoren ist vorteilhaft für eine gute Entstickungs-Effizienz ein vergleichsweise geringer Ammoniak-Füllstand notwendig.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung werden die Edelmetallschichten aus Platin oder aus Gemischen von Platin und Palladium gebildet und der zweite Edelmetallgehalt ist höher als der erste Edelmetallgehalt. Edelmetallschichten aus Platin und Gemischen aus Platin und Palladium weisen eine hohe NO_2 -Bildungsaktivität und eine hohe katalytische Wirkung für eine HC-Oxidation auf. Des Weiteren liegt dieser Ausgestaltung der Erfindung folgende Erkenntnis zugrunde: Je höher der Edelmetallgehalt eines Katalysators ist, desto höher ist die Reaktionsrate von einem aus dem Reduktionsmittel gebildeten NH_3 zu Lachgas (N_2O) im Vergleich zu einer Reaktionsrate von NH_3 zu N_2 . Durch den niedrigeren Edelmetallgehalt der Edelmetallschicht des zweiten

Katalysatorteils wird vorteilhaft im zweiten Katalysatorteil ein NH_3 -Schlupf des ersten SCR-Katalysators im Wesentlichen zu N_2 anstelle von N_2O oxidiert, sodass zu dem als Oxidationsteil beziehungsweise Oxidationskatalysator ausgebildeten dritten Katalysatorteil kein Ammoniak oder nur noch eine sehr geringe Menge an Ammoniak gelangt. Im Oxidationskatalysator würde eintretendes Ammoniak wegen des höheren Edelmetallgehalts der dort vorgesehenen Edelmetallschicht vermehrt zu N_2O umgesetzt werden, was durch den zweiten Katalysatorteil vermieden wird. Mit dieser Ausgestaltung der Erfindung können damit insbesondere die Emissionen an klimawirksamen N_2O gering gehalten werden und trotzdem ein verbrennungskraftmaschinennaher, heißer erster SCR-Katalysator mit einer damit verbundenen notwendigen Zugabe von NH_3 über ein Reduktionsmittel stromauf eines Oxidationskatalysators in der Abgasnachbehandlungseinrichtung vorgesehen werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Edelmetallschicht des zweiten Katalysatorteils im Vergleich zu der Edelmetallschicht des dritten Katalysatorteils einen hohen Platinanteil in einem Gemisch aus Platin und Palladium auf, mit einem Platinanteil am Gesamtgemisch von mindestens 80 Prozent. Die Edelmetallschicht des zweiten Katalysatorteils kann auch ausschließlich mit Platin ausgebildet sein.

In einer Ausgestaltung der Erfindung weist die Edelmetallschicht des dritten Katalysatorteils einen Platinanteil in einem Gesamtgemisch aus Platin und Palladium von mindestens 50 Prozent auf.

Ferner hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn der erste Edelmetallgehalt in einem Bereich von einschließlich in etwa $1/28316,8$ Gramm pro Kubikzentimeter bis einschließlich in etwa $5/28316$ Gramm pro Kubikzentimeter liegt. Dies bedeutet, dass der erste Edelmetallgehalt vorzugsweise in einem Bereich von einschließlich in etwa 1 Gramm Edelmetall pro Kubikfuß bis einschließlich in etwa 5 Gramm Edelmetall pro Kubikfuß liegt, wobei ein Kubikfuß zumindest im Wesentlichen 28316,8 Kubikzentimeter entspricht. Mit dem ersten Edelmetallgehalt des zweiten Katalysatorteils nach dieser Ausgestaltung der Erfindung kann ein NH_3 -Schlupf des ersten SCR-Katalysators vorteilhaft im Wesentlichen zu N_2 anstelle zu N_2O oxidiert werden, sodass zu dem als Oxidationskatalysator ausgebildeten dritten Katalysatorteil kein Ammoniak oder nur noch eine sehr geringe Menge an Ammoniak gelangt.

Schließlich hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn der zweite Edelmetallgehalt in einem Bereich von einschließlich 5/28316,8 Gramm pro Kubikzentimeter bis einschließlich 20/28316,8 Gramm pro Kubikzentimeter liegt. Mit dem zweiten Edelmetallgehalt des dritten Katalysatorteils nach dieser Ausgestaltung der Erfindung kann vorteilhaft im dritten Katalysatorteil eine hohe Oxidationsrate von HC und eine hohe Oxidationsrate von NO zu NO₂ erreicht werden. Ein hoher NO₂-Gehalt am Austritt aus dem Kombinationskatalysator und damit vor Eintritt des Abgases in den Partikelfilter erhöht vorteilhaft eine passive Regeneration des Partikelfilters mit NO₂.

Bei einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist eine erste Dosiereinrichtung in der Abgasnachbehandlungseinrichtung vorgesehen, mittels welcher an wenigstens einer stromauf des Kombinationskatalysators, und somit stromauf des ersten SCR-Katalysators, angeordneten ersten Stelle ein Reduktionsmittel, insbesondere eine wässrige Harnstofflösung, zum Entsticken des Abgases in das Abgas einbringbar ist. Dadurch kann das Abgas besonders effektiv entstickt werden, sodass die Emissionen, insbesondere Stickoxidemissionen, besonders gering gehalten werden können.

Um die Stickoxid-Emissionen besonders gering zu halten, ist in weiterer Ausgestaltung der Erfindung eine zweite Dosiereinrichtung vorgesehen, mittels welcher an wenigstens einer stromab des ersten SCR-Katalysators und stromauf des zweiten Katalysators angeordneten zweiten Stelle ein Reduktionsmittel, insbesondere eine wässrige Harnstofflösung, zum Entsticken des Abgases in das Abgas einbringbar ist. Die zweite Dosiereinrichtung kommt vorteilhafterweise zum Einsatz, um dem Abgas Reduktionsmittel vor Eintritt in den zweiten Katalysator, welcher als SCR-Katalysator ausgebildet ist, bereitzustellen, da für die Funktion des als Oxidationskatalysator wirkenden dritten Katalysatorteil im zweiten Katalysatorteil der NH₃-Schlupf oxidiert wird, so dass stromab des zweiten Katalysatorteils des Kombinationskatalysators und so auch im zweiten Katalysator, welcher stromab des Kombinationskatalysator angeordnet ist, im Wesentlichen kein NH₃ mehr im Abgas vorhanden ist. Im Folgenden wird der zweite Katalysator der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung, welcher als SCR-Katalysator ausgebildet ist, als zweiter SCR-Katalysator bezeichnet.

Durch den Einsatz des Kombinationskatalysators und die Anordnung der Dosiereinrichtungen gemäß dieser Ausgestaltung der Erfindung kann die NO₂-basierte, passive Regeneration des Partikelfilters über besonders lange Zeitspannen oder nahezu immer stattfinden, da während der NO₂-basierten Regeneration des Partikelfilters,

während welcher eine Reduktionsmittel-Dosierung über die erste Dosiereinrichtung abgeschaltet ist, die zweite Dosiereinrichtung angeschaltet beziehungsweise aktiviert werden kann und mit dem zweiten Katalysator eine Stickoxidreduktion mit dem mit der zweiten Dosiereinrichtung eingebrachten Reduktionsmittel erfolgen kann. Vorteilhaft gibt es für diese Ausgestaltung der Erfindung damit kein Zeitlimit für eine Stickoxid-Reduktion während einer NO₂-basierten Regeneration des Partikelfilters, welches durch eine Speicherfähigkeit für NH₃ des zweiten SCR-Katalysators bedingt wäre.

Als besonders vorteilhaft hat es sich ferner gezeigt, wenn die zweite Stelle, an welcher Reduktionsmittel mittels der zweiten Dosiereinrichtung in das Abgas einbringbar ist, stromab des Partikelfilters angeordnet ist.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist der Partikelfilter mit einer schwermetall- und edelmetallfreien und eine Oxidation der im Partikelfilter rückgehaltenen Rußpartikel katalysierenden Beschichtung versehen. Die in der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß dieser Ausgestaltung der Erfindung vorgesehene schwermetall- und edelmetallfreie Beschichtung des Partikelfilters weist vorteilhaft keine umweltbelastenden Schwermetalle und keine anderen giftigen oder umweltschädlichen Stoffe auf.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung weist die schwermetall- und edelmetallfreie Beschichtung des Partikelfilters Alkali- und/oder Erdalkaliverbindungen auf. Dabei kann die schwermetall- und edelmetallfreie Beschichtung des Partikelfilters besonders vorteilhaft alkalimetallhaltige Silikate aufweisen. Partikelfilter mit einer solchen Beschichtung, welche insbesondere alkalimetallhaltige Silikate aufweist, können vorteilhaft feste Stoffreaktionen mit Rußpartikeln katalysieren. Die Beschichtung des Partikelfilters weist beispielsweise eine Silikatstruktur auf, in welche feinst verteilt Alkalimetalle, insbesondere Kalium, als aktive Komponente der katalytischen Beschichtung eingebunden sind. Die Beschichtung des Partikelfilters ist auf unterschiedliche Substrate wie beispielsweise SIC oder Cordierit aufbringbar.

Die Beschichtung des Partikelfilters ermöglicht die auf Stickstoffdioxid (NO₂) basierende, passive Regeneration des Partikelfilters schon bei sehr geringen Stickstoffdioxid-Mengen und/oder bereits bei geringeren Temperaturen, da die mittels der Beschichtung mit Alkali- und/oder Erdalkaliverbindungen katalysierte Reaktion von Ruß beziehungsweise die mittels dieser Beschichtung realisierte Reaktion der im Partikelfilter enthaltenen

Rußpartikel mit Stickstoffdioxid im Partikelfilter eine Feststoffreaktion ist, die von dieser Beschichtung katalysiert, das heißt unterstützt beziehungsweise bewirkt wird. Diese Reaktion kann mit einer besonders hohen Reaktionsrate erfolgen. Bei gleichen Temperaturbedingungen betrachtet, kann in einem Partikelfilter mit einer Beschichtung mit Alkali- und/oder Erdalkaliverbindungen die Reaktion von Ruß mit Stickstoffdioxid bereits bei kleineren Stickstoffdioxid-Mengen und mit höheren Reaktionsraten erfolgen als in einem Partikelfilter mit einer edelmetallhaltigen Beschichtung. Auch die aktive, Sauerstoff-(O₂)-basierte Rußoxidation beziehungsweise Regeneration wird durch die Beschichtung mit Alkali- und/oder Erdalkaliverbindungen vergleichsweise besser katalysiert und erfolgt in Partikelfiltern mit einer solchen Beschichtung bereits bei deutlich niedrigeren Temperaturen als in Partikelfiltern mit Edelmetallbeschichtungen. Daher wird auch unter NO₂-Ausschluss, insbesondere während einer Dosierung von wässriger Harnstofflösung über die erste Dosiereinrichtung, im Partikelfilter bereits über O₂ Ruß zu Kohlendioxid (CO₂) und Wasserdampf (H₂O) oxidiert.

Unter einer Regeneration des Partikelfilters ist dabei zu verstehen, dass im Rahmen der Regeneration zumindest ein Teil der im Partikelfilter rückgehaltenen Rußpartikel aus dem Partikelfilter entfernt wird. Mit zunehmender Betriebsdauer und somit mit zunehmendem Rückhalten von Rußpartikeln aus dem Abgas wird der Partikelfilter zunehmend mit Rußpartikeln zugesetzt. Dieses Zusetzen wird auch als Beladen oder Beladung des Partikelfilters bezeichnet. Im Rahmen einer Regeneration wird die Beladung des Partikelfilters zumindest reduziert, indem die Rußpartikel oxidiert werden. Dies bedeutet, dass der Partikelfilter im Rahmen der Regeneration beispielsweise mit Hilfe von NO₂ oxidiert oder mit Hilfe von O₂ freigebrannt wird. Beschichtungen des Partikelfilters haben die Funktion, die Oxidation der Rußpartikel zu katalysieren. Die Beschichtung des Partikelfilters mit Alkali- und/oder Erdalkalimetallverbindungen ermöglicht im Vergleich zu Partikelfiltern mit einer edelmetallhaltigen katalytischen Beschichtung eine NO₂-basierte Regeneration des Partikelfilters bei wesentlich kleineren NO₂-Mengen mit einer höheren Reaktionsrate.

Es wurde überraschend gefunden, dass die Beschichtung des Partikelfilters mit alkalimetallhaltigen Silikaten die Regeneration des Partikelfilters mit Hilfe von NO₂ besonders gut katalysiert, sodass eine solche Regeneration auf Basis von NO₂, welche auch als passive Regeneration bezeichnet wird, bereits bei geringen NO₂-Eingangskonzentrationen, wie die NO₂-Rohemission der Verbrennungskraftmaschine, zu einer ausreichenden Rußabbrandrate führt und dass es vorteilhaft nicht notwendig ist, in Partikelfiltern mit einer solchen Beschichtung eine NO₂-basierte Regeneration

kontinuierlich durchzuführen, sondern dass eine zeitweise durchgeführte Regeneration ausreichend ist.

Da in Partikelfiltern mit Beschichtungen mit Alkali- und/oder Erdalkalimetallverbindungen eine O₂-basierte Regeneration des Partikelfilters bereits bei deutlich niedrigeren Temperaturen erfolgt als in Partikelfiltern mit Edelmetallbeschichtungen, wird die O₂-basierte Regeneration in Partikelfiltern mit Beschichtungen mit Alkali- und/oder Erdalkalimetallverbindungen bereits bei Temperaturen von in etwa 300 Grad Celsius bis 350 Grad Celsius die NO₂-basierte Regeneration unterstützen. Die O₂-basierte Rußregeneration kann in einem Temperaturfenster von in etwa 300 Grad Celsius bis 350 Grad Celsius auch die NO₂-basierte Regeneration teilweise ersetzen, falls die NO₂-basierte Regeneration aufgrund geringer NO₂-Konzentrationen eingeschränkt ist oder ganz entfällt, wie dies der Fall ist, wenn die im Abgas vorhandene Gesamtmenge an NO₂ am vorgeschalteten, durch den ersten Katalysatorteil gebildeten ersten SCR-Katalysator an der SCR-Reaktion verbraucht wird. Dadurch, dass die O₂-basierte Regeneration in Partikelfiltern mit Beschichtungen mit Alkali- und/oder Erdalkalimetallverbindungen bereits in einem Temperaturbereich von in etwa 300 Grad Celsius bis 350 Grad Celsius erfolgen kann, kann die O₂-basierte Regeneration des Partikelfilters genutzt werden, ohne dass hierbei der Nachteil von unerwünschten temperaturbedingten Beschädigungen von Abgasnachbehandlungselementen auftritt, zu welchen es bei den hohen Temperaturen von O₂-basierten Regenerationen von herkömmlichen edelmetallhaltigen Partikelfiltern kommen kann. Dies ist für die erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungseinrichtung von entscheidenden Vorteil, da SCR-Katalysatoren besonders temperaturempfindlich sind und in dem ersten Katalysatorteil der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung damit hohe Temperaturen während einer O₂-basierten Regeneration vermieden werden können.

Wie bereits angedeutet, hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn der Kombinationskatalysator, insbesondere der erste Katalysatorteil des Kombinationskatalysators, das stromab der Verbrennungskraftmaschine erste, von dem Abgas durchströmbare Abgasnachbehandlungselement ist. Mit anderen Worten ist der erste Katalysatorteil, insbesondere der Kombinationskatalysator, als erstes, von dem Abgas der Verbrennungskraftmaschine durchströmbares Abgasnachbehandlungselement nach Austritt des Abgases aus der Verbrennungskraftmaschine angeordnet, sodass bezogen auf eine Strömungsrichtung des Abgases von der Verbrennungskraftmaschine zu dem ersten SCR-Katalysator zwischen dem Kombinationskatalysator, insbesondere dem ersten Katalysatorteil, und der Verbrennungskraftmaschine kein von dem Abgas

durchströmbares Abgasnachbehandlungselement zum Nachbehandeln des Abgases der Verbrennungskraftmaschine angeordnet ist. Dadurch kann eine übermäßige Abkühlung des Kombinationskatalysators vermieden werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung bilden der zweite Katalysatorteil und der dritte Katalysatorteil einen Hybridkatalysator, wobei das von dem Abgas durchströmbare Volumen des zweiten Katalysatorteils in etwa doppelt so groß ist wie das Volumen des dritten Katalysatorteils. Es hat sich überraschend gezeigt, dass das Volumenverhältnis des zweiten und dritten Katalysatorteils gemäß dieser Ausgestaltung der Erfindung notwendig ist, damit mit der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung insbesondere eine Konzentration von neugebildeten N_2O so gering gehalten werden kann, dass zukünftige Emissionsanforderungen an Sekundäremissionen unter realen Fahrbedingungen eingehalten werden können.

Zur Erfindung gehört auch ein Verfahren zum Betreiben einer erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung sind dabei als vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens anzusehen und umgekehrt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung. Die vorstehend in der Beschreibung genannten Merkmale und Merkmalskombinationen sowie die nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten und/oder in den Figuren alleine gezeigten Merkmale und Merkmalskombinationen sind nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Die Zeichnung zeigt in:

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform für eine Verbrennungskraftmaschine eines Kraftwagens, mit wenigstens einem von Abgas der Verbrennungskraftmaschine durchströmbaren Kombinationskatalysator, mit wenigstens einem von dem Abgas durchströmbaren und stromab des Kombinationskatalysators angeordneten Partikelfilter zum Rückhalten von Rußpartikeln aus dem Abgas, und mit einem von dem Abgas

durchströmbaren und stromab des Partikelfilters angeordneten SCR-Katalysator;

Fig. 2 eine schematische Seitenansicht der Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 3 ausschnittsweise eine schematische Längsschnittansicht des Kombinationskatalysators; und

Fig. 4 ein Diagramm zum Veranschaulichen eines Verfahrens zum Betreiben der Abgasnachbehandlungseinrichtung;

In den Fig. sind gleiche oder funktionsgleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt eine im Ganzen mit 10 bezeichnete Antriebseinrichtung für einen Nutzkraftwagen. Die Antriebseinrichtung 10 umfasst eine Verbrennungskraftmaschine 12, welche vorliegend als Hubkolben-Verbrennungsmaschine ausgebildet ist. Dabei ist der Nutzkraftwagen mittels der Verbrennungskraftmaschine 12 antreibbar. Die Verbrennungskraftmaschine 12 ist als Dieselmotor ausgebildet. Die Verbrennungskraftmaschine 12 umfasst ein Zylindergehäuse 14, durch welches eine Mehrzahl von Brennräumen in Form von Zylindern 16 der Verbrennungskraftmaschine 12 gebildet ist. Während eines gefeuerten Betriebs der Verbrennungskraftmaschine 12 werden den Zylindern 16 Luft und Kraftstoff, insbesondere flüssiger Kraftstoff, zugeführt, sodass im jeweiligen Zylinder 16 ein Kraftstoff-Luft-Gemisch entsteht. Dieses Kraftstoff-Luft-Gemisch wird verbrannt, woraus Abgas der Verbrennungskraftmaschine resultiert. Das Abgas aus den Zylindern 16 wird in einem Abgaskrümmen 18 geführt und dann aus der Verbrennungskraftmaschine 12 ausgeleitet.

Die Antriebseinrichtung 10 umfasst ferner eine Abgasanlage 20, welche auch als Abgastrakt bezeichnet wird. Die Abgasanlage 20 ist von dem Abgas aus den Zylindern 16 durchströmbare. Mittels der Abgasanlage 20 wird das Abgas von der Verbrennungskraftmaschine 12 abgeführt. Die Verbrennungskraftmaschine 12 weist dabei einen sogenannten Austritt 22 auf, über welchen das Abgas aus der Verbrennungskraftmaschine 12 aus- und in die Abgasanlage 20 einströmt. Der Austritt 22

wird auch als Motorausstritt oder Auslass oder Motorauslass bezeichnet und ist auf einer Auslassseite der Verbrennungskraftmaschine 12 angeordnet.

Die Abgasanlage 20 umfasst eine im Ganzen mit 24 bezeichnete Abgasnachbehandlungseinrichtung, welche in Fig. 1 gemäß einer ersten Ausführungsform gezeigt ist. Mittels der Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 wird das Abgas der Verbrennungskraftmaschine 12 nachbehandelt. Dabei sind die Abgasanlage 20 und die Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 von dem Abgas durchströmbar, wobei das Strömen beziehungsweise die Strömung des Abgases durch die Abgasanlage 20 und somit durch die Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 in Fig. 1 durch Pfeile 26 veranschaulicht ist. Bezogen auf die Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasanlage 20 und somit durch die Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 ist die Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 stromab des Austritts 22 angeordnet. Da das Abgas stromauf der Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 und stromab des Austritts 22 noch nicht mittels der Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 nachbehandelt ist, werden die Emissionen der Verbrennungskraftmaschine 12 in einem Bereich zwischen dem Austritt 22 und vor, das heißt stromauf der Abgasnachbehandlungseinrichtung 24, als Roh-Emissionen bezeichnet.

Die Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 umfasst wenigstens einen von dem Abgas der Verbrennungskraftmaschine 12 durchströmbarsten ersten Katalysator 32, welcher als Kombinationskatalysator ausgeführt ist, mit wenigstens einem von dem Abgas durchströmbarsten und stromab des ersten Katalysators 32 angeordneten Partikelfilter 30 zum Rückhalten von Rußpartikeln aus dem Abgas, sowie einem mit wenigstens dem Abgas durchströmbarsten zweiten Katalysator 28, welcher stromab des Partikelfilters 30 angeordnet und als SCR-Katalysator ausgebildet ist. Der Kombinationskatalysator 32 ist das erste, von dem Abgas durchströmbares Abgasnachbehandlungselement nach dem Austritt 22 und somit nach dem Austritt des Abgases aus der Verbrennungskraftmaschine 12 angeordnet. Dies bedeutet, dass der Kombinationskatalysator 32 das stromab der Verbrennungskraftmaschine 12 erste, von dem Abgas durchströmbare Abgasnachbehandlungselement ist, sodass zwischen dem Kombinationskatalysator 32 und der Verbrennungskraftmaschine 12, insbesondere dem Austritt 22, kein von dem Abgas durchströmbares Abgasnachbehandlungselement, mittels welchem das Abgas nachbehandelt wird, angeordnet ist.

Die Antriebseinrichtung 10 umfasst ferner einen in Fig. 1 nicht in Gänze dargestellten Abgasturbolader, welcher auch als Turbolader bezeichnet wird. Ferner umfasst die

Antriebseinrichtung 10 beispielsweise einen in Fig. 1 nicht dargestellten Ansaugtrakt, welcher von der zuvor genannten Luft oder einem Gemisch aus rückgeführten Abgas und Luft, die den Zylindern 16 zugeführt wird, durchströmbar ist. Der Abgasturbolader umfasst dabei einen in dem Ansaugtrakt angeordneten Verdichter, mittels welchem die den Ansaugtrakt durchströmende und den Zylindern 16 zuzuführende Luft oder das Gemisch aus rückgeführten Abgas und Luft zu verdichten ist beziehungsweise verdichtet wird.

Ferner umfasst der Abgasturbolader eine Turbine 34, welche in der Abgasanlage 20 angeordnet und demzufolge von dem die Abgasanlage 20 durchströmenden Abgas durchströmbar ist. Bezogen auf die Strömungsrichtung des Abgases durch die Abgasanlage 20 ist die Turbine 34 stromauf des Kombinationskatalysators 32 angeordnet. Die Turbine 34 umfasst beispielsweise ein Turbinengehäuse 36 und ein in dem Turbinengehäuse 36 angeordnetes und von dem die Turbine 34 durchströmenden Abgas antreibbares Turbinenrad 38, welches um eine Drehachse relativ zu dem Turbinengehäuse 36 drehbar ist. Der Verdichter umfasst beispielsweise ein Verdichterrad, mittels welchem die den Ansaugtrakt durchströmende Luft verdichtet werden kann. Dabei ist das Verdichterrad beispielsweise coaxial zum Turbinenrad 38 angeordnet und somit um die zuvor genannte Drehachse drehbar. Der Abgasturbolader umfasst ferner eine in Fig. 1 nicht dargestellte Welle, welche sowohl drehfest mit dem Turbinenrad 38 als auch drehfest mit dem Verdichterrad verbunden ist. Dadurch ist das Verdichterrad über die Welle von dem Turbinenrad 38 antreibbar. Da das Turbinenrad 38 von dem Abgas antreibbar ist beziehungsweise angetrieben wird, und da durch das Antreiben des Verdichterrads die den Ansaugtrakt durchströmende Luft verdichtet wird, kann im Abgas enthaltene Energie zum Verdichten der Luft genutzt werden, sodass ein besonders effizienter Betrieb der Antriebseinrichtung 10 darstellbar ist.

Unter dem mittels des Partikelfilters 30 bewirkbaren Rückhalten von Rußpartikeln aus dem Abgas ist zu verstehen, dass mittels des Partikelfilters 30 im Abgas enthaltene Rußpartikel aus dem Abgas gefiltert und somit rückgehalten werden. Nach Austritt des Abgases aus der Verbrennungskraftmaschine 12 sind in dem Abgas Rußpartikel enthalten, die mittels des Partikelfilters 30 zumindest teilweise aus dem Abgas gefiltert werden. Die Rußpartikel bleiben an dem Partikelfilter 30, insbesondere in dessen Inneren, hängen beziehungsweise setzen sich am Partikelfilter 30, insbesondere an dessen Inneren, ab, sodass sich der Partikelfilter 30 mit zunehmender Betriebsdauer zunehmend mit Rußpartikeln zusetzt. Dieses Zusetzen wird auch als Beladen oder Beladung des Partikelfilters 30 bezeichnet. Ist die Verbrennungskraftmaschine 12 beispielsweise als

Dieselmotor ausgebildet, so wird der Partikelfilter 30 auch als Dieselpartikelfilter (DPF) bezeichnet.

Um nun einen besonders emissionsgünstigen Betrieb zu realisieren, umfasst der Kombinationskatalysator 32 – wie besonders gut in Zusammenschau mit Fig. 3 erkennbar ist – einen ersten Katalysatorteil 40, welcher als erster SCR-Katalysator ausgebildet ist.

Der erste SCR-Katalysator ist dabei als Vanadium-basierter SCR-Katalysator ausgebildet, wobei Vanadium auch mit Va bezeichnet wird. Daher und aufgrund dessen, dass ein SCR-Katalysator im Allgemeinen einfach auch als SCR bezeichnet wird, ist der erste Katalysatorteil 40 in Fig. 3 auch mit Va-SCR bezeichnet.

Der Kombinationskatalysator 32 umfasst ferner einen – in Strömungsrichtung des Abgases durch den Kombinationskatalysator 32 – stromab des ersten Katalysatorteils 40 angeordneten zweiten Katalysatorteil 42, welcher als Ammoniak-Schlupfkatalysator (ASC) ausgebildet ist und eine Edelmetallschicht 44 aufweist, welche ausschließlich mit Platin gebildet ist und einen ersten Platingehalt aufweist. Die Edelmetallschicht 44 des zweiten Katalysatorteils 42 kann auch mit einem Edelmetallgemisch aus Platin und Palladium ausgebildet sein, wobei der Platinanteil im Platin-Palladium-Gemisch mindestens 80 Prozent beträgt. Darüber hinaus umfasst der Kombinationskatalysator 32 einen – in Strömungsrichtung des Abgases durch den Kombinationskatalysator 32 – stromab des zweiten Katalysatorteils 42 angeordneten dritten Katalysatorteil 46, welcher als Oxidationskatalysator ausgebildet ist und eine Edelmetallschicht 48 aufweist, welche ebenfalls ausschließlich mit dem Edelmetall Platingebildet ist und einen zweiten Platingehalt aufweist. Die Edelmetallschicht 48 des dritten Katalysatorteils 42 kann anstelle mit reinem Platin auch mit einem Edelmetallgemisch aus Platin und Palladium ausgebildet sein, wobei der Platinanteil im Platin-Palladium-Gemisch mindestens 50 Prozent beträgt. Da die Verbrennungskraftmaschine 12 vorliegend beispielsweise als Dieselmotor ausgebildet ist, wird der Oxidationskatalysator auch als Dieseloxidationskatalysator (DOC) bezeichnet. Ferner umfasst der Kombinationskatalysator 32 eine auf den jeweiligen Platinschichten 44 und 48 angeordnete SCR-Schicht 50, welche Kupfer (Cu) und Zeolith (Z) umfasst und daher auch als Cu-Z-Schicht bezeichnet wird.

Die jeweilige Platinschicht 44 beziehungsweise 48 ist eine Schicht, welche Platin (Pt) umfasst. Der erste Platingehalt liegt in dem in Fig. 3 gezeigten Kombinationskatalysator 32 in einem Bereich von einschließlich 1 Gramm pro Kubikfuß (g/ft³) bis einschließlich 5 Gramm pro Kubikfuß, wobei der zweite Platingehalt in einem Bereich von einschließlich

5 Gramm pro Kubikfuß bis einschließlich 20 Gramm pro Kubikfuß liegt. Dabei entspricht ein Kubikfuß (ft^3) zumindest im Wesentlichen 28316,8 Kubikzentimeter (cm^3) und bezeichnet das Volumen der jeweiligen Platinschicht 44 beziehungsweise 48. Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn der zweite Platingehalt höher als der erste Platingehalt ist.

Aus Fig. 3 ist erkennbar, dass durch den zweiten Katalysatorteil 42 und den dritten Katalysatorteil 46 sowie durch die SCR-Schicht 50 ein im Ganzen mit 52 bezeichneter Hybridkatalysator gebildet ist, welcher sowohl eine Ammoniak-Schlupfwirkung (ASC-Wirkung) als auch eine Oxidations-Wirkung (DOC-Wirkung) aufweist, sodass der Kombinationskatalysator auch als Hybrid-ASC-DOC in Fig. 3 bezeichnet ist. Dabei weist der Hybridkatalysator 52 eine in Strömungsrichtung des Abgases verlaufende Gesamtlänge L auf. Dabei weist der zweite Katalysatorteil 42 eine in Strömungsrichtung des Abgases verlaufende erste Teillänge I1 auf, wobei der dritte Katalysatorteil 46 eine in Strömungsrichtung des Abgases verlaufende zweite Teillänge I2 aufweist. Die Teillängen I1 und I2 ergeben summiert die Gesamtlänge L. Die SCR-Schicht 50 erstreckt sich über die gesamte Länge L des Hybridkatalysators 52 und damit über die Teillänge I1 des zweiten Katalysatorteils 42 und die Teillänge I2 des dritten Katalysatorteils 46. Vorliegend beträgt die erste Teillänge I1 zwei Drittel der Gesamtlänge L, wobei die Teillänge I2 ein Drittel der Gesamtlänge L beträgt. Der Kombinationskatalysator 32 insgesamt weist eine in Strömungsrichtung des Abgases verlaufende Länge G auf, wobei der erste Katalysatorteil 40 eine in Strömungsrichtung des Abgases verlaufende Teillänge t aufweist.

Die Teillänge t und die Gesamtlänge L ergeben summiert die Länge G des Kombinationskatalysators 32. Dabei ist es beispielsweise vorgesehen, dass die Teillänge t in einem Bereich von einschließlich 50 Prozent bis einschließlich 90 Prozent der Länge G liegt, wobei die Gesamtlänge L beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 10 Prozent bis einschließlich 50 Prozent der Länge G liegt.

Mit 50 ist die auf den Platinschichten 44 und 48 angeordnete SCR-Schicht bezeichnet, welche beispielsweise als Kupfer-Zeolith-Schicht (Cu-Z-Schicht) ausgebildet ist. Unter der SCR-Schicht 50 ist zu verstehen, dass die SCR-Schicht 50 eine SCR-Wirkung aufweist. Dies bedeutet, dass die SCR-Schicht 50 eine selektive katalytische Reduktion (SCR), in deren Rahmen im Abgas enthaltene Stickoxide zu Stickstoff und Wasser umgewandelt werden, katalysiert, das heißt bewirkt beziehungsweise unterstützt.

Aus Fig. 3 ist erkennbar, dass die SCR-Schicht 50 eine obere Schicht beziehungsweise eine obere Beschichtung ist, welche auf den Platinschichten 44 und 48 angeordnet beziehungsweise auf die Platinschichten 44 und 48 aufgebracht ist. Dabei ist die SCR-Schicht 50 direkt auf die Platinschichten 44 und 48 aufgebracht, sodass die SCR-Schicht 50 die Platinschichten 44 und 48 berührt. Die untere Platinschicht 44 des zweiten Katalysatorteils 42 dient der Oxidation von überschüssigen Ammoniak (NH_3), sodass der zweite Katalysatorteil 42 als Ammoniak-Schlupf-Katalysator fungiert. Die hintere Platinschicht 48 dient der Oxidation von NO und unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC), sodass mittels der Platinschicht 48 beispielsweise NO_2 gebildet wird, um einen passiven Rußabbrand, das heißt eine passive Regeneration des Partikelfilters 30 zu realisieren und eine hinreichende Temperatur zur Realisierung einer aktiven Regeneration des Partikelfilters 30 darzustellen. Die passive Regeneration ist eine NO_2 -basierte Regeneration, mittels welcher die Beladung des Partikelfilters 30 zumindest reduziert wird. Die genannte aktive Regeneration ist eine Sauerstoff-, das heißt O_2 -basierte Regeneration, mit deren Hilfe die Beladung des Partikelfilters 30 zumindest reduziert wird. Dabei ist die jeweilige Platinschicht 44 beziehungsweise 48 eine untere Platinschicht, welche unter der SCR-Schicht 50 angeordnet ist. Ziel für beide Platinschichten 44 und 48 ist eine geringe N_2O -Selektivität.

Insbesondere ist es denkbar, dass die Teillänge l_1 in einem Bereich von einschließlich 0 Prozent bis einschließlich 80 Prozent der Gesamtlänge L liegt. Ferner ist es denkbar, dass die Teillänge l_2 in einem Bereich von einschließlich 20 Prozent bis einschließlich 100 Prozent der Gesamtlänge L liegt.

Die Antriebseinrichtung 10, insbesondere die Abgasnachbehandlungseinrichtung 24, umfasst eine erste Dosiereinrichtung 54, mittels welcher an wenigstens einer stromauf des Kombinationskatalysators 32 angeordneten ersten Stelle S1 ein Reduktionsmittel zum Entsticken des Abgases in das Abgas einbringbar ist. Bei dem Reduktionsmittel handelt es sich beispielsweise um eine wässrige Harnstofflösung, aus welcher Ammoniak produziert wird, das im Rahmen der genannten SCR mit im Abgas enthaltenen Stickoxiden zu Wasser und Stickstoff reagieren kann. In Fig. 1 ist dargestellt, dass die erste Stelle S1 beziehungsweise die Dosiereinrichtung 54 stromauf des Turbinenrads 38 beziehungsweise der Turbine 34 angeordnet ist. Bevorzugt ist es jedoch vorgesehen, dass die erste Stelle S1 beziehungsweise die erste Dosiereinrichtung 54 stromauf des Kombinationskatalysators 32 und stromab des Turbinenrads 38 beziehungsweise der Turbine 34 angeordnet ist.

Darüber hinaus ist eine zweite Dosiereinrichtung 56 vorgesehen, mittels welcher an wenigstens einer stromab des Kombinationskatalysators 32 und stromauf des SCR-Katalysators 28 angeordneten zweiten Stelle S2 Reduktionsmittel zum Entsticken des Abgases in das Abgas einbringbar ist. Durch das zuvor beschriebene Umwandeln von in dem Abgas enthaltenen Stickoxiden in Wasser und Stickstoff werden die Stickoxide zumindest zum Teil aus dem Abgas entfernt. Dieses Entfernen der Stickoxide wird auch als Entsticken des Abgases bezeichnet, was – wie beschrieben – mit Hilfe des Reduktionsmittels erfolgt. Bei der in Fig. 1 gezeigten ersten Ausführungsform ist die zweite Stelle S2 beziehungsweise die zweite Dosiereinrichtung 56 stromauf des SCR-Katalysators 28 und stromauf des Partikelfilters 30 angeordnet.

Stromab der zweiten Stelle S2 beziehungsweise der zweiten Dosiereinrichtung 56 und stromauf des SCR-Katalysators 28 ist eine Mischeinrichtung 58 angeordnet, mittels welcher das eindosierte Reduktionsmittel mit dem Abgas vermischt beziehungsweise durchgemischt wird. Bei der ersten Ausführungsform ist die Mischeinrichtung 58 stromauf des Partikelfilters 30 angeordnet. Des Weiteren umfasst die Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 einen Katalysator 60, welcher stromab des SCR-Katalysators 28 angeordnet und als SCR-Katalysator und/oder als Ammoniak-Schlupfkatalysator ausgebildet ist.

Um einen besonders emissionsgünstigen Betrieb zu realisieren, ist der Partikelfilter 30 mit einer schwermetall- und edelmetallfreien und eine Oxidation der im Partikelfilter 30 rückgehaltenen Rußpartikel katalysierenden Beschichtung auf Basis von Alkalimetall-Silikat-Strukturen versehen, sodass die Beschichtung eine Beschichtung mit alkalimetallhaltigen Silikaten ist. Diese Beschichtung katalysiert eine Rußoxidation, das heißt die Oxidation der Rußpartikel, die durch den Partikelfilter 30 rückgehalten wurden und sich somit im Partikelfilter 30 befinden, besonders effizient und effektiv. Durch diese Oxidation der Rußpartikel werden die Rußpartikel aus dem Partikelfilter 30 entfernt, wodurch die Beladung zumindest reduziert wird. Dieses Reduzieren der Beladung des Partikelfilters 30 wird auch als Regenerieren oder Regeneration des Partikelfilters 30 bezeichnet.

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform der Antriebseinrichtung 10. In Fig. 2 ist der Übersicht wegen die Verbrennungskraftmaschine 12 nicht dargestellt. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich insbesondere dadurch von der ersten Ausführungsform, dass die zweite Stelle S2 beziehungsweise die zweite Dosiereinrichtung 56 stromauf des SCR-Katalysators 28, jedoch stromab des

Partikelfilters 30 angeordnet ist. Dabei ist die Mischeinrichtung 58 stromab der zweiten Stelle S2 beziehungsweise der zweiten Dosiereinrichtung 56 und stromauf des SCR-Katalysators 28 angeordnet.

Ferner kann ein in den Fig. nicht dargestellter HC-Doser vorgesehen sein, mittels welchem an einer Dosierungsstelle D unverbrannte Kohlenwasserstoffe in das Abgas einbringbar sind. Aus Fig. 1 und 2 ist erkennbar, dass die Dosierungsstelle D beziehungsweise der HC-Doser stromauf des Kombinationskatalysators 32 und beispielsweise bevorzugt stromab des Turbinenrads 38 beziehungsweise der Turbine 34 angeordnet ist. Alternativ ist es denkbar, dass der HC-Doser beziehungsweise die Dosierungsstelle D, an welcher die unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) mittels des HC-Dosers in das Abgas eingebracht beziehungsweise eindosiert werden können, stromauf des Kombinationskatalysators 32 und insbesondere stromauf des Turbinenrads 38 beziehungsweise der Turbine 34 angeordnet ist. Alternativ oder zusätzlich zum Einsatz des HC-Dosers sind innermotorische Maßnahmen zum Einbringen von unverbrannten Kohlenwasserstoffen in das Abgas denkbar. Bei einer solchen innermotorischen Maßnahme handelt es sich beispielsweise um eine insbesondere späte Einspritzung von Kraftstoff in wenigstens einen der Zylinder 16.

Die Katalysatorvolumina des Kombinationskatalysators 32 sowie die Volumina der Katalysatorteile 40, 42 und 46 und die der Katalysatoren 28 und 60 werden durch das Hubvolumen der Verbrennungskraftmaschine 12 bestimmt. Der erste Katalysatorteil 40 aus Fig. 1 oder Fig. 2 weist ein von dem Abgas durchströmbares Volumen auf, welches für Nutzfahrzeugverbrennungskraftmaschinen in einem Bereich von in etwa 44 bis 105 Prozent des Hubvolumens der Verbrennungskraftmaschine 12 liegt. Die Summe der Volumen des SCR-Katalysators 28 und des Katalysators 60 liegt für Nutzfahrzeugverbrennungsmotoren in einem Bereich von in etwa 78 bis 179 Prozent des Hubvolumens der Verbrennungskraftmaschine 12. Das Verhältnis des Volumens des ersten Katalysatorteils 40 zu der Summe der Volumen des SCR-Katalysators 28 und des Katalysators 60 liegt beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 0,25 bis einschließlich 1,34.

Im Folgenden wird beispielsweise eine Startbedingung für die passive, NO₂-basierte Regeneration des Partikelfilters 30 erläutert: Weist beispielsweise der SCR-Katalysator 28 eine hinreichende Temperatur beispielsweise in einem Bereich von 200 Grad Celsius bis 250 Grad Celsius auf, so wird die erste Dosiereinrichtung 54 abgeschaltet, sodass innermotorisch gebildetes NO₂ am ersten SCR nicht umgesetzt wird, sowie zusätzlich

eine NO₂-Bildung über den Hybridkatalysator 52 erfolgt. Im Folgenden werden Stoppbedingungen für die passive Regeneration erläutert: Unterschreitet beispielsweise die Temperatur des SCR-Katalysators 28 einen vorgebbaren Schwellenwert von beispielsweise in einem Bereich von 180 Grad Celsius bis 220 Grad Celsius, so wird die erste Dosiereinrichtung 54 aktiviert, sodass über den als SCR-Katalysator fungierenden ersten Katalysatorteil 40 ein Stickoxidumsatz bei niedrigen Abgastemperaturen erfolgt. Alternativ oder zusätzlich umfasst die Stoppbedingung, dass die Raumgeschwindigkeit des SCR-Katalysators 28 einen vorgebbaren Schwellenwert beispielsweise in einem Bereich von 40.000 bis 60.000 überschreitet und/oder dass eine Einspeicherungsrate einen Schwellenwert überschreitet und/oder dass der Stickoxid-Gehalt einen vorgebbaren Schwellenwert überschreitet.

Die Regenerationsdauer der aktiven Regeneration liegt beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 15 Minuten bis einschließlich 60 Minuten und wird beispielsweise nach einem Intervall von mehr als 100 Stunden durchgeführt. Der Größenanteil des ersten Katalysatorteils 40 am gesamten SCR-Volumen der Abgasnachbehandlungseinrichtung 24 liegt beispielsweise in einem Bereich von einschließlich 20 Prozent bis einschließlich 50 Prozent. Im Folgenden werden Parameter beschrieben, welche die passive, NO₂-basierte Regeneration auslösen. Dabei ist beispielsweise der Zustand der ersten Dosiereinrichtung 54 die Größe, die die passive Regeneration auslöst.

Im Folgenden werden Parameter beschrieben, welche die aktive, O₂-basierte Regeneration auslösen:

- modellbasierte Rußbeladungsgrenze (Rußmengentrigger)
- maximale Dauer ohne Regeneration circa 100 Stunden (Zeittrigger)
- Gegendruck > Faktor 2 gegenüber leerem Filter (Gegendrucktrigger)
- günstige Temperaturen > 300 Grad Celsius + Mindestrußmenge (5 Gramm pro Liter) (Temperaturtrigger).

Im Folgenden werden Parameter erläutert, welche eine Regeneration unterbrechen beziehungsweise beenden:

- Rußmenge < 1 Gramm pro Liter
- Gegendruck < 1,1 gegenüber leerem Filter.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm zum Veranschaulichen eines Verfahrens zum Betreiben der Antriebseinrichtung 10, insbesondere der Abgasnachbehandlungseinrichtung 24. Das in Fig. 4 gezeigte Diagramm weist eine Abszisse 62 auf, auf welcher die Zeit, insbesondere in Sekunden, aufgetragen ist. Ferner weist das Diagramm eine Ordinate 64 auf, auf welcher die Temperatur, insbesondere in Grad Celsius, aufgetragen ist. In das Diagramm ist ein Verlauf 66 eingetragen, welcher die Temperatur des ersten Katalysatorteils 40 veranschaulicht, wobei der erste Katalysatorteil 40 auch als ccSCR bezeichnet wird. Mit anderen Worten ist der Verlauf 66 ein zeitlicher Verlauf der Temperatur des als SCR-Katalysator fungierenden ersten Katalysatorteils 40. Eine Zeile 68 veranschaulicht einen Zustand der ersten Dosiereinrichtung 54. Bei in der Zeile 68 eingetragenen Blöcken 70 und 72 ist die erste Dosiereinrichtung 54 aktiviert, sodass die Blöcke 70 und 72 jeweilige Zeitspannen veranschaulichen, während welchen das Reduktionsmittel mittels der aktivierten ersten Dosiereinrichtung 54 in das Abgas eingebracht, insbesondere eingespritzt, wird.

Eine Zeile 74 veranschaulicht einen Zustand der zweiten Dosiereinrichtung 56, wobei bei in der Zeile 74 eingetragenen Blöcken 76 und 78 die zweite Dosiereinrichtung 56 aktiviert ist. Somit veranschaulichen die Blöcke 76 und 78 jeweilige Zeitspannen, während welchen das Reduktionsmittel mittels der aktivierten zweiten Dosiereinrichtung 56 in das Abgas eingebracht, insbesondere eingespritzt, wird. Eine Zeile 80 veranschaulicht einen Zustand des HC-Dosers oder eine Aktivierung innermotorischer Maßnahmen zur Erhöhung der Abgastemperatur. Ein in die Zeile 80 eingetragener Block 82 veranschaulicht eine Zeitspanne, während welcher der HC-Doser aktiviert ist, sodass während der durch den Block 82 veranschaulichten Zeitspanne mittels des aktivierten HC-Dosers an der Dosierungsstelle D unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) in das Abgas eingebracht, insbesondere eingespritzt, werden. Ferner veranschaulicht eine Zeile 84 des Diagramms die Stickoxid-Rohemissionen der Verbrennungskraftmaschine 12. Dabei veranschaulichen in die Zeile 84 eingetragene Blöcke 86, 88 und 90 verbrennungskraftmaschineninterne Maßnahmen zur Stickoxid-Reduktion. Da die Verbrennungskraftmaschine 12 auch als Verbrennungsmotor bezeichnet werden, werden die verbrennungskraftmaschineninternen Maßnahmen auch als verbrennungsmotorinterne Maßnahmen oder VM-Maßnahmen bezeichnet.

Somit veranschaulichen die Blöcke 86, 88 und 90 jeweilige Zeitspannen, während welchen Verbrennungsmotor-Maßnahmen, das heißt verbrennungsmotorinterne Maßnahmen, zur Stickoxidreduktion, das heißt zur Entstickung durchgeführt werden. Bei einer solchen VM-Maßnahme handelt es sich beispielsweise um eine Verstellung eines

Einspritzzeitpunkts nach spät. Ferner kann es sich bei der Verbrennungsmotor-Maßnahme um eine besonders hohe Abgasrückführrate handeln. Eine weitere VM-Maßnahme ist beispielsweise die Reduzierung des dem jeweiligen Zylinder 16 zuzuführenden Luftmassenstroms, welcher beispielsweise durch Drosselung reduziert wird. Dies erfolgt beispielsweise mittels einer in dem von der Luft durchströmbaren Ansaugtrakt angeordneten Drosselklappe. Eine weitere Verbrennungsmotor-Maßnahme kann beispielsweise sein, dass die Verbrennungskraftmaschine bei höheren Lasten gefahren beziehungsweise betrieben wird.

Ein in das Diagramm eingetragener Block 92 veranschaulicht einen Start, insbesondere Kaltstart, der Verbrennungskraftmaschine 12. Während dieses Kaltstarts wird wenigstens eine Verbrennungsmotor-Maßnahme durchgeführt, was durch den Block 86 veranschaulicht wird. Ein in das Diagramm eingetragener Block 94 veranschaulicht eine Heizphase, während welcher – wie am Block 70 erkennbar ist – die erste Dosiereinrichtung 54 aktiviert ist. Daran schließt sich eine verbrauchsoptimale Phase an, welche durch einen Block 96 veranschaulicht ist. Ein Block 98 veranschaulicht einen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine 12 bei niedrigen Lasten, wobei wenigstens eine Verbrennungsmotor-Maßnahme, veranschaulicht durch den Block 88, durchgeführt wird.

Ferner ist die Dosiereinrichtung 54 aktiviert (Block 72), oder innermotorische Maßnahmen werden ausgelöst. Daran schließt sich eine durch einen Block 100 veranschaulichte, verbrauchsoptimale Phase an, während welcher beispielsweise der HC-Doser aktiviert ist (Block 82). Ferner wird – wie durch den Block 90 veranschaulicht ist – wenigstens eine Verbrennungsmotor-Maßnahme durchgeführt. Dabei ist es vorzugsweise vorgesehen, dass der HC-Doser erst dann aktiviert wird, wenn die erste Dosiereinrichtung 54 deaktiviert ist, das heißt wenn ein durch die Dosiereinrichtung 54 bewirktes Einbringen von Reduktionsmittel in das Abgas unterbleibt. Ist die jeweilige Dosiereinrichtung 54 beziehungsweise 56 deaktiviert, so unterbleibt ein durch die jeweilige Dosiereinrichtung 54 beziehungsweise 56 bewirktes Einbringen von Reduktionsmittel in das Abgas. Ist der HC-Doser aktiviert, so werden mittels des HC-Dosers unverbrannte Kohlenwasserstoffe (HC) in das Abgas eingebracht. Ist der HC-Doser deaktiviert, so unterbleibt ein durch den HC-Doser bewirktes Einbringen von HC in das Abgas.

Ferner veranschaulicht in Fig. 4 ein Doppelpfeil 102 die passive Regeneration beziehungsweise eine Regenerationsdauer der passiven Regeneration, wobei ein Doppelpfeil 104 die aktive Regeneration beziehungsweise die Regenerationsdauer der aktiven Regeneration veranschaulicht.

Daimler AG

Patentansprüche

1. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) für eine Verbrennungskraftmaschine (12) eines Kraftwagens, mit wenigstens einem von Abgas der Verbrennungskraftmaschine (12) durchströmbaren ersten Katalysator (32), mit wenigstens einem von dem Abgas durchströmbaren und stromab des ersten Katalysators (32) angeordneten Partikelfilter (30) zum Rückhalten von Rußpartikeln aus dem Abgas sowie einem mit wenigstens dem Abgas durchströmbaren zweiten Katalysator (28), welcher stromab des Partikelfilters (30) angeordnet und als SCR-Katalysator ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass
der erste Katalysator (32) ein Kombinationskatalysator ist, mit
 - einem ersten Katalysatorteil (40), welcher als SCR-Katalysator ausgebildet ist;
 - einem stromab des ersten Katalysatorteils (40) angeordneten zweiten Katalysatorteil (42), welcher als Ammoniak-Schlupfkatalysator ausgebildet ist und eine Edelmetallschicht (44) mit einem ersten Edelmetallgehalt aufweist;
 - einem stromab des zweiten Katalysatorteils (42) angeordneten dritten Katalysatorteil (46), welcher als Oxidationskatalysator ausgebildet ist und eine Edelmetallschicht (48) mit einem zweiten Edelmetallgehalt aufweist; und
 - einer SCR-Schicht (50), die auf den Edelmetallschichten (44, 48) des zweiten und dritten Katalysatorteils (42, 46) angeordnet ist und sich über die gesamte Länge (L) des zweiten und dritten Katalysatorteils (42, 46) erstreckt.
2. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
die Edelmetallschichten (44, 48) des zweiten und dritten Katalysatorteils (42, 46)

aus Platin oder aus Gemischen von Platin und Palladium gebildet werden und der zweite Edelmetallgehalt höher als der erste Edelmetallgehalt ist.

3. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Edelmetallschicht (48) des dritten Katalysatorteils (46) einen Platinanteil von mindestens 50 Prozent im Gemisch aus Platin und Palladium aufweist.
4. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Edelmetallgehalt in einem Bereich von einschließlich 1/28316,8 Gramm pro Kubikzentimeter bis einschließlich 5/28316,8 Gramm pro Kubikzentimeter liegt.
5. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Edelmetallgehalt in einem Bereich von einschließlich 5/28316,8 Gramm pro Kubikzentimeter bis einschließlich 20/28316,8 Gramm pro Kubikzentimeter liegt.
6. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Partikelfilter (30) mit einer schwermetall- und edelmetallfreien und eine Oxidation der im Partikelfilter (30) rückgehaltenen Rußpartikel katalysierenden Beschichtung versehen ist,
7. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die schwermetall- und edelmetallfreie Beschichtung des Partikelfilters (30) Alkali- und/oder Erdalkalimetallverbindungen aufweist.
8. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

eine erste Dosiereinrichtung (54) vorgesehen ist, mittels welcher an wenigstens einer stromauf des Kombinationskatalysators (32) angeordneten ersten Stelle (S1) ein Reduktionsmittel zum Entsticken des Abgases in dieses einbringbar ist.

9. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Dosiereinrichtung vorgesehen ist, mittels welcher an wenigstens einer stromab des Kombinationskatalysators (32) und stromauf des zweiten Katalysators (28) angeordneten zweiten Stelle (S2) ein Reduktionsmittel zum Entsticken des Abgases in dieses einbringbar ist.
10. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Kombinationskatalysator (32), insbesondere der erste als SCR-Katalysator ausgebildete Katalysatorteil (40) des Kombinationskatalysators (32), das stromab der Verbrennungskraftmaschine (12) erste, von dem Abgas durchströmbare Abgasnachbehandlungselement ist.
11. Abgasnachbehandlungseinrichtung (24) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Katalysatorteil (42) und der dritte Katalysatorteil (46) einen Hybridkatalysator (52) bilden, wobei das von dem Abgas durchströmbare Volumen des zweiten Katalysatorteils (42) in etwa doppelt so groß ist wie das Volumen des dritten Katalysatorteils (46).

1/2

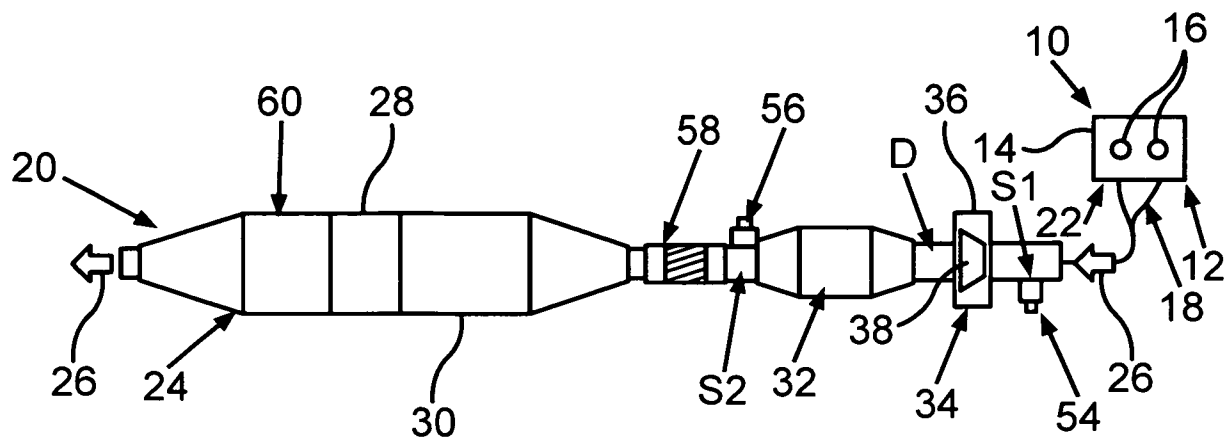


Fig.1

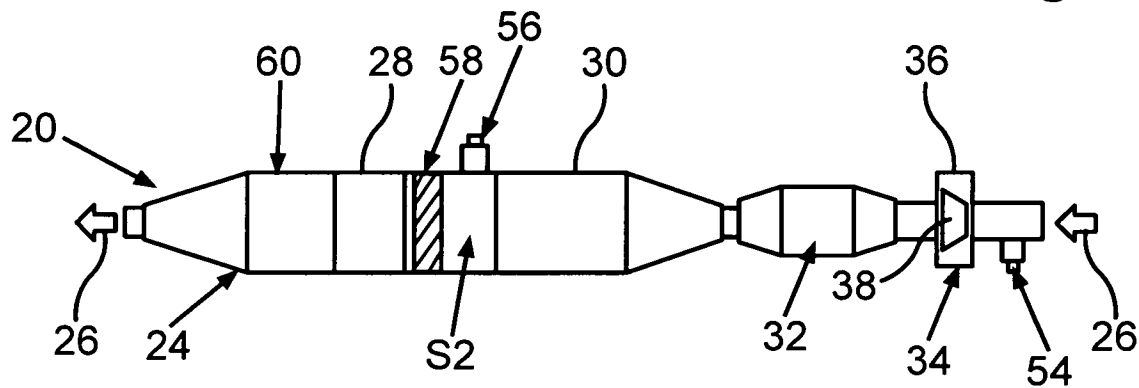


Fig.2

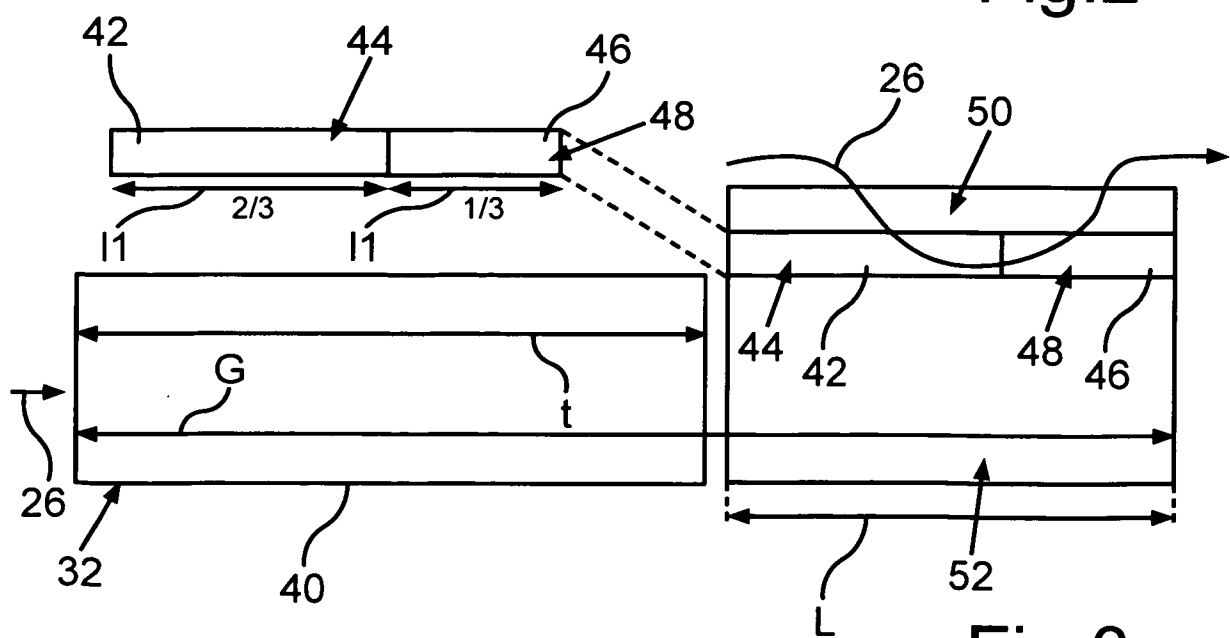


Fig.3

2/2

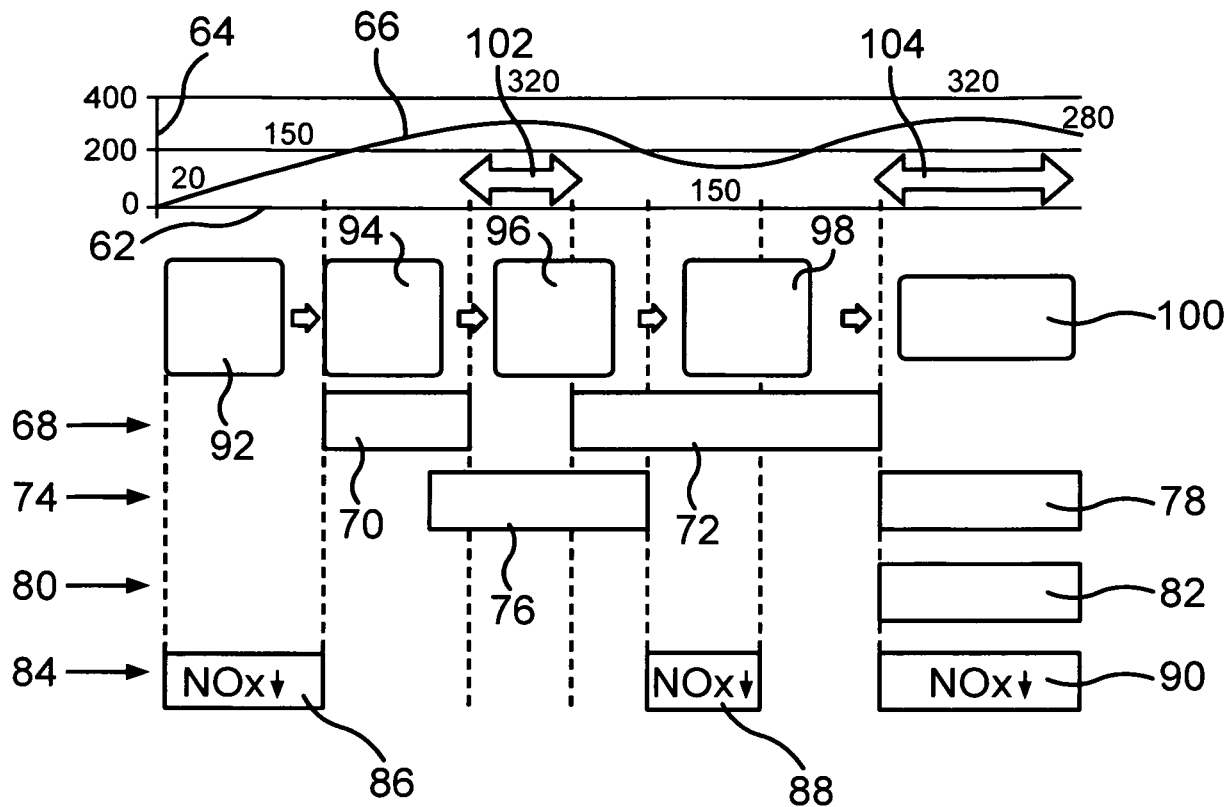


Fig.4

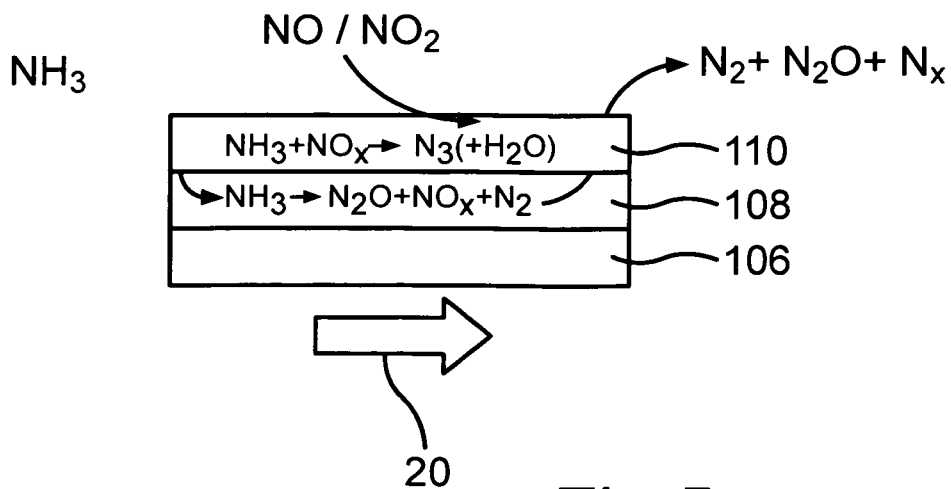


Fig.5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/002090

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F01N3/20 F01N3/021 F01N3/10 F01N13/00 ADD.		
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) 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.
A	DE 10 2012 005508 A1 (DAIMLER AG [DE]) 19 September 2013 (2013-09-19) abstract; figures 1, 3 paragraphs [0026] - [0032] paragraphs [0005] - [0016]; claim 1 -----	1-11
A	US 2011/271664 A1 (BOORSE R SAMUEL [US] ET AL) 10 November 2011 (2011-11-10) abstract; figures 4, 3, 2 paragraphs [0008] - [0016] -----	1-11
☐ 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	
7 February 2017	16/02/2017	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Steinberger, Yvonne	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/002090

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102012005508 A1	19-09-2013	DE 102012005508 A1	19-09-2013
		EP 2825294 A1	21-01-2015
		JP 2015516534 A	11-06-2015
		US 2015071839 A1	12-03-2015
		WO 2013139414 A1	26-09-2013

US 2011271664 A1	10-11-2011	CA 2798332 A1	10-11-2011
		CN 102985655 A	20-03-2013
		EP 2567081 A2	13-03-2013
		JP 2013525109 A	20-06-2013
		JP 2016193429 A	17-11-2016
		KR 20130098880 A	05-09-2013
		US 2011271664 A1	10-11-2011
		WO 2011140251 A2	10-11-2011
		ZA 201209014 B	26-03-2014

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F01N3/20 F01N3/021 F01N3/10 F01N13/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) 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.
A	DE 10 2012 005508 A1 (DAIMLER AG [DE]) 19. September 2013 (2013-09-19) Zusammenfassung; Abbildungen 1, 3 Absätze [0026] - [0032] Absätze [0005] - [0016]; Anspruch 1 -----	1-11
A	US 2011/271664 A1 (BOORSE R SAMUEL [US] ET AL) 10. November 2011 (2011-11-10) Zusammenfassung; Abbildungen 4, 3, 2 Absätze [0008] - [0016] -----	1-11
☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" 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
7. Februar 2017		16/02/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Steinberger, Yvonne

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/002090

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102012005508 A1	19-09-2013	DE 102012005508 A1	19-09-2013
		EP 2825294 A1	21-01-2015
		JP 2015516534 A	11-06-2015
		US 2015071839 A1	12-03-2015
		WO 2013139414 A1	26-09-2013

US 2011271664 A1	10-11-2011	CA 2798332 A1	10-11-2011
		CN 102985655 A	20-03-2013
		EP 2567081 A2	13-03-2013
		JP 2013525109 A	20-06-2013
		JP 2016193429 A	17-11-2016
		KR 20130098880 A	05-09-2013
		US 2011271664 A1	10-11-2011
		WO 2011140251 A2	10-11-2011
		ZA 201209014 B	26-03-2014
