

(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
04. Juni 2020 (04.06.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/109096 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01N 3/035 (2006.01) *F01N 13/00* (2010.01)
F01N 3/021 (2006.01) *F01N 3/10* (2006.01)
F01N 3/00 (2006.01) *F01N 3/20* (2006.01)
F01N 3/08 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/081867

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. November 2019 (20.11.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 009 233.0
26. November 2018 (26.11.2018) DE

(71) Anmelder: **DAIMLER AG** [DE/DE]; Mercedesstraße 120, 70372 Stuttgart (DE). **POLITECNICO DI MILANO** [IT/IT]; Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano (IT).

(72) Erfinder: **DIETERICH, Simone**; In der Schranne 37, 70569 Stuttgart (DE). **SCHMEISSER, Volker**; Heuglinweg 27, 70597 Stuttgart (DE). **WEIBEL, Michel**; Bei der Wette 7, 70327 Stuttgart (DE). **GRAMIGNI, Federica**; Via Monte Rosa 47, 28100 Novara (IT). **NOVA, Isabella**; Via Pecchio 6, 20131 Milano (IT). **SELLERI, Tommaso**; Via Carlo Collodi 7, 23887 Olgiate Molgora (IT). **TRONCONI, Enrico**; Viale Brianza 12, 20862 Arcore (IT).

(74) Anwalt: **HOFSTETTER, SCHURACK & PARTNER PATENT- UND RECHTSANWALTSKANZLEI, PARTG MBB**; Balanstr. 57, 81541 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

(54) Title: EXHAUST-GAS AFTERTREATMENT DEVICE FOR A MOTOR VEHICLE HAVING A CATALYTIC CONVERTER WITH SCR AND NOX STORAGE MATERIAL, AND METHOD FOR OPERATING SUCH AN EXHAUST-GAS AFTERTREATMENT DEVICE

(54) Bezeichnung: ABGASNACHBEHANDLUNGSEINRICHTUNG FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG MIT EINEM KATALYSATOR MIT SCR- UND NOX-SPEICHER-MATERIAL SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN

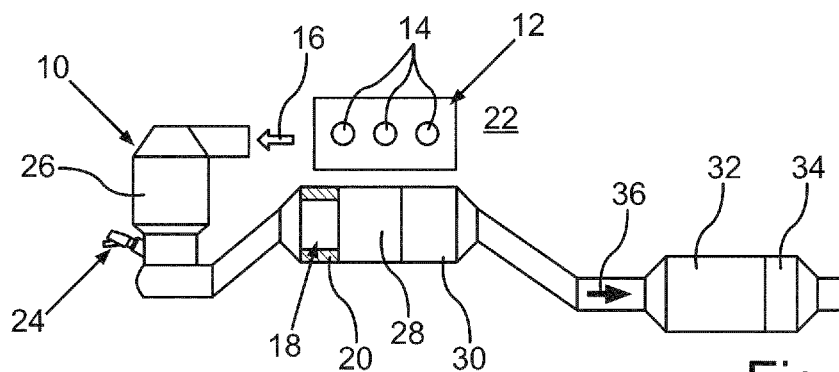


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to an exhaust-gas aftertreatment device (10) for a motor vehicle, having at least one catalytic converter (18) which can be flowed through by exhaust gas of an internal combustion engine (12) of the motor vehicle and which has at least one SCR material for the catalysis of a selective catalytic reduction for the purposes of reducing nitrogen oxides contained in the exhaust gas and has at least one NO_x storage material for at least temporarily storing nitrogen oxides contained in the exhaust gas, and having a feed device (24) which is arranged upstream of the catalytic converter (18) and by means of which a reducing agent, by which nitrogen oxides contained in the exhaust gas can be reduced during the selective catalytic reduction, can be introduced into the exhaust gas, wherein the catalytic converter (18) is free from platinum metals.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) für ein Kraftfahrzeug, mit wenigstens einem von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine (12) des Kraftfahrzeugs durchströmbaren Katalysator (18), welcher wenigstens ein SCR-Material zur Katalyse einer selektiven katalytischen Reduktion zum Reduzieren von im Abgas enthaltenen Stickoxiden und wenigstens ein NO_x-Speicher-Material zum zumindest vorübergehenden Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden aufweist, und mit einer stromauf des Katalysators (18) angeordneten



WO 2020/109096 A1



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.

- (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)

ABGASNACHBEHANDLUNGSEINRICHTUNG FÜR EIN KRAFTFAHRZEUG MIT EINEM KATALYSATOR MIT SCR- UND NOX-SPEICHER-MATERIAL SOWIE VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN

Die Erfindung betrifft eine Abgasnachbehandlungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug, insbesondere für einen Kraftwagen. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Abgasnachbehandlungseinrichtung. Die Erfindung betrifft auch ein Kraftfahrzeug, insbesondere einen Kraftwagen, mit wenigstens einer solchen Abgasnachbehandlungseinrichtung.

Aus der Veröffentlichung „A PGM-free NO_x adsorber + selective catalytic reduction catalyst system (AdSCR) for trapping and reducing NO_x in lean exhaust streams at low temperature“, Tommaso Selleri et al., Catalysis Science & Technology, 2018, 8, 2467-2476 ist ein so genannter AdSCR-Katalysator bekannt, welcher von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine durchströmbar ist und im Abgas enthaltene Stickoxide speichern kann. Außerdem kann der AdSCR eine selektive katalytische Reduktion (SCR) zur Reduktion von im Abgas enthaltenen und/ oder in der Beschichtung des AdSCR gespeicherten Stickoxiden katalysieren. Außerdem ist der AdSCR-Katalysator frei von Edelmetallen, insbesondere Platinmetallen (PGM - platinum group metals - Platinmetalle).

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Abgasnachbehandlungseinrichtung, ein Verfahren und ein Kraftfahrzeug zu schaffen, sodass Abgas einer Verbrennungskraftmaschine besonders vorteilhaft nachbehandelt werden kann, insbesondere im Tieftemperaturbereich ab Raumtemperatur.

Diese Aufgabe wird durch eine Abgasnachbehandlungseinrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 10 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen mit zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung sind in den übrigen Ansprüchen angegeben.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft eine Abgasnachbehandlungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug, beispielsweise für einen als Personenkraftwagen oder Nutzfahrzeug ausgebildeten Kraftwagen. Dies bedeutet, dass das Kraftfahrzeug in seinem vollständig hergestellten Zustand die Abgasnachbehandlungseinrichtung umfasst. Außerdem weist das Kraftfahrzeug in seinem vollständig hergestellten Zustand eine beispielsweise als Hubkolbenmaschine ausgebildete Verbrennungskraftmaschine auf, mittels welcher das Kraftfahrzeug angetrieben werden kann. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung weist dabei wenigstens oder genau einen von Abgas der Verbrennungskraftmaschine durchströmbaren Katalysator auf, welcher verschiedene chemisch und/ oder physikalisch aktive Materialien, insbesondere chemisch und/ oder physikalisch aktive Beschichtungsmaterialien, aufweist. Der Katalysator umfasst dabei wenigstens oder genau ein SCR-Material, insbesondere SCR-Beschichtungsmaterial zur Katalyse einer selektiven katalytischen Reduktion (SCR – selective catalytic reduction – selektive katalytische Reduktion) zum Reduzieren von Stickoxiden (NO_x). Das SCR-Material wird im Falle einer Ausgestaltung als Beschichtung auch als erstes Beschichtungsmaterial bezeichnet. Außerdem umfasst der Katalysator wenigstens oder genau ein NO_x -Speicher-Material, insbesondere NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterial, zum zumindest vorübergehenden Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden. Mit anderen Worten verfügt der Katalysator über eine NO_x -Speicherfunktion, wie insbesondere ein sogenannter Stickoxid-Speicherkatalysator (NSK) oder ein passiver NO_x -Adsorber (PNA) auf. Das NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterial wird auch als Speichermaterial oder im Falle einer Ausgestaltung als Beschichtung als zweites Beschichtungsmaterial bezeichnet. Die Beschichtungsmaterialien (SCR-Beschichtungsmaterial und NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterial) sind beispielsweise Bestandteil einer physikalischen oder chemischen Mischung beziehungsweise die Beschichtungsmaterialien bilden eine physikalische oder chemische Mischung aus. Mit anderen Worten ist beispielsweise die Beschichtung des Katalysators aus einer physikalischen oder chemischen Mischung der Beschichtungsmaterialien gebildet. Im Rahmen der Erfindung können das SCR-Beschichtungsmaterial und das NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterial auch als übereinanderliegende Schichten in einer Zweischichtform oder Mehrschichtform angeordnet sein, oder als mindestens zwei in axialer Durchströmrichtung des Abgases durch den Katalysator nacheinander angeordneten Beschichtungszone. Im Rahmen der Erfindung ist es auch denkbar, dass der Katalysator als Vollextrudat aus einer physikalischen Mischung aus einem SCR-Katalysatormaterial und einem NO_x -Speichermaterial hergestellt wird, so dass ein auf diese Weise hergestellter Katalysator eine NO_x -Speicherfunktion und eine SCR-Katalysefunktion aufweist, wobei jedoch diese beiden Funktionen nicht mit einer Beschichtung eines Katalysatorgrundkörpers dargestellt

werden. Da der Katalysator im Abgas enthaltene Stickoxide speichern und die selektive katalytische Reduktion (SCR) zur Reduktion von im Abgas enthaltenen Stickoxiden katalysieren, das heißt katalytisch unterstützen beziehungsweise bewirken kann, wird der Katalysator auch als AdSCR-Katalysator oder einfach auch als AdSCR bezeichnet. Im Rahmen der Erfindung kann der Trägerkörper des Katalysators als Durchflusssubstrat oder als Filtersubstrat ausgebildet sein.

Des Weiteren umfasst die erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungseinrichtung mindestens eine Zugabeeinrichtung, mittels welcher mindestens ein, insbesondere flüssiges oder gasförmiges, Reduktionsmittel, mittels welchem und /oder im AdSCR gespeicherte Stickoxide bei der selektiven katalytischen Reduktion reduzierbar sind, in das Abgas einbringbar ist. Mit anderen Worten kann mittels der mindestens einen Zugabeeinrichtung in das Abgas mindestens ein Reduktionsmittel eingebracht werden, mittels welchem im Zuge der mittels des AdSCR katalysierbaren SCR im Abgas enthaltene und /oder im AdSCR gespeicherte Stickoxide reduzierbar, das heißt zumindest teilweise aus dem Abgas entfernbar sind. Hierzu kann das mindestens eine Reduktionsmittel und/oder ein aus dem mindestens einen Reduktionsmittel resultierender Stoff im Zuge der SCR am SCR-Beschichtungsmaterial mit im Abgas enthaltenen und/oder im NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterial gespeicherten Stickoxiden zu im Wesentlichen Wasser und Stickstoff reagieren. Unter dem Merkmal, dass die mindestens eine Zugabeeinrichtung stromauf des AdSCR angeordnet ist, ist insbesondere zu verstehen, dass die Zugabeeinrichtung das Reduktionsmittel an wenigstens oder genau einer stromauf des AdSCR angeordneten Einbringstelle in das Abgas einbringen kann.

Die Beschichtung beziehungsweise ihre Zusammensetzung ist beispielsweise bereits aus der Veröffentlichung „A PGM-free NO_x adsorber + selective catalytic reduction catalyst system (AdSCR) for trapping and reducing NO_x in lean exhaust streams at low temperature“, Tommaso Selleri, et al., Catalysis Science & Technology, 2018, 8, 2467-2476“ bekannt, sodass beispielsweise die jeweiligen Beschichtungsmaterialien aus der oben genannten Veröffentlichung bekannt sind und dieser entnommen werden können. Die erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungseinrichtung ermöglicht eine besonders vorteilhafte Nachbehandlung des Abgases, sodass ein besonders emissionsarmer Betrieb der beispielsweise als Dieselmotor ausgebildeten Verbrennungskraftmaschine gewährleistet werden kann. Insbesondere kann besonders vorteilhaft mittels der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung ein so genannter Stickoxid-beziehungsweise NO_x-Durchbruch bei oder nach einem Kaltstart und/ oder während einer Abkühlphase der Verbrennungskraftmaschine vermieden werden. Mit anderen Worten

können mittels der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung besonders vorteilhaft übermäßige Stickoxid-Emissionen der Verbrennungskraftmaschine bei oder nach deren Kaltstart und/ oder während einer Abkühlphase vermieden werden. Es wurde überraschend festgestellt, dass besonders vorteilhaft bereits ab Temperaturen im Katalysator von in etwa Raumtemperatur oder sogar niedriger im Abgas enthaltene Stickoxide im Katalysator gespeichert werden und ab einer Temperatur im Katalysator von in etwa 50 Grad Celsius die Stickoxide, zumindest bereits zum Teil, nicht nur im Katalysator gespeichert werden, sondern schon zu hauptsächlich Stickstoff umgewandelt werden.

In einer Ausgestaltung der Erfindung ist der Katalysator frei von oxidationskatalytisch wirksamen edelmetallhaltigen Beschichtungsmaterialien. Im Gegensatz zu herkömmlichen Stickoxid-Speicherkatalysatoren, welche stets eine Edelmetallbeschichtung beziehungsweise eine zumindest ein oder mehrere Edelmetalle, insbesondere Platinmetalle umfassende, Platinmetall-Beschichtung zur Oxidation von im Abgas enthaltenen Stickoxiden aufweisen, ist in dieser Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung vorgesehen, dass der AdSCR (Katalysator) insbesondere frei von oxidationskatalytisch wirksamen Platinmetallen ist. Mit anderen Worten wird auf eine edelmetallhaltige Beschichtung des AdSCR verzichtet, welche eine Oxidationsfunktion aufweist. Somit weist der Katalysator vorteilhaft keine oder eine nur geringe Oxidationsfunktionalität von NH_3 in dem herkömmlichen Temperaturbetriebsbereich von Abgasnachbehandlungseinrichtungen von bis zu 600 Grad Celsius auf.

Als besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn der Katalysator (AdSCR) in einem in Strömungsrichtung des Abgases ersten Block von Abgasnachbehandlungselementen nach Austritt der Abgase aus der Verbrennungskraftmaschine angeordnet ist. Unter einem ersten Block von Abgasnachbehandlungselementen ist dabei insbesondere ein erster Abgasnachbehandlungselementekomplex oder eine erste Ansammlung von Abgasnachbehandlungselementen, die beispielsweise in einer gemeinsamen Box für die Unterbringung von Abgasnachbehandlungselementen integriert sind, zu verstehen. Insbesondere ist unter dem Merkmal, dass der AdSCR in einem in Strömungsrichtung des Abgases ersten Block von Abgasnachbehandlungselementen nach Austritt der Abgase aus der Verbrennungskraftmaschine angeordnet ist zu verstehen, dass der AdSCR nicht an beziehungsweise in einem Unterboden des Kraftfahrzeugs angeordnet ist, dessen Unterboden beispielsweise durch den Aufbau gebildet ist. Vorteilhaft folgt im Betrieb der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung dieser Ausgestaltung eine

Temperatur im AdSCR einer Rohabgastemperatur am Austritt der Verbrennungskraftmaschine mit vergleichsweise geringen zeitlichen Verzug, so dass der AdSCR in Abkühlphasen der Verbrennungskraftmaschine vergleichsweise schnell, also mit vergleichsweise geringen zeitlichen Verzug, abkühlt und in Aufheizphasen der Verbrennungskraftmaschine auch der AdSCR schnell aufheizt. Dadurch ist vorteilhaft ein Betrieb, der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung, insbesondere ein Zeitpunkt und eine Menge von einzudosierenden Reduktionsmittel, bei dieser Ausgestaltung der Erfindung gut regelbar.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung weist die Abgasnachbehandlungseinrichtung wenigstens oder genau einen Oxidationskatalysator auf, welcher vorzugsweise als Dieseloxidationskatalysator (DOC) ausgebildet ist. Der Oxidationskatalysator, insbesondere dessen Oxidationsbeschichtung, ist von der Beschichtung des AdSCR, insbesondere von dem AdSCR insgesamt, beabstandet, insbesondere in Strömungsrichtung des Abgases stromauf des AdSCR angeordnet. Es ist auch denkbar, dass der Oxidationskatalysator als eine Beschichtung eines Dieselpartikelfilters in der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung ausgebildet ist. Ein so ausgebildeter Dieselpartikelfilter wird auch als cDPF bezeichnet. Im Gegensatz zum AdSCR, welcher lediglich eine Oxidationsfunktionalität für NO aufweist, weist der Oxidationskatalysator darüber hinaus auch insbesondere eine Oxidationsfunktionalität für Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Wasserstoff auf. Darunter ist zu verstehen, dass der Oxidationskatalysator nicht nur zur Katalyse einer Oxidation von im Abgas enthaltenen Stickoxiden, insbesondere von im Abgas enthaltenen Stickstoffmonoxid (NO), sondern insbesondere zur Katalyse einer Oxidation von im Abgas enthaltenen unverbrannten Kohlenwasserstoffen und/oder zur Katalyse einer Oxidation von im Abgas enthaltenem Kohlenstoffmonoxid (CO) ausgebildet ist. Hierdurch kann eine besonders vorteilhafte Abgasnachbehandlung gewährleistet werden. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung ist der Oxidationskatalysator stromauf der Zugabeeinrichtung beziehungsweise stromauf der Einbringstelle angeordnet. Hierdurch können unerwünschte Beeinträchtigungen des Oxidationskatalysators durch das Reduktionsmittel vermieden werden und/oder unerwünschte Beeinflussungen des Reduktionsmittels durch den Oxidationskatalysator können vermieden werden.

Insbesondere ist es in einer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass das mindestens eine Reduktionsmittel Ammoniak bilden kann und somit dazu ausgebildet ist, Ammoniak bereitzustellen. Hierunter ist insbesondere zu verstehen, dass das Reduktionsmittel zunächst einen von reinem Ammoniak unterschiedlichen Stoff aufweist,

welcher beispielsweise nach seinem Einbringen in das Abgas zu Ammoniak zerfällt beziehungsweise zu, insbesondere reinem, Ammoniak (NH_3) reagiert. Hierdurch kann eine besonders vorteilhafte Abgasnachbehandlung gewährleistet werden. Das Reduktionsmittel ist vorzugsweise derart ausgebildet, dass aus dem Reduktionsmittel bereits bei einer Temperatur des Abgases im Katalysator von weniger als zumindest in etwa 100 Grad Celsius, vorteilhaft bereits von weniger als in etwa 50 Grad Celsius gasförmiges Ammoniak (NH_3) entsteht, und das insbesondere spätestens an oder in dem Eintrittsquerschnitt des AdSCR. Das gasförmige, Ammoniak kann im Rahmen der SCR und dabei in dem AdSCR mit im Abgas enthaltenen und/ oder im AdSCR gespeicherten Stickoxiden zu im Wesentlichen Stickstoff und Wasser reagieren, wodurch das Abgas entstickt wird. Dabei kann das Reduktionsmittel per se, insbesondere reinen, Ammoniak umfassen und/oder Ammoniak bildend ausgebildet sein. Insbesondere ist es denkbar, dass das Reduktionsmittel zunächst flüssig ist und in flüssigem Zustand in das Abgas einbringbar ist oder eingebracht wird. Bei beziehungsweise nach dem Einbringen des flüssigen Reduktionsmittels in das Abgas verdampft beispielsweise das zunächst flüssige Reduktionsmittel, sodass aus dem Reduktionsmittel gasförmiger, insbesondere reines, Ammoniak entsteht.

Das Reduktionsmittel kann in einer Ausgestaltung der Erfindung als, insbesondere wässrige, Harnstofflösung ausgebildet sein. Wässrige Harnstofflösungen sind vorteilhaft kostengünstig und können zudem kostengünstig in einem Flüssigkeitstank gespeichert werden.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung umfasst das mindestens eine Reduktionsmittel zumindest Ammoniak, wobei das Ammoniak in einem gasförmigen Zustand von der Zugabeeinrichtung in das Abgas einbringbar ist. Mit anderen Worten wird bei dieser Ausgestaltung der Erfindung ein Reduktionsmittel in das Abgas eingebracht, welches bereits gasförmiges Ammoniak aufweist, so dass vorteilhaft bei dieser Ausgestaltung der Erfindung auch schon bei geringen Abgastemperaturen, wie bei oder nach einem Kaltstart der Verbrennungskraftmaschine und/ oder während Abkühlphasen, das Reduktionsmittel dem Abgas zugegeben werden kann. Damit kann mit dieser Ausgestaltung der Erfindung die von den Erfindern herausgefundene besondere Eigenschaft des AdSCR genutzt werden, dass eine Umwandlung von im AdSCR gespeicherten oder im Abgas enthaltenen oder im AdSCR gespeicherten Stickoxiden bereits schon bei 50 Grad Celsius, oder sogar bereits bei noch geringeren Temperaturen im Katalysator erfolgt, sofern ein Reduktionsmittel verfügbar ist. Darunter, dass das mindestens eine Reduktionsmittel zumindest, Ammoniak umfasst ist im Rahmen der

Erfindung insbesondere zu verstehen, dass das Reduktionsmittel Bestandteil der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung ist, wobei das Reduktionsmittel, Ammoniak (NH_3) per se aufweist. Dies bedeutet, dass das Reduktionsmittel nicht oder nicht nur eine Komponente aufweist, welche, insbesondere in heißem Abgas, zu Ammoniak (NH_3) reagiert beziehungsweise umgewandelt wird, sondern das Reduktionsmittel weist bereits vor seinem Einbringen in das Abgas, Ammoniak (NH_3) auf. Dabei kann das Reduktionsmittel als Ammoniak ausgebildet und beispielsweise als Feststoff in Patronen im Kraftfahrzeug gespeichert werden. Das Reduktionsmittel kann auch Ammoniak bildend ausgebildet sein. Es ist denkbar, dass das Reduktionsmittel zunächst flüssig ist und vor einer Einbringung in das Abgas verdampft wird.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist zumindest ein weiteres Reduktionsmittel, mittels welchem im Abgas enthaltene Stickoxide bei der selektiven katalytischen Reduktion reduzierbar sind, von einer stromauf des Katalysators angeordneten weiteren Zugabeeinrichtung in das Abgas einbringbar ist, wobei das weitere Reduktionsmittel zumindest Ammoniak umfasst, welches in gasförmigen Zustand von der weiteren Zugabeeinrichtung in das Abgas einbringbar ist. Vorteilhaft kann mit dieser Ausgestaltung der Erfindung insbesondere wässrige Harnstofflösung als ein Reduktionsmittel in das Abgas eingebracht werden und gasförmiges Ammoniak als das weitere Reduktionsmittel, so dass vorteilhaft eine Zudosierung von gasförmigen Ammoniak auf die Betriebsbedingungen bei geringen Abgastemperaturen beschränkt werden kann und so eine Menge an im Kraftfahrzeug zu bevorratenden Ammoniak klein gehalten werden kann.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungseinrichtung wenigstens oder genau einen stromab des AdSCR angeordneten und von der Beschichtung des AdSCR, insbesondere von dem AdSCR insgesamt, beabstandeten und zusätzlich zu dem AdSCR vorgesehenen SCR-Katalysator aufweist. Hierdurch können übermäßige Stickoxid-Emissionen besonders sicher vermieden werden. Der SCR-Katalysator kann als ein Durchgangssubstrat oder als eine Filtereinheit ausgebildet sein.

Als weiterhin besonders vorteilhaft hat es sich gezeigt, wenn die Abgasnachbehandlungseinrichtung wenigstens oder genau einen stromab oder stromauf des AdSCR angeordneten Partikelfilter, insbesondere Dieselpartikelfilter, aufweist. Dadurch können auch übermäßige Partikelemissionen vermieden werden.

Um einen besonders emissionsarmen Betrieb gewährleisten zu können, ist es in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass der Partikelfilter eine Beschichtung zur Katalyse der selektiven katalytischen Reduktion aufweist. Somit ist der Partikelfilter insbesondere dann, wenn er als Dieselpartikelfilter (DPF) ausgebildet ist, vorzugsweise als ein mit einer SCR-Beschichtung versehener Dieselpartikelfilter (SDPF) ausgebildet.

Ein zweiter Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Abgasnachbehandlungseinrichtung eines Kraftfahrzeugs mit wenigstens einem von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine durchströmbar Katalysator, welcher eine Beschichtung aufweist, welche wenigstens ein SCR-Beschichtungsmaterial zur Katalyse einer selektiven katalytischen Reduktion zum Reduzieren von im Abgas enthaltenen Stickoxiden und wenigstens ein NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterial zum zumindest vorübergehenden Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden aufweist, und mit mindestens einer stromauf des Katalysators angeordneten Zugabeeinrichtung, mittels welcher mindestens ein Reduktionsmittel, mittels welchem im Abgas enthaltenen Stickoxide bei der selektiven katalytischen Reduktion reduzierbar sind, in das Abgas einbringbar ist, bei welchem auf eine regelmäßige Durchführung von Regenerationsphasen des NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterials bei einem fettem Betrieb der Verbrennungskraftmaschine verzichtet wird. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird auf regelmäßige Regenerationsphasen, in welchen die im Katalysator (AdSCR) gespeicherten Stickoxide zumindest teilweise aus dem Katalysator (AdSCR), insbesondere aus dem NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterial des Katalysators (AdSCR), bei einem fettem Betrieb der Verbrennungskraftmaschine verzichtet. Mit anderen Worten wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren auf eine regelmäßige Durchführung von fetten Betriebsphasen der Verbrennungskraftmaschine bei unterstöchiometrischen Luft-Kraftstoffverhältnissen des Luft-Kraftstoffgemischs, für eine Ausspeicherung oder Desorption von Stickoxiden aus dem NO_x-Speicherbeschichtungsmaterial des AdSCR verzichtet. In Stickoxidspeicherkatalysatoren, also Katalysatoren mit Stickoxidspeichermaterial, aus dem Stand der Technik dauern die Speicherphasen für Stickoxide (Magerbetrieb der Verbrennungskraftmaschine) gewöhnlich in etwa 100 Sekunden bis zu in etwa 2 bis 3 Minuten, wobei eine Dauer der Speicherphasen von einer Speicherkapazität des Stickoxidspeicherkatalysators und der Konzentration der Stickoxide im Abgas abhängt. Bei gealterten Stickoxidspeicherkatalysatoren mit verminderter Speicherkapazität kann die Dauer der Speicherphase aber auch auf 50 Sekunden und weniger absinken. Nach einer Speicherphase für Stickoxide ist damit in den aus dem Stand der Technik bekannten Katalysatoren mit Stickoxidspeichermaterial regelmäßig jeweils die Durchführung einer Regenerationsphase erforderlich, um die in dem

Stickoxidspeicherkatalysator gespeicherten Stickoxide zu reduzieren oder desorbieren. Demzufolge ist in Katalysatoren mit Stickoxidspeichermaterial aus dem Stand der Technik gewöhnlich spätestens regelmäßig alle 50 Sekunden bis zu in etwa alle 2 bis 3 Minuten die Durchführung einer Regenerationsphase erforderlich. Für eine Regeneration eines Stickoxidspeicherkatalysators aus dem Stand der Technik, bei welchem die desorbierten Stickoxide gleichzeitig in Stickstoff reduziert werden, ist ein Fettbetrieb der Verbrennungskraftmaschine während der Regenerationsphase erforderlich, um die desorbierten Stickoxide mit den als Reduktionsmittel wirkenden Produkten aus der fetten und damit unvollständigen Verbrennung, wie Kohlenwasserstoffe, Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff, zu Stickstoff zu reduzieren. Besonders vorteilhaft kann nun mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung ein Kraftstoffverbrauch des Kraftfahrzeugs gesenkt werden, da auf regelmäßige mit einem Kraftstoffmehrverbrauch verbundene fette Gemischeinstellungen für die Verbrennungskraftmaschine für eine Regeneration des NOx-Speicher-Beschichtungsmaterials des Katalysators (AdSCR) verzichtet werden kann.

In einer Ausgestaltung des Verfahrens zum Betreiben der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung, wird in einer Zeitspanne, für welche die mindestens eine Zugabeeinrichtung aktiviert ist, eine Dosiermenge an eingebrachten Reduktionsmittel regelmäßig auf eine Dosiermenge angehoben, welche höher als eine Dosiermenge an Reduktionsmittel ist, welche zur Reduktion im Wesentlichen sämtlicher von im Abgas enthaltenen Stickoxide stromauf des Katalysators notwendig ist, wobei das Reduktionsmittel insbesondere als Flüssigkeit von der Zugabeeinrichtung in das Abgas eingebracht wird, wobei die Flüssigkeit insbesondere als wässrige Harnstofflösung ausgebildet ist. Dazu wird bei dem vorliegenden Verfahren in einer Zeitspanne für welche die Zugabeeinrichtung aktiviert ist, eine Dosiermenge an eingebrachten Reduktionsmittel regelmäßig so bemessen, dass diese insbesondere zumindest regelmäßig jeweils nach dem Beenden einer Abkühlphase der Verbrennungskraftmaschine auf eine Dosiermenge angehoben wird, die höher als ein erster Dosierschwellwert liegt, wobei der erste Dosierschwellwert eine Dosiermenge an Reduktionsmittel ist, welche zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher von im Abgasstrom enthaltenen Stickoxide stromauf des Katalysators notwendig ist. Bei dem vorliegenden Verfahren ist es vorzugsweise vorgesehen, dass insbesondere für eine Regeneration des AdSCR das Reduktionsmittel, insbesondere in Abhängigkeit von einem AdSCR-Füllstand mit Stickoxiden, regelmäßig überdosiert wird. Unter dem AdSCR-Füllstand ist eine Menge an in dem AdSCR gespeicherten Stickoxiden zu verstehen. Mit anderen Worten charakterisiert der AdSCR-Füllstand eine Menge an in dem AdSCR gespeicherten Stickoxiden, sodass

beispielsweise für die Regeneration des AdSCR das Reduktionsmittel mittels der Zugabeeinrichtung in Abhängigkeit von einer Menge an im AdSCR gespeicherten Stickoxiden in das Abgas eingebracht, insbesondere überdosiert, wird. Somit wird mit dem vorliegenden weiteren Verfahren vorteilhaft bewirkt, dass der AdSCR nicht durch eigens vorgesehene Regenerationsphasen bei fetter verbrennungsmotorischer Verbrennung regeneriert wird, sondern der AdSCR regeneriert sich in der Regel vorteilhaft von alleine, da die SCR im AdSCR das NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterial frei reagieren kann, das heißt von Stickoxiden befreien kann. Insbesondere wird vorgeschlagen, dass dann, wenn ein Temperaturfenster vorliegt, für welches eine Dosierung von, insbesondere als wässrige Harnstofflösung ausgebildetes, Reduktionsmittel möglich ist, also in der Regel bei Temperaturen der Abgasnachbehandlungseinrichtung von über in etwa 150 Grad Celsius, die Zugabeeinrichtung für eine vorgebbare oder vorgegebene Zeitspanne derart betrieben, dass eine mittels der Zugabeeinrichtung in das Abgas eingebrachte oder einzubringende Menge des Reduktionsmittels etwas angehoben und somit überdosiert wird.

Bei einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung ist es vorgesehen, dass eine mittels der mindestens einen Zugabeeinrichtung zu bewirkende Einbringung des Reduktionsmittels in das Abgas bereits ab oder bei einer Temperatur des Abgases im Katalysator (AdSCR) von weniger als 100 Grad Celsius, vorzugsweise sogar schon für Temperaturen des Abgases von weniger als 50 Grad Celsius, aktiviert wird. Somit ist es bevorzugt vorgesehen, dass mittels der mindestens einen Zugabeeinrichtung das Reduktionsmittel bereits ab oder bei einer Temperatur des Abgases im Katalysator von weniger als 100 Grad Celsius, insbesondere weniger als 50 Grad Celsius, in das Abgas eingebracht wird. Dabei umfasst das mindestens eine Reduktionsmittel, welches über die mindestens eine Zugabeeinrichtung in das Abgas einbringbar ist, vorteilhaft zumindest, von der Zugabeeinrichtung in gasförmigen Zustand einbringbares, Ammoniak. Ammoniak ist bereits bei Umgebungsdruck ab einer Temperatur von in etwa – 33 Grad Celsius gasförmig. Wird beispielsweise im Kraftfahrzeug Ammoniak als Reduktionsmittel bevorratet, so liegt ein Reduktionsmittel vor, welches in einem Temperaturbereich des Abgases im und stromauf des Katalysators (AdSCR) von weniger als 50 Grad Celsius in einem gasförmigen Zustand dem Katalysator zuführbar ist.

Der Erfindung liegen dabei insbesondere die folgenden Erkenntnisse zugrunde: Überraschend wurde in einem Laborversuch festgestellt, dass bei einer Beaufschlagung des mit Ammoniak (NH₃) vorbeladenen AdSCR mit Stickstoffmonoxid (NO) eine

Stickoxidumsetzung zu Stickstoff in dem AdSCR, schon bei beziehungsweise ab 50 Grad Celsius, in einigen Laborversuchen sogar bereits bei Temperaturen kleiner als 50 Grad Celsius, beginnt beziehungsweise abläuft. Dies wurde durch Messungen daran erkannt, dass aus dem AdSCR ausströmender Stickstoff (N_2), der insbesondere ein Reaktionsprodukt der SCR ist, bereits bei beziehungsweise ab einer Temperatur des Abgases von in etwa 50 Grad Celsius oder sogar bei einer bereits geringeren Temperatur zugenommen hat. Dies lag daran, dass bereits bei beziehungsweise ab 50 Grad Celsius oder sogar schon bei geringeren Temperaturen das Abgas mittels des AdSCR entstickt werden konnte. Zudem wurde eine starke Zunahme von aus dem AdSCR auströmenden Stickstoff ab Temperaturen des Abgases im AdSCR von in etwa 100 Grad Celsius festgestellt.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung erfolgt zeitnah vor einem Abstellen des Kraftfahrzeugs eine Erhöhung einer Dosiermenge an Reduktionsmittel auf einen Wert, welcher höher als ein zweiter Dosierschwellwert liegt, wobei der zweite Dosierschwellwert eine Dosiermenge an Reduktionsmittel ist, welche zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher von im Abgas enthaltener Stickoxide und zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher auf dem NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterial des Katalysators gespeicherter Stickoxide notwendig ist. Unter zeitnah soll im Rahmen der Erfindung beispielsweise ein Zeitabstand von weniger als in etwa 10 Minuten, insbesondere ein Zeitabstand von weniger als 5 Minuten verstanden werden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren dieser Ausgestaltung ist nicht nur eine Regeneration des NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterials des AdSCR vor einem Abstellen des Kraftfahrzeugs darstellbar, sondern darüber hinaus kann eine Vorbeladung des SCR-Beschichtungsmaterials des AdSCR mit Reduktionsmittel bewirkt werden, so dass besonders vorteilhaft bei oder nach einem Kaltstart, wenn nach einem Kaltstart die NO_x -Speicherkapazität des NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterial bald erschöpft ist, im AdSCR eine Reduktion der Stickoxide zu Stickstoff stattfinden kann, was, wie in Laborversuchen gefunden wurde, bereits ab einer Temperatur von 50 Grad Celsius sogar weniger erfolgt.

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt insbesondere in einer elektronischen Recheneinrichtung des Kraftfahrzeugs eine, insbesondere regelmäßig aktualisierte, Ermittlung und eine Auswertung von Vorausschadaten, um eine Zeitdauer bis zu einer Ankunft des Kraftfahrzeugs am Zielort und dem damit verbundenen sehr wahrscheinlichen Abstellen des Kraftfahrzeugs zu ermitteln. Eine elektronische Recheneinrichtung kann dabei insbesondere eine elektronische Recheneinrichtung der

Abgasnachbehandlungseinrichtung oder der Verbrennungskraftmaschine sein. Die Vorausschaudaten können insbesondere aus einem Navigationssystem des Kraftfahrzeugs ausgelesen werden oder von diesem an die elektronische Recheneinrichtung übermittelt werden. Die verbleibende Entfernung zu dem Zielort kann beispielsweise anhand einer mittels eines Navigationssystems des Kraftfahrzeugs geplanten Route ermittelt werden. Die Route verläuft beispielsweise von einem Startort zu dem Zielort, sodass das Kraftfahrzeug, wenn es entlang der Route gefahren wird, an dem Zielort ankommt. Mittels des Navigationssystems wird beispielsweise wenigstens eine aktuelle Position des Kraftfahrzeugs auf der Erde ermittelt. Durch Ermitteln der aktuellen Position des Kraftfahrzeugs und durch Ermitteln beziehungsweise Kenntnis des Zielorts kann ein Abstand zwischen der aktuellen Position und dem Zielort ermittelt werden, wobei dieser Abstand der verbleibenden Entfernung entspricht, so dass eine verbleibende Restfahrtzeit bis zum Zielort ermittelt werden kann. Schließlich hat es sich als besonders vorteilhaft gezeigt, wenn das Verfahren während einer Fahrt des Kraftfahrzeugs mehrmals nacheinander durchgeführt wird. Dies bedeutet, dass nicht etwa eine einmalige, beispielsweise vor Beginn einer Fahrt und/oder bei einer Planung beziehungsweise Optimierung einer Route vorgesehen ist, sondern die Abfragewerte werden ständig ermittelt und die Betriebsparameter werden ständig ermittelt und aktualisiert,

In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben der erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung erfolgt zeitnah vor einer Abkühlphase des Kraftfahrzeugs eine Erhöhung einer Dosiermenge an Reduktionsmittel auf einen Wert, welcher höher als ein zweiter Dosierschwellwert liegt, wobei der zweite Dosierschwellwert eine Dosiermenge an Reduktionsmittel ist, welche zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher von im Abgas enthaltener Stickoxide und zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher auf dem NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterial des Katalysators gespeicherter Stickoxide notwendig ist. Bei dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird von der elektronischen Recheneinrichtung des Kraftfahrzeugs eine, insbesondere regelmäßig aktualisierte, Ermittlung und eine Auswertung von Vorausschaudaten vorgenommen, um eine Zeitdauer bis zu einer nächsten Abkühlphase der Verbrennungskraftmaschine zu ermitteln. Abkühlphasen der Verbrennungskraftmaschine sind insbesondere Bergabfahrten, Stillstandsphasen des Kraftfahrzeugs oder Niedriglastfahrten.

Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts der Erfindung sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des zweiten Aspekts der Erfindung anzusehen und umgekehrt.

Ein dritter Aspekt der Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug, welches vorzugsweise als Kraftwagen, insbesondere als Personenkraftwagen, ausgebildet ist. Das erfindungsgemäße Kraftfahrzeug weist einen Motorraum auf, welcher beispielsweise von einem insbesondere als selbsttragende Karosserie ausgebildeten Aufbau des Kraftfahrzeugs begrenzt ist. Außerdem umfasst das Kraftfahrzeug eine in dem Motorraum angeordnete Verbrennungskraftmaschine, welche auch als Motor oder Verbrennungsmotor bezeichnet wird. Mittels der Verbrennungskraftmaschine ist das Kraftfahrzeug antreibbar. Außerdem umfasst das Kraftfahrzeug eine Abgasnachbehandlungseinrichtung, insbesondere eine Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung weist wenigstens einen von Abgas der Verbrennungskraftmaschine durchströmbaren Katalysator (AdSCR) auf, welcher eine Beschichtung aufweist, die wenigstens ein SCR-Beschichtungsmaterial zur Katalyse einer selektiven katalytischen Reduktion zum Reduzieren von im Abgas enthaltenen Stickoxiden und wenigstens ein NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterial zum zumindest vorübergehenden Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden umfasst. Außerdem umfasst die Abgasnachbehandlungseinrichtung eine stromauf des Katalysators angeordnete Zugabeeinrichtung, mittels welcher ein Reduktionsmittel, mittels welchem im Abgas enthaltenen Stickoxide bei der selektiven katalytischen Reduktion reduzierbar sind, in das Abgas einbringbar ist. Dabei ist der Katalysator insbesondere frei von oxidationskatalytisch wirksamen Platinmetallen. Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des ersten Aspekts der Erfindung und des zweiten Aspekts der Erfindung sind als Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des dritten Aspekts der Erfindung 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 Darstellung einer erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform;
- Fig. 2 eine schematische Darstellung der Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform;
- Fig. 3 eine schematische Darstellung der Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform;
- Fig. 4 eine schematische Darstellung der Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform;
- Fig. 5 eine schematische Darstellung der Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform; und
- Fig. 6 eine schematische Darstellung der Abgasnachbehandlungseinrichtung gemäß einer sechsten Ausführungsform;
- Fig. 7 ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Betriebs der Abgasnachbehandlungseinrichtung.

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

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 für ein Kraftfahrzeug. Dabei zeigt Fig. 1 eine erste Ausführungsform der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10. Das beispielsweise als Kraftwagen, insbesondere als Personenkraftwagen, ausgebildete Kraftfahrzeug weist in seinem vollständig hergestellten Zustand die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 und eine auch als Motor oder Verbrennungsmotor bezeichnete Verbrennungskraftmaschine 12 auf, mittels welcher das Kraftfahrzeug angetrieben werden kann. Die Verbrennungskraftmaschine 12 weist beispielsweise als Zylinder ausgebildete Brennräume 14 auf, in welchen während eines befeuerten Betriebs der Verbrennungskraftmaschine 12 Verbrennungsvorgänge ablaufen. Dadurch stellt die Verbrennungskraftmaschine 12 während ihres befeuerten Betriebs Abgas bereit, wobei die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 von dem Abgas der

Verbrennungskraftmaschine 12 durchströmbar ist. In Fig. 1 veranschaulicht ein Pfeil 16 das die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 durchströmende Abgas.

Um das Abgas besonders vorteilhaft nachbehandeln und somit einen besonders emissionsarmen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine 12 realisieren zu können, umfasst die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 wenigstens oder genau einen auch als AdSCR bezeichneten Katalysator 18, welcher eine in Fig. 1 besonders schematisch dargestellte Beschichtung 20 aufweist. Die Beschichtung 20 umfasst wenigstens oder genau ein erstes Beschichtungsmaterial und wenigstens oder genau ein zweites Beschichtungsmaterial. Das erste Beschichtungsmaterial ist ein SCR-Beschichtungsmaterial zur Katalyse einer selektiven katalytischen Reduktion (SCR) zum Reduzieren von im Abgas enthaltenen Stickoxiden (NO_x). Das zweite Beschichtungsmaterial ist ein Speichermaterial in Form eines NO_x -Speicher-Beschichtungsmaterials zum zumindest vorübergehenden Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden. Des Weiteren ist die Beschichtung 20, insbesondere der Katalysator 18 insgesamt, frei von oxidationskatalytisch wirksamen Edelmetallen beziehungsweise Platinmetallen, mittels welchen eine Oxidation von im Abgas enthaltenen unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und/oder von im Abgas enthaltenem Ammoniak (NH_3) und/oder von im Abgas enthaltenem Kohlenmonoxid (CO) bewirkt werden könnten. Mit anderen Worten, obwohl die Beschichtung 20 eine Speicherfunktionalität im Hinblick auf das zumindest vorübergehende Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden aufweist und somit wie ein Stickoxid-Speicher-katalysator (NSK, PNA) wirken kann, ist der Katalysator 18 frei von oxidationskatalytisch wirksamen Edel- beziehungsweise Platinmetallen.

Die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 umfasst darüber hinaus eine auch als Dosiereinrichtung oder Dosiermodul bezeichnete Zugabeeinrichtung 24, mittels welcher ein vorzugsweise flüssige Reduktionsmittel, mittels welchem im Abgas enthaltene Stickoxide im Zuge der selektiven katalytischen Reduktion, welche im Katalysator 18 abläuft, reduzierbar sind, in das Abgas einbringbar ist beziehungsweise eingebracht wird. Dabei ist die Zugabeeinrichtung 24 in Strömungsrichtung des die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 durchströmenden Abgases stromauf des Katalysators 18 angeordnet. Da der Katalysator 18 ist frei von oxidationskatalytisch wirksamen Edel- beziehungsweise PGM- oder platinmetallhaltigen Beschichtungen ist, wird das Reduktionsmittel, welches stromauf des Katalysators 18 in das Abgas eingebracht wird, nicht durch den Katalysator 18, insbesondere dessen Funktionalität, beeinträchtigt. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 weist darüber hinaus genau

einen Oxidationskatalysator 26 auf, welcher von dem Katalysator 18 beabstandet und zusätzlich zu dem Katalysator 18 vorgesehen ist. Dabei ist der Oxidationskatalysator 26 stromauf der Zugabeeinrichtung 24 angeordnet. Der Oxidationskatalysator weist im Gegensatz zum AdSCR, welcher lediglich mit dem SCR-Beschichtungsmaterial eine Oxidationsfunktionalität von NO zu NO₂ aufweist, zusätzlich eine Wirkung im Hinblick auf eine Katalyse einer Oxidation von im Abgas enthaltenen unverbrannten Kohlenwasserstoffen und/oder von im Abgas enthaltenem Kohlenmonoxid auf. Die Verbrennungskraftmaschine 12 ist insbesondere ein Dieselmotor, sodass der Oxidationskatalysator 26 vorzugsweise ein Dieseloxidationskatalysator (DOC) ist. Der Katalysator 18 ermöglicht weiter eine auch als Einspeicherung bezeichnete Speicherung von Stickoxiden auch bei sehr tiefen Temperaturen, welche weit unter der so genannten und auch als light-off-Temperatur bezeichneten Anspringtemperatur des Katalysators 18 insbesondere im Hinblick auf die Katalyse der SCR liegen.

Bei der ersten Ausführungsform weist die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 genau einen stromab des Katalysators 18 angeordneten und vorliegend als Dieselpartikelfilter (DPF) ausgebildeten Partikelfilter 28 auf, mittels welchem im Abgas enthaltene Partikel, insbesondere Rußpartikel, aus dem Abgas gefiltert werden können. Außerdem umfasst die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 einen stromab des Katalysators 18 und stromab des Partikelfilters 28 angeordneten, zusätzlich zu dem Katalysator 18 vorgesehenen und von dem Katalysator 18, insbesondere von dessen Beschichtung 20, beabstandeten SCR-Katalysator 30, welcher zur Katalyse der SCR ausgebildet ist und demzufolge eine entsprechende Beschichtung aufweist. Um mittels des Katalysators 18 besonders vorteilhaft Stickoxide speichern zu können, umfasst das NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterial vorzugsweise zumindest Barium (Ba) und/oder Cerium (Ce beziehungsweise Ce).

Bei der ersten Ausführungsform umfasst die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 einen stromab des Katalysators 18 und stromab des SCR-Katalysators 30 angeordneten zweiten SCR-Katalysator 32, welcher zur Katalyse der SCR ausgebildet ist. Der SCR-Katalysator 32 ist von dem Katalysator 18, insbesondere von dessen Beschichtung 20, und von dem SCR-Katalysator 30 beabstandet und zusätzlich zu dem SCR-Katalysator 30 und zusätzlich zu dem Katalysator 18 vorgesehen. Der Katalysator 18, der Partikelfilter 28 und der erste SCR-Katalysator 30 sind beispielsweise motornahe Abgasnachbehandlungselemente, welche wie die Verbrennungskraftmaschine 12 in dem Motorraum 22 angeordnet sind. Dabei sind die Abgasnachbehandlungselemente vorzugsweise in einem gemeinsamen Gehäuse beziehungsweise in einer gemeinsamen

Abgasbox angeordnet. Im Gegensatz dazu ist der SCR-Katalysator 32 als ein Unterboden-Katalysator (UB-Katalysator) ausgebildet, sodass der SCR-Katalysator 32 im Bereich beziehungsweise unterhalb eines durch die Karosserie des Kraftfahrzeugs gebildeten Unterbodens angeordnet ist. Die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 umfasst darüber hinaus einen Ammoniak-Schlupf-Katalysator 34 (ASC), welcher stromab des SCR-Katalysators 32 angeordnet ist. Beispielsweise sind der SCR-Katalysator 32 und der Ammoniak-Schlupf-Katalysator 34 in einem gemeinsamen Gehäuse beziehungsweise in einer gemeinsamen Box angeordnet. Der ASC ist dabei ebenfalls ein Unterboden-Katalysator.

Um bereits bei sehr geringen Temperaturen des Abgases die SCR, insbesondere in dem Katalysator 18, vorteilhaft ablaufen zu lassen und somit einen besonders emissionsarmen Kaltstart und eine Tieftemperaturaktivität des Katalysators 18 realisieren zu können, sieht eine Betriebsstrategie zum Betreiben der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 vor, dass eine hinreichende Menge an, Ammoniak (NH_3) bereits nach oder bei dem Kaltstart und während Abkühlphasen der Verbrennungskraftmaschine 12 im SCR-Beschichtungsmaterial des Katalysators 18 zur Verfügung steht. Hierzu kann Ammoniak insbesondere bereits in dem Katalysator 18 vorgespeichert sein, wobei das Ammoniak insbesondere vor einem Abstellvorgang des Kraftfahrzeugs in dem Katalysator 18 gespeichert, insbesondere vorgespeichert, wird. Alternativ oder zusätzlich ist es denkbar, das Reduktionsmittel mittels der Zugabeeinrichtung 24 oder einer weiteren nicht in der Fig. 1 dargestellten Zugabeeinrichtung beispielsweise in kleinen Mengen in das Abgas einzubringen, wobei beispielsweise das Reduktionsmittel per se bereits Ammoniak umfasst. Hierzu ist es vorzugsweise vorgesehen, dass bereits ab oder bei einer Temperatur des Abgases von 50 Grad Celsius oder sogar schon bereits ab Raumtemperatur mittels der Zugabeeinrichtung 24 oder der weiteren Zugabeeinrichtung das Reduktionsmittel beziehungsweise Ammoniak in das Abgas eingebracht wird. Das Reduktionsmittel ist beispielsweise gasförmiges Ammoniak (NH_3), wobei das gasförmige Ammoniak beziehungsweise das Reduktionsmittel bereits gasförmig in das Abgas eingebracht, insbesondere eingeblasen, wird.

Dadurch, dass der AdSCR Stickoxide einspeichern kann, können insbesondere dadurch übermäßige Stickoxidemissionen vermieden werden, dass mittels des Katalysators 18 beziehungsweise in dem Katalysator 18 Stickoxide eingespeichert werden, während die SCR-Katalysatoren 30 und 32 und der beispielsweise als SDPF ausgebildete Partikelfilter 28 noch zu kalt sind, um NO_x mit NH_3 umzusetzen beziehungsweise die SCR zu katalysieren. Wie bereits angedeutet, kann vorgesehen sein, dass der Partikelfilter 28

eine Beschichtung aufweist, welche zur Katalyse der SCR ausgebildet ist beziehungsweise die SCR katalysieren kann.

Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10. Die zweite Ausführungsform unterscheidet sich insbesondere dadurch von der ersten Ausführungsform, dass der die Beschichtung 20 aufweisende Katalysator 18 stromab des Partikelfilters 28 und stromab des ersten SCR-Katalysators 30 angeordnet ist, wobei der Partikelfilter 28 stromauf des Katalysators 18 und stromab des ersten SCR-Katalysators 30 angeordnet ist. In Fig. 1 und 2 veranschaulicht ein Pfeil 36 einen so genannten Ammoniak-Schlupf. Unter dem Ammoniak-Schlupf ist eine Menge an unverbrauchtem Reduktionsmittel beziehungsweise Ammoniak zu verstehen. Unter dem unverbrauchten Ammoniak ist Ammoniak zu verstehen, welcher nicht im Zuge der SCR umgewandelt wurde beziehungsweise nicht mit in dem Abgas enthaltenen Stickoxiden zu Stickstoff und Wasser reagiert hat. Eine übermäßige Emission von unverbrauchtem Ammoniak kann beispielsweise mittels des zweiten SCR-Katalysators 32 vermieden werden, da beispielsweise zumindest ein Teil des noch unverbrauchten Ammoniaks im SCR-Katalysator 32 mit im Abgas enthaltenen Stickoxiden zu im Wesentlichen Stickstoff und Wasser reagiert. Außerdem kann eine übermäßige Emission von unverbrauchtem Ammoniak durch den Ammoniak-Schlupf-Katalysator 34 vermieden werden. Bei der ersten Ausführungsform kann der AdSCR im Vergleich zur zweiten Ausführungsform schneller auskühlen und steht damit schneller für einen neuen Kaltstart oder für die nächste Abkühlphase der Abgasnachbehandlungseinrichtung wie beispielsweise in einer Bergabfahrt zur Verfügung. Bei der zweiten Ausführungsform bleibt der AdSCR länger kalt und speichert jedoch länger Stickoxide ein, jedoch bleibt der AdSCR im Vergleich zur ersten Ausführungsform länger warm und steht daher in der nächsten Abkühlphase im Vergleich zur ersten Ausführungsform erst etwas später wieder zur Verfügung.

Abschätzungen mit Temperaturprofilen von MPS-Messungen zeigen, dass die Einspeicherdauer der zweiten Ausführungsform etwas länger als bei der ersten Ausführungsform ist. Allerdings ist eine Steuerung oder Regelung einer Einbringung des Reduktionsmittels in das Abgas bei der zweiten Ausführungsform schwieriger als bei der ersten Ausführungsform, da sowohl der SCR-Katalysator 30 als auch der als SDPF ausgebildete Partikelfilter 28 eine Speicherfunktionalität im Hinblick auf eine Speicherung von Ammoniak aufweisen und daher als eine Art Totglied fungieren. Bei der zweiten Ausführungsform kann später mit Wasser gerechnet werden, was sich positiv auf die Speicherkapazität auswirkt. Insgesamt ist erkennbar, dass beide Ausführungsformen wie

bei technischen Gegenständen üblich Vor- und Nachteile aufweisen und für jeweilige Anwendungsfälle auszuwählen sind.

Fig. 3 zeigt eine dritte Ausführungsform der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10. Bei der dritten Ausführungsform ist stromab des Oxidationskatalysators 26 und stromauf des Katalysators 18, insbesondere stromauf der Zugabeeinrichtung 24, eine Einrichtung 38 zum Speichern und/oder Adsorbieren von im Abgas enthaltenem Wasser (H_2O) angeordnet. Hintergrund ist, dass Wasser die Leistungsfähigkeit des AdSCR verschlechtert. Mittels der Einrichtung 38 kann stromauf des AdSCR Wasser gespeichert, insbesondere adsorbiert, werden, wodurch beispielsweise ein Eintreffen des Wassers im AdSCR verzögert wird. Die Einrichtung 38 ist somit beispielsweise als Wasser-Adsorber zur Adsorption von Wasser ausgebildet und vorzugsweise vor der Zugabeeinrichtung 24 und somit vor einer Dosierstelle angeordnet, an welcher mittels der Zugabeeinrichtung 24 das Reduktionsmittel in das Abgas eingebracht, insbesondere eingespritzt, wird beziehungsweise werden kann. Die Anordnung der Einrichtung 38 vor der Dosierstelle ist vorteilhaft, da die Einrichtung 38 gegebenenfalls auch dazu ausgebildet ist, Ammoniak einzuspeichern, insbesondere zu adsorbieren. Dies hängt beispielsweise von einem Material der Einrichtung 38 ab. Wieder mit anderen Worten ausgedrückt kann mittels der Einrichtung 38 im Abgas enthaltenes und/oder im Abgas enthaltenes Wasser aufgefangen und zumindest vorübergehend rückgehalten werden, da das aufgefangene Wasser beziehungsweise das aufgefangene Ammoniak aus dem Abgas in der Einrichtung 38 zumindest vorübergehend gespeichert, insbesondere adsorbiert, werden kann.

Die Einrichtung 38 kann sowohl bei der ersten Ausführungsform als auch bei der zweiten Ausführungsform zum Einsatz kommen. Da der AdSCR bei der ersten Ausführungsform weiter vorne als bei der zweiten Ausführungsform positioniert ist, ist zu erwarten, dass der positive Effekt der als Wasser-Adsorber ausgebildeten Einrichtung 38 bei der ersten Ausführungsform größer ist als bei der zweiten Ausführungsform.

Im Folgenden wird eine mögliche Regenerationsstrategie zur Regeneration des Katalysators 18 veranschaulicht. Unter der Regeneration des Katalysators 18 ist zu verstehen, dass beispielsweise die in dem Katalysator 18 gespeicherten Stickoxide zumindest zum Teil aus dem Katalysator 18 entfernt werden. Herkömmliche, insbesondere passive, Stickoxid-Speichersysteme weisen üblicherweise das Problem auf, dass ihr Stickoxidspeicher nur bei sehr hohen Temperaturen wieder komplett freigegeben werden kann. Dies bedeutet, dass bei oder nach einem etwaigen erneuten Kaltstart oder bei einer Abkühlphase gegebenenfalls nicht die gesamte Speicherkapazität zur Verfügung

steht. Aktive Stickoxid-Speichersysteme müssen durch Fettsprünge, das heißt durch einen fetten Betrieb der Verbrennungskraftmaschine 12 regeneriert werden. Im Gegensatz dazu ist der AdSCR aktiv im Hinblick auf die SCR. Dies bedeutet, dass der AdSCR, insbesondere sein Stickoxidspeicher zum Speichern von in dem Abgas enthaltenen Stickoxiden, durch eine Zugabe beziehungsweise Dosierung von Ammoniak in das Abgas und/oder mit im Katalysator 18 vorgespeicherten Ammoniak, insbesondere in einem Regelbetrieb, regeneriert werden kann. Dies bedeutet, dass die zuvor genannte Regenerationsstrategie zum Regenerieren des Katalysators 18 lediglich eine Überdosierung von Ammoniak in das Abgas benötigt. Unter der Überdosierung ist zu verstehen, dass in das Abgas eine größere Menge an Ammoniak beziehungsweise Reduktionsmittel eingebracht wird, als zur vollständigen Entfernung der Stickoxide aus dem Abgas, insbesondere theoretisch, erforderlich wäre. Die Regenerationsstrategie und somit das Einbringen von Ammoniak beziehungsweise Reduktionsmittel in das Abgas erfolgen insbesondere in Abhängigkeit von einem Füllstand des AdSCR, wobei dessen Füllstand eine in dem AdSCR gespeicherte Menge an Stickoxiden charakterisiert beziehungsweise beschreibt. Zusätzlich kann eine Regenerationsstrategie so ausgestaltet werden, dass bei einer Ermittlung einer Menge an einzubringenden Ammoniak beziehungsweise Reduktionsmittel zusätzlich zu einem Füllstand des NO_x-Speicher-Beschichtungsmaterials des Katalysators 18 ein Ammoniak-Füllstand des SCR-Beschichtungsmaterials des Katalysators 18 ermittelt und berücksichtigt wird.

Im Folgenden wird eine Betriebsstrategie des AdSCR beschrieben. Der AdSCR zeigt schon bei beziehungsweise ab 50 Grad Celsius oder sogar bei weniger als 50 Grad Celsius Abgastemperatur eine so genannte SCR-Aktivität, das heißt eine Katalysatorwirkung im Hinblick auf eine Katalyse der SCR, insbesondere dann, wenn in dem AdSCR Ammoniak vorgespeichert ist, oder bei Zugabe von beispielsweise in einer Ammoniakpatrone gespeicherten Ammoniak zum Abgas ab sehr tiefen Temperaturen, von bereits auch schon unter 50 Grad Celsius.

Somit kann die Betriebsstrategie eine Vorbeladung des AdSCR mit Ammoniak vorsehen. Im Kaltstart kann der AdSCR, insbesondere Stickoxide, einspeichern und gleichzeitig umsetzen, insbesondere bei Temperaturen, welche wesentlich geringer sind als 150 Grad Celsius. Die Einbringung des Reduktionsmittels beziehungsweise von Ammoniak in das Abgas sollte daher entsprechend gesteuert oder geregelt werden, insbesondere derart, dass bei oder nach einem Kaltstart und/oder bei Abkühlphasen Ammoniak auf beziehungsweise in dem AdSCR vorhanden ist. Grundsätzlich ist es denkbar, dass der AdSCR an jeder Position stromab der Zugabeeinrichtung 24 angeordnet sein kann. Der

AdSCR weist dabei keine Oxidationsfunktionalität im Hinblick auf eine Oxidation von im Abgas enthaltenen Bestandteilen wie unverbrannten Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid auf, insbesondere deswegen, da der Katalysator 18 frei von oxidationskatalytisch wirksamen Platinmetallen (PGM) ist.

Fig. 4 zeigt eine vierte Ausführungsform der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10. Bei der vierten Ausführungsform ist der vorzugsweise als DPF, insbesondere als SDPF, ausgebildete Partikelfilter 28 stromauf des SCR-Katalysators 30 angeordnet, welcher stromauf des Katalysators 18 (AdSCR) angeordnet ist. Somit ist der Katalysator 18 stromab des Partikelfilters 28 und stromab des ersten SCR-Katalysators 30 angeordnet, wobei die Abgasnachbehandlungselemente in dem gemeinsamen Gehäuse beziehungsweise in der gemeinsamen Box angeordnet sind. Bei der vierten Ausführungsform bleibt der AdSCR länger kalt, und adsorbiert noch während der SDPF und der SCR-Katalysator 30 bereits Teilumsatz erreichen. Unter dem Adsorbieren ist zu verstehen, dass der Katalysator 18 im Abgas enthaltene Stickoxide speichert. Mit anderen Worten ist der Katalysator 18 beispielsweise zum Speichern von in dem Abgas enthaltenen Stickoxiden durch Adsorption ausgebildet. Da der AdSCR nach dem SDPF und nach dem SCR-Katalysator 30 angeordnet ist, ist er weniger exponiert gegenüber etwaig im Abgas enthaltenem Schwefel. Außerdem kommt etwaig im Abgas enthaltenes Wasser später an dem AdSCR an.

Fig. 5 zeigt eine fünfte Ausführungsform der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10. Bei der fünften Ausführungsform sind der Katalysator 18 (AdSCR) und der Partikelfilter 28 zusammengefasst beziehungsweise in eine gemeinsame Baueinheit integriert, wobei der erste SCR-Katalysator 30 stromab der Baueinheit und somit stromab des AdSCR und stromab des Partikelfilters 28 angeordnet ist. Die Integration des AdSCR und des Partikelfilters 28 in die gemeinsame Baueinheit kann derart vorgesehen sein, dass beispielsweise der Partikelfilter 28 die Beschichtung 20 aufweist und somit um den AdSCR beziehungsweise um dessen Funktionalitäten ergänzt ist. Hierdurch kann eine vorteilhafte Speicherfunktion zum Speichern von Stickoxiden realisiert werden. Insbesondere können im Katalysator 18 (AdSCR) Stickoxide nicht nur vorteilhaft bereits ab Raumtemperatur gespeichert werden, sondern auch bei geringen Abgastemperaturen von weniger als 50 Grad Celsius schon zu Stickstoff reduziert werden, solange die SCR-Katalysatoren 30 und 32 noch kalt sind und Stickoxid nicht umsetzen können.

Schließlich zeigt Fig. 6 eine sechste Ausführungsform. Bei der sechsten Ausführungsform weist die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 genau einen SCR-Katalysator in Form

des als Unterboden-Katalysator ausgebildeten SCR-Katalysators 32 auf, welcher stromab des Katalysators 18 angeordnet ist. Stromauf des Katalysators 18 und stromauf des Partikelfilters 28 ist kein weiterer SCR-Katalysator angeordnet, wobei der Partikelfilter 28 die zuvor beschriebene Beschichtung aufweist, welche wirksam für eine Katalyse der SCR ist.

Fig. 7 zeigt ein Diagramm zur weiteren Veranschaulichung eines Betriebs und einer Funktion der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10. Der in Fig. 7 veranschaulichte Betrieb der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 fällt mit dem Betrieb, insbesondere mit dem befeuerten Betrieb, der Verbrennungskraftmaschine 12 zusammen, sodass während des Betriebs der Abgasnachbehandlungseinrichtung 12 Abgas der Verbrennungskraftmaschine 12 durch die Abgasnachbehandlungseinrichtung strömt. Das in Fig. 7 gezeigte Diagramm weist eine Abszisse 40 auf, auf welcher die Zeit aufgetragen ist. Auf einer ersten Ordinate 42 des Diagramms ist eine Konzentration, beispielsweise in der Einheit „Anteile pro Million“ (engl.: parts per million – ppm) aufgetragen. Auf einer zweiten Ordinate 44 ist eine Temperatur beispielsweise in der Einheit Grad Celsius ($^{\circ}\text{C}$) aufgetragen. Ein in das Diagramm eingetragener erster Verlauf 46 veranschaulicht eine im in den AdSCR einströmenden Abgas enthaltene Konzentration an Stickstoffmonoxid (NO). Mit anderen Worten veranschaulicht der Verlauf 46 eine Konzentration an in den AdSCR einströmendem Stickstoffmonoxid (NO). Ein in das Diagramm eingetragener zweiter Verlauf 48 veranschaulicht eine Temperatur des Abgases, insbesondere im AdSCR. Somit veranschaulicht der Verlauf 48 beispielsweise eine in dem AdSCR herrschende Temperatur beziehungsweise eine Temperatur des AdSCR.

Ein in das Diagramm eingetragener dritter Verlauf 50 veranschaulicht eine im Abgas, insbesondere in aus dem AdSCR ausströmenden Abgas, enthaltene Konzentration an Stickstoffdioxid (NO_2). Mit anderen Worten veranschaulicht der Verlauf 50 eine Konzentration an aus dem AdSCR ausströmendem Stickstoffdioxid (NO_2). Ein in das Diagramm eingetragener vierter Verlauf 52 veranschaulicht eine im Abgas, insbesondere in aus dem AdSCR ausströmenden Abgas, enthaltene Konzentration an Stickstoffmonoxid (NO). Mit anderen Worten veranschaulicht der Verlauf 52 eine Konzentration an aus dem AdSCR ausströmendem Stickstoffmonoxid (NO). Ein in das Diagramm eingetragener fünfter Verlauf 54 veranschaulicht eine im Abgas, insbesondere in aus dem AdSCR ausströmenden Abgas, enthaltene Konzentration an, insbesondere reinem, Stickstoff (N_2). Mit anderen Worten veranschaulicht der Verlauf 54 eine Konzentration an aus dem AdSCR ausströmendem, insbesondere reinem, Stickstoff (N_2). Aus Fig. 7 ist besonders gut erkennbar, dass bereits ab einer sehr geringen, in Fig. 7 mit

T1 bezeichneten Temperatur der Verlauf 54 und somit die Konzentration des aus dem AdSCR ausströmenden, insbesondere reinen, Stickstoffes beginnt anzusteigen. Die Temperatur T1 beträgt zumindest im Wesentlichen 50 Grad Celsius oder in einigen AdSCR-Konfigurationen sogar weniger als 50 Grad Celsius. Somit kann anhand des Diagramms besonders gut erkannt werden, dass mittels des AdSCR das Abgas und das im AdSCR gespeicherte NO bereits ab einer besonders geringen Temperatur entstickt werden kann, wodurch die Stickoxid-Emissionen mit dem AdSCR besonders gering gehalten werden können. Weiter ist aus Fig. 7 zu erkennen, dass auch schon bei Raumtemperatur des Abgases im AdSCR eine Einspeicherung von NO stattfindet.

Bezugszeichenliste

10	Abgasnachbehandlungseinrichtung
12	Verbrennungskraftmaschine
14	Brennraum
16	Pfeil
18	Katalysator
20	Beschichtung
22	Motorraum
24	Zugabeeinrichtung
26	Oxidationskatalysator
28	Partikelfilter
30	SCR-Katalysator
32	SCR-Katalysator
34	Ammoniak-Schlupf-Katalysator
36	Pfeil
38	Einrichtung
40	Abszisse
42	Ordinate
44	Ordinate
46	Verlauf
48	Verlauf
50	Verlauf
52	Verlauf
54	Verlauf
T1	Temperatur

Patentansprüche

1. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) für ein Kraftfahrzeug, mit wenigstens einem von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine (12) des Kraftfahrzeugs durchströmbaren Katalysator (18), welcher wenigstens ein SCR-Material zur Katalyse einer selektiven katalytischen Reduktion zum Reduzieren von im Abgas enthaltenen Stickoxiden und wenigstens ein NO_x-Speicher-Material zum zumindest vorübergehenden Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden aufweist, und mit mindestens einer stromauf des Katalysators (18) angeordneten Zugabeeinrichtung (24), mittels welcher mindestens ein Reduktionsmittel, mittels welchem im Abgas enthaltene Stickoxide bei der selektiven katalytischen Reduktion reduzierbar sind, in das Abgas einbringbar ist, wobei der Katalysator (18) frei von oxidationskatalytisch wirksamen edelmetallhaltigen Beschichtungsmaterialien ist.
2. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysator (18) in einem in Strömungsrichtung des Abgases ersten Block von Abgasnachbehandlungselementen nach Austritt der Abgase aus der Verbrennungskraftmaschine (12) angeordnet ist.

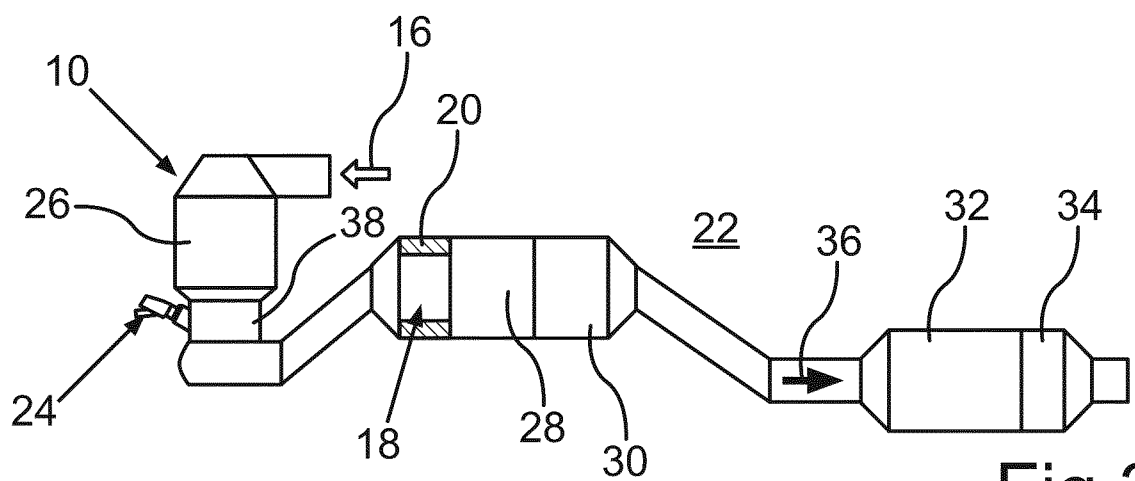
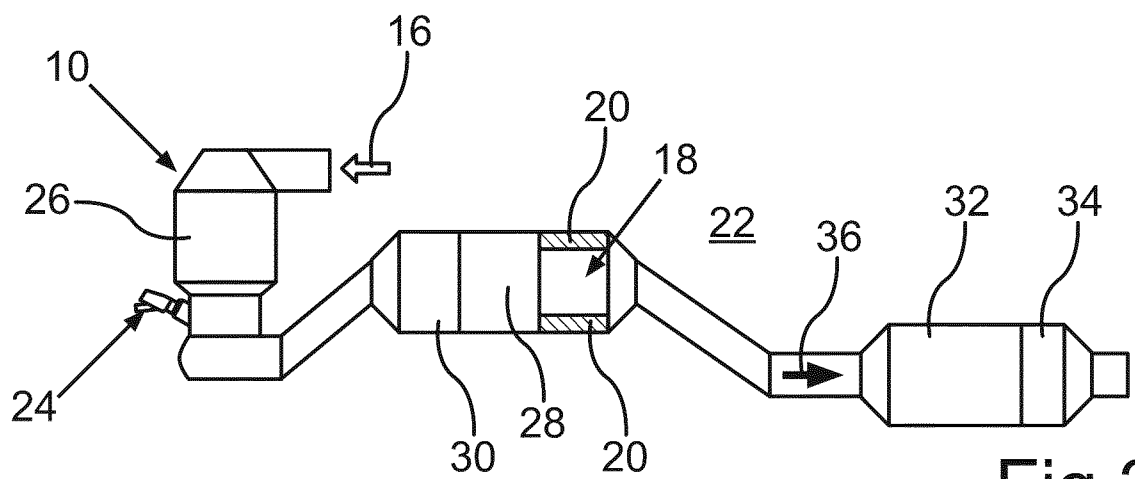
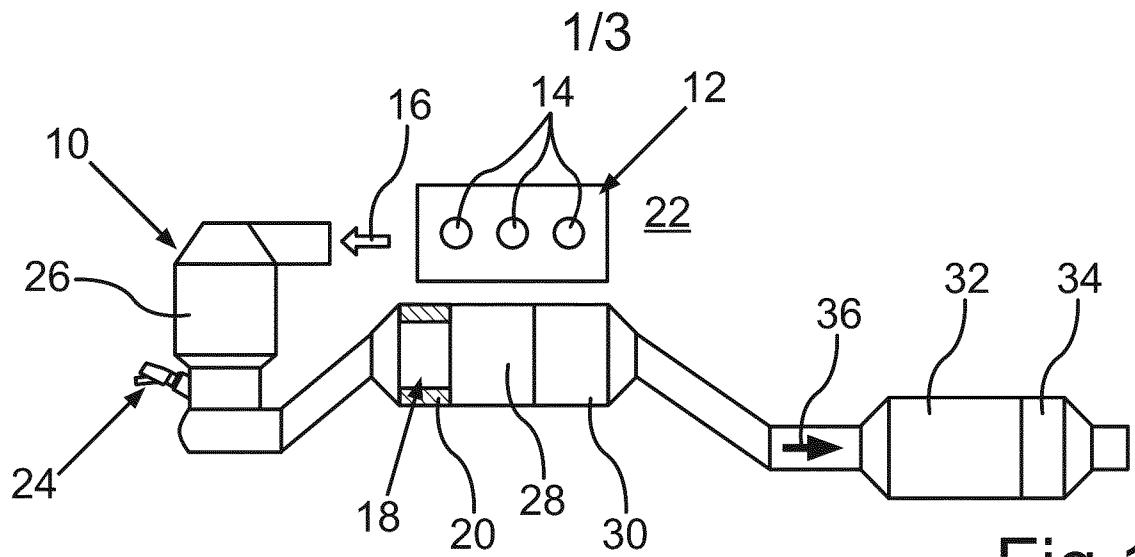
3. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) wenigstens einen stromauf der Zugabeeinrichtung (24) angeordneten Oxidationskatalysator (26), insbesondere Dieseloxidationskatalysator, aufweist.
4. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das mindestens eine Reduktionsmittel als eine wässrige Harnstofflösung ausgebildet ist.
5. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) nach Anspruch 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet, dass
das mindestens eine Reduktionsmittel zumindest, von der Zugabeeinrichtung (24) in gasförmigen Zustand einbringbares, Ammoniak umfasst.
6. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet, dass
zumindest ein weiteres Reduktionsmittel, mittels welchem im Abgas enthaltene Stickoxide bei der selektiven katalytischen Reduktion reduzierbar sind, von einer stromauf des Katalysators (18) angeordneten weiteren Zugabeeinrichtung in das Abgas einbringbar ist, wobei das weitere Reduktionsmittel zumindest, von der weiteren Zugabeeinrichtung in gasförmigen Zustand einbringbares, Ammoniak umfasst.
7. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) wenigstens oder genau einen stromab des Katalysators (18) angeordneten und von dem Katalysator (18) beabstandeten und zusätzlich zu dem Katalysator (18) vorgesehenen SCR-Katalysator (30, 32)

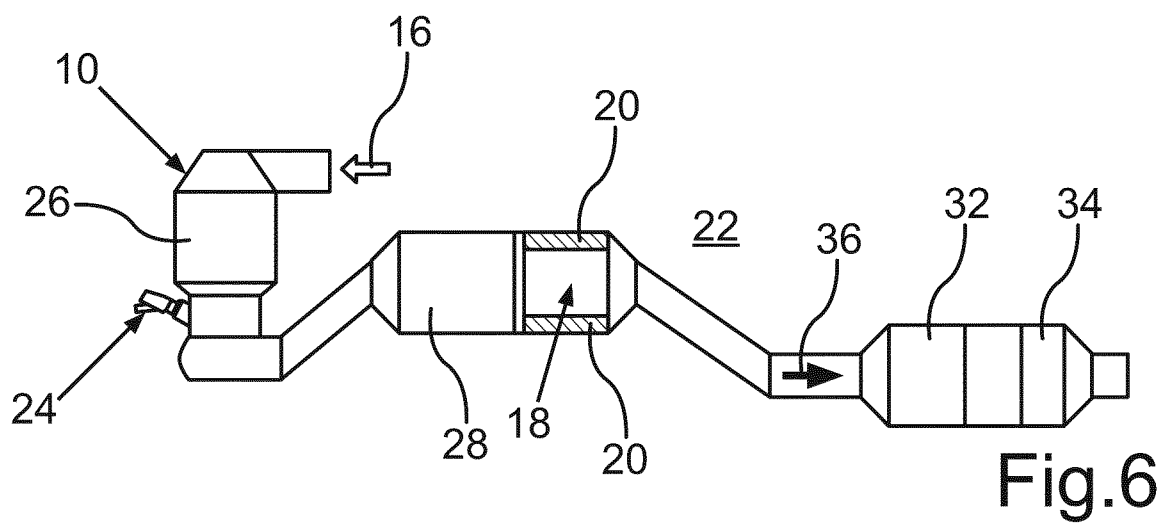
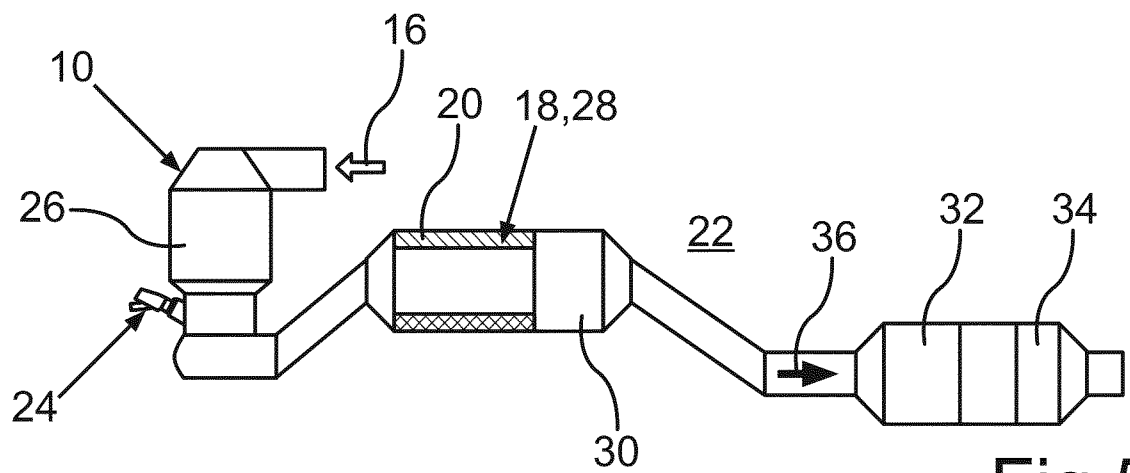
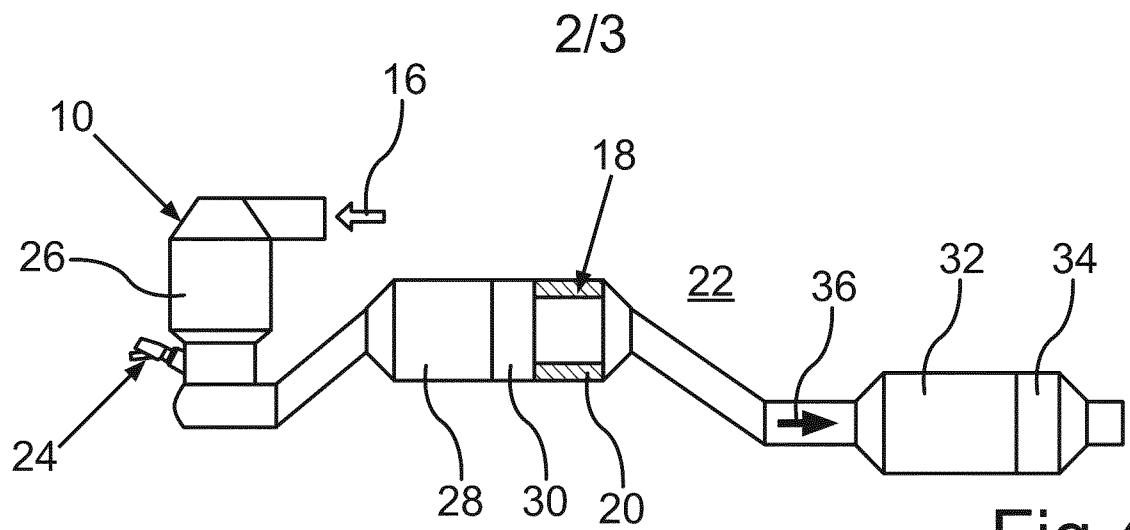
aufweist.

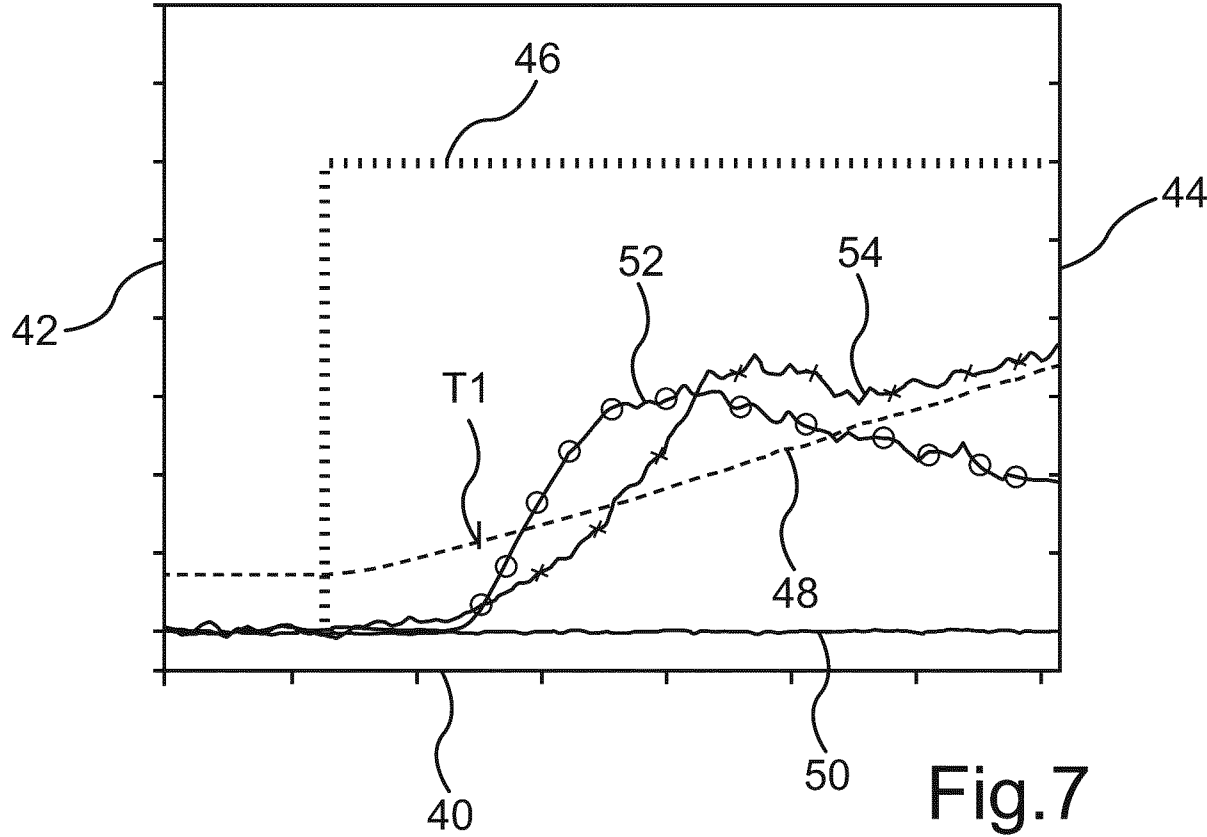
8. Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) wenigstens oder genau einen stromab oder stromauf des Katalysators (18) angeordneten Partikelfilter (28) aufweist.
9. Verfahren zum Betreiben einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) eines Kraftfahrzeugs, mit wenigstens einem von Abgas einer Verbrennungskraftmaschine (12) des Kraftfahrzeugs durchströmbaren Katalysator (18), welcher wenigstens ein SCR-Material zur Katalyse einer selektiven katalytischen Reduktion zum Reduzieren von im Abgas enthaltenen Stickoxiden und wenigstens ein NO_x-Speicher-Material zum zumindest vorübergehenden Speichern von im Abgas enthaltenen Stickoxiden aufweist, und mit mindestens einer stromauf des Katalysators (18) angeordneten Zugabeeinrichtung (24), mittels welcher mindestens ein Reduktionsmittel, mittels welchem im Abgas enthaltenen Stickoxide bei der selektiven katalytischen Reduktion reduzierbar sind, in das Abgas einbringbar ist, bei welchem auf regelmäßige Regenerationsphasen des NO_x-Speicher-Materials bei fettem Betrieb der Verbrennungskraftmaschine verzichtet wird.
10. Verfahren zum Betreiben einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) eines Kraftfahrzeugs nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
in einer Zeitspanne, für welche die mindestens eine Zugabeeinrichtung (24) aktiviert ist, eine Dosiermenge an eingebrachten Reduktionsmittel regelmäßig auf eine Dosiermenge angehoben wird, welche höher als ein erster Dosierschwellwert liegt, wobei der erste Dosierschwellwert eine Dosiermenge an Reduktionsmittel ist, welche zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher von im Abgasstrom enthaltenen Stickoxide stromauf des Katalysators (18) notwendig ist.
11. Verfahren zum Betreiben einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) eines Kraftfahrzeugs nach Anspruch 9 oder 10,
dadurch gekennzeichnet, dass

während des Betriebs des Kraftfahrzeugs zeitnah vor einem Abstellen des Kraftfahrzeugs eine Dosiermenge an Reduktionsmittel auf einen Wert erhöht wird, welcher höher als ein zweiter Dosierschwellwert liegt, wobei der zweite Dosierschwellwert eine Dosiermenge an Reduktionsmittel ist, welche zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher von im Abgasstrom enthaltener Stickoxide und zur Reduktion von im Wesentlichen sämtlicher auf dem NO_x-Speicher-Material des Katalysators (18) gespeicherter Stickoxide notwendig ist.

12. Verfahren zum Betreiben einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) eines Kraftfahrzeugs nach Anspruch 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Zugabeeinrichtung (24) oder die weitere Zugabeeinrichtung für eine Einbringung des Reduktionsmittels in das Abgas bereits ab einer Temperatur des Abgases im Katalysator (18) von weniger als 50 Grad Celsius aktiviert wird.
13. Verfahren zum Betreiben einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) eines Kraftfahrzeugs nach Anspruch 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Katalysator (18) frei von oxidationskatalytisch wirksamen edelmetallhaltigen Beschichtungsmaterialien ist.
14. Verfahren zum Betreiben einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) eines Kraftfahrzeugs nach Anspruch 9 bis 13 dadurch gekennzeichnet, dass das mittels der Zugabeeinrichtung (24) oder der weiteren Zugabeeinrichtung eingebrachte mindestens eine oder weitere Reduktionsmittel zumindest gasförmiges Ammoniak umfasst.







INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/081867

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F01N 3/035(2006.01)i; **F01N 3/021**(2006.01)i; **F01N 3/00**(2006.01)i; **F01N 3/08**(2006.01)i; **F01N 13/00**(2010.01)i;
F01N 3/10(2006.01)i; **F01N 3/20**(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)

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 A	DE 102018117188 A1 (FEV EUROPE GMBH [DE]) 30 August 2018 (2018-08-30) abstract; claims 1-10; figure 1 paragraphs [0001], [0006] - [0018], [0023] - [0031]	1,3,4 2,5-14
X A	WO 2004061278 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; HERTZBERG ANDREAS [DE] ET AL.) 22 July 2004 (2004-07-22) abstract; claims 1-15; figure 4 page 31, paragraph 4 - page 35, paragraph 1	1,2,4,8 3,5-7,9-14
X A	TOMMASO SELLERI ET AL. "A PGM-free NO x adsorber + selective catalytic reduction catalyst system (AdSCR) for trapping and reducing NO x in lean exhaust streams at low temperature" <i>CATALYSIS SCIENCE & TECHNOLOGY</i> , Vol. 8, No. 9, 04 April 2018 (2018-04-04), pages 2467-2476 DOI: 10.1039/C8CY00343B ISSN: 2044-4753, XP055658975 abstract page 1, column 1 - page 2, column 1 page 3, column 1, paragraph 2 - page 4, column 2, paragraph 1 page 6, column 1, paragraph 2 - page 9, column 2, paragraph 2	1,5-14 2-4



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

21 January 2020

Date of mailing of the international search report

28 January 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Steinberger, Yvonne

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/081867**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102014210661 A1 (THYSENKRUPP AG [DE]; THYSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]) 17 December 2015 (2015-12-17)	1,5-14
A	abstract; claims 1-14 paragraphs [0001], [0023], [0024], [0035], [0036], [0041], [0042], [0043], [0057], [0080]	2-4
A	DE 102009044687 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 17 March 2011 (2011-03-17) abstract; claims 1-4; figures 7,8 paragraphs [0013] - [0018]	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/081867

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102018117188	A1	30 August 2018	DE	102018117188	A1	30 August 2018
				DE	102019116775	A1	22 August 2019
WO	2004061278	A1	22 July 2004	DE	10300298	A1	15 July 2004
				EP	1579109	A1	28 September 2005
				JP	4541898	B2	08 September 2010
				JP	2006512529	A	13 April 2006
				US	2006153761	A1	13 July 2006
				US	2007175208	A1	02 August 2007
				US	2011005204	A1	13 January 2011
				US	2013011313	A1	10 January 2013
				US	2015226100	A1	13 August 2015
				WO	2004061278	A1	22 July 2004
DE	102014210661	A1	17 December 2015	CA	2949728	A1	10 December 2015
				CN	106413856	A	15 February 2017
				DE	102014210661	A1	17 December 2015
				EP	3151948	A1	12 April 2017
				JP	2017524512	A	31 August 2017
				US	2017197178	A1	13 July 2017
				WO	2015185506	A1	10 December 2015
DE	102009044687	A1	17 March 2011	CN	102000506	A	06 April 2011
				DE	102009044687	A1	17 March 2011
				KR	20110024598	A	09 March 2011
				US	2011052452	A1	03 March 2011

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F01N3/035 F01N3/10	F01N3/021 F01N3/20
	F01N3/00	F01N3/08 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.
X	DE 10 2018 117188 A1 (FEV EUROPE GMBH [DE]) 30. August 2018 (2018-08-30)	1,3,4
A	Zusammenfassung; Ansprüche 1-10; Abbildung 1 Absätze [0001], [0006] - [0018], [0023] - [0031]	2,5-14
X	WO 2004/061278 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]; HERTZBERG ANDREAS [DE] ET AL.) 22. Juli 2004 (2004-07-22)	1,2,4,8
A	Zusammenfassung; Ansprüche 1-15; Abbildung 4 Seite 31, Absatz 4 - Seite 35, Absatz 1	3,5-7, 9-14
	----- -/-	
☒ 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 21. Januar 2020		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 28/01/2020
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

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	TOMMASO SELLERI ET AL: "A PGM-free NO x adsorber + selective catalytic reduction catalyst system (AdSCR) for trapping and reducing NO x in lean exhaust streams at low temperature", CATALYSIS SCIENCE & TECHNOLOGY, Bd. 8, Nr. 9, 4. April 2018 (2018-04-04), Seiten 2467-2476, XP055658975, ISSN: 2044-4753, DOI: 10.1039/C8CY00343B	1,5-14
A	Zusammenfassung Seite 1, Spalte 1 - Seite 2, Spalte 1 Seite 3, Spalte 1, Absatz 2 - Seite 4, Spalte 2, Absatz 1 Seite 6, Spalte 1, Absatz 2 - Seite 9, Spalte 2, Absatz 2 -----	2-4
X	DE 10 2014 210661 A1 (THYSSENKRUPP AG [DE]; THYSSENKRUPP IND SOLUTIONS AG [DE]) 17. Dezember 2015 (2015-12-17)	1,5-14
A	Zusammenfassung; Ansprüche 1-14 Absätze [0001], [0023], [0024], [0035], [0036], [0041], [0042], [0043], [0057], [0080] -----	2-4
A	DE 10 2009 044687 A1 (HYUNDAI MOTOR CO LTD [KR]) 17. März 2011 (2011-03-17) Zusammenfassung; Ansprüche 1-4; Abbildungen 7,8 Absätze [0013] - [0018] -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/081867

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102018117188 A1	30-08-2018	DE 102018117188 A1	30-08-2018
		DE 102019116775 A1	22-08-2019

WO 2004061278 A1	22-07-2004	DE 10300298 A1	15-07-2004
		EP 1579109 A1	28-09-2005
		JP 4541898 B2	08-09-2010
		JP 2006512529 A	13-04-2006
		US 2006153761 A1	13-07-2006
		US 2007175208 A1	02-08-2007
		US 2011005204 A1	13-01-2011
		US 2013011313 A1	10-01-2013
		US 2015226100 A1	13-08-2015
		WO 2004061278 A1	22-07-2004

DE 102014210661 A1	17-12-2015	CA 2949728 A1	10-12-2015
		CN 106413856 A	15-02-2017
		DE 102014210661 A1	17-12-2015
		EP 3151948 A1	12-04-2017
		JP 2017524512 A	31-08-2017
		US 2017197178 A1	13-07-2017
		WO 2015185506 A1	10-12-2015

DE 102009044687 A1	17-03-2011	CN 102000506 A	06-04-2011
		DE 102009044687 A1	17-03-2011
		KR 20110024598 A	09-03-2011
		US 2011052452 A1	03-03-2011
