

(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
28. Februar 2008 (28.02.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/022751 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01N 3/20 (2006.01) *F02D 41/02* (2006.01)

(74) Anwalt: **HERRMANN, Reinhard**; Umicore AG & Co.
KG, Patente, Postfach 13 51, 63403 Hanau (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2007/007290

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

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. August 2007 (17.08.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
06017313.5 19. August 2006 (19.08.2006) EP

(71) **Anmelder** (*für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US*): **UMICORE AG & CO. KG** [DE/DE]; Rodenbacher Chaussee 4, 63457 Hanau-Wolfgang (DE). **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG** [DE/DE]; 80809 Muenchen (DE). **DAIMLERCHRISLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse 225, 70567 Stuttgart (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (*soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (*nur für US*): **PHILIPP, Susanne** [DE/DE]; Karolinerweg 2, 63128 Dietzenbach (DE). **FRANKE, Torsten** [DE/DE]; Gartenstrasse 12a, 64859 Eppertshausen (DE). **ECKHOFF, Stephan** [DE/DE]; Siedlungstrasse 14a, 63755 Alzenau (DE). **MUELLER, Wilfried** [DE/DE]; Auf der Warte 21, 61184 Karben (DE). **KREUZER, Thomas** [DE/DE]; Philipp-Reis-Strasse 13, 61184 Karben (DE). **BICHLER, Hubert** [DE/DE]; Fraundienststrs 10, 85652 Gelting (DE). **ZIMMER, Rainer** [DE/DE]; Johans-Langmantelstrasse 3, 82061 Neuried (DE). **SCHOEN, Christof** [DE/DE]; Wilhelm-Enssle-Strasse 163, 73630 Remshalden (DE).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*
- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)*

Veröffentlicht:

- *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(54) **Title:** METHOD FOR OPERATING AN EXHAUST-GAS PURIFICATION SYSTEM IN A LEAN-BURN SPARK-IGNITION ENGINE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER ABGASREINIGUNGSANLAGE AN EINEM MAGER BETRIEBENEN OTTOMOTOR

(57) **Abstract:** To remove nitrogen oxides from the exhaust gas of a lean-burn engine known methods use an exhaust-gas purification system composed of a nitrogen oxide storage catalytic converter and an SCR catalytic converter, operating the engine with alternately lean and rich air/fuel mixtures. The ammonia required for the SCR reaction is generated during the regeneration of the nitrogen oxide storage catalytic converter. One disadvantage is that, at high temperatures, sufficient ammonia is no longer generated during the regeneration. It is therefore proposed to inject ammonia upstream of the SCR catalytic converter at exhaust gas temperatures above approximately 350°C. The injection of ammonia does not take place at exhaust gas temperatures below 350°C. The method is particularly suitable for lean-burn engines with jet-controlled direct fuel injection which can also be operated at high load with a lean air/fuel mixture.

(57) **Zusammenfassung:** Zur Entfernung der Stickoxide aus dem Abgas eines Magermotors ist es bekannt, eine Abgasreinigungsanlage aus einem Stickoxid-Speicherkatalysator und einem SCR-Katalysator zu verwenden und den Motor mit abwechselnd mageren und fetten Luft/Kraftstoff-Gemischen zu betreiben. Der für die SCR-Reaktion benötigte Ammoniak wird hierbei während der Regeneration des Stickoxid-Speicherkatalysators erzeugt. Nachteilig hierbei ist, daß bei hohen Temperaturen nicht mehr ausreichend Ammoniak bei der Regeneration erzeugt wird. Es wird daher vorgeschlagen, bei Abgastemperaturen oberhalb von etwa 350 °C vor dem SCR-Katalysator Ammoniak einzudüsen. Bei Abgastemperaturen unterhalb von 350°C unterbleibt die Eindüsung von Ammoniak. Das Verfahren ist besonders für Magermotoren mit strahlgeführter Benzindirekteinspritzung, die auch noch bei hoher Last mit einem mageren Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben werden können.

WO 2008/022751 A2

Verfahren zum Betreiben einer Abgasreinigungsanlage an einem mager betriebenen Ottomotor

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Abgasreinigungsanlage an einem mager betriebenen Ottomotor, welche in Strömungsrichtung des Abgases zuerst einen Stickoxid-Speicherkatalysator und dann einen SCR-Katalysator enthält, wobei das Abgas Stickoxide enthält, die durch den Betrieb der Abgasreinigungsanlage zu unschädlichen Verbindungen umgesetzt werden sollen.

Abgasreinigungsanlagen, welche in Strömungsrichtung des Abgases einen Stickoxid-Speicherkatalysator und einen SCR-Katalysator enthalten, sind bekannt. Eine solche Anlage wird zum Beispiel in der US 6,182,443 für die Behandlung des Abgases eines Dieselmotors beschrieben. Der Dieselmotor wird mit konstant magerem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben. Bei tiefen Abgastemperaturen werden die im Dieselabgas enthaltenen Stickoxide vom Stickoxid-Speicherkatalysator absorbiert. Bei höheren Abgastemperaturen werden die gespeicherten Stickoxide thermisch desorbiert und am folgenden SCR-Katalysator zu Stickstoff reduziert. Zu diesem Zweck wird Ammoniak oder Harnstoff vor dem SCR-Katalysator dem Abgas zugefügt, wenn der SCR-Katalysator seine Anspringtemperatur erreicht hat.

Die Offenlegungsschrift US 2006/0010857 A1 offenbart ebenfalls eine Abgasreinigungsanlage für einen Dieselmotor aus einem Stickoxid-Speicherkatalysator und einem nachfolgenden SCR-Katalysator. Der Dieselmotor wird mit konstant magerem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben. Zur Regeneration des Stickoxid-Speicherkatalysators wird dem Abgas vor dem Speicherkatalysator ein Reduktionsmittel zugeführt. Während der Regeneration des Speicherkatalysators wird vom Speicherkatalysator Ammoniak erzeugt. Dieser wird vom SCR-Katalysator gespeichert und in einer Periode, die unmittelbar auf die Regeneration des Speicherkatalysators folgt, zur Reduktion von Stickoxiden verwendet, die vom Stickoxid-Speicherkatalysator nicht absorbiert werden.

Die Offenlegungsschrift US 2005/0129601 A1 beschreibt ebenfalls eine Abgasreinigungsanlage, welche in Strömungsrichtung des Abgases einen Stickoxid-Speicherkata-

lysator und einen SCR-Katalysator enthält. Das Abgas wird periodisch abgemagert und angefettet. Während der Magerperiode werden die im Abgas enthaltenen Stickoxide vom Speicherkatalysator gespeichert. Während der Fettperiode werden die vom Speicherkatalysator gespeicherten Stickoxide zu Ammoniak reduziert. Die Mischung aus Ammoniak und nicht umgesetzten Stickoxiden wird am SCR-Katalysator zu Stickstoff und Wasser umgesetzt.

Die DE 100 11 612 A1 beschreibt ein Abgasreinigungssystem für einen Verbrennungsmotor, das ebenfalls aus einem Stickoxid-Speicherkatalysator und einem SCR-Katalysator besteht. Bei Fahrzeuggeschwindigkeiten unterhalb 120 km/h wird der Motor abwechselnd mit magerem und fettem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben, um die im Abgas enthaltenen Stickoxide am Stickoxid-Speicherkatalysator umsetzen zu können. Bei einer Geschwindigkeit von 120 km/h oder mehr wird der Motor mit einem stöchiometrischen Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben und im Vollastbetrieb wird dem Motor ein fettes Luft/Kraftstoff-Gemisch zugeführt.

JP 2002-188429 beschreibt ebenfalls ein Abgasreinigungssystem für einen Magermotor aus einem Stickoxid-Speicherkatalysator und einem SCR-Katalysator. Die Zugabe von Reduktionsmittel vor dem Stickoxid-Speicherkatalysator wird gestoppt, wenn die Menge des Reduktionsmittels einen Grenzwert überschreitet und wird dann dem SCR-Katalysator zugeführt. JP 2003-286827 beschreibt ein weiteres Abgasreinigungssystem aus einem Stickoxid-Speicherkatalysator und einem SCR-Katalysator. Der Stickoxid-Speicherkatalysator absorbiert die im Abgas enthaltenen Stickoxide unterhalb einer vorgegebenen Temperatur und desorbiert sie oberhalb dieser Temperatur. Die desorbierten Stickoxide werden von dem nachgeschalteten SCR-Katalysator umgesetzt. Ein weiteres Abgasreinigungssystem für einen Magermotor beschreibt die JP 2004-218575. Es enthält ebenfalls einen Stickoxid-Speicherkatalysator und eine SCR-Katalysator. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Systemen ist der SCR-Katalysator dem Stickoxid-Speicherkatalysator vorgeschaltet.

Die bekannten Verfahren zur Entfernung der Stickoxide mittels eines Stickoxid-Speicherkatalysators und eines nachgeschalteten SCR-Katalysators sind nicht geeignet, um das Abgas von mager betriebenen Ottomotoren über weite Bereiche der möglichen Betriebszustände effektiv zu reinigen. Das gilt insbesondere für moderne Benzin-

Magermotoren mit strahlgeführter Benzindirekteinspritzung. Während konventionelle Benzin-Magermotoren mit geschichteter Benzindirekteinspritzung ab einer bestimmten Fahrzeuggeschwindigkeit nicht mehr mit magerem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben werden können und in den stöchiometrischen Betrieb umgeschaltet werden müssen, sind die modernen Benzin-Magermotoren mit strahlgeführter Benzindirekteinspritzung in der Lage, auch noch bei wesentlich höheren Geschwindigkeiten mit magerer Gemischaufbereitung zu arbeiten. Bei diesen Betriebszuständen erzeugt der Motor ein Abgas mit hohen Temperaturen über zum Beispiel 500 °C und mit hohen Abgasmassenströmen. Diesen Betriebszuständen sind die aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren nicht gewachsen. Stickoxid-Speicherkatalysatoren haben üblicherweise ein Temperaturfenster für den optimalen Betrieb zwischen etwa 200 und 450 °C. Oberhalb von 450 °C sind Stickoxid-Speicherkatalysatoren nicht mehr in der Lage, die Stickoxide zu speichern. Daher kann zum Beispiel der Stickoxid-Speicherkatalysator in der US 2005/0129601 A1 bei Temperaturen oberhalb von 450 °C in den Fettperioden kein Ammoniak mehr für die selektive Reduktion der Stickoxide am nachgeschalteten SCR-Katalysator bilden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher, ein Verfahren zum Betreiben einer Abgasreinigungsanlage aus einem Stickoxid-Speicherkatalysator und einem SCR-Katalysator anzugeben, das über einen weiten Bereich der Betriebszustände, besonders solchen mit hohen Abgastemperaturen und hohen NO_x-Massenströmen, die Stickoxide im Abgas von modernen Benzin-Magermotoren effektiv zu unschädlichen Produkten umsetzen kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben einer Abgasreinigungsanlage an einem Magermotor eines Fahrzeugs, welche in Strömungsrichtung des Abgases zuerst einen Stickoxid-Speicherkatalysator und dann einen SCR-Katalysator enthält, wobei das Abgas eine von dem augenblicklichen Betriebszustand des Motors abhängige Abgastemperatur aufweist und unter anderem Stickoxide als Schadstoffe enthält.

Das Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß

- a) der Motor mit abwechselnd magerem und fettem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, wenn der Betriebszustand des Motors eine Abgastemperatur unterhalb einer vorgegebenen Temperatur erzeugt, und
 - 5 b) der Motor mit konstant magerem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, wenn der Betriebszustand des Motors eine Abgastemperatur oberhalb der vorgegebenen Temperatur erzeugt, und während dieses Betriebszustandes vor dem SCR-Katalysator dem Abgas Ammoniak direkt oder in Form einer zu Ammoniak zersetzlichen Verbindung zugeführt wird.
- 10 Erfindungsgemäß wird der Magermotor bei niedrigen Abgastemperaturen mit abwechselnd magerem und fettem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben. Während des Magerbetriebs werden die im Abgas enthaltenen Stickoxide vom Speicherkatalysator gespeichert. Wenn die Speicherkapazität des Speicherkatalysators erschöpft ist, wird er durch Umschalten des Motors auf Fettbetrieb regeneriert. Dabei wird in diesem Temperatur-
- 15 bereich ein Teil der gespeicherten Stickoxide zu Ammoniak reduziert, der von dem nachgeschalteten SCR-Katalysator zwischengespeichert wird. Während des nachfolgenden Magerbetriebs dient der gespeicherte Ammoniak zur Reduktion von nicht vom Speicherkatalysator absorbierten Stickoxiden.

Diese Betriebsweise der Abgasreinigungsanlage ist nur im unteren Temperaturbereich vorteilhaft. Bei höheren Temperaturen vermindert sich die Speicherkapazität des Speicherkatalysators und es werden nur noch geringe Mengen Ammoniak gebildet. Oberhalb von etwa 450 bis 500 °C findet keine wesentliche Speicherung der Stickoxide mehr statt, so daß keine ausreichenden Mengen an Ammoniak mehr gebildet werden. Bei den bekannten Verfahren wird daher bei höheren Temperaturen auf ein stöchiometrisches

25 oder unterstöchiometrisches Luft/Kraftstoff-Gemisch umgestellt, um eine weiterhin effektive NO_x-Nachbehandlung sicherzustellen. Bei stöchiometrischer oder unterstöchiometrischer Betriebsweise ist allerdings der Vorteil der Kraftstoffeinsparung nicht mehr gegeben. Erfindungsgemäß wird deshalb bei Betriebszuständen des Motors mit höheren Abgastemperaturen der Motor konstant mit magerem Luft/Kraftstoff-Gemisch

30 betrieben. Zur Reduktion der Stickoxide im Abgas wird vor dem SCR-Katalysator

Ammoniak oder eine zu Ammoniak zersetzliche Verbindung in das Abgas eingedüst, wodurch die Stickoxide kontinuierlich zu Stickstoff umgesetzt werden. Von Vorteil ist hierbei auch, daß in diesem Temperaturbereich das am Stickoxid-Speicherkatalysator aus Stickstoffmonoxid gebildet Stickstoffdioxid die Stickoxid-Umsetzung am SCR-Katalysator verbessert.

Die optimale Temperatur für die Umschaltung von der einen Betriebsweise in die andere hängt von der Art des Motors und den jeweiligen Betriebszuständen sowie dem Alterungsgrad des NOx-Speicherkatalysators ab und liegt gewöhnlich zwischen 300 und 500 °C

10 Das Verfahren ist besonders geeignet für Magermotoren mit strahlgeführter Benzindirekteinspritzung, die auch noch bei hohen Lastzuständen mit einem mageren Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben werden können.

Das Verfahren hat mehrere Vorteile gegenüber den Verfahren aus dem Stand der Technik. Im unteren Temperaturbereich wird es durch den am Speicherkatalysator bei der
15 Regeneration gebildeten Ammoniak möglich, am SCR-Katalysator eine zusätzliche Stickoxidreduktion zu erzielen. Die Emission von Ammoniak wird durch Absorption am SCR-Katalysator vermieden.

Durch die Ammoniakbildung am Speicherkatalysator muß die Reduktionsmitteldosierung (z.B. Harnstoff als zu Ammoniak zersetzlicher Verbindung) für den SCR-
20 Katalysator bei niedrigen Temperaturen noch nicht eingesetzt werden, wodurch der Harnstoffverbrauch vermindert wird. Erst ab ca. 350 °C ist es nötig, Reduktionsmittel einzudosieren.

Bei sehr hohen Stickoxid-Massenströmen trägt zusätzlich zum Speicherkatalysator der nachgeschaltete SCR-Katalysator zur Stickoxidreduktion bei.

25 Bei thermischer Schädigung oder Vergiftung des Speicherkatalysators z.B. durch Schwefel, bzw. bei Betrieb mit hochverschwefeltem Kraftstoff kann der SCR-Katalysator allein zur Stickoxidreduktion benutzt werden. Ferner gibt es Situationen, bei der eine Entschwefelung des Stickoxid-Speicherkatalysators nicht möglich ist, weil die zur Entschwefelung notwendigen hohen Temperaturen nicht erreicht werden kön-

nen, wie beim Betreiben des Fahrzeuges im Stadtverkehr oder im Stau. Auch hier kann dann der SCR-Katalysator allein zur Stickoxidreduktion herangezogen werden.

Bei Motorbetriebspunkten, die das Fettfahren zur Regeneration des Speicherkatalysators aus Komfort- oder anderen Gründen verbieten oder erschweren, kann das SCR-System
5 mit Reduktionsmitteldosierung weiterhin zur NO_x-Reduktion benutzt werden.

Abgasreinigungsanlagen mit NO_x-Speicherkatalysator und in Strömungsrichtung nachgeordnetem SCR-Katalysator, für deren Betrieb sich das erfindungsgemäße Verfahren eignet, können außerdem vor dem NO_x-Speicherkatalysator einen Dreiwegekatalysator, einen Oxidationskatalysator oder einen weiteren, gegebenenfalls hochtemperaturstabilen NO_x-Speicherkatalysator enthalten. Ein solcher ergänzender Katalysator kann die
10 Kohlenwasserstoffkonvertierung verbessern und die Umsatzraten für Stickoxide weiter erhöhen.

Für die Durchführung des Verfahrens können die dem Fachmann bekannten Stickoxid-Speicherkatalysatoren und SCR-Katalysatoren eingesetzt werden. Stickoxid-Speicherkatalysatoren enthalten als Speichermaterial für die Stickoxide basische Verbindungen
15 der Alkali- oder Erdalkalimetalle sowie wenigsten ein Edelmetall aus der Gruppe Platin, Palladium und Rhodium. SCR-Katalysatoren können auf der Basis von Zeolithen aufgebaut sein, die mit Edelmetallen oder Nebengruppenmetallen ausgetauscht sind. Alternativ sind SCR-Katalysatoren bekannt, die eine Mischung der Feststoffsäuren Vanadiumoxid, Wolframoxid und Molybdänoxid enthalten.
20

Das Verfahren eignet sich besonders für Abgasreinigungsanlagen aus einem motornahen Stickoxid-Speicherkatalysator und einem im Unterbodenbereich des Fahrzeuges angeordneten SCR-Katalysator. Motornah bedeutet hier, daß die Entfernung des Katalysators zum Abgaskrümmen weniger als 0,8 m beträgt und die Unterbodenposition ist
25 durch einen Abstand vom Katalysator zum Abgaskrümmen von mehr als 1,0 m gekennzeichnet. Der Wechselbetrieb mit magerem und fettem Luft/Kraftstoff-Gemisch führt hier schon kurz nach dem Kaltstart und auch während Betriebsphasen des Motors mit niedrigen Abgastemperaturen zu guten Stickoxid-Umsätzen. Betriebsphasen mit niedrigen Abgastemperaturen kommen zum Beispiel im Leerlaufbetrieb vor beziehungsweise

bei niedrigen Drehzahl/Last-Kollektiven des Motors oder allgemein bei der Verwendung von Motoren mit großem Hubraum und besonders bei Dieselmotoren.

Bei Abgastemperaturen oberhalb von 450 °C werden dagegen die Stickoxide vom motornahen Stickoxid-Speicherkatalysator nur im geringen Maße gespeichert. Er wirkt
5 dann im wesentlichen als Oxidationskatalysator. Erfindungsgemäß werden bei diesen Betriebszuständen die im Abgas enthaltenen Stickoxide am SCR-Katalysator im Unterbodenbereich umgesetzt. Hierzu wird Ammoniak oder eine zu Ammoniak zersetzliche Verbindung dem Abgas vor Eintritt in den SCR-Katalysator zugeführt.

Vorteilhaft ist bei einer solchen Abgasreinigungsanlage, daß ein motornaher Stickoxid-
10 Speicherkatalysator sich wesentlich leichter entschwefeln läßt als in entsprechender Unterbodenposition, da ein Aufheizen des Katalysators auf die Entschwefelungstemperatur von ca. 550 bis 800 °C in Motornähe wesentlich leichter möglich und mit geringerem Kraftstoffverbrauch verbunden ist.

Die Erfindung wird im folgenden an Hand der Figuren 1 und 2 näher erläutert. Es zeig-
15 gen:

Figur 1: Abgasreinigungsanlage für die Durchführung des Verfahrens

Figur 2: Schematischer Vergleich des Stickoxidumsatzes verschiedener Abgasreinigungssysteme in Abhängigkeit von der Temperatur

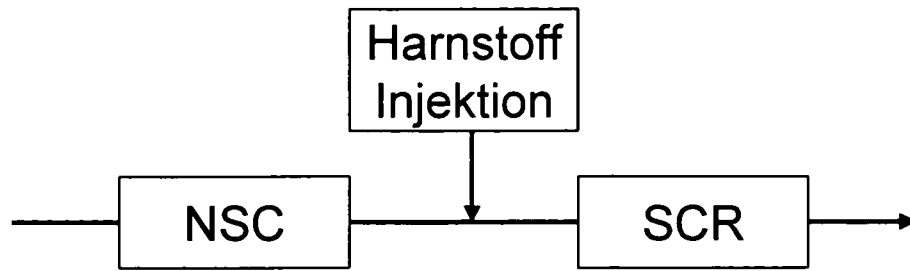
Figur 1 zeigt den Aufbau der Abgasreinigungsanlage wie sie für das erfindungsgemäße
20 Verfahren eingesetzt werden kann. Das vom Magermotor kommende Abgas wird zunächst über einen Stickoxid-Speicherkatalysator (NSC) geführt. Stromabwärts des Stickoxid-Speicherkatalysators ist der SCR-Katalysator (SCR) in den Abgasstrang eingefügt. Zwischen Stickoxid-Speicherkatalysator und SCR-Katalysator ist eine Vorrichtung zur Eindüsung von zum Beispiel Harnstoff in den Abgasstrom vorgesehen.

25 Figur 2 zeigt vier Stickoxidumsatzkurven für drei verschiedene Abgasreinigungssysteme in Abhängigkeit von der Abgastemperatur für unterschiedliche Betriebsweisen. Die vier verschiedenen Umsatzkurven sind wie folgt bezeichnet:

- NSC: Stickoxidumsatz eines NO_x-Speicherkatalysators bei Fett/Mager-Betrieb über den gesamten Temperaturbereich des Diagramms
- SCR: Stickoxidumsatz eines SCR-Katalysators bei konstantem Magerbetrieb über den gesamten Temperaturbereich mit externer Zugabe von Ammoniak als Reduktionsmittel
- 5
- NSC + SCR (ohne NH₃):
Stickoxidumsatz eines Abgasreinigungssystems aus NO_x-Speicherkatalysator und SCR-Katalysator bei Fett/Magerbetrieb über den gesamten Temperaturbereich ohne externe Einspeisung von Ammoniak als Reduktionsmittel
- 10 NSC + SCR (mit NH₃):
Stickoxidumsatz eines Abgasreinigungssystems aus NO_x-Speicherkatalysator und SCR-Katalysator bei Betrieb nach dem erfindungsgemäßen Verfahren:
Fett/Mager-Betrieb unterhalb 350 °C und konstanter Magerbetrieb mit NH₃-Zugabe oberhalb von 350 °C
- 15 Die mit „NSC“ bezeichnete Umsatzkurve zeigt einen schlechten NO_x-Umsatz im Hochtemperaturbereich, während die mit „SCR“ bezeichnete Umsatzkurve einen sehr guten NO_x-Umsatz im Hochtemperaturbereich aufweist, aber Nachteile im Tieftemperaturbereich hat. Die mit „NSC + SCR (ohne NH₃)“ bezeichnete Umsatzkurve für das Abgasreinigungssystem aus Stickoxid-Speicherkatalysator und SCR-Katalysator zeigt bei
- 20 Fett/Mager-Betrieb ohne NH₃-Zugabe eine gute Tieftemperaturaktivität. Die Hochtemperaturaktivität ist dagegen unzureichend. Für die NO_x-Nachbehandlung im Dieselausgas ist ein solches System insbesondere mit einem vorgeschalteten Dieseloxidationskatalysator in den meisten Fällen ausreichend, da kaum Temperaturen im Unterboden über 450-500 °C erreicht werden. Für die Abgasnachbehandlung an mager betriebenen
- 25 Ottomotoren müssen jedoch auch oberhalb von 500 °C höhere NO_x-Umsätze erzielt werden. Dies ist nur möglich, wenn das Abgasreinigungssystem aus Stickoxid-Speicherkatalysator und SCR-Katalysator nach dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben wird. Die zugehörige Umsatzkurve ist in Figur 2 mit „NSC + SCR (mit NH₃)“ bezeichnet.

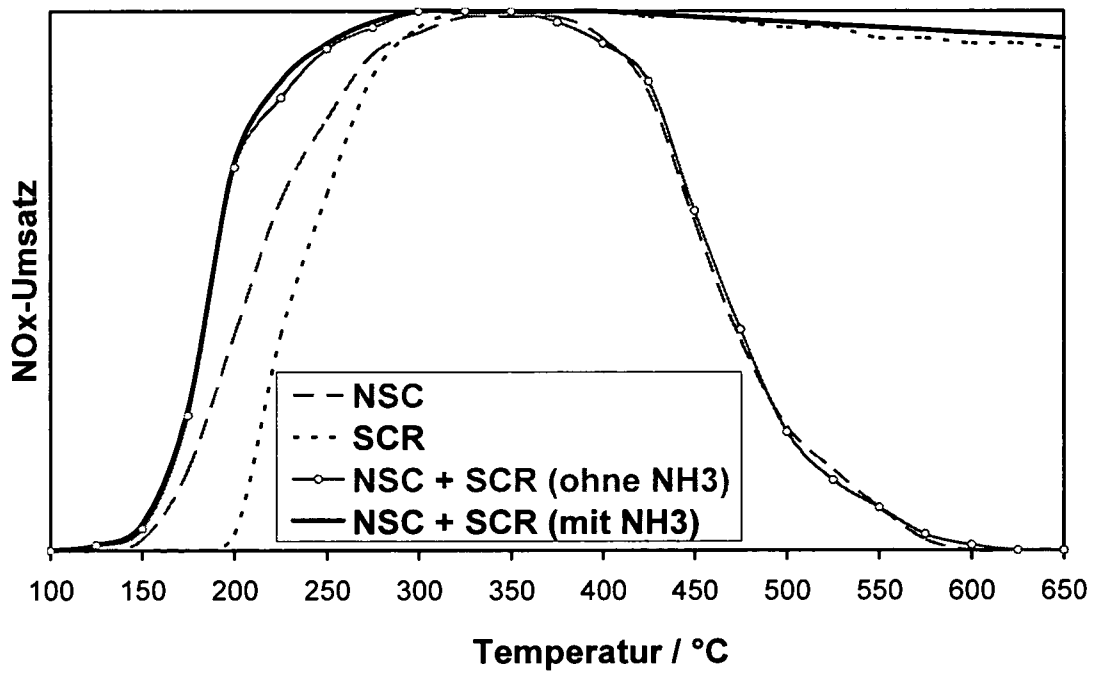
Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Abgasreinigungsanlage an einem Magermotor eines Fahrzeugs, welche in Strömungsrichtung des Abgases zuerst einen Stickoxid-Speicherkatalysator und dann einen SCR-Katalysator enthält, wobei das Abgas eine von dem augenblicklichen Betriebszustand des Motors abhängige Abgastemperatur aufweist und unter anderem Stickoxide als Schadstoffe enthält,
5 dadurch gekennzeichnet daß,
a) der Motor abwechselnd mit magerem und fettem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, wenn der Betriebszustand des Motors eine Abgastemperatur unterhalb einer vorgegebenen Temperatur erzeugt, und
10 b) der Motor mit konstant magerem Luft/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, wenn der Betriebszustand des Motors eine Abgastemperatur oberhalb der vorgegebenen Temperatur erzeugt, und während dieses Betriebszustandes vor dem SCR-Katalysator dem Abgas Ammoniak direkt oder in Form einer zu Ammoniak zersetzlichen Verbindung zugeführt wird.
15
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die vorgegebene Temperatur im Bereich zwischen 300 und 550 °C liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
20 dadurch gekennzeichnet,
daß dem Stickoxid-Speicherkatalysator ein Dreiwegekatalysator, ein Oxidationskatalysator oder ein weiterer Stickoxid-Speicherkatalysator vorgeschaltet ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß der Magermotor eine strahlgeführte Benzindirekteinspritzung aufweist.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Stickoxid-Speicherkatalysator motornah und der SCR-Katalysator in Unterbodenposition des Fahrzeugs angeordnet ist.



Figur 1

5



Figur 2