



(10) **DE 10 2008 018 685 B4** 2017.08.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 018 685.6**

(22) Anmeldetag: **12.04.2008**

(43) Offenlegungstag: **23.10.2008**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.08.2017**

(51) Int Cl.: **F01N 3/10 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

60/923,808	17.04.2007	US
12/048,670	14.03.2008	US

(73) Patentinhaber:

**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

(74) Vertreter:

**Bonsmann - Bonsmann - Frank Patentanwälte,
41063 Mönchengladbach, DE**

(72) Erfinder:

**Theis, Joseph Robert, Rockwood, Mich., US;
McCabe, Robert Walter, Novi, Mich., US; Ura,
Justin Anthony, Livonia, Mich., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 2006 / 0 100 098 A1

**Theis, J., Lupescu, J., Ura, J., and McCabe, R.:
Lean NO_x Trap System Design for Cost Reduction
and Performance Improvement. In: SAE Technical
Paper 2006-01-1069, 2006, 97 - 112.**

(54) Bezeichnung: **NO_x-Speicherkatalysator-System mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung, sowie Verfahren zu dessen Verwendung**

(57) Hauptanspruch: NO_x-Speicherkatalysator-System zur Beseitigung einer NO_x-Emission in einem Abgassystem (6) eines Fahrzeuges (2), welches einen Abgasstrom aufweist und während einer oder mehrerer magerer Perioden und einer oder mehrerer fetter Perioden betrieben werden kann, wobei der Speicherkatalysator aufweist:

einen ersten Abscheider (14), welcher an das Abgassystem (6) des Fahrzeuges (2) angeschlossen ist, wobei der erste Abscheider (14) ein erstes Substrat aufweist, welches eine Menge an Platin trägt;

einen zweiten Abscheider (16), welcher an das Abgassystem (6) des Fahrzeuges (2) angeschlossen ist, wobei der zweite Abscheider (16) ein zweites Substrat aufweist, welches eine Menge an Platin und eine Menge an Rhodium trägt;

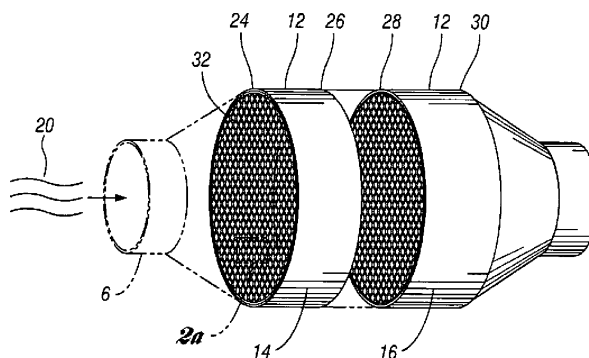
wobei der erste Abscheider (14) bezogen auf eine Abgasströmungsrichtung stromaufwärts von dem zweiten Abscheider (16) angeordnet ist;

wobei die Gesamtmenge an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider (16) größer oder gleich der Menge an Platin auf dem ersten Abscheider (14) ist;

wobei der zweite Abscheider (16) in einem Niedrigtemperaturbereich eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der erste Abscheider (14) aufweist; und

wobei der erste Abscheider (14) in einem Hochtemperaturbereich eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der zweite Abscheider (16) aufweist;

wobei der erste Abscheider (14) ferner eine Menge an Rhodium trägt, welche auch Null betragen kann, wobei die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem ersten Abscheider kleiner ist als die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider (16); und wobei das Verhältnis der Menge an Rhodium, welche von dem ersten Abscheider (14) getragen wird, zu der Menge an Rhodium, welche von dem zweiten Abscheider (16) getragen wird, im Bereich von 0 bis 0.5 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein NO_x-Speicherkatalysator-System zur Beseitigung einer NO_x-Emission in einem Abgassystem eines Fahrzeuges gemäß den Patentansprüchen 1 und 8 sowie ein Verfahren zum Beseitigen einer NO_x-Emission unter Verwendung eines NO_x-Speicherkatalysator-Systems für ein Fahrzeug gemäß dem Patentanspruch 14.

[0002] Eine oder mehrere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung betreffen ein NO_x-Speicherkatalysator-System mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung in einem Fahrzeug, sowie ein Verfahren zu dessen Verwendung.

[0003] Umweltschutzvorschriften hinsichtlich der Reduzierung von Emissionen aus Fahrzeugverbrennungsmotoren wurden in zahlreichen Ländern erlassen. Stickoxide sind bezüglich der Emissionen von Bedeutung und weisen diverse Verbindungen wie z. B. Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid auf. Diese Verbindungen werden gemäß der Definition der Umweltschutzbehörde der Vereinigten Staaten häufig als NO_x bezeichnet.

[0004] NO_x-Emissionen eines für eine mageren Verbrennung ausgelegten benzinbetriebenen Verbrennungsmotors oder eines Dieselmotors können unter Verwendung eines Stickoxidspeicherkatalysators ("lean NO_x trap") bei Temperaturen zwischen 200°C und 600°C behandelt werden. Bei dem Behandlungsverfahren unter Verwendung des NO_x-Speicherkatalysators besteht eine Wechselwirkung zwischen den Platingruppenmetallen ("PGMs"), der Emissionstemperatur, den NO_x-Speicherkomponenten und/oder den Sauerstoffspeicherkomponenten. Als Beispiel für diese Wechselwirkung kann der NO_x-Speicherkatalysator typischerweise Platin und Rhodium als Dekontaminationskatalysator aufweisen. Platin kann unter mageren Abgasbedingungen bei relativ hohen Temperaturen Stickstoffmonoxid im Abgas zu Stickstoffdioxid oxidieren. Stickstoffdioxid kann mit einem NO_x-Speichermaterial reagieren, um eine adsorbierte NO_x-Verbindung wie z. B. ein Nitrat zu bilden. Das NO_x-Speichermaterial kann mit der adsorbierten NO_x-Verbindung gesättigt oder nahezu gesättigt werden. Um die NO_x-Verbindung auszutreiben, kann der Verbrennungsmotor von einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis auf ein fettes Luft-Kraftstoff-Verhältnis umgeschaltet werden. Während der Reinigung unter fetten Bedingungen können sowohl Platin als auch Rhodium zur Reduzierung des gespeicherten NO_x zu Stickstoffgas beitragen. Rhodium funktioniert bei relativ niedrigen Abgastemperaturen im Vergleich zu Platin typischerweise mit höherer Reaktivität hinsichtlich der Reduzierung von NO_x.

[0005] Aus Theis, J., Lupescu, J., Ura, J., and McCabe, R.: "Lean NO_x Trap System Design for Cost Reduction and Performance Improvement", SAE Technical Paper 2006-01-1069, 2006, 97–112 ist ein NO_x-Speicherkatalysatorsystem bekannt, welches in einer Ausführungsform eine stromaufwärtige Speicherkatalysatorkomponente mit einer vorgegebenen Platin/Rhodiumbeladung und eine stromabwärtige Speicherkatalysatorkomponente mit einer anderen vorgegebenen Platin/Rhodiumbeladung kombiniert, wobei jedoch keine Aussagen betreffend die Mengen an Rhodium in der ersten bzw. zweiten Speicherkatalysatorkomponente oder das Verhältnis dieser Mengen zueinander getroffen werden.

[0006] Aufgrund der relativ hohen Konzentrationen an Platingruppenmetallen in den Zusammensetzungen können Stickoxidspeicherkatalysatoren jedoch kostspielig sein. Stickoxidspeicherkatalysator-Systeme mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung können die Kosten des Stickoxidspeicherkatalysator-Systems etwas reduzieren. Ein Beispiel eines Stickoxidspeicherkatalysators mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung ist in der US-Offenlegungsschrift US 2006/0 100 098 A1 offenbart, welche auf den gleichen Inhaber wie die vorliegende Anmeldung übertragen wurde und einige Erfinder damit gemeinsam hat.

[0007] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die NO_x-Beseitigung mit der gleichen Gesamt-NO_x-Umwandlungseffizienz unter Verwendung einer geringeren Menge an relativ teuren Platingruppenmetallen in den Zusammensetzungen erreicht wird.

[0008] Die Lösung der vorgenannten Aufgabe erfolgt durch NO_x-Speicherkatalysator-Systeme mit den Merkmalen der Patentansprüche 1 bzw. 8 bzw. durch ein Verfahren zum Beseitigen einer NO_x-Emission unter Verwendung eines NO_x-Speicherkatalysator-Systems für ein Fahrzeug mit den Merkmalen des Patentanspruches 14.

[0009] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben.

[0010] Wenigstens eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung betrifft ein NO_x-Speicherkatalysator-System mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung zur Beseitigung einer NO_x-Emission in einem

Abgassystem, welches einen Abgasstrom aufweist. Das Speicherkatalysator-System ist in einer oder mehreren mageren Perioden und in einer oder mehreren fetten Perioden betreibbar.

[0011] Das Speicherkatalysator-System weist einen ersten Abscheider mit einem ersten Substrat auf, welcher an das Abgassystem des Fahrzeugs angeschlossen ist. Das erste Substrat weist eine Menge an Platin auf. In bestimmten Anwendungen kann das erste Substrat auch einen relativ kleinen Betrag an Rhodium tragen. Das Speicherkatalysator-System weist ferner einen zweiten Abscheider mit einem zweiten Substrat auf, welcher mit dem Abgassystem des Fahrzeugs verbunden ist. Das zweite Substrat trägt eine Menge an Platin und eine Menge an Rhodium. In einer oder mehreren Anwendungen der vorliegenden Erfindung wird eine Menge an Palladium von dem ersten und/oder dem zweiten Substrat getragen.

[0012] Der erste Abscheider ist bezogen auf eine Abgasströmungsrichtung stromaufwärts des zweiten Abscheiders angeordnet. In dem System ist die Gesamtmenge an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider gleich oder größer als die Platinmenge auf dem ersten Abscheider.

[0013] Der zweite Abscheider weist in einem Niedrigtemperaturbereich eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der vordere Abscheider auf.

[0014] Der erste Abscheider weist in einem Hochtemperaturbereich eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der zweite Abscheider auf.

[0015] Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Speicherkatalysator-System dazu ausgelegt, während einer oder mehrerer magerer Perioden und während einer oder mehrerer fetter Perioden betrieben zu werden. Das Speicherkatalysator-System weist einen ersten Abschnitt auf, welcher einen ersten Substratabschnitt aufweist, der eine Menge an Platin trägt, und einen zweiten Abschnitt, welcher einen zweiten Substratabschnitt aufweist, der eine Menge an Platin und eine Menge an Rhodium trägt. Der erste Abschnitt ist bezogen auf die Abgasströmungsrichtung stromaufwärts des zweiten Abschnitts angeordnet. In dem Abgassystem ist die gesamte Beladung an Platin auf dem ersten Abschnitt kleiner als die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abschnitt. Der zweite Abschnitt weist bei einer Temperatur unterhalb von 300°C eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der erste Abschnitt auf.

[0016] Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Beseitigen einer NO_x-Emission unter Verwendung eines NO_x-Speicherkatalysator-Systems für ein Fahrzeug offenbart. Das Verfahren umfasst das Bereitstellen eines Abgassystems von einem Verbrennungsmotor des Fahrzeuges. Das Abgassystem weist einen ersten Abscheider auf, welcher eine Menge an Platin trägt, und einen zweiten Abscheider, welcher eine Menge an Platin und eine Menge an Rhodium trägt. Die Gesamtmenge an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider übersteigt die Gesamtmenge an Platin auf dem ersten Abscheider auf einer Masse-pro-Einheitsvolumen-Basis. Der erste Abscheider ist in dem System näher an dem Verbrennungsmotor angeordnet als der zweite Abscheider. Das Abgassystem wird einem Abgas ausgesetzt, welches NO_x enthält, sich bei einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis befindet und eine Abgaseintrittstemperatur im Bereich von 200°C bis 600°C aufweist. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases wird anschließend auf ein fettes Luft-Kraftstoff-Verhältnis geändert. Entweder der erste Abscheider oder der zweite Abscheider oder beide Abscheider reduzieren das gespeicherte NO_x zu Stickstoffgas, um die NO_x-Emissionen zu beseitigen. Der erste Abscheider beseitigt mehr NO_x als der zweite Abscheider, wenn die Abgastemperatur im Bereich von 400°C bis 600°C liegt. Der zweite Abscheider beseitigt mehr NO_x als der erste Abscheider, wenn die Abgaseintrittstemperatur im Bereich von 200°C bis 300°C liegt.

[0017] Die Erfindung wird nun detaillierter unter Bezugnahme auf die beigefügten Abbildungen beschrieben.

[0018] Fig. 1 zeigt ein Fahrzeug mit einem Beispiel eines Stickoxidspeicherkatalysator-Systems mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung gemäß wenigstens einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0019] Fig. 2 zeigt eine perspektivische und teilweise auseinandergezogene Ansicht des NO_x-Speicherkatalysator-Systems mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung gemäß der wenigstens einen Ausführungsform dieser Erfindung;

[0020] Fig. 2a zeigt eine Ausführungsform eines detaillierten Schnittes einer Komponente des NO_x-Speicherkatalysator-Systems mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung gemäß der wenigstens einen Ausführungsform dieser Erfindung;

[0021] Fig. 3 zeigt einen Graph der NO_x-Speicherkapazität in Abhängigkeit von einer Eintrittstemperatur eines Abgases gemäß der wenigstens einen Ausführungsform dieser Erfindung;

[0022] Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform einer NO_x-Test-Vorrichtung, welche zum Messen einer NO_x-Emission bestimmter Komponenten eines NO_x-Speicherkatalysators mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung gemäß der wenigstens einen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung geeignet ist;

[0023] Fig. 5 zeigt eine mittlere (mager plus fett) NO_x-Umwandlungseffizienz als Funktion der Eintrittstemperatur des Abgases für bestimmte Beispiele einer NO_x-Speicherkatalysator-Komponente mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung gemäß der wenigstens einen Ausführungsform dieser Erfindung;

[0024] Fig. 6 zeigt die NO_x-Emission als Funktion der Expositionszeit bestimmter Beispiele von NO_x-Speicherkatalysator-Komponenten mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung bei einer relativ hohen Temperatur gemäß der wenigstens einen Ausführungsform dieser Erfindung;

[0025] Fig. 7 zeigt die NO_x-Emission als Funktion der Expositionszeit bestimmter Ausführungsformen der NO_x-Speicherkatalysator-Komponenten mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung bei einer relativ niedrigen Temperatur gemäß wenigstens einer Ausführungsform dieser Erfindung; und

[0026] Fig. 8 zeigt eine Ausführungsform eines Verfahrens zur Verwendung des NO_x-Speicherkatalysators mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung zur Beseitigung der NO_x-Emission eines Verbrennungsmotors gemäß wenigstens einer Ausführungsform dieser Erfindung.

[0027] Im Weiteren wird detailliert auf Zusammensetzungen, Ausführungsformen und Verfahren der vorliegenden Erfindung gemäß Kenntnis der Erfinder Bezug genommen, es versteht sich jedoch, dass die offenbarten Ausführungsformen lediglich beispielhaft für die vorliegende Erfindung sind, welche auf diverse alternative Weisen ausgeführt werden kann. Daher sind spezifische Details, wie sie hier offenbart sind, nicht als beschränkend sondern lediglich als repräsentative Grundlage zu interpretieren, um dem Fachmann eine Lehre für unterschiedliche Ausführungen der Erfindung zu geben.

[0028] Soweit nicht ausdrücklich angegeben, sind sämtliche zahlenmäßigen Angaben in dieser Beschreibung zur Angabe von Materialmengen oder Verwendungsbedingungen um das Wort "etwa" unter Beschreibung des breitestmöglichen Umfangs der vorliegenden Erfindung zu modifizieren. Eine Ausführung innerhalb der angegebenen zahlenmäßigen Grenzen ist allgemein bevorzugt.

[0029] NO_x-Speicherkatalysatoren können aufgrund der relativ hohen Konzentrationen an Platingruppenmetallen ("PGM") in den Zusammensetzungen kostspielig sein. NO_x-Speicherkatalysator-Systeme mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung können die Kosten des NO_x-Speicherkatalysator-Systems etwas reduzieren. Ein Beispiel eines NO_x-Speicherkatalysators mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung ist in der US-Offenlegungsschrift US 2006/0 100 098 A1 offenbart, deren Inhalt hiermit durch Inbezugnahme vollständig aufgenommen wird. Gemäß einem Beispiel eines NO_x-Speicherkatalysator-Systems mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung können ein vorderer Abschnitt und ein rückseitiger Abschnitt des Speicherkatalysators Platin und Rhodium enthalten. In bestimmten Ausführungsformen wird der vordere Abschnitt als vorderer Block bezeichnet, und der hintere Abschnitt wird als hinterer Block bezeichnet.

[0030] In wenigstens einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann die Rhodiumkonzentration des vorderen Blockes im Vergleich zu dem vorstehend erläuterten Beispiel vollständig entfallen oder wesentlich reduziert sein. In wenigstens einer Ausführungsform führt diese Reduzierung zu einer Kostenersparnis in dem gesamten NO_x-Speicherkatalysator und/oder verbessert das Hochtemperatur-NO_x-Verhalten des vorderen Blockes. In einer anderen Ausführungsform kann der reduzierte Rhodiumgehalt in dem vorderen Block dazu verwendet werden, den Rhodiumgehalt im hinteren Block zu erhöhen. Eine solche Ausführungsform kann das Hochtemperatur-NO_x-Verhalten des vorderen Blockes verbessern, das Niedrigtemperaturverhalten des hinteren Blockes verbessern und/oder gleiche PGM-Kosten aufrechterhalten.

[0031] Unter Bezugnahme auf Fig. 1 ist dort ein Lastkraftwagen 2 in einer nicht einschränkenden, perspektivischen Ansicht dargestellt. Der Lastkraftwagen 2 wird durch einen Verbrennungsmotor 4 mit einem Abgassystem 6 angetrieben, wobei ein Einlass 8 benachbart zu dem Verbrennungsmotor 4 und ein Auslass 10 an dem zum Verbrennungsmotor 4 entgegengesetzten Ende vorgesehen sind. Das Abgassystem 6 weist gemäß wenigstens einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein NO_x-Speicherkatalysator-System 12 mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung auf, welches zwei Abscheider umfasst, d. h. einen ersten

Abscheider **14** und einen zweiten Abscheider **16**. An dem Einlass **8** kann ein optionaler Temperatursensor **18** eine Temperatur eines Abgases **20** messen.

[0032] Unter Bezugnahme nunmehr auf **Fig. 2** ist dort eine Ausführungsform des NO_x -Speicherkatalysator-Systems **12** mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung dargestellt. Das System **12** weist einen ersten Abscheider **14** und einen zweiten Abscheider **16** auf. Der erste Abscheider **14** wird auch als in Bezug auf den Abgasstrom **20** stromaufwärtiger Abscheider bezeichnet. Der erste Abscheider **14** weist ein vorderes Ende **24** und ein hinteres Ende **26** auf. Der zweite Abscheider **16** weist ein vorderes Ende **28** und ein hinteres Ende **30** auf. Das hintere Ende **26** des ersten Abscheiders **14** kann benachbart zu dem vorderen Ende **28** des zweiten Abscheiders **16** angeordnet sein. Die Abscheider **14** und **16** sind an das Abgassystem **6** angeschlossen, wobei der erste Abscheider **14** in Bezug auf die Strömung des Abgases **20** stromaufwärts des zweiten Abscheiders **16** angeordnet ist, wenn dieses in einer Richtung vom Einlass **8** zum Auslass **10** strömt. Die Abscheider **14** und **16** umfassen einen Träger **32**, welcher benachbart zu einer Schicht **34** angeordnet ist, die wenigstens einen oder mehrere PGMs umfasst. Eine Ausführungsform des Trägers **32** und der Schicht **34** ist in der detaillierten Ansicht von **Fig. 2a** dargestellt. Es versteht sich, dass die Schicht **34** strukturell ähnlich in dem ersten Abscheider **14** und dem zweiten Abscheider **16** auftritt. Der erste Abscheider **14** kann zumindest Platin und optional Rhodium in der Schicht **34** enthalten. Der zweite Abscheider **16** kann zumindest Platin und Rhodium in der Schicht **34** enthalten. Ferner kann die Schicht **34** eine oder mehrere Schichten aufweisen, ohne dass hierdurch vom Wesen der Erfindung abgewichen wird.

[0033] Gemäß einer oder mehreren Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung besteht eine umfangreiche Wechselbeziehung zwischen den Mengen und der Anordnung der Platingruppenmetalle, den Temperaturen der Emissionen unter diversen Motorbedingungen, den Kapazitäten der NO_x -Speicherkomponenten und den Effekten der Sauerstoffspeicherkomponenten, welche in früheren Arbeiten nicht gewürdigt wurde. Umfangreiche Tests sind erforderlich, um die generelle Natur einer Antwortoberfläche (sog. "response surface") zu verstehen, die durch wenigstens diese vier Gruppen von Variablen gebildet wird.

[0034] Um Nutzen aus der von den vier Gruppen von Variablen gebildeten "response surface" zu ziehen, kann das Abgassystem so segmentiert werden, dass eine verbesserte Leistungsfähigkeit bei relativ geringen Temperaturen ermöglicht wird, indem bestimmte Ausführungsformen von Zusammensetzungen von einem der Blöcke, beispielsweise dem hinteren Block, verwendet werden, und indem bestimmte andere Zusammensetzungen eines der Blöcke, beispielsweise des vorderen Blockes, eine verbesserte Leistungsfähigkeit bei relativ hohen Temperaturen ermöglichen. Unter mageren Bedingungen ist Platin sehr effizient hinsichtlich der Oxidation von NO zu NO_2 . Das Stickstoffdioxid reagiert dann mit der NO_x -Speicherkomponente Bariumcarbonat zur Bildung von Bariumnitrit und Kohlendioxid. Platin kann auch die Nitratersetzung fördern, so dass ein relativ niedriger Pt-Gehalt im vorderen Block die Zersetzung minimiert, was für das NO_x -Speicherverhalten bei hohen Temperaturen günstig ist. Möglicherweise tritt die NO_x -Speicherkomponente in die Sättigung ein. Wenn eine Annäherung an die NO_x -Kapazität der NO_x -Speicherkomponente stattfindet, muss das Luft-Kraftstoff-Verhältnis periodisch für einige Sekunden auf einen fetten Zustand eingestellt werden, um eine Reinigung vorzunehmen und die gespeicherte NO_x -Menge der NO_x -Speicherkomponente zu reduzieren. Die Reinigung stellt die NO_x -Speicherkapazität des Speicherkatalysators wieder her.

[0035] Unter fetten Bedingungen zersetzt Wasserstoff das Bariumnitrat zu Bariumoxid und Stickstoffdioxid. Das Stickstoffdioxid reagiert mit Reduktionsmitteln im Abgas **20**, welche Wasserstoff, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe beinhalten können. Platin und Rhodium katalysieren die Reaktion von NO_2 und den Reduktionsmitteln zu Stickstoff, Wasser und Kohlendioxid. Rhodium ist bei dieser Reaktion effektiver bei niedrigen Temperaturen.

[0036] Eine Auslegung des ersten Katalysatorabscheiders **14** mit relativ niedrigen Mengen von Platin, sehr niedrigen oder keinen Mengen von Rhodium und sehr niedrigen Mengen von Cer-Sauerstoffspeicherkomponenten liefert einen vorteilhaften Katalysator für die Hochtemperaturbeseitigung von NO_x . Allerdings ist eine solche Zusammensetzung bei relativ niedrigen Temperaturen von 200°C bis 350°C nicht besonders effektiv.

[0037] Ein Kombinieren des ersten Abscheiders **14** mit einem zweiten Abscheider **16**, welche eine Zusammensetzung mit relativ höherem Anteil von Platin, Rhodium und Cer und einem größeren Rhodium-zu-Platin-Verhältnis aufweist, liefert eine bessere NO_x -Beseitigung bei niedrigen Temperaturen. Aufgrund der relativ hohen Platinbeladung speichert der zweite Abscheider **16** NO_x als Nitrate bei relativ niedrigen Temperaturen. Wenn der Abscheider unter fetten Bedingungen des Abgases **20** gereinigt wird, gibt das Barium das Stickstoffdioxid in den reduzierenden Gasstrom frei. Die Mischung von NO_2 und Reduktionsmitteln wird durch die relativ benachbarten Rhodiumplätze unmittelbar zu Stickstoff, Wasserstoff und Kohlendioxid katalysiert. Bei

hohen Temperaturen katalysieren sowohl das Platin als auch das Rhodium in dem zweiten Abscheider **16** die Reduktion von NO_x zu Stickstoff.

[0038] NO_x -Speicherkatalysatoren können eine relativ hohe NO_x -Umwandlung liefern, wenn der Verbrennungsmotor mit einem Steuerungsschema hinsichtlich des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses betrieben wird, welches ausgedehnte Perioden mit magerem Betrieb unter periodischen fetten Reinigungsvorgängen umfasst. Das Katalysatorsystem kann jedoch eine ausgeprägte Drei-Wege-Umwandlung liefern, wenn das Luft-Kraftstoff-Verhältnis nahe dem stöchiometrischen Zustand, beispielsweise während des Hochlastbetriebes, gesteuert wird. Wenn Katalysatoren mit fester Kopplung geringe Mengen an Sauerstoffspeicherkomponenten (OSC) enthalten, schränkt dies die Fähigkeit dieser Katalysatoren ein, Kohlenmonoxid und NO_x unter stöchiometrischen Bedingungen umzuwandeln. Daher muss, sofern nicht stromabwärts des NO_x -Speicherkatalysators ein Cer-haltiger Drei-Wege-Katalysator vorgesehen ist, der NO_x -Speicherkatalysator selbst etwas OSC enthalten, um eine hohe Kohlenmonoxid- und NO_x -Umwandlung unter den oszillierenden Luft-Kraftstoff-Zuständen eines Steuerungssystems mit starrer Kopplung bereitzustellen. Es wurde beobachtet, dass das Vorhandensein von Cer in dem NO_x -Speicherkatalysator neben der Verbesserung des stöchiometrischen Verhaltens des Speicherkatalysators andere Vorteile hat. Das Cer kann die Schwefeltoleranz in dem Speicherkatalysator verbessern, indem es einen Teil des Schwefels adsorbiert und verhindert, dass dieser Schwefelanteil die NO_x -Speicherplätze kontaminiert. Das Cer verbessert auch die Entschwefelungscharakteristik des Speicherkatalysators. Zusätzlich kann das Vorhandensein von Cer die NO_x -Speicherkapazität bei niedrigen Temperaturen verbessern, da Cer dazu in der Lage ist, eine gewisse NO_x -Speicherkapazität bei relativ geringen Temperaturen (z. B. 300°C) bereitzustellen. Schließlich kann das Cer günstig für die thermische Belastbarkeit des Speicherkatalysators sein, da Cer dafür bekannt ist, die Dispersion von Edelmetallen zu stabilisieren.

[0039] Allerdings kann das Vorhandensein von Cer in dem Speicherkatalysator auch für einige unerwünschte Effekte verantwortlich sein. Cer in dem Speicherkatalysator erfordert zusätzliche Reduktionsmittel (d. h. HC , CO , H_2) zum Reinigen des NO_x -Speicherkatalysators, wodurch der mit den Reinigungsvorgängen einhergehende Kraftstoffverbrauch erhöht wird. Ein zweiter unerwünschter Effekt besteht darin, dass die durch das Cer bereitgestellte Sauerstoffspeicherkomponente dazu führen kann, dass ein Teil des gespeicherten NO_x aus dem Speicherkatalysator während der Reinigungsvorgänge freigesetzt wird, ohne dass er zu Stickstoff reduziert wird. Eine NO_x -Freisetzung tritt besonders bei Temperaturen von 350°C und darüber auf. Eine Hauptursache dieser NO_x -Freisetzung wird der exothermen Reaktion zugeschrieben, die aus der Reaktion zwischen den Reduktionsmitteln im Abgas und dem Sauerstoff von Cer während des Übergangs vom mageren Betrieb zu fetten Betriebsbedingungen resultiert.

[0040] Ein optionale Steuerungsstrategie zur Ausnutzung der Vorteile des Cer und zur Vermeidung der Nachteile beinhaltet eine Aufteilung des Cer zwischen dem ersten Abscheider **14** und dem zweiten Abscheider **16**. In bestimmten Ausführungsformen der Erfindung kann Cer in dem ersten Abscheider **14** in einem Bereich von 0 bis 60 Mikromol an Sauerstoff pro Gramm des Katalysators bei 500°C im frischen Zustand vorhanden sein. Das Cer in dem zweiten Abscheider **16** kann in einem Bereich von 30 bis 90 Mikromol an Sauerstoff pro Gramm des Katalysators bei 500°C im frischen Zustand betragen. Ein Vorhandensein einer OSC in der Zusammensetzung führt zu einer exothermen Reaktion und bewirkt eine NO_x -Freisetzung bei hohen Temperaturen. Hierdurch wird jedoch auch die NO_x -Reduzierung und Reinigungsfähigkeit bei niedrigen Temperaturen erhöht, indem eine zusätzliche Quelle zum Aufheizen der Blöcke unter Niedrigtemperaturbedingungen bereitgestellt wird. Es ist günstig, eine höhere OSC-Konzentration in dem zweiten Abscheider **16** zu haben, welcher den Hauptanteil der NO_x -Beseitigung bei niedrigen Temperaturen bewirkt. Es ist jedoch auch günstig, einen niedrigeren OSC-Anteil in dem vorderen Abscheider **14** zu haben, welcher einen Hauptanteil der NO_x -Beseitigung bei hohen Temperaturen bewirkt, um die oben beschriebenen unerwünschten Effekte zu vermeiden.

[0041] In ähnlicher Weise ist eine Aufteilung des Rhodiums vorteilhaft, um die gewünschte Gesamt- NO_x -Umwandlungseffizienz zu erzielen, während eine geringere Gesamtmenge an PGMs verwendet wird. Wie aus den untenstehenden Beispielen ersichtlich wird, führt eine Reduzierung der Menge an Rhodium in dem stromaufwärtigen Abscheider **14** nicht zu einer wesentlichen Abnahme der gesamten NO_x -Umwandlungseffizienz des ersten Abscheiders, insbesondere bei einer vergleichsweise höheren Eintrittstemperatur des Abgases. Eine Hinzufügung der äquivalenten Menge oder einer geringeren Menge an Rhodium zu dem hinteren Block verbessert jedoch wesentlich die gesamte NO_x -Umwandlungseffizienz des hinteren Blockes, insbesondere bei vergleichsweise geringen Temperaturen und fetten Reinigungsbedingungen. Diese höhere NO_x -Umwandlung bei niedrigeren Temperaturen hilft dabei, den zweiten Block zu reinigen, so dass eine hohe NO_x -Speichereffizienz während magerer Bedingungen erreicht wird.

[0042] Eine Aufteilung des Platingehalts zwischen den Blöcken hat zusätzliche Vorteile. Eine relativ niedrige Pt-Beladung im vorderen Block minimiert die Nitratersetzung bei hohen Temperaturen im mageren Betrieb. Beispielsweise kann der erste Abscheider **14** als Ergebnis bestimmter Ausführungsformen eine höhere Gesamt- NO_x -Umwandlung als der zweite Abscheider **16** aufweisen, da er eine geringere Nitratersetzung während magerer NO_x -Speicherperioden und eine geringere NO_x -Freisetzung während fetter Reinigungsperioden aufweist.

[0043] Die gesamte Menge an PGMs auf dem ersten Abscheider **14** kann unabhängig ausgewählt werden aus den Mengen größer als 15 g/ft³ bzw. 0.53 g/l, 20 g/ft³ bzw. 0.71 g/l, 25 g/ft³ bzw. 0.88 g/l, 30 g/ft³ bzw. 1.06 g/l und 40 g/ft³ bzw. 1.41 g/l bis zu weniger als 100 g/ft³ bzw. 3.53 g/l, 75 g/ft³ bzw. 2.65 g/l, 60 g/ft³ bzw. 2.12 g/l, 50 g/ft³ bzw. 1.77 g/l und 40 g/ft³ bzw. 1.41 g/l an Platingruppenmetallen. Das Verhältnis des Gewichtsanteils von Platin zu Rhodium im ersten Abscheider **14** kann unabhängig gewählt werden aus 50% Platin zu 50% Rhodium, 60% Platin zu 40% Rhodium, 70% Platin zu 30% Rhodium, 80% Platin zu 20% Rhodium, 90% Platin zu 10% Rhodium und 100% Platin zu 0% Rhodium. Es versteht sich ferner, dass andere PGMs, beispielsweise Palladium, ebenfalls in der Zusammensetzung vorhanden sein können, jedoch zum Zwecke der Beschreibung von bestimmten Ausführungsformen dieser Erfindung weder in dem angegebenen Gesamt-PGM-Gehalt noch in dem Verhältnis von Platin zu Rhodium angegeben sind.

[0044] Wenn Rhodium von dem ersten Abscheider **14** zum zweiten Abscheider **16** übergeht, kann der zweite Abscheider **16** nunmehr als Hauptreaktionsplatz für die gesamte Umwandlung von NO_x zu Stickstoffgas fungieren, wenn die Temperatur des Abgases im Bereich von 250°C bis 350°C liegt. Der PGM-Gehalt des zweiten Abscheiders **16** kann unabhängig ausgewählt werden von größer als 20 g/ft³ bzw. 0.71 g/l, 25 g/ft³ bzw. 0.88 g/l, 30 g/ft³ bzw. 1.06 g/l und 40 g/ft³ bzw. 1.41 g/l bis zu weniger als 150 g/ft³ bzw. 5.30 g/l, 100 g/ft³ bzw. 3.53 g/l, 75 g/ft³ bzw. 2.65 g/l, 60 g/ft³ bzw. 2.12 g/l, 50 g/ft³ bzw. 1.77 g/l und 40 g/ft³ bzw. 1.41 g/l. Das Verhältnis von Platin zu Rhodium in dem gesamten PGM-Gehalt kann ausgewählt werden aus 50% Platin zu 50% Rhodium, 60% Platin zu 40% Rhodium, 70% Platin zu 30% Rhodium, 80% Platin zu 20% Rhodium oder 90% Platin zu 10% Rhodium. Es versteht sich, dass wie in dem ersten Abscheider **14** andere PGMs in dem zweiten Abscheider im Rahmen der vorliegenden Erfindung vorhanden sein können. Diese anderen PGMs wie z. B. Palladium werden nicht im Platingruppengehalt oder dem Verhältnis von Platin zu Rhodium berücksichtigt.

[0045] Das Verhältnis der Menge an Rhodium im ersten Abscheider zur Menge an Rhodium im zweiten Abscheider kann unabhängig gewählt werden aus dem Bereich von 0.0, 0.1, 0.15 oder 0.2 bis 0.25, 0.3, 0.4 oder 0.5. Das Verhältnis der Menge an Platin auf dem ersten Abscheider zu der Menge an Platin auf dem zweiten Abscheider kann unabhängig gewählt werden aus dem Bereich von 0.1, 0.16, 0.2 oder 0.3 bis 0.35, 0.4, 0.5, 1.0, 1.2 oder weniger als 2.0, wobei der Vergleich wie vorstehend auf Basis des gleichen Substratvolumens erfolgt.

[0046] Es versteht sich ferner, dass, auch wenn zwei NO_x -Speicherkatalysatoren in **Fig. 2** dargestellt sind, im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Mehrzahl von NO_x -Speicherkatalysatoren entweder aufeinander folgend oder zugleich aufeinander folgend und parallel verwendet werden können. Ferner können der erste Abscheider und der zweite Abscheider auf einem einzigen Katalysatorblock unterteilt sein.

[0047] Gemäß **Fig. 2a** kann ein Träger **32** für eine Platingruppenmetallschicht **34** ein einziges Material sein und in Form von einer oder mehreren Washcoat-Schichten aufgebracht sein. Es versteht sich, dass der Träger **32** im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Verbundstoff aus einem Basisträger und einem Washcoat oder ein anderes Substrat sein kann. Die Kombination eines Substrats und eines Washcoats wird als trägerunterstützter Katalysator beschrieben. Nicht einschränkende Beispiele des Trägers **32** beinhalten Kordierit, Mullit, rostfreien Stahl, Aluminiumtitanat und andere im Stand der Technik bekannte, normalerweise thermisch stabile Materialien. Ferner kann der Washcoat auf dem Träger **32** in einer oder mehreren Schichten aufgebracht werden. Beispielsweise kann eine Schicht Rhodium enthalten und von einer Schicht, welche Platin oder Palladium enthält, getrennt sein.

[0048] Während **Fig. 2a** bestimmte Ausführungsformen des Stickoxid-Speicherkatalysator-Systems **12** zeigt, bei denen die Abscheider gleiche Volumina haben, versteht es sich, dass die Volumina der Abscheider unabhängig als zusätzliche Variable in der Wechselbeziehung des Stickoxid-Speicherkatalysator-Systems variiert werden können. Nicht einschränkende Beispiele für ein Verhältnis zwischen den Volumina des ersten Abscheiders und des zweiten Abscheiders können 3:1, 2:1, 1.5:1, 1:1.5, 1:2 oder 1:3 sein.

[0049] Unter Bezugnahme nunmehr auf **Fig. 3** weist der Graph der NO_x -Speicherkapazität in Funktion der Eintrittstemperatur des Abgases **20** ein theoretisches Maximum der NO_x -Speicherkapazität der durch die Kurve

40 dargestellten Speicherkapazität auf, wenn NO_2 als Speisegas nach Reinigung bei hohen Temperaturen gemäß bestimmten Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet wird. Die negative Steigung der Kurve **40** weist darauf hin, dass die NO_x -Speicherkapazität abnimmt, wenn die Temperatur des Abgases **20** ansteigt.

[0050] Die effektive Speicherkapazität NO_x des NO_x -Speicherkatalysators mit PGM-Zoneneinteilung gemäß bestimmter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung ist in der Kurve **42** für die tatsächliche NO_x -Speicherkapazität bei Verwendung von NO als Speisegas dargestellt. Bei Reinigung unter relativ niedrigen Temperaturen ist die Reinigungsrate gering. Der Speicherkatalysator wird während der fetten Reinigungsperiode nicht vollständig gereinigt. Daher kann während der nächsten mageren Speicherperiode eine geringere NO_x -Menge physikalisch gespeichert werden. Außerdem wird NO nicht so schnell zu NO_2 oxidiert. Infolgedessen führt die Verwendung von NO als Speisegas zu einer verringerten NO_x -Speicherung. Bei Temperaturen im Bereich von 400°C bis etwa 550°C zeigen die Daten in Kurve **42**, dass sich die NO_x -Speicherkapazität in etwa der Kurve **40** für die theoretische Speicherkapazität annähert. Wenn auch bestimmte Ausführungsformen und nicht beschränkende Beispiele Diskussionen von Umwandlungen oder Speicherreaktionen während magerer oder fetter Bedingungen beinhalten, versteht es sich, dass die gesamte NO_x -Beseitigung während magerer oder fetter Perioden ein Gesamtziel ist. Die im Weiteren beschriebenen Beispiele können Segmente der Leistungsfähigkeit oder isolierte Effekte der Wechselwirkung zwischen Variablen darstellen, die zur gesamten NO_x -Beseitigung in der Emission beitragen.

[0051] Fig. 4 zeigt ein nicht einschränkendes Beispiel einer NO_x -Testvorrichtung, insbesondere einen 60/5- NO_x -Umwandlungstest zur Auswertung von Komponenten des NO_x -Speicherkatalysator-Systems **12** mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung.

[0052] Die Testvorrichtung kann aus wenigstens fünf Quellen von relativ reinem Gas oder Mischungen hiervon gespeist werden: einem Stickstoffmonoxid-Testgas **82**, einem Stickstoffdioxid-Testgas **84**, einem Kohlendioxid-Testgas **86**, einer Wasserquelle **88** und einem Stickstoff-Testgas **90**. Die fünf Testgase **82**, **84**, **86**, **88** und **90** werden einem Verteiler **92** zum Mischen der Gase zugeführt. Es versteht sich, dass die Quellen der Testgase in anderen Testprotokollen variieren können. Beispiele sind die Verwendung von Mischungen und verunreinigten Gasen wie beispielsweise NO oder NO_2 , welche als 2% Mischungen in N_2 oder 25% H_2 und 75% CO zugeführt werden. Zusätzliche Gase zum Einstellen bestimmter Luft-Kraftstoff-Verhältnisse und Feuchtigkeitsbedingungen werden durch drei Quellen bereitgestellt: ein Kohlenmonoxid-Wasserstoff-Testgas **94** mit einem 3:1 Volumenverhältnis und einer 100% Sauerstoffquelle **98**. Das Wasser der Quelle **88** ist eine Flüssigkeit, welche der Testvorrichtung zugeführt und in dieser verdunsten kann. Das CO-H_2 -Testgas **94** und das Sauerstoff-Testgas **98** werden dem System durch Öffnen eines Schalters **100**, beispielsweise eines elektronisch gesteuerten Solenoidventils, zugeführt. Der Schalter **100** ermöglicht ein Schalten zwischen mageren und fetten Bedingungen. Ein Zeitmesser **104** steuert den Schalter **100**. Die Gase **94** und **98** werden dem System über eine Leitung **108** zugeführt. Die Strömung der Gase **82**, **84**, **86**, **88**, **90**, **94** und **98**, welche gemeinsam als Speisegase bezeichnet werden, verläuft durch eine zweite Leitung **106** zu einem Ventil **110** in eine Leitung **112**, welche zu einem Reaktor **114** führt, der in einem Ofen **116** untergebracht ist. Das Ventil **110** kann dazu verwendet werden, die Speisegase um den Reaktor **114** herum zu leiten, um eine Messung der Speisegaskonzentrationen zu erlauben. Die Temperatur des Ofens wird durch ein Thermoelement **118** überwacht. Der Ofen definiert einen Hohlraum **120**, in welchem eine Probe **122** gemäß bestimmter Ausführungsformen der Komponente des Stickoxidspeicherkatalysator-Systems **12** mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung angeordnet ist.

[0053] Das aus dem Reaktor **114** mit etwa 2.5 l/min austretende Gas wird in einer Verdünnungsleitung **130** mit etwa 22.5 l/min Stickstoff aus einem Verdünnungsstickstoffgas **132** gemischt, um die Wasserkonzentration von 10% auf 1% zu verringern, um eine Kondensation in nicht erwärmten Bereichen der Leitung oder in einem Analysator **136** zu vermeiden. Der Verdünnungsprozess liefert auch eine ausreichende Gasströmung für sämtliche Systeme des Analysators **136**.

[0054] Zur Kalibrierung der Testvorrichtung werden entweder unverdünnte Span-Gase oder mit N_2 verdünnte Span-Gase in unterschiedlichen Verhältnissen zur Erzeugung unterschiedlicher Konzentrationen zugeführt. Die Span-Gase **124** werden in den Analysator **136** geleitet. Das Ventil **126** führt die Gase entweder zu dem Analysator **136** oder zu einem Ventil **128**. Es versteht sich, dass das Ausmaß der Verdünnung innerhalb des Umfangs der vorliegenden Erfindung variieren kann. Eine Analysatoreinlassleitung **134** leitet die Gase **82**, **84**, **86**, **88**, **90**, **94** und **98** nach Reaktion mit der Probe **122** und Verdünnung zu einem Analysator **136**. Der Analysator **136** liefert wenigstens ein Signal an ein Datenerfassungssystem **138**.

[0055] Nicht einschränkende Beispiele der Span-Gase **124** können Stickstoffmonoxid zu 50 ppm, Kohlenmonoxid zu 5% und Kohlendioxid zu 10% beinhalten.

[0056] Unter Bezugnahme nunmehr auf **Fig. 5** ist die mittlere NO_x -Umwandlungseffizienz einer Testprobe in % als Funktion der Eintrittstemperatur in einer Kurve dargestellt. Die Kurve beinhaltet Daten von einem fetten Zustand plus eines mageren Zustandes, wie in den untenstehenden Experimenten beschrieben ist. Ein Test für die gesamte NO_x -Umwandlung, welcher als 60/5-Test bezeichnet und in **Fig. 5** dargestellt ist, beinhaltet einen Zyklus, welcher für 60 Sekunden in dem Zustand mit magerem Luft-Kraftstoff-Verhältnis ("magere Periode") und 5 Sekunden in dem Zustand mit fettem Luft-Kraftstoff-Verhältnis ("fette Periode") verbleibt. Die Eintrittsgaskonzentrationen in diesem Test sind wie folgt: Stickstoffmonoxid zu 500 Volumen-ppm, Kohlendioxid zu 10 Volumenprozent, Wasserdampf zu 10 Volumenprozent, Sauerstoff zu 5 Volumenprozent bei Verwendung magerer Bedingungen und Kohlenmonoxid zu 5 Volumenprozent und Wasserstoff zu 1.7 Volumenprozent bei Verwendung fetter Bedingungen.

[0057] Es versteht sich, dass innerhalb des Umfanges der vorliegenden Erfindung die Zeitdauer der mageren Periode und die Zeitdauer der fetten Periode variieren können. Beispiele der Zeitdauer des mageren Zustandes können unabhängig ausgewählt werden aus Zeitdauern von mehr als 5 Sekunden, 30 Sekunden, 45 Sekunden, 60 Sekunden, 75 Sekunden und 100 Sekunden bis zu weniger als 1000 Sekunden, 200 Sekunden, 150 Sekunden und 120 Sekunden. Beispiele für die Länge der Zeitdauer des fetten Zustandes können unabhängig ausgewählt werden aus mehr als 0.5 Sekunden, 1 Sekunde, 3 Sekunden, 5 Sekunden, 7 Sekunden, 10 Sekunden, 30 Sekunden und weniger als 300 Sekunden bis weniger als 500 Sekunden, 50 Sekunden, 40 Sekunden, 30 Sekunden und 20 Sekunden. Es versteht sich, dass diese Einstellungen so angepasst werden können, dass unterschiedlichen Parametern wie der Umwandlungseffizienz oder der Speicherkapazität Rechnung getragen wird.

[0058] Die NO_x -Speicherkatalysator-Komponenten mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung (erster Abscheider **14** und zweiter Abscheider **16** in **Fig. 2**) sind in diesem Experiment frisch und nicht gealtert. Eine Raumgeschwindigkeit des durch die dargestellten Ausführungsformen strömenden Abgases **20** beträgt 25000 pro Stunde. Es versteht sich, dass die Raumgeschwindigkeit gemäß der dargestellten Ausführungsbeispiele innerhalb des Umfangs der Erfindung variieren kann. Beispiele von Raumgeschwindigkeiten können unabhängig gewählt werden aus einem Bereich von 5000/h, 10000/h, 20000/h, 30000/h, 40000/h, 50000/h und weniger als 100000/h. Der PGM-Gehalt von jeder dieser Komponenten in diesem nicht einschränkenden Beispiel ist 28.3 g/ft³ bzw. 1.00 g/l.

[0059] Eine Kurve **50** in **Fig. 5** stellt die mittlere NO_x -Umwandlungseffizienz der NO_x -Speicherkatalysator-Komponente mit 83.5 Gewichtsprozent Platin und 16.5 Rhodium sowie der gesamten PGM-Beladung von 28.5 g/ft³ bzw. 1.01 g/l dar. Diese Kurve weist auf die vergleichsweise geringere Umwandlungseffizienz im Niedrigtemperaturbereich **56** zwischen 200°C und 300°C bei vergleichsweise niedrigem Rhodiumgehalt hin.

[0060] Eine Kurve **52** stellt die mittlere NO_x -Umwandlungseffizienz einer NO_x -Speicherkatalysator-Komponente mit 50 Gewichtsprozenten Platin und 50% Rhodium dar. Die gesamte PGM-Beladung beträgt ebenfalls 28.5 g/ft³ bzw. 1.01 g/l. Diese Kurve verdeutlicht die wesentlich verbesserte Effizienz bei der Dekontaminierung im Bereich **56** relativ niedriger Temperaturen von 200°C bis 300°C gegenüber der rhodiumarmen Probe von Kurve **50**. Diese Kurve **52** zeigt auch an, dass der Rhodiumgehalt nahezu keinen Effekt im Bereich **60** höherer Temperaturen zwischen 400°C und 600°C hat, da diese Kurve praktisch mit der Kurve **50**, für welche ein geringerer Rhodiumgehalt vorliegt, übereinstimmt.

[0061] Eine Kurve **54** illustriert einen NO_x -Speicherkatalysator mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung, welcher den ersten Abscheider **14** mit 100% Platin und den zweiten Abscheider **16** mit 50 Gewichtsprozenten Platin und 50% Rhodium aufweist. Die PGM-Beladung auf dem vorderen NO_x -Speicherkatalysator (LNT) betrug 23.8 g/ft³ bzw. 0.84 g/l (nur Pt). Die Beladung auf dem hinteren LNT betrug 28.5 g/ft³ bzw. 1.01 g/l (Pt und Rh). Der unerwartete Unterschied zwischen der Effizienz dieser Probe und den anderen beiden Beispielen wird durch einen Abstand **58** zwischen der Linie **54** und der Linie **50** im Bereich **56** relativ niedriger Temperaturen und einen Abstand **62** zwischen der Linie **54** und einer der Linien **50** oder **52** in einem Bereich **60** relativ hoher Temperaturen verdeutlicht.

[0062] Diese Figur demonstriert, dass bestimmte Ausführungsformen eines Stickoxidspeicherkatalysator-Systems **12** mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung das Prozessfenster der NO_x -Beseitigung in Funktion der Temperatur verbreitern, wobei nicht einschränkende Grenzen hiervon die Abstände **58** und **62** sind.

[0063] Gemäß **Fig. 6** illustriert eine zweite Datenkurve für eine frische Komponente eines Stickoxidspeicher-katalysator-Systems **12** die Menge an NO_x , die mittels des 60/5- NO_x -Umwandlungseffizienz-Tests in dem Analysator **136** gemessen wurde, wobei Proben mit Platin- und Rhodiumkonzentrationen gemäß Auflistung in Tabelle **142** verwendet wurden. Die Eintrittstemperatur bei diesem Experiment betrug 450°C , und die Raumgeschwindigkeit betrug 25000 pro Stunde.

[0064] Zwischen Null und etwa 450 Sekunden ist eine Kurve für die Menge an Emissionen der Komponenten dargestellt. Die Probe weist einen gesamten PGM-Gehalt aus Platin und Rhodium von 28.5 g/ft^3 bzw. 1.01 g/l mit einem Verhältnis von Platin zu Rhodium von 83.5 Gewichtsprozent Platin und 16.5 Gewichtsprozent Rhodium auf. Die beobachteten Spitzen- NO_x -Emissionen während der Reinigungszeit betrugen etwa 620 ppm, wie beispielhaft durch den Peak **144** verdeutlicht ist. Die gesamte NO_x -Umwandlung gemäß Mittelung über magere und fette Perioden betrug 87%.

[0065] Im Bereich zwischen 450 Sekunden und 900 Sekunden ist die Kurve für die Menge an Emissionen für die Komponente mit einem gesamten PGM-Gehalt aus Platin und Rhodium von 28.5 g/ft^3 bzw. 1.01 g/l mit dem Verhältnis von Platin zu Rhodium von 50 Gewichtsprozent Platin und 50 Gewichtsprozent Rhodium dargestellt. Der beobachtete Peak für die NO_x -Emissionen während der Reinigungsvorgänge liegt bei etwa 740 ppm, wie zur Erläuterung an einem Peak **146** gezeigt ist. Die gesamte NO_x -Umwandlung bei Mittelung über magere und fette Perioden beträgt 85%.

[0066] Im Bereich zwischen 900 Sekunden und 1450 Sekunden ist der Graph für die Menge an Emissionen für die Komponente mit einem gesamten PGM-Gehalt bei ausschließlichem Gehalt von Platin von 23.8 g/ft^3 bzw. 0.84 g/l bei einem Verhältnis von Platin zu Rhodium von 100 Gewichtsprozent Platin dargestellt. Dies ist die gleiche Menge an Platin wie bei der ersten Komponentenprobe in diesem Test. Der beobachtete Peak für die NO_x -Emissionen während Reinigungsvorgängen liegt bei etwa 75 ppm, wie erläuternd an einem Peak **148** gezeigt ist. Die gesamte NO_x -Umwandlung gemäß Mittelung über magere und fette Perioden beträgt 95%.

[0067] Eine NO_x -Speicherkapazität für jede jeweilige Probe bei relativ hoher Temperatur von 450°C ist in den Bereichen **150**, **152** und **154** dargestellt. In diesem nicht einschränkenden Beispiel ist die NO_x -Speicherkapazität sehr hoch, wie durch die Differenz zwischen der Null-Basislinie und der relativen Basislinien für die Graphen des gemessenen NO_x verdeutlicht wird. Wenn die NO_x -Speicherkapazität niedrig gewesen wäre, würden die Emissionen ähnlich dem Niveau bei 500 ppm NO -Speisegas liegen. Die ersten beiden Katalysatoren in dieser Figur speichern im Wesentlichen das gesamte NO_x während magerer Perioden. Während fatter Perioden setzen sie einen Teil des NO_x frei, so dass die gesamte Effizienz bei Mitte **80** liegt. Der dritte, nur Platin enthaltene Katalysator weist eine etwas geringere Fähigkeit zur Speicherung von NO_x im Vergleich zu den anderen beiden auf. Allerdings weist er eine wesentlich geringere NO_x -Freisetzung bei Reinigung unter hohen Temperaturen aufgrund seiner geringeren Sauerstoffspeicherkapazität auf, was aus der Abwesenheit von Rhodium resultiert. Infolgedessen liefert er im Mittel eine bessere Umwandlung.

[0068] Unter Bezugnahme auf **Fig. 7** ist eine Datenkurve von Sekunde zu Sekunde für eine frische Komponente eines NO_x -Speicherkatalysator-Systems **12** dargestellt. Die Menge von NO_x , die in dem Analysator **136** gemessen wird, ist für die Proben dargestellt, deren Platin- und Rhodiumkonzentrationen in der in der Kopfzeile angegebenen Tabelle **158** wiedergegeben sind. Die Eintrittstemperatur bei diesem Experiment war die relativ niedrige Temperatur von 250°C , und die Raumgeschwindigkeit betrug 25000 pro Stunde.

[0069] Für den Bereich zwischen 500 und etwa 950 Sekunden ist die Kurve für die Menge an Emissionen der Komponente für die Komponente mit einem gesamten PGM-Gehalt an Platin und Rhodium von 28.5 g/ft^3 bzw. 1.01 g/l mit dem Verhältnis von Platin zu Rhodium von 83.5 Gewichtsprozent Platin und 16.5 Gewichtsprozent Rhodium dargestellt. Der beobachtete Peak für die NO_x -Emissionen während dieser Reinigungszeit beträgt etwa 2000 ppm, wie erläuternd an einem Peak **162** verdeutlicht ist.

[0070] Für den Bereich zwischen 950 Sekunden und 1400 Sekunden ist die Kurve für die Menge an Emissionen der Komponente mit einem gesamten PGM-Gehalt an Platin und Rhodium von 28.5 g/ft^3 bzw. 1.01 g/l mit einem Verhältnis von Platin zu Rhodium von 50 Gewichtsprozent Platin und 50 Gewichtsprozent Rhodium dargestellt. Der beobachtete Peak für die NO_x -Emissionen während der Reinigung liegt bei etwa 1250 ppm, wie erläuternd an einem Peak **164** dargestellt ist.

[0071] Eine NO_x -Speicherkapazität bei der relativ niedrigen Temperatur von 250°C ist in den Bereichen **166** und **168** dargestellt. In dieser nicht einschränkenden Kurve ist die NO_x -Speicherkapazität relativ geringer als diejenige der ähnlichen Komponenten bei 450°C , wie durch die relative Differenz in der NO_x -Konzentration

nach dem Katalysator zwischen der Null-Basislinie und den relativen Basislinien der Graphen für das gemessene NO_x in den Bereichen **150** und **152** von **Fig. 6** relativ zu den Bereichen **166** und **168** von **Fig. 7** veranschaulicht wird.

[0072] Der Abscheider mit höherem Rhodiumgehalt weist während fetter Perioden eine höhere NO_x -Beseitigung auf. Dies führt zu einer vollständigeren Reinigung des Abscheiders. Eine vollständigeren Reinigung führt zu einer besseren NO_x -Speichereffizienz während nachfolgender magerer Perioden, wie durch einen Vergleich zwischen Bereich **168** und Bereich **166** veranschaulicht wird.

[0073] Unter Bezugnahme auf **Fig. 8** ist eine Ausführungsform eines Verfahrens zur Verwendung des NO_x -Speicherkatalysator-Systems **12** mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung veranschaulicht. In einem Schritt **180** wird ein NO_x -haltiges Abgas unter mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnissen einem Abgassystem wie dem Abgassystem **6** zugeführt, wobei das NO_x -Speicherkatalysator-System mit umgekehrter PGM-Zoneneinteilung wie beispielsweise das Speicherkatalysator-System **12** in einem Temperaturbereich von 200°C bis 600°C gespeist wird. Wenn ein Abgas, z. B. das Abgas **20**, in das NO_x -Speicherkatalysator-System mit PGM-Zoneneinteilung im Schritt **182** eintritt, wird ein stromaufwärtiger NO_x -Speicherkatalysator wie beispielsweise der erste Abscheider **14** dem Abgas ausgesetzt. Das Abgas strömt in dem Abgassystem weiter, und in einem Schritt **184** wird ein stromabwärtiger NO_x -Speicherkatalysator wie z. B. der zweite Abscheider **16** dem Abgas ausgesetzt. Das Ergebnis der Schritte **182** und **184** ist, dass nicht reagiertes NO_x auf den NO_x -Speicherkatalysatoren gespeichert wird. Wenn die NO_x -Speicherkatalysatoren in zunehmendem Maße mit gespeichertem NO_x gesättigt werden, löst ein Fahrzeugverbrennungsmotorcontroller eine Änderung der chemischen Zusammensetzung des Abgasstromes aus, wie durch die Änderung des fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnisses im Schritt **186** veranschaulicht ist. Es ist zu beachten, dass das fette Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Allgemeinen niedriger als 14.7 ist.

[0074] In Schritt **188**, während der Periode mit fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnissen, zersetzen sich die gespeicherten Nitrate zu NO_x und werden freigesetzt, so dass sie mit den Reduktionsmitteln im Abgas (CO , H_2 , Kohlenwasserstoffe) in der Nähe der Pt- und Rh-Plätze reagieren. Das NO_x wird dann in Schritt **190** katalysiert, so dass es das NO_x zu Stickstoffgas reduziert und hierdurch das Abgas beseitigt. Es ist zu beachten, dass bei diesem Verfahren bestimmte Ausführungsformen und bestimmte Temperaturbereiche beschrieben werden, wobei das Verfahren jedoch auch für andere Ausführungsformen und andere Temperaturbereiche effizient sein kann. Nicht einschränkende Beispiele der Temperaturbereiche reichen von Temperaturen, die unabhängig ausgewählt werden aus 200°C , mehr als 200°C , 225°C , 250°C , 275°C oder 300°C und 600°C , weniger als 600°C , 550°C , 500°C , 475°C , 450°C , 425°C oder 400°C .

Beispiel 1

[0075] Unter Verwendung des frischen NO_x -Speicherkatalysators mit 28.5 g/ft^3 bzw. 1.01 g/l Platin und Rhodium in dem gesamten PGM-Gehalt wird in der Vorrichtung von **Fig. 4** mit dem 60/5- NO_x -Umwandlungseffizienz-Test, bei dem während des Testzyklus auf eine magere Periode von 60 Sekunden mit mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnissen eine fette Periode von 5 Sekunden mit fetten Luft-Kraftstoff-Verhältnissen folgt und die Raumgeschwindigkeit $25000/\text{Stunde}$ beträgt, die NO_x -Umwandlung bei 250°C gemessen. Die Eintrittskonzentrationen der Gase waren wie folgt: Stickstoffmonoxid zu 500 Volumen-ppm, Kohlendioxid zu 10%, Wasserdampf zu 10%, Sauerstoff zu 5% unter magerer Bedingung, Kohlenmonoxid zu 5% plus Wasserstoff zu 1.7% bei fatter Bedingung. Die Strömungsrate betrug 2.5 l/min .

[0076] Die Probe mit 83.5 Gewichtsprozent Platin und 16.5 Gewichtsprozent Rhodium wandelt etwa 7% NO_x um. Die Probe mit 50 Gewichtsprozent Platin und 50 Gewichtsprozent Rhodium wandelt überraschenderweise 54% NO_x um. Dies kann demonstrieren, dass der Abscheider mit größerer Menge an Rhodium im Betrieb bei niedrigen Temperaturen sowohl von der besseren NO_x -Speichereffizienz als auch der besseren NO_x -Reduktionseffizienz nutzbringend profitiert.

Beispiel 2

[0077] Bei Verwendung des gleichen experimentellen Aufbaus wie in Beispiel 1 zeigt eine Datenanalyse von Sekunde zu Sekunde, dass die Probe mit 83.5 Gewichtsprozent Platin und 16.5 Gewichtsprozent Rhodium etwas NO_x speichert und dann den überwiegenden Teil des gespeicherten NO_x in einer kurzen Periode während der fetten Reinigung freigibt. Daher beträgt die gesamte NO_x -Umwandlungseffizienz nur 7%. Eine relativ große NO_x -Menge wird freigesetzt, ohne dass sie zu Stickstoff reduziert wird, da die Abgastemperatur zu niedrig ist, als dass Pt ein effizienter Katalysator wäre, und da der Rh-Gehalt zu niedrig ist. Die relativ schwache NO_x -Umwandlungseffizienz führt zu einer relativ schlechten Reinigung der Probe. Die schlechte Reinigung

führt zu einer relativ schwachen Speichereffizienz während magerer Perioden. Die schwache Speichereffizienz wird durch das Minimum der NO_x -Emission bei einem relativ hohen Wert von 250 ppm aufgrund der schlechten Reinigung der Probe veranschaulicht.

[0078] Die zweite Probe ermöglicht die Freisetzung von etwa 1200 ppm NO_x auf dieselbe Weise. Die gleiche Probe weist eine minimale NO_x -Emission von etwa 50 Volumen-ppm NO_x auf, was ein relativ kleinerer Wert ist als die 250 ppm NO_x -Emission, welche für den anderen Katalysator in dieser Probe beobachtet wurde. Daher wird, wie oben diskutiert, die zweite Probe mit dem relativ höheren Rhodiumgehalt vollständiger gereinigt.

Beispiel 3

[0079] Bei Verwendung des gleichen experimentellen Aufbaus wie in Beispiel 1 mit der Ausnahme, dass die Temperatur auf 450°C gesetzt wird, zeigt eine Datenanalyse von Sekunde zu Sekunde an, dass die Probe mit 83.5 Gewichtsprozent Platin und 16.5 Gewichtsprozent Rhodium nur etwa 610 Volumen-ppm NO_x als Peak-Emission während der reinigenden NO_x -Freisetzung erlaubt. Die zweite Probe, welche sich in Beispiel 2 so gut verhält, zeigt unter diesen Bedingungen kein so gutes Verhalten wie die erste Probe. Die zweite Probe ermöglicht während der Reinigung nur eine Emission von etwa 714 Volumen-ppm NO_x .

[0080] Die beiden Proben weisen Gesamt- NO_x -Umwandlungsraten auf, die relativ nahe beieinander liegen, 85% und 81%. Beide Proben besitzen gute Speichereffizienzen während der mageren Perioden, weisen jedoch eine hohe NO_x -Freisetzung bei Reinigung während fetter Perioden auf. Die Probe mit 50% Rh weist eine etwas höhere NO_x -Freisetzung während der Reinigung als die Probe mit 16% Rh infolge des höheren Niveaus an Rh auf, was die OSC fördert und somit die NO_x -Freisetzung bei Reinigung erhöht.

[0081] Der NO_x -Speicherkatalysator mit ausschließlich Platin weist in diesem Beispiel die relativ beste NO_x -Umwandlung bei hohen Temperaturen auf. Ohne Beschränkung auf irgendeine Theorie wird die relativ hohe NO_x -Umwandlungseffizienz des Speicherkatalysators mit ausschließlich Platin durch die relativ niedrige NO_x -Freisetzung bei Reinigung aufgrund des vergleichsweise geringeren OSC-Effekts angezeigt. Allerdings weist der Speicherkatalysator mit ausschließlich Platin eine relativ geringere NO_x -Speichereffizienz als die Pt/Rh-Proben während magerer Speicherperioden auf, wie in dem Bereich **154** veranschaulicht ist. Hinsichtlich der gesamten Umwandlung bei höheren Temperaturen weist der Katalysator mit ausschließlich Platin die beste Gesamtumwandlung in diesem Beispiel auf. Dies ist ein Resultat der guten NO_x -Speichereffizienz verbunden mit der relativ niedrigeren NO_x -Freisetzung bei Reinigung bei hoher Temperatur.

Beispiel 4

[0082] Zur Untersuchung der Grundursache für den Unterschied in der Leistungsfähigkeit zwischen den vorstehend beschriebenen frischen NO_x -Speicherkatalysatoren wurde eine Serie zusätzlicher Tests durchgeführt. Proben von NO_x -Speicherkatalysatoren entsprechend den obigen Beispielen wurden in einem Laboratoriumsalterungsprozess in einem Pulsflammenverbrennungsreaktor gealtert. Die Raumgeschwindigkeit im Reaktor betrug etwa 90000/Stunde. Stickstoff, Sauerstoff und Benzin mit Null ppm Schwefel wurden einem Pulsatorreaktor zugeführt, welcher den Abgasstrom dann einem Drei-Wege-Katalysator und dem NO_x -Speicherkatalysator zuführt. Der Drei-Wege-Katalysator ist stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators angeordnet und weist nur 50% der Länge der NO_x -Speicherkatalysator-Probe auf. Der Drei-Wege-Katalysator wird bei einer Temperatur von 850°C gealtert und erreicht eine maximale Temperatur seines Bettes bei 1000°C. Der NO_x -Speicherkatalysator wird bei 800°C gealtert und erreicht eine maximale Betttemperatur von 900°C. Dies wird als Systemalterung bei 800°C bezeichnet.

Beispiel 5

[0083] Eine weitere Ausführungsform eines Alterungsprozesses im Laboratorium findet auf Pulsflammenverbrennungsreaktoren statt. Die Raumgeschwindigkeit in diesen Reaktoren beträgt etwa 90000/Stunde. Stickstoff, Sauerstoff und Benzin mit 30 ppm Schwefel werden einem Pulsatorreaktor zugeführt, welcher den Abgasstrom zu einem Drei-Wege-Katalysator und dem NO_x -Speicherkatalysator leitet. Der Drei-Wege-Katalysator ist stromaufwärts des NO_x -Speicherkatalysators angeordnet und besitzt nur etwa 50% der Länge der NO_x -Speicherkatalysator-Probe. Der Drei-Wege-Katalysator erreicht eine maximale Temperatur seines Bettes von 1040°C. Der NO_x -Speicherkatalysator wird bei 650°C gealtert und erreicht eine maximale Betttemperatur von 680°C. Dies wird als Systemalterung bei 650°C bezeichnet.

Beispiel 6

[0084] Ein Maß für die NO_x -Kapazität ist der NS85-Wert, d. h. das gespeicherte NO_x , wenn die unmittelbare Speichereffizienz gleich 85% ist. Die NO_x -Speicherkapazität wird während eines Temperaturganges von 200°C bis 600°C in 50°C Schritten gemessen. Die Raumgeschwindigkeit beträgt 25000/Stunde. Die Auswertungen der NO_x -Kapazität werden entweder mittels eines 5/3 oder eines 10/3-Kapazitätstests gemäß nachfolgender Beschreibung durchgeführt. Diese Nomenklatur für die Kapazitätstests bedeutet, dass der magere Zyklus entweder 5 Minuten oder 10 Minuten dauert und der fette Zyklus 3 Minuten dauert.

[0085] Die Zusammensetzung des Eintrittsgases ist wie folgt:

Tabelle 1:

	Magere Bedingungen	Fette Bedingungen
Dauer	5 oder 10 Minuten	3 Minuten
Kohlendioxid	10 Volumenprozent	10 Volumenprozent
Wasserdampf	10 Volumenprozent	10 Volumenprozent
NO_x	500 Volumen-ppm	500 Volumen-ppm
Sauerstoff	5 Volumenprozent	
Kohlenmonoxid		1.2 Volumenprozent
Wasserstoff		0.4 Volumenprozent
Zusatzstickstoff		3.4 Volumenprozent
Bulk-Stickstoff	Gleichgewicht	Gleichgewicht

Beispiel 7

[0086] Ein Durchführen des 60/5-Testprotokolls bei einer Raumgeschwindigkeit von 10000/Stunde simuliert den Niedrigflussanteil des ECE-Anteils der ECE + EUDC-Testprozedur. Die NO_x -Umwandlung wird während eines Temperaturganges von 200°C bis 600°C in 50°C Schritten gemessen. Die Raumgeschwindigkeit beträgt 10000/Stunde. Die Auswertungen der NO_x -Umwandlungen werden durchgeführt.

[0087] Der magere Zyklus dauert 60 Sekunden und der fette Zyklus dauert 5 Sekunden wie nachfolgend beschrieben.

[0088] Die Zusammensetzung des Eintrittsgases ist wie folgt:

Tabelle 2:

	Magere Bedingungen	Fette Bedingungen
Dauer	60 Sekunden	5 Sekunden
Kohlendioxid	10 Volumenprozent	10 Volumenprozent
Wasserdampf	10 Volumenprozent	10 Volumenprozent
NO_x	500 Volumen-ppm	500 Volumen-ppm
Sauerstoff	5 Volumenprozent	
Kohlenmonoxid		12.5 Volumenprozent
Wasserstoff		4.3 Volumenprozent
Bulk-Stickstoff	Gleichgewicht	Gleichgewicht

[0089] Die Strömungsrate von Kohlenmonoxid und Wasserstoff bei einer Raumgeschwindigkeit von 10000/Stunde ist die gleiche wie bei einer Raumgeschwindigkeit von 25000/Stunde in Beispiel 1, um die Probe adäquat unter Niedrigströmungsbedingungen zu reinigen. Dies führt bei diesem Protokoll verglichen zu Beispiel 1 zu relativ höheren Konzentrationen an CO und H_2 .

[0090] Die gesamte Strömungsrate bei diesem Beispiel beträgt 1.0 l/min.

Beispiel 8

[0091] Unter Verwendung eines 10/3-Kapazitätstests gemäß der Beschreibung von Beispiel 6 mit zwei NO_x-Speicherkatalysatoren werden die gesamte NO_x-Kapazität und der NS85-Wert bei 250°C bis 300°C verglichen. Ein erster NO_x-Speicherkatalysator weist 1.0 g pro Liter Platin und Rhodium im Platingruppenmetallgehalt bei einem Verhältnis von 83.5 Gewichtsprozent Platin zu 16.5 Gewichtsprozent Rhodium auf und besitzt eine Bariumkomponente in der Schicht **34**. Ein zweiter NO_x-Speicherkatalysator besitzt den gleichen Platingruppenmetallgehalt, jedoch ein Verhältnis von 50 Gewichtsprozent Platin zu 50 Gewichtsprozent Rhodium. Dieser NO_x-Speicherkatalysator trägt auch Barium wie bei der Schicht **34**.

[0092] Bei relativ niedriger Temperatur speichert der erste NO_x-Speicherkatalysator mit der relativ niedrigeren Menge an Rhodium eine wesentlich größere Menge an NO_x als der zweite NO_x-Speicherkatalysator mit der relativ größeren Menge an Rhodium. Bei 300°C betrug der gemessene NS85-Wert für den zweiten NO_x-Speicherkatalysator etwa 0.4, während der Wert für den ersten NO_x-Speicherkatalysator mit dem geringeren Rhodiumgehalt etwa 1.25 beträgt.

[0093] Die gesamte NO_x-Speicherkapazität und der NS85 sind in diesem Experiment bei relativ höherer Temperatur zwischen 400°C und 550°C für den ersten NO_x-Speicherkatalysator und den zweiten NO_x-Speicherkatalysator ähnlich.

[0094] Eine dritte NO_x-Speicherkatalysator-Probe in diesem Beispiel, welche ausschließlich Rhodium mit 0.51 g pro Liter und kein Platin aufweist, speicherte wesentlich weniger von der gleichen NO_x-Menge bei 300°C als der erste NO_x-Speicherkatalysator, welcher näherungsweise die gleiche Menge an Rhodium, aber auch Platin aufweist. Der für den dritten NO_x-Speicherkatalysator gemessene NS85-Wert in diesem Beispiel betrug nahezu 0.0 g pro Liter, was eine relativ niedrige NO_x-Speicherkapazität des Rhodiums bei der relativ niedrigen Temperatur unterhalb von 300°C anzeigt. Ohne Beschränkung auf irgendeine Theorie können die relativ niedrige gesamte NO_x-Speicherkapazität und der NS85-Wert für dieses Beispiel aus der relativ schlechten NO-Oxidation durch Rhodium in diesem Temperaturbereich resultieren.

Beispiel 9

[0095] Unter Verwendung des 60/5-Testverfahrens bei einer Raumgeschwindigkeit von 25000/Stunde gemäß Darstellung in Beispiel 1 und der frischen Proben der gleichen drei NO_x-Speicherkatalysator-Proben von Beispiel 8 weist der zweite NO_x-Speicherkatalysator mit dem höheren Rhodiumgehalt äquivalent mit dem Platingehalt eine vergleichsweise wesentlich größere mittlere NO_x-Umwandlungseffizienz als der erste NO_x-Speicherkatalysator mit 83.5 Gewichtsprozent Platin und nur 16.5 Gewichtsprozent Rhodium auf. Bei 250°C weist der zweite NO_x-Speicherkatalysator eine mittlere NO_x-Umwandlungseffizienz von 54% im Vergleich zu lediglich 7% für den ersten NO_x-Speicherkatalysator auf. Ein überraschendes Ergebnis ist, dass der erste NO_x-Speicherkatalysator tatsächlich eine höhere Speicherkapazität aufweist, wenn er mit dem 10/3-Test von Beispiel 6 untersucht wird.

[0096] Die Verwendung einer zusätzlichen vierten Testprobe mit einem NO_x-Speicherkatalysator, welcher 0.84 g pro Liter an gesamtem Platingruppenmetallgehalt mit ausschließlich Platin aufweist, und Verwendung des gleichen Tests wie bei den anderen Proben in diesem Beispiel zeigt, dass bei 450°C bis 550°C die vierte Testprobe die beste mittlere NO_x-Umwandlungseffizienz aufweist.

[0097] Weitere Testresultate bei 250°C in diesem Beispiel weisen darauf hin, dass die zweite NO_x-Speicherkatalysatorprobe mit 50 Gewichtsprozent Platin und 50 Gewichtsprozent Rhodium relativ niedrigere NO_x-Spitzen und eine bessere NO_x-Speichereffizienz als die erste NO_x-Speicherkatalysator-Probe mit 83.5 Gewichtsprozent Platin und 16.5 Gewichtsprozent Rhodium aufweist. Eine bessere Reinigung lässt höhere Speichereffizienzen während magerer Perioden erwarten.

Beispiel 10

[0098] Ein Test bei fetter Reinigung wird durchgeführt, um die Hypothesen aufgrund der überraschenden Ergebnisse von Beispiel 9 zu bestätigen. Der Test der fetten Reinigung wird bei 450°C mit einer Raumgeschwindigkeit von 25000/Stunde durchgeführt. Die gesamte prozentuale NO_x-Umwandlung wird über die mageren

und fetten Perioden des Tests gemittelt. Bei dem Test der fetten Reinigung variiert die Länge der Periode, für welche fette Bedingungen vorliegen, zwischen einer und 20 Sekunden. Die Einstellungen waren wie folgt:

Tabelle 3:

	Magere Bedingungen	Fette Bedingungen
Dauer	60 Sekunden	1 bis 20 Sekunden
Kohlendioxid	10 Volumenprozent	10 Volumenprozent
Wasserdampf	10 Volumenprozent	10 Volumenprozent
NO _x	500 Volumen-ppm	500 Volumen-ppm
Sauerstoff	5 Volumenprozent	
Kohlenmonoxid		5.0 Volumenprozent
Wasserstoff		1.7 Volumenprozent
Bulk-Stickstoff	Gleichgewicht	Gleichgewicht

[0099] Der Reinigungstest bestätigt die relativ überlegene Leistungsfähigkeit des zweiten NO_x-Speicherkatalysators mit 50 Gewichtsprozent Platin und 50 Gewichtsprozent Rhodium bei 250°C. Dies scheint insbesondere für sehr kurze Reinigungszeiten von mehr als 3 Sekunden bis weniger als 20 Sekunden zu gelten.

[0100] Die Tests mit kurzen Reinigungsvorgängen in diesem Beispiel des 60/5-Tests zeigen, dass die NO_x-Speicherkatalysator-Proben mit 50 Gewichtsprozent Platin und 50 Gewichtsprozent Rhodium günstig für die gesamte NO_x-Umwandlungseffizienz bei niedrigen Temperaturen sein können. Dies kann die NO_x-Freisetzung oder die NO_x-Spitzen während der Reinigung reduzieren. Sie können auch gründlichere Reinigungen erfahren, welche bessere Speichereffizienzen für die Periode, in welcher magere Bedingungen vorliegen, hinterlassen. Die Testresultate zeigen auch, dass Rhodium bei der Unterstützung der Sauerstoffspeicherkomponente bei 300°C effektiver als Platin sein kann. Die Sauerstoffspeicherkomponente kann eine exotherme Reaktion nach dem Übergang von mager zu fett bewirken und hierdurch die Reinigung von NO_x während des fetten Zustandes verbessern. Die exotherme Reaktion resultiert aus der Reaktion zwischen den Reduktionsmitteln (CO, H₂, HC) und Sauerstoff aus Cer. Die Reduktion von Cer ist tatsächlich endotherm, aber die Reaktion zwischen den Reduktionsmitteln und dem Sauerstoff macht den gesamten Übergang von mager zu fett exotherm. Die exotherme Reaktion der Sauerstoffspeicherkomponente kann die Reinigung bei niedrigen Temperaturen wie beispielsweise 250°C bis 300°C verbessern, indem die Katalysatorbetttemperatur im Vergleich zu einer Zusammensetzung ohne OSC erhöht wird. Eine Erhöhung der Betttemperatur vergrößert die relative katalytische Aktivität von Pt. Sie ist jedoch hauptsächlich verantwortlich für die Reinigung von NO_x bei relativ hohen Temperaturen zwischen 400°C und 550°C.

[0101] Die Tests der Beispiele 4 bis 10 zeigen in bestimmten Ausführungsformen der Erfindung, dass die alternativen Erklärungen für die Verbesserung der Reinigung bei höherem Rhodiumgehalt und relativ niedrigeren Temperaturen von weniger als 300°C nicht tatsächlich zu der relativ überlegenen NO_x-Reduktionsfähigkeit beitragen. Insbesondere tragen die reduktive Eliminierung von NO_x, die Sauerstoffspeicherkapazität oder die Wasserdampfentweichungsreaktion nicht wesentlich zu der für die Proben mit relativ höherem Rhodiumgehalt bei niedrigen Temperaturen beobachteten Verbesserung der erzielten Reinigung bei. Ohne Beschränkung auf irgendeine Theorie scheint es, dass die verbesserte Reinigung des NO_x-Speicherkatalysators mit 50 Gewichtsprozent Platin und 50 Gewichtsprozent Rhodium auf eine überlegene NO_x-Reduktionsfähigkeit zurückzuführen ist, da bei reduzierenden fetten Bedingungen das Rhodium das von den benachbarten NO_x-Speicherplätzen freigesetzte NO₂ zu N₂ umwandelt. Diese verbesserte Umwandlung von NO_x zu Stickstoff fördert die Zersetzung von mehr Nitraten. Eine Zersetzung von mehr Nitraten verbessert die Reinigung und daher die NO_x-Speichereffizienz während nachfolgender magerer Perioden.

Beispiel 11

[0102] Rhodium kann effizienter als Platin bei der Förderung der NO_x-Reduktion bei relativ niedrigen Temperaturen von weniger als 300°C sein. Der Platin- und Rhodiumgehalt des NO_x-Speicherkatalysators mit einem Platingehalt von 50 Gewichtsprozent und einem Rhodiumgehalt von 50 Gewichtsprozenten war für die NO_x-Umwandlung bei der relativ niedrigen Temperatur von weniger als 300°C am besten. Allerdings können be-

stimmte Ausführungsformen des NO_x-Speicherkatalysators einen größeren Platingehalt für eine relativ gute Stickstoffoxidoxidation, insbesondere nach der Alterung, erfordern.

[0103] Der ausschließlich Platin enthaltende NO_x-Speicherkatalysator stellt die bessere Zusammensetzung für vergleichsweise höhere Temperaturen von beispielsweise 400°C bis 600°C aufgrund der niedrigeren Sauerstoffspeicherkapazität und daher geringeren NO_x-Freisetzung bei Reinigung dar. Bei 400°C bis 600°C ist Platin effektiv bei der NO_x-Reduktion während des fetten Betriebs.

[0104] Ohne Beschränkung auf irgendeine Theorie scheint hinsichtlich der Dauerhaftigkeit des Katalysators das Platin während der Alterung nicht stärker zu kristallisieren, ob nun Rhodium abwesend oder anwesend ist. Außerdem laufen während der Hochtemperaturalterung in dem ersten Block die überwiegenden exothermen Reaktionen während der Hochtemperaturalterung ab. Dies schützt den hinteren Block vor solchen exothermen Reaktionen, wodurch die Dauerhaftigkeit des hinteren Blocks verbessert und eine Aufrechterhaltung von dessen Leistungsfähigkeit bei niedrigen Temperaturen unterstützt wird. Diese Betrachtung hinsichtlich der Dauerhaftigkeit unterstützen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung, bei denen der erste Speicherblock eine Zusammensetzung mit niedrigem Rh-Gehalt aufweist.

[0105] Somit zeigen diese Beispiele, wie bestimmte Ausführungsformen des NO_x-Speicherkatalysator-Systems mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung überraschenderweise das Prozessfenster hinsichtlich der Temperatur verbreitern können, in welchem relativ hohe Umwandlungen von NO_x-Emissionen im Vergleich zu herkömmlichen Designs erreicht werden können. Ferner kann bei bestimmten Ausführungsformen des NO_x-Speicherkatalysator-Systems mit umgekehrter Platingruppenmetall-Zoneneinteilung ein geringerer Rhodiumgehalt verwendet werden, wobei immer noch die gewünschte NO_x-Umwandlungsleistungsfähigkeit erreicht wird.

Beispiel 12

[0106] Ähnliche Proben wie diejenigen in Beispiel 8 werden vor der Auswertung mittels des bei 800°C alternenden Systems wie in Beispiel 4 beschrieben bei Raumgeschwindigkeiten von 25000/Stunde und 10000/Stunde gealtert.

[0107] Die mittlere Gesamt-NO_x-Umwandlungseffizienz während des 25000/Stunde-Tests unter Verwendung des 60/5-Tests bei Mittelung über magere und fette Perioden weist darauf hin, dass die Proben mit Platin und Rhodium, im Gegensatz zu denjenigen mit ausschließlich Platin oder ausschließlich Rhodium, größere Effizienz im Temperaturbereich von 260°C bis 500°C aufweisen. Der ausschließlich Platin aufweisende NO_x-Speicherkatalysator arbeitet etwas besser als der Platin- und Rhodium aufweisende NO_x-Speicherkatalysator bei 540°C bis 600°C, was darauf hinweist, dass Platin in diesem Temperaturbereich ungefähr so effektiv wie Rhodium bei der NO_x-Reduktion ist.

[0108] Während des 10000/Stunde-Tests sind die relativen Trends in der Gesamt-NO_x-Umwandlungseffizienz sehr ähnlich wie bei dem obigen 25000/Stunde-Test. Allerdings wächst die gesamte Umwandlungseffizienz um etwa 20 Absolutprozent oder mehr bei geringer Raumgeschwindigkeit an. Es kann abgeschätzt werden, dass bei diesen Ausführungsformen von Zusammensetzungen und Alterungstestbedingungen mehr als 14.8 g/ft³ (0.53 g/l) Platin in bestimmten Ausführungsformen für bestimmte Emissionsbedingungen wünschenswert sein können, wie beispielsweise nach der Hochtemperaturalterung, um eine gute Leistungsfähigkeit bei der NO_x-Beseitigung aufrechtzuerhalten.

Beispiel 13

[0109] Ähnliche Proben wie diejenigen aus Beispiel 12 werden vor der Auswertung mittels des Systems zur Alterung bei 650°C gemäß Beschreibung aus Beispiel 5 bei Raumgeschwindigkeiten von 25000/Stunde und 10000/Stunde gealtert.

[0110] Die gesamte mittlere NO_x-Umwandlungseffizienz während des 25000/Stunde-Tests unter Verwendung des 60/5-Tests bei Mittelung über magere und fette Perioden zeigt an, dass die Proben mit Platin und Rhodium eine größere Effizienz von 175°C bis 375°C im Vergleich zu den ausschließlich Platin oder ausschließlich Rhodium enthaltenden Proben haben. In dem Bereich von 450°C bis 600°C weist die ausschließlich Platin enthaltende NO_x-Speicherkatalysator-Probe die größere Effizienz bei der NO_x-Umwandlung auf.

[0111] Wie im Beispiel 12 verbessert die Reduzierung der Raumgeschwindigkeit auf 10000/Stunde die absolute Gesamt-NO_x-Umwandlungseffizienz relativ zu der höheren Geschwindigkeit von 25000/Stunde. Außerdem bleibt der Trend zur größten Gesamteffizienz bezogen auf die gesamte NO_x-Umwandlungseffizienz im Wesentlichen gleich. NO_x-Speicherkatalysatoren mit Kombination von Platin und Rhodium liefern die beste Effizienz von etwa 250°C bis etwa 375°C. Ein ausschließlich Platin enthaltender, gealterter NO_x-Speicherkatalysator weist die beste Effizienz von 375°C bis 600°C auf.

[0112] Wenn auch die beste Ausführungsform zur Durchführung der Erfindung detailliert beschrieben wurde, erkennen Fachleute auf dem Gebiet der Erfindung diverse alternative Ausgestaltungen und Ausführungsformen zur Ausführung der Erfindung, wie sie in den nachfolgenden Patentansprüchen definiert ist.

Patentansprüche

1. NO_x-Speicherkatalysator-System zur Beseitigung einer NO_x-Emission in einem Abgassystem (6) eines Fahrzeuges (2), welches einen Abgasstrom aufweist und während einer oder mehrerer magerer Perioden und einer oder mehrerer fetter Perioden betrieben werden kann, wobei der Speicherkatalysator aufweist: einen ersten Abscheider (14), welcher an das Abgassystem (6) des Fahrzeuges (2) angeschlossen ist, wobei der erste Abscheider (14) ein erstes Substrat aufweist, welches eine Menge an Platin trägt; einen zweiten Abscheider (16), welcher an das Abgassystem (6) des Fahrzeuges (2) angeschlossen ist, wobei der zweite Abscheider (16) ein zweites Substrat aufweist, welches eine Menge an Platin und eine Menge an Rhodium trägt; wobei der erste Abscheider (14) bezogen auf eine Abgasströmungsrichtung stromaufwärts von dem zweiten Abscheider (16) angeordnet ist; wobei die Gesamtmenge an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider (16) größer oder gleich der Menge an Platin auf dem ersten Abscheider (14) ist; wobei der zweite Abscheider (16) in einem Niedrigtemperaturbereich eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der erste Abscheider (14) aufweist; und wobei der erste Abscheider (14) in einem Hochtemperaturbereich eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der zweite Abscheider (16) aufweist; wobei der erste Abscheider (14) ferner eine Menge an Rhodium trägt, welche auch Null betragen kann, wobei die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem ersten Abscheider kleiner ist als die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider (16); und wobei das Verhältnis der Menge an Rhodium, welche von dem ersten Abscheider (14) getragen wird, zu der Menge an Rhodium, welche von dem zweiten Abscheider (16) getragen wird, im Bereich von 0 bis 0.5 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt.
2. NO_x-Speicherkatalysator-System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Niedrigtemperaturbereich der zweite Abscheider (16) den überwiegenden Anteil der NO_x-Umwandlung durchführt, wohingegen im Hochtemperaturbereich sowohl der erste Abscheider (14) als auch der zweite Abscheider (16) zur NO_x-Umwandlung beitragen.
3. NO_x-Speicherkatalysator-System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis der Menge an Rhodium, welche von dem ersten Abscheider (14) getragen wird, zu der Menge an Rhodium, welche von dem zweiten Abscheider (16) getragen wird, im Bereich von 0 bis 0.25 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt.
4. NO_x-Speicherkatalysator-System nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verhältnis der Menge an Platin, welche von dem ersten Abscheider (14) getragen wird, zu der Menge an Platin, welche von dem zweiten Abscheider (16) getragen wird, im Bereich von 0.2 bis 0.5 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt.
5. NO_x-Speicherkatalysator-System nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Niedrigtemperaturbereich bei 250°C bis 350°C liegt.
6. NO_x-Speicherkatalysator-System nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Hochtemperaturbereich bei 350°C bis 600°C liegt.
7. NO_x-Speicherkatalysator-System nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumenverhältnis des ersten Abscheiders zum zweiten Abscheider im Bereich von 1:3 bis 3:1 liegt.

8. NO_x-Speicherkatalysator-System zur Beseitigung einer NO_x-Emission in einem Abgassystem (6) eines Fahrzeuges (2), welches einen Abgasstrom aufweist und während einer oder mehrerer magerer Perioden und einer oder mehrerer fetter Perioden betrieben werden kann, wobei der Speicherkatalysator aufweist:
 einen ersten Abschnitt, welcher an das Abgassystem (6) des Fahrzeuges angeschlossen ist, wobei der erste Abschnitt einen ersten Substratabschnitt aufweist, der eine Menge an Platin trägt;
 einen zweiten Abschnitt, welcher an das Abgassystem (6) des Fahrzeuges angeschlossen ist, wobei der zweite Abschnitt einen zweiten Substratabschnitt aufweist, welcher eine Menge an Platin und eine Menge an Rhodium trägt;
 wobei der erste Abschnitt bezogen auf eine Abgasströmungsrichtung stromaufwärts des zweiten Abschnittes angeordnet ist;
 wobei der zweite Abschnitt bei einer Temperatur unterhalb von 300°C eine höhere Gesamt-NO_x-Umwandlung als der erste Abschnitt aufweist;
 wobei die Gesamtmenge an Platin auf dem ersten Abschnitt kleiner ist als die Gesamtmenge an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abschnitt;
 wobei der erste Abschnitt ferner eine Menge an Rhodium trägt, welche auch Null betragen kann, wobei die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem ersten Abschnitt kleiner ist als die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abschnitt; und
 wobei das Verhältnis der Menge an Rhodium, welche von dem ersten Abschnitt getragen wird, zu der Menge an Rhodium, welche von dem zweiten Abschnitt getragen wird, im Bereich von 0 bis 0.5 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt.

9. NO_x-Speicherkatalysator-System nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumenverhältnis des ersten Abschnittes zum zweiten Abschnitt im Bereich von 1:3 bis 3:1 liegt.

10. NO_x-Speicherkatalysator-System nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Menge an Platin auf entweder dem ersten oder dem zweiten Abschnitt im Bereich von 20 g/ft³ bzw. 0.71 g/l bis 100 g/ft³ bzw. 3.53 g/l liegt.

11. NO_x-Speicherkatalysator-System nach irgendeinem der Ansprüche 8 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Menge an Rhodium auf dem zweiten Abschnitt im Bereich von 2 g/ft³ bzw. 0.07 g/l bis 30 g/ft³ bzw. 1.06 g/l liegt.

12. NO_x-Speicherkatalysator-System nach irgendeinem der Ansprüche 8 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Abschnitt ferner Cer auf einem trägerunterstützten Katalysator aufweist.

13. NO_x-Speicherkatalysator-System nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Abschnitt ferner Cer in einem Bereich von 0 bis 60 Mikromol Sauerstoff pro Gramm an trägerunterstütztem Katalysator in frischem Zustand aufweist, wobei der zweite Abschnitt Cer in einem Bereich von 30 bis 90 Mikromol Sauerstoff pro Gramm an trägerunterstütztem Katalysator im frischen Zustand aufweist, und wobei das Verhältnis von Cer auf dem zweiten Abschnitt zu dem ersten Abschnitt größer als 1.0 ist.

14. Verfahren zum Beseitigen einer NO_x-Emission unter Verwendung eines NO_x-Speicherkatalysator-Systems für ein Fahrzeug (2), beinhaltend:

(a) Bereitstellen eines Abgassystems eines Verbrennungsmotors (4) des Fahrzeuges mit einem ersten Abscheider (14), welcher eine Menge an Platin trägt, und mit einem zweiten Abscheider (16), welcher eine Menge an Platin und eine Menge an Rhodium trägt, wobei die Gesamtmenge an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider die Gesamtmenge an Platin auf dem ersten Abscheider auf Masse-pro-Einheitsvolumen-Basis übersteigt, und wobei der erste Abscheider (14) in dem System näher am Verbrennungsmotor angeordnet ist als der zweite Abscheider (16);

(b) Aussetzen des Abgassystems einem NO_x-enthaltenden Abgas bei einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis bei einer Abgaseintrittstemperatur im Bereich von 200°C bis 600°C;

(c) Ändern des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses im Abgas auf ein fettes Luft-Kraftstoff-Verhältnis; und

(d) Katalysieren der Reduktion des gespeicherten NO_x zu Stickstoffgas entweder in dem ersten Abscheider oder in dem zweiten Abscheider oder in beiden Abscheidern zum Beseitigen der NO_x-Emission, wobei der erste Abscheider mehr NO_x beseitigt als der zweite Abscheider, wenn die Abgastemperatur in einem Bereich von 400°C bis 600°C liegt, und wobei der zweite Abscheider mehr NO_x beseitigt als der erste Abscheider, wenn die Abgaseintrittstemperatur in einem Bereich von 200°C bis 300°C liegt;

wobei der erste Abscheider (14) ferner eine Menge an Rhodium trägt, welche auch Null betragen kann, wobei die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem ersten Abscheider kleiner ist als die gesamte Beladung an Platin und Rhodium auf dem zweiten Abscheider (16); und

wobei das Verhältnis der Menge an Rhodium, welche von dem ersten Abscheider (**14**) getragen wird, zu der Menge an Rhodium, welche von dem zweiten Abscheider (**16**) getragen wird, im Bereich von 0 bis 0.5 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt.

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Menge an Rhodium auf dem zweiten Abscheider (**16**) in dem Bereich von 2 g/ft³ bzw. 0.07 g/l bis 50 g/ft³ bzw. 1.77 g/l liegt.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zweite Abscheider ferner Cer auf einem trägerunterstützten Katalysator aufweist, wobei das Cer in einem Bereich von 30 bis 90 Mikromol an Sauerstoff pro Gramm an trägerunterstütztem Katalysator im frischen Zustand vorliegt, wobei das Verhältnis von Cer auf dem zweiten Abscheider zu dem ersten Abscheider, der ebenfalls Cer aufweist, größer als 1.0 ist, wobei ein Verhältnis der Menge an Platin, welche von dem ersten Abscheider getragen wird, zu der Menge an Platin, welche von dem zweiten Abscheider getragen wird, im Bereich von 0.2 bis 0.5 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt, und wobei das Verhältnis der Menge an Rhodium, welche von dem ersten Abscheider getragen wird, zu der Menge an Rhodium, welche von dem zweiten Abscheider getragen wird, im Bereich von 0 bis 0.25 bei Beschreibung auf Gewicht-pro-Einheitsvolumen-Basis liegt.

17. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Volumen des ersten Abscheiders sich von dem Volumen des zweiten Abscheiders unterscheidet.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

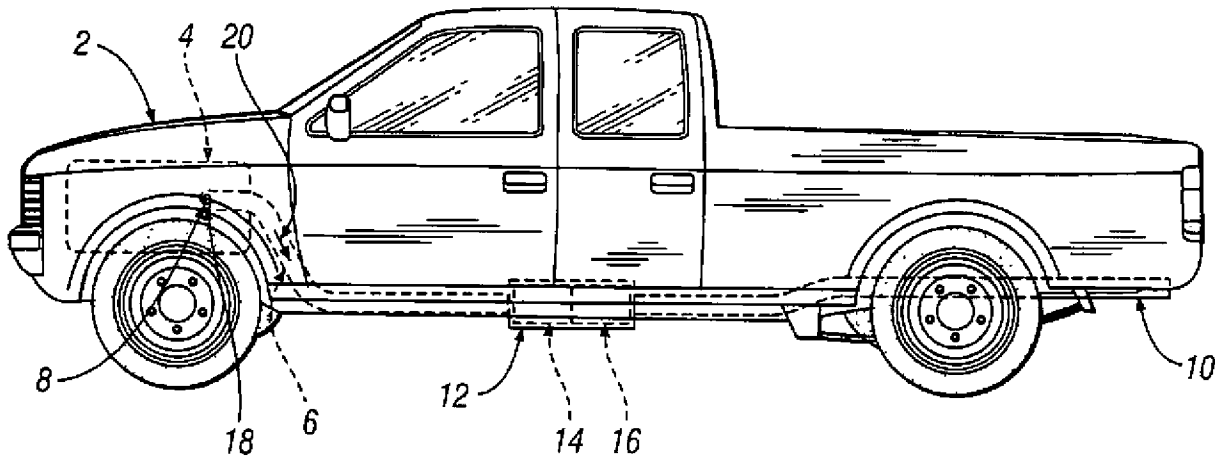


Fig. 2

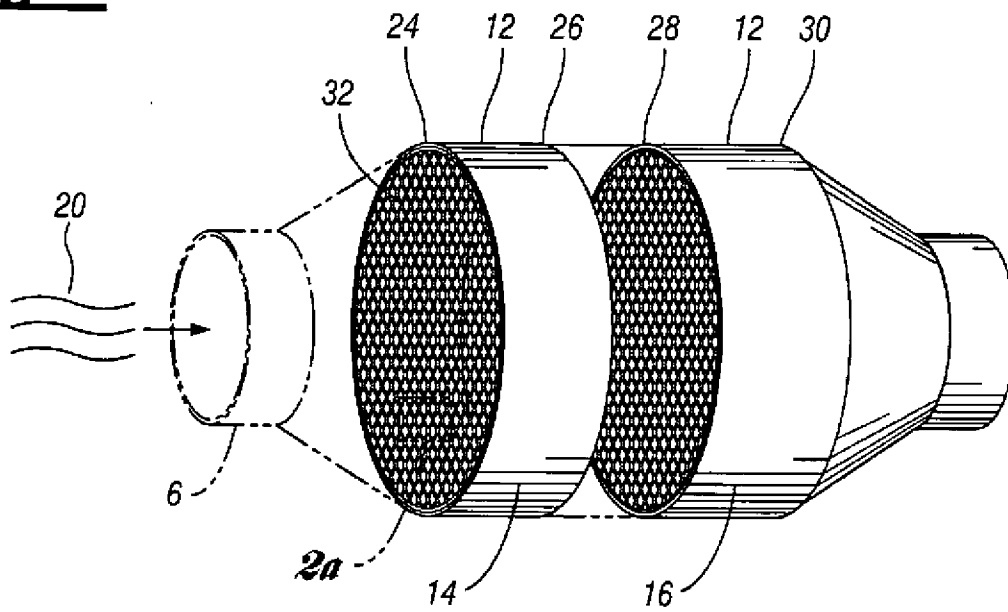


Fig. 2a

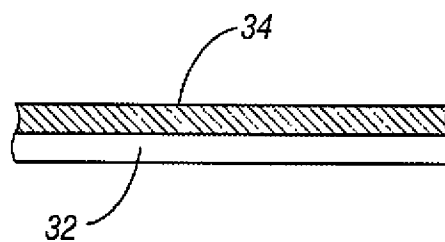


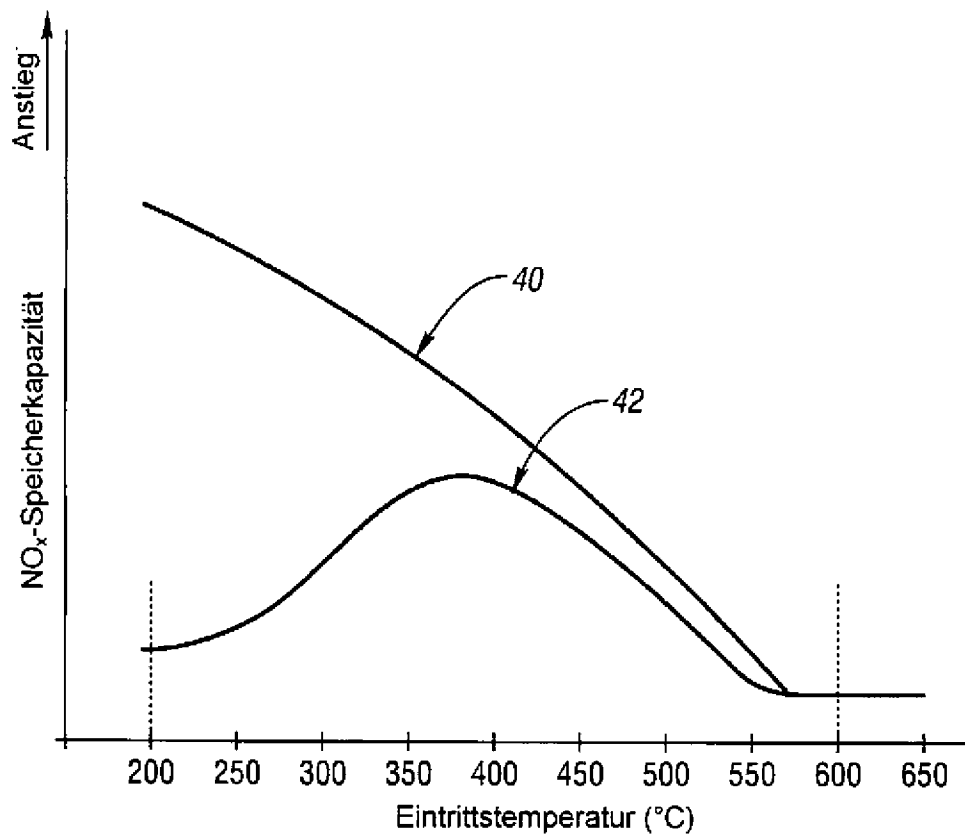
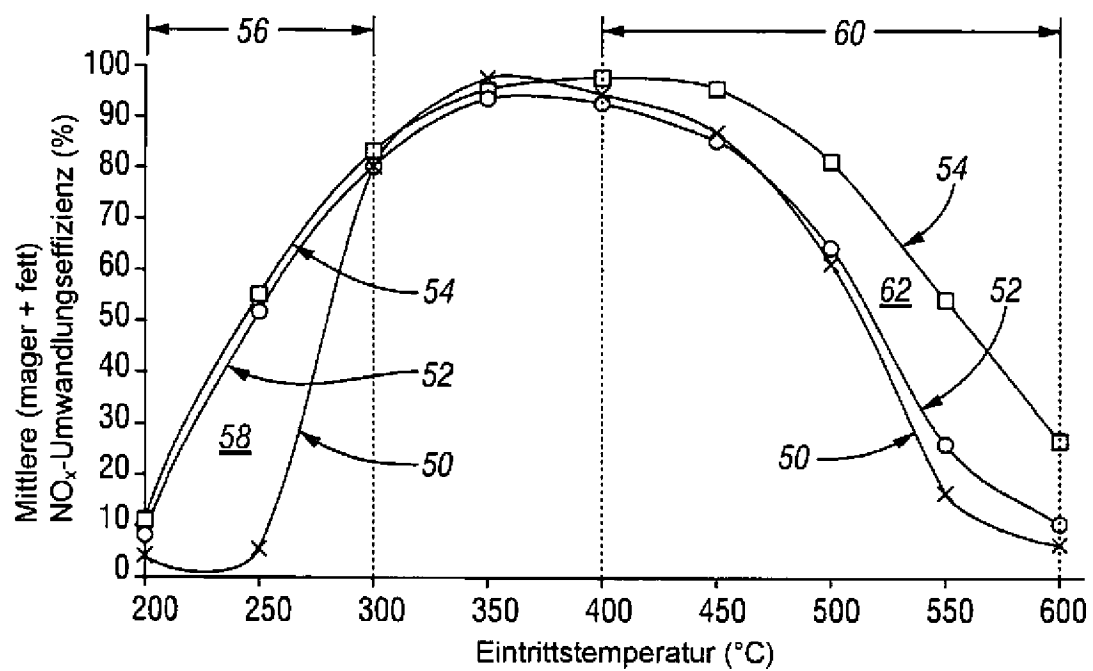
Fig. 3**Fig. 5**

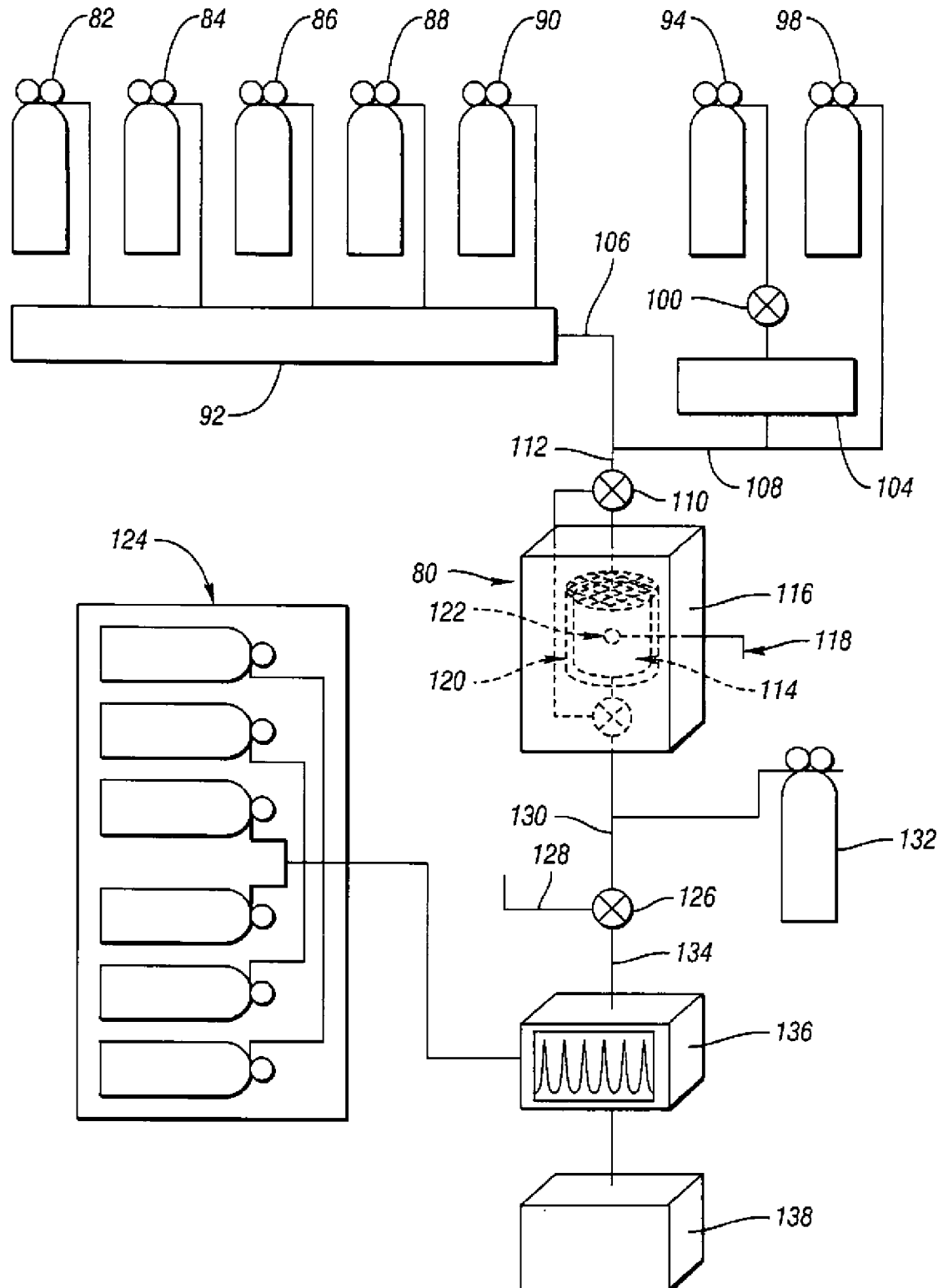
Fig. 4

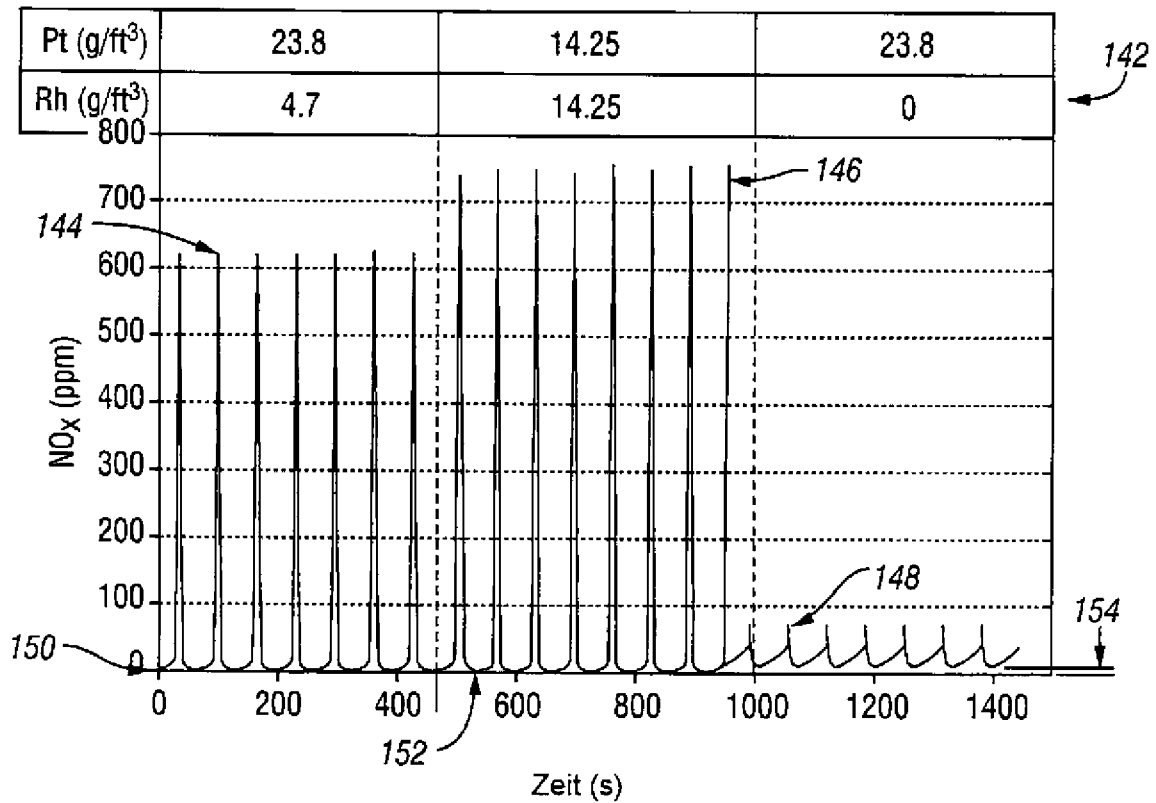
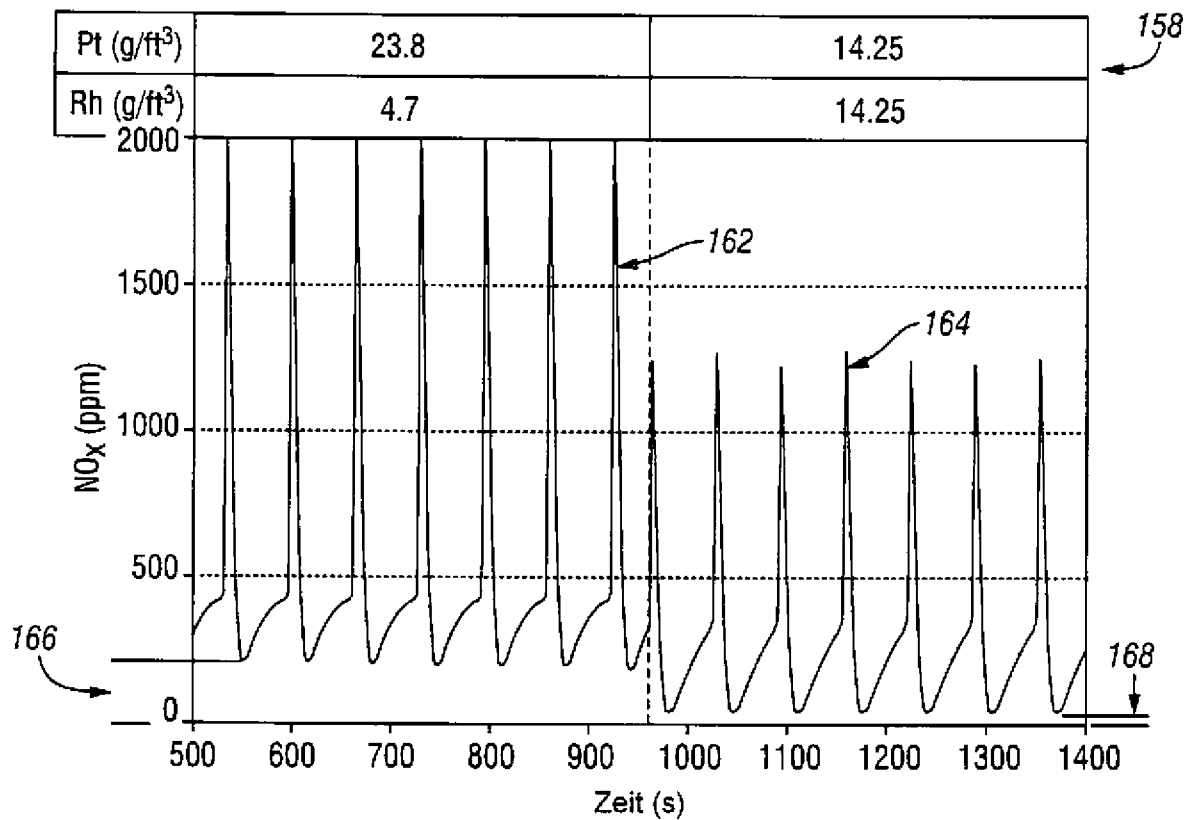
Fig. 6**Fig. 7**

Fig. 8