

(12)

## Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50814/2014  
(22) Anmeldetag: 07.11.2014  
(45) Veröffentlicht am: 15.06.2018

(51) Int. Cl.: **F01N 3/20** (2006.01)  
**F02D 41/02** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:  
EP 2149684 A1  
US 2013019589 A1  
US 2011202253 A1

(73) Patentinhaber:  
AVL List GmbH  
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:  
Beichtbuchner Albert Dipl.Ing. Dr.  
8642 St. Lorenzen im Mürztal (AT)  
Breitegger Bernhard Dipl.Ing.  
8501 Lieboch (AT)

(74) Vertreter:  
Babeluk Michael Dipl.Ing. Mag.  
1080 Wien (AT)

### (54) VERFAHREN ZUR GEZIELTEN GENERIERUNG VON NH<sub>3</sub> WÄHREND DES REGENERATIONSVORGANGS EINES NO<sub>x</sub>-SPEICHERKATALYSATORS

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur gezielten Generierung von NH<sub>3</sub> während des Regenerationsvorgangs eines in einem Abgassystem einer Brennkraftmaschine (1) angeordneten NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (LNT), wobei die Regeneration durch Einstellen einer reduzierend wirkenden Abgasatmosphäre vor dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (LNT) ausgelöst wird und der zeitliche Verlauf von zumindest während der Regenerationsphase stromaufwärts und stromabwärts des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (LNT) ermittelten Lambdawerten ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) im Abgas stromauf- und stromabwärts des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (LNT) bestimmt wird. Dabei werden folgende Schritte durchgeführt:

- Aufsuchen eines Kreuzungszeitpunktes (K), an welchem die ermittelten Lambdawerte ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) stromaufwärts und stromabwärts des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (LNT) den gleichen Wert aufweisen;
- Ermitteln einer ab dem Kreuzungszeitpunkt (K) bis zu einem Bezugszeitpunkt (TB) durch die zeitlichen Verläufe der Lambdawerte ( $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ) stromaufwärts und stromabwärts des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (LNT) aufgespannten Differenzfläche (D);
- Ermitteln einer NH<sub>3</sub>-Menge im Abgas stromabwärts des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (LNT) auf der Basis der Differenzfläche (D);

- Beendigung des Regenerationsvorganges, wenn die ermittelte NH<sub>3</sub>-Menge im Abgas stromabwärts des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (LNT) einen definierten Grenzwert überschreitet.

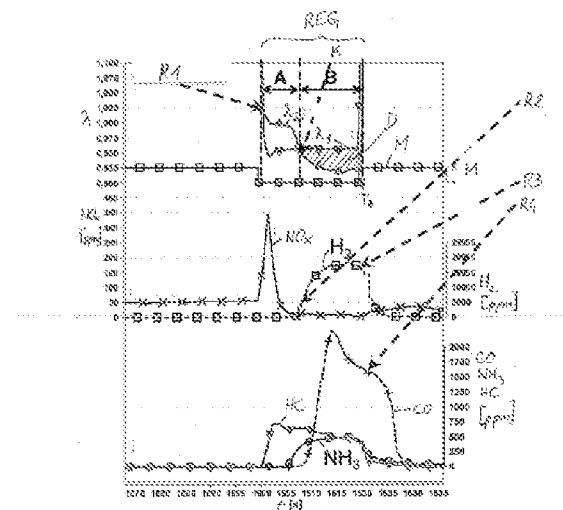


Fig. 2

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur gezielten Generierung von  $\text{NH}_3$  während des Regenerationsvorgangs eines in einem Abgassystem einer Brennkraftmaschine angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators, wobei die Regeneration durch Einstellen einer reduzierend wirkenden Abgasatmosphäre vor dem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator ausgelöst wird und der zeitliche Verlauf von zumindest während der Regenerationsphase stromaufwärts und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators ermittelten Lambdawerten im Abgas stromauf- und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators bestimmt wird.

**[0002]** Zur Erfüllung aktueller und zukünftiger Emissionsgrenzwerte gibt es beim Betrieb eingangs erwähnter Brennkraftmaschinen verschiedene Möglichkeiten. Ein  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator, welcher auch als LNT („Lean- $\text{NO}_x$ -Trap“) bekannt ist, kann mit einem SCR-Katalysator kombiniert sein, zu dessen Betrieb  $\text{NH}_3$  notwendig ist, welches im LNT durch verlängerten Fettbetrieb gebildet werden kann. Diese interne  $\text{NH}_3$  Generierung während der verlängerten LNT-Regeneration in Kombination mit einem nachgeschalteten SCR wird als passives SCR bezeichnet. Alternativ oder zusätzlich kann eine aktive  $\text{NH}_3$ -Dosierung von außen vorgesehen sein.

**[0003]** Üblicherweise wird das Ende der Regeneration eines  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators, welcher auch als LNT (Lean  $\text{NO}_x$  Trap) bekannt ist, anhand eines charakteristischen Abfalls des Lambdawertes einer nach dem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator angeordneten Lambdasonde erkannt, siehe WO 00/19075 A1. Alternativ wird zum Erkennen des Endes der Regeneration auch der Schnittpunkt (Lambdakreuzung) der zeitlichen Verläufe der Lambdawerte stromauf- und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators verwendet (DE 10 2010 001 202 A1). Des Weiteren ist es aus der DE 10 355 037 B4 bekannt, einen charakteristischen Anstieg und nachfolgenden Abfall eines  $\text{NO}_x$ -Wertes eines  $\text{NO}_x$ -Sensors, welcher stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators angeordnet ist, zu verwenden.

**[0004]** Die EP 2 149 684 A1 beschreibt ein Verfahren zur Steuerung der  $\text{NO}_x$ -Reinigung in einem Abgassystem einer Brennkraftmaschine, wobei zur Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators stromaufwärts dieses eine reduzierend wirkende Abgasatmosphäre eingestellt wird. Darüber hinaus werden die Messwerte eines stromaufwärts angeordneten Lambda-Sensors, sowie weitere Motorparameter verwendet, um die  $\text{NH}_3$ -Generierung aus vorher ermittelten Kennfeldern zu bestimmen.

**[0005]** Die US 2013/0 019 589 A1 offenbart ein Abgasnachbehandlungssystem für selbstzündende Brennkraftmaschinen, welches aus einem Dreiwegkatalysatorelement, einem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator und einem Oxidationskatalysatorelement besteht. Dabei ist vorgesehen, dass die  $\text{NH}_3$ -Sättigung des Speicherkatalysators mittels eines Modells auf der Basis einer Anzahl an Betriebsparametern und Messwerten bestimmt wird.

**[0006]** Bekannte Verfahren haben allerdings den Nachteil, dass sie relativ ungenau sind und/oder dass für die Messung zusätzliche und aufwändige Messsensorik (z.B. zumindest eine  $\text{NO}_x$ -Sonde, die aktuell ca. das Dreifache von einfachen Lambdasonden kosten) erforderlich ist.

**[0007]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, diese Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren vorzuschlagen, welches ohne zusätzliche teure Sensoren auskommt und qualitativ hochwertige Aussagen ermöglicht.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass folgende Schritte durchgeführt werden:

**[0009]** a) Aufsuchen eines Kreuzungszeitpunktes, an welchem die ermittelten Lambdawerte stromaufwärts und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators den gleichen Wert aufweisen,

**[0010]** b) Ermitteln einer ab dem Kreuzungszeitpunkt bis zu einem Bezugszeitpunkt durch die zeitlichen Verläufe der Lambdawerte stromaufwärts und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators aufgespannten Differenzfläche;

**[0011]** c) Ermitteln einer  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicher­katalysators auf der Basis der Differenzfläche;

**[0012]** d) Beenden des Regenerationsvorganges, wenn die ermittelte  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicher­katalysators einen definierten Grenzwert überschreitet.

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt eine bewusste  $\text{NH}_3$ -Generierung durch definierte Verlängerung des Regenerationsvorganges. Das  $\text{NH}_3$  kann dann im Abgasnachbehandlungssystem, z.B. einem nachgelagerten SCR-Katalysator, eingespeichert werden. Die Ermittlung der Lambdawerte lässt sich mit beliebigen Sonden umsetzen, die Lambdawerte messen können - beispielsweise dezidierten Lambdasonden bzw. Sonden, die  $\text{O}_2$ -Werte messen, aber auch Sonden, die den Lambdawert als Zwischenwert ermitteln. Für die  $\text{NH}_3$ -Bestimmung sind damit keine teuren  $\text{NO}_x$ -Sonden mit der entsprechenden  $\text{NH}_3$  Querempfindlichkeit notwendig.

**[0014]** Bei dem Kreuzungszeitpunkt in a) handelt es sich um denjenigen Zeitpunkt, ab bzw. nach dem der Lambdawert stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicher­katalysators kleiner ist als der stromaufwärtige Lambdawert. Vor diesem Kreuzungszeitpunkt ist der stromabwärtige Lambdawert größer als stromaufwärts.

**[0015]** Der Bezugszeitpunkt in b) ist der Zeitpunkt des Regenerationsendes, wo der stromabwärtige Lambdawert wieder ansteigt, insbesondere über den Wert im Kreuzungszeitpunkt bzw. darüber. Dieser Bezugszeitpunkt ist auch gekennzeichnet durch die Veränderung des stromaufwärtigen Lambdawerts zurück auf den Normalbetriebswert außerhalb des Regenerationsbetriebs.

**[0016]** Der Grenzwert in d) ist insbesondere durch die  $\text{NH}_3$ -Menge definiert, die im nachgelagerten Abgassystem benötigt wird, insbesondere in einem nachgelagerten SCR-Katalysator eingespeichert werden soll.

**[0017]** In einer ersten Variante der Erfindung wird in c) die  $\text{NH}_3$ -Menge anhand eines empirisch ermittelten Zusammenhangs zwischen der Differenzfläche und der  $\text{NH}_3$ -Menge bestimmt. Der Zusammenhang wird dabei in bekannter Weise durch eine empirische Formel oder ein entsprechendes Kennfeld hergestellt. Dabei können unter anderem folgende Parameter berücksichtigt werden: Temperatur des Abgases und des Katalysators (bzw. LNT); Abgas­massenstrom; Motorbetriebspunkte wie Motordrehzahl und -last. Dabei werden die jeweiligen Differenzen der stromauf- und -abwärtigen Lambdawerte mit empirisch ermittelten Faktoren gewichtet und die gewichteten Differenzen werden zur Differenzfläche aufintegriert. Damit wird zu jedem Zeitpunkt mittels Lambdadifferenzwert über den empirisch ermittelten Zusammenhang und den Abgas­massenstrom auf eine  $\text{NH}_3$ -Menge rückgeschlossen, die zu einer Gesamt- $\text{NH}_3$ -Menge aufintegriert wird. In Schritt d) wird die Regeneration gestoppt, wenn eine gewisse  $\text{NH}_3$ -Menge erreicht ist.

**[0018]** Damit sorgt eine übergeordnete SCR-Koordination dafür, dass ausreichend  $\text{NH}_3$  im Abgassystem vorhanden bzw. in einem SCR-Katalysator eingelagert ist, um eine gewünschte  $\text{NO}_x$ -Konvertierung sicherzustellen.

**[0019]** Gemäß einer zweiten Variante ergibt sich in c) eine besonders einfache Bestimmung der  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas, wenn eine  $\text{H}_2$ -Konzentration im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicher­katalysators auf der Basis der Differenzfläche ermittelt und die  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicher­katalysators auf der Basis der ermittelten  $\text{H}_2$ -Konzentration bestimmt wird. Nach dem Kreuzungszeitpunkt ist gespeichertes  $\text{O}_2$  verbraucht und es kommt zu  $\text{H}_2$ -Bildung, die entsprechend detektiert werden kann. Das bedeutet, dass die Lambdawerte stromauf- und stromabwärts gleich sein sollten, wenn alles  $\text{O}_2$  verbraucht ist. Die  $\text{H}_2$ -Bildung erfolgt beispielsweise durch Aufspaltung von Wassermolekülen in  $\text{H}_2$  und  $\frac{1}{2} \text{O}_2$  im SCR-Katalysator. Wegen der größeren Querempfindlichkeit des Sensors, mit dem Lambdawerte ermittelte werden - insbesondere z.B. einer Lambdasonde - für  $\text{H}_2$  als für  $\text{O}_2$  ist das Verhältnis der Konzentrationen von  $\text{H}_2$  zu  $\text{O}_2$  in der Sonde größer als im Abgas im Katalysator und daher der Lambdawert kleiner.

**[0020]** Die ermittelte  $\text{NH}_3$ -Menge kann als Eingangsgröße einem  $\text{NH}_3$ -Beladungsmodell für einen stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators vom Abgas durchströmten SCR-Katalysator (SCR = Selective Catalytic Reduction) zugeführt werden.

**[0021]** Gemäß der Erfindung wird das  $\text{NH}_3$  anhand der, für den Zeitraum nach Regenerationsende, aufgespannten Fläche der Lambdawerte vor und nach dem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator bilanziert und in einem  $\text{NH}_3$  Beladungsmodell für einen nachfolgenden SCR-Katalysator verwendet.

**[0022]** Die Erfindung basiert auf der Eigenschaft des "leeren"  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators, bei fortgesetztem unterstöchiometrischen Motorbetrieb (Fettbetrieb, Lambdawert  $<1$ ) Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) zu produzieren. An einem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator wird zunächst vorwiegend durch die sogenannte "Wassergas-Shift" Reaktion  $\text{H}_2$  aus  $\text{CO}$  aber auch mittels "steam reforming" aus  $\text{HC}$  hergestellt. Dieses  $\text{H}_2$  wird zur Reduktion der von den Speicherplätzen des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator desorbierten  $\text{NO}_x$  verwendet. Sobald kein  $\text{NO}_x$  mehr gespeichert ist, bzw. teilweise auch schon zuvor, wird aus  $\text{H}_2$  und  $\text{NO}$   $\text{NH}_3$  gebildet.

**[0023]** Die Erfindung beruht darauf, dass nach dem Ende der Regeneration des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators - welche mittels der sogenannten Lambdakreuzung festgestellt wird - die Lambdasonde stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators quasi als  $\text{H}_2$ -Sensor verwendet wird, indem auf der Basis der aufgespannten Differenzfläche der Lambdawerte bzw.  $\text{O}_2$ -Signale der Lambdasonden stromauf- und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators die  $\text{H}_2$ -Konzentration berechnet wird.

**[0024]** Die Erfindung macht sich dabei unter anderem die Beobachtung zunutze, dass die  $\text{H}_2$ -Konzentration proportional zu der durch die zeitlichen Verläufe der Lambdawerte stromaufwärts und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators aufgespannten Differenzfläche  $D$  ist:

$$D = K_1 \cdot \text{H}_2.$$

**[0025]** Die gebildete  $\text{NH}_3$  Menge ist wiederum proportional zur vorliegenden  $\text{H}_2$  Menge:

$$\text{H}_2 = K_2 \cdot \text{NH}_3.$$

**[0026]**  $K_1$  und  $K_2$  sind dabei jeweils Proportionalitätsfaktoren. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass die  $\text{O}_2$ -Signale der Lambdasonden hinsichtlich  $\text{H}_2$  eine höhere Sensitivität aufweisen als zu  $\text{CO}$  und  $\text{HC}$  und  $\text{O}_2$ .

**[0027]** Die Erfindung wird anhand eines nicht einschränkenden Ausführungsbeispiels in den Figuren näher erläutert.

**[0028]** Es zeigen

**[0029]** Fig. 1 eine schematische Anordnung einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

**[0030]** Fig. 2 die zeitlichen Verläufe des Lambdawertes, der  $\text{H}_2$ -Konzentration und der  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators.

**[0031]** Fig. 1 zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine 1 mit einem Auslasssystem 2, in welchem zur Einhaltung der gesetzlichen Emissionsbestimmungen ein  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator LNT (LNT = Lean  $\text{NO}_x$  Trap), ein Partikelfilter cDPF und ein SCR-Katalysator SCR angeordnet sind. Im Ausführungsbeispiel sind der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator und der Partikelfilter cDPF als Baueinheit ausgeführt. Mit Bezugszeichen 3 ist der Einlassstrang und mit Bezugszeichen 4 ein zwischen dem Partikelfilter cDPF und dem SCR-Katalysator vom Abgassystem 2 abzweigendes und in das Einlasssystem 3 einmündendes Abgasrückführsystem bezeichnet. Die Erfindung lässt sich aber nicht nur bei der dargestellten Niederdruckabgasrückführung (Entnahme des Abgases stromaufwärts eines Abgasturboladers), sondern auch bei Hochdruckabgasrückführungen (Entnahme des Abgases stromaufwärts eines Abgasturboladers) anwenden.

**[0032]** Stromaufwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators LNT ist ein erster Lambdasensor L1 und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators LNT ein zweiter Lambdasensor L2 angeordnet.

Grundsätzlich können beliebige Sensoren verwendet werden, mit denen ein Lambdawert ermittelbar ist - Lambdasonden gemäß dem beschriebenen Ausführungsbeispiel sind dabei eine von mehreren Möglichkeiten. Die Lambdasensoren (Lambdasonden) L1, L2 messen den Restsauerstoffgehalt  $O_2$  im Abgas, welcher sich nach Verbrennung aller bis dahin unverbrannten Kraftstoffanteile (z.B. HC, CO) ergibt, um daraus das Verhältnis (Lambdawert)  $\lambda$  von Verbrennungsluft zu Kraftstoff einstellen zu können. Ist für diese Oxidation zu wenig Sauerstoff vorhanden, wird dieser über eine in der Lambdasonde integrierte Sauerstoffpumpe in umgekehrter Richtung aus dem Abgas gepumpt. Dieser negative Sauerstoffpumpstrom wird als negative Sauerstoffkonzentration und in weiterer Folge als Lambda kleiner als 1 berechnet. Der Lambdawert dient als Regelfühler für einen nicht weiter dargestellten Lambdaregelkreis.

**[0033]** Der  $NO_x$ -Speicherkatalysator LNT dient zur Zwischenspeicherung von im Abgas enthaltenen Stickoxiden ( $NO_x$ ). Zur Zwischenspeicherung der Stickstoffoxide weist der  $NO_x$ -Speicherkatalysator LNT auf geeigneten Trägern einen Edelmetallkatalysator wie Platin und eine  $NO_x$ -Speicherkomponente, beispielsweise Barium, auf. In der mageren, das heißt sauerstoffreichen, Atmosphäre werden die Stickstoffoxide unter der Wirkung des Edelmetallkatalysators oxidiert, unter Ausbildung von Nitraten wie beispielsweise Bariumnitrat im Katalysator absorbiert und somit aus dem Abgasstrom entfernt. Durch ein regelmäßiges kurzzeitiges "Anfetten" des Abgasgemisches, also Senken des Lambdawertes  $\lambda$ - laufen diese Reaktionen in der entgegengesetzten Richtung ab, wodurch die  $NO_x$ -Moleküle wieder in den Abgasstrom abgegeben und durch die in der fetten Atmosphäre vorhandenen reduzierenden Komponenten wie  $C_mH_n$  - unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe - und/oder CO weiter reduziert werden.

**[0034]** Ist die Aufnahmekapazität des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT erschöpft, so wird seitens der Motorelektronik kurzzeitig ein fettes, reduzierendes Abgasgemisch für einige Sekunden eingestellt (etwa zwei bis zehn Sekunden). In diesem kurzen, fetten Zyklus werden die im Katalysator zwischengespeicherten Stickoxide  $NO_x$  zu Stickstoff  $N_2$  reduziert und damit der  $NO_x$ -Speicherkatalysator für den nächsten Speicherzyklus vorbereitet. Um den Motorbetrieb im fetten Zyklus möglichst kurz zu halten, ist es im klassischen LNT-Betrieb wesentlich, dass das Reduktionsende möglichst exakt erkannt wird.

**[0035]** Im nachgeschalteten SCR-Katalysator werden bei passiver SCR zur weiteren Stickoxidverminderung  $NO_x$ -Moleküle durch  $NH_3$  zu  $N_2$  reduziert. Über ein SCR-Katalysatormodell wird dabei die bereitzustellende  $NH_3$ -Menge ermittelt.

**[0036]** Fig. 2 zeigt die Verläufe des Lambdawertes  $\lambda_1$  stromaufwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT, des Lambdawertes  $\lambda_2$  stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT, den Verlauf der Anteile an Stickoxid  $NO_x$  stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT, den Verlauf der Anteile an Wasserstoff  $H_2$  stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators, den Verlauf der Anteile an Ammoniak  $NH_3$  stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT, den Verlauf der Anteile an Kohlenmonoxid CO stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT und den Verlauf der Anteile an unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT, insbesondere während einer Regenerationsphase REG des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT über der Zeit t aufgetragen.

**[0037]** Während der Regenerationsphase REG wird die Brennkraftmaschine 1 unterstöchiometrisch betrieben, wie aus der den Betriebsmodus andeutenden Linie M hervorgeht. Dabei steht "1" für fetten Betrieb und "2" für mageren Betrieb. Im mit Bezugszeichen R1 markierten Punkt erfolgt der Wechsel vom mageren auf fetten Motorbetrieb.

**[0038]** Die Regenerationsphase REG teilt sich in zwei Zeitabschnitte auf. Der erste Zeitabschnitt A ist dabei dadurch gekennzeichnet, dass der Lambdawert  $\lambda_1$  stromaufwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT kleiner ist, als der Lambdawert  $\lambda_2$  stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT. Im zweiten Zeitabschnitt ist der Lambdawert  $\lambda_1$  stromaufwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT dagegen größer, als der Lambdawert  $\lambda_2$  stromabwärts des  $NO_x$ -Speicherkatalysators LNT. Im Kreuzungszeitpunkt K der Verläufe der beiden Lambdawerte  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  weisen die mittels der Lambdasensoren L1, L2 ermittelten Lambdawerte  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  stromaufwärts und stromabwärts des  $NO_x$ -Katalysators den gleichen Wert auf.

**[0039]** Überraschenderweise wurde festgestellt, dass sich ein Zusammenhang zwischen der Differenzfläche  $D$  zwischen den Verläufen der Lambdawerte  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ , beginnend mit dem Kreuzungszeitpunkt  $K$  und endend mit dem Bezugszeitpunkt  $T_B$ , und dem während des Regenerationsvorgangs generierten  $\text{NH}_3$  ergibt. In einer ersten Variante der Erfindung kommt daher ein empirisch ermittelter Zusammenhang zur Anwendung, der durch eine empirische Formel oder ein entsprechendes Kennfeld hergestellt wird. Dabei können unter anderem folgende Parameter berücksichtigt werden: Temperatur von Abgas und/oder Katalysator (z.B. LNT); Abgasmassestrom; Motorbetriebsparameter wie Motordrehzahl und -last.

**[0040]** Die Lambdadifferenzen werden mit empirisch ermittelten Faktoren gewichtet und die gewichteten Differenzen werden zur Differenzfläche  $D$  aufintegriert. Nach Erreichen einer gewünschten  $\text{NH}_3$ -Menge stromabwärts wird die Regeneration gestoppt.

**[0041]** Eine weitere Variante der Erfindung lautet wie folgt: Sobald alle zwischengespeicherten Stickoxide  $\text{NO}_x$  zu Stickstoff  $\text{N}_2$  reduziert und der  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator LNT also "leer" ist, wird in diesem Wasserstoff  $\text{H}_2$  produziert, angedeutet mit Bezugszeichen R2. Der Anteil des Wasserstoffes  $\text{H}_2$  ist dabei üblicherweise mehr als zehnmals so groß wie der Anteil an Kohlenmonoxid  $\text{CO}$ , welcher wieder mehr als zehnmals so groß ist wie der Anteil an unverbrannten Wasserstoffen  $\text{HC}$  (Vergleich R3 und R4). Stromaufwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators LNT ist kaum  $\text{H}_2$  festzustellen (bzw. wird mit dem Restsauerstoff oder dem im LNT gespeicherten  $\text{O}_2$  umgehend oxidiert). Untersuchungen haben gezeigt, dass die im zweiten Zeitabschnitt B der Regenerationsphase REG erzeugte Wasserstoffkonzentration  $\text{H}_2$  proportional zur Differenzfläche  $D$  zwischen den Verläufen der beiden Lambdawerte  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  - beginnend mit dem Kreuzungszeitpunkt  $K$  und endend mit dem Bezugszeitpunkt  $T_B$  - ist.

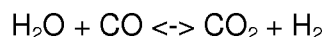
**[0042]** Da die Differenzen der Lambdawerte somit primär vom Wasserstoff  $\text{H}_2$  bestimmt wird, kann der Lambdasensor L1, L2 als Wasserstoffsensoren eingesetzt werden. Weiters sind zusätzlich unterschiedliche Empfindlichkeiten der Lambdasonde auf Kohlenmonoxid  $\text{CO}$  und Kohlenwasserstoffe  $\text{HC}$  bekannt.

**[0043]** Die Konzentration an Wasserstoff  $\text{H}_2$  kann somit als proportional zur Differenzfläche  $D$  angesetzt werden:

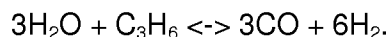
$$D = K1 \cdot \text{H}_2,$$

wobei  $K1$  einen ersten Proportionalitätsfaktor darstellt.

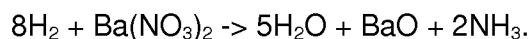
**[0044]** Die Produktion des Wasserstoffes ist vorwiegend auf die sogenannte "Wassergas-Shift" Reaktion  $\text{H}_2$  aus  $\text{CO}$



aber auch auf "steam reforming" aus  $\text{HC}$  zurückzuführen:



**[0045]** Dieses  $\text{H}_2$  wird zur Reduktion der von den Speicherplätzen des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators desorbierten  $\text{NO}_x$  verwendet. Sobald kein  $\text{NO}_x$  mehr gespeichert ist, bzw. teilweise auch schon zuvor, wird aus  $\text{H}_2$  und  $\text{NO}$   $\text{NH}_3$  gebildet:



**[0046]** Die gebildete  $\text{NH}_3$  Menge ist wiederum proportional zur vorliegenden  $\text{H}_2$  Menge:

$$\text{H}_2 = K2 \cdot \text{NH}_3,$$

wobei  $K2$  einen zweiten Proportionalitätsfaktor darstellt.

**[0047]** Die solcherart ermittelte  $\text{NH}_3$ -Menge kann als Eingangsgröße einem bekannten  $\text{NH}_3$ -Beladungsmodell für einen stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators vom Abgas durchströmten SCR-Katalysator SCR zugeführt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur gezielten Generierung von  $\text{NH}_3$  während des Regenerationsvorgangs eines in einem Abgassystem einer Brennkraftmaschine (1) angeordneten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT), wobei die Regeneration durch Einstellen einer reduzierend wirkenden Abgasatmosphäre vor dem  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator (LNT) ausgelöst wird und der zeitliche Verlauf von zumindest während der Regenerationsphase stromaufwärts und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) ermittelten Lambdawerten ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) im Abgas stromauf- und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) bestimmt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass folgende Schritte durchgeführt werden:
  - a) Aufsuchen eines Kreuzungszeitpunktes (K), an welchem die ermittelten Lambdawerte ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) stromaufwärts und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) den gleichen Wert aufweisen;
  - b) Ermitteln einer ab dem Kreuzungszeitpunkt (K) bis zu einem Bezugszeitpunkt ( $T_B$ ) durch die zeitlichen Verläufe der Lambdawerte ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) stromaufwärts und stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) aufgespannten Differenzfläche (D);
  - c) Ermitteln einer  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) auf der Basis der Differenzfläche (D);
  - d) Beendigung des Regenerationsvorganges, wenn die ermittelte  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) einen definierten Grenzwert überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) die  $\text{NH}_3$ -Menge anhand eines empirisch ermittelten Zusammenhangs zwischen der Differenzfläche (D) und der  $\text{NH}_3$ -Menge bestimmt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Schritt c) eine  $\text{H}_2$ -Konzentration im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) auf der Basis der Differenzfläche (D) ermittelt und die  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) auf der Basis der ermittelten  $\text{H}_2$ -Konzentration bestimmt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die  $\text{H}_2$ -Konzentration im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) proportional zur Differenzfläche (D) angenommen wird:

$$D = K1 \cdot H_2,$$

wobei K1 ein erster Proportionalitätsfaktor ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die  $\text{NH}_3$ -Menge im Abgas stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) proportional zur Wasserstoffkonzentration  $\text{H}_2$  angenommen wird:

$$H_2 = K2 \cdot \text{NH}_3$$

wobei K2 ein zweiter Proportionalitätsfaktor ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ermittelte  $\text{NH}_3$ -Menge als Eingangsgröße einem  $\text{NH}_3$ -Beladungsmodell für einen stromabwärts des  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysators (LNT) vom Abgas durchströmten SCR-Katalysator (SCR) zugeführt wird.

**Hierzu 1 Blatt Zeichnungen**

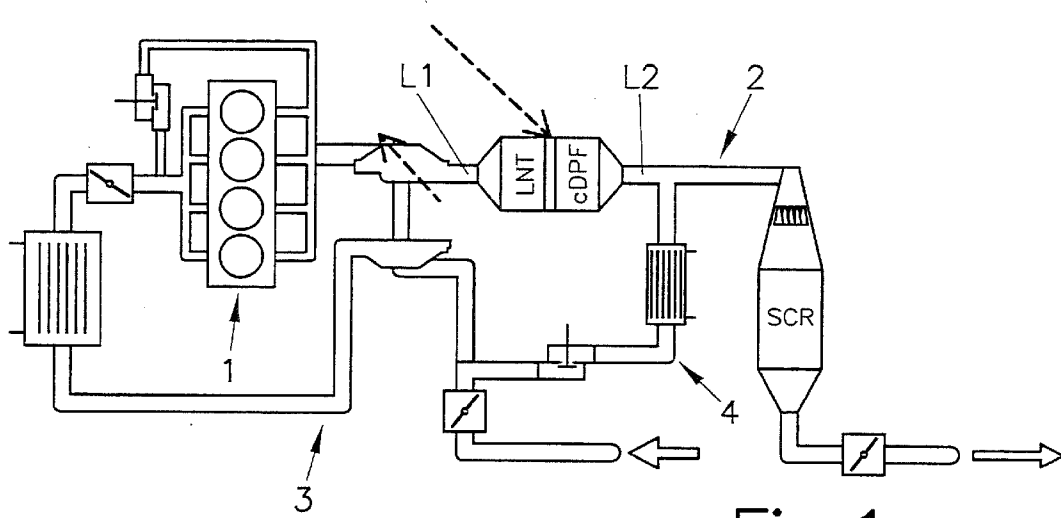


Fig.1

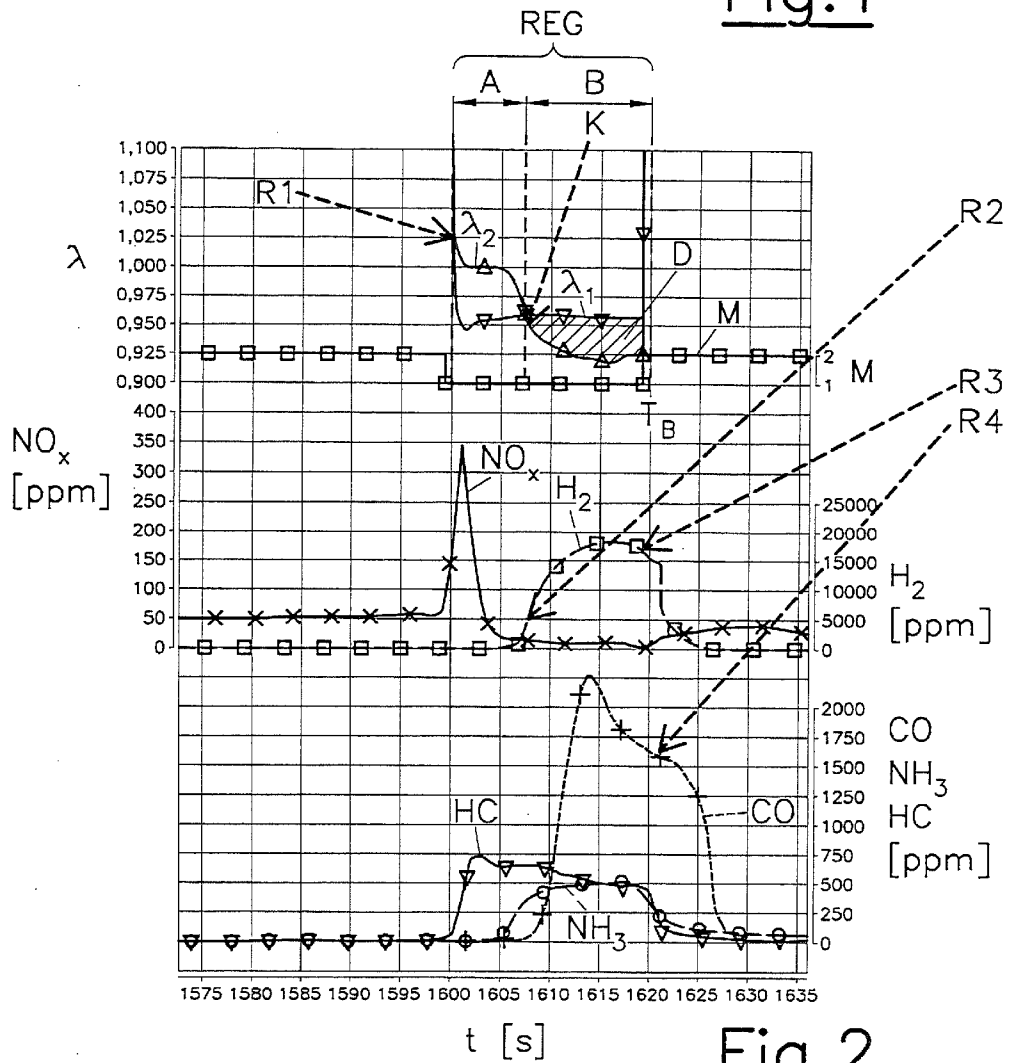


Fig.2

[0048]