(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 103 48 799 A1** 2004.06.17

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **103 48 799.9**
(22) Anmeldetag: **21.10.2003**
(43) Offenlegungstag: **17.06.2004**

(51) Int Cl.[7]: **F01N 3/28**
F01N 3/20, F01N 3/08

(30) Unionspriorität:
10/301137 21.11.2002 US

(71) Anmelder:
Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich., US

(74) Vertreter:
Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel, 80538 München

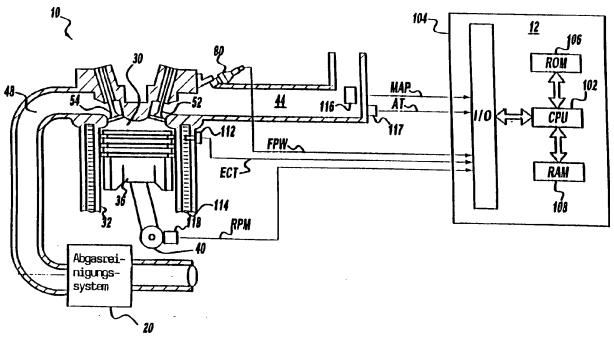
(72) Erfinder:
Tennison, Paul Joseph, Oak Park, Mich., US; Laing, Paul M., Canton, Mich., US; Lambert, Christine Kay, Westland, Mich., US; Hammerle, Robert Henry, Franklin, Mich., US; Ruona, William Charles, Farmingtion Hills, Mich., US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Abgasnachbehandlungssysteme**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein System für effektive NO_x- und Partikelmaterial-Steuerung in einem Diesel- oder sonstigen Innenverbrennungsmagermotoren vorgestellt. Das System umfaßt einen harnstoffbasierten SCR-Katalysator mit einem stromauf desselben angeschlossenen Oxidationskatalysator und einem stromab vom SCR-Katalysator angeschlossenen Partikelfilter. Diese Systemkonfiguration erreicht aufgrund des raschen Aufwärmens des SCR-Katalysators und höherer Betriebstemperaturen eine verbesserte NO_x-Umwandlung. Zusätzlich reduziert das Anbringen des Partikelfilters als letztes Element dieser Systemkonfiguration Auspuffendrohr-Ammoniakemissionen, und des weiteren werden aufgrund der Partikelfilterregenerierung etwaige thermische Schäden am SCR-Katalysator verhindert.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Abgasreinigungssystem für Diesel- und sonstige Fahrzeuge mit Magermotoren und insbesondere auf eine im Hinblick auf verbesserte Abgasreinigung konstruierte neuartige Systemkonfiguration.

Hintergrund und Zusammenfassung der Erfindung

[0002] Die aktuellen Abgasvorschriften erfordern in den Abgassystemen von Kraftfahrzeugen die Verwendung von Katalysatoren, um Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoffe (HC) und Stickoxide (NOx), die während des Motorbetriebes entstehen, in keinen Bestimmungen unterliegende Abgase umzuwandeln. Mit Diesel- oder sonstigen Magermotoren ausgerüstete Fahrzeuge bieten den Vorteil verbesserter Kraftstoffökonomie, jedoch ist in solchen Systemen die Beherrschung von NOx-Emissionen aufgrund des hohen Anteils von Sauerstoff im Abgas schwierig. In diesem Zusammenhang sind Katalysatoren für selektive katalytische Reduktion (SRC-Katalysatoren), bei denen NOx durch aktives Einspritzen eines Reduktants, wie z.B. Harnstoff, in die in den Katalysator eintretende Abgasmischung kontinuierlich entfernt wird, für die Erreichung hoher NOx-Umwandlungswirkungsgrade bekannt. In Zukunft werden wegen stringenteren Abgasvorschriften die meisten Dieselfahrzeuge auch einen Partikelfilter aufweisen müssen, um Partikelmaterial (PM) zurückzuhalten und zu verbrennen.

Stand der Technik

[0003] Ein typisches Magermotor-Abgasnachbehandlungssystem wird in WO 99/39809 beschrieben und umfaßt einen Oxidationskatalysator für das Oxidieren von NO, CO und HC in der Motorabgasmischung, auf den stromab ein Partikelfilter folgt. Der Partikelfilter speichert Partikelmaterial, wie z.B. Ruß, und erfordert eine periodische Regenerierung bei hohen Temperaturen. Stromab vom Partikelfilter ist ein SCR-Katalysator angeordnet.

[0004] Die Erfinder haben einige Nachteile bei der Vorgehensweise nach dem Stand der Technik erkannt. Da der SCR-Katalysator bei dieser Konfiguration am weitesten entfernt von dem Motor liegt, gibt es eine beträchtliche Verzögerung beim Erreichen von Light-oft-Temperaturen, womit der NO_x-Umwandlungswirkungsgrad des Systems schädlich beeinflußt wird. Da des weiteren der Partikelfilter bei hohen Temperaturen regeneriert werden muß, müssen zusätzliche Kühlmittel eingesetzt werden, um das aus dem Partikelfilter austretende heiße Abgas zu kühlen, um irreversiblen thermischen Schaden am SCR-Katalysator zu verhindern. Noch ein weiterer Nachteil des Systems nach dem Stand der Technik liegt darin, daß nicht das gesamte Ammoniak im SCR-Katalysator genutzt werden kann und es demzufolge möglicherweise in die Atmosphäre austritt.

Aufgabenstellung

[0005] Erfindungsgemäß wird ein System vorgestellt, das eine wirksame Beherrschung von NO_x- und Partikelmaterial-Emissionen bei einem Magermotor, wie z.B. einem Dieselmotor, erreicht und gleichzeitig die Nachteile des Standes der Technik überwindet. Das System umfaßt einen Oxidationskatalysator, einen Katalysator für die selektive katalytische Reduktion (SCR-Katalysator), der stromab von dem genannten Oxidationskatalysator angeschlossen ist, und einen stromab von dem genannten SCR-Katalysator angeschlossenen Partikelfilter. Diese Anordnung der Abgassystemkomponenten ergibt einen verbesserten NO_x-Umwandlungswirkungsgrad, reduzierte Emissionen von Ammoniak im Auspuffendrohr und minimiert den auf der Partikelfilterregenerierung beruhenden Kraftstoffverbrauchsnachteil.

[0006] Bei einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist der Partikelfilter ein katalysierter Partikelfilter, welcher einen Washcoat aus Edelmetall, wie z.B. Platin, enthält.

[0007] Bei einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Ammoniak-Reinigungskatalysator zwischen dem SCR-Katalysator und dem Partikelfilter angeordnet, um selektiv etwaiges Ammoniak, das aus dem SCR-Katalysator austritt, in Stickstoff umzuwandeln.

[0008] Nach noch einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein zweiter Oxidationskatalysator zwischen dem SCR-Katalysator und dem Partikelfilter angeordnet, um zusätzliche Hitze für die PM-Verbrennung im Partikelfilter zu erzeugen.

[0009] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß ein verbesserter NO_x-Umwandlungswirkungsgrad dadurch erreicht wird, daß der SCR-Katalysator im Vergleich zu Systemen nach dem Stand der Technik weiter stromauf angeordnet wird, da es dadurch zu einer schnelleren Erwärmung des SCR-Katalysators und zu höheren Betriebstemperaturen desselben kommt.

[0010] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß das Plazieren des Partikelfilters so weit stromab wie möglich das Risiko des thermischen Schadens bei anderen Abgasreinigungssystemkomponenten während der Filterregenerierung beseitigt.
[0011] Noch ein Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, daß Ammoniak, das aus dem SCR-Katalysator austritt, im Partikelfilter oxidiert wird, wodurch es zu geminderten Abgaben von Ammoniak im Auspuffendrohr kommt.

Ausführungsbeispiel

[0012] Weitere erfindungswesentliche Merkmale gehen aus der nachfolgenden Beschreibung hervor, in der mit Bezug auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele erläutert werden. In den Zeichnungen zeigen:
[0013] **Fig.** 1A und 1B schematische Diagramme eines Motors, bei dem die Erfindung vorteilhaft eingesetzt wird;
[0014] **Fig.** 2A-2C schematische Diagramme beispielhafter Ausführungsformen eines Abgasreinigungssystems nach der vorliegenden Erfindung;
[0015] **Fig.** 3 ein Diagramm eines beispielhaften Reduktantzuführsystems nach der vorliegenden Erfindung;
[0016] **Fig.** 4 eine beispielhafte Routine für die Regelung der Temperatur eines Heizelements eines in den **Fig.** 3A – 3C beschriebenen Reduktantzuführsystems;
[0017] **Fig.** 5 und 6 die Beschreibung einer beispielhaften Routine und einer Veränderungskurve zur Bestimmung einer der Abgasnachbehandlungsvorrichtung einzuspritzenden Reduktantmenge nach der vorliegenden Erfindung;
[0018] **Fig.** 7 eine beispielhafte Routine für die Regenerierung des SCR-Katalysators nach der vorliegenden Erfindung; und
[0019] **Fig.** 8 eine beispielhafte Routine für die Partikelfilterregenerierung nach der vorliegenden Erfindung.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0020] Ein Innenverbrennungsmotor **10**, welcher eine Mehrzahl von Zylindern aufweist, von denen ein Zylinder in **Fig.** 1 gezeigt wird, wird von einem elektronischen Motorsteuergerät **12** gesteuert. Der Motor **10** weist einen Verbrennungsraum **30** und Zylindenränder **32** mit darin angeordneten und mit der Kurbelwelle **40** verbundenem Kolben **36** auf. Der Verbrennungsraum **30** steht über jeweilige Einlaßventile **52** und Auslaßventile **54** mit einem Ansaugkrümmer **44** und einem Auspuffkrümmer **48** in Verbindung. Der Ansaugkrümmer **44** wird weiter so dargestellt, daß damit ein Kraftstoffinjektor **80** verbunden ist, um proportional zur Impulsbreite eines Signals FPW aus dem Steuergerät **12** Kraftstoff zuzuführen. Sowohl die durch das Signal FPW geregelte Kraftstoffmenge als auch der Einspritzzeitpunkt können angepaßt werden. Kraftstoff wird dem Kraftstoffinjektor **80** durch ein (nicht gezeigtes) Kraftstoffsystem zugeführt, welches einen Kraftstofftank, eine Kraftstoffpumpe und ein (nicht gezeigtes) Kraftstoffverteilerrohr aufweist.
[0021] Das Steuergerät **12** wird in **Fig.** 1A als ein an sich bekannter Mikrocomputer dargestellt, welcher aufweist: eine Mikroprozessoreinheit **102**, Eingangs-/Ausgangsanschlüsse **104**, einen nicht löschbaren Festwertspeicher **106**, einen Direktzugriffsspeicher **108** und einen herkömmlichen Datenbus. Das Steuergerät **12** erhält zusätzlich zu den vorstehend erörterten Signalen verschiedene Signale aus den mit dem Motor **10** verbundenen Sensoren, einschließlich: Motorkühlmitteltemperatur (ECT) durch den mit dem Kühlmantel **114** verbundenen Temperatursensor **112**, eine Messung des Krümmerdrucks (MAP) durch den mit dem Ansaugkrümmer **44** verbundenen Drucksensor **116**, eine Messung (AT) der Krümmertemperatur durch den Temperatursensor **117**; ein Motordrehzahlsignal (RPM) durch den mit der Kurbelwelle **40** verbundenen Motordrehzahlsensor **118**.
[0022] Ein Abgasreinigungssystem **20**, das mit einem Auspuffkrümmer **48** verbunden ist, und mehrere beispielhafte Ausführungsformen des Systems nach der vorliegenden Erfindung werden unter besonderer Bezugnahme auf die **Fig.** 2A bis 2C beschrieben.
[0023] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 1B wird nun ein alternatives Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem der Motor **10** ein Motor mit Direkteinspritzung ist, wobei der Injektor **80** so angeordnet ist, daß er Kraftstoff direkt in den Zylinder **30** einspritzt.
[0024] Es wird auf **Fig.** 2A Bezug genommen. Das Abgasreinigungssystem **20** weist einen harnstoffbasierten Katalysator für selektive katalytische Reduktion (SCR-Katalysator) auf, bei dem stromauf desselben ein Oxidationskatalysator **13** und stromab desselben ein Partikelfilter **15** angeschlossen ist. Der SCR-Katalysator ist vorzugsweise eine Basismetall-/Zeolit-Formulierung mit optimalem NO_x-Umwandlungswirkungsgrad im Bereich von 200 bis 500°C. Ein Reduktant, wie z.B. wäßriger Harnstoff, ist in einem (nicht gezeigten) Vorratsbehälter untergebracht und wird einem (nachstehend unter besonderer Bezugnahme auf die **Fig.** 3A bis 3C beschriebenen) stromauf vom SCR-Katalysator **14** mit dem Auspuffkrümmer **48** verbundenen Reduktantzuführsystem **16** zugeführt. Das Reduktant wird über eine Pumpe durch ein Steuerventil dosiert, wobei sowohl die Pumpe als auch das Ventil durch das Steuergerät **12** gesteuert werden. Luft und Reduktant werden in das Re-

duktantzuführsystem eingespritzt und durch das erhitzte Element verdampft, wobei der daraus resultierende Dampf in die in den SCR-Katalysator eintretende Abgasmischung eingeleitet wird. Alternativ können beliebige andere dem Fachmann bekannte Mittel herangezogen werden, um einer Abgasnachbehandlungsvorrichtung Reduktant zuzuführen.

[0025] NO_x-Sensoren NOx_1 (**17**) stromauf und NOx_2 (**18**) stromab vom SCR-Katalysator sind in dem Weg des in den SCR-Katalysator eintretenden und diesen verlassenden Abgases angeschlossen. Die Werte dieser Sensoren werden vom Steuergerät **12** ausgelesen und können dazu verwendet werden, den NO_x-Umwandlungswirkungsgrad des SCR-Katalysators zu bestimmen. Alternativ kann der NOx_1-Sensor **17** wegbleiben, und die Menge an NO_x in der in den SCR-Katalysator eintretenden Abgasmischung kann auf der Grundlage von Motordrehzahl, Motorlast, Abgastemperatur oder eines beliebigen anderen Parametern geschätzt werden, von dem der Fachmann weiß, daß er die NO_x-Erzeugung des Motors beeinflußt.

[0026] Der Oxidationskatalysator **13** ist ein Edelmetallkatalysator, vorzugsweise ein Platin enthaltender Katalysator, für die schnelle Umwandlung von Kohlenwasserstoffen (HC), Kohlenmonoxid (CO) und Stickstoffdioxid (NO) im Motorabgas. Der Oxidationskatalysator wird auch dazu verwendet, Hitze für das rasche Erwärmen des SCR-Katalysator **14** zu liefern, was dadurch bewirkt wird, daß die HC-Konzentration des in den Oxidationskatalysator eintretenden Abgases erhöht wird, wobei eine Exotherme geschaffen wird, wenn das zusätzliche HC über den Oxidationskatalysator reduziert wird. Dies kann beispielsweise durch Einspritzung in den Zylinder entweder während des Arbeitshubs und/oder des Auspuffhubs des Motors (bei einem Motor mit Direkteinspritzung) oder mit einer beliebigen Anzahl sonstiger Alternativen bewirkt werden, wie z.B. Verzögerung des Einspritzzeitpunkts, Erhöhung der Abgasrückführung und der Ansaugdrosselung oder beliebige sonstige Mittel, von denen der Fachmann weiß, daß sie die HC-Konzentration im Abgas erhöhen. Alternativ können Kohlenwasserstoffe direkt in den in den Oxidationskatalysator eintretenden Abgasstrom unter Verwendung von dem Fachmann bekannten Mitteln eingespritzt werden. Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann ein Reduktantzuführsystem, wie z.B. das unter besonderer Bezugnahme auf die **Fig.** 3A bis 3C beschriebene System, dazu verwendet werden, dem Oxidationskatalysator HC aus dem Kraftstofftank oder einem Vorratsbehälter zuzuführen, um zusätzliche Hitze für das Erwärmen des SCR-Katalysators zu erzeugen.

[0027] Der Partikelfilter (PF) **15** ist stromab vom SCR-Katalysator angeschlossen und wird dazu verwendet, Partikelmaterial (Ruß) zurückzuhalten, das während des Fahrzyklus des Fahrzeuges erzeugt wird. Der Partikelfilter kann aus einer Mehrzahl von Materialien hergestellt werden, hierin eingeschlossen Cordierit, Siliziumcarbid und sonstige Hochtemperatur-Oxid-Keramik-Materialien. Wenn die Rußansammlung einen vorbestimmten Wert erreicht hat, wird die Regenerierung des Filters notwendig. Die Filterregenerierung wird dadurch bewirkt, daß der Filter auf eine Temperatur erhitzt wird, bei der Rußpartikel mit einer im Vergleich zur Ablagerung neuer Rußpartikel höheren Geschwindigkeit verbrannt werden, beispielsweise 400 bis 600°C. Die Erfinder haben erkannt, daß die Verwendung von motorseitigen Mitteln zur Erhöhung der Partikelfiltertemperatur auf die Regenerierungstemperatur möglicherweise zu Schäden an dem bei der Systemkonfiguration nach der vorliegenden Erfindung stromauf gelegenen SCR-Katalysator führen kann. Entsprechend haben die Erfinder erkannt, daß der Filter durch zusätzliche Kohlenwasserstoffeinspritzung stromab vom SCR-Katalysator regeneriert werden könnte. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Reduktantzuführsystem, wie es unter besonderer Bezugnahme auf die **Fig.** 3A bis 3C beschrieben wird, zwischen dem SCR-Katalysator und dem Partikelfilter mit dem Abgaskrümmer verbunden, um eine verdampfte Mischung von Kohlenwasserstoff und Luft in den Partikelfilter einzuleiten, wodurch Regenerierungstemperaturen erreicht werden. Ein beispielhaftes Verfahren für die Partikelfilterregenerierung nach der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter besonderer Bezugnahme auf **Fig.** 5 beschrieben. Bei einer bevorzugten Ausführungsform kann der Partikelfilter ein katalysierter Partikelfilter sein, welcher einen Washcoat aus Edelmetall enthält, wie z.B. Platin, um die Rußverbrennungstemperatur abzusenken und um des weiteren Kohlenwasserstoffe und Kohlenmonoxid zu Kohlendioxid und Wasser zu oxidieren.

[0028] Dementsprechend kann nach der vorliegenden Erfindung eine verbesserte Abgasreinigung dadurch erreicht werden, daß stromauf von einem harnstoffbasierten SCR-Katalysator ein Oxidationskatalysator und stromab vom SCR-Katalysator ein Partikelfilter angeordnet werden. Diese Systemkonfiguration stellt ein rasches Erwärmen des SCR-Katalysators über eine Exotherme sicher, der durch den stromauf gelegenen Oxidationskatalysator und die höhere Abgastemperatur während des Betriebs des Fahrzeuges mit geringer Last geschaffen wird. Da darüber hinaus der Partikelfilter stromab vom SCR-Katalysator angeordnet ist, gibt es keine Gefahr der thermischen Beschädigung des SCR-Katalysators während der Filterregenerierung, und demzufolge sind getrennte Kühlmittel nicht erforderlich. Darüber hinaus mindert der Partikelfilter die Abgabe von Ammoniak in die Atmosphäre, indem Ammoniak, das möglicherweise aus dem SCR-Katalysator austritt, oxidiert wird.

[0029] **Fig.** 2B zeigt eine alternative Ausführungsform eines Abgasreinigungssystems nach der vorliegenden Erfindung, wobei ein zusätzlicher Oxidationskatalysator **19** stromauf vom Partikelfilter plaziert wird, um die Rußverbrennungstemperaturen abzusenken. Der Oxidationskatalysator kann ein getrennter Katalysator sein, oder er kann mit dem Partikelfilter integriert werden, idem er auf den (nicht gezeigten) Partikelfiltereingang

durch Washcoating aufgebracht wird. Dieses Washcoating reduziert die Gesamtgröße des Systems und verbessert sein thermisches Management.

[0030] **Fig.** 2C zeigt noch eine weitere alternative Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, bei der ein Ammoniakreinigungskatalysator **20** zwischen dem SCR-Katalysator und dem Partikelfilter angeordnet ist. Der Ammoniakreinigungskatalysator wandelt selektiv einen Teil des Ammoniaks, der möglicherweise aus dem SCR-Katalysator austritt, in Stickstoff um. Dies erhöht den Gesamt-NO_x-Umwandlungswirkungsgrad des Systems, da verhindert wird, daß der Partikelfilter ausgetretenes Ammoniak in NO_x umwandelt.

[0031] Das Diagramm der **Fig.** 3A stellt allgemein ein Beispiel einer Ausführungsform eines Reduktantzuführsystems nach der vorliegenden Erfindung dar. Das Reduktant kann direkt aus dem Kraftstofftank oder aus einer getrennten Vorratseinheit zugeführt werden. Das System kann dazu verwendet werden, wäßrigen Harnstoff dem SCR-Katalysator zuzuführen, um die NO_x-Reduktion zu erleichtern. Zusätzlich kann das Reduktantzuführsystem dazu verwendet werden, zusätzliche Kohlenwasserstoffe zuzuführen, um den Partikelfilter zu regenerieren. Das System weist eine Verdampfereinheit **21** auf, welche ein längliches Heizelement **22** umschließt. In diesem Beispiel ist das Heizelement ein elektrisch beheiztes zylinderförmiges Heizelement. Alternativ könnte das Heizelement rechteckig geformt sein, um seine Oberflächenkontaktfläche mit der eingespritzten Reduktant- und Luftmischung zu vergrößern. Bei noch einem weiteren (nicht gezeigten) alternativen Ausführungsbeispiel könnte, wenn das Reduktantzuführsystem dazu verwendet wird, dem SCR-Katalysator wäßrigen Harnstoff zuzuführen, eine hydrolysierende Katalysatorbeschichtung zur Verdampfereinheit hinzugefügt werden, wie z.B. eine Beschichtung auf der Innenfläche des Heizelementgehäuses, oder eine katalytische Kappe an dem Punkt, an dem die verdampfte Reduktant- und Luftmischung in den Auspuffkrümmer eintritt. Die große Nähe des hydrolysierenden Katalysators dient dazu, die Gesamtproduktion von NH_3 zu erhöhen, indem HNCO in NH_3 umgewandelt wird. Wenn alternativ das System dazu verwendet wird, Kohlenwasserstoffe für die Partikelfilterregenerierung zuzuführen, kann eine oxidierende katalytische Beschichtung hinzugefügt werden, um die CO-Erzeugung zu erleichtern. Das Steuergerät **12** regelt die Temperatur des Heizelements durch Lieferung eines PWM-Signals mit verschiedenen Einschaltzyklen. Der Einschaltzyklus des PWM-Steuersignals an das Heizelement wird aufgrund einer abgespeicherten Tabelle basierend auf Betriebsbedingungen festgelegt, um die gewünschte Heizelementtemperatur für ein optimales Verdampfen/Zerlegen des eingespritzten Reduktants zu erreichen. Die Mischeinheit **23** weist einen Reduktanteinlaß und einen Lufteinlaß sowie einen Auslaß **24** auf, der mit der Verdampfereinheit verbunden ist und über den eine Mischung aus Reduktant und Luft in das Gehäuse eingespritzt wird und anschließend mit der Oberfläche des Heizelements **22** in Kontakt kommt.

[0032] Bei einem (nicht gezeigten) alternativen Ausführungsbeispiel können sowohl Luft als auch Reduktant durch einen einzelnen Einlaß eingespritzt werden. Die Luftpumpe **25** liefert Druckluft an die Mischeinheit **23**, wodurch eine Mischung von Reduktant und Luft geschaffen wird. Der Auslaß **24** ist so ausgebildet, daß er die Reduktant- und Luftmischung zu mehr als einer Fläche an der Oberfläche des Heizelements führt. Das Steuergerät **12** kann abhängig von Betriebsbedingungen, wie z.B. Motordrehzahl, Motorlast, Abgastemperatur usw., wahlweise die Einspritzung der Mischung in diese Bereiche aktivieren und deaktivieren. Beispielsweise kann es, wenn die erforderliche Reduktantmenge groß ist, wie z.B. bei Zuständen hoher Last, notwendig sein, die Zuführung der Reduktant- und Luftmischung zu mehr als einem Bereich auf der Oberfläche des Heizelements zu aktivieren. Alternativ kann der Auslaß **24** so konfiguriert sein, daß er die Reduktant- und Luftmischung zu einem bestimmten Bereich auf der Oberfläche des (nicht gezeigten) Heizelements führt.

[0033] **Fig.** 3B zeigt eine alternative Konstruktion des Heizelementgehäuses. Wie in der Zeichnung zu sehen ist, wird das Heizelement von einem Zuführrohr umschlossen, dessen Innendurchmesser groß genug ist, um das Heizelement aufzunehmen. Das Zuführrohr weist einen engen, in dasselbe gebohrten Kanal auf, der als Durchlaß für die Luft- und Reduktantmischung dient. Die Luft- und Reduktantmischung wird in den engen Kanal eingespritzt und wird durch die durch das eingeschlossene Heizelement gelieferte Hitze rasch verdampft, ohne in direkten Kontakt mit seiner Oberfläche zu kommen. Bei dieser Ausführungsform wird die Lebensdauer des Heizelements weiter verbessert, da die Reduktant- und Luftmischung niemals in direkten Kontakt mit seiner Oberfläche kommt, und somit treten Lack- und Rußablagerungen nicht auf. Das Zuführrohr weist an seinem Ende eine oder mehrere Öffnungen auf, durch die die verdampfte Reduktant- und Luftmischung in den Auspuffkrümmer eintritt.

[0034] **Fig.** 3C zeigt ein alternatives Ausführungsbeispiel des in **Fig.** 3B gezeigten Heizelementgehäuses, bei dem ein poröser oxidierender katalytischer Einsatz am Kopf des Zuführrohrs angeordnet wird, und eine oder mehrere Öffnungen werden in das Zuführrohr längs seiner Länge gebohrt und mit porösem katalytischen Material verschlossen.

[0035] Wie für den Fachmann leicht erkennbar ist, können die anhand der **Fig.** 4 bis 5 und 7 bis 8 beschriebenen Routinen eine oder mehrere einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien darstellen, wie z.B. ereignisgetriebene, unterbrechungsgetriebene, Multi-Tasking-, Multi-Threading- und ähnliche Strategien. Entsprechend können verschiedene dargestellte Schritte oder Funktionen in der dargestellten Abfolge oder parallel ausgeführt oder in einigen Fällen weggelassen werden. Analog muß die Reihenfolge der Verarbeitung

nicht unbedingt eingehalten werden, um die Ziele, Merkmale und Vorteile der Erfindung zu erreichen, diese werden lediglich für Zwecke der Erläuterung und Beschreibung geliefert. Obwohl dies nicht ausdrücklich dargestellt wurde, wird der Fachmann erkennen, daß einer oder mehrere der dargestellten Schritte oder Funktionen abhängig von der besonderen jeweils genutzten Strategie mehrfach ausgeführt werden können.

[0036] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 4 wird nunmehr eine beispielhafte Routine für die Regelung der Temperatur des Heizelements des Reduktantzuführsystems nach der vorliegenden Erfindung beschrieben. Zunächst wird im Schritt 100 die gewünschte Heizelementtemperatur T_{des} bestimmt. Diese Bestimmung beruht darauf, welche Funktion das Reduktantverdampfersystem ausführt, beispielsweise ob die in die Verdampfereinheit eingespritzte Reduktant- und Luftmischung verdampft oder verbrannt werden muß. Als nächstes geht die Routine weiter zum Schritt 200, bei dem Betriebsbedingungen, von denen bekannt ist, daß sie eine Auswirkung auf die Heizelementtemperatur haben, wie z.B. die Abgastemperatur, bewertet werden. Die Abgastemperatur kann aufgrund eines im Auspuffkrümmer angeordneten Temperatursensors festgestellt oder aufgrund von Parametern, wie Motordrehzahl, Motorlast, Motortemperatur, Zündzeitpunkt usw. geschätzt werden. Als nächstes wird im Schritt 300 aufgrund von Betriebsbedingungen, wie z.B. im vorliegenden Beispiel der Abgastemperatur, und aufgrund eines abgespeicherten, durch Versuche erarbeiteten Temperaturkennfelds ein optimaler Einschaltzyklus zur Erreichung der gewünschten Heizelementtemperatur für das Heizelement bestimmt. Die Routine geht dann zum Schritt 400 weiter, bei dem der Einschaltzyklus des Heizelementsteuersignals so eingestellt wird, daß die gewünschte Heizelementtemperatur erreicht wird. Die Routine ist dann abgeschlossen.

[0037] Durch Erzeugen eines Kennfeldes der Heizelementtemperatur aufgrund von Betriebsbedingungen, wie z.B. der Abgastemperatur, oder eines beliebigen Parameters, von dem bekannt ist, daß er die Temperatur des erhitzten Elements beeinflußt, ist es dementsprechend möglich, die Temperatur des Heizelements dynamisch zu regeln, um eine optimale Abgabe von Reduktant- und Luftmischung zu erreichen und gleichzeitig den Stromverbrauch zu minimieren sowie eine Überhitzung des Heizelements zu verhindern. Mit anderen Worten ist es möglich, die Hitze, die von dem durch das Reduktantzuführsystem strömenden Abgas geliefert wird, zu nutzen, wenn die Temperatur des Heizelements geregelt wird. Beispielsweise führt eine höhere Abgastemperatur zu geringem Strombedarf, während eine niedrigere Abgastemperatur zu höherem Strombedarf führt. Es ist auch möglich, die Stromzufuhr vollständig abzustellen, wenn die Abgastemperatur hoch genug ist, um das Heizelement bei der gewünschten Temperatur zu haften, wie z.B. in einem Zustand mit hoher Motorlast. Wenn das Reduktantzuführsystem dazu verwendet wird, den Partikelfilter zu regenerieren, ist es alternativ möglich, die Temperatur des Heizelements so anzupassen, daß bewirkt wird, daß die eintretende Mischung von Kohlenwasserstoff und Luft verbrennt, um den Filter rasch auf hohe Temperaturen zu erhitzen.

[0038] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 5 wird nunmehr eine beispielhafte Routine der Regelung der Einspritzung eines Reduktants in den SCR-Katalysator unter Verwendung eines Reduktantzuführsystems, wie in den **Fig.** 3A bis 3C beschrieben, vorgestellt. Zunächst wird im Schritt 500 die Menge an NO_x in der in die Vorrichtung eintretenden Abgasmischung NOx_{fg} auf der Grundlage von Motorbetriebsbedingungen geschätzt. Diese Bedingungen können Motordrehzahl, Motorlast, Abgastemperaturen, Temperaturen der Abgasnachbehandlungsvorrichtung, Einspritzzeitpunkt, Motortemperatur und sonstige Parameter umfassen, von denen der Fachmann weiß, daß sie geeignet sind, die Menge des durch die Verbrennungsdrücke produzierten NO_x anzuzeigen. Alternativ kann ein NO_x-Sensor dazu verwendet werden, die Menge an NO_x in der Abgasmischung zu messen. Als nächstes wird im Schritt 600 die Reduktanteinspritzmenge RA_{inj_1} bei konstanten Bedingungen auf der Grundlage folgender Gleichung berechnet:

$$\frac{(RA_{fg} + RA_{inj_1})}{NOx_{fg}} = R_{des}$$

worin RA_{fg} die Menge an Reduktant im Motorzuführgas ist, die auf der Grundlage von Motorbetriebsbedingungen bestimmt werden kann. Diese anfängliche Reduktantmenge RA_{inj_1} wird bei konstanten Bedingungen evaluiert und ergibt eine Basisreduktantmenge, welche für jeden Motordrehzahl- und Motorlastpunkt einzuspritzen ist. Die Menge wird kalibriert, um ein bestimmtes Zuführgas/NO_x-Verhältnis R_{des} zu erreichen. Das Verhältnis wird typischerweise als Ergebnis einer Abwägung zwischen NO_x-Umwandlung und Kraftstoffverbrauchsnachteil aufgrund der Reduktanteinspritzung bestimmt, und in diesem Beispiel wird es auf ungefähr 10 eingestellt. Anschließend wird im Schritt 700 die Basis-Reduktanteinspritzmenge RA_{inj_1} bei konstanten Bedingungen modifiziert, um Motorbetriebsbedingungen, wie Motorkühlmitteltemperatur T_c, Abgastemperatur T_{eg}, EGR-Ventilstellung EGR_{pos}, Beginn der Einspritzung SOI und sonstige Parameter, zu berücksichtigen:

$$RA_{inj_2} = RA_{inj_1} \cdot f_1(T_c) \cdot f_2(T_{eg}) \cdot f_3(SOI) \cdot f_4(EGR_{pos})$$

[0039] Die Routine geht dann weiter zum Schritt 800, wo die momentane Veränderung der Gaspedalstellung wie folgt berechnet wird:

$$pps_diff(t) = \frac{(pps(t) - pps(t-1))}{T_s}$$

worin T_s die Samplingrate ist und pps(t) die Gaspedalstellung beim Zeitpunkt t angibt. Als nächstes wird im Schritt 900 ein Tiefpaßfilter angewandt, um Störeinflüsse zu dämpfen:

$$pps_diff_lp(t) = (1 - k_f) \cdot pps_diff_lp(t-1) + k_f \cdot pps_diff(t-1)$$

worin k_f die Rate der Filterung regelt. Die Routine geht dann weiter zum Schritt 1000, wo die Reduktantmenge weiter modifiziert wird, um transientes Motorverhalten zu berücksichtigen, wie dies durch die Veränderungen bei der Gaspedalstellung dargestellt wurde:

$$RA_{inj_3} = RA_{inj_2} \cdot f_5(pps_diff_lp)$$

worin die Funktion f_5 gebildet wird, um ein verstärktes Einspritzen von Reduktant während des Niedertretens des Gaspedals und ein vermindertes Einspritzen von Reduktant während des Loslassens des Gaspedals zu erlauben. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel können anstelle der Gaspedalstellung die Motordrehzahl oder der Kraftstoffbedarfssensor oder jeder andere Parameter, von dem der Fachmann weiß, daß er geeignet ist, eine Messung des transienten Motorverhaltens zu liefern, verwendet werden, um RA_{inj_3} zu erhalten. Als nächstes wird im Schritt 1100 die gewünschte Temperatur des Heizelements wie unter besonderer Bezugnahme auf **Fig.** 4 beschrieben angepaßt, um dadurch eine optimale Temperatur für die Reduktant- und Luftmischungsverdampfung zu erreichen. Die Routine geht dann weiter zum Schritt 1200, bei dem RA_{inj_3} und Luft dem Reduktantzuführsystem zugeführt werden. Bei einer alternativen Ausführungsform könnten die Bereiche an der Oberfläche des Heizelements, in die eine Reduktant- und Luftmischung eingespritzt wird, aufgrund eines abgespeicherten Kennfeldes für die Werte des abzugebenden Reduktants ausgewählt werden, wobei dies auf Parametern beruht, wie der Menge des zuzuführenden Reduktants, Motorlast, Drehzahl, Abgastemperatur, Katalysatortemperatur, Drosselklappenstellung usw. Beispielsweise kann es bei hohen Motorlasten wünschenswert sein, die Reduktant- und Luftmischung schneller einzuspritzen als bei niedrigen Motorlasten, und demzufolge wird in diesem Fall die Zuführung zu mehreren Bereichen aktiviert. Die Routine ist damit beendet. Ein Beispiel von f_5 wird mit besonderer Bezugnahme auf **Fig.** 6 gezeigt.

[0040] Demzufolge sollte erfindungsgemäß für die Erreichung eines verbesserten Wirkungsgrades des SCR-Katalysators die einzuspritzende Reduktantmenge angepaßt werden, um Änderungen bei der Menge an NOx im Motorabgas zu berücksichtigen, die durch transientes Verhalten des Motors verursacht werden. Dies wird durch kontinuierliches Überwachen der Motorparameter, die es ermöglichen, eine Messung des transienten Motorverhaltens, wie z.B. ein Gaspedalstellungssensor, zu liefern, und Anpassen der einzuspritzenden Reduktantmenge als Funktion von gefilterten momentanen Änderungen bei diesen Parametern ergänzt werden. Da die NO_x-Produktion typischerweise beim Niedertreten des Gaspedals erhöht und beim Loslassen des Gaspedals gemindert wird, würde das Ergebnis eines solchen Betriebes in ersterem Fall die Erhöhung der Basiseinspritzmenge und in letzterem Fall die Verminderung der Basiseinspritzmenge sein. Des weiteren stellt die Verwendung einer Reduktantzuführeinheit eine schnelle Systemreaktion, einen effizienteren Systembetrieb, bessere Abgasreinigung und verbessertes Kraftstoffverbrauchsverhalten sicher.

[0041] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 7 wird nun eine beispielhafte Routine für die SCR-Katalysator-Regenerierung nach der vorliegenden Erfindung beschrieben. Zunächst wird im Schritt 1300 der NO_x-Umwandlungswirkungsgrad des Katalysators entsprechend der folgenden Gleichung geschätzt.

$$\eta_{NOx} = \frac{NOx_1 - NOx_2}{NOx_1}$$

[0042] Als nächstes wird im Schritt 1400 η_{NOx} mit einem Basisumwandlungswirkungsgrad η_{base} verglichen, um festzustellen, ob die SCR-Katalysatorleistung nachgelassen hat. Bei einer alternativen Ausführungsform kann die Entscheidung über die SCR-Regenerierung auf der Grundlage der Anzahl der gefahrenen Kilometer, der Anzahl von Kaltstarts oder einer geschätzten Gesamtmenge von HC im dem SCR-Katalysator seit der letzten Regenerierung zugeführten Gas erfolgen, womit das Erfordernis von NO_x-Sensoren stromauf und stromab des SCR-Katalysators entfällt. Lautet die Antwort im Schritt 1400 NEIN, ist die Katalysatorleistung nicht beeinträchtigt, und die Routine endet. Lautet die Antwort im Schritt 1400 JA, d.h. die Katalysatorleistung ist beeinträchtigt, geht die Routine weiter um Schritt 1500, bei dem die Temperatur des SCR-Katalysators über eine Regenerierungstemperatur T_{reg} erhöht wird. Die Regenerierungstemperatur kann auf den Siedepunkt von Kohlenwasserstoffen oder auf die Temperatur gesetzt werden, bei der Ruß durch Reagieren mit NO_x oder Sauerstoff in der in den SCR-Katalysator eintretenden Abgasmischung oxidiert wird. Die Erhöhung der Temperatur kann beispielsweise durch Schaffen einer exothermen Reaktion im Oxidationskatalysator durch Einspritzen einer vorbestimmten Menge von Kohlenwasserstoffen oder durch motorbezogene Maßnahmen, wie z.B. Verstellung

des Zündzeitpunktes nach spät, Erhöhung der Abgasrückführung, Schließen einer Ansaugdrosselklappe, oder mittels eines elektrischen Heizgerätes erreicht werden. Die Gesamtmenge an Reduktant und die Dauer der Einspritzung, welche erforderlich sind, um die Katalysatortemperatur auf die gewünschte Temperatur zu erhöhen und während einer ausreichenden Zeitdauer bei der genannten Temperatur zu halten, um die Regenerierung abzuschließen, kann aufgrund eines abgespeicherten Kennfeldes bestimmt werden, das auf Motorbetriebsbedingungen, wie z.B. Motordrehzahl, Motorlast, Katalysatortemperatur, Abgastemperatur, Kühlmitteltemperatur oder einem beliebigen anderen Faktor beruht, von dem der Fachmann weiß, daß er die Menge von Kohlenwasserstoffen beeinflußt, welche erforderlich ist, die gewünschte exotherme Reaktion für eine gewünschte Zeitdauer zu schaffen. Während die SCR-Regenerierung läuft, wird die Menge von Reduktant, die während des normalen Betriebs in den SCR-Katalysator eingespritzt wird, angepaßt, da bei den Regenerierungstemperaturen weniger Ablagerung von Ammoniak im SCR-Katalysator entsteht. Nachdem die Regenerierung abgeschlossen ist, geht die Routine weiter zum Schritt 1600, bei dem der SCR-Katalysator auf einen normalen Temperaturbereich beispielsweise durch Absenken oder Unterbrechen der Kohlenwasserstoffeinspritzung in den Oxidationskatalysator oder durch Veränderung von Motorparametern, wie z.B. Verstellung des Zündzeitpunktes nach früh, abgekühlt wird. Als nächstes wird im Schritt 1700 die Menge des in den SCR-Katalysator eingespritzten Reduktants angepaßt, um das Ammoniak aufzufüllen, das von den SCR-Katalysatorspeicherorten aufgrund der Regenerierung freigesetzt wurde. Motorbetriebsbedingungen, wie z.B. Drehzahl, Last, Katalysatortemperatur, Luftmassendurchsatz usw., werden evaluiert, um eine Zusatzmenge von Ammoniak zu ermitteln, die in den SCR-Katalysator über die anfängliche Menge von Ammoniak einzuspritzen ist, welche erforderlich ist, im SCR-Katalysator NO_x kontinuierlich zu reduzieren. Bei einem alternativen Ausführungsbeispiel kann die Ammoniak-Einspritzmenge kontinuierlich als Funktion der SCR-Katalysatortemperatur angepaßt werden, so daß bei Regenerierungstemperaturen weniger oder kein Ammoniak eingespritzt wird und die Menge der Einspritzung progressiv in dem Maße zunimmt, wie die Temperatur des Katalysators im Anschluß an die Regenerierung abfällt. Auf diese Weise stellt die kontinuierliche Einspritzung in dem Maße, wie Kohlenwasserstoff und Ruß durch den Regenerierungsprozeß aus den SCR-Katalysatorspeicherorten desorbiert werden, Ammoniakeinlagerung an den betreffenden Speicherorten sicher, womit der NO_x-Umwandlungswirkungsgrad des SCR-Katalysators optimiert wird. Die Änderungen bei der Ammoniak-Einspritzmenge werden durch die Katalysatorchemie ebenso geregelt wie durch _ Motorbetriebsparameter, und können aufgrund einer kalibrierbaren Tabelle bestimmt werden.

[0043] Demzufolge ist es erfindungsgemäß möglich, den NO_x-Umwandlungswirkungsgrad eines SCR-Katalysators durch Entfernen von eingelagerten Verunreinigungen, wie z.B. Kohlenwasserstoffen und Ruß, aus seinen Speicherorten zu verbessern. Dies kann durch einen Regenerierungsprozeß erreicht werden, bei dem die Temperatur während einer ausreichenden Zeitdauer innerhalb eines vorbestimmten Temperaturbereiches gehalten wird, um absorbierte Kohlenwasserstoffe abzulösen und Rußablagerungen zu beseitigen. Des weiteren verbessert eine Übereinspritzung von Ammoniak zur Auffüllung von eingelagertem Ammoniak, das während des Regenerierungsprozesses aus dem Katalysator freigesetzt wurde, den NO_x-Umwandlungswirkungsgrad des SCR-Katalysators weiter.

[0044] Unter Bezugnahme auf **Fig.** 8 wird nun ein Beispiel eines Verfahrens für die Regenerierung eines Partikelfilters nach der vorliegenden Erfindung beschrieben. Da bei der bevorzugten Systemkonfiguration der Partikelfilter stromab vom SCR-Katalysator angeordnet ist, ist das Regenerieren des Filters durch Anheben der Abgastemperatur auf der stromauf gelegenen Seite auf die Regenerierungstemperatur durch zusätzliche Kohlenwasserstoffeinspritzung in den Oxidationskatalysator nicht wünschenswert, da dies thermische Schäden am SCR-Katalysator verursachen kann. Die Erfinder haben demzufolge ein neues Verfahren für die Regenerierung eines stromab vom SCR-Katalysator angeordneten Partikelfilters entwickelt, bei dem die Partikelfiltertemperatur auf eine Temperatur erhöht wird, bei der Kohlenwasserstoffe exotherm mit Sauerstoff im Abgas reagieren, und es werden anschließend zusätzliche Kohlenwasserstoffe in den Partikelfilter stromab vom SCR-Katalysator eingespritzt. Die daraus entstehende Exotherme regeneriert den Filter, ohne thermische Schäden am SCR-Katalysator zu verursachen. Zunächst wird im Schritt 1800 die Gesamtpartikelmenge spa, die im Partikelfilter abgelagert ist, ermittelt. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird diese Menge ständig aktualisiert und basiert auf der aktuell abgespeicherten Partikelmenge und der Inkrementmenge von Partikeln, die pro vorbestimmte Samplingzeit während des Verbrennungsprozesses erzeugt wird, was auf der Grundlage von Motorbetriebsbedingungen, wie z.B. Kraftstoffeinspritzmenge und Motordrehzahl, bestimmt wird. Als nächstes geht die Routine weiter zum Schritt 1900, bei dem die Partikelfiltertemperatur T_f geschätzt wird. Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird diese Temperatur unter Verwendung von charakteristischen vorbestimmten abgespeicherten Kennfeldern und basierend auf Motorbetriebsbedingungen geschätzt. Die Motorbetriebsparameter umfassen Motordrehzahl, Kraftstoffeinspritzmenge, Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und Motortemperatur. Jedes andere dem Fachmann bekannte Verfahren für die Schätzung einer Temperatur einer Abgasreinigungsvorrichtung kann in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung vorteilhaft genutzt werden. Als nächstes erfolgt im Schritt 2000 eine Feststellung, ob der Partikelfilter regeneriert werden sollte. Insbesondere ist Regenerierung angezeigt, wenn die eingelagerte Partikelmenge (spa) größer ist als ein maximaler Grenz-

wert S2 oder wenn die Partikelfiltertemperatur T_f größer ist als der Temperaturgrenzwert T1 und spa größer ist als der Grenzbetrag S1. Damit nutzt die vorliegende Erfindung den Vorteil höherer Partikelfiltertemperaturen, die möglicherweise unter bestimmten Fahrbedingungen angetroffen werden, indem eingelagerte Partikel zu diesem Zeitpunkt auch dann ausgespült werden, wenn der Gesamtwert spa unterhalb des maximalen Grenzwertes S2 liegt. Somit wird das Kraftstoffverbrauchsverhalten dadurch verbessert, daß opportunistisch der Partikelfilter regeneriert wird, weil in diesem Fall weniger Energie erforderlich ist, um die Filtertemperatur auf die Regenerierungstemperatur zu erhöhen. Wenn die Antwort im Schritt 2000 NEIN lautet, endet die Routine. Lautet die Antwort im Schritt 2000 JA, d.h. eine Partikelfilterregenerierung ist angezeigt, geht die Routine weiter zum Schritt 2100, bei dem eine Feststellung erfolgt, ob T_f größer ist als T_{ex}, welches die Temperatur ist, über der Kohlenwasserstoffe exothermisch mit Sauerstoff im Abgas reagieren. Lautet die Antwort im Schritt 2100 JA, geht die Routine weiter zum Schritt 2200, bei dem eine verdampfte Mischung aus Kohlenwasserstoff und Luft in das in den Partikelfilter eintretende Abgas über das Reduktantzuführsystem, wie unter besonderer Bezugnahme auf die **Fig.** 3A bis 3C oben beschrieben, eingespritzt wird. Alternativ können beliebige andere dem Fachmann bekannte Mittel verwendet werden, um der Abgasnachbehandlungsvorrichtung Reduktant zuzuführen. Die daraus resultierende Exotherme bewirkt dann, daß die Temperatur des Partikelfilters auf die Regenerierungstemperatur erhöht wird. Die Menge der Kohlenwasserstoffeinspritzung und die Länge der Einspritzzeitdauer, welche erforderlich ist, um die Filterregenerierung zum Abschluß zu bringen, wird vorzugsweise basierend auf Betriebsbedingungen, wie z.B. dem Wert spa, der Filtertemperatur, der Motordrehzahl, der Kraftstoffeinspritzmengen usw., bestimmt. Wenn die Filterregenerierung abgeschlossen ist, endet die Routine. Lautet die Antwort im Schritt 2100 NEIN, geht die Routine weiter zum Schritt 2300, bei dem die Partikelfiltertemperatur über T_{ex} erhöht wird, indem die Temperatur des Abgases stromab vom Partikelfilter erhöht wird, beispielsweise durch Schaffen einer exothermen Reaktion im Oxidationskatalysator **13** durch zusätzliche Kohlenwasserstoffeinspritzung oder durch motorbezogene Maßnahmen, wie z.B. Verstellung des Einspritzzeitpunktes nach spät, Erhöhung der Abgasrückführung oder Schließen einer Ansaugdrosselklappe. Die Routine durchläuft dann zyklisch den Schritt 2100 solange, bis T_{ex} erreicht wird.

[0045] So ist es nach der vorliegenden Erfindung möglich, den Partikelfilter dadurch zu regenerieren, daß zunächst die Temperatur des stromaufseitigen Abgases erhöht wird, um die Temperatur des Partikelfilters auf eine Temperatur zu erhöhen, über der Kohlenwasserstoffe exotherm mit Sauerstoff im Abgas reagieren, und anschließend durch Erreichen von Regenerierungstemperaturen durch zusätzliche Einspritzung von Kohlenwasserstoffen in den Filter. Bei einer alternativen Ausführungsform kann die Temperatur des Heizelements des Reduktantzuführsystems so angepaßt werden, daß die eintretende Mischung von Kohlenwasserstoff und Luft innerhalb des Reduktantzuführsystems verbrennt, womit bewirkt wird, daß der Filter Regenerierungstemperaturen erreicht.

[0046] Damit ist die Beschreibung der Erfindung abgeschlossen. Ihre Lektüre durch den Fachmann führt zur Entdeckung zahlreicher Änderungen und Modifizierungen, ohne Geist und Rahmen der Erfindung zu verlassen. Demzufolge ist beabsichtigt, daß der Rahmen der Erfindung durch die nachstehenden Patentansprüche definiert wird.

Patentansprüche

1. Abgasnachbehandlungssystem für den Auspuff eines Innenverbrennungsmotors, welches System **dadurch gekennzeichnet** ist, daß es umfaßt:
einen ersten Oxidationskatalysator,
einen stromab von dem genannten ersten Oxidationskatalysator angeschlossenen Katalysator für selektive katalytische Reduktion (SCR-Katalysator), und einen stromab von dem genannten SCR-Katalysator angeschlossenen Partikelfilter.

2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren einen stromab von dem genannten SCR-Katalysator angeschlossenen ersten NO_x-Sensor umfaßt.

3. System nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren einen stromauf von dem genannten SCR-Katalysator angeschlossenen zweiten NO_x-Sensor umfaßt.

4. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Partikelfilter ein katalysierender Partikelfilter mit einem Washcoat aus Edelmetall ist.

5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Washcoat aus Edelmetall ein Platin-Washcoat ist.

6. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren einen zwischen dem genann-

ten SCR-Katalysator und dem genannten Partikelfilter angeschlossenen zweiten Oxidationskatalysator umfaßt.

7. System nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte zweite Oxidationskatalysator durch Washcoating auf dem genannten Partikelfiltereingang aufgebracht wird.

8. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren einen zwischen dem genannten SCR-Katalysator und dem genannten Partikelfilter angeschlossenen Ammoniakreinigungskatalysator umfaßt.

9. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Motor ein Dieselmotor ist.

10. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren ein mit einem Abgaskrümmer, welcher den genannten ersten Oxidationskatalysator und dem genannten SCR-Katalysator verbindet, angeschlossenes Reduktantzuführsystem umfaßt.

11. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Reduktantzuführsystem mindestens ein Heizelement aufweist.

12. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Reduktantzuführsystem eine verdampfte Mischung von Reduktant und Luft in den in den genannten SCR-Katalysator eintretenden Abgasstrom einspritzt.

13. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Reduktant wäßriger Harnstoff ist.

14. System nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren ein Steuergerät für die Anpassung einer Menge von dem genannten Reduktantzuführsystem zugeführtem Reduktant auf der Grundlage eines Motorbetriebsparameters umfaßt.

15. System nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Motorbetriebsparameter eine Gaspedalstellung ist.

16. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Motorbetriebsparameter eine SCR-Katalysator-Temperatur ist.

17. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der genannte Motorbetriebsparameter eine Menge von NO_x in einer Abgasmischung stromab von dem genannten SCR-Katalysator ist.

18. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren ein stromauf von dem genannten ersten Oxidationskatalysator angeschlossenes Reduktantzuführsystem umfaßt.

19. System nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Reduktantzuführsystem mindestens ein Heizelement aufweist.

20. System nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Reduktantzuführsystem eine verdampfte Mischung von Kohlenwasserstoff und Luft in den in den ersten Oxidationskatalysator eintretenden Abgasstrom einspritzt.

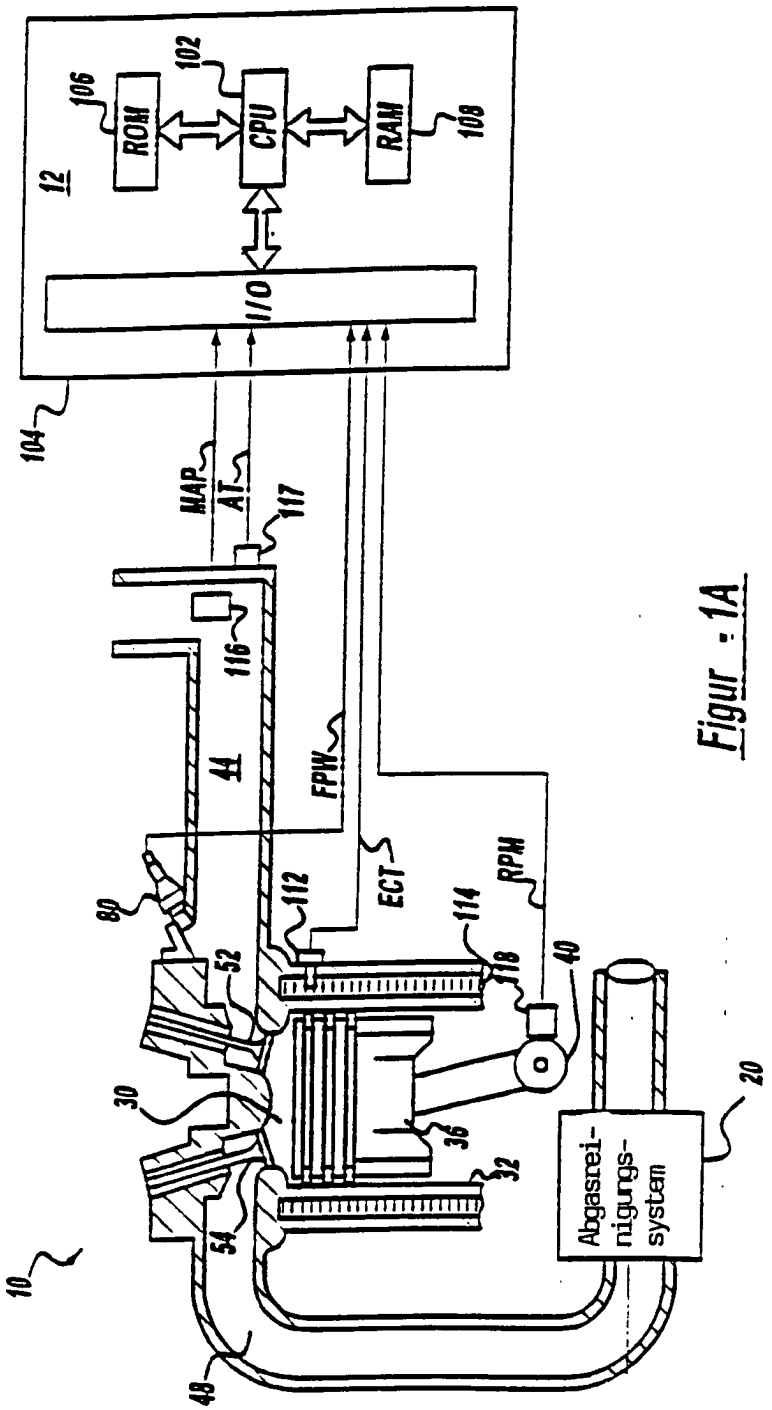
21. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es des weiteren ein mit einem Abgaskrümmer, welcher den genanten SCR-Katalysator und den genannten Partikelfilter verbindet, angeschlossenes Reduktantzuführsystem umfaßt.

22. System nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Reduktantzuführsystem mindestens ein Heizelement aufweist.

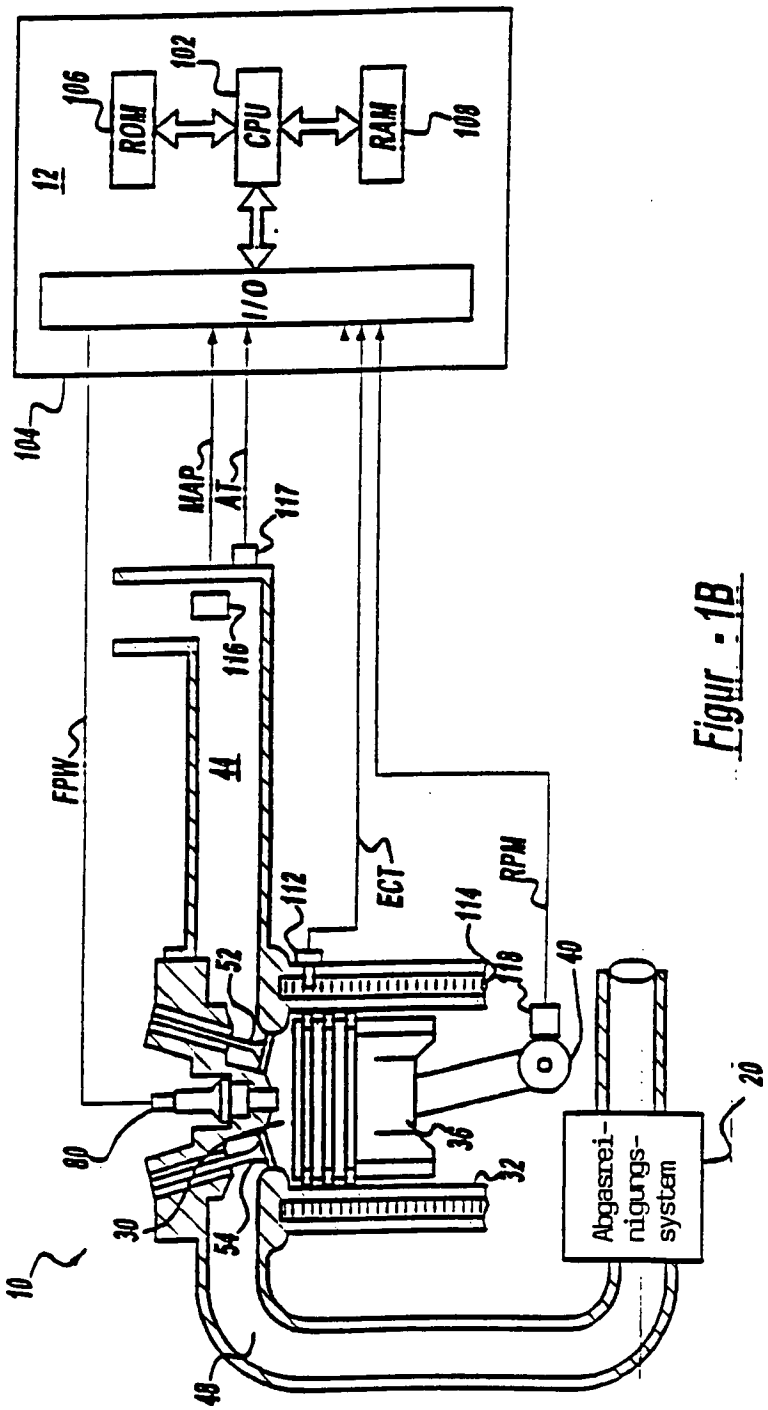
23. System nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß das genannte Reduktantzuführsystem eine verdampfte Mischung von Kohlenwasserstoff und Luft in den in den genannten Partikelfilter eintretenden Abgasstrom einspritzt.

Es folgen 13 Blatt Zeichnungen

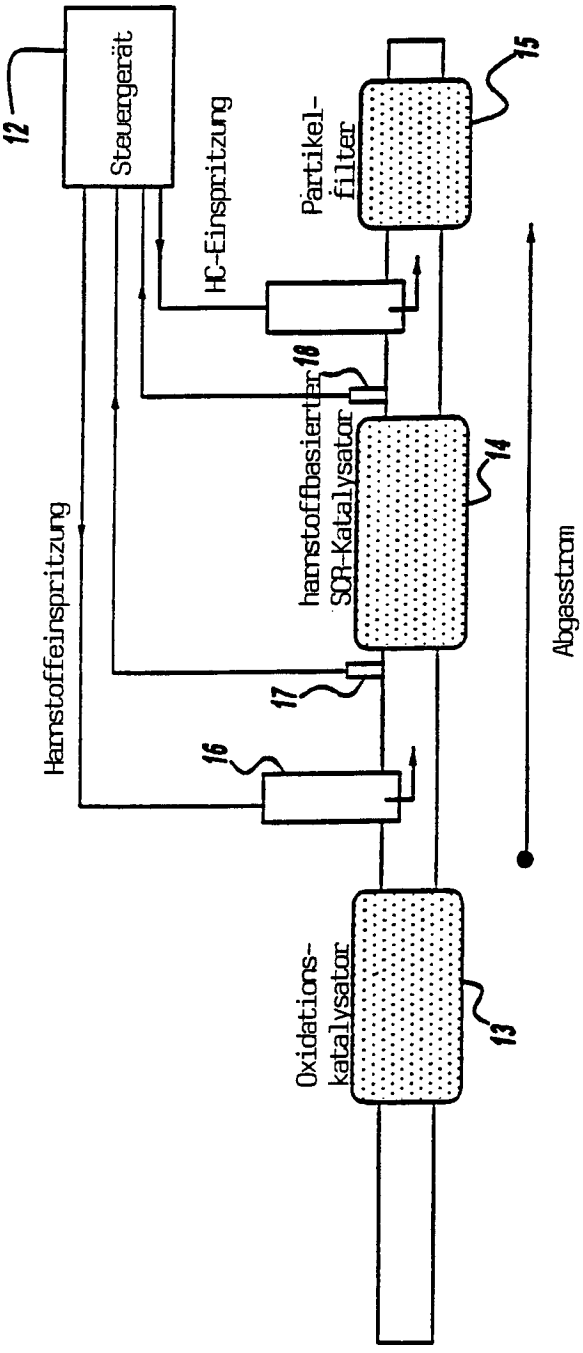
Anhängende Zeichnungen



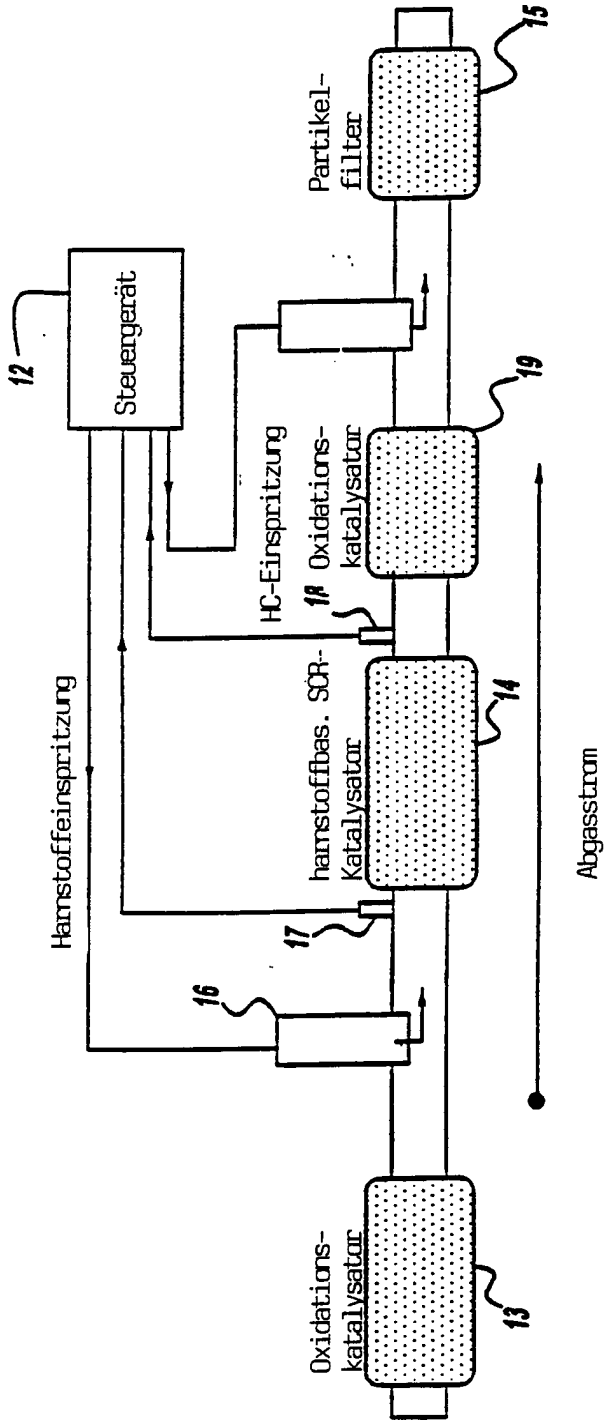
Figur - 1A


12
ROM
CPU
RAM
106
102
108
I/O
104
MAP
AT
117
116
44
FPW
112
ECT
114
RPM
118
40
52
60
30
54
36
32
20
Abgasrei-
nigungs-
system
10
48

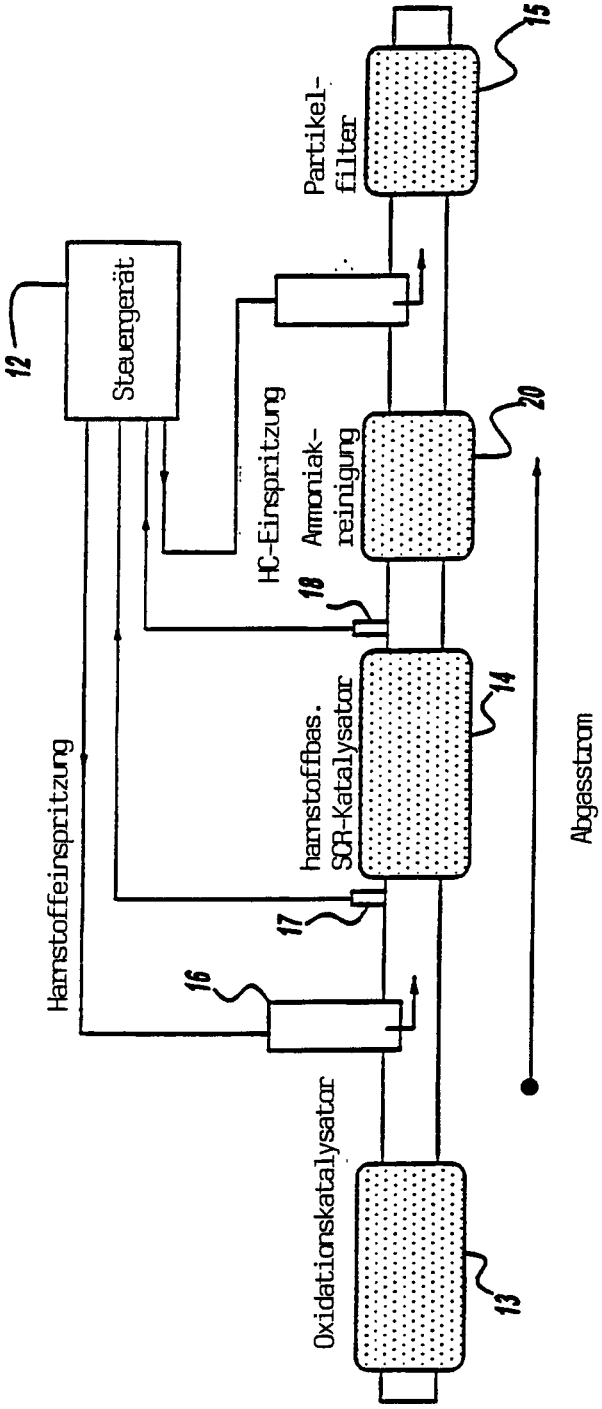
Figur - 1B


12
Steuergerät
HC-Einspritzung
Partikel-
filter
15
18
harnstoffbasierter
SCR-Katalysator
14
Harnstoffeinspritzung
17
16
Abgasstrom
Oxidations-
katalysator
13

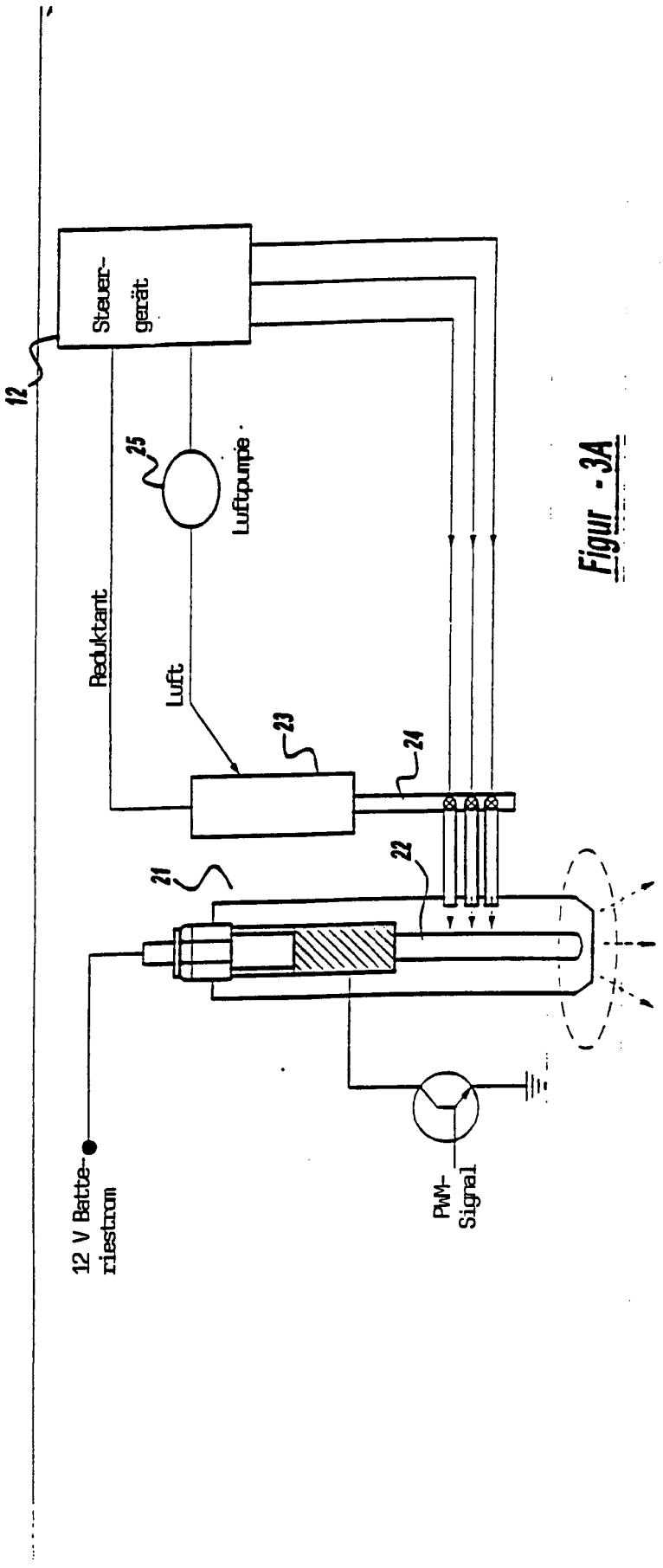
Figur - 2A


Steuergerät
12
Partikel-filter
15
19
Oxidations-katalysator
HC-Einspritzung
18
harnstoffbas. SCR-Katalysator
14
Harnstoffeinspritzung
17
16
Abgasstrom
Oxidations-katalysator
13

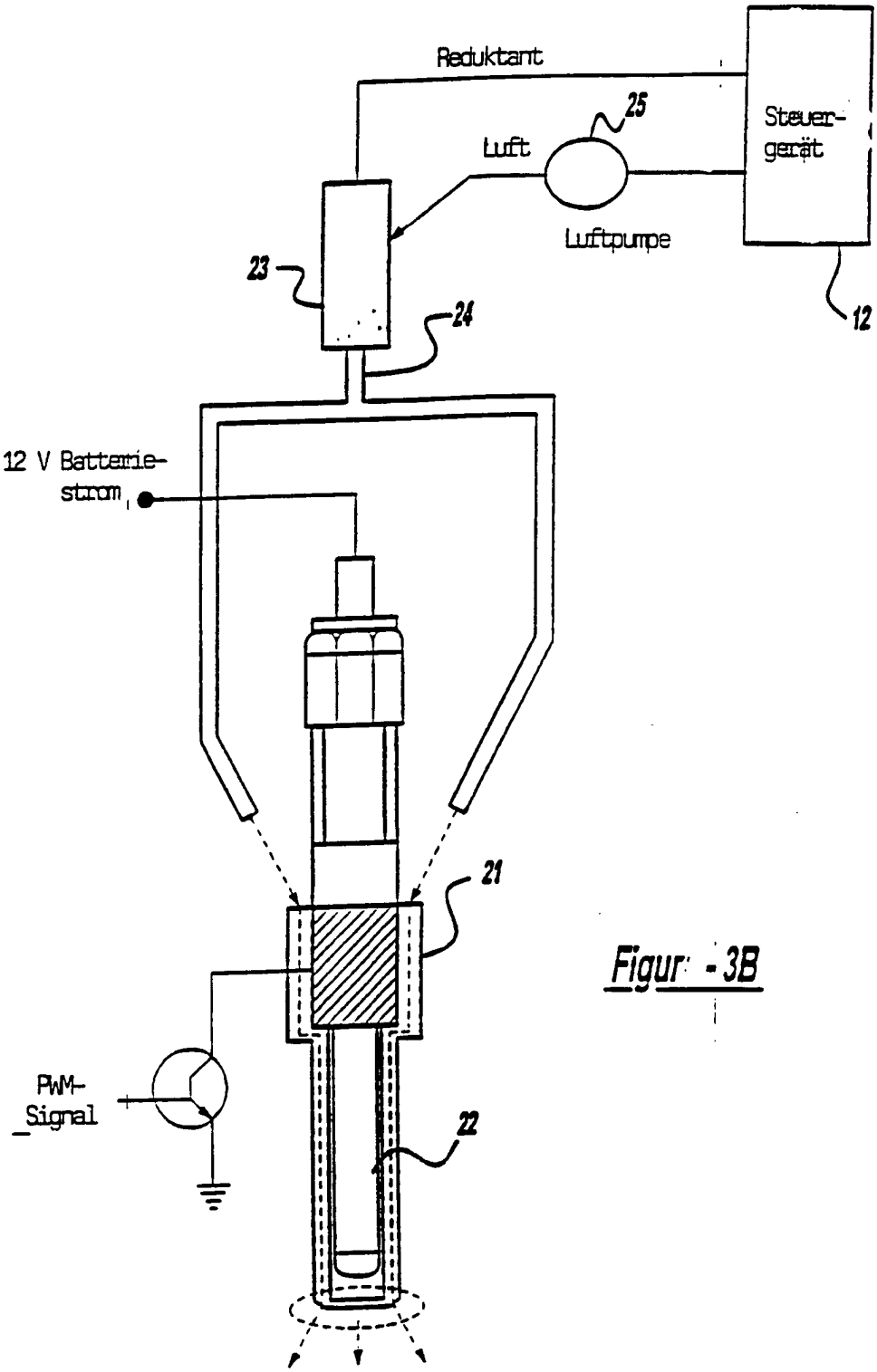
Figur - 2B


Partikel-
filter
15
Steuergerät
12
HC-Einspritzung
Ammoniak-
reinigung
20
18
harnstoffbas.
SCR-Katalysator
14
Abgasstrom
Harnstoffeinspritzung
17
16
Oxidationskatalysator
13

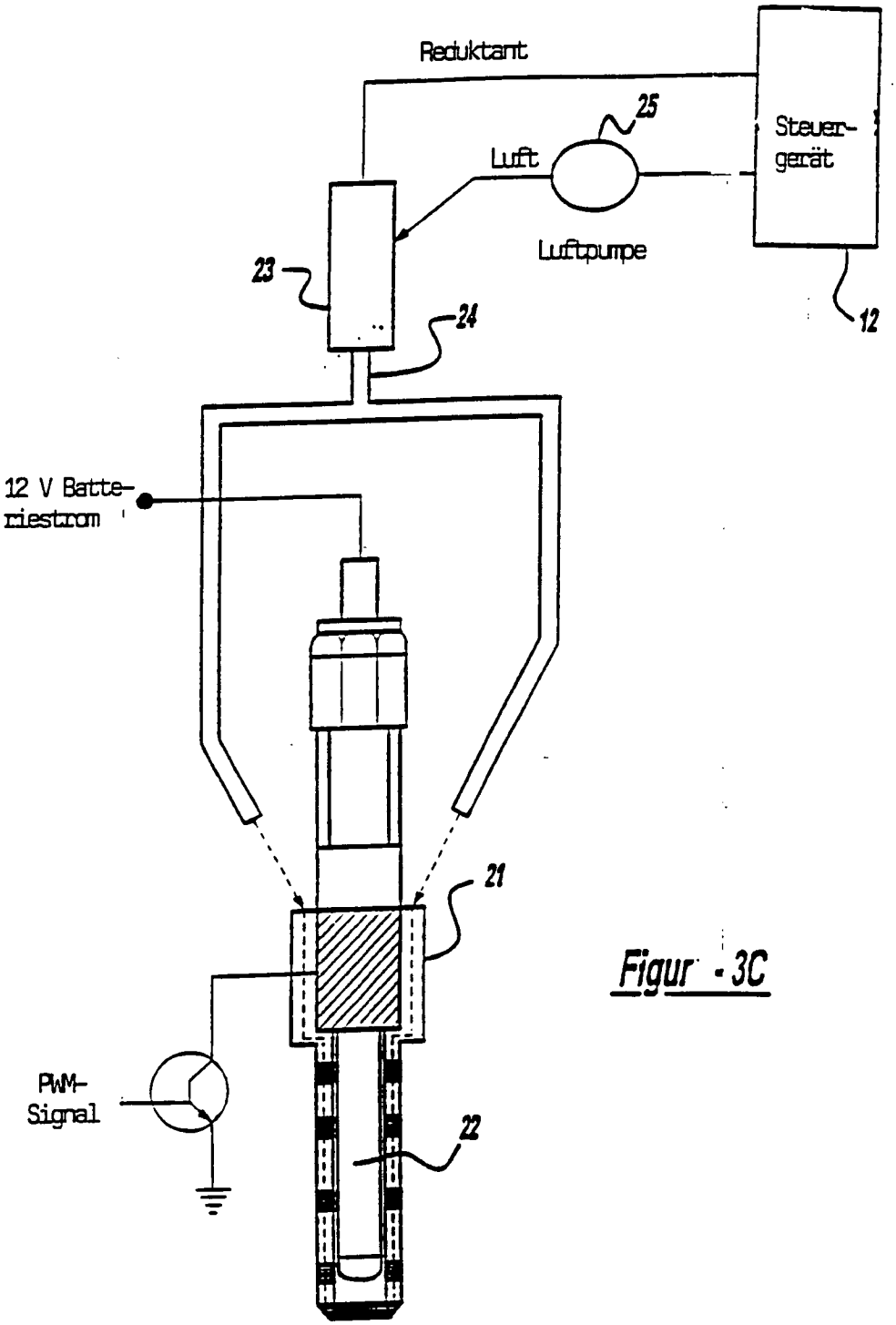
Figur - 2C


Steuer-
gerät
12
25
Luftpumpe
Reduktant
Luft
23
24
22
21
12 V Batte-
riestrom
PWM-
Signal

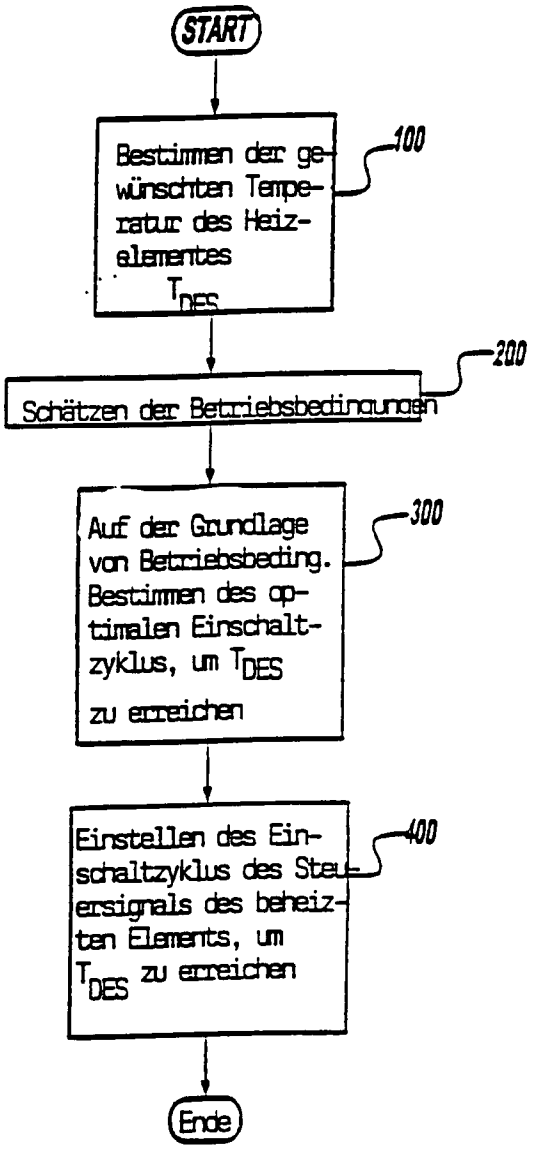
Figur - 3A


Reduktant
Steuer-
gerät
25
Luft
Luftpumpe
23
24
12
12 V Batterie-
strom
21
PWM-
Signal
22

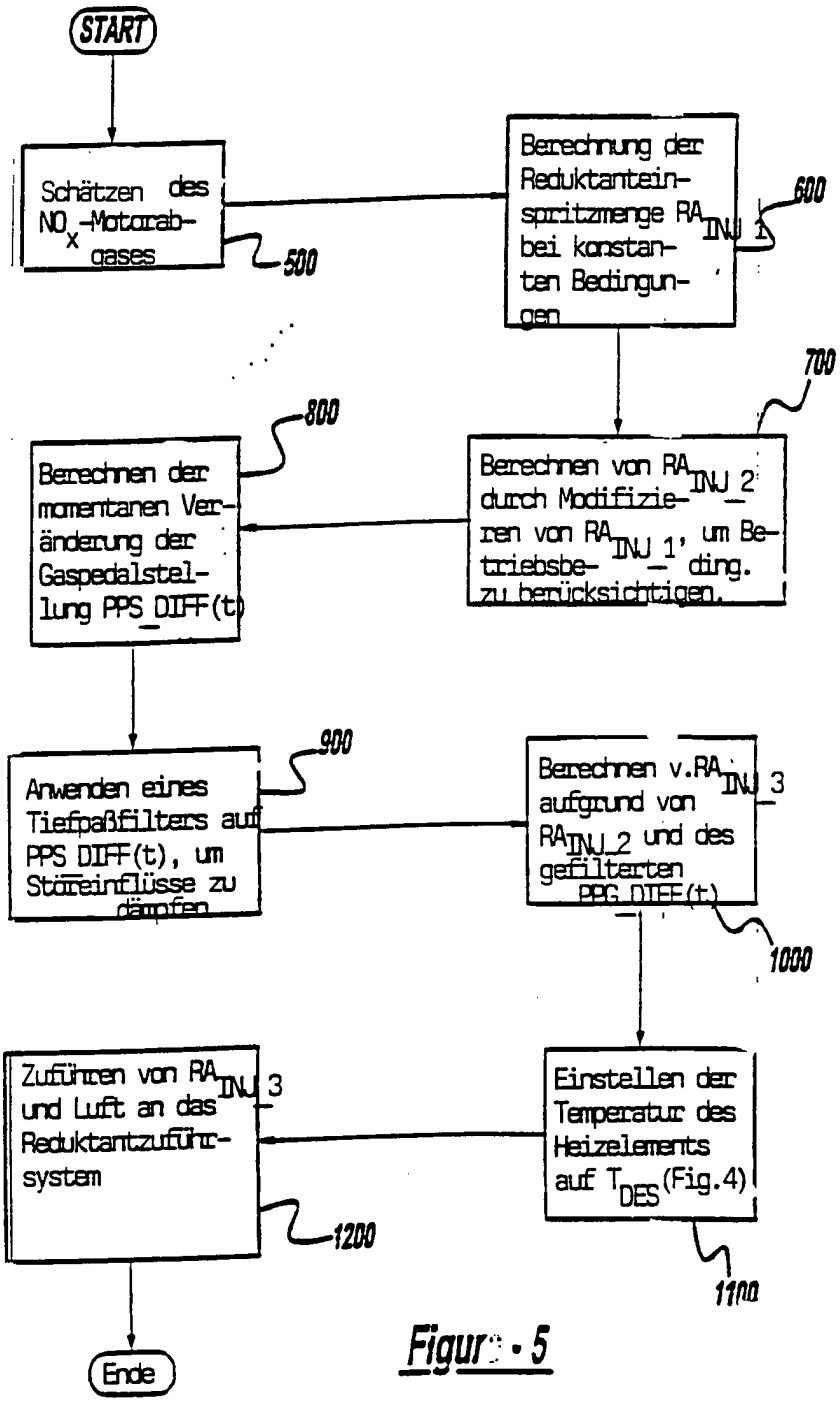
Figur - 3B


Reduktant
25
Steuer-
gerät
Luft
Luftpumpe
23
24
12
12 V Batte-
riestrom
21
PWM-
Signal
22

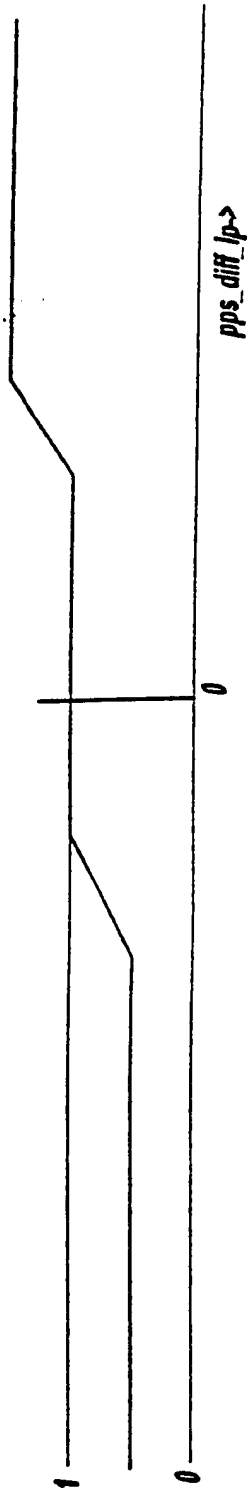
Figur - 3C


START
Bestimmen der gewünschten Temperatur des Heizelementes T_{DES}
100
Schätzen der Betriebsbedingungen
200
Auf der Grundlage von Betriebsbeding. Bestimmen des optimalen Einschaltzyklus, um T_{DES} zu erreichen
300
Einstellen des Einschaltzyklus des Steuersignals des beheizten Elements, um T_{DES} zu erreichen
400
Ende

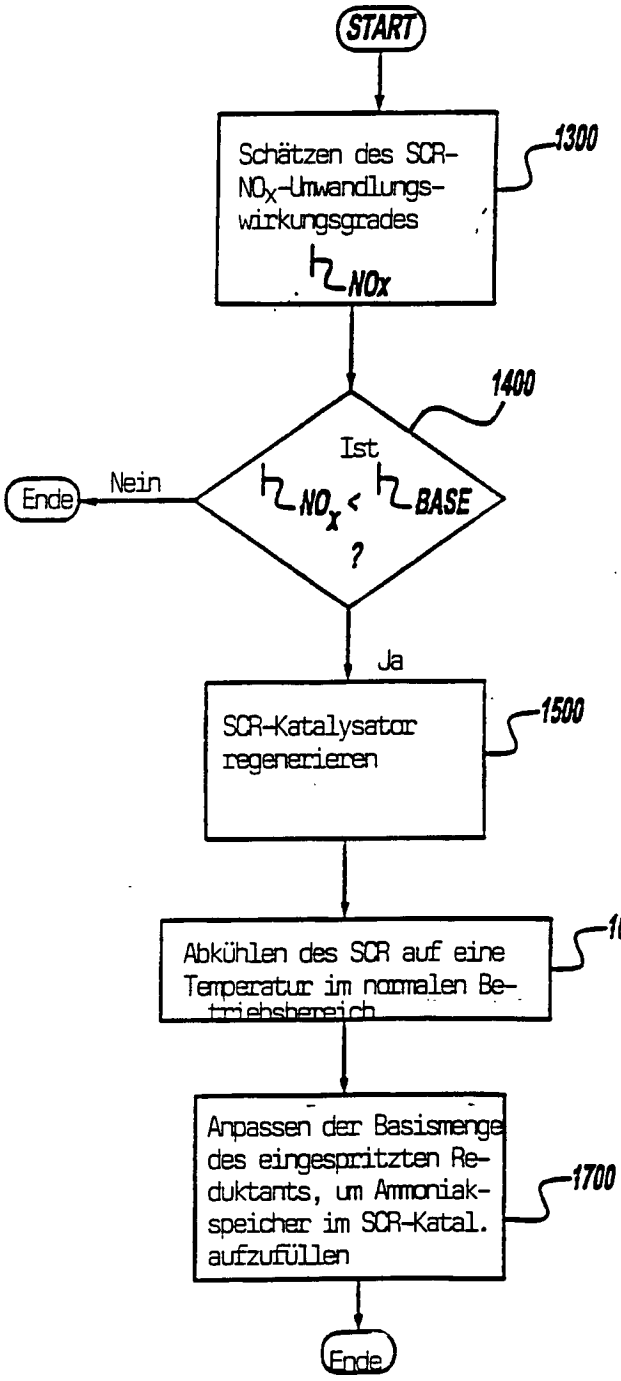
Figur - 4


START
Schätzen des NO_x-Motorabgases
500
Berechnung der Reduktanteinspritzmenge RA_{INJ_1} bei konstanten Bedingungen
600
Berechnen der momentanen Veränderung der Gaspedalstellung PPS_DIFF(t)
800
Berechnen von RA_{INJ_2} durch Modifizieren von RA_{INJ_1}, um Betriebsbedingungen zu berücksichtigen.
700
Anwenden eines Tiefpaßfilters auf PPS DIFF(t), um Störeinflüsse zu dämpfen
900
Berechnen v. RA_{INJ_3} aufgrund von RA_{INJ_2} und des gefilterten PPS_DIFF(t)
1000
Zuführen von RA_{INJ_3} und Luft an das Reduktantzuführsystem
1200
Einstellen der Temperatur des Heizelements auf T_{DES} (Fig.4)
1100
Ende

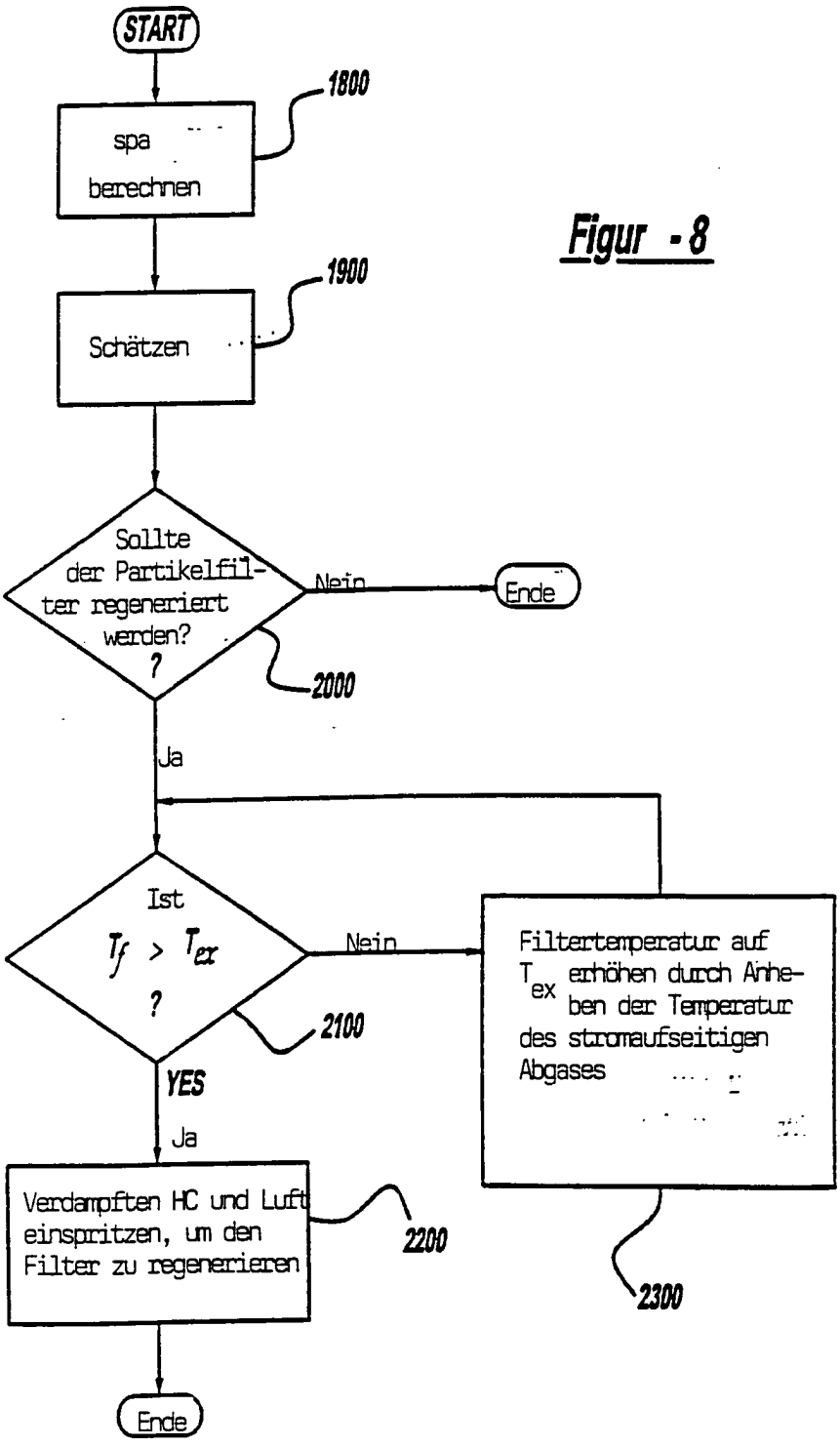
Figur 5



Figur - 6


START
Schätzen des SCR-NOx-Umwandlungswirkungsgrades
ηNOx
1300
1400
Ist ηNOx < ηBASE ?
Nein
Ende
Ja
SCR-Katalysator regenerieren
1500
Abkühlen des SCR auf eine Temperatur im normalen Betriebsbereich
1600
Anpassen der Basismenge des eingespritzten Reduktants, um Ammoniakspeicher im SCR-Katal. aufzufüllen
1700
Ende

Figur - 7


START
spa
berechnen
1800
Schätzen
1900
Sollte der Partikelfilter regeneriert werden?
?
Nein
Ende
2000
Ja
Ist
$T_f > T_{ex}$
?
Nein
2100
YES
Ja
Verdampften HC und Luft einspritzen, um den Filter zu regenerieren
2200
Filtertemperatur auf T_{ex} erhöhen durch Anheben der Temperatur des stromaufseitigen Abgases
2300
Ende

Figur - 8