(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 227 234 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.07.2002 Patentblatt 2002/31

(51) Int Cl.[7]: **F02D 41/14**, F02D 41/02, F02D 41/24, F01N 3/08

(21) Anmeldenummer: **01128691.1**

(22) Anmeldetag: **01.12.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **26.01.2001 DE 10103415**

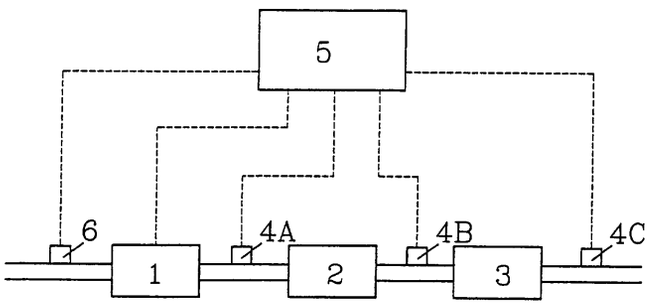
(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Buch, Gabriele**
  81379 München (DE)
- **Detterbeck, Stefan**
  80804 München (DE)
- **Hasenclever, Hanns-Christian**
  80809 München (DE)
- **Höninger, Hans, Dr.**
  82266 Inning (DE)
- **Müller, Peter**
  81673 München (DE)
- **Ramatschi, Stephan**
  85604 Zorneding (DE)

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben eines im Abgasweg eines Verbrennungsmotors angeordneten NOx-Sensors

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben eines im Abgasweg eines Verbrennungsmotors angeordneten NOx-Sensors, wobei die Signalwerte des NOx-Sensors mit Signalwerten verglichen werden, die zuvor bei einer bekannten NOx-Konzentration ermittelt wurden. Die daraus resultierenden Differenzen werden zur Korrektur der aktuell ermittelten Signalwerte herangezogen.

Fig. 1



EP 1 227 234 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben eines Abgas-Messaufnehmers und insbesondere ein Verfahren und dessen Vorrichtung zum Betreiben von NOx-Sensoren, die im Abgasweg eines Verbrennungsmotors angeordnet sind.

[0002] In Abgas-Nachbehandlungssystemen von Verbrennungsmotoren werden NOx-Katalysatoren eingesetzt, die den hohen Stickoxidanteil von Verbrennungsmotoren mit einem mageren Luft-/Kraftstoffgemisch filtern sollen. Die sog. Luftzahl λ liefert hierzu die Angabe des Luft-/Kraftstoff-Verhältnisses. Bei der Luftzahl λ handelt es sich um das auf stöchiometrische Bedingungen normierte Luft/Kraftstoffverhältnis, das angibt, wieviel Kilogramm Luft für die vollständige Verbrennung von einem Kilogramm Kraftstoff benötigt werden. Stöchiometrische Bedingungen dieses Luft-Kraftstoff-Verhältnisses liegen somit für $\lambda=1$ vor.

Im Stand der Technik sind NOx-Speicher-Katalysatoren bekannt, die abwechselnd in zwei Betriebsmodi betrieben werden. In einem ersten Betriebsmodus, der sog. Sorptionsphase wird von dem NOx-Speicher-Katalysator im Abgas der Brennkraftmaschine enthaltenes NOx unter oxidierenden Abgasbedingungen, d.h. im Magerbetrieb des Motors, gespeichert. Da die Speicherkapazität eines Speicherkatalysators jedoch begrenzt ist, wird zu bestimmten Zeiten eine Regenerationsphase oder Desorptionsphase eingeleitet, in der die Luftzahl des dem Motor zugeführten Luft/Kraftstoff-Gemisches und damit auch die Luftzahl des den Motor verlassenden Abgases für kurze Zeit auf Werte unter 1 abgesenkt wird. Dies wird auch als Anfettung des Luft/Kraftstoff-Gemisches oder des Abgases bezeichnet. Während dieser kurzen Betriebsphase liegen im Abgas vor Eintritt in den Speicherkatalysator reduzierende Bedingungen vor. Unter den reduzierenden Bedingungen während der Anfettungsphase werden die gespeicherten Stickoxide dann freigesetzt.

[0003] Zur Steuerung des Betriebes derartiger NOx-Katalysatoren wird ein NOx-sensitiver Messaufnehmer, bzw. Sensor im Abgasweg angeordnet. Das Ausgangssignal dieses Sensors wird dann zur Beladungsgradermittlung des Katalysators und zur Bestimmung des Beginns und des Endes der Regenerationsphase herangezogen.

[0004] Die bis heute bekannten NOx-Sensoren zeigen zwar im Neuzustand eine befriedigende Messgenauigkeit, sie sind jedoch nicht alterungsstabil. Der NOx-Sensor im Abgasweg verändert seine Messcharakteristik aufgrund von Verschmutzungen durch verschiedene Schadstoffe oder Ablagerungen der Verbrennungsrückstände. Insbesondere verschiebt sich der Nullpunkt der Messkurve bei der Alterung erheblich. Eine realistische Verschiebung von 10% entspricht dabei ungefähr einem Gehalt von über 50 ppm NOx. Überdies verändert sich die Steigung der Messkurve. Die Genauigkeit im Bereich des Nullpunkts ist jedoch für einen Serieneinsatz von NOx-Sensoren sehr wichtig, weil bei einer Anordnung nach dem Katalysator überwiegend kleine NOx-Konzentrationen gemessen werden müssen (< 50 ppm). Eine geringfügige Ungenauigkeit der Messwerte führt demzufolge zu einer großen Messunsicherheit.

[0005] Die DE-198 59 580 A1 schlägt diesbezüglich vor, die Arbeitstemperatur des Sensorelements des NOx-Messaufnehmers langsam über die Lebensdauer des Sensorelements hinweg zu erhöhen. Durch diese Temperaturnachführung wird der Widerstand des Sensorelements erniedrigt, da die Ionenleitfähigkeit mit der Temperatur zunimmt. Durch eine Erhöhung der , Arbeitstemperatur des Sensorelements wird erreicht, dass die an einer Messelektrode angelegte Stellspannung einen maximalen Wert nicht überschreitet, um eine Zersetzung an NOx an dieser Elektrode zu verhindern, welche zersetzten NOx-Moleküle dann nicht mehr an der eigentlichen Messelektrode zur Verfügung stünden. Eine derartige Vermeidung von Messfehlern ist jedoch sehr aufwendig, da eine elektrische Heizeinrichtung zum Heizen des Sensorelements erforderlich ist.

[0006] Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, durch die eine funktionstüchtige Langzeitverwendung eines im Abgasweg eines Verbrennungsmotors angeordneten NOx-Sensors möglich ist, so dass trotz ungenügender Alterungsstabilität des NOx-Sensors der Serieneinsatz möglich ist.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren weist hierzu folgende Schritte auf:

- Einstellen eines Betriebszustands des Verbrennungsmotors mit bekanntem NOx-Gehalt im Abgas;
- Erfassen mindestens eines NOx-Sensor-Signalwertes bei dem bestimmten Motorbetriebszustand des Verbrennungsmotors;
- Vergleichen des mindestens einen mit dem NOx-Sensor gemessenen Signalwertes mit einem den bekannten NOx-Gehalt entsprechenden Signalwertes bei dem jeweiligen bekannten NOx-Gehalt;
- Ermitteln der Differenz zwischen dem gemessenen NOx-Gehalt und dem bekannten NOx-Gehalt;
- Bestimmen eines Korrekturwertes aus der mindestens einen ermittelten Differenz; und
- Korrigieren der von dem NOx-Sensor gemessenen Signalwerte um den Korrekturwert.

[0008] Nach der Erfindung ist ferner eine Vorrichtung zum Ermitteln des NOx-Gehalts im Abgasweg eines Verbrennungsmotors vorgesehen, mit einem NOx-Sensor von dem der NOx-Gehalt im Abgasweg erfaßt wird und ein zugehöriger NOx-Sensor-Signalwert generiert wird, und mit einer Steuervorrichtung, die mit dem NOx-Sensor verbunden ist, wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr ein vorbestimmter Betriebszustand des Verbrennungsmotors mit bekanntem

NOx-Gehalt im Abgas einstellbar ist, wobei ihr mindestens ein NOx-Sensor-Signalwert bei dem vorbestimmten Motorbetriebszustand des Verbrennungsmotors von dem NOx-Sensor zugeführt wird, dass von ihr der mindestens eine zugeführte NOx-Sensor-Signalwert mit einem dem bekannten NOx-Gehalt entsprechenden Signalwert vergleichbar und die Differenz zwischen dem gemessenen NOx-Gehalt und dem bekannten NOx-Gehalt ermittelbar ist, dass von ihr aus der mindestens einen ermittelten Differenz ein Korrekturwert ermittelbar ist, und dass von ihr die vom NOx-Sensor erhaltenen NOx-Sensor-Signalwerte unter Ermittlung von jeweiligen NOx-Gehalt-Signalwerten, die den jeweiligen NOx-Gehalten im Abgas entsprechen, mittels des Korrekturwerts korrigierbar sind.

[0009] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen Unteransprüchen beschrieben.

[0010] Vorzugsweise wird das Verfahren in einem Motorbetriebszustand vollzogen, bei dem die NOx-Konzentration im Abgas ihr Minimum erreicht, d.h. Null ist.

[0011] Bei sehr hohen NOx-Werten geht die Steigung der logarithmierten NOx-Sensorwerte gegen Null und bildet einen maximalen Grenzwert. Das Verfahren kann deshalb vorzugsweise auch beim maximalen Grenzwert der NOx-Messkurve vollzogen werden, d.h. bei bestimmten Motorbetriebszuständen an bestimmten Orten der Abgasanlage, bei denen eine extrem hohe NOx-Konzentration auftritt.

[0012] Minimal- bzw. Null-NOx-Konzentrationen treten im Abgas bei folgenden Betriebszuständen auf:

1. in der Schubphase des Verbrennungsmotors;
2. am Ende einer Regenerationsphase, bei der der Motor mit einem fetten, unterstöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis läuft; ,
3. wenn der Verbrennungsmotor ausgeschaltet ist, wobei eine Sekundärluftpumpe die Abgasleitung spülen kann;
4. unmittelbar nach dem Kaltstart, wobei der NOx-Sensor dann vor dem Motorstart vorgeheizt werden könnte;
5. im Leerlauf des Verbrennungsmotors mit der Luftzahl $\lambda=1$ oder $\lambda<1$, wobei eine geringe NOx-Emission im NOx-Speicher-Katalysator vollständig umgesetzt werden kann;
6. nach der Regeneration des NOx-Speicher-Katalysators im Niedrig- oder Teillastbetrieb mit einer Luftzahl von $\lambda>1$.

Maximale NOx-Konzentrationen treten im Abgas bei folgenden Betriebszuständen des Verbrennungsmotors auf:

7. beim Betrieb mit einer Luftzahl $\lambda=1,1$, wobei durch geeignete Zündwinkelverstellung und Rücknahme der Abgasrückführrate die NOx-Emission zusätzlich erhöht werden könnte;
8. bei klopfender Verbrennung;
9. beim Abstellen des Verbrennungsmotors, wenn die letzten Verbrennungen "fett" ablaufen, d.h. $\lambda<1$, und im NOx-Speicher-Katalysator adsorbiertes NOx desorbiert; aufgrund des kleinen Massenstroms bildet sich dann hinter dem NOx-Katalysator eine extrem hohe NOx-Konzentration.

[0013] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird der Korrekturwert, welcher zum Korrigieren der von dem NOx-Sensor gemessenen Signalwerte verwendet wird, aus einer Mehrzahl an Differenzen zwischen dem gemessenen NOx-Gehalt und einem entsprechenden bekannten NOx-Gehalt berechnet, wobei die Differenzen jeweils an unterschiedlichen Betriebspunkten des Verbrennungsmotors ermittelt werden.

[0014] Der NOx-Sensor kann an drei Orten im Abgasweg des Verbrennungsmotors positioniert sein. D.h. entweder

a) nach dem Verbrennungsmotor und vor dem Vorkatalysator,
b) nach dem Vorkatalysator und vor dem NOx-Speicher-Katalysator, oder
c) nach dem NOx-Speicher-Katalysator.

[0015] Die Anordnung des NOx-Sensors vor dem Vorkatalysator eignet, sich für die obigen Motorbetriebszustände 1, 3, 4 und 7 bis 9.

[0016] Die Anordnung des NOx-Sensors vor dem NOx-Speicher-Katalysator, insbesondere zwischen Vorkatalysator und NOx-Speicher-Katalysator, eignet sich für die obigen Motorbetriebszustände 1 bis 5 und 7 bis 9.

[0017] Die Anordnung des NOx-Sensors nach dem NOx-Speicher-Katalysator eignet sich für alle obigen Motorbetriebszustände 1 bis 9.

[0018] Die NOx-Messkurve kann in bestimmten zeitlichen Abständen und beim Auftreten der oben beschriebenen geeigneten bestimmten Motorbetriebszustände über die Motorsteuerungs- oder Rechnervorrichtung geeicht und damit abgeglichen werden.

[0019] Im Folgenden wird eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung an Hand einer Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt

- Fig. 1 eine schematische Darstellung mit den erforderlichen Komponenten und den Verbindungen für ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Eichen eines NOx-Sensors.

[0020] Der Verbrennungsmotor 1 kann entweder ein Otto- oder ein Dieselmotor sein, und er gibt seinen Motorbetriebszustand über mindestens einen Sensor an die Motorsteuerungs- oder Rechnereinheit 5 weiter. Im Abgasweg nach dem Verbrennungsmotor 1 befindet sich ein Vorkatalysator 2 und dahinter ein NOx-Speicher-Katalysator 3. Ein NOx-Sensor 4A, 4B, 4C kann an dem Ort zwischen dem Verbrennungsmotor 1 und dem Vorkatalysator 2 oder an dem Ort zwischen dem Vorkatalysator 2 und dem NOx-Speicher-Katalysator 3

oder an dem Ort nach dem NOx-Speicher-Katalysator (3) positioniert sein. Es können aber auch mehrere NOx-Sensoren 4A-4C an mehreren Orten positioniert sein. Der NOx-Sensor 4 gibt seinen Messwert an die Motorsteuerung bzw. Rechnereinheit 5 weiter. Der Luft-Massen-Sensor 6 dient zur Motorsteuerung.

[0021] Der Verbrennungsmotor 1 wird von der Motorsteuerung 5 in Abhängigkeit der Fahrbefehle des Fahrzeugbedieners und in Abhängigkeit der erforderlichen Motorbetriebszustände des Vorbzw. NOx-Katalysators 3 gesteuert und geregelt. Der NOx-Speicher-Katalysator 3 speichert durch Adsorption die NOx-Emissionen in einer Speicherphase und reduziert diese in der Regenerationsphase, so dass die NOx-Emissionen minimiert werden. Der NOx-Sensor 4C nach dem NOx-Speicher-Katalysator 3 zeigt bei Überschreitung eines NOx-Sensor-Grenzwerts der Motorsteuerung 5 an, dass die Speicherphase des NOx-Katalysators 3 beendet und dieser also gesättigt ist. Die Motorsteuerung 5 hat eine NOx-Messkurve gespeichert. Sie steuert die Eichung des NOx-Sensors 4 nach oben beschriebenem Verfahren.

[0022] Die Motorsteuerung 5 stellt eine Steuervorrichtung dar, welche eine NOx-Messkurve von bekannten NOx-Gehalten zu bestimmten Betriebszuständen gespeichert hat, welche NOx-Messkurve der voll funktionsfähige NOx-Sensoren bei diesen bestimmten Betriebszuständen erfassen müßte. Um Verschlechterungen der Funktion des NOx-Sensors auszugleichen, steuert die Motorsteuerung 5 in oben beschriebener Weise den Motor auf einen vorbestimmten Betriebszustand ein, für welchen sie die NOx-Messkurve gespeichert hat und vergleicht einen vom NOx-Sensor in diesem Betriebszustand tatsächlich erfassten NOx-Messwert oder mehrer erfasste NOx-Messwerte mit den vorgespeicherten NOx-Werten. Aus der Differenz zwischen tatsächlich erfassten NOx-Messwerten und den vorgespeicherten Werten ermittelt die Motorsteuerung 5 einen Korrekturwert zur Korrektur der von dem NOx-Sensor erfaßten NOx-Gehalten. Dieser Korrekturwert wird solange zum Angleich der Messwerte des NOx-Sensors verwendet, bis ein neuer Korrekturwert nach vorstehend beschriebener Vorgehensweise ermittelt wird. Eine Ermittlung eines jeweiligen Korrekturwertes wird bevorzugt in Abständen von xx sec (Bitte bevorzugte Zeitspanne einfügen) durchgeführt.

Vorteile

[0023] Die bisher bekannten NOx-Sensoren können somit im Serieneinsatz zur Anwendung kommen. Es sind keine zusätzlichen Kosten für die Erhöhung der Qualität hinsichtlich der Alterungsstabilität der NOx-Sensoren erforderlich.

Der Einsatz von NOx-Sensoren lässt die Vorteile der Kraftstoffreduzierung und die Erfüllung scharfer Emissionsgrenzwerte realisieren. Das Verfahren und die Vorrichtung erfordern keinen zusätzlichen Bauraum und damit kein wesentliches Mehrgewicht. Darüber hinaus erfordert die Erfindung nur geringe zusätzliche Kosten, da alle wesentlichen Bauteile für die Regelung des NOx-Katalysators und die Diagnose schon vorhanden sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Abgleichen von Messwerten eines im Abgasweg eines Verbrennungsmotors (1) angeordneten NOx-Senors (4A, 4B, 4C) auf die zu einem früheren Zeitpunkt von dem NOx-Sensor bezüglich desselben NOx-Gehalts ausgegebenen Signalwerte mit folgenden Verfahrensschritten:

   - Einstellen eines vorbestimmten Betriebszustands des Verbrennungsmotors mit bekanntem NOx-Gehalt im Abgas;
   - Erfassen mindestens eines NOx-Sensor-Signalwertes bei dem vorbestimmten Motorbetriebszustand des Verbrennungsmotors;
   - Vergleichen des mindestens einen mit dem NOx-Sensor gemessenen Signalwertes mit einem dem bekannten NOx-Gehalt entsprechenden Signalwert und Ermitteln der Differenz zwischen dem gemessenen NOx-Gehalt und dem bekannten NOx-Gehalt;
   - Bestimmen eines Korrekturwertes aus der mindestens einen ermittelten Differenz; und
   - Korrigieren der von dem NOx-Sensor gemessenen Signalwerte um den Korrekturwert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in dem vorbestimmten Motorbetriebszustand des Verbrennungsmotors (1) der NOx-Gehalt im Abgas ein Minimum, insbesondere gleich Null, einnimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in dem vorbestimmten Motorbetriebszustand der NOx-Gehalt im Abgas sehr hoch ist und die Steigung des logarithmischen NOx-Gehaltwerts gegen den Grenzwert Null geht, d.h. der NOx-Sensor in Sättigung betrieben wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand die Schubphase des Verbrennungsmotors (1) ist.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand dem im Wesentlichen zeitlichen Ende der Regenerationsphase eines NOx-Speicher-Katalysators im Abgasweg des Verbrennungsmotors ist und der NOx-Sensor dem NOx-Speicher-Katalysator nachgeschaltet angeordnet ist.

6. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand der ausgeschaltete Ver-

brennungsmotor ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der Abgasweg zusätzlich belüftet wird.

8. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand der Zustand unmittelbar nach dem Kaltstart des Verbrennungsmotors ist.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der NOx-Sensor vor dem Motorstart vorgeheizt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand der Leerlauf des Verbrennungsmotors mit der Luftzahl $\lambda=1$ oder $\lambda<1$ ist.

11. Verfahren nach Anspruch 2, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand ein Zustand im Niedrig- oder Teillastbetrieb mit einer Luftzahl $\lambda>1$ nach einer Regenerations-Phase des NOx-Speicher-Katalysators ist.

12. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand der Betrieb mit einer Luftzahl $\lambda=1,1$ ist.

13. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand eine klopfende Verbrennung ist.

14. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der vorbestimmte Motorbetriebszustand die Abstellphase des Verbrennungsmotors mit letzten fett-betriebenen Verbrennungen ist.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 4, 6, 8, 12, 13 oder 14, wobei der NOx-Sensor vor einem Vor-Katalysator angeordnet ist.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das Abgleichen in bestimmten zeitlichen Abständen durchgeführt wird.

17. Vorrichtung zum Ermitteln des NOx-Gehalts im Abgasweg eines Verbrennungsmotors (1), mit einem NOx-Sensor (4A, 4B, 4C), von dem der NOx-Gehalt im Abgasweg erfaßt wird und ein zugehöriger NOx-Sensor-Signalwert generiert wird, und mit einer Steuervorrichtung (5), die mit dem NOx-Sensor verbunden ist, wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr ein vorbestimmter Betriebszustand des Verbrennungsmotors mit bekanntem NOx-Gehalt im Abgas einstellbar ist, wobei ihr mindestens ein NOx-Sensor-Signalwert bei dem vorbestimmten Motorbetriebszustand des Verbrennungsmotors von dem NOx-Sensor zugeführt wird, dass von ihr der mindestens eine zugeführte NOx-Sensor-Signalwert mit einem dem bekannten NOx-Gehalt entsprechenden Signalwert vergleichbar und die Differenz zwischen dem gemessenen NOx-Gehalt und dem bekannten NOx-Gehalt ermittelbar ist, dass von ihr aus der mindestens einen ermittelten Differenz ein Korrekturwert ermittelbar ist, und dass von ihr die vom NOx-Sensor erhaltenen NOx-Sensor-Signalwerte unter Ermittlung von jeweiligen NOx-Gehalt-Signalwerten, die den jeweiligen NOx-Gehalten im Abgas entsprechen, mittels des Korrekturwerts korrigierbar sind.

18. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der NOx-Sensor nach einem NOx-Speicher-Katalysator angeordnet ist.

19. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der NOx-Sensor vor einem NOx-Speicher-Katalysator angeordnet ist, und wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr die Schubphase des Verbrennungsmotors (1) als vorbestimmter Motorbetriebszustand eingestellt wird.

20. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der NOx-Sensor vor einem NOx-Speicher-Katalysator angeordnet ist, und wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr der ausgeschaltete Verbrennungsmotor als vorbestimmter Motorbetriebszustand eingestellt wird.

21. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der NOx-Sensor vor einem NOx-Speicher-Katalysator angeordnet ist, und wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr der Zustand unmittelbar nach dem Kaltstart des Verbrennungsmotors als vorbestimmter Motorbetriebszustand eingestellt wird.

22. Vorrichtung nach Anspruch 17, wobei der NOx-Sensor vor einem NOx-Speicher-Katalysator angeordnet ist, und wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr der Motorbetrieb mit einer Luftzahl $\lambda=1,1$ als vorbestimmter Motorbetriebszustand eingestellt wird.

23. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der NOx-Sensor vor einem NOx-Speicher-Katalysator angeordnet ist, und wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr ein Motorbetrieb mit klopfender Verbrennung als vorbestimmter Motorbetriebszustand eingestellt wird.

24. Verfahren nach Anspruch 17, wobei der NOx-Sensor vor einem NOx-Speicher-Katalysator angeordnet ist, und wobei die Steuervorrichtung derart ausgebildet ist, dass von ihr die Abstellphase des Verbrennungsmotors mit letzten fettbetriebenen Verbrennungen als vorbestimmter Motorbetriebszustand eingestellt wird.

Fig. 1

