



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 060 330.9**
(22) Anmeldetag: **03.11.2010**
(43) Offenlegungstag: **03.05.2012**

(51) Int Cl.: **F01N 11/00 (2006.01)**
F02C 6/12 (2006.01)
F02M 25/07 (2006.01)
F02D 41/14 (2006.01)

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

(74) Vertreter:
Drömer, Hans-Carsten, 50735, Köln, DE

(72) Erfinder:
**Yacoub, Yasser, 50858, Köln, DE; Petrovic, Simon,
Maastricht, NL**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 101 42 198 B4
DE 102007061468 A1
DE 102007030233 A1

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Überwachung einer Schadstoffkonzentration im Abgas einer
Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer Schadstoffkonzentration C_i im Abgas einer mittels Abgasturbolader (6) aufgeladenen Brennkraftmaschine (1), die mit einer Abgasrückführung (4) ausgestattet ist, welche eine von einem Abgasabfuhrsystem (2) abzweigende und in ein Ansaugsystem (3) mündende Rückführleitung (5) umfaßt.

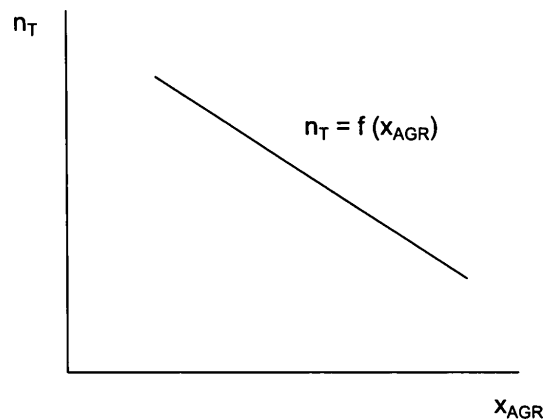
Es soll ein Verfahren aufgezeigt werden, mit dem eine Schadstoffkonzentration C_i im Abgas der Brennkraftmaschine (1) überwacht werden kann.

Erreicht wird dies mit einem Verfahren der oben genannten Art, bei dem

– das Luftverhältnis λ_{mes} im Abgas mittels einer Lambda-Sonde (7) erfaßt wird,

– die Drehzahl n_T des Abgasturboladers (6) mittels Sensor (8) erfaßt wird, und

– die Schadstoffkonzentration C_i unter Verwendung des Luftverhältnisses λ_{mess} und der Drehzahl n_T bestimmt wird, mit $C_i = f(\lambda_{mess}, n_T)$.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung einer Schadstoffkonzentration C_i im Abgas einer mittels Abgasturbolader aufgeladenen Brennkraftmaschine, die mit einer Abgasrückführung ausgestattet ist, welche eine von einem Abgasabfuhrsystem abzweigende und in ein Ansaugsystem mündende Rückführleitung umfaßt.

[0002] Nach dem Stand der Technik werden Brennkraftmaschinen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen mit verschiedenen Abgasnachbehandlungssystemen ausgestattet.

[0003] Zur Oxidation der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) und von Kohlenmonoxid (CO) wird im Abgasabfuhrsystem häufig ein Oxidationskatalysator vorgesehen, insbesondere bei Brennkraftmaschinen, die mit einem Luftüberschuß betrieben werden, beispielsweise im Magerbetrieb arbeitende Ottomotoren, aber auch direkteinspritzende Dieselmotoren.

[0004] Bei Ottomotoren können auch Dreiwegkatalysatoren zum Einsatz kommen, welche aber einen in engen Grenzen ablaufenden stöchiometrischen Betrieb ($\lambda \approx 1$) erfordern. Dabei werden die Stickoxide NO_x mittels der vorhandenen nicht oxidierten Abgasbestandteile, nämlich den Kohlenmonoxiden und den unverbrannten Kohlenwasserstoffen, reduziert, wobei gleichzeitig diese Schadstoffe oxidiert werden.

[0005] Bei einem Luftüberschuß ($\lambda \gg 1$) können die im Abgas befindlichen Stickoxide prinzipbedingt, d. h. aufgrund der fehlenden Reduktionsmittel nicht reduziert werden.

[0006] Zur Reduzierung der Stickoxide werden daher selektive Katalysatoren – sogenannte SCR-Katalysatoren – eingesetzt, bei denen gezielt Reduktionsmittel in das Abgas eingebracht wird, um die Stickoxide selektiv zu vermindern. Als Reduktionsmittel kommen neben Ammoniak und Harnstoff auch unverbrannte Kohlenwasserstoffe zum Einsatz. Letzteres wird auch als HC-Anreicherung bezeichnet, wobei die unverbrannten Kohlenwasserstoffe direkt in das Abgasabfuhrsystem eingebracht werden oder aber durch innermotorische Maßnahmen, beispielsweise durch eine Nacheinspritzung von zusätzlichem Kraftstoff.

[0007] Die Stickoxidemissionen können auch mit einem sogenannten Stickoxidspeicherkatalysator (LNT – Lean NO_x Trap) reduziert werden. Dabei werden die Stickoxide zunächst – während eines mageren Betriebs der Brennkraftmaschine – im Katalysator absorbiert, d. h. gesammelt und gespeichert, um dann während einer Regenerationsphase, beispielsweise mittels eines unterstöchiometrischen Betriebs (beispielsweise $\lambda < 0,95$) der Brennkraftmaschine,

bei Sauerstoffmangel reduziert zu werden. Während der Regenerationsphase werden die Stickoxide NO_x freigegeben und im Wesentlichen in Stickstoffdioxid (N_2), Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasser (H_2O) umgewandelt.

[0008] Zur Minimierung der Emission von Rußpartikeln werden nach dem Stand der Technik sogenannte regenerative Partikelfilter eingesetzt, die die Rußpartikel aus dem Abgas herausfiltern und speichern, wobei diese Rußpartikel im Rahmen der Regeneration des Filters intermittierend verbrannt werden.

[0009] Eine Schwierigkeit bei der Verwendung eines LNT ergibt sich aus dem im Abgas enthaltenen Schwefel, der ebenfalls im LNT absorbiert wird. Die für eine Entschwefelung erforderlichen hohen Temperaturen können den Speicherkatalysator schädigen, zur thermischen Alterung des Katalysators beitragen und die gewollte Konvertierung der Stickoxide nachteilig beeinflussen. Das Speichervermögen des LNT, d. h. die Fähigkeit, Stickoxide zu speichern, nimmt mit zunehmender Betriebsdauer ab.

[0010] Die hohen Abgastemperaturen führen nicht nur bei einem Speicherkatalysator, sondern auch bei einem Oxidationskatalysator zu einer thermischen Alterung und mit zunehmender Betriebsdauer zu einer Einschränkung der Funktionstüchtigkeit, d. h. zu einer Abnahme der Konvertierungsraten. Insbesondere die für die Oxidation von Methan erforderlichen hohen Temperaturen erweisen sich als kritisch.

[0011] Aufgrund der Tatsache, dass der Wirkungsgrad eines Abgasnachbehandlungssystems mit zunehmender Betriebsdauer abnimmt bzw. ein Abgasnachbehandlungssystem grundsätzlich auch irreversibel beschädigt werden kann, sind Konzepte erforderlich, um ein Abgasnachbehandlungssystem bzw. die Funktionstüchtigkeit eines solchen Systems zu überwachen, um unerwünscht hohe Schadstoffemissionen infolge eingeschränkter Funktionstüchtigkeit bzw. mangelnder Konvertierung zu vermeiden. Obwohl die derzeitigen Verordnungen eine On-Board-Diagnose (OBD) nicht zwingend erfordern, können zukünftige Konzepte dies erforderlich machen. So schreibt die Verordnung EURO VI die Überwachung der Stickoxid-Rohemission vor.

[0012] Eine innermotorische Maßnahme zur Reduzierung der Stickoxidemissionen besteht in der Abgasrückführung, d. h. in der Rückführung von Abgasen aus dem Abgasabfuhrsystem in das Ansaugsystem via Rückführleitung.

[0013] Die Abgasrückführung ist ein Konzept zur Senkung der Stickoxidemissionen, wobei die Stickoxidemissionen mit zunehmender Abgasrückführrate deutlich gesenkt werden können. Die Abgasrückführrate x_{AGR} bestimmt sich dabei wie folgt:

$$x_{AGR} = m_{AGR} / (m_{AGR} + m_{Frischluft})$$

wobei m_{AGR} die Masse an zurückgeführtem Abgas und $m_{Frischluft}$ die zugeführte – gegebenenfalls durch einen Verdichter geführte und komprimierte – Frischluft, d. h. Verbrennungsluft bezeichnet.

[0014] Die Abgasrückführung eignet sich auch zur Reduzierung der Emissionen an unverbrannten Kohlenwasserstoffen im Teillastbereich.

[0015] Um eine deutliche Senkung der Stickoxidemissionen zu erreichen, sind hohe Abgasrückführaten erforderlich, die in der Größenordnung von $x_{AGR} \approx 60\%$ bis 70% liegen können.

[0016] Dadurch ergibt sich bei Brennkraftmaschinen, die mittels Abgasturboaufladung aufgeladen und mit einer Abgasrückführung ausgestattet sind, ein Konflikt, da das rückgeführte Abgas in der Regel stromaufwärts der Turbine des mindestens einen Abgasturboladers aus dem Abgasabfuhrsystem entnommen wird und zum Antrieb der mindestens einen Turbine nicht mehr zur Verfügung steht.

[0017] Bei einem Abgasturbolader sind ein Verdichter und eine Turbine auf derselben Welle angeordnet, wobei der heiße Abgasstrom der Turbine zugeführt wird und sich unter Energieabgabe in dieser Turbine entspannt, wodurch die Welle in Drehung versetzt wird. Die vom Abgasstrom an die Turbine und schließlich an die Welle abgegebene Energie wird für den Antrieb des ebenfalls auf der Welle angeordneten Verdichters genutzt. Der Verdichter fördert und komprimiert die ihm zugeführte Ladeluft, wodurch eine Aufladung der Brennkraftmaschine erreicht wird.

[0018] Bei einer Steigerung der Abgasrückführate nimmt der durch die Turbine hindurchgeführte Abgasstrom ab. Der verminderte Abgasstrom durch die Turbine führt zu einem kleineren Turbinendruckverhältnis, mit dem auch das Ladedruckverhältnis fällt, was gleichbedeutend ist mit einem kleineren Verdichtermassenstrom.

[0019] Die beschriebenen Effekte, d. h. sowohl die Zunahme der Abgasrückführung als auch die dadurch hervorgerufene gleichzeitige Abnahme des Ladedrucks führen zu einer fetteren Zylinderfrischladung, d. h. zu weniger Frischluft bzw. Sauerstoff im Brennraum, was maßgeblich Einfluß hat auf die Bildung der Schadstoffe und die Schadstoffkonzentrationen im Abgasabfuhrsystem.

[0020] Vor dem Hintergrund des Gesagten ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 aufzuzeigen, mit dem eine Schadstoffkonzentration C_i im Abgas der Brennkraftmaschine überwacht werden kann.

[0021] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Überwachung einer Schadstoffkonzentration C_i im Abgas einer mittels Abgasturbolader aufgeladenen Brennkraftmaschine, die mit einer Abgasrückführung ausgestattet ist, welche eine von einem Abgasabfuhrsystem abzweigende und in ein Ansaugsystem mündende Rückführleitung umfaßt, das dadurch gekennzeichnet ist, dass

- das Luftverhältnis λ_{mess} im Abgas mittels einer Lambda-Sonde erfaßt wird,
- die Drehzahl n_T des Abgasturboladers mittels Sensor erfaßt wird, und
- die Schadstoffkonzentration C_i unter Verwendung des Luftverhältnisses λ_{mess} und der Drehzahl n_T bestimmt wird, mit $C_i = f(\lambda_{mess}, n_T)$.

[0022] Ausgehend von einem stationären Betrieb der Brennkraftmaschine hängt die Konzentration C_i einer Schadstoffkomponente i im Abgas maßgeblich von der Zusammensetzung der Zylinderfrischladung ab, d. h. – gleichgroße Kraftstoffmengen vorausgesetzt – von der Zusammensetzung des Gasanteils der Zylinderfrischladung und damit von der Rückführate x_{AGR} und der Zusammensetzung des rückgeführten Abgases, welche sich durch den Anteil der aus der Verbrennung resultierenden Fraktion am Abgas $F_{Auslass}$ beschreiben lässt, der wiederum unter Verwendung des Luftverhältnisses λ_{mess} im Abgassystem bestimmt werden kann. Es gilt:

$$F_{Auslass} \sim \lambda_{mess}$$

[0023] Liegt beispielsweise eine stöchiometrische Verbrennung vor mit $\lambda_{mess} = \lambda_{stoch} = 1$, dann gilt auch $F_{Auslass} = 1$, weil das gesamte Abgas in die aus der Verbrennung resultierende Fraktion eingeht, d. h. das gesamte Abgas aus Verbrennungsprodukten gebildet wird. Mit anderen Worten gesagt wird die gesamte Zylinderfrischladung im Rahmen der Verbrennung chemisch umgesetzt, wobei der Luftsauerstoff vollständig aufgebraucht wird.

[0024] Hinsichtlich der Rückführate x_{AGR} nutzt das erfindungsgemäße Verfahren den bereits aus dem Stand der Technik bekannten Effekt, welcher sich zwangsläufig bei einer mittels Abgasturboaufladung aufgeladenen Brennkraftmaschine einstellt, bei der stromaufwärts der Turbine Abgas zwecks Rückführung abgezweigt wird, und der sich dadurch manifestiert, dass mit zunehmender Abgasrückführate der durch die Turbine des Abgasturboladers hindurchgeführte Abgasmassenstrom abnimmt. Der sinkende Massenstrom durch die Turbine führt zu einer Abnahme der Turbinendrehzahl n_T , d. h. zu einer abnehmenden Drehzahl des Laders.

[0025] Zwischen der Rückführate x_{AGR} und der Drehzahl n_T der Turbine besteht insofern ein Zusammenhang, der erfindungsgemäß genutzt wird. Es gilt:

$$n_T \sim x_{AGR}^{-1}$$

[0026] Während die Rückführrate x_{AGR} als solche einer direkten meßtechnischen Erfassung nicht zugänglich ist, kann die Drehzahl n_T des Abgasturboladers mittels Sensor erfaßt werden.

[0027] Aus dem zuvor Gesagten folgt, dass die Schadstoffkonzentration C_i im Abgas unter Verwendung des Luftverhältnisses λ_{mess} und der Drehzahl n_T bestimmt werden kann. Es gilt:

$$C_i = f(\lambda_{mess}, n_T)$$

[0028] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird folglich die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich ein Verfahren aufgezeigt, mit dem die Konzentration C_i einer Schadstoffkomponente im Abgas der Brennkraftmaschine bestimmt und überwacht werden kann.

[0029] Da das Luftverhältnis λ_{mess} dazu dient, die Zusammensetzung des rückgeführten Abgases zu beschreiben bzw. anzugeben, ist es vorteilhaft, zwischen der Sonde und der Rückführleitung kein Abgasnachbehandlungssystem vorzusehen. Die Lambda-Sonde kann an einer Stelle im Abgasabfuhrsystem, aber grundsätzlich auch in der Rückführleitung angeordnet sein.

[0030] Ein Vorteil eines Abgasturboladers im Vergleich zu einem mechanischen Lader besteht darin, dass keine mechanische Verbindung zur Leistungsübertragung zwischen Lader und Brennkraftmaschine besteht bzw. erforderlich ist. Während ein mechanischer Lader die für seinen Antrieb benötigte Energie vollständig von der Brennkraftmaschine bezieht, somit die bereitgestellte Leistung mindert und auf diese Weise den Wirkungsgrad nachteilig beeinflusst, nutzt der Abgasturbolader die Abgasenergie der heißen Abgase.

[0031] Vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen stromabwärts des Verdichters eine Ladeluftkühlung vorgesehen ist, mit der die komprimierte Verbrennungsluft vor Eintritt in die Zylinder gekühlt wird.

[0032] Vorteilhaft sind Ausführungsformen, bei denen in der Rückführleitung eine Kühlung vorgesehen ist, mit der das rückgeführte Abgas gekühlt wird.

[0033] Weitere vorteilhafte Verfahrensvarianten werden im Folgenden erläutert.

[0034] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Schadstoffkonzentration C_i bei stationärem Betrieb der Brennkraftmaschine in einem festen Betriebspunkt, der durch mindestens zwei Betriebsparameter gekennzeichnet ist, bestimmt wird.

[0035] Diese Vorgehensweise mindert bzw. eliminiert den Einfluß anderer Betriebsparameter auf die jeweilige Schadstoffkonzentration und stellt damit sicher, dass eine Änderung der Konzentration C_i tatsächlich nur auf eine Modifikation der Rückführrate x_{AGR} und einer damit verbundenen Drehzahländerung n_T zurückgeht und nicht auf eine Variation anderer Parameter, wie beispielsweise dem Kraftstoffdruck, dem Einspritzbeginn, der Einspritzdauer, der Einspritzmenge und/oder dergleichen.

[0036] Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die mindestens zwei Betriebsparameter die Drehzahl n und die Last der Brennkraftmaschine umfassen.

[0037] Dabei sind insbesondere Ausführungsformen des Verfahrens vorteilhaft, bei denen die mindestens zwei Betriebsparameter die Drehzahl n und das Drehmoment T der Brennkraftmaschine umfassen.

[0038] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen zur Bestimmung der Schadstoffkonzentration C_i ein Regressionsmodell verwendet wird, welches auf der Gleichung $C_i(n, T) = [\alpha_0(n, T) + b_1(n, T) \cdot n_T + b_2(n, T) \cdot \lambda_{mess}^{-1} + c_3(n, T) \cdot n_T \cdot \lambda_{mess}^{-1}]$ basiert, wobei α_0 , b_1 , b_2 und c_3 betriebspunktspezifische Konstanten bezeichnen.

[0039] Dass das Regressionsmodell auf der angegebenen Gleichung $C_i(n, T)$ basiert, bedeutet, dass die Gleichung beliebig ergänzt werden kann, nämlich um Terme höherer Potenz. Es gilt:

$$C_i(n, T) = [\alpha_0(n, T) + b_1(n, T) \cdot n_T + b_2(n, T) \cdot \lambda_{mess} + c_3(n, T) \cdot n_T \cdot \lambda_{mess}^{-1} + \dots]$$

[0040] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die betriebspunktspezifischen Konstanten des Regressionsmodells in mindestens einem Kennfeld hinterlegt werden, wobei jedes Kennfeld einem konkreten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine zugeordnet ist.

[0041] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Schadstoffkonzentration C_{NOX} der Stickoxide NO_x bestimmt wird.

[0042] Vorteilhaft sind dabei Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen zur Bestimmung der Schadstoffkonzentration C_{NOX} ein Regressionsmodell verwendet wird, welches auf der Gleichung $C_{NOX}(n, T) = [\alpha_0(n, T) + b_1(n, T) \cdot n_T + b_2(n, T) \cdot \lambda_{mess}^{-1} + c_3(n, T) \cdot n_T \cdot \lambda_{mess}^{-1}]$ basiert, wobei α_0 , b_1 , b_2 und c_3 betriebspunktspezifische Konstanten bezeichnen.

[0043] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die ermittelte Schadstoffkonzentration C_i zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit

eines im Abgasabführsystem vorgesehenen Abgasnachbehandlungssystems verwendet wird.

[0044] In diesem Zusammenhang sind Verfahrensvarianten vorteilhaft, bei denen die Konzentration sowohl stromaufwärts $C_{i,up}$ als auch stromabwärts $C_{i,down}$ des Abgasnachbehandlungssystems bestimmt wird. Sind die beiden Konzentrationen $C_{i,up}$ und $C_{i,down}$ im Wesentlichen gleichgroß, ist das Abgasnachbehandlungssystem vollständig funktionsuntüchtig.

[0045] Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen das im Abgasabführsystem vorgesehene Abgasnachbehandlungssystem ein Speicherkatalysator ist.

[0046] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) näher beschrieben. Hierbei zeigt:

[0047] [Fig. 1](#) schematisch eine erste Ausführungsform einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens,

[0048] [Fig. 2a](#) in einem Diagramm die Drehzahl n_T des Laders über der Rückführrate x_{AGR} ,

[0049] [Fig. 2b](#) in einem Diagramm die Konzentration C_{NOX} an Stickoxiden im Abgas über der Rückführrate x_{AGR} , und

[0050] [Fig. 3](#) in einem Diagramm die Konzentration C_{NOX} an Stickoxiden im Abgas über $F_{Einlass}$, der Fraktion an Verbrennungsprodukten an der Zylinderfrischladung.

[0051] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Brennkraftmaschine **1** zur Durchführung des Verfahrens. Die Brennkraftmaschine **1** verfügt über ein Ansaugsystem **3** zur Versorgung der Zylinder mit Frischluft bzw. Frischgemisch und ein Abgasabführsystem **2**, mit dem die Abgase aus den Zylindern abgeführt werden.

[0052] Zur Aufladung der Brennkraftmaschine **1** ist ein Abgasturbolader **6** vorgesehen, der einen in einer Ansaugleitung des Ansaugsystems **3** angeordneten Verdichter **6a** und eine in einer Abgasleitung des Abgasabführsystems **2** angeordnete Turbine **6b** aufweist, die auf derselben Welle gelagert sind. Stromabwärts der Turbine **6b** ist ein Abgasnachbehandlungssystem **9** vorgesehen.

[0053] Des Weiteren ist die Brennkraftmaschine **1** mit einer Abgasrückführung **4** ausgestattet, welche eine vom Abgasabführsystem **2** stromaufwärts der Turbine **6b** abzweigende Rückführleitung **5** umfaßt, die in das Ansaugsystem **3** mündet.

[0054] Stromaufwärts der Turbine **6b** ist zur Erfassung des Luftverhältnisses λ_{mess} eine Lambda-Sonde

7 im Abgasabführsystem **2** vorgesehen. Mit dem Luftverhältnis λ_{mess} kann auf die Zusammensetzung des rückgeführten Abgases geschlossen werden. Das Luftverhältnis λ_{mess} dient der Bestimmung und Angabe des Anteils der aus der Verbrennung resultierenden Fraktion am Abgas $F_{Auslass}$.

[0055] Die Drehzahl n_T des Abgasturboladers **6** wird mittels Sensor **8** erfaßt und korreliert mit der Rückführrate x_{AGR} .

[0056] Unter Verwendung des Luftverhältnisses λ_{mess} und der Drehzahl n_T wird die Schadstoffkonzentration C_i bestimmt. Es gilt: $C_i = f(\lambda_{mess}, n_T)$.

[0057] [Fig. 2a](#) zeigt in einem Diagramm die Drehzahl n_T des Laders über der Rückführrate x_{AGR} . Bei einer mittels Abgasturbolader aufgeladenen Brennkraftmaschine, bei der stromaufwärts der Turbine Abgas zwecks Rückführung entnommen wird, nimmt mit zunehmender Rückführrate der durch die Turbine des Laders hindurchgeführte Abgasstrom ab. Der sinkende Massenstrom durch die Turbine bedingt eine Verringerung der Turbinendrehzahl n_T . Die Drehzahl n_T der Turbine ist umgekehrt proportional zur Rückführrate x_{AGR} mit $n_T \sim x_{AGR}^{-1}$.

[0058] [Fig. 2b](#) zeigt in einem Diagramm die Konzentration C_{NOX} an Stickoxiden im Abgas über der Rückführrate x_{AGR} . Die Rückführung von Abgasen von der Abgasseite zur Ansaugseite via Rückführleitung ist eine Maßnahme zur Reduzierung der Stickoxid-Rohemission, wobei die Stickoxidkonzentration C_{NOX} im Abgas mit steigender Abgasrückführrate abnimmt. Die Stickoxidkonzentration C_{NOX} ist umgekehrt proportional zur Rückführrate x_{AGR} mit $C_{NOX} \sim x_{AGR}^{-1}$.

[0059] [Fig. 3](#) zeigt in einem Diagramm die Konzentration C_{NOX} an Stickoxiden im Abgas über $F_{Einlass}$, der Fraktion an Verbrennungsprodukten in der Zylinderfrischladung. Nimmt der Anteil der Verbrennungsprodukte an der Zylinderfrischladung zu, d. h. $F_{Einlass}$ steigt, sinkt die Stickoxidkonzentration C_{NOX} im Abgas.

Bezugszeichenliste

1	Brennkraftmaschine
2	Abgasabführsystem
3	Ansaugsystem
4	Abgasrückführung
5	Rückführleitung
6	Abgasturboaufladung, Abgasturbolader
6a	Verdichter
6b	Turbine
7	Lambda-Sonde
8	Drehzahlsensor
9	Abgasnachbehandlungssystem

C_i	Konzentration der Schadstoffkomponente i im Abgas	3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Betriebsparameter die Drehzahl n und die Last der Brennkraftmaschine (1) umfassen.
$C_{i,down}$	Konzentration stromabwärts des Abgasnachbehandlungssystems	
$C_{i,up}$	Konzentration stromaufwärts des Abgasnachbehandlungssystems	4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens zwei Betriebsparameter die Drehzahl n und das Drehmoment T der Brennkraftmaschine (1) umfassen.
$^{\circ}NO_x$	Konzentration an Stickoxiden im Abgas	5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Schadstoffkonzentration C_i ein Regressionsmodell verwendet wird, welches auf der Gleichung $C_i(n, T) = [\alpha_0(n, T) + b_1(n, T) \cdot n_T + b_2(n, T) \cdot \lambda_{mess}^{-1} + c_3(n, T) \cdot n_T \cdot \lambda_{mess}^{-1}]$ basiert, wobei α_0 , b_1 , b_2 und c_3 betriebspunktspezifische Konstanten bezeichnen.
CO	Kohlenmonoxid	
CO_2	Kohlendioxid	
$F_{Auslass}$	Anteil der aus der Verbrennung resultierenden Fraktion im Abgas Anteil der aus der Verbrennung resultierenden Fraktion an der Zylinderfrischladung	6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die betriebspunktspezifischen Konstanten des Regressionsmodells in mindestens einem Kennfeld hinterlegt werden, wobei jedes Kennfeld einem konkreten Betriebspunkt zugeordnet ist.
HC	unverbrannte Kohlenwasserstoffe	7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schadstoffkonzentration C_{NO_x} der Stickoxide NO_x bestimmt wird.
H_2O	Wasser	8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass zur Bestimmung der Schadstoffkonzentration C_{NO_x} ein Regressionsmodell verwendet wird, welches auf der Gleichung $C_i(n, T) = [\alpha_0(n, T) + b_1(n, T) \cdot n_T + b_2(n, T) \cdot \lambda_{mess}^{-1} + c_3(n, T) \cdot n_T \cdot \lambda_{mess}^{-1}]$ basiert, wobei α_0 , b_1 , b_2 und c_3 betriebspunktspezifische Konstanten bezeichnen.
i	Schadstoffkomponente	
mAGR	Masse an zurückgeführtem Abgas	9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Schadstoffkonzentration C_i zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit eines im Abgasabführsystem (2) vorgesehenen Abgasnachbehandlungssystems (9) verwendet wird.
mFirschluft	Masse an zugeführter Frischluft	10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das im Abgasabführsystem (2) vorgesehene Abgasnachbehandlungssystem (9) ein Speicherkatalysator ist.
n	Drehzahl der Brennkraftmaschine	
n_T	Drehzahl des Abgasturboladers	
N_2	Stickstoffdioxid	
NO_x	Stickoxide	
T	Drehmoment der Brennkraftmaschine	
λ	Luftverhältnis	
λ_{mess}	mittels Lambda-Sonde erfaßtes Luftverhältnis	
X_{AGR}	Abgasrückführrate	

Patentansprüche

1. Verfahren zur Überwachung einer Schadstoffkonzentration C_i im Abgas einer mittels Abgasturbolader (6) aufgeladenen Brennkraftmaschine (1), die mit einer Abgasrückführung (4) ausgestattet ist, welche eine von einem Abgasabführsystem (2) abzweigende und in ein Ansaugsystem (3) mündende Rückführleitung (5) umfaßt,

dadurch gekennzeichnet, dass

- das Luftverhältnis λ_{mess} im Abgas mittels einer Lambda-Sonde (7) erfaßt wird,
- die Drehzahl n_T des Abgasturboladers (6) mittels Sensor (8) erfaßt wird, und
- die Schadstoffkonzentration C_i unter Verwendung des Luftverhältnisses λ_{mess} und der Drehzahl n_T bestimmt wird, mit $C_i = f(\lambda_{mess}, n_T)$.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Schadstoffkonzentration C_i bei stationärem Betrieb der Brennkraftmaschine (1) in einem festen Betriebspunkt, der durch mindestens zwei Betriebsparameter gekennzeichnet ist, bestimmt wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

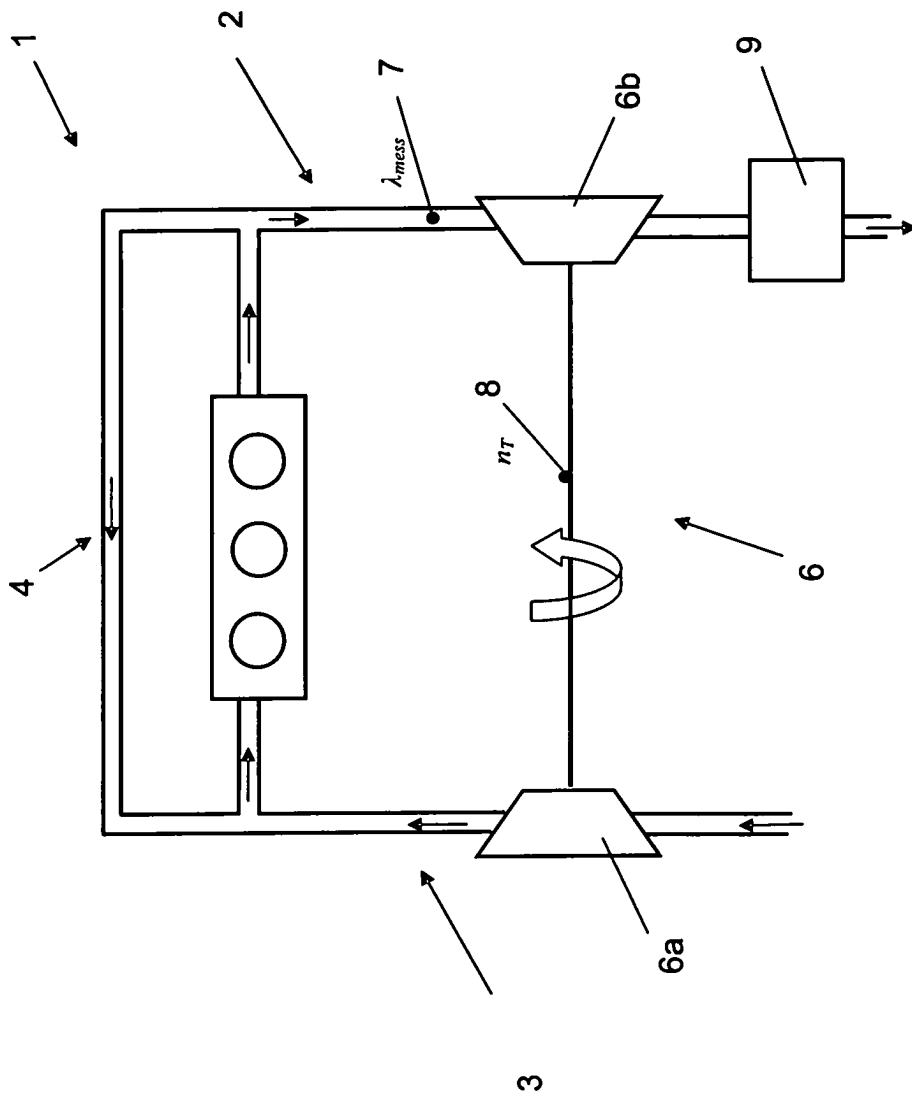


Fig. 1

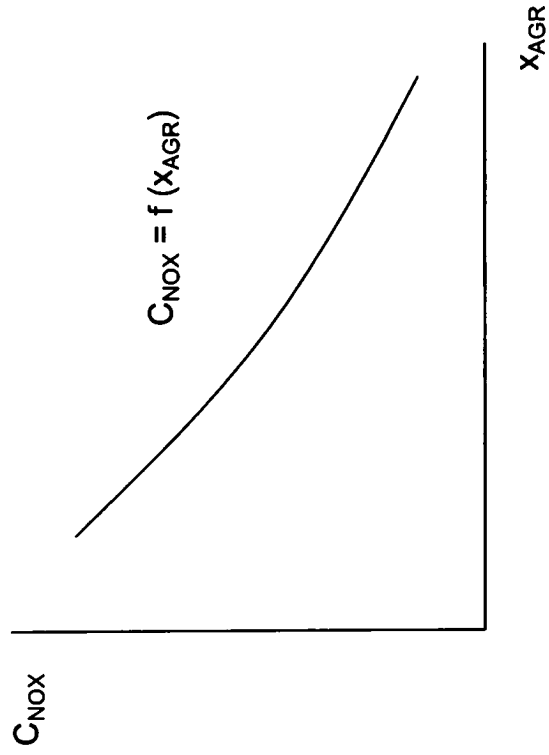


Fig. 2b

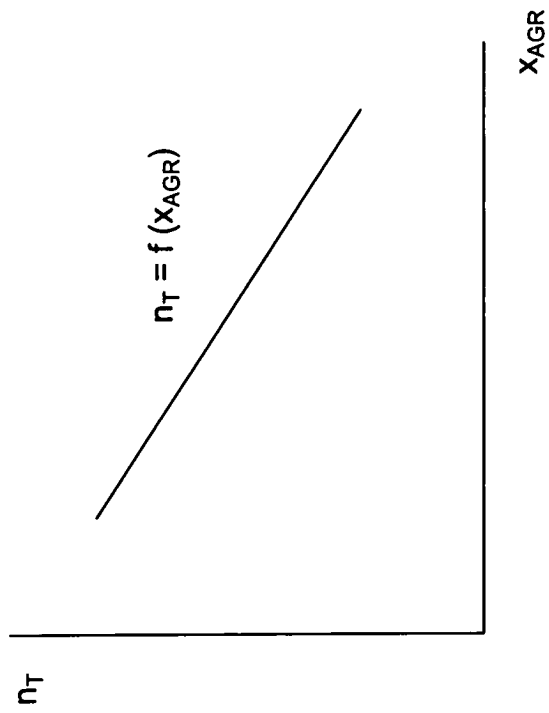


Fig. 2a

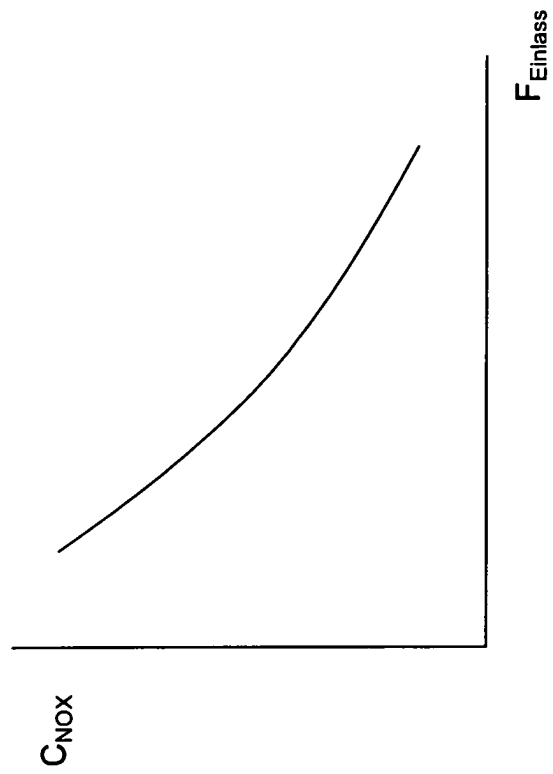


Fig. 3