



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 042 925 B3 2010.06.10**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 042 925.2**

(22) Anmeldetag: **17.10.2008**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **10.06.2010**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/00 (2006.01)**

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

(73) Patentinhaber:

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

(74) Vertreter:

**Dörfler, T., Dipl.-Ing. Dr.-Ing., Pat.-Ass., 50374
 Erftstadt**

(72) Erfinder:

**Tumelaire, Charles, 52076 Aachen, DE; Sayed
 Yacoub, Yasser Mohammed, 50858 Köln, DE**

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

JP 03-1 05 042 AA
JP 2008-0 82 245 AA
EP 17 75 584 A2
JP 2007-3 21 706 AA

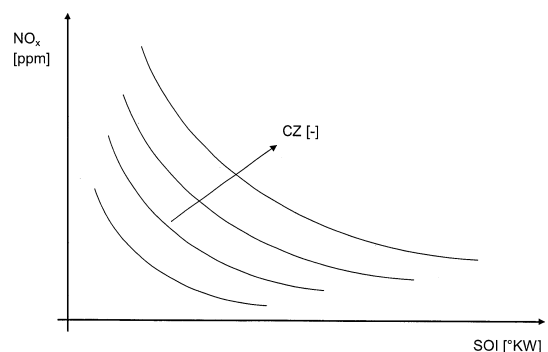
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Bestimmung der Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes, der zur Verbrennung in den mindestens einen Zylinder (3) einer Brennkraftmaschine mit Motorsteuerung eingespritzt wird, wobei die Abgase über mindestens eine Abgasleitung (2) aus dem mindestens einen Zylinder (3) abgeführt werden.

Es soll ein Verfahren aufgezeigt werden, mit dem die Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes während des Betriebs der Brennkraftmaschine kostengünstiger und gleichzeitig mit einer höheren Genauigkeit bestimmt werden kann als dies mit den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren möglich ist.

Erreicht wird dies durch ein Verfahren der genannten Art, das dadurch gekennzeichnet ist, dass

- die Konzentration C eines Abgasbestandteils mit einem in der mindestens einen Abgasleitung (2) vorgesehenen Sensor (1) messtechnisch erfasst wird, und
- diese Konzentration C als Eingangsgröße für ein in der Motorsteuerung hinterlegtes Kennfeld verwendet wird, um die Cetanzahl CZ des verwendeten Kraftstoffes als Ausgangsgröße aus diesem Kennfeld auszulesen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes, der zur Verbrennung in den mindestens einen Zylinder einer Brennkraftmaschine mit Motorsteuerung eingespritzt wird, wobei die Abgase über mindestens eine Abgasleitung aus dem mindestens einen Zylinder abgeführt werden.

[0002] Ein derartiges Verfahren wird beispielsweise in der JP 03105042 A beschrieben.

[0003] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung umfaßt der Begriff "Brennkraftmaschine" Dieselmotoren, aber auch Hybrid-Brennkraftmaschinen. Aufgrund der begrenzten Vorkommen an Mineralöl als Rohstoff für die Gewinnung von Kraftstoffen wird der Einsatz alternativer Kraftstoffe und damit auch der Einsatz von Hybrid-Brennkraftmaschinen bzw. Hybrid-Brennverfahren zunehmend als zielführend angesehen. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden daher sämtliche Kraftstoffe, mit denen ein Dieselmotor grundsätzlich betrieben werden kann, als Dieselkraftstoffe bzw. Kraftstoffe bezeichnet.

[0004] Das traditionelle dieselmotorische Verfahren ist dabei gekennzeichnet durch eine Luftverdichtung, ein inhomogenes Gemisch, eine Selbstzündung und die Qualitätsregelung.

[0005] Die erforderliche Selbstzündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches setzt eine hohe Zündwilligkeit des Dieselkraftstoffes voraus. Ist die Zündwilligkeit des verwendeten Kraftstoffes zu gering, sammeln sich große Mengen aufbereiteten Kraftstoff-Luft-Gemisches im Zylinder an, die bei Selbstzündung zu einem steilen Druckanstieg zu Beginn der Verbrennung führen, oder aber eine Zündung bleibt aus.

[0006] Die Zündwilligkeit eines Kraftstoffes kann durch die Cetanzahl CZ angegeben werden, die im Zusammenhang steht mit der Zündverzugszeit, welche ein Maß ist für die Zeit zwischen dem Beginn der Kraftstoffeinspritzung in den Zylinder d. h. dem Einspritzbeginn SOI und dem Druckanstieg infolge der Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches.

[0007] Die Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes gibt an, wieviel Volumenprozent Cetan eine Mischung aus Cetan und α -Methylnaphthalin enthält, die unter sonst gleichen Randbedingungen dieselbe Zündverzugszeit aufweist wie der zu prüfende Kraftstoff, dessen Cetanzahl zu bestimmen ist. Je höher die Cetanzahl eines Kraftstoffes ist desto höher ist dessen Zündwilligkeit bzw. desto kürzer ist die Zündverzugszeit.

[0008] Die Cetanzahl CZ eines Dieselkraftstoffes bzw. einer bestimmten Kraftstoffsorte kann variieren,

so dass beim Betrieb einer Brennkraftmaschine nicht von einer einheitlichen und unveränderlichen Cetanzahl des verwendeten Kraftstoffes ausgegangen werden kann. So führen nicht nur Verunreinigungen und Toleranzen bei der Herstellung zu Schwankungen bei der Kraftstoffqualität, insbesondere der Cetanzahl, auf ein und demselben Fahrzeugmarkt. Die verschiedenen regulatorischen Bestimmungen weltweit führen dazu, dass Dieselkraftstoffe in den einzelnen Ländern unterschiedliche Cetanzahlen aufweisen können.

[0009] Unterschiedliche Cetanzahlen führen zu unterschiedlichen Zündverzügen d. h. Zündverzugszeiten. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, ist eine On-Board-Diagnose des momentan zum Betrieb der Brennkraftmaschine verwendeten Kraftstoffes erforderlich, damit Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, insbesondere der Einspritzbeginn, an die Cetanzahl des Kraftstoffes angepaßt werden können.

[0010] Nach dem Stand der Technik wird versucht, den im Zylinder ablaufenden Verbrennungsprozeß direkt oder indirekt meßtechnisch zu erfassen, um Erkenntnisse über die Zündwilligkeit des momentan verwendeten Kraftstoffes zu erlangen.

[0011] So kann der Zylinderdruck direkt mittels Drucksensor meßtechnisch erfaßt werden, wobei der Druckverlauf zur Bestimmung des Beginns der Verbrennung SOC dient, der wiederum zusammen mit dem Einspritzbeginn SOI zur Bestimmung des Zündverzugs d. h. der Zündverzugszeit verwendet wird. Die auf diese Weise ermittelte Zündverzugszeit charakterisiert den Kraftstoff und ist – ähnlich wie die Cetanzahl – ein Maß für die Zündwilligkeit des Kraftstoffes. Nachteilig an dieser Methode ist die Notwendigkeit, einen Drucksensor vorsehen zu müssen, der eine vergleichsweise kostenintensive Meßtechnik darstellt.

[0012] Die EP 1 775 584 A2 beschreibt ein Verfahren, bei dem der Zündverzug – als Maß für die Cetanzahl – mittels eines zuvor messtechnisch erfassten Zylinderdrucks bestimmt wird.

[0013] Gemäß einer anderen Vorgehensweise wird ein Klopfsensor bzw. Beschleunigungssensor d. h. Dehnungsmeßstreifen am Zylinderblock der Brennkraftmaschine befestigt, um den im Zylinder ablaufenden Verbrennungsprozeß indirekt meßtechnisch zu erfassen und den Beginn der Verbrennung SOC zu bestimmen. Die indirekte Messung ist prinzipbedingt mit größeren Ungenauigkeiten behaftet d. h. von geringerer Qualität als die direkte Messung. Es muß berücksichtigt werden, dass die indirekte Messung stark beeinflusst wird von äußeren Faktoren, beispielsweise den in anderen Zylindern ablaufenden Verbrennungsprozessen.

[0014] Eine weitere Möglichkeit, den Verbrennungsprozeß meßtechnisch indirekt zu erfassen, besteht in der Messung der Drehzahl der Kurbelwelle, über deren Beschleunigung auf die im Zylinder ablaufenden Verbrennungsvorgänge geschlossen werden kann. Ein derartiges Verfahren ist Gegenstand der JP 2007321706 A. Die Nachteile sind die bereits oben Genannten.

[0015] Vor dem Hintergrund des Gesagten ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 d. h. der gattungsbildenden Art aufzuzeigen, mit dem die Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes während des Betriebs der Brennkraftmaschine kostengünstiger und gleichzeitig mit einer höheren Genauigkeit bestimmt werden kann als dies mit den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren möglich ist.

[0016] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Bestimmung der Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes, der zur Verbrennung in den mindestens einen Zylinder einer Brennkraftmaschine mit Motorsteuerung eingespritzt wird, wobei die Abgase über mindestens eine Abgasleitung aus dem mindestens einen Zylinder abgeführt werden, und das dadurch gekennzeichnet ist, dass

- die Konzentration C eines Abgasbestandteils mit einem in der mindestens einen Abgasleitung vorgesehenen Sensor meßtechnisch erfaßt wird, und
- diese Konzentration C als Eingangsgröße für ein in der Motorsteuerung hinterlegtes Kennfeld verwendet wird, um die Cetanzahl CZ des verwendeten Kraftstoffes als Ausgangsgröße aus diesem Kennfeld auszulesen.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt den Umstand, dass unterschiedliche Cetanzahlen CZ bei ansonsten gleichen Randbedingungen – d. h. auch gleiche Betriebsparameter der Brennkraftmaschine vorausgesetzt – zu unterschiedlichen Zündverzügen führen, wodurch der in dem mindestens einen Zylinder ablaufende Verbrennungsprozeß maßgeblich beeinflusst wird, und die Konzentrationen der bei der chemischen Umsetzung des Kraftstoff-Luft-Gemisches gebildeten Verbrennungsprodukte im Verbrennungsraum d. h. Abgas variieren.

[0018] Werden in einem konkreten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine, insbesondere zu einem festen Einspritzzeitpunkt, gleich große Kraftstoffmengen verschiedener Kraftstoffe in den Zylinder eingespritzt, führen unterschiedlich große Zündverzüge infolge unterschiedlicher Cetanzahlen zu einem früheren bzw. späteren Beginn der Verbrennung. Daraus resultieren unterschiedliche Druck- und Temperaturverläufe im Brennraum, die die Konzentrationen der Verbrennungsprodukte bzw. Abgasbestandteile maßgeblich beeinflussen.

[0019] Erfindungsgemäß wird die Konzentration C zumindest eines Abgasbestandteils mit einem in der mindestens einen Abgasleitung vorgesehenen Sensor meßtechnisch erfaßt. Diese Konzentration C dient als Eingangsgröße für ein in der Motorsteuerung hinterlegtes Kennfeld, aus dem die Cetanzahl CZ des momentan verwendeten Kraftstoffes als Ausgangsgröße ausgelesen werden kann.

[0020] Das Kennfeld wurde zuvor – beispielsweise auf einem Motorenprüfstand – für einen konkreten Betriebszustand d. h. einen konkreten Betriebspunkt der Brennkraftmaschine erstellt, welcher als geeignet angesehen wird, um die Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes zu bestimmen, wobei die Brennkraftmaschine dann im realen Betrieb zur Bestimmung der Cetanzahl in den Betriebspunkt, der dem Kennfeld zugrunde liegt, überführt wird bzw. werden muß, um die bei der Erstellung des Kennfeldes vorliegenden Randbedingungen d. h. Betriebsparameter zu realisieren.

[0021] Oder aber es werden weitere Betriebsparameter der Brennkraftmaschine als Eingangsgrößen verwendet, so dass ein mehrdimensionales Kennfeld oder ein Satz von Kennfeldern in der Motorsteuerung hinterlegt und verwendet wird und es nicht erforderlich ist, die Brennkraftmaschine zur Bestimmung der Cetanzahl in einen konkreten singulären Betriebspunkt, nämlich den, der dem Kennfeld zugrunde liegt, zu überführen. Durch diese Vorgehensweise kann ein von der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens möglichst unabhängiger Betrieb der Brennkraftmaschine realisiert werden.

[0022] Vorteilhaft sind daher auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen mindestens ein weiterer Betriebsparameter der Brennkraftmaschine als zusätzliche Eingangsgröße für das Kennfeld verwendet wird, um die Cetanzahl CZ als Ausgangsgröße auszulesen.

[0023] Vorteilhaft sind in diesem Zusammenhang insbesondere Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen der Beginn der Einspritzung SOI des Kraftstoffes in den mindestens einen Zylinder als zusätzliche Eingangsgröße für das Kennfeld verwendet wird.

[0024] Der Einspritzzeitpunkt hat – wie die Cetanzahl bzw. die Zündwilligkeit des Kraftstoffes – maßgeblichen Einfluß auf den Brennverlauf und die während der Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemisches gebildeten Schadstoffe bzw. Abgasbestandteile. Insofern ist es sinnvoll, den Einspritzbeginn als weitere Eingangsgröße zu verwenden, wenn – wie vorliegend – die Abgaskonzentrationen als Bewertungsmaßstab für die Cetanzahl des verwendeten Kraftstoffes herangezogen werden.

[0025] Der Einspritzbeginn beeinflusst den Zündverzug und Variationen beim Einspritzbeginn d. h. Ab-

weichungen des Einspritzbeginns von einem dem Kennfeld zugrunde gelegten Sollwert führen zu größeren Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Cetanzahl, so dass es vorteilhaft ist, den Einspritzbeginn als Variable d. h. zusätzliche Eingangsgröße zu verwenden, wenn nicht – unter Inkaufnahme von möglichen Ungenauigkeiten – von einem festen Einspritzbeginn ausgegangen werden soll bzw. wird.

[0026] Gemäß der in Rede stehenden Ausführungsform wird demnach entweder ein dreidimensionales Kennfeld oder aber ein Satz von n Kennfeldern verwendet, der n Kennfelder für n verschiedene Einspritzzeitpunkte SOI umfaßt, wobei jedes Kennfeld den Zusammenhang von Abgaskonzentration C und Cetanzahl für einen konkreten Einspritzbeginn und einen konkreten Abgasbestandteil wiedergibt.

[0027] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gelöst, nämlich ein Verfahren aufzuzeigen, mit dem die Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes kostengünstiger und gleichzeitig mit einer höheren Genauigkeit bestimmt werden kann als dies mit den aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren möglich ist.

[0028] Wurde die Cetanzahl des momentan verwendeten Kraftstoffes bestimmt, werden die Betriebsparameter der Brennkraftmaschine, insbesondere die Parameter der Kraftstoffeinspritzung, gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens an den verwendeten Kraftstoff d. h. die ermittelte Cetanzahl angepaßt, um einen hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und/oder Schadstoffemissionsverhalten optimierten Betrieb der Brennkraftmaschine zu gewährleisten.

[0029] Weitere vorteilhafte Varianten des erfindungsgemäßen Verfahrens gemäß den Unteransprüchen werden im Folgenden erörtert.

[0030] Vorteilhaft ist es grundsätzlich, wenn das Verfahren in einem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine durchgeführt wird, in welchem vergleichsweise stabile Randbedingungen realisiert werden können und der daher zur Bestimmung der Cetanzahl besonders geeignet ist.

[0031] Stabile Randbedingungen erhöhen die Güte d. h. die Genauigkeit des Verfahrens und sind zu bevorzugen, um reproduzierbare und aussagekräftige Ergebnisse für die Cetanzahl zu generieren. Durch stabile Randbedingungen wird sichergestellt, dass Unterschiede in der ermittelten Cetanzahl tatsächlich durch unterschiedliche Kraftstoffqualitäten bedingt sind und nicht durch Änderungen in den Randbedingungen d. h. in den Meßbedingungen hervorgerufen werden.

[0032] Ein solcher Betriebspunkt zeichnet sich bei-

spielsweise dadurch aus, dass der Luftpfad in diesem Betriebspunkt der Brennkraftmaschine wenig anfällig ist für ungewollte Variationen d. h. die Ansaugseite der Brennkraftmaschine bzw. die angesaugte Zylinderfrischladung einen möglichst stabilen Zustand, insbesondere eine reproduzierbare Zusammensetzung, aufweist, wobei dem Druck und der Temperatur der Zylinderfrischladung ebenfalls eine entscheidende Bedeutung zukommt.

[0033] Aus diesem Grund sind zur Durchführung des Verfahrens beispielsweise Betriebspunkte vorteilhaft, in denen keine Abgasrückführung erfolgt. Denn auch nur geringfügige Änderungen in der rückgeführten Abgasmenge ändern die Zusammensetzung und Temperatur der Zylinderfrischladung, was den Zündverzug spürbar beeinflusst.

[0034] Vorteilhaft sind aus den zuvor genannten Gründen insbesondere Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Bestimmung der Cetanzahl CZ im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.

[0035] Der Schubbetrieb zeichnet sich durch einen weitestgehend stabilen Luftpfad aus. Es wird kein Abgas zurückgeführt und grundsätzlich kein Kraftstoff eingespritzt, wobei eine gegebenenfalls vorhandene Drosselklappe geschlossen ist, so dass auch Streuungen d. h. ungewollte Variationen in der Drosselklappenstellung das Ergebnis d. h. die Cetanzahl nicht mitbestimmen. Im Schubbetrieb werden Ungenauigkeiten in der Bestimmung der Cetanzahl, die durch Variation einer Vielzahl von Betriebsparametern hervorgerufen werden können, eliminiert.

[0036] Nun wird erfindungsgemäß – in Abweichung zum üblichen Schubbetrieb – eine vorgebbare Kraftstoffmenge in den mindestens einen Zylinder der Brennkraftmaschine eingespritzt und verbrannt, da die Verbrennungsgase bzw. die Konzentration mindestens eines Abgasbestandteils zur Bestimmung der Cetanzahl herangezogen werden bzw. wird.

[0037] Die Einspritzung von Kraftstoff im Rahmen der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens führt – in der Regel – zu einer im Schubbetrieb ungewollten Beschleunigung der Brennkraftmaschine und damit des Fahrzeuges, das von der Brennkraftmaschine angetrieben wird. Diese Beschleunigung hängt auch von der eingespritzten Kraftstoffmenge ab. Zur Durchführung des Verfahrens bzw. zur Generierung genügend großer Abgasmengen kann es erforderlich sein, eine Mindestkraftstoffmenge einzuspritzen.

[0038] Im Schubbetrieb sind daher gegebenenfalls Ausführungsformen des Verfahrens vorteilhaft, bei denen eine Beschleunigung der Brennkraftmaschine während des Schubbetriebes infolge der Einsprit-

zung und Verbrennung von Kraftstoff verhindert wird, indem die Brennkraftmaschine gebremst wird.

[0039] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen der Kraftstoff zur Bestimmung der Cetanzahl CZ in den mindestens einen Zylinder der Brennkraftmaschine zu einem Zeitpunkt SOI eingespritzt wird, zu dem der Verbrennungsprozeß besonders sensibel auf Änderungen in der Cetanzahl reagiert.

[0040] Wird der Kraftstoff beispielsweise in der Nähe des oberen Totpunktes (OT) d. h. bei hohem Zylinderdruck und hoher Zylindertemperatur eingespritzt, wirkt sich eine unterschiedliche Cetanzahl weniger deutlich auf den Verbrennungsprozeß aus, als wenn zu einem späteren Zeitpunkt eingespritzt wird, da der Zündverzug und damit der Verbrennungsprozeß in der Nähe des oberen Totpunktes maßgeblich durch den hohen Zylinderdruck und die hohe Zylindertemperatur mitbestimmt werden und der Einfluß der Cetanzahl auf den Brennverlauf abnimmt.

[0041] Damit die Cetanzahl den Zündverzug und damit den Brennverlauf dominiert und unterschiedliche Cetanzahlen zu spürbaren d. h. auch meßbaren Änderungen im Brennverlauf führen, ist es vorteilhaft, wenn in der Expansionsphase, vorzugsweise mehr als 30°KW bzw. 60°KW nach OT, Kraftstoff zur Durchführung des Verfahrens eingespritzt wird.

[0042] Vorteilhaft sind Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Konzentration C_{NO_x} der im Abgas befindlichen Stickoxide NO_x , als Konzentration C eines Abgasbestandteils, mit einem NO_x -Sensor meßtechnisch erfaßt wird.

[0043] Diese Verfahrensvariante nutzt den Umstand, dass insbesondere die Bildung der Stickoxide bzw. die Menge der während der Verbrennung gebildeten Stickoxide maßgeblich durch die Temperatur im Zylinder bestimmt wird, auf welche die Cetanzahl entscheidenden Einfluß hat. Je höher die Cetanzahl ist desto kürzer ist der Zündverzug und desto größer ist der Anteil an eingespritztem Kraftstoff, der verbrannt wird, was zu höheren Drücken und Temperaturen im Zylinder führt, wodurch die Bildung von Stickoxiden begünstigt wird.

[0044] Die Stickoxide sind demnach der Abgasbestandteil, der besonders sensibel auf Änderungen im Zündverzug – hervorgerufen durch Änderungen in der Cetanzahl – reagiert. Insofern liefert die Stickoxidkonzentration im Abgas bei sich ändernder Cetanzahl eine für das erfindungsgemäße Verfahren vorteilhaft große Schwankungsbreite und damit meßbare Unterschiede.

[0045] Darüber hinaus verfügen Stickoxidsensoren

über eine höhere Meßgenauigkeit und ein schnelles Ansprechverhalten. Gegebenenfalls kann zur Durchführung dieser Verfahrensvariante ein bereits in der Abgasleitung vorgesehener Stickoxidsensor, der beispielsweise zur Überwachung der Funktionstüchtigkeit eines Speicherkatalysators genutzt wird, verwendet werden, was die Kosten zur Implementierung des Verfahrens senkt. Letzteres gilt – unabhängig von der Art des Sensors bzw. Abgasbestandteils – grundsätzlich, soweit ein bereits vorhandener Sensor eingesetzt wird.

[0046] Vorteilhaft sind auch Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Konzentration C_{HC} der im Abgas befindlichen unverbrannten Kohlenwasserstoffe HC, als Konzentration C eines Abgasbestandteils, mit einem HC-Sensor meßtechnisch erfaßt wird.

[0047] Diese Verfahrensvariante nutzt den Umstand, dass die Konzentration an unverbrannten Kohlenwasserstoffen im Abgas abnimmt je mehr des eingespritzten Kraftstoffes verbrannt wird. Wie bereits im Zusammenhang mit der Bildung der Stickoxide zuvor ausgeführt wurde, nimmt der Anteil an eingespritztem Kraftstoff, der verbrannt wird, mit steigender Cetanzahl zu.

[0048] Vorteilhaft sind ebenfalls Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Konzentration C_{O_2} des im Abgas befindlichen Sauerstoffs O_2 , als Konzentration C eines Abgasbestandteils, mit einem O_2 -Sensor meßtechnisch erfaßt wird. Mit steigender Cetanzahl wird mehr des eingespritzten Kraftstoffes verbrannt und ein größerer Anteil des dem Zylinder zugeführten Sauerstoffes verbraucht. Folglich nimmt die Sauerstoffkonzentration im Abgas mit steigender Cetanzahl ab.

[0049] Bei der Verwendung eines Sauerstoffsensors muß berücksichtigt werden, dass das Sensorsignal beeinflusst wird durch Oxidationsvorgänge, die am Sensor selbst ablaufen. Die vom Sensor gelieferte Sauerstoffkonzentration ist daher nicht proportional zu der tatsächlich im Zylinder verbrannten Kraftstoffmenge, sondern vielmehr zu der insgesamt eingespritzten Kraftstoffmenge.

[0050] Zumindest ein Teil der zu oxidierenden Abgasbestandteile d. h. des Kohlenmonoxids (CO) und der unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) werden beim Passieren des Sensors am Sensor oxidiert. Diese Oxidationsvorgänge sind denen in einem Oxidationskatalysator ablaufenden Reaktionen ähnlich; auch weil der Sensor zumindest teilweise mit ähnlichen bzw. identischen Materialien beschichtet ist wie ein Oxidationskatalysator. Die am Sensor ablaufenden Oxidationsvorgänge können aber keinen beliebig großen Umfang annehmen. Übersteigt die HC-Konzentration stromaufwärts des Sensors einen bestimmten Schwellenwert, ist der Sensor nicht in

der Lage, sämtliche unverbrannten Kohlenwasserstoffe zu oxidieren.

[0051] Vorteilhaft sind des weiteren Ausführungsformen des Verfahrens, bei denen die Konzentration C eines Abgasbestandteils mittels einer als Sensor dienenden Lambda-Sonde meßtechnisch erfaßt wird.

[0052] Die Kenntnis des Luftverhältnisses λ ist im Rahmen des Betriebs bzw. der Steuerung einer Brennkraftmaschine von besonderer Bedeutung, weshalb Brennkraftmaschinen ausnahmslos mit einer sogenannten Lambda-Sonde ausgestattet sind und sich die Verwendung dieser Sonde zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens anbietet.

[0053] Das Luftverhältnis λ wird grundsätzlich zur Festlegung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge, des Einspritzzeitpunktes und/oder zur Steuerung einer Abgasrückführung benötigt, aber auch zur Überwachung und zum Betreiben der unterschiedlichen Abgasnachbehandlungssysteme, die nach dem Stand der Technik zur Reduzierung der Schadstoffe eingesetzt werden.

[0054] Berücksichtigt werden müssen aber wieder die an der Sonde ablaufenden Oxidationsvorgänge und ihre Auswirkungen auf das von der Sonde gelieferte Signal. Es wird Bezug genommen auf die im Zusammenhang mit dem Sauerstoffsensor gemachten Ausführungen.

[0055] Die Lambda-Sonde verfügt über ein ähnlich schnelles Ansprechverhalten wie der oben erörterte Stickoxidsensor. Es können Ansprechzeiten im Bereich von hundert Millisekunden und weniger realisiert werden.

[0056] Bei Brennkraftmaschinen, bei denen mindestens ein Abgasnachbehandlungssystem in der mindestens einen Abgasleitung vorgesehen ist, sind Ausführungsformen des Verfahrens vorteilhaft, bei denen der Sensor zur Erfassung der Konzentration C eines Abgasbestandteils stromaufwärts des mindestens einen Abgasnachbehandlungssystems angeordnet wird.

[0057] Da das aus dem Zylinder abgeführte und in die Abgasleitung eingeleitete Abgas im Rahmen einer Abgasnachbehandlung seine Zusammensetzung infolge der Konvertierung von Abgasbestandteilen ändert, ist es vorteilhaft, den Sensor zur Erfassung der Konzentration eines Abgasbestandteils stromaufwärts dieser Abgasnachbehandlung anzuordnen.

[0058] Grundsätzlich ist die Anordnung des Sensors aber auch stromabwärts des mindestens einen Abgasnachbehandlungssystems möglich. Bei dieser Verfahrensvariante müssen dann aber die im Abgasnachbehandlungssystem ablaufenden Reaktionen,

insbesondere auch eine gegebenenfalls ablaufende Aufnahme d. h. Absorption bzw. Freigabe von Abgasbestandteilen, mitberücksichtigt werden, um ausgehend von der stromabwärts mittels Sensor erfaßten Konzentration auf die Konzentration des Abgasbestandteils stromaufwärts des Systems schließen zu können, welche für das erfindungsgemäße Verfahren maßgebend ist.

[0059] Da die Betrachtung eines Abgasnachbehandlungssystems in der Regel modellgestützt erfolgt, führt eine derartige Vorgehensweise, bei der eine Abgasnachbehandlung berücksichtigt werden muß, zu einer gewissen Unschärfe d. h. Ungenauigkeit bei den ermittelten Abgaskonzentrationen. Die Anordnung des Sensors stromaufwärts der Abgasnachbehandlung erhöht somit die Genauigkeit des Verfahrens.

[0060] Bei Brennkraftmaschinen, bei denen mindestens eine Turbine in der mindestens einen Abgasleitung vorgesehen ist, sind Ausführungsformen des Verfahrens vorteilhaft, bei denen der Sensor zur Erfassung der Konzentration C eines Abgasbestandteils stromabwärts der mindestens einen Turbine angeordnet wird.

[0061] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) näher beschrieben. Hierbei zeigt:

[0062] [Fig. 1](#) schematisch eine Ausführungsform einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens, und

[0063] [Fig. 2](#) schematisch den Einfluß der Cetanzahl CZ und des Einspritzbeginns SOI auf die Stickoxide NO_x .

[0064] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Ausführungsform einer Brennkraftmaschine zur Durchführung des Verfahrens. Die Brennkraftmaschine verfügt über eine Ansaugleitung **4** zur Versorgung der Zylinder **3** mit Frischluft bzw. Frischgemisch und über eine Abgasleitung **2** zum Abführen der heißen Verbrennungsgase.

[0065] Die Brennkraftmaschine ist mit einer Aufladung ausgestattet, wobei die Turbine **5a** eines Abgasturboladers **5** in der Abgasleitung **2** und der dazugehörige Verdichter **5b** in der Ansaugleitung **4** angeordnet ist. Zudem sind zur Nachbehandlung des Abgases zwei Abgasnachbehandlungssysteme **6a**, **6b** stromabwärts der Turbine **5a** vorgesehen.

[0066] Wie [Fig. 1](#) zu entnehmen ist, ist stromabwärts der Turbine **5a** und stromaufwärts der beiden Abgasnachbehandlungssysteme **6a**, **6b** ein Sensor **1** angeordnet, mit dem die Konzentration C eines Abgasbestandteils meßtechnisch erfaßt wird. Die auf diese Weise ermittelte Konzentration C wird als Ein-

gangsgröße für ein in der Motorsteuerung (nicht dargestellt) hinterlegtes Kennfeld verwendet, um die Cetanzahl CZ des verwendeten Kraftstoffes als Ausgangsgröße aus diesem Kennfeld auszulesen.

[0067] Fig. 2 zeigt schematisch ein Beispiel für ein solches Kennfeld, welches vorliegend den Einfluß der Cetanzahl CZ und des Einspritzbeginns SOI auf die Stickoxide NO_x wiedergibt d. h. die Stickoxidkonzentration C_{NO_x} und den Einspritzbeginn SOI als Eingangsgrößen verwendet, um die Cetanzahl CZ als Ausgangsgröße auszulesen.

[0068] Auf der Ordinate ist die Stickoxidkonzentration C_{NO_x} in Parts per million (ppm) aufgetragen und entlang der Abszisse der Einspritzbeginn SOI in Grad Kurbelwinkel ($^{\circ}\text{KW}$). Die unterschiedlichen Cetanzahlen CZ bilden Hyperbeln, wobei – gleicher Einspritzbeginn SOI vorausgesetzt – die Stickoxidkonzentration C_{NO_x} mit größer werdender Cetanzahl CZ zunimmt.

Bezugszeichenliste

1	Sensor
2	Abgasleitung
3	Zylinder
4	Ansaugleitung
5	Abgasturbolader
5a	Turbine
5b	Verdichter
6a	Abgasnachbehandlungssystem
6b	Abgasnachbehandlungssystem
C	Konzentration eines Abgasbestandteils
C_{NO_x}	Konzentration der im Abgas befindlichen Stickoxide
C_{HC}	Konzentration der im Abgas befindlichen unverbrannten Kohlenwasserstoffe
C_{O_2}	Konzentration des im Abgas befindlichen Sauerstoffs
CO	Kohlenmonoxid
CZ	Cetanzahl
HC	unverbrannte Kohlenwasserstoffe
$^{\circ}\text{KW}$	Grad Kurbelwinkel
n	Anzahl der Kennfelder
NO_x	Stickoxide
O_2	Sauerstoff
OT	oberer Totpunkt
SOC	Beginn der Verbrennung
SOI	Beginn der Einspritzung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung der Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes, der zur Verbrennung in den mindestens einen Zylinder (3) einer Brennkraftmaschine mit Motorsteuerung eingespritzt wird, wobei die Abgase über mindestens eine Abgasleitung (2) aus dem mindestens einen Zylinder (3) abgeführt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass

– die Konzentration C eines Abgasbestandteils mit einem in der mindestens einen Abgasleitung (2) vorgesehenen Sensor (1) meßtechnisch erfaßt wird, und
– diese Konzentration C als Eingangsgröße für ein in der Motorsteuerung hinterlegtes Kennfeld verwendet wird, um die Cetanzahl CZ des verwendeten Kraftstoffes als Ausgangsgröße aus diesem Kennfeld auszulesen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Beginn der Einspritzung SOI des Kraftstoffes in den mindestens einen Zylinder (3) als zusätzliche Eingangsgröße für das Kennfeld verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmung der Cetanzahl CZ im Schubbetrieb der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Beschleunigung der Brennkraftmaschine während des Schubbetriebes infolge der Einspritzung und Verbrennung von Kraftstoff verhindert wird, indem die Brennkraftmaschine gebremst wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration C_{NO_x} der im Abgas befindlichen Stickoxide NO_x , als Konzentration C eines Abgasbestandteils, mit einem NO_x -Sensor (1) meßtechnisch erfaßt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration C_{HC} der im Abgas befindlichen unverbrannten Kohlenwasserstoffe HC, als Konzentration C eines Abgasbestandteils, mit einem HC-Sensor (1) meßtechnisch erfaßt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration C_{O_2} des im Abgas befindlichen Sauerstoffs O_2 , als Konzentration C eines Abgasbestandteils, mit einem O_2 -Sensor (1) meßtechnisch erfaßt wird.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Konzentration C eines Abgasbestandteils mittels einer als Sensor (1) dienenden Lambda-Sonde meßtechnisch erfaßt wird.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche zur Bestimmung der Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes, der zur Verbrennung in den mindestens einen Zylinder (3) einer Brennkraftmaschine eingespritzt wird, wobei die Abgase über mindestens eine Abgasleitung (2) aus dem mindestens einen Zylinder (3) abgeführt werden und mindestens ein Abgasnachbehandlungssystem (6a, 6b) in der mindestens einen

Abgasleitung (2) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (1) zur Erfassung der Konzentration C eines Abgasbestandteils stromaufwärts des mindestens einen Abgasnachbehandlungssystems (6a, 6b) angeordnet wird.

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche zur Bestimmung der Cetanzahl CZ eines Kraftstoffes, der zur Verbrennung in den mindestens einen Zylinder (3) einer Brennkraftmaschine eingespritzt wird, wobei die Abgase über mindestens eine Abgasleitung (2) aus dem mindestens einen Zylinder (3) abgeführt werden und mindestens eine Turbine (5a) in der mindestens einen Abgasleitung (2) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (1) zur Erfassung der Konzentration C eines Abgasbestandteils stromabwärts der mindestens einen Turbine (5a) angeordnet wird.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

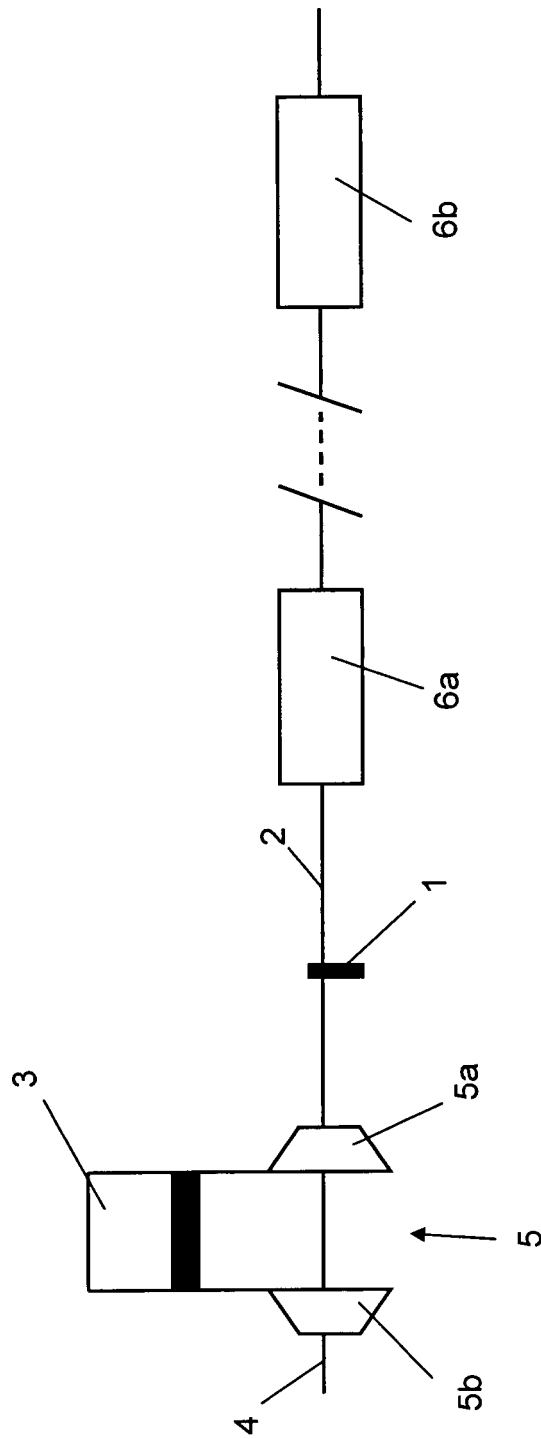


Fig. 1

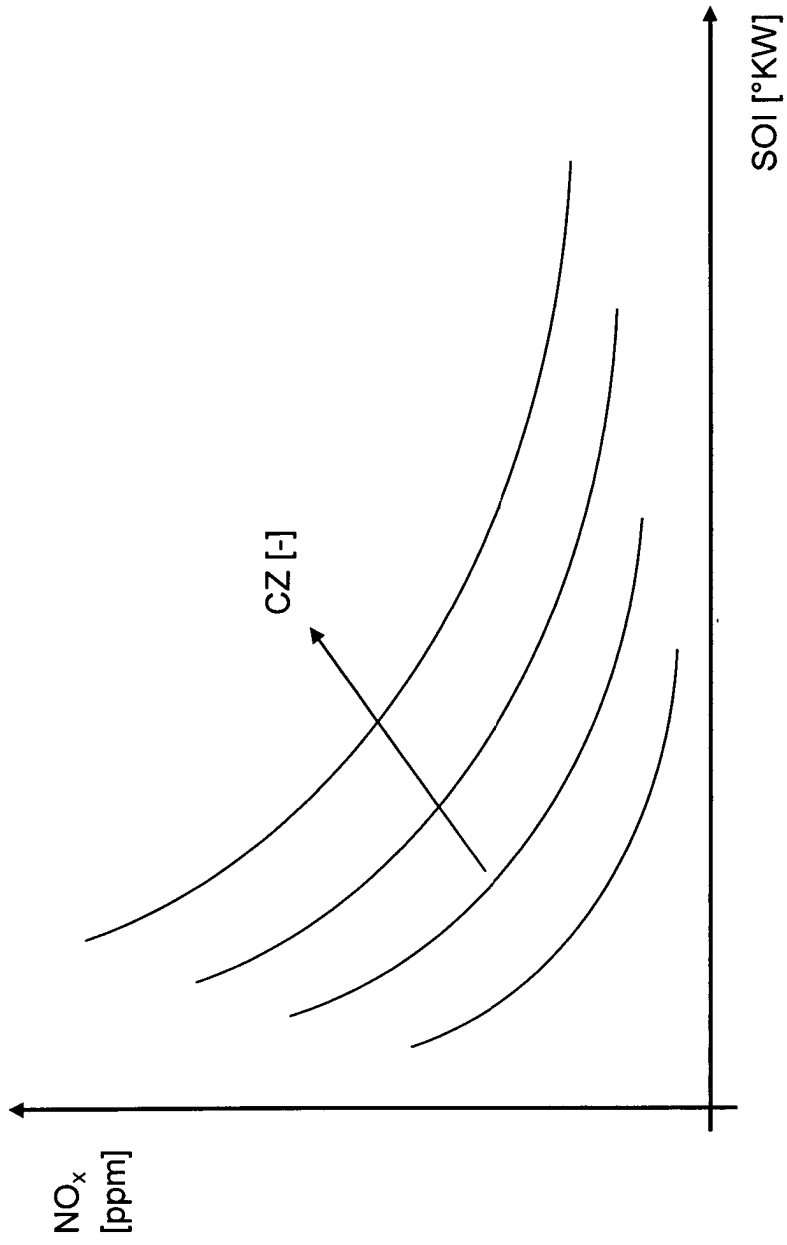


Fig. 2