

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 479 894 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
03.05.2006 Patentblatt 2006/18

(51) Int Cl.:
F02D 41/12 ^(2006.01) **F02D 41/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **04102086.8**

(22) Anmeldetag: **13.05.2004**

(54) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

Method for operating an internal combustion engine

Procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(30) Priorität: **22.05.2003 DE 10323248**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.11.2004 Patentblatt 2004/48

(73) Patentinhaber: **Volkswagen AG
38436 Wolfsburg (DE)**

(72) Erfinder:
• **Zillmer, Michael
38173 Sickte (DE)**
• **Pott, Ekkehard
38518 Gifhorn (DE)**

• **Holz, Matthias
38165 Lehre (DE)**

(74) Vertreter: **Kandlbinder, Markus Christian et al
Zeitler - Volpert - Kandlbinder
Patentanwälte
Herrnstrasse 44
80539 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A-02/27172 DE-A- 4 103 747
DE-A- 19 748 971**

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no.
05, 14. September 2000 (2000-09-14) & JP 2000
045821 A (MAZDA MOTOR CORP), 15. Februar
2000 (2000-02-15)**

EP 1 479 894 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Ottomotors, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit wenigstens einem in einer Abgasanlage angeordneten Katalysator, wobei die Brennkraftmaschine wahlweise in einem stöchiometrischen Betrieb mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis Λ im wesentlichen gleich 1, in einem mageren Betriebsmodus mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis Λ größer 1, in einem ungefeuerten Schubbetrieb oder in einem unterstöchiometrischen Betrieb mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis Λ kleiner 1 betrieben wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Zur Nachbehandlung von Abgasen von Verbrennungskraftmaschinen wird dieses üblicherweise katalytisch gereinigt. Dazu wird das Abgas über mindestens einen Katalysator geleitet, der eine Konvertierung einer oder mehrerer Schadstoffkomponenten des Abgases vornimmt. Es sind unterschiedliche Arten von Katalysatoren bekannt. Oxidationskatalysatoren fördern die Oxidation von unverbrannten Kohlenwasserstoffen (HC) und Kohlenmonoxid (CO), während Reduktionskatalysatoren eine Reduzierung von Stickoxiden (NO_x) des Abgases unterstützen. Ferner werden 3-Wege-Katalysatoren verwendet, um die Konvertierung der drei vorgenannten Komponenten (HC, CO, NO_x) gleichzeitig zu katalysieren. Daneben sind auch Speicherkatalysatoren, beispielsweise NO_x -Speicherkatalysatoren, bekannt. Diese werden bei der Abgasreinigung von Verbrennungskraftmaschinen eingesetzt, die aus Gründen einer Verbrauchsoptimierung wenigstens zeitweise in einem mageren Betriebsmodus, das heißt mit einem sauerstoffreichen Abgas mit $\lambda > 1$, betrieben werden. Die dabei entstehenden Stickoxide NO_x können bei einer katalytischen oxidativen Umsetzung von unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC und Kohlenmonoxid CO nicht vollständig zu umweltneutralem Stickstoff umgesetzt werden. Zur Abhilfe werden vorgenannte NO_x -Speicherkatalysatoren in den Abgaskanälen von Verbrennungskraftmaschinen angeordnet, die in mageren Betriebsphasen NO_x als Nitrat einlagern. In Intervallen muss der NO_x -Speicherkatalysator regeneriert werden.

[0003] Die bei magerlauffähigen Ottomotoren für die Abgasreinigung eingesetzten NO_x -Speicherkatalysatoren weisen im heutigen Entwicklungsstand gegenüber konventionellen 3-Wege-Katalysatoren eine geringere Hochtemperaturstabilität auf. Der Einsatz dieser Katalysatortechnik erfordert daher besondere Anstrengungen zur Begrenzung der Temperaturbelastung dieser Katalysatoren. Dafür kommen einerseits Maßnahmen in Betracht, die zur Absenkung des stationären Temperaturniveaus führen, wie beispielsweise die Abgaskühlung oder die Verringerung des Restsauerstoffgehaltes der Abgase durch Optimierung des Brennverfahrens. Andererseits sind hier genauso wie für 3-Wege-Systeme Maßnahmen sinnvoll, die zur Verringerung der Bela-

stung bei instationärem Motorbetrieb führen, wie beispielsweise die Optimierung der Applikation hinsichtlich von HC-Spitzen.

[0004] Besonders kritisch bezüglich der Katalysatoralterung sind Hochtemperaturzyklen mit zwischengeschalteten Schubphasen, das heißt bei ungefeuerten Motorbetrieb. Als Ursache sind neben den erhöhten HC-Rohemissionen, die aus Wandfilmeffekten oder auch Ungenauigkeiten bei der Kraftstoffzumessung im Dynamikbetrieb resultieren, vor allem die hohen Sauerstoffkonzentrationen zu nennen, die durch Oxidations- und Sinterungsvorgänge zur Verringerung der Konvertierungsleistung der Katalysatoren führen können. Dabei kann es erforderlich sein, die Schubabschaltung bei sehr hohen Katalysatortemperaturen zu verbieten.

[0005] Ein weiteres Problem hinsichtlich der thermischen Katalysatorbelastung tritt beim Übergang aus einer Schubphase in den gefeuerten Motorbetrieb auf, wenn dabei sofort eine unterstöchiometrische Gemischzusammensetzung eingestellt wird. Während der Schubphase wird der Sauerstoffspeicher des Katalysators vollständig gefüllt, das heißt in der Katalysatorbeschichtung bzw. dem Washcoat wird Sauerstoff zwischengespeichert. Wird nun der Katalysator beim Wiedereinsetzen - beispielsweise bei einer anschließenden Volllastbeschleunigung - mit sehr sauerstoffarmem Abgas beaufschlagt, führt der Partialdruckunterschied zu einem sehr raschen Herauslösen des gespeicherten Sauerstoffs. Da das Abgas bei unterstöchiometrischem Motorbetrieb hohe Konzentrationen an brennbaren Komponenten (HC, CO, H_2) enthält, kommt es zu heftigen Oxidationsreaktionen, die auch bei noch ausreichend hohem Grundtemperaturniveau des Katalysators zumindest örtlich zum Überschreiten der maximal zulässigen Temperatur der Beschichtung führen können.

[0006] Aus der DE 197 29 676 A1 ist es bekannt, zur Vermeidung einer Überhitzung einer Abgasnachbehandlungseinrichtung einer Brennkraftmaschine im laufenden Betrieb bei Überschreiten einer vorbestimmten Grenztemperatur der Abgasnachbehandlungseinrichtung ausschließlich ein Luft-Kraftstoff-Gemisch mit einem Lambda-Wert von näherungsweise gleich oder kleiner 1,0 einzustellen. Dies soll verhindern, dass bei Überschreiten der vorgegebenen Grenztemperatur die Brennkraftmaschine mit einem geringeren Kraftstoffanteil, als es einem stöchiometrischen Luft-/Kraftstoffverhältnis ($\Lambda=1$) entspricht, betrieben wird. Dies hat jedoch den Nachteil, dass auf Temperaturerhöhungen in der Abgasnachbehandlungseinrichtung nur reagiert wird und eine entsprechende Reaktionszeit eine lokale Überhitzung der Abgasnachbehandlungseinrichtung aufgrund der zeitlichen Verzögerung von thermischen Prozessen nicht verhindern kann. Zusätzlich wird nur eine Gesamttemperatur der Abgasnachbehandlungseinrichtung berücksichtigt, lokale Überhitzungen können nicht erfasst werden.

[0007] Aus der DE 100 01 837 A1 ist es für eine Brennkraftmaschine bekannt, bei einem Übergang von einem

mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis zu einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis einen zwangsweise fetten Betrieb vorzusehen, um die Menge an Stickoxiden zu unterdrücken, die bei dem Übergang sonst an die Atmosphäre freigegeben wird.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der o.g. Art zur Verfügung zu stellen, bei dem in bestimmten Betriebssituationen einer Brennkraftmaschine thermische Belastungsspitzen im Bereich Abgasnachbehandlungsvorrichtung sicher reduziert sind.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der o.g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0010] Dazu ist es bei einem Verfahren der o.g. Art erfindungsgemäß vorgesehen, dass nach einem Übergang von dem mageren Betriebsmodus oder Schubetrieb zu dem unterstöchiometrischen Betrieb der Wert von Lambda für eine vorbestimmte oder eine durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierte Zeit derart von einem für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert abweichend gewählt wird, dass im Zeitraum nach dem Übergang die Summe aus thermischem und chemischem Energieeintrag in den Katalysator zu einer minimalen Temperaturüberhöhung im Katalysator führt.

[0011] Dies hat den Vorteil, dass eine thermische Belastung und somit eine vorzeitige Alterung des Katalysators wirksam vermieden und gleichzeitig Schadstoffemissionen über den gesamten Betriebszeitraum der Brennkraftmaschine gesehen reduziert werden. Durch die Berücksichtigung des chemischen Energieeintrags in den Katalysator können auch lokale Überhitzungseffekte wirksam vermieden werden.

[0012] Der thermische Energieeintrag umfasst beispielsweise einen Energieeintrag durch einen Abgasmassenstrom mit hoher Temperatur (Abgasenthalpie) und der chemische Energieeintrag umfasst beispielsweise einen Energieeintrag durch chemische Reaktionen aufgrund der Freisetzung und Abreaktion von Sauerstoff, welcher im vorangegangenen Betrieb in einer Schicht des Katalysators gespeichert wurde.

[0013] Zweckmäßigerweise wird in der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeit nach dem Übergang der Wert von Lambda größer als der für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebene Wert und kleiner als 1,0 gewählt. Beispielsweise wird während der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeitspanne für Lambda ein konstanter Wert im Bereich von 0,88 bis 0,98, insbesondere 0,93 bis 0,97 gewählt.

[0014] Die Zeitdauer für die Vorgabe des Lambdaverlaufes kann vorbestimmt werden oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung festgelegt werden. Bei letzterer Ausgestaltung des Verfahrens kann beispielsweise durch das Signal einer Lambdason-

de hinter dem Katalysator die benötigte Zeitdauer für das Entleeren des Katalysators- O_2 -Speichers bestimmt werden.

[0015] Beispielsweise wird am Ende der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeit vom für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert abweichenden Lambdawert auf den für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert für Lambda gesprungen.

[0016] Alternativ wird während der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeit vom für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert abweichenden Lambdawert auf den für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert für Lambda gemäß einer stetig differenzierbaren Funktion übergegangen.

[0017] Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, sowie aus der nachstehenden Beschreibung der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnung. Diese zeigt in der einzigen Fig. eine graphische Darstellung des zeitlichen Temperaturverlaufes einer Übergangsphase von einem Schubetrieb zu einem unterstöchiometrischen Betrieb der Brennkraftmaschine für verschiedene Abweichungen vom für den unterstöchiometrischen Betrieb ursprünglich vorgegebenen Wert für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis Lambda.

[0018] Die vorliegende Erfindung optimiert eine Abstimmung der einzelnen Energieeinträge in einen Katalysator einer Brennkraftmaschine beim Übergang von einem Betrieb mit Luftüberschuss zu einem Betrieb mit unterstöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Verhältnis Lambda. Hierdurch gelingt es insbesondere beim Wiedereinsetzen der Befuerung von Arbeitszylindern nach einem Schubetrieb die thermische Belastung des Katalysators durch die Enthalpie der heißen Abgase und die durch die im Abgas gebundene chemische Energie erzeugte Wärme so aufeinander abzustimmen, dass sich im Katalysator unter den gegebenen Randbedingungen eine minimale Temperaturerhöhung einstellt.

[0019] Die einzige Fig. veranschaulicht das erfindungsgemäße Verfahren graphisch. Auf den horizontalen Achsen 10 ist jeweils die Zeit aufgetragen und auf der vertikalen Achse 12 ist ein Wert für Lambda vor einem Katalysator, auf der vertikalen Achse 14 ist eine Abgastemperatur vor dem Katalysator in °C, auf der vertikalen Achse 16 ist eine Temperaturerhöhung durch Exothermie in °K und auf der vertikalen Achse 18 ist eine Temperatur im Katalysator in °C aufgetragen, die ggf. auch nur eine örtlich im Katalysator auftretende Temperatur sein kann. Der Zeitpunkt t_1 markiert einen Übergang von einer Schubphase 20 zu einem unterstöchiometrischen Betrieb (Fettphase) 22 mit einem luft-Kraftstoff-Verhältnis Lambda kleiner 1,0. Linie 24 markiert einen Wert für Lambda gleich 1,0 und die Linien 26 und 28 markieren eine maximale zulässige Temperatur für den Katalysator.

[0020] Aus der einzigen Fig. ist für einen bestimmten Zeitraum nach dem Übergang bei t_1 eine Auswirkung des Luftverhältnisses 12 beim Wiedereinsetzen der Befuerung nach dem Schubbetrieb 20 auf die Abgastemperatur 14 vor dem Katalysator, eine Temperaturerhöhung 16 durch Exothermie und die daraus resultierende Temperatur 18 im Katalysator ersichtlich. Die Graphen 30, 32 und 34 zeigen jeweils den zeitlichen Verlauf von Lambda bei sofortigem Übergang zu dem für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert für Lambda, nämlich λ_1 (Graph 30), bei Abweichung von λ_1 um einen ersten Betrag auf λ_2 für eine erste vorbestimmte oder eine durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierte Zeitdauer (Graph 32) und bei Abweichung von λ_1 um einen zweiten Betrag auf λ_3 für eine zweite vorbestimmte oder eine durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierte Zeitdauer (Graph 34). Die Graphen 30a, 32a und 34a zeigen jeweils eine sich aus dem jeweiligen zeitlichen Verlauf von Lambda gemäß der Graphen 30, 32, 34 nach dem Übergang ergebende Abgastemperatur vor dem Katalysator. Die Graphen 30b, 32b und 34b zeigen jeweils eine sich aus dem jeweiligen zeitlichen Verlauf von Lambda gemäß der Graphen 30, 32, 34 nach dem Übergang ergebende Temperaturerhöhung [°K] aufgrund chemischer Oxidationsreaktionen. Die Graphen 30c, 32c und 34c zeigen jeweils eine sich aus dem jeweiligen zeitlichen Verlauf von Lambda gemäß der Graphen 30, 32, 34 nach dem Übergang ergebende Temperatur im Katalysator [°C], welche sich jeweils als aus der Überlagerung der Effekte entsprechend den Graphen 30a und 30b, 32a und 32b bzw. 34a und 34b ergeben.

[0021] Im Ergebnis liefern die Graphen 30c, 32c und 34c jeweils einen Maximalwert T_1 , T_2 bzw. T_3 der Katalysatortemperatur 18 im Zeitraum nach dem Übergang bei t_1 .

[0022] Während einer mageren Betriebsphase bzw. der Schubphase 20 wird ein Sauerstoffspeicher des Katalysators gefüllt, d.h. in einer Katalysatorbeschichtung bzw. einem Washcoat wird Sauerstoff zwischengespeichert. Dieser Sauerstoff wird in der Fettphase 22 freigesetzt und führt durch entsprechende, exotherme Oxidationsreaktionen von brennbaren Komponenten im Abgas (HC, CO, H_2) zu der Temperaturerhöhung 16 gemäß der Graphen 30b, 32b und 34b.

[0023] Wird nun entsprechend der Graphen 32 und 34 der Wert für das Luft-Kraftstoff-Verhältnis Lambda in der unterstöchiometrischen Betriebsphase 22 für den Zeitraum der Entleerung des Katalysatorsauerstoffspeichers auf einen lediglich leicht unterstöchiometrischen Wert begrenzt, in diesem Fall λ_2 und λ_3 , so steigen daraufhin die Abgastemperatur 14 vor dem Katalysator und die Exothermie im Katalysator durch den im Abgas enthaltenen Restsauerstoffgehalt an. Dabei kann die maximal zulässige Temperatur 26 durch die Abgastemperatur 14 temporär überschritten werden (vgl. Graphen 32a und 34a). Im weiteren Verlauf der Graphen 32a und 34a wird durch den Übergang zum für den unterstöchiometri-

schen Betrieb vorgegebenen Wert für Lambda, nämlich λ_1 , die maximal zulässige Temperatur wieder unterschritten. Auf der Basis dieser Zusammenhänge scheint es zunächst vorteilhaft zu sein, sofort den für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert für Lambda, nämlich λ_1 , zu wählen.

[0024] Berücksichtigt man jedoch zusätzlich das Ausräumen des Katalysatorsauerstoffspeichers und die sich in der Folge aufgrund von exothermen Oxidationsreaktionen freigesetzte thermische Energie bzw. Wärmemenge einstellende Temperaturerhöhung 16 (Graphen 30b, 32b und 34b) so ergibt sich bzgl. des optimalen zeitlichen Verlaufes von Lambda nach dem Übergang bei t_1 ein anderes Ergebnis. Es zeigt sich, dass hinsichtlich der insgesamt in den Katalysator eingebrachten Wärmeenergie der Lambdaverlauf gemäß Graph 32 mit Begrenzung auf λ_2 die geringste maximale Temperatur im Katalysator nach dem Übergang erzeugt. Je weiter man jedoch den Wert für Lambda an den stöchiometrischen Wert 1,0 annähert, um so mehr führt die steigende Abgastemperatur sowie der im Abgas enthaltene Restsauerstoffgehalt durch eine steigende Exothermie im Katalysator infolge der Umsetzung eines Teils der brennbaren Abgaskomponenten zu einer höheren Katalysatortemperatur. Mit anderen Worten steigt die sich nach dem Übergang einstellende maximale Temperatur im Katalysator für solche Lambdawert größer als λ_2 und kleiner als 1,0 wieder an. Es ergibt sich also für eine Funktion $T_x(\lambda_x, t)$ der maximalen Temperatur T_x im Katalysator nach dem Übergang bei t_1 in Abhängigkeit vom eingestellten Lambdawert (beispielsweise λ_2 bzw. λ_3) oberhalb des für den unterstöchiometrischen Betriebes 22 vorgegebene Lambdawertes (λ_1) und der Zeitspanne, für welche vom für den unterstöchiometrischen Betrieb 22 vorgegebenen Lambdawert λ_1 abgewichen wird, ein Minimum für einen bestimmten eingestellten Lambdawert (λ_2 bzw. λ_3) zwischen λ_1 und $\lambda=1,0$ sowie für eine bestimmte Zeitspanne der Abweichung vom für den unterstöchiometrischen Betrieb 22 vorgegebenen Lambdawert λ_1 .

[0025] Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, den Lambdawert nach dem Übergang aus dem mageren Motorbetrieb bzw. Schubbetrieb in einen unterstöchiometrischen Motorbetrieb so zu wählen, dass im Zeitraum nach dem Übergang die Summe aus thermischem und chemischem Energieeintrag in den Katalysator zu einer minimalen Temperaturüberhöhung im Katalysator führt. Anstelle des konstanten Lambdawertes (λ_2 bzw. λ_3) oberhalb des für den unterstöchiometrischen Betrieb 22 vorgegebenen Lambdawertes λ_1 kann auch ein nach einem vorgebbaren Verlauf abnehmendes Luftverhältnis verwendet werden, wobei hier der gesamte zeitliche Verlauf des Lambdawertes nach dem Übergang bei t_1 hinsichtlich einer minimalen Maximaltemperatur 18 abgestimmt wird.

[0026] Mit der Erfindung wird es ferner möglich, einen Edelmetallgehalt von Katalysatoren abzusenken. Fahrzeuge mit magerlauffähigen Brennkraftmaschinen, die

im "Neuen Europäischen Fahrzyklus" (NEFZ) mit thermisch ungeschädigten Katalysatoren mit einer gespeicherten Schwefelmasse $<0,2$ Gramm/liter Katvolumen und einem zeitlichen gefeuerten Magerbetriebsanteil (ohne Schubphasen) mit $\Lambda > 1,15$ von zumindest 250 Sekunden (insbesondere mindestens 350 Sekunden) eine HC-Emission von $<0,07$ g/km und eine NO_x -Emission von $<0,05$ g/km erreichen, benötigen nach dem Stand der Technik Katalysatoren mit einem Edelmetallgehalt von größer oder gleich $3,59 \text{ g/dm}^3$ (100 g/ft^3).

[0027] Bei Einsatz des zuvor erläuterten, erfindungsgemäßen Verfahrens ist bei zumindest gleicher Emissionsleistung im NEFZ ein Edelmetallgehalt von kleiner $3,59 \text{ g/dm}^3$ (100 g/ft^3), insbesondere kleiner oder gleich $2,87 \text{ g/dm}^3$ (80 g/ft^3), vorzugsweise kleiner oder gleich $2,15 \text{ g/dm}^3$ (60 g/ft^3) ausreichend.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Ottomotors, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit wenigstens einem in einer Abgasanlage angeordneten Katalysator, wobei die Brennkraftmaschine wahlweise in einem stöchiometrischen Betrieb mit einem luft-Kraftstoff-Verhältnis Λ im wesentlichen gleich 1, in einem mageren Betriebsmodus mit einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis Λ größer 1, in einem ungefeuerten Schubetrieb oder in einem unterstöchiometrischen Betrieb mit einem luft-Kraftstoff-Verhältnis Λ kleiner 1 betrieben wird,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach einem Übergang von dem mageren Betriebsmodus oder Schubetrieb zu dem unterstöchiometrischen Betrieb der Wert von Λ für eine vorbestimmte oder eine durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierte Zeit derart von einem für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert abweichend gewählt wird, dass im Zeitraum nach dem Übergang die Summe aus thermischem und chemischem Energieeintrag in den Katalysator zu einer minimalen Temperaturüberhöhung im Katalysator führt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** der thermische Energieeintrag einen Energieeintrag durch eine Abgasenthalpie umfaßt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** der chemische Energieeintrag einen Energieeintrag durch chemische Reaktionen aufgrund der Freisetzung und Abreaktion von Sauerstoff umfaßt, welcher im vorangegangenen Betrieb in einer Schicht des Katalysators gespeichert wurde.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehen-

den Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeit nach dem Übergang der Wert von Λ größer als der für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebene Wert und kleiner als 1 gewählt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** während der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeitspanne für Λ ein konstanter Wert im Bereich von 0,88 bis 0,98, insbesondere 0,93 bis 0,97 gewählt wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** am Ende der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeit vom für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert abweichenden Λ -Wert auf den für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert für Λ gesprungen wird.
7. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** während der vorbestimmten oder durch das Signal einer sauerstoffsensitiven Messeinrichtung definierten Zeit vom für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert abweichenden Λ -Wert auf den für den unterstöchiometrischen Betrieb vorgegebenen Wert für Λ gemäß einer stetig differenzierbaren Funktion übergangen wird.

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne, notamment d'un moteur à allumage par étincelles, notamment d'un véhicule automobile, comprenant au moins un catalyseur disposé dans une installation de gaz d'échappement, le moteur à combustion interne étant entraîné de manière sélective en mode stoechiométrique avec un rapport air-carburant λ essentiellement égal à 1, en mode de fonctionnement à mélange pauvre avec un rapport air-carburant λ supérieur à 1, en mode de poussée non alimenté ou en mode sous-stoechiométrique avec un rapport air-carburant λ inférieur à 1,
caractérisé en ce
qu'après une transition du mode de fonctionnement à mélange pauvre ou du mode de poussée au mode sous-stoechiométrique, la valeur de λ est choisie pendant un certain temps prédéterminé ou défini par le signal d'un dispositif de mesure sensible à l'oxygène de manière à s'écarter d'une valeur prédéfinie pour le mode sous-stoechiométrique de telle sorte que pendant l'intervalle de temps après la tran-

sition, la somme de l'apport d'énergie thermique et chimique dans le catalyseur conduise à une augmentation de température minimale dans le catalyseur.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'apport d'énergie thermique comprend un apport d'énergie par une enthalpie de gaz d'échappement.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'apport d'énergie chimique comprend un apport d'énergie par réactions chimiques du fait de la libération et de la réaction de l'oxygène qui a été stocké dans une couche du catalyseur au cours d'un fonctionnement précédent.
4. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pendant le temps prédéterminé ou défini par le signal d'un dispositif de mesure sensible à l'oxygène, après la transition, la valeur de lambda est choisie supérieure à la valeur prédéfinie pour le mode sous-stoechiométrique et inférieure à 1.
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** pendant l'intervalle de temps prédéfini ou défini par le signal d'un dispositif de mesure sensible à l'oxygène, on choisit pour lambda une valeur constante dans la plage de 0,88 à 0,98, notamment de 0,93 à 0,97.
6. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'à** la fin du temps prédéterminé ou prédéfini par le signal d'un dispositif de mesure sensible à l'oxygène, on saute de la valeur de lambda s'écartant de la valeur prédéfinie pour le mode sous-stoechiométrique à la valeur de lambda prédéfinie pour le mode sous-stoechiométrique.
7. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** pendant le temps prédéterminé ou défini par le signal d'un dispositif de mesure sensible à l'oxygène, on passe de la valeur de lambda s'écartant de la valeur prédéfinie pour le mode sous-stoechiométrique à la valeur de lambda prédéfinie pour le mode sous-stoechiométrique selon une fonction constamment différenciable.

Claims

1. Method for operating an internal combustion, in particular a spark-ignition engine, in particular of a motor vehicle, having at least one catalytic converter arranged in an exhaust system, the internal combustion

engine optionally being operated in a stoichiometric operating mode with an air/fuel ratio lambda substantially equal to 1, in a lean-burn operating mode with an air/fuel ratio lambda of greater than 1, in an unfired overrun operating mode or in a substoichiometric operating mode with an air/fuel ratio lambda of less than 1, **characterized in that** after the engine has been switched from the lean-burn operating mode or overrun operating mode to the substoichiometric operating mode, the value of lambda, for a predetermined time or a time defined by the signal from an oxygen-sensitive measuring device, is selected to deviate from a value which is predetermined for the substoichiometric operating mode, in such a manner that in the period following this switching of the engine, the sum of the thermal and chemical introduction of energy into the catalytic converter leads to a minimal temperature overload in the catalytic converter.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the thermal introduction of energy comprises an introduction of energy by exhaust gas enthalpy.
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** the chemical introduction of energy comprises an introduction of energy by chemical reactions resulting from the release and reaction of oxygen which has been stored in a layer of the catalytic converter during the preceding operating mode.
4. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** during the predetermined time or the time defined by the signal from an oxygen-sensitive measuring device, following the switching of the engine, the value of lambda is selected to be greater than the value predetermined for the substoichiometric operating mode and less than 1.
5. Method according to Claim 4, **characterized in that** during the predetermined period of time or the period of time defined by the signal from an oxygen-sensitive measuring device, a constant value in the range from 0.88 to 0.98, in particular 0.93 to 0.97, is selected for lambda.
6. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** at the end of the predetermined time or the time defined by the signal from an oxygen-sensitive measuring device, there is a sudden change from the lambda value deviating from the value that is predetermined for the substoichiometric operating mode to the value for lambda which has been predetermined for the substoichiometric operating mode.
7. Method according to at least one of Claims 1 to 5,

characterized in that during the predetermined time or the time defined by the signal from an oxygen-sensitive measuring device, a transition is made from the lambda value which deviates from the value that has been predetermined for the substoichiometric operating mode to the value for lambda that has been predetermined for the substoichiometric operating mode in accordance with a function which can be continuously differentiated.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

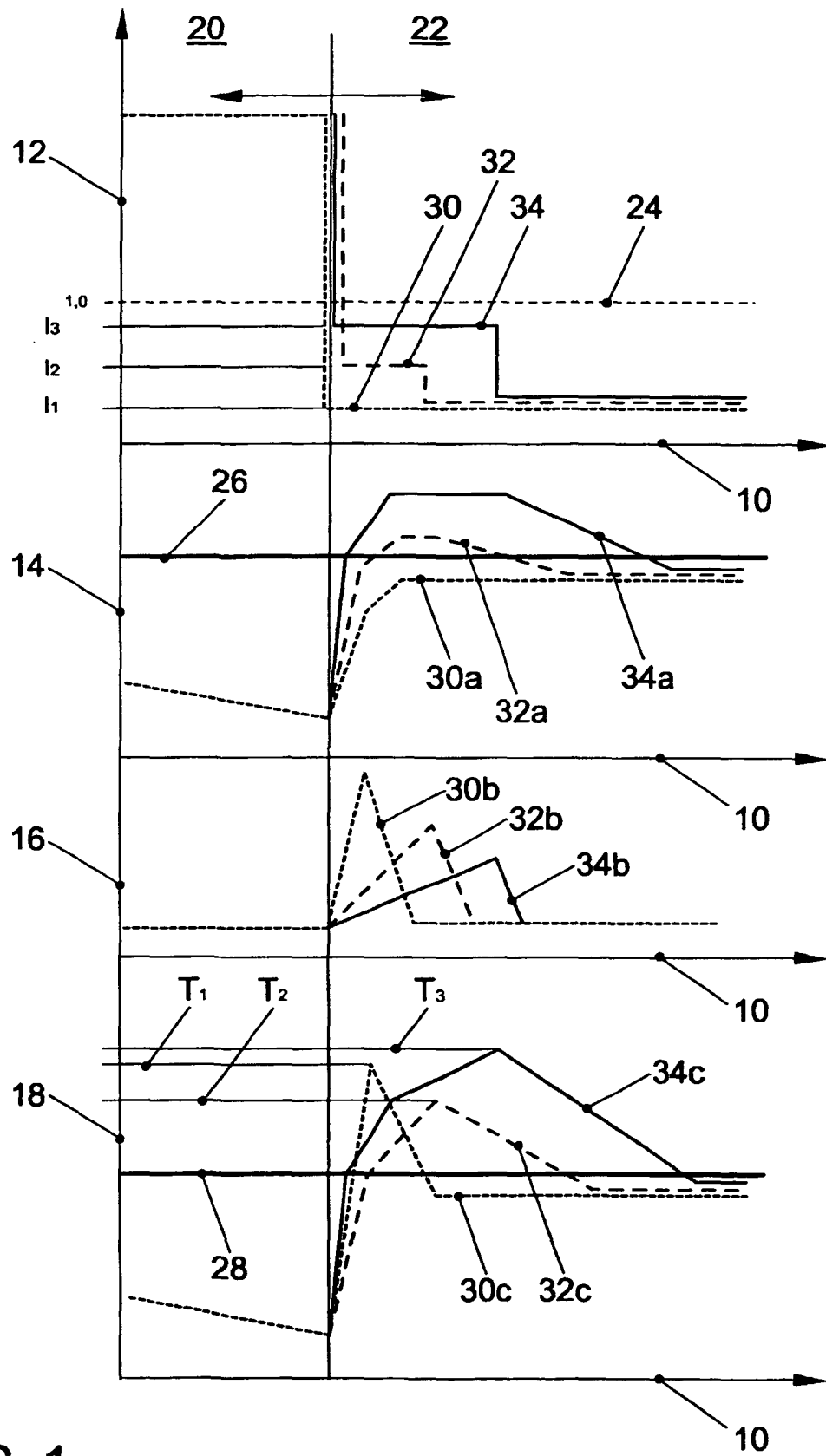


FIG. 1