



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 61 911 A1** 2004.07.29

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 61 911.5**

(22) Anmeldetag: **30.12.2002**

(43) Offenlegungstag: **29.07.2004**

(51) Int Cl.⁷: **F01N 9/00**

(71) Anmelder:

Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

(74) Vertreter:

Anwaltskanzlei Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider, 10117 Berlin

(72) Erfinder:

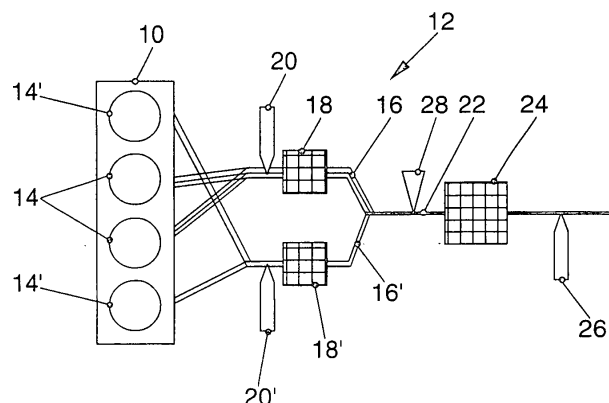
Pott, Ekkehard, Dr., 38518 Gifhorn, DE; Philipp, Kai, Dr., 38179 Schwülper, DE; Bree, Eric, 38446 Wolfsburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Steuerung der Temperatur eines Katalysators sowie Mehrzylindermotor mit lambdasplittfähiger Abgasreinigungsanlage**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur zumindest eines in einer Abgasreinigungsanlage (12) eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors (10) angeordneten Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage (12) einbringbar ist, sowie einen entsprechenden Mehrzylindermotor (10).

Es ist vorgesehen, dass die Begrenzung des Energieeintrages in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes erfolgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur zumindest eines in einer Abgasreinigungsanlage eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors angeordneten Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage einbringbar ist, sowie einen entsprechenden Mehrzylindermotor mit einer lambdasplittfähigen Abgasreinigungsanlage.

Stand der Technik

[0002] Zur Nachbehandlung von Abgasen von Verbrennungskraftmaschinen ist es allgemein üblich, diese katalytisch zu reinigen. 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. Zudem werden 3-Wege-Katalysatoren verwendet, um die Konvertierung der drei vorgenannten Komponenten (HC, CO, NO_x) gleichzeitig zu katalysieren.

[0003] 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, wobei in hohem Maße Stickoxide NO_x entstehen. Die Stickoxide NO_x können bei einer katalytischen oxidativen Umsetzung von unverbrannten Kohlenwasserstoffen HC und Kohlenmonoxid CO Stickoxide NO_x 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. Der NO_x -Speicherkatalysator muss in wiederkehrenden Abständen durch Umschaltung in einen fetten oder understöchiometrischen Betrieb ($\lambda \leq 1$) der Verbrennungskraftmaschine regeneriert werden.

[0004] Vorgenannte Katalysatoren altern durch die Beaufschlagung mit hohen Temperaturen, so dass die Spitzen-Konvertierungsrate gegenüber einem ungeschädigten Katalysator abnimmt. Zur Minderung der Katalysatoralterung wird die maximal zulässige Temperatur im Abgassystem überwacht und durch Einstellung von Motorbetriebsparametern, vorzugsweise des Verbrennungslambda, begrenzt.

[0005] Auf der anderen Seite ist es notwendig, eine Katalysatorheizung, das heißt einen Energieeintrag in die Abgasanlage vorzunehmen, um das optimale Temperaturfenster des Katalysators zu erreichen

oder um bei NO_x -Speicherkatalysatoren eine Entschwefelung durchzuführen, da diese durch den im Kraftstoff enthaltenen Schwefel vergiftet werden. Durch das Katalysatorheizen wird der NO_x -Speicherkatalysator von eingelagertem Schwefel befreit. Für die Desorption des in Form von Sulfat eingelagerten Schwefels bedarf es einer Mindest-Temperatur, die bei zirka 600°C liegt.

[0006] Das Heizen von Katalysatoren ist insbesondere bei der Verwendung von Vor- und Hauptkatalysatoren problematisch, da bei dem Bestreben, den Hauptkatalysator auf die gewünschte Temperatur zu bringen, die Vorkatalysatoren thermisch überlastet werden können.

[0007] Um einen Energieeintrag in die Abgasreinigungsanlage zielgerichtet zu gestalten, vorzugsweise zur Entschwefelung von NO_x -Speicherkatalysatoren, kann das Heizen des Katalysators, insbesondere eines Hauptkatalysators, derart erfolgen, dass der Katalysator gleichzeitig mit magerem und fettem Abgas beaufschlagt wird. So wird beispielsweise bei einem gewünschten Abgaslambda vor dem Hauptkatalysator von 1,0 das Abgas in einem der beiden beaufschlagenden Pfade um einen vorgegebenen Betrag in Richtung "fett" verschoben und in dem anderen Pfad in entsprechender Weise in die entgegengesetzte Richtung. Vorteil dieser Maßnahme ist, dass das Mischabgas vor dem Katalysator gleichzeitig hohe Sauerstoff- und Schadstoffkonzentrationen enthält. Dadurch erfolgt am Katalysator eine hohe Umsetzung chemisch gebundener Energie. Da die zur Katalysatorerwärmung benötigte Energie erst auf dem Katalysator in Wärme umgewandelt wird, entfallen die thermischen Verluste auf dem Weg durch die nicht-adiabatische Abgasanlage. Zudem werden die gegebenenfalls vorhandenen Vorkatalysatoren nicht thermisch überlastet, so dass sich deren Lebensdauersicherheit erheblich erhöht.

[0008] Problematisch bei dieser Verfahrensweise ist, dass die Gefahr einer Überlastung des Hauptkatalysators steigt, da infolge starker katalytischer Aktivität durch einen hohen chemischen Energieumsatz am Hauptkatalysator zumindest eine lokale thermische Überlastung nicht ausgeschlossen werden kann. Zudem kann ein Katalysator nur mittels Lambdasplit geheizt werden, wenn dieser zumindest teilweise aktiv, das heißt erwärmt ist, da für den chemischen Energieeintrag dessen Aktivität Voraussetzung ist.

Aufgabenstellung

[0009] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur eines in einer Abgasreinigungsanlage eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors angeordneten Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlageanlage eingetragen wird, sowie einen entsprechenden magerlauffähigen Mehrzylindermotor mit lambdasplittfähigen Abgasreinigungsan-

lage zu schaffen, bei dem die Gefahr einer thermischen Überlastung des Katalysators sicher vermieden wird.

[0010] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen sowie einen Mehrzylindermotor mit den in Anspruch 13 genannten Merkmalen gelöst.

[0011] Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zur Steuerung der Temperatur eines in einer Abgasreinigungsanlage eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors angeordneten Katalysators vorgesehen, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage einbringbar ist, wobei die Höhe beziehungsweise eine Begrenzung des Energieeintrages in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (1. Ableitung) und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (2. Ableitung) erfolgt.

[0012] Vorzugsweise ist die lambdasplittfähige Abgasreinigungsanlage derart ausgestaltet, dass zwischen dem Mehrzylindermotor und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei Passagen beziehungsweise Abgaspfade befindlich sind, die jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind, wobei besonders bevorzugt ist, dass die Abgasreinigungsanlage mindestens einen Hauptkatalysator, dessen Temperatur verfahrensgemäß zu steuern ist, und mindestens zwei vorgeordnete Vorkatalysatoren aufweist, wobei jeder Vorkatalysator in einem eigenen Abgaspfad angeordnet ist.

[0013] Vorzugsweise erfolgt die Steuerung des chemischen Energieeintrages durch Begrenzung des Splittfaktors. Dieser wird hier als Maß der Anfettung in einem der Abgaspfade verstanden. Ein Splittfaktor von 25% bei einem Mischlambda-Sollwert von 1,0 bedeutet somit, dass bei einem 4-Zylinder-Motor zwei Zylinder mit $\Lambda = 0,75$ betrieben werden und zwei Zylinder mit $\Lambda = 1,25$. Bei einer Anforderung zum Heizen des Katalysators wird eine Anforderung zum Energieeintrag in die Abgasreinigungsanlage in Abhängigkeit von der aktuellen Katalysatortemperatur oder der Differenz der aktuellen Katalysatortemperatur von einer vorgebbaren Zieltemperatur definiert. Normalerweise ist ein schnelles Aufheizen des Katalysators auf die Zieltemperatur erwünscht, so dass hohe Energieeinträge in die Abgasanlage und damit ein hoher Grund-Splittfaktor gefordert werden. Um optimale Konvertierungsraten zu erzielen, wird ein Mischlambda-Sollwert von 1,0 gefordert. Bei einem hohen chemischen Anteil am Heizvorgang steigt jedoch im Gegensatz zu den überwiegend thermischen Heizverfahren nach dem Stand der Technik das Risiko einer Katalysatorüberlastung, so dass die erfindungsgemäße Begrenzung des En-

ergieeintrages zur Steuerung der Temperatur des Katalysators von besonderem Vorteil ist.

[0014] Erfindungsgemäß erfolgt die Begrenzung des chemischen Energieeintrages beziehungsweise des Splittfaktors in Abhängigkeit vorgenannter Parameter bei:

- steigender gemessener oder modellierter Katalysatortemperatur unabhängig von der Differenz zur Zieltemperatur, um Katalysatorschäden zu vermeiden, insbesondere wenn die Zieltemperatur nahe an der minimalen irreversiblen thermischen Schädigungstemperatur liegt,
- hohen positiven Temperaturgradienten im Hauptkatalysator, insbesondere bei hohen Temperaturen im Hauptkatalysator, zur Berücksichtigung eines inhomogenen Temperaturverlaufs im Hauptkatalysator, wobei die Begrenzung umso ausgeprägter ausfallen muss, wenn zusätzlich der positive Temperaturgradient eine progressive Zunahme aufweist, da hier das Risiko eines "Durchgehens" des Katalysators besonders hoch ist, und
- sinkendem Abgasmassenstrom, da der Kühleffekt des gegenüber der Katalysatortemperatur kühleren Abgasmassenstroms abnimmt, wobei bei hohen negativen Abgasmassenstromgradienten, beispielsweise bei einem Schaltvorgang, dem Übergang auf Niedriglast oder gefeuerten Schub, die Begrenzung stärker ausfallen soll, da HC- und O_2 -Gehalt im Abgas in diesen Betriebssituationen ohnehin kurzzeitig stark zunehmen.

[0015] Der auf dem Katalysator umsetzbare chemische Energieanteil des Abgases wird durch den verfügbaren Reduktionsmittel- und Sauerstoffmassenstrom bestimmt. Daher wird bei Regelung auf einen Lambda-Sollwert vor dem Katalysator vorzugsweise das Lambda im mageren Pfad auf den aus dem geforderten Splittfaktor resultierenden mageren Lambdawert in Abhängigkeit vom gemessenen Lambda vor oder hinter dem Hauptkatalysator geregelt, während der fette Pfad vorgesteuert wird. Dies verhindert Probleme bei der Regelung durch eine üblicherweise hinter dem Katalysator angeordnete Sonde durch Messfehler an der Lambdasonde hinter dem Vorkatalysator des fetten Pfades, zum Beispiel durch Wasserstoffquerempfindlichkeit.

[0016] Bei sehr magerer Einstellung auf dem mageren Pfad, das heißt bei $\Lambda > 1,4$ und insbesondere vorzugsweise bei $\Lambda > 1,55$, kann die Stabilität des Brennverfahrens an ihre Grenzen stoßen, so dass vermehrte Aussetzer auftreten. Daher wird bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beim Vorliegen von extrem mageren Lambdawerten auf dem mageren Pfad entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches zugelassen, sofern die Vorsteuerung des fetten Pfades nicht entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Pfades in Richtung "mager" beeinflusst unter Inkaufnahme einer Rücknahme des Splittfaktors und damit des Energieeintrags. Vor-

zugsweise erfolgt dies, wenn der Lambdawert im mageren Pfad Werte von $> 1,3$, am meisten bevorzugt $> 1,45$, annimmt.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren findet vorzugsweise Anwendung bei NO_x -Speicherkatalysatoren mit gegebenenfalls vorgeschalteten Vorkatalysatoren zur Entschwefelung.

[0018] Vorteilhafterweise wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine geringere Belastung des Katalysatorsystems als nach bekannten Verfahren des Standes der Technik mit weniger restriktiv ausgelegtem Lambdasplit erreicht.

[0019] Der erfindungsgemäße magerlauffähige Mehrzylindermotor mit einer lambdasplitfähigen Abgasreinigungsanlage, in der zumindest ein Katalysator angeordnet ist, weist erfindungsgemäß Mittel auf, mit denen in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (1. Ableitung) und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes (2. Ableitung) abgasrelevante Maßnahmen zur Steuerung der Temperatur des zumindest einen Katalysators durch Beeinflussung von zumindest einem Betriebsparameter, vorzugsweise des Lambdawertes des Mehrzylindermotors ergriffen werden können. Dabei ist die lambdasplitfähige Abgasreinigungsanlage des Mehrzylindermotors vorzugsweise derart ausgestaltet, dass zwischen dem Mehrzylindermotor und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei Passagen beziehungsweise Abgaspfade befindlich sind, die jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind. Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform besitzt die Abgasreinigungsanlage mindestens einen Hauptkatalysator mit mindestens zwei vorgeordneten Vorkatalysatoren, die jeweils in einem eigenen Abgaspfad angeordnet sind, wobei jeder Abgaspfad mit einem vorgebbaren Lambda separat beaufschlagbar ist.

[0020] Diese Mittel umfassen zudem ein Steuergerät, in das vorzugsweise in ein Motorsteuergerät integriert ist, in dem Modelle und Algorithmen zur koordinierten Steuerung von abgas- und leistungsrelevanter Maßnahmen in digitalisierter Form hinterlegt sind.

[0021] Die Steuerung und Koordination vorgenannter Mittel und sonstiger üblicher Mittel erfolgt über das Steuergerät beziehungsweise das Motorsteuergerät.

[0022] Bei dem erfindungsgemäßen Mehrzylindermotor handelt es sich um einen Ottomotor, insbesondere einen direkt einspritzenden Ottomotor, oder einen Dieselmotor.

[0023] Vorteilhafterweise weist die Abgasreinigungsanlage beziehungsweise der zumindest eine Katalysator der Abgasreinigungsanlage des erfindungsgemäßen Mehrzylindermotors einen verringerten Edelmetallgehalt auf. Insbesondere bei dem Vor-

handensein von Vorkatalysatoren ist eine deutliche Minderung des Edelmetallgehalts gegenüber dem Stand der Technik möglich.

[0024] Nach dem Stand der Technik werden bei Fahrzeugen mit direkteinspritzenden schichtladefähigen Ottomotoren, die im Neuen Europäischen Fahrzyklus NEFZ mit thermisch ungeschädigtem Katalysatorsystem, bestehend aus motornahem/n Vorkatalysator/en und stromab angeordnetem/n NO_x -Speicherkatalysator/en mit einer gespeicherten Schwefelmasse $< 0,2$ g/l Katalysatorvolumen und einem zeitlichen Schichtbetriebsanteil von mindestens 250 s, vorzugsweise zumindest 350 s, eine HC-Emission von $< 0,07$ g/km und eine NO_x -Emission von $< 0,05$ g/km erreichen, Katalysatoren mit Edelmetallgehalten von $\geq 4,67$ g/dm³ (130g/ft³) eingesetzt.

[0025] Vorteilhafterweise kann bei dem erfindungsgemäßen Mehrzylindermotor der Edelmetallgehalt zumindest des oder der Vorkatalysator/en auf $\leq 3,59$ g/dm³ (100 g/ft³) und besonders bevorzugt auf $\leq 2,87$ g/dm³ (80 g/ft³) abgesenkt werden. Auch nach Ofenalterung des/der Vorkatalysator/en mit abgesenktem Edelmetallgehalt für 4 Stunden bei 1100°C in Atmosphäre mit 2% O₂ und 10% H₂O und des/der NO_x -Speicherkatalysator/en für 4 Stunden bei 850°C in einer Atmosphäre mit 2% O₂ und 10% H₂O in demselben Fahrzeug wird gemäß voranstehend beschriebenen Verfahren im NEFZ eine HC-Emission von 0,1 g/km und eine NO_x -Emission von 0,08 g/km nicht überschritten.

[0026] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Ausführungsbeispiel

[0027] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0028] **Fig. 1** in einer schematischen Ansicht eine erfindungsgemäße Verbrennungsmotoranlage und
[0029] **Fig. 2** ein Verlaufsschema des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0030] Die **Fig. 1** zeigt einen Mehrzylindermotor **10**, dem eine zweiflutige Abgasreinigungsanlage **12** nachgeordnet ist. Jeweils zwei Zylinder **14**, **14'** des Mehrzylindermotors **10** sind den zwei Abgaspfaden **16**, **16'** der Abgasreinigungsanlage **12** zugeordnet. Jeder Abgaspfad **16**, **16'** verfügt über einen Vorkatalysator **18**, **18'**, dem eine Lambdasonde **20**, **20'** vorgeschaltet ist. Stromab der Vorkatalysatoren **18**, **18'** werden beide Abgaspfade **16**, **16'** zu einem einzigen Abgaspfad **22** vereinigt, in dem ein Hauptkatalysator **24** angeordnet ist. Stromab des Hauptkatalysators **24** ist wiederum eine Lambdamessvorrichtung **26** befindlich, die durch eine Lambdasonde oder einen NO_x -Sensor ausgebildet sein kann. Stromauf des Hauptkatalysators **24** ist ein Temperaturfühler **28** zur Ermittlung der Abgastemperatur beziehungsweise der Katalysatortemperatur angeordnet. Ein Abgas-

pfad **16** wird mit fettem und der zweite Abgasstrang **16'** wird mit magerem Abgas beaufschlagt, wobei die Lambdawerte der beiden Abgasstränge vorzugsweise derart gesplittet sind, dass nach Zusammenführung der beiden Abgasstränge **16, 16'** zu einem einzigen Abgasstrang **22** ein Lambdawert von in etwa 1 vorliegt, mit dem dann der Hauptkatalysator **24** beaufschlagt wird. Die durch die Lambdasonden **20, 20'**, die Lambdamessvorrichtung **26** und den Temperaturfühler **28** abgegebenen Signale werden in einem hier nicht dargestellten Steuergerät beziehungsweise Motorsteuergerät verarbeitet.

[0031] Anhand des Verlaufsschemas nach **Fig. 2** wird das erfindungsgemäße Verfahren dargestellt. Zuerst liegt eine Wärmestromanforderung **S10** vor, die sich beispielsweise aus der Differenz der Katalysatortemperatur **TKAT** und der Zieltemperatur des Hauptkatalysators **24** ergibt. Dementsprechend erfolgt die Vorgabe eines Grundsplittfaktors **S12**, der begrenzenden Faktoren **S14, S16, und S18** unterliegt. Der erste begrenzende Faktor **S14** ist über ein Kennfeld **K10** definiert, dem die Katalysatortemperatur **TKAT** sowie der Katalysatortemperaturgradient **TKATG** zugrunde liegen. Dementsprechend wird mit steigender Katalysatortemperatur **TKAT** der Energieeintrag begrenzt, wobei die Differenz der Katalysatortemperatur **TKAT** zur Zieltemperatur nicht zu berücksichtigen ist. Für ein zweites Kennfeld **K12** des zweiten begrenzenden Faktors **S16** wird ebenfalls die Katalysatortemperatur **TKAT** verwendet und zudem die Katalysatortemperaturgradientenänderung **TKATGAE**. Dadurch wird ein inhomogener Temperaturverlauf im Hauptkatalysator **24** berücksichtigt. Der Splitfaktor wird bei hohen positiven Temperaturgradienten im Hauptkatalysator **24**, insbesondere wenn bereits hohe Temperaturen **TKAT** im Hauptkatalysator **24** vorliegen, begrenzt. Die Rücknahme des Splitfaktors fällt dabei umso stärker aus, wenn zusätzlich der positive Temperaturgradient **TKATG** eine progressive Zunahme aufweist, um das Risiko eines "Durchgehens" des Hauptkatalysators **24** sicher zu vermeiden. Durch den dritten begrenzenden Faktor **S18** wird unter Verwendung eines dritten Kennfeldes **K16** der Splitfaktor in Abhängigkeit des Abgasmassenstroms **AMS** sowie des Abgasmassenstromgradienten **AMSG** begrenzt, da mit verringertem Abgasmassenstrom auch dessen Kühleffekt abnimmt und da in Betriebssituationen, die einen hohen negativen Abgasmassenstromgradienten bedingen, der HC- und O₂-Gehalt im Abgas und damit der chemische Energieeintrag kurzzeitig stark zunimmt. Daraus folgt eine Vorgabe des Lambda-Solls **S20** für den Abgaspfad **16** mit dem fetten Abgas und eine Vorgabe des Lambda-Solls **S22** für den Abgaspfad **16'** mit dem mageren Abgas, wobei das Lambda-Soll für den Abgaspfad **16** mit dem fetten Abgas in einem Schritt **S24** vorgesteuert und das Lambda-Soll für den Abgaspfad **16'** mit dem mageren Abgas in einem Schritt **S26** über den nach dem Hauptkatalysator **24** gemessenen Lambdawert geregelt wird.

Bezugszeichenliste

10	Mehrzylindermotor
12	Abgasreinigungsanlage
14, 14'	Zylinder
16, 16'	Abgasstrang
18, 18'	Vorkatalysator
20, 20'	Lambdasonde
22	Abgasstrang
24	Hauptkatalysator
26	Lambdamessvorrichtung
28	Temperaturfühler
S10	Wärmestromanforderung
S12	Vorgabe eines Grundsplittfaktors
S14	erster begrenzender Faktor
S16	zweiter begrenzender Faktor
S18	dritter begrenzender Faktor
S20	Vorgabe des Lambda-Solls für den fetten Abgaspfad
S22	Vorgabe des Lambda-Solls für den mageren Abgaspfad
S24	Vorsteuerung
S26	Regelung
K10	erstes Kennfeld
K12	zweites Kennfeld
K14	drittes Kennfeld
TKAT	Katalysatortemperatur
TKATG	Katalysatortemperaturgradient
TKATGAE	Katalysatortemperaturgradientenänderung
AMS	Abgasmassenstrom
AMSG	Abgasmassenstromgradient

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Temperatur zumindest eines in einer Abgasreinigungsanlage (**12**) eines magerlauffähigen Mehrzylindermotors (**10**) angeordneten Katalysators, bei dem Energie mittels eines Lambdasplits in die Abgasreinigungsanlage (**12**) einbringbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Begrenzung des Energieeintrages in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsanlage (**12**) zwischen dem Mehrzylindermotor (**10**) und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei Abgaspfade aufweist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch

gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsanlage (12) mindestens einen Hauptkatalysator (24) mit mindestens zwei vorgeordneten Vorkatalysatoren (18, 18') aufweist, wobei jeder Vorkatalysator (18, 18') in einem Abgaspfad (16, 16') angeordnet ist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass mit steigender, gemessener oder modellierter Temperatur des zumindest einen Katalysators beziehungsweise des Hauptkatalysators (24) der Energieeintrag begrenzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem hohen positiven Temperaturgradienten im zumindest einen Katalysator beziehungsweise Hauptkatalysator (24) der Energieeintrag begrenzt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass bei sinkendem Abgasmassenstrom der Energieeintrag begrenzt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass sich die Höhe des Energieeintrags durch einen Splitfaktor bestimmt, der in Abhängigkeit einer Anforderung zum Energieeintrag festgelegt wird, durch den die Lambdawerte der einzelnen Abgaspfade (16, 16') in der Abgasreinigungsanlage (12) gegeben sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass bei Regelung auf einen Lambdasollwert vor dem zumindest einen Katalysator beziehungsweise dem Hauptkatalysator (24) das Lambda im mageren Abgaspfad (16') auf den aus dem geforderten Splitfaktor resultierenden mageren Lambdawert in Abhängigkeit vom gemessenen Lambda vor oder hinter dem zumindest einen Katalysator beziehungsweise dem Hauptkatalysator (24) geregelt wird, während der fette Abgaspfad (16) vorgesteuert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei sehr magerer Einstellung auf dem mageren Abgaspfad (16') entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches zugelassen wird, sofern die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) nicht entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) zu mageren Lambdawerten beeinflusst wird, wobei gegebenenfalls der Splitfaktor zurückgenommen beziehungsweise der Energieeintrag reduziert wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem $\Lambda > 1,3$ auf dem mageren Abgaspfad (16') entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches

zugelassen wird, sofern die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) nicht entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) zu mageren Lambdawerten beeinflusst wird, wobei gegebenenfalls der Splitfaktor zurückgenommen beziehungsweise der Energieeintrag reduziert wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem $\Lambda > 1,45$ auf dem mageren Abgaspfad (16') entweder eine zumindest temporäre Anfettung des Gesamtgemisches zugelassen wird, sofern die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) nicht entsprechend angepasst wird, oder die Vorsteuerung des fetten Abgaspfades (16) zu mageren Lambdawerten beeinflusst wird, wobei gegebenenfalls der Splitfaktor zurückgenommen beziehungsweise der Energieeintrag reduziert wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Katalysator beziehungsweise Hauptkatalysator (24) ein NO_x -Speicherkatalysator ist, dessen Temperatur derart durch einen Energieeintrag in die Abgasreinigungsanlage gesteuert wird, dass eine Entschwefelung des NO_x -Speicherkatalysators erfolgt.

13. Magerlauffähiger Mehrzylinderomotor (10) mit einer lambdasplittfähigen Abgasreinigungsanlage (12), in der zumindest ein Katalysator angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Mehrzylinderomotor (10) Mittel aufweist, mit denen in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Katalysatortemperatur, Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderung der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes und/oder in Abhängigkeit von mindestens einem der Parameter Änderungsgeschwindigkeit der Katalysatortemperatur, der Abgastemperatur und des Abgasmassenstromes abgasrelevante Maßnahmen zur Steuerung der Temperatur des zumindest einen Katalysators durch Beeinflussung von zumindest einem Betriebsparameter des Mehrzylindermotors (10) ergriffen werden können.

14. Mehrzylinderomotor nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsanlage (12) zwischen dem Mehrzylinderomotor (10) und dem zumindest einen Katalysator mindestens zwei Abgaspfade aufweist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.

15. Mehrzylinderomotor nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasreinigungsanlage (12) mindestens einen Hauptkatalysator (24) mit mindestens zwei vorgeordneten Vorkatalysatoren (18, 18') aufweist, wobei jeder Vorkatalysa-

tor (**18**, **18'**) in einem Abgaspfad (**16**, **16'**) angeordnet ist, die zum Energieeintrag jeweils mit einem vorgebbaren Lambda beaufschlagbar sind.

16. Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Katalysator beziehungsweise der Hauptkatalysator (**24**) ein NO_x-Speicherkatalysator ist.

17. Mehrzylindermotor nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Edelmetallgehalt der zumindest zwei Vorkatalysatoren (**16**, **16'**) $\leq 3,59 \text{ g/dm}^3$ ist.

18. Mehrzylindermotor nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Edelmetallgehalt der zumindest zwei Vorkatalysatoren (**16**, **16'**) $\leq 2,87 \text{ g/dm}^3$ ist.

19. Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel ein Steuergerät umfassen, in dem Modelle und Algorithmen zur koordinierten Steuerung von abgas- und leistungsrelevanter Maßnahmen in digitalisierter Form hinterlegt sind.

20. Mehrzylindermotor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Mehrzylindermotor (**10**) ein Ottomotor, insbesondere ein direkt einspritzender Ottomotor, oder ein Dieselmotor ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

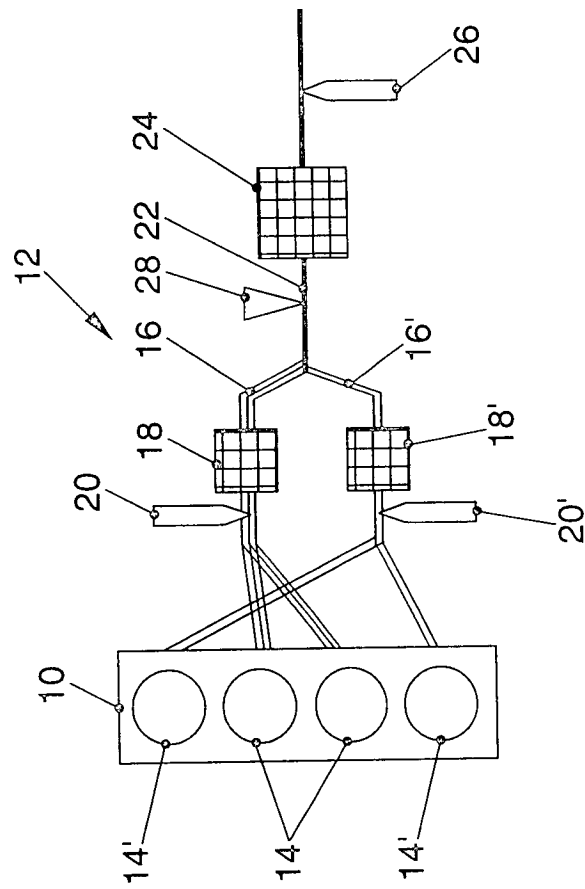


FIG. 1

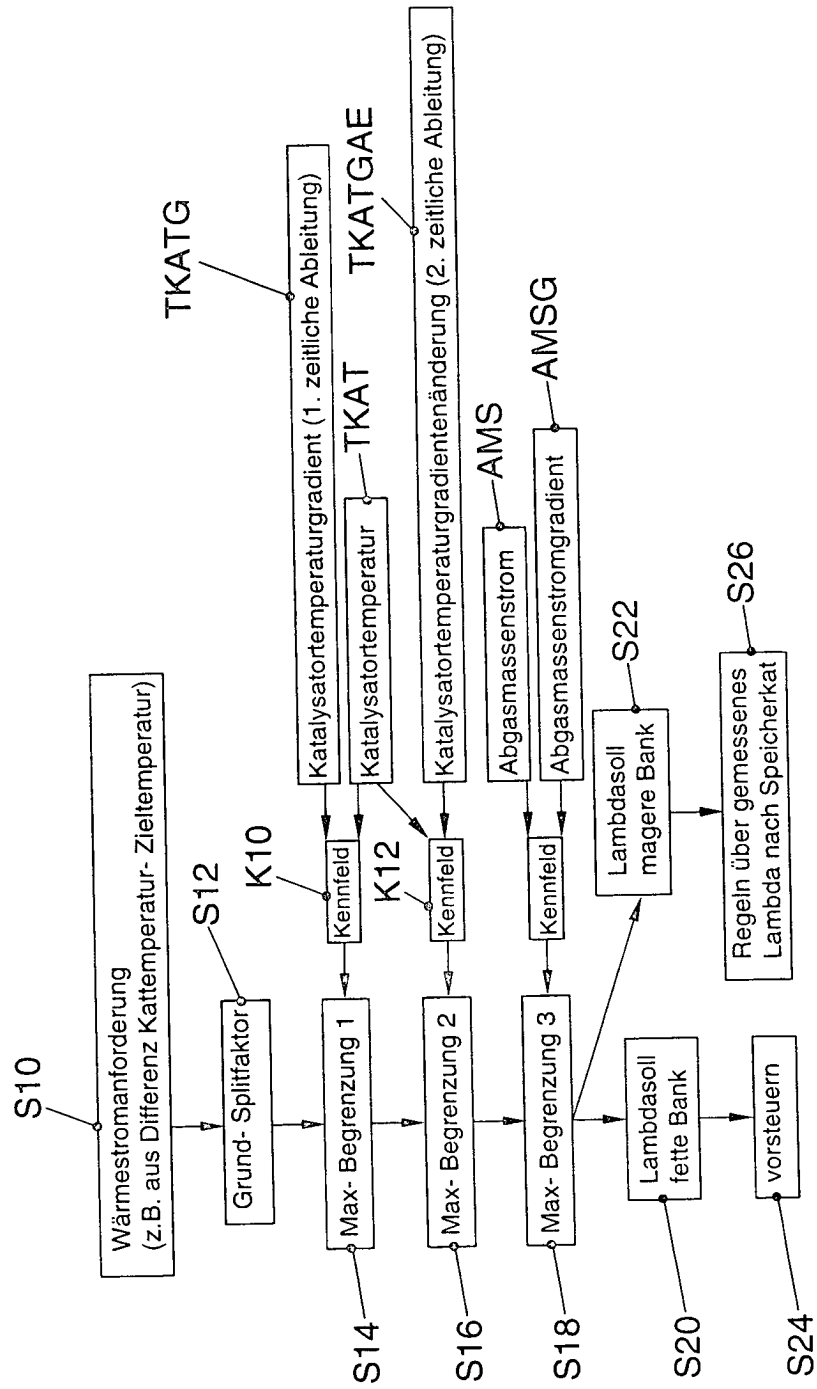


FIG. 2