



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 101 01 593 B4** 2010.07.15

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **101 01 593.3**
 (22) Anmeldetag: **16.01.2001**
 (43) Offenlegungstag: **18.07.2002**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **15.07.2010**

(51) Int Cl.⁸: **F01N 9/00** (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:

**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft,
 80809 München, DE**

(72) Erfinder:

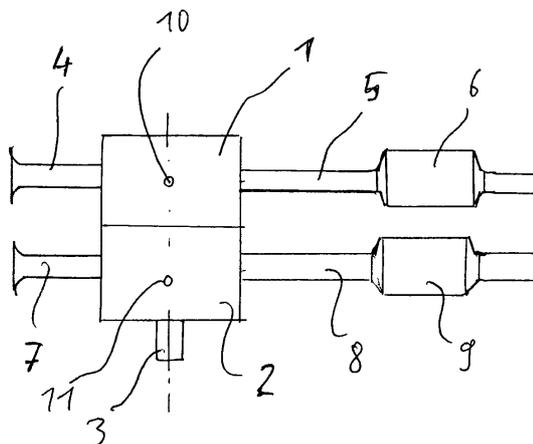
**Hasenclever, Hanns Christian, Dr., 80809
 München, DE; Ramatschi, Stephan, 85604
 Zorneding, DE; Müller, Peter, 81673 München, DE;
 Detterbeck, Stefan, 80804 München, DE; Preuss,
 Florian, 80809 München, DE**

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

DE	199 10 503	C1
DE	197 29 283	C1
DE	195 22 165	C2
DE	197 22 147	A1
DE	693 07 824	T2

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben eines mit direkter Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum versehenen Verbrennungsmotors**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben eines mit direkter Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum versehenen Verbrennungsmotors mit wenigstens zwei Zylindern (1, 2) oder Zylindergruppen und je einem einem jeweiligen Zylinder (1, 2) oder einer jeweiligen Zylindergruppe zugeordneten NOx-Speicherkatalysator (6, 9), wobei die NOx-Speicherkatalysatoren (6, 9) zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt werden, und während ein NOx-Speicherkatalysator (6, 9) regeneriert und/oder beheizt wird, die Zündung des zugehörigen Zylinders (1, 2) oder der zugehörigen Zylindergruppe auf spät verstellt wird, so daß das Drehmoment des betroffenen Zylinders (1, 2) oder der Zylindergruppe während des Regenerations- und/oder Heizvorgangs verringert wird und dem Drehmoment vor dem Regenerations- und/oder Heizvorgang angenähert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines mit direkter Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum versehenen Verbrennungsmotors mit wenigstens zwei Zylindern oder Zylindergruppen und je einem, einem jeweiligen Zylinder oder einer jeweiligen Zylindergruppe zugeordneten NOx-Speicherkatalysator.

[0002] Verbrennungsmotoren mit direkter Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum sog. DI-Verbrennungsmotoren saugen üblicherweise die Frischluft über den Ansaugtrakt ungedrosselt an. Die Last des Motors wird durch die eingespritzte Menge an Kraftstoff bestimmt. Im Niedriglast- oder Teillastbetrieb des DI-Verbrennungsmotors wird daher die eingespritzte Kraftstoffmenge bei hohem Sauerstoffüberschuss, also bei magerem Luft-/Kraftstoffverhältnis verbrannt. Lediglich im Vollastbetrieb wird soviel Kraftstoff eingespritzt, dass ein homogenes, stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffgemisch ausgebildet wird. Beim Niedriglast- und Teillastbetrieb entsteht bei der Verbrennung mit Sauerstoffüberschuss vermehrt NOx. Zur Elimination des im Abgas befindlichen NOx ist in der Abgasleitung des DI-Verbrennungsmotors ein NOx-Speicherkatalysator vorgesehen, der einerseits periodisch nach Erreichen der Sättigung regeneriert und der andererseits insbesondere, wenn der DI-Verbrennungsmotor im Teillastbetrieb arbeitet, beheizt werden muss, um die zum Reinigen der Abgase erforderliche Betriebstemperatur aufrecht zu erhalten. Zum Regenerieren muss der NOx-Speicherkatalysator mit Kohlenwasserstoffen HC und bevorzugt auch mit Sauerstoff O₂ versorgt werden. Zum Heizen des NOx-Speicherkatalysators können im NOx-Speicherkatalysator ablaufende exotherme Reaktionen und/oder Maßnahmen zur Erhöhung der Abgastemperatur beitragen.

[0003] Sowohl beim Regenerations- als auch beim Herzvorgang des NOx-Speicherkatalysators muss der Betrieb des DI-Verbrennungsmotors insbesondere das Luft-/Kraftstoffverhältnis derart angereicht werden, dass sich nach der Verbrennung noch Kohlenwasserstoffe HC im Abgas befinden, die zum NOx-Speicherkatalysator gelangen. Dies führt beim DI-Verbrennungsmotor insbesondere, wenn bevorzugt die angesaugte Luft nicht gedrosselt wird, zu einem starken Drehmomentanstieg, der den gegenwärtigen Betriebszustand des DI-Verbrennungsmotors stört.

[0004] Es ist bekannt bei DI-Verbrennungsmotoren diese Regeneration mit zwei NOx-Speicherkatalysatoren für jeden NOx-Speicherkatalysator zu unterschiedlichen Zeitpunkten vorzunehmen, wobei die zwei NOx-Speicherkatalysatoren unterschiedlichen Zylindern des DI-Verbrennungsmotors zugeordnet sind. Der Ansaugtrakt eines jeden Zylinders ist dazu

mit einer separaten Drosselklappe versehen. Zum Regenerieren eines der beiden NOx-Speicherkatalysatoren wird die Drosselklappe des zugeordneten Zylinders entsprechend geschlossen, um das Luft-/Kraftstoffverhältnis anzufetten, während der andere Zylinder normal weiter betrieben wird.

[0005] Nachteilig an dieser Anordnung ist, dass im Ansaugtrakt zusätzliche Vorrichtungen wie einzeln ansteuerbare Drosselklappen vorgesehen werden müssen. Weiterhin wird bei dieser Maßnahme die an sich wünschenswerte erhöhte Sauerstoffzufuhr zum NOx-Speicherkatalysator während des Regenerations- und/oder Heizvorgangs unterbunden.

[0006] Die DE 195 22 165 C2 offenbart ein Verfahren zur Regeneration eines NOx-Speicherkatalysators, bei dem ein Teil der Zylinder fett betrieben wird und die dadurch verursachte Änderung im Drehmoment durch Zündverstellung, Verstellung der Einspritzmengen oder Veränderung der Zylinderfüllung ausgeglichen wird.

[0007] In einer anderen Ausführungsform zeigt die DE 195 22 165 C2 eine Vorrichtung mit zwei Zylindergruppen, wobei jeder Gruppe ein NOx-Speicherkatalysator zugeordnet ist. Dort erfolgt allerdings die Anreicherung des Abgases durch nachmotorische Zugabe von Kraftstoff.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines DI-Verbrennungsmotors zur Verfügung zu stellen, bei dem ein schneller und gründlicher Regenerations- und/oder Heizvorgang des zugeordneten NOx-Speicherkatalysators mit einfachen Mitteln und ohne Drehmoment-schwankungen ausführbar ist und das bei einem Verbrennungsmotor mit wenigstens zwei Zylindern oder Zylindergruppen und je einem einem jeweiligen Zylinder oder einer jeweiligen Zylindergruppe zugeordneten NOx-Speicherkatalysator anwendbar ist.

[0009] Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 dadurch gelöst, dass wenigstens zwei NOx-Speicherkatalysatoren vorgesehen sind, die zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt werden, wobei während ein NOx-Speicherkatalysator regeneriert und/oder beheizt wird, die Zündung des zugehörigen Zylinders oder der zugehörigen Zylindergruppe auf spät verstellt wird, so dass das Drehmoment des betroffenen Zylinders oder der Zylindergruppe während des Regenerations- und/oder Heizvorgangs verringert wird und dem Drehmoment vor dem Regenerations- und/oder Heizvorgangs angenähert wird.

[0010] Auf diese Weise wird ein drehmomentneutrales Regenerieren und Heizen des NOx-Speicherkatalysators erzielt, wobei ein Teil des Verbrennungsmotors normal weiterarbeiten kann, so dass der

DI-Verbrennungsmotor einerseits beim konstanten Betrieb in jeder Hinsicht kontinuierlich weiter arbeitet, andererseits im Übergangsbetrieb, wenn beispielsweise eine gesteigerte Last verlangt wird, entsprechend reagieren kann.

[0011] Die vorstehende Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 2 dadurch gelöst, dass wenigstens zwei NOx-Speicherkatalysatoren vorgesehen sind, die zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt werden, wobei während in einem Zylinder oder in der einen Zylindergruppe mit zugehörigem NOx-Speicherkatalysator ein Regenerations- oder Heizvorgang durchgeführt wird, die Menge an eingespritztem Kraftstoff im anderen Zylinder oder in der anderen Zylindergruppe, bei der der zugehörige NOx-Speicherkatalysator nicht gereinigt wird, derart verändert wird, dass das Drehmoment gesamt-motorisch konstant bleibt.

[0012] Bei diesem Verfahren können die einzelnen NOx-Speicherkatalysatoren nacheinander gereinigt werden, ohne das abgegebene Drehmoment des Verbrennungsmotors zu beeinflussen, wobei gleichzeitig die dynamischen Eigenschaften des DI-Verbrennungsmotors erhalten bleiben.

[0013] Sowohl beim Verfahren nach Patentanspruch 1 als auch beim Verfahren nach Patentanspruch 2 ist es besonders vorteilhaft, daß die angesaugte Luft, während ein NOx-Speicherkatalysator gereinigt und/oder beheizt wird, nicht gedrosselt wird. Damit steht zur Regeneration und/oder zum Heizen des betreffenden NOx-Speicherkatalysators genügend Sauerstoff für die jeweilige Reaktion zur Verfügung, was den Regenerations- bzw. Heizvorgang beschleunigt, so daß die Regenerations- bzw. Heizphasen sehr kurz ausfallen können.

[0014] Die vorstehende Aufgabe wird mit den Merkmalen des Patentanspruchs 3 dadurch gelöst, daß mehrere NOx-Speicherkatalysatoren vorgesehen sind, die zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt werden, wobei der Verbrennungsmotor einen individuellen variablen Ventiltrieb hat, mit dem der Füllungsgrad des Zylinders oder der Zylindergruppe, dessen oder deren zugehörige NOx-Speicherkatalysator regeneriert bzw. beheizt werden soll, verringert und damit das Drehmoment verringert werden kann.

[0015] Diese Lösung ist besonders vorteilhaft, wenn bereits zu anderen Zwecken variable Ventilsteuerungseinrichtungen für unterschiedliche Zylindergruppen oder individuelle Ventiltriebseinrichtungen, wie beispielsweise elektromechanische Ventiltriebseinrichtungen für jedes einzelne Ventil vorgesehen sind.

[0016] Die vorstehend dargestellten Verfahren sind

besonders vorteilhaft, da sie mit Einrichtungen durchführbar sind, die bereits am DI-Verbrennungsmotor vorgesehen sind, so daß ein schneller und gründlicher Regenerations- bzw. Heizvorgang ohne nennenswerte Drehmomentschwankungen bei Aufrechterhaltung der dynamischen Eigenschaften des DI-Verbrennungsmotors auf einfache Weise ausführbar ist.

[0017] Weitere Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0018] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels und mit Bezugnahme auf die einzige Zeichnung näher erläutert. Die Zeichnung zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0019] Gemäß der Zeichnung hat ein mit direkter Kraftstoffeinspritzung versehener Verbrennungsmotor (DI-Verbrennungsmotor) einen ersten Zylinder **1** und einen zweiten Zylinder **2**, die ihre Arbeit an eine gemeinsame Welle **3** abgeben. Der Zylinder **1** hat ein Ansaugrohr **4** und ein Abgasrohr **5**, in dem sich ein erster NOx-Speicherkatalysator **6** befindet. Der Zylinder **2** hat ein Ansaugrohr **7** und ein Abgasrohr **8**, in dem sich ein zweiter NOx-Abgaskatalysator **9** befindet. Weiterhin hat der Zylinder **1** eine Einspritzeinrichtung **10** und der Zylinder **2** eine Einspritzeinrichtung **11**, über die jeweils individuell jedem Zylinder eine gewisse Kraftstoffmenge direkt in den Brennraum eingespritzt werden kann.

[0020] Bei diesem DI-Verbrennungsmotor wird Luft ungedrosselt über die Ansaugrohre **4** und **7** angesaugt, über die jeweiligen Einspritzeinrichtungen **10** und **11** Kraftstoff direkt in den Brennraum eingespritzt, das sich ausbildende Luft-/Kraftstoffgemisch zur Zündung gebracht und die Abgase des ersten Zylinders über das Abgasrohr **5** und den ersten NOx-Speicherkatalysator **6** und die Abgase des zweiten Zylinders über das Abgasrohr **8** und den zweiten NOx-Speicherkatalysator **9** abgeführt. Diese Anordnung kann, wie nachstehend dargestellt, betrieben werden.

[0021] Damit die Funktionstüchtigkeit der NOx-Speicherkatalysatoren **6** und **9** aufrechterhalten bleibt, müssen diese bei Erreichen eines entsprechenden Sättigungsgrades regeneriert werden und sie müssen zur Aufrechterhaltung ihrer Funktionsfähigkeit auf einer bestimmten Betriebstemperatur gehalten werden. Zum Regenerieren benötigt ein NOx-Speicherkatalysator **6**, **9** Kohlenwasserstoffe HC und Sauerstoff O₂. Zum Heizen des NOx-Speicherkatalysators **6**, **9** können Maßnahmen zur Erhöhung der Abgastemperatur ergriffen werden und/oder exotherme Reaktionen im NOx-Speicherkatalysator **6**, **9**, beispielsweise von Kohlenwasserstoffen HC, Kohlenmonoxid CO und Sauerstoff C₂

bewirkt werden.

[0022] Um zum Regenerieren und/oder Heizen eines NOx-Katalysators **6, 9** dem jeweiligen NOx-Speicherkatalysator Kohlenwasserstoffe HC und Sauerstoff O₂ zuzuführen, muß das Luft-/Kraftstoffgemisch stark angefettet werden, was insbesondere im Niedriglast- und Teillastbereich sehr mager ist. Eine Umstellung des Betriebs des DI-Verbrennungsmotors auf ein fettes Luft-/Kraftstoffgemisch führt zu einem starken Drehmomentanstieg. Werden nun die zwei separaten NOx-Speicherkatalysatoren **6** und **9** zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt, so fällt der gesamtmotorische Drehmomentanstieg nicht so hoch aus, da der dem nicht zu regenerierenden oder zu heizenden NOx-Speicherkatalysator zugeordnete Zylinder mit dem normalen, bisherigen Luft-/Kraftstoffgemisch weiter betrieben wird.

[0023] Zusätzlich zum zeitversetzten Regenerieren bzw. Heizen der NOx-Speicherkatalysatoren **6** und **9** kann, während der erste NOx-Speicherkatalysator **6** regeneriert bzw. beheizt wird, die Zündung des ersten Zylinders derart verstellt werden, bevorzugt auf spät verstellt werden, so daß das abgegebene Drehmoment des Zylinders **1** soweit zurückgenommen wird, wie es vor dem Beginn des Regenerations- bzw. Heizvorgangs war. Auf diese Weise kann das gesamtmotorische Drehmoment an der Welle **3** während des Regenerations- bzw. Heizvorgangs konstant gehalten werden.

[0024] Alternativ oder auch gleichzeitig zur Beeinflussung des Zündzeitpunkts kann, während am ersten NOx-Speicherkatalysators **6** ein Regenerations- bzw. Heizvorgang durchgeführt wird, wobei der Zylinder **1** eine Drehmomenterhöhung erfährt, die Menge an eingespritztem Kraftstoff im Zylinder **2**, bei dem der zugehörige zweite NOx-Speicherkatalysator **9** nicht regeneriert bzw. beheizt wird, derart verändert, bevorzugt verringert werden, so daß das Drehmoment an der Welle **3** gesamtmotorisch während des Regenerations- bzw. Heizvorgangs des ersten NOx-Speicherkatalysators **6** konstant bleibt.

[0025] Alternativ oder zusätzlich zum Beeinflussen des Zündzeitpunkts oder der eingespritzten Kraftstoffmenge kann, wenn der DI-Verbrennungsmotor mit einem individuellen variablen Ventiltrieb versehen ist, der Füllungsgrad mit Frischluft des Zylinders **1**, dessen zugehöriger NOx-Speicherkatalysator **6** einen Regenerations- bzw. Heizvorgang erfährt, verringert werden, wobei das Luft-/Kraftstoffverhältnis durch Verringerung der Luftzufuhr angefettet wird.

[0026] Die vorstehend dargestellten Verfahren zum Betreiben des DI-Verbrennungsmotors sind auch auf Verbrennungsmotoren anwendbar, bei denen eine Vielzahl von Zylindern oder Zylindergruppen jeweils einen NOx-Speicherkatalysator zugeordnet haben,

so daß die jeweiligen Nox-Speicherkatalysatoren zeitversetzt nacheinander regeneriert bzw. beheizt werden können.

[0027] Weiterhin kann eine Abgasrückführung (nicht dargestellt) vom jeweiligen Abgasrohr **5, 8** zum jeweils zugehörigen Ansaugrohr **4, 7** vorgesehen sein, wobei durch die Abgasrückführung das Drehmoment des zu regenerierenden Zylinders abgesenkt und damit das Drehmoment gesamtmotorisch konstant gehalten werden kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines mit direkter Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum versehenen Verbrennungsmotors mit wenigstens zwei Zylindern (**1, 2**) oder Zylindergruppen und je einem einem jeweiligen Zylinder (**1, 2**) oder einer jeweiligen Zylindergruppe zugeordneten NOx-Speicherkatalysator (**6, 9**), wobei die NOx-Speicherkatalysatoren (**6, 9**) zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt werden, und während ein NOx-Speicherkatalysator (**6, 9**) regeneriert und/oder beheizt wird, die Zündung des zugehörigen Zylinders (**1, 2**) oder der zugehörigen Zylindergruppe auf spät verstellt wird, so daß das Drehmoment des betroffenen Zylinders (**1, 2**) oder der Zylindergruppe während des Regenerations- und/oder Heizvorgangs verringert wird und dem Drehmoment vor dem Regenerations- und/oder Heizvorgang angenähert wird.

2. Verfahren zum Betreiben eines mit direkter Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum versehenen Verbrennungsmotors mit wenigstens zwei Zylindern (**1, 2**) oder Zylindergruppen und je einem einem jeweiligen Zylinder (**1, 2**) oder einer jeweiligen Zylindergruppe zugeordneten NOx-Speicherkatalysator (**6, 9**), wobei die NOx-Speicherkatalysatoren (**6, 9**) zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt werden, und während in einen Zylinder (**1, 2**) oder in der einen Zylindergruppe mit zugehörigem NOx-Speicherkatalysator (**6, 9**) ein Regenerations- oder Heizvorgang durchgeführt wird, die Menge an eingespritztem Kraftstoff im anderen Zylinder (**1, 2**) oder in der anderen Zylindergruppe derart verändert wird, daß das Drehmoment gesamtmotorisch konstant bleibt.

3. Verfahren zum Betreiben eines mit direkter Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum versehenen Verbrennungsmotors mit wenigstens zwei Zylindern (**1, 2**) oder Zylindergruppen und je einem einem jeweiligen Zylinder (**1, 2**) oder einer jeweiligen Zylindergruppe zugeordneten NOx-Speicherkatalysator (**6, 9**), wobei die NOx-Speicherkatalysatoren (**6, 9**) zeitversetzt zueinander regeneriert und/oder beheizt werden, und der Verbrennungsmotor eine für jeden Zylinder (**1, 2**) oder jede Zylindergruppe, dem oder der ein NOx-Speicherkatalysator (**6, 9**) zugeordnet

ist, einen individuellen variablen Ventiltrieb hat, wobei der Füllungsgrad des Zylinders (1, 2) oder der Zylindergruppe, dessen oder deren zugehöriger NOx-Speicherkatalysator (6, 9) einen Regenerations- oder Heizvorgang ausführt, über den variablen Ventiltrieb verringert und damit das Drehmoment verringert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass während ein NOx-Speicherkatalysator (6, 9) regeneriert und/oder beheizt wird, die Zündung des zugehörigen Zylinders (1, 2) oder der zugehörigen Zylindergruppe auf spät verstellt wird, so daß das Drehmoment des betroffenen Zylinders (1, 2) oder der Zylindergruppe während des Regenerations- und/oder Heizvorgangs verringert wird und dem Drehmoment vor dem Regenerations- und/oder Heizvorgangs angenähert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3, 4, dadurch gekennzeichnet, dass während im einen Zylinder (1, 2) oder in der einen Zylindergruppe mit zugehörigem NOx-Speicherkatalysator (6, 9) ein Regenerations- oder Heizvorgang durchgeführt wird, die Menge an eingespritztem Kraftstoff im anderen Zylinder (1, 2) oder in der anderen Zylindergruppe derart verändert wird, so daß das Drehmoment gesamtmotorisch konstant bleibt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge an eingespritztem Kraftstoff im anderen Zylinder (1, 2) oder in der anderen Zylindergruppe derart verringert und im Bedarfsfall bis auf Null reduziert wird, so daß das Drehmoment gesamtmotorisch konstant bleibt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 6, dadurch gekennzeichnet, daß Frischluft ungedrosselt angesaugt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 2, 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil des Abgasstroms wieder angesaugt wird.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

