

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 429 014 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
16.06.2004 Patentblatt 2004/25

(51) Int Cl.7: F02D 41/30

(21) Anmeldenummer: 03028035.8

(22) Anmeldetag: 06.12.2003

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

(71) Anmelder: AUDI AG
85045 Ingolstadt (DE)

(72) Erfinder: Odendall, Bodo
86633 Neuburg (DE)

(30) Priorität: 14.12.2002 DE 10258572

(54) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit einem ersten lastabhängigen Betriebsbereich als geschichteten Magerbetriebsbereich (1), in dem die Brennkraftmaschine mit einem Luftüberschuss und damit einen Sauerstoffüberschuss aufweisenden geschichteten mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden. Ferner ist ein zweiter Lastabhängiger Betriebsbereich als homogener Betriebsbereich (4) vorgesehen, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ($\lambda = 1$) betrieben wird, wo-

bei die Wahl des Betriebsbereiches von einem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Lastanforderung bei Erreichen einer lastabhängigen Umschaltgrenze vorgenommen wird. Erfindungsgemäß wird der geschichtete Magerbetriebsbereich (1) zu einem homogen-mageren Betriebsbereich (2) erweitert dergestalt, dass die lastabhängige Umschaltgrenze (5) zwischen einem Magerbetriebsbereich (1, 2) und dem homogenen Betriebsbereich (4) in Abhängigkeit von einem im Abgasstrom eine bestimmte minimale Restsauerstoffkonzentration zur Verfügung stellenden Lambda-wert des Gemisches so festgelegt wird, dass mit der minimalen Restsauerstoffkonzentration noch eine Einspeicherung und Halten von Stickoxiden im Stickoxid-Speicherkatalysator erfolgt.

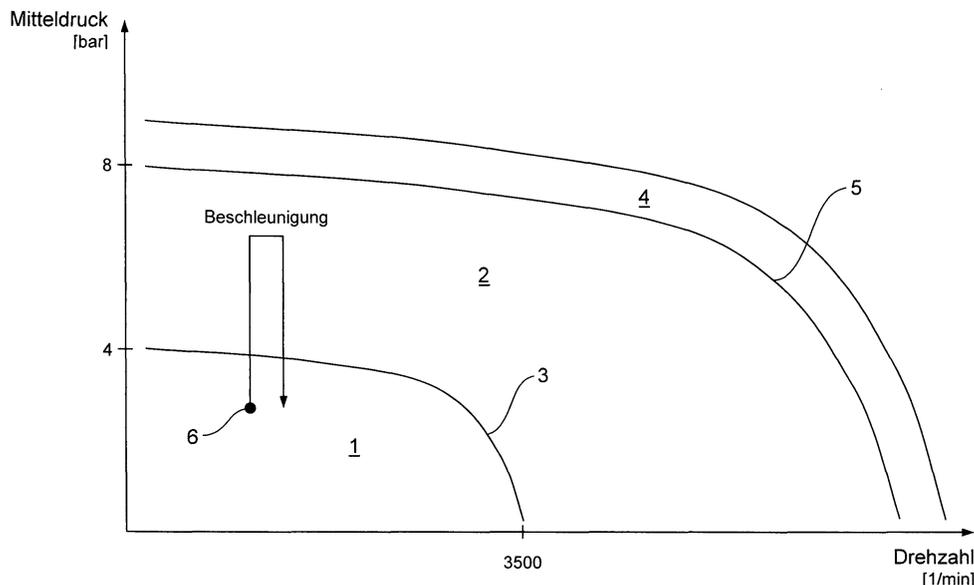


FIG. 1

EP 1 429 014 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In der heutigen Fahrzeugtechnik werden Ottomotoren als Brennkraftmaschinen mit einer Benzin-Direkteinspritzung anstatt einer konventionellen Saugrohrinspritzung bevorzugt, da derartige Brennkraftmaschinen gegenüber den herkömmlichen Ottomotoren deutlich mehr Dynamik aufweisen, bezüglich Drehmoment und Leistung besser sind und gleichzeitig eine Verbrauchssenkung um bis zu 15 % ermöglichen. Möglich macht dies vor allem eine sog. Schichtladung im Teillastbereich, bei der nur im Bereich der Zündkerze ein zündfähiges Gemisch benötigt wird, während der übrige Brennraum mit Luft befüllt wird. Da herkömmliche Brennkraftmaschinen, die nach dem Saugrohrprinzip arbeiten, bei einem derartig hohem Luftüberschuss, wie er bei der Benzin-Direkteinspritzung vorliegt ($\lambda \geq 1,4$), nicht mehr zündfähig sind, wird bei diesem Schichtlademodus das Kraftstoff-Gemisch um die zentrale im Brennraum positionierten Zündkerze konzentriert, während sich in den Randbereichen des Brennraums reine Luft befindet. D. h., dass lediglich dieser Gemischballen einen Lambdawert von in etwa gleich 1 aufweist. Um das Kraftstoff-Gemisch um die zentral im Brennraum positionierte Zündkerze herum zentrieren zu können, ist eine gezielte Luftströmung im Brennraum erforderlich, eine sog. Tumbleströmung. Dazu wird im Brennraum eine intensive, walzenförmige Strömung ausgebildet und der Kraftstoff erst im letzten Drittel der Kolbenaufwärtsbewegung eingespritzt. Durch die Kombination von gezielter Luftströmung und spezieller Geometrie des Kolbens der z. B. über eine ausgeprägte Kraftstoff- und Strömungsmulde verfügt, kann der besonders fein zerstäubte Kraftstoff somit in einem Gemischballen optimal um die Zündkerze herum konzentriert und sicher entflammt werden. Für die jeweils optimale Anpassung der Einspritzparameter (Einspritzzeitpunkt, Kraftstoffdruck, etc.) sorgt die Motorsteuerung bzw. das Motorsteuergerät.

[0003] Derartige Brennkraftmaschinen können entsprechend lange im Magerbetrieb betrieben werden, was sich, wie dies oben bereits dargelegt worden ist, positiv auf den Kraftstoffverbrauch insgesamt auswirkt. Dieser Magerbetrieb bringt jedoch den Nachteil mit sich, dass eine besonders große Menge von Stickoxiden (NO_x) produziert wird, die vom 3-Wege-Katalysator nicht mehr vollständig reduziert werden kann. Um die Stickoxid-Emissionen im Rahmen vorgeschriebener Grenzwerte, z. B. des Euro-IV-Grenzwertes zu halten, werden in Verbindung mit derartigen Brennkraftmaschinen regelmäßig Stickoxid-Speicherkatalysatoren eingesetzt, mit denen die Stickoxid-Emissionen dadurch reduziert werden können, dass die Stickoxide in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden.

Um die Stickoxide im Stickoxid-Speicherkatalysator einspeichern zu können, ist eine bestimmte Menge von Sauerstoff erforderlich, da die Stickoxide in Verbindung mit Sauerstoff am Edelmetall des Stickoxid-Speicherkatalysators durch Reaktion mit Sauerstoff oxidiert und Stickstoffdioxid (NO_2) bildet. Das Stickstoffdioxid reagiert anschließend mit im Stickoxid-Speicherkatalysator eingelagerten Metalloxiden, die als Speichermaterialien verwendet werden, unter Bildung eines entsprechenden Speichermaterial-Nitrates. Aufgrund der im mageren Abgasstrom vorhandenen hohen Luft- und damit Sauerstoffmenge, kann diese Reduktion der Stickoxide sehr gut und effektiv durchgeführt werden. Da diese Reduktionsreaktion jedoch nicht katalytisch sondern stöchiometrisch verläuft, wird das Speichermaterial des Stickoxid-Speicherkatalysators dadurch verbraucht. Mit zunehmender gespeicherter Stickoxidmenge sinkt die Effektivität der Nitratbildung ab. Es wird ein Sättigungszustand erreicht. Zur Aufrechterhaltung einer hohen Speichereffektivität muss daher das Speichermaterial periodisch regeneriert werden. Dazu schaltet man kurzfristig auf unterstöchiometrischen, d. h. fetten Motorbetrieb um, bei dem die Brennkraftmaschine mit einem Luftmangel betrieben wird. Unter derartigen fetten Betriebsbedingungen ist die Temperaturstabilität des Nitrates geringer als im Magerbetrieb, so dass es zu einem Zerfall des Nitrates kommt. Das dabei freigesetzte Stickoxid (NO) wird anschließend mit Hilfe der unter fetten Betriebsbedingungen ebenfalls vorhanden Reduktionsmittel Kohlenwasserstoff (HC) und/oder Kohlenmonoxid (CO) zu Stickstoff konvertiert. Gegen Ende der Entladephase ist ein Großteil des eingespeicherten Stickoxids reduziert und immer weniger des Reduktionsmittels trifft auf Stickoxid, das es zu Sauerstoff und Stickstoff reduzieren kann. Deshalb steigt gegen Ende der Entladephase der Anteil an Reduktionsmittel in dem Abgas hinter dem Stickoxid-Speicherkatalysator an. Durch eine entsprechende Analyse des Abgases hinter dem Stickoxid-Speicherkatalysator mittels z. B. einem Sauerstoff-Sensor, kann dann das Ende der Entladephase eingeleitet werden und wieder auf den Magerbetrieb umgeschaltet werden.

[0004] Bei einem allgemein bekannten, gattungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs wird diese mit einem ersten lastabhängigen Betriebsbereich als geschichteten Magerbetriebsbereich betrieben, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einem Sauerstoffüberschuss aufweisenden geschichteten mageren Gemisch betrieben wird, und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden. Weiter kann die Brennkraftmaschine hier mit einem zweiten lastabhängigen Betriebsbereich als homogenen Betriebsbereich betrieben werden, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ($\lambda = 1$) betrieben wird. Die Wahl des Betriebsbereiches und damit

das Umschalten zwischen dem geschichteten Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich wird von einem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer last- und/oder drehzahlabhängigen Umschaltgrenze vorgenommen.

[0005] Konkret wird hier im geschichteten Magerbetriebsbereich, wie dies bereits eingangs erläutert worden ist, die Brennkraftmaschine mit einem Lambda von in etwa 1,4 oder größer und damit einem erheblichen Luftüberschuss betrieben. In diesem geschichteten Magerbetriebsbereich können Motor-Drehmomente gefahren werden, die in etwa einem Mitteldruck von ca. 4 bar entsprechen. Bei der Anforderung eines höheren Momentes muss der geschichtete Magerbetriebsbereich verlassen werden, wodurch vom Motorsteuergerät in den homogenen Betriebsbereich umgeschaltet wird. Wie Untersuchungen gezeigt haben, ist bei einer derartigen allgemein bekannten Betriebsweise das Kraftstoffesparpotential insbesondere in Verbindung mit einer dynamischen Fahrweise, wie z. B. im Stadtverkehr, nicht zufriedenstellend. Dies beruht zum Teil darauf, dass bei dieser Betriebsweise ein Vielzahl von Stickoxid-Speicherkatalysatorentladungen durchgeführt werden muss, die zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch führen, so dass der durch den Magerbetrieb eingefahrene Kraftstoffgewinn oftmals zu einem Großteil durch die Entladungen kompensiert wird.

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, zur Verfügung zu stellen, mit dem in Verbindung mit einem Magerbetrieb der Brennkraftmaschine eine gute Kraftstoffesparung möglich ist.

[0007] Diese Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0008] Gemäß Anspruch 1 wird der geschichtete Magerbetriebsbereich zu einem homogen-mageren Betriebsbereich erweitert, in dem die Brennkraftmaschine vor dem Umschalten in den homogenen Betriebsbereich mit einem mageren Gemisch betreibbar ist, das weniger Luftüberschuss und damit einen kleineren Lambdawert aufweist als das Gemisch im geschichteten Magerbetriebsbereich. Weiter wird die lastabhängige Umschaltgrenze zwischen dem erweiterten Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich in Abhängigkeit von einem im Abgasstrom eine bestimmte minimale Restsauerstoffkonzentration zur Verfügung stellenden Lambdawert des Gemisches so festgelegt, dass mit der minimalen Restsauerstoffkonzentration noch eine Einspeicherung und eine Halten von Stickoxiden im Stickoxid-Speicherkatalysator durchführbar ist.

[0009] Bei einer derartigen erfindungsgemäßen Betriebsweise wird die Brennkraftmaschine auch bei einer sehr dynamischen Fahrweise, wie dies insbesondere im Stadtverkehr gegeben ist, wesentlich öfter im Magerbetriebsbereich gefahren, als dies bei der gattungsgemä-

ßen Betriebsweise des Standes der Technik der Fall ist, da das Umschalten von dem Magerbetriebsbereich in den homogenen Betriebsbereich hinausgezögert wird. Dabei wird bei einer derartigen Betriebsweise der Brennkraftmaschine im Magerbetriebsbereich zudem vermieden, dass der Restsauerstoff im Abgas bei Beschleunigungen und dadurch erhöhten Lastanforderungen unter ein Maß fallen kann, bei dem keine Speicherung von Stickoxiden mehr im Stickoxid-Speicherkatalysator möglich ist. Denn bei Restsauerstoffkonzentrationen im Abgasstrom unter der minimalen Restsauerstoffkonzentration kann der Stickoxid-Speicherkatalysator kein Stickoxid mehr einspeichern, so dass es zu einem Stickoxid-Durchbruch kommt, der stets eine Entladung erfordert, d. h. ein Umschalten in einen fetten Betriebsbereich nötig macht, bei dem zuerst ein Sauerstoffspeicher des Stickoxid-Speicherkatalysators entladen wird, um Sauerstoff für die Ausspeicherung des Stickoxids aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator zur Verfügung zu stellen. Da bei einer derartigen Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators stets eine in etwa konstante Kraftstoffmenge benötigt wird, erfordert ein zu frühzeitiges Umschalten in den homogenen Betriebsbereich und das damit einhergehende Ansteigen der Anzahl der Entladungen auch einen erhöhten Kraftstoffverbrauch.

[0010] Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird somit sichergestellt, dass gegenüber der Betriebsweise des Standes der Technik im Magerbetriebsbereich höhere Lasten gefahren werden können, wobei gleichzeitig durch die minimale Restsauerstoffkonzentration im Abgasstrom sichergestellt ist, dass genügend Restsauerstoff vorhanden ist, um die Stickoxide in den Stickoxid-Speicherkatalysator einzuspeichern und auch darin zu halten. Dadurch kann gegenüber der Betriebsweise des Standes der Technik die Brennkraftmaschine länger im mageren Bereich betrieben werden, so dass zum einen bereits dadurch das Kraftstoffesparpotential vergrößert wird, wobei zudem die Einspeicherkapazität des Stickoxid-Speicherkatalysators besser ausgenutzt wird, so dass eine Entladung weniger oft durchzuführen ist. Dies alles trägt wesentlich dazu bei, insbesondere auch bei einer dynamischeren Fahrweise, wie dies z. B. im Stadtverkehr gegeben ist, Brennkraftmaschinen mit einer erheblichen Kraftstoffesparung zu betreiben.

[0011] Grundsätzlich besteht die Möglichkeit den Magerbetriebsbereich so zu erweitern, dass nur ein Magerbetriebsbereich mit einer definierten Umschaltgrenze zum homogenen Betriebsbereich hin vorhanden ist. Besonders gute Magerbetriebsergebnisse lassen sich jedoch nach Anspruch 2 dadurch erzielen, dass der Magerbetriebsbereich in mehrere, vorzugsweise wenigstens zwei unterschiedliche Magerbetriebsbereiche aufgeteilt ist, wobei die Übergänge zwischen den einzelnen Betriebsbereichen durch last- und/oder drehzahlabhängige Umschaltgrenzen genau definiert sind.

[0012] Gemäß einer besonders bevorzugten Be-

triebsweise ist der Magerbetriebsbereich nach Anspruch 3 in einen geschichteten Magerbetriebsbereich und einen homogen-mageren Betriebsbereich aufgeteilt. Dadurch kann bei einem durch die betriebsbedingte Lastanforderung ausgelösten Überschreiten der lastabhängigen ersten Umschaltgrenze zwischen dem geschichteten Magerbetriebsbereich und dem homogen-mageren Betriebsbereich sowie dem Nicht-Überschreiten der lastabhängigen zweiten Umschaltgrenze zwischen dem homogen-mageren Betriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich vom Motorsteuerggerät in den homogen-mageren Betriebsbereich umgeschaltet werden. Andererseits kann bei einem durch die betriebsbedingte Lastanforderung ausgelösten Überschreiten der lastabhängigen zweiten Umschaltgrenze zwischen dem homogen-mageren Betriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich vom Motorsteuerggerät sofort in den homogenen Betriebsbereich umgeschaltet werden. Mit einer derartigen Betriebsweise wird ein besonders sinnvoller Magerbetrieb einer Brennkraftmaschine möglich, wobei hier vorteilhaft ein Großteil der Momentenanforderungen bei Beschleunigungen vom Magerbetriebsbereich abgedeckt wird.

[0013] Bei einer Verfahrensführung gemäß Anspruch 4 wird die Brennkraftmaschine im geschichteten Magerbereich mit einem eine Restsauerstoffkonzentration von gleich oder größer 5 Mol-% im Abgasstrom zur Verfügung stellenden Lambdawert betrieben. Ein besonders optimierter geschichteter Magerbereich ergibt sich bei einem Lambdawert von in etwa 1,4 bis 3.

[0014] Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Verfahrensführung nach Anspruch 5 wird die Brennkraftmaschine im homogen-mageren Betriebsbereich dagegen mit einem eine Restsauerstoffkonzentration von gleich oder größer 2 Mol-% im Abgasstrom zur Verfügung stellenden Lambdawert betrieben. Besonders bevorzugt ist hier ein Betrieb mit einem eine Restsauerstoffkonzentration von in etwa gleich oder größer 3 Mol-% zur Verfügung stellenden Lambdawert, der vorzugsweise somit in etwa in einer Größenordnung von 1,15 bis 1,3 liegt. Der homogen-magere Betriebsbereich liegt somit vorzugsweise in etwa zwischen 2 bis 5 Mol-% Restsauerstoffkonzentration im Abgasstrom, dem in etwa ein Lambda von 1,15 bis 1,4 entspricht. Mit derartigen konkreten Betriebsbereichen ist ein besonders vorteilhafter praktischer Betrieb der Brennkraftmaschine möglich.

[0015] Nach Anspruch 6 liegt die lastabhängige Umschaltgrenze vom Magerbetriebsbereich zum homogenen Betriebsbereich bei einem relativen Drehmoment von in etwa 70 bis 90 % eines vorgegebenen maximalen relativen Drehmomentes, bevorzugt bei in etwa 80 %. Letzteres entspricht in etwa einem effektiven Mitteldruck von ca. 8 bar, falls von einer üblichen Bezugsgröße von in etwa 10 bar effektivem Mitteldruck ausgegangen wird. Es kann somit mit der erfindungsgemäßen Verfahrensweise sichergestellt werden, dass hier ein Großteil der Momentenanforderung bei Beschleunigun-

gen abgedeckt wird. Entsprechend kann z. B. in einer konkreten Betriebsweise die lastabhängige erste Umschaltgrenze vom geschichteten Magerbetriebsbereich zum homogen-mageren Betriebsbereich nach Anspruch 7 weiterhin in allgemein bekannter Weise bei einem relativen Drehmoment von in etwa 35 bis 45 % eines vorgegebenen relativen Drehmomentes liegen, wobei in etwa 40 % als bevorzugter Wert angesehen wird. Dieser Wert entspräche dann einem effektiven Mitteldruck von in etwa 4 bar bei einer Bezugsgröße von 10 bar effektivem Mitteldruck. Diese Aufteilung des Magerbetriebsbereiches in zwei Magerbetriebsbereiche ermöglicht einen möglichst langen gewünschten Magerbetrieb der Brennkraftmaschine, wodurch das Kraftstoffsparpotential der Brennkraftmaschine erheblich erhöht wird. Insbesondere erfolgt hier somit eine gezielte Anpassung des Betriebsbereiches an die jeweils von einem Fahrer betriebsbedingt vorgegebene Momentenanforderung, so dass in Bezug auf das Kraftstoffsparpotential eine optimierte Anpassung an das Fahrverhalten erfolgt.

[0016] Nach Anspruch 8 ist die lastunabhängige Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators in Abhängigkeit von einer bestimmten Einspeicherzeit des Stickoxid-Speicherkatalysators beansprucht, wobei diese Einspeicherzeit auch wiederum vom Alterungsgrad des Stickoxid-Speicherkatalysators bzw. dessen Speicherfähigkeit abhängt.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0018] Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm des effektiven Mitteldrucks über der Drehzahl in Verbindung mit unterschiedlichen Brennkraftmaschinen-Betriebsbereichen, und

Fig. 2 ein schematisches Diagramm der NO_x-Speicherfähigkeit über der Temperatur für unterschiedliche Betriebsbereiche der Brennkraftmaschine.

[0019] Fig. 1 zeigt schematisch ein Diagramm, in dem der effektive Mitteldruck über der Drehzahl aufgetragen ist, wobei ein erster lastabhängiger Betriebsbereich als geschichteter Magerbetriebsbereich 1 von einem daran angrenzenden homogen-mageren Betriebsbereich 2 durch eine erste Grenzkurve 3 als erste lastabhängige Umschaltgrenze getrennt ist.

[0020] Der homogen-magere Betriebsbereich 2 ist dagegen von einem daran angrenzenden homogenen Betriebsbereich 4 durch eine zweite Grenzkurve 5 als zweite lastabhängige Umschaltgrenze getrennt. Wie dies der Fig. 1 entnommen werden kann, verläuft diese erste Grenzkurve 3 im wesentlichen entlang einer Last von 4 bar als effektivem Mitteldruck und sinkt erst bei höheren Drehzahlen im Bereich von 3 500 min⁻¹ ab.

[0021] Im geschichteten Magerbetriebsbereich 1 liegt

ein Lambda von erheblich größer als 1, vorzugsweise von im Durchschnitt in etwa $\lambda = 1,4$ bis 3 vor, so dass eine Restsauerstoffkonzentration im Abgas von zwischen ca. 5 und 15 % vorliegt. Im homogen-mageren Betriebsbereich liegt dagegen ungefähr ein Lambda-

wert von 1,2 vor, so dass die minimale Restsauerstoffkonzentration im Abgas größer oder gleich 3 Mol-% ist. Im homogenen Betriebsbereich 4 dagegen ist der Lambdawert ungefähr gleich 1, wobei die Restsauerstoffkonzentration im Abgas kleiner als 1 % ist.

[0022] Wird nun von einem bestimmten Betriebspunkt 6 ausgehend, bei dem die Brennkraftmaschine im geschichteten Magerbetriebsbereich 1 betrieben wird eine betriebsbedingte erhöhte Lastanforderung vom Motorsteuergerät festgestellt, dem in etwa ein effektiver Mitteldruck von ca. 6 bis 6,5 bar entspricht, dann stellt das Motorsteuergerät eine Überschreitung der ersten Grenzkurve 3 fest und schaltet vom geschichteten Magerbetriebsbereich 1 in den homogen-mageren Betriebsbereich 2 um. In diesem homogen-mageren Betriebsbereich 2 steht nach wie vor eine ausreichend hohe Restsauerstoffkonzentration zur Verfügung, mit der eine Einspeicherung von Stickoxiden in den Stickoxid-Speicherkatalysator möglich ist. Dies ergibt sich insbesondere aus dem in Fig. 2 dargestellten Diagramm, bei dem die NO_x -Speicherfähigkeit schematisch über der Temperatur aufgetragen ist. Die oberste glockenförmige Kurve 7 stellt hier die Stickoxid-Speicherfähigkeit bei einer Restsauerstoffkonzentration im Abgasstrom von größer 5 Mol-% dar, während die mittlere glockenförmige Kurve 8 die Stickoxid-Speicherfähigkeit bei einer Restsauerstoffkonzentration im Abgasstrom von größer 3 % und die unterste Kurve 9 die Stickoxid-Speicherfähigkeit bei einer Restsauerstoffkonzentration im Abgasstrom von kleiner 1 % darstellt. Ausgehend von dem Betriebspunkt 6 der Brennkraftmaschine im geschichteten Magerbetriebsbereich 1 zeigt Fig. 2 schematisch, dass mit zunehmender Beschleunigung die Stickoxid-Speicherfähigkeit bei einem Umschalten in den homogen-mageren Betriebsbereich 2 nach wie vor im hohen Maße erhalten bleibt (durchgezogene Linien). Würde dagegen ausgehend vom Betriebspunkt 6 im geschichteten Magerbetriebsbereich 1 ein Umschalten sofort in den homogenen Betriebsbereich 4 erfolgen, würde sich der in Fig. 2 strichliert dargestellte Zusammenhang ergeben, d. h. die Stickoxid-Speicherfähigkeit nahezu gegen Null gehen, was im Diagramm der Fig. 2 mit Strichpunkten und mit dem Betriebspunkt 10 dargestellt ist. Dies würde zwangsläufig zu einem Stickoxiddurchbruch führen und damit die Einleitung einer sofortigen Entladung erfordern, um den Stickoxid-Speicherkatalysator zu entleeren. Mit der erfindungsgemäßen Betriebsweise sinkt somit die Anzahl der notwendigen Entladungen des Stickoxid-Speicherkatalysators und damit der Kraftstoffverbrauch. Dies lässt sich auch aus den Diagrammen der Fig. 1 und 2 ablesen, da ohne den erweiterten homogen-mageren Betriebsbereich 2, insbesondere bei einer dynamischeren Fahrweise, wie diese z. B. im

Stadtverkehr gegeben ist, eine Vielzahl von Entladungen aufgrund des oftmaligen Verlassens des geschichteten Magerbetriebsbereiches 1 erforderlich wäre.

Patentansprüche

- Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit einem ersten last- und/oder drehzahlabhängigen Betriebsbereich als geschichteten Magerbetriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einen Sauerstoffüberschuss aufweisenden geschichteten mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden, und mit einem zweiten last- und/oder drehzahlabhängigen Betriebsbereich als homogenen Betriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ($\lambda = 1$) betrieben wird, wobei die Wahl des Betriebsbereiches und damit das Umschalten zwischen dem geschichteten Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich von einem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer last- und/oder drehzahlabhängigen Umschaltgrenze vorgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** der geschichtete Magerbetriebsbereich (1) zu einem homogen-mageren Betriebsbereich (2) erweitert wird, in dem die Brennkraftmaschine vor dem Umschalten in den homogenen Betriebsbereich (4) mit einem mageren Gemisch betreibbar ist, das weniger Luftüberschuss und damit einen kleineren Lambdawert aufweist als das Gemisch im geschichteten Magerbetriebsbereich (1), und **dass** die last- und/oder drehzahlabhängige Umschaltgrenze (5) zwischen dem erweiterten Magerbetriebsbereich (1, 2) und dem homogenen Betriebsbereich (4) in Abhängigkeit von einem im Abgasstrom eine bestimmte minimale Restsauerstoffkonzentration zur Verfügung stellenden Lambdawert des Gemisches so festgelegt wird, dass mit der minimalen Restsauerstoffkonzentration im Abgasstrom noch eine Einspeicherung und ein Halten von Stickoxiden im Stickoxid-Speicherkatalysator durchführbar ist.
- Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, **dass** zusätzlich zum geschichteten Magerbetriebsbereich (1) wenigstens ein weiterer homogen-magerer Betriebsbereich (2) mit definierten last- und/oder drehzahlabhängigen Umschaltgrenzen (3, 5) zu den angrenzenden Betriebsbereichen

vorgesehen ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Magerbetriebsbereich (1, 2) in einen geschichteten Magerbetriebsbereich (1) und einen homogen-mageren Betriebsbereich (2) aufgeteilt ist dergestalt, **dass** bei einem durch die betriebsbedingte Last- und/oder Drehzahlanforderung ausgelösten Überschreiten einer last- und/oder drehzahlabhängigen ersten Umschaltgrenze (3) zwischen dem geschichteten Magerbetriebsbereich (1) und dem homogen-mageren Betriebsbereich (2) sowie dem Nicht-Überschreiten einer last- und/oder drehzahlabhängigen zweiten Umschaltgrenze (5) zwischen dem homogen-mageren Betriebsbereich (2) und dem homogenen Betriebsbereich (4) vom Motorsteuergerät in den homogen-mageren Betriebsbereich (2) umgeschaltet wird, und **dass** bei einem durch die betriebsbedingte Last- und/oder Drehzahlanforderung ausgelösten Überschreiten der last- und /oder drehzahlabhängigen zweiten Umschaltgrenze (5) zwischen dem homogen-mageren Betriebsbereich (2) und dem homogenen Betriebsbereich (4) vom Motorsteuergerät in den homogenen Betriebsbereich (4) umgeschaltet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkraftmaschine im geschichteten Magerbetriebsbereich (1) mit einem eine Restsauerstoffkonzentration von gleich oder größer 5 Mol-% im Abgasstrom zur Verfügung stellenden Lambdawert, vorzugsweise einem Lambdawert von in etwa 1,4 bis 3 betrieben wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkraftmaschine im homogen-mageren Betriebsbereich (2) mit einem eine Restsauerstoffkonzentration von gleich oder größer 2 Mol-%, bevorzugt gleich oder größer 3 Mol-%, im Abgasstrom zur Verfügung stellenden Lambdawert, vorzugsweise einem Lambdawert von in etwa 1,15 bis 1,3, bevorzugt gleich oder größer in etwa 1,2, betrieben wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die last- und/oder drehzahlabhängige Umschaltgrenze (5) vom Magerbetriebsbereich (1, 2) zum homogenen Betriebsbereich (4) bei einem relativen Drehmoment von in etwa 70 bis 90 %, bevorzugt bei in etwa 80 %, eines vorgegebenen maximalen relativen Drehmomentes liegt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die last- und/oder drehzahlabhängige erste Umschaltgrenze (3) vom geschichteten Magerbetriebsbereich (1) zum homogen-mageren Betriebsbereich (2) bei einem relativen Drehmoment von in etwa 35 bis 45 %, bevorzugt bei in etwa 40 %, eines vorgegebenen relativen Drehmomentes liegt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** lastunabhängig nach einer bestimmten Einspeicherzeit von Stickoxiden in den Stickoxid-Speicherkatalysator im Magerbetriebsbereich (1, 2) zur Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators in einen fetten Betriebsbereich umgeschaltet wird, in der die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftmangel aufweisenden fetten Gemisch betrieben wird.

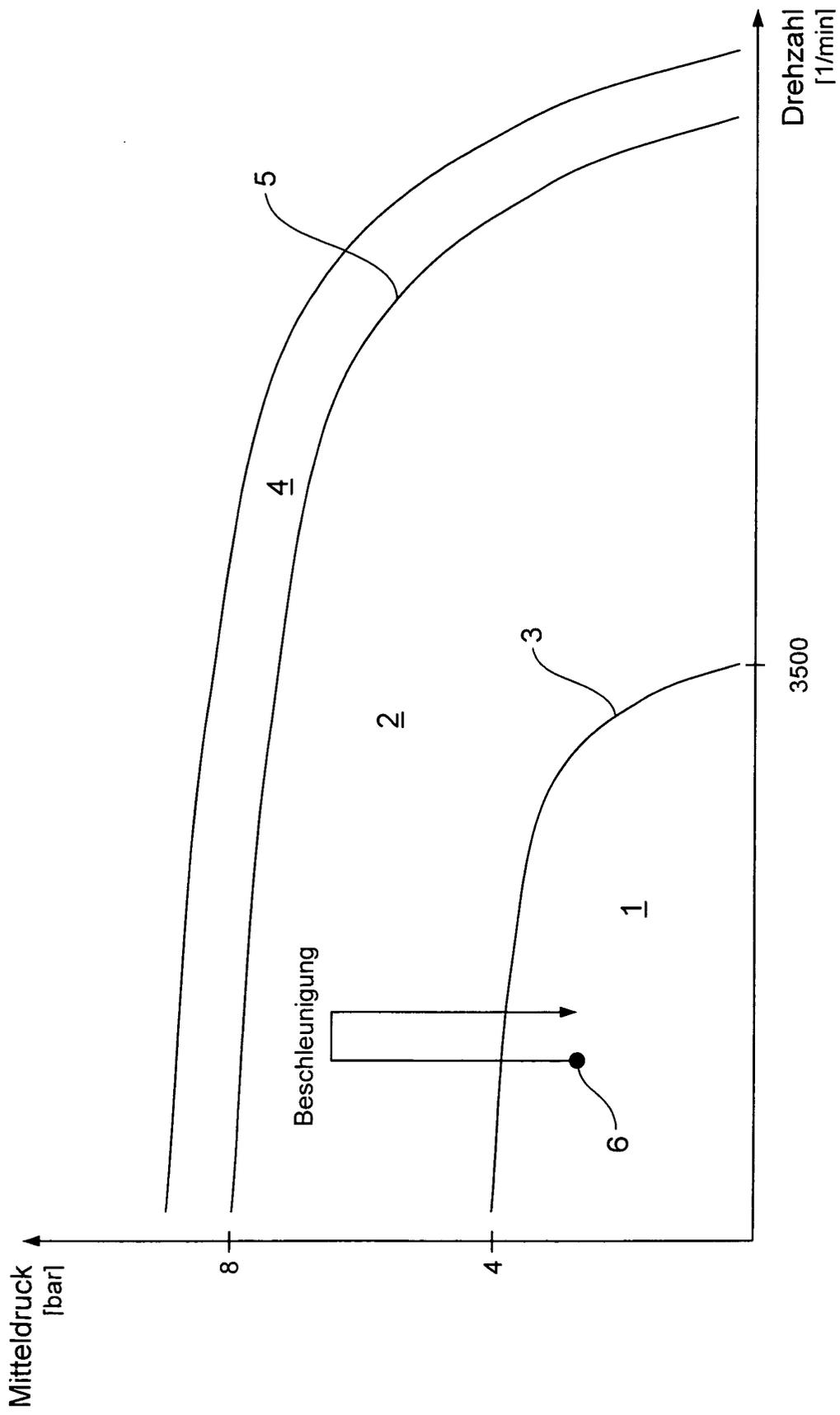


FIG. 1

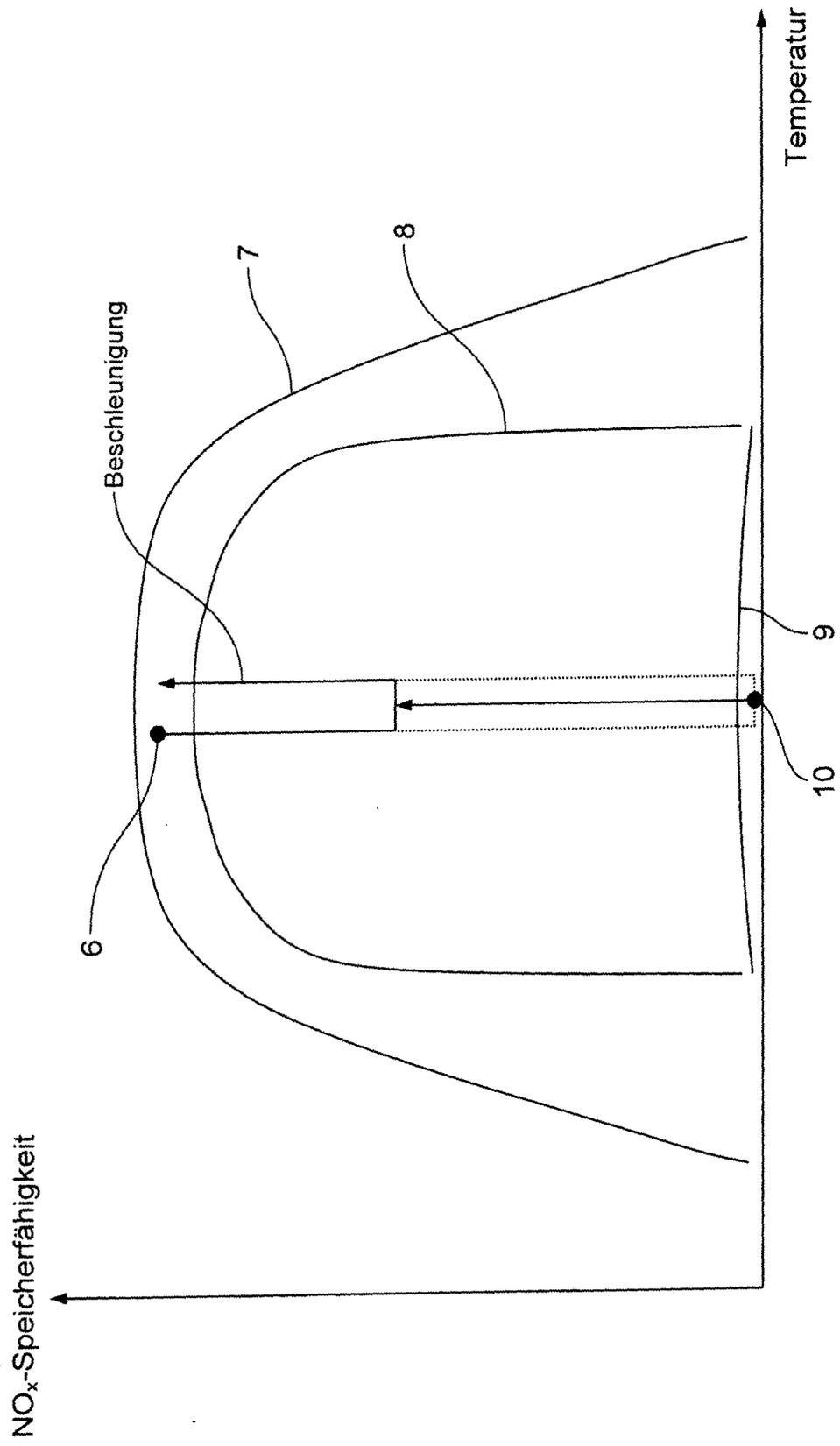


FIG. 2