



(11) **EP 1 563 178 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
08.09.2010 Patentblatt 2010/36

(51) Int Cl.:
F02D 41/30 ^(2006.01) **F02D 41/02** ^(2006.01)
F01N 3/08 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **03775271.4**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2003/012112

(22) Anmeldetag: **31.10.2003**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2004/046529 (03.06.2004 Gazette 2004/23)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE EINES FAHRZEUGS,
INSBESONDERE EINES KRAFTFAHRZEUGES**

METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF A VEHICLE, IN
PARTICULAR A MOTOR VEHICLE

MODE DE FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE D'UN VEHICULE,
NOTAMMENT D'UN VEHICULE AUTOMOBILE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(72) Erfinder: **ODENDALL, Bodo**
85101 Lenting (DE)

(30) Priorität: **15.11.2002 DE 10253614**

(74) Vertreter: **Krah, Annette et al**
Audi AG
Patentabteilung
85045 Ingolstadt (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
17.08.2005 Patentblatt 2005/33

(73) Patentinhaber: **AUDI AG**
85045 Ingolstadt (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 0 585 900 EP-A- 1 134 392
DE-A- 10 064 279 DE-C- 19 753 718

EP 1 563 178 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch 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 eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] In der heutigen Fahrzeugtechnik werden Otto-Motoren als Brennkraftmaschinen mit einer Benzin-Direkteinspritzung anstatt einer konventionellen Saugrohrinspritzung bevorzugt, da derartige Brennkraftmaschinen gegenüber den herkömmlichen Otto-Motoren 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 sogenannte 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 derartigen hohen Luftüberschuss, wie er bei der Benzin-Direkteinspritzung vorliegt, nicht mehr zündfähig sind, wird bei diesem Schichtlademodus das Kraftstoff-Gemisch um die zentral im Brennraum positionierte Zündkerze konzentriert, während sich in den Randbereichen des Brennraums reine Luft befindet. Um das Kraftstoff-Gemisch um die zentrale im Brennraum positionierte Zündkerze herum zentrieren zu können, ist eine gezielte Luftströmung im Brennraum erforderlich, eine sogenannte Tumbleströmung. Dazu wird im Brennraum eine intensive, walzenförmige Strömung ausgebildet und der Kraftstoff erst im letzten Drittel der Kolbenaufwärtsbewegung eingespritzt. Durch die Kombination von spezieller Luftströmung und gezielter Geometrie des Kolbens, der z. B. über eine ausgeprägte Kraftstoff-Strömungsmulde verfügt, wird der besonders fein zerstäubte Kraftstoff in einem sogenannten "Gemischballen" optimal um die Zündkerze konzentriert und sicher entflammt. Für die jeweils optimale Anpassung der Einspritzparameter (Einspritzzeitpunkt, Kraftstoffdruck) sorgt die Motorsteuerung bzw. das Motorsteuergerät.

[0003] Derartige Brennkraftmaschinen können daher 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 einer erheblich größeren Stickoxidmenge im Abgas mit sich, so dass die Stickoxide (NO_x) im mageren Abgas mit einem Drei-Wege-Katalysator nicht mehr vollständig reduziert werden können. Um die Stickoxid-Emissionen im Rahmen vorgeschriebener Grenzen, z. B. des Euro-IV-Grenzwertes zu halten, werden in Verbindung mit derartigen Brennkraftmaschinen zusätzlich Stickoxid-Speicherkatalysatoren eingesetzt. Diese Stickoxid-Speicherkatalysatoren werden so betrieben, dass darin die von der Brennkraftmaschine erzeugten großen Mengen an Stickoxiden eingespeichert werden. Mit zunehmender gespeicherter Stickoxidmenge wird ein Sättigungszustand im Stickoxid-Speicherkatalysator erreicht, so dass

der Stickoxid-Speicherkatalysator entladen werden muss. Dazu wird für eine sogenannte Entladephase kurzfristig mittels der Motorsteuerung bzw. dem Motorsteuergerät auf einen unterstöchiometrischen, fetten Motorbetrieb umgeschaltet, bei dem die Brennkraftmaschine mit einem fetten, einen Luftmangel aufweisenden Gemisch betrieben wird. Zu Beginn dieser Entladephase wird regelmäßig ein Sauerstoffspeicher des Stickoxid-Speicherkatalysators entleert, wodurch der für den Ausspeichervorgang erforderliche Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird. Bei diesem Ausspeichervorgang wird das eingespeicherte Stickoxid insbesondere durch die bei diesen fetten Betriebsbedingungen zahlreich vorhandenen Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxide (CO) zu Stickstoff (N_2) reduziert, das dann in die Umgebung abgegeben werden kann. Es ist bereits allgemein bekannt, eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs in einem ersten Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich zu betreiben, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einem Sauerstoffüberschuss aufweisenden mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden, wobei zum Entladen des Stickoxid-Speicherkatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschaltet wird, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftmangel aufweisenden fetten Gemisch betrieben wird und in dem die während des Magerbetriebsbereiches in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeicherten Stickoxide aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgespeichert werden. Ferner ist ein zweiter Betriebsbereich als homogener Betriebsbereich vorgesehen, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im Wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ($\text{Lambda} = 1$) betrieben wird, wobei das Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich von dem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer vorgebbaren Umschaltbedingung vorgenommen wird und wobei vom Motorsteuergerät vor dem Umschalten vom Magerbetriebsbereich auf den homogenen Betriebsbereich zuerst für eine Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators in den fetten Betriebsbereich geschaltet wird. Konkret ist der Magerbetriebsbereich hier z. B. ein geschichteter Magerbetriebsbereich, bei dem der Lambda-Wert ungefähr 1,4 beträgt. Insbesondere in Verbindung mit einer dynamischen Fahrweise, wie dies z. B. im Stadtverkehr der Fall ist, wird vom Motorsteuergerät aufgrund der betriebsbedingten erhöhten Last- und/oder Drehzahlanforderung regelmäßig in den homogenen Betriebsbereich umgeschaltet, in dem die Brennkraftmaschine im Wesentlichen mit einem stöchiometrischen homogenen Gemisch von $\text{Lambda} = 1$ betrieben wird. Vom Motorsteuergerät wird dabei vor dem Umschalten in den homogenen Betriebsbereich zuerst in den fetten Betriebsbereich geschaltet, um eine Entladung des Stick-

oxid-Speicherkatalysators vorzunehmen. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei dieser Betriebsweise trotz eines zeitweisen Magerbetriebs das eigentlich vorhandene theoretische Magerbetrieb-Kraftstoffeinsparpotential nicht voll ausgeschöpft wird. Ein weiteres Problem hierbei ist, dass bei einer sehr dynamischen Fahrweise der Magerbetriebsbereich durch den erhöhten Momentenwunsch unter Umständen des Öfteren verlassen werden muss, wodurch sich dann jedes Mal der Zwang für eine Stickoxid-Speicherkatalysatorentladung, d. h. eine Fettbetriebsphase, ergibt. Auch dies führt zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch.

[0004] Eine ähnliche Verfahrensführung ist aus der gattungsgemäßen DE 100 64 279 A1 bekannt, bei dem in Abhängigkeit von der Verschlechterung einer Abgaszusammensetzung zwischen dem Mager-, Fett- und Homogenbetrieb umgeschaltet wird. Die Umschaltentscheidung wird hier in Abhängigkeit von der Verschlechterung der Speicherefähigkeit des als NO_x -Absorptionsmittel bezeichneten Stickoxid-Speicherkatalysators getroffen. Insbesondere soll hier bei einer festgestellten Verschlechterung des Wirkungsgrades des Stickoxid-Speicherkatalysators der als Sauerstoffüberschuss-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Betrieb bezeichnete Magerbetrieb gesperrt werden.

[0005] Aus der EP 1 134 392 A2 ist ein Steuerverfahren und -vorrichtung für die Regeneration eines NO_x -Speichers einer Brennkraftmaschine mit Magermischverbrennung bekannt. In der EP 0 585 900 A1 ist eine Vorrichtung zur Entgiftung von Auspuffgasen eines Motors beschrieben. Die Abgas-Reinigungs-Vorrichtung umfasst dabei ein NO_x -Absorbens, ein Bestimmungsmittel für einen Motor-Betriebsbereich und ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Steuerungsmittel zur Steuerung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Luft-Kraftstoff-Gemisches.

[0006] Aus der DE 197 53 718 C1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Dieselmotors bekannt, die eine Motorregelung umfasst, die in Abhängigkeit von Kennfeldern den Betrieb des Dieselmotors regelt und eine Fett/Mager-Regelung des Dieselmotors ermöglicht. Die Motorregelung umfasst einen Rechner, der in Abhängigkeit von vorbestimmten Umschaltkriterien ein Umschalten auf Fett- oder Magerbetrieb des Dieselmotors bewirkt. Ferner ist eine mit dem Rechner kommunizierende Sensorik, die für Umschaltkriterien notwendige Parameter überwacht, und ein mit dem Rechner kommunizierender Speicher vorgesehen, in dem die Kennfelder für den Betrieb des Dieselmotors gespeichert sind. Der Rechner bewirkt ein Umschalten von Mager- auf Fettbetrieb, wenn die Einhaltung einer Regenerationstemperatur eines von den Abgasen des Dieselmotors durchströmten Speicherkatalysatorelementes und das Vorliegen eines vorbestimmten Beladungszustandes des von den Abgasen des Dieselmotors durchströmten Speicher-Katalysatorelementes als Umschaltkriterien erfüllt sind. Des Weiteren bewirkt der Rechner ein Zurückschalten von Fett- auf Magerbetrieb, wenn eines der Umschaltkriterien für ein Umschalten von Mager- auf Fettbetrieb nicht vorliegt

oder eine Regenerationszeit abgelaufen ist, die von dem jeweiligen Beladungszustand des von den Abgasen des Dieselmotors durchströmten Speicherkatalysatorelementes zu Beginn der Fettbetriebsphase abhängt, oder ein vorbestimmter Reduktionsmittelgehalt in den Abgasen nach dem Speicherkatalysatorelement vorliegt oder eine Abgastemperatur unterhalb eines vorbestimmten Schwellwertes liegt.

[0007] Weiter sind in der Dissertation von Andreas Hertzberg (Stuttgart 2001) mit dem Titel "Betriebsstrategien für einen Ottomotor mit Direkteinspritzung und einem NO_x -Speicher-Katalysator" in Kapitel 6, insbesondere unter Punkt 6.4.2, Versuche zum Betreiben einer Brennkraftmaschine im Magerbetrieb beschrieben und ausgewertet. Abgestellt wurde hierbei insbesondere auf den Verbrauchsunterschied unterschiedlicher Testfahrzyklen in Abhängigkeit von Drehmoment-Schwellwerten.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein alternatives Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, zur Verfügung zu stellen, mit dem auf einfache Weise eine hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierte Betriebsweise der Brennkraftmaschine, insbesondere durch optimierten Magerbetrieb, möglich wird.

[0009] Diese Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0010] Gemäß Anspruch 1 sperrt das Motorsteuergerät das Umschalten in den Magerbetriebsbereich, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren, sich über mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertzeitraum gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertzeitraum. Weiter gibt das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich frei, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem Auswertzeitraum kleiner ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertzeitraum. Dabei wird die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertzeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes als Funktion einer über den Auswertzeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge in den in den Auswertzeitraum fallenden Magerbetriebsphasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichsphasen und als Funktion einer über den Auswertzeitraum gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereichs bedingenden Momentenanforderungen ermittelt. Weiter wird die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertzeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt.

[0011] Vorteilhaft kann bei einem derartigen Betrieb einer Brennkraftmaschine das Fahrverhalten des Fahrers "gelernt" werden und somit eine Vorhersage bezüg-

lich des wahrscheinlichen zukünftigen Fahrverhaltens gemacht werden. D. h., dass bei dieser Betriebsweise das Fahrverhalten in der Vergangenheit über einen sinnvollen Auswertezeitraum ausgewertet wird und aufgrund dieser Auswertung die Vorhersage für die Zukunft, d. h. für die voraussichtliche Magerbetriebszeit errechnet werden kann. Im Unterschied zu einer rein stationären Betrachtungsweise wird somit bei einer derartigen auf den Auswertezeitraum im Mittel bezogenen Betrachtungsweise hier ggfs. selbst dann nicht der Magerbetriebsbereich freigegeben, wenn sich dies gemäß einer rein stationären Betrachtung zu einem bestimmten Zeitpunkt ergeben würde, da durch die Betrachtung und Abstimmung auf ein sinnvolles Zeitfenster hier jetzt erfindungsgemäß über die gemittelten Werte das Fahrverhalten insgesamt berücksichtigt wird und nicht ein aktueller stationärer Betriebspunkt.

[0012] Dadurch ist insgesamt eine besonders optimierte Betriebsweise, insbesondere im Hinblick auf die Kraftstoffeinsparung durch Magerbetrieb möglich.

[0013] Dadurch wird das Magerbetrieb-Kraftstoffeinsparpotential voll ausgeschöpft, da nur dann in den Magerbetriebsbereich umgeschaltet wird, wenn dies aufgrund des Fahrverhaltens des Fahrers sinnvoll ist, d. h. eine Kraftstoffeinsparung mit sich bringen kann. Sobald das Motorsteuergerät erkennt, dass dies nicht der Fall ist, wird der homogene Betriebsbereich gewählt. Besonders vorteilhaft beträgt der Auswertezeitraum wenigstens in etwa 100 Sekunden.

[0014] Gemäß einer besonders bevorzugten Verfahrensführung nach Anspruch 2 ist vorgesehen, dass sich die durch die Fettbetriebsphasen bedingte Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum errechnet als Summe einer für die Entladung des Sauerstoffspeichers benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung des Stickoxidspeichers benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung des Stickoxidspeichers benötigten zweiten Kraftstoffmenge. Die erste Kraftstoffmenge, d. h. die Kraftstoffmenge zum Entladen des Sauerstoffspeichers, ist dabei pro Magerbetriebsphase in etwa konstant, während die zweite Kraftstoffmenge hauptsächlich eine Funktion der Stickoxid-Rohemissionen während der Magerzeit ist, so dass die zweite Kraftstoffmenge über den Auswertezeitraum gemittelt wird, wodurch die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion des über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes auf einfache Weise ermittelt werden kann. Da ein Magerbetrieb mit einem Sauerstoffüberschuss gefahren wird, ist der Sauerstoffspeicher des Stickoxid-Speicherkatalysators sehr schnell vollständig beladen, so dass die Sauerstoffbeladung der Stickoxid-Speicherkatalysatoren über der Magerphase stets als in etwa konstant anzusehen ist. Die Stickoxidbeladung des Stickoxid-Speicherkatalysators ist dagegen hauptsächlich eine Funktion der Magerzeit und ggfs. auch noch des Stickoxid-Rohmassenstroms. Beispielsweise ist für die Regeneration von 1 g Sauerstoff eine

[0015] Kraftstoffmenge von ca. 0,23 g nötig, während für die Regeneration von 1 g Stickstoffdioxid ca. 0,15 g Kraftstoff erforderlich sind.

[0016] Nach Anspruch 3 ist vorgesehen, dass aus dem Quotienten einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes eine erste Magerzeit berechnet wird. Die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen als zweite Magerzeit wird mit der ersten Magerzeit verglichen, wobei das Minimum bzw. die kleinere der beiden Magerzeiten anschließend mit der gemittelten Kraftstoffeinsparmenge im Auswertezeitraum multipliziert wird. Dadurch lässt sich auf besonders einfache Weise die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum ermitteln. Mit einer derartigen Verfahrensführung ist eine besonders einfache und zuverlässige Prädiktion der Fahrdynamik und damit auch eine Aussage über das zukünftige Fahrverhalten möglich, so dass ein optimierter Betrieb der Brennkraftmaschine insbesondere eine Optimierung der Magerbetriebsphasen möglich wird.

[0017] Besonders bevorzugt kann dabei nach Anspruch 4 die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicherkatalysators als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung ermittelt werden.

[0018] Konkret kann nach Anspruch 5 vorgesehen sein, dass der Stickoxid-Massenstrom vor dem Stickoxid-Speicherkatalysator und/oder der Stickoxid-Massenstrom nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator jeweils über eine gleiche Zeitdauer aufintegriert werden, wobei zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase und damit vom Magerbetriebsbereich auf den fetten Betriebsbereich wenigstens aus dem Integralwert des Stickoxid-Massenstroms vor- und/oder nach dem Speicherkatalysator und/oder dem Umschaltzeitpunkt jeweils beim Erfüllen einer vorgebbaren Entlade-Umschaltbedingung in einer ersten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators ein Umschalt-Betriebspunkt als Funktion einer momentanen Betriebstemperatur zum Umschaltzeitpunkt ermittelt wird. Anschließend wird der jeweilige Umschalt-Betriebspunkt in einer zweiten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators mit einem über ein Temperaturfenster verlaufenden, vorgebbaren, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierten Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld, das durch eine Vielzahl von einzelnen Betriebspunkten für einen neuen und einen gealterten Speicherkatalysator gebildet ist, verglichen. Dabei stellt ein innerhalb des Speicherkatalysator-Kapazitätsfeldes liegender Umschalt-Betriebspunkt keine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit dar, sondern die Änderung gegenüber dem vorherigen Betriebspunkt als Maß für die Speicherkatalysator-Alterung. Ein das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld verlassender Um-

schaltbetriebspunkt stellt dagegen eine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit dar. Mit einer derartigen Verfahrensweise kann somit auf besonders einfache Weise eine aktuelle Erfassung des Wertes der Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators betriebspunktabhängig unter Berücksichtigung des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung des Stickoxid-Speicherkatalysators ermittelt werden.

[0019] Besonders bevorzugt ist hierbei nach Anspruch 6 vorgesehen, dass zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase ein relativer Stickoxid-Schlupf als Differenz zwischen dem in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingeströmten Stickoxid-Massenstrom und dem aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgeströmten Stickoxid-Massenstrom jeweils bezogen auf die Einspeicherzeit ermittelt wird dergestalt, dass der Quotient der Integralwerte des Stickoxid-Massenstroms vor und nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator zudem in eine Relativbeziehung mit einem vorgebbaren, von einem Abgasgrenzwert abgeleiteten Stickoxid-Konvertierungsgrad gebracht wird, so dass beim Vorliegen dieser vorgebbaren Umschaltbedingung das Umschalten von der Einspeicherphase auf die Entladephase zum hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Einspeicherpotential optimierten Umschaltzeitpunkt durchgeführt wird.

[0020] Nach Anspruch 7 kann weiter vorgesehen sein, dass das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld bezogen auf das Temperaturfenster einerseits durch eine Grenzlinie für einen neuen Speicherkatalysator und andererseits durch eine Grenzlinie für einen Grenzalterungszustand darstellenden gealterten Speicherkatalysator begrenzt ist. Dabei umfasst das Temperaturfenster vorzugsweise Temperaturwerte zwischen in etwa 200° C und in etwa 450 °C.

[0021] Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0022] Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm der Kraftstoffeinsparmenge im Mager- betrieb über der Zeit, und

Fig. 2 ein schematisches Diagramm der Verbindlichkeiten der Kraftstoff- mehrverbrauchsmenge über der Zeit.

[0023] In der Fig. 1 ist die Kraftstoffeinsparmenge im Magerbetriebsbereich über der Zeit dargestellt, wobei die Kurve 1 den zeitlichen Verlauf der Kraftstoffeinsparung während einer maximal zu realisierenden Magerzeit zeigt. Kurve 2 stellt das Integral der Kraftstoffeinsparmenge während dieser maximal zu realisierenden Magerzeit dar. Kurve 3 dagegen stellt die gemittelte, auf die Zeit bezogene Kraftstoffeinsparmenge während dieser maximal zu realisierenden Magerzeit dar.

[0024] Zur Ermittlung der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge ist diese mittlere Kraftstoffeinsparmenge

entsprechend der Kurve 3 mit der maximal zu realisierenden Magerzeit zu multiplizieren. Zur Bestimmung der maximal zu realisierenden Magerzeit kann zuerst die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt werden. Diese gemittelte Zeit ist bezogen auf den Auswertezeitraum, d.h. dass verschiedene überschreitende Momentenanforderungen von ihrer Zeitspanne her verglichen werden und so der gemittelte Zeitwert zur Verfügung gestellt wird. Diese gemittelte Zeit zwischen zwei einem vorgebbaren last- und/oder drehzahlgrenzwertüberschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen stellt eine sog. zweite Magerzeit dar. Als erste Magerzeit wird der Quotient einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeit der Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwert ermittelt. Die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeit der Stickoxid-Speicherkatalysators wird dabei als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung ermittelt. Der gemittelte Stickoxid-Rohmassenstromwert wird dabei für den Auswertezeitraum ebenfalls vom Motorsteuergerät ermittelt. Anschließend wird dann diese erste Magerzeit mit der zweiten Magerzeit verglichen, wobei die kleinere der beiden Magerzeiten, d.h. das Minimum dieser beiden Magerzeiten hergenommen wird, um mit der gemittelten Kraftstoffeinsparmenge im Auswertezeitraum multipliziert zu werden.

[0025] Zur Ermittlung der Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge wird die Summe für die der Magerphase folgenden Fettphasen der für die Entladung des Sauerstoffspeichers der Stickoxid-Speicherkatalysators benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung der Stickoxidspeichers der Stickoxid-Speicherkatalysators benötigten zweiten Kraftstoffmenge gebildet. Dieser Zusammenhang ist in Fig. 2 dargestellt. Aus dieser Fig. 2 ist ersichtlich, dass die Kraftstoffmenge zur Entladung des Sauerstoffspeichers in etwa konstant ist (Kurve 5), während die zweite Kraftstoffmenge zur Entladung des Stickoxidspeichers (Kurve 4) eine Funktion der Magerzeit ist, da der Sauerstoffspeicher unmittelbar nach Beginn einer Magerbetriebsphase bereits in etwa vollständig beladen ist, während die Stickoxide träger sind und daher eine längere Zeit zur Anlagerung benötigen. Dies bedeutet, dass in Abhängigkeit von der jeweiligen Magerbetriebsphasenzeit mehr oder weniger Stickoxide während dieser Magerphase in den Stickoxidspeicher eingespeichert werden können. Kurve 6 ist die Summe der Kraftstoffmengen der Kurven 4 und 5. Wird auch hier wieder über die Zeit, d.h. über einen Auswertezeitraum gemittelt, dann ergibt sich eine zeitbezogene Stickoxid-Speicherkatalysatorbeladung mit Stickoxiden, so dass bei einer gleichzeitigen Berücksichtigung der Magerzeit nach der folgenden Formel die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge berechnet werden kann:

[0026] Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge (g) = Sauer-

stoffspeichermenge (g) x erste prozentuale Kraftstoffmenge + auf die Zeit bezogene gemittelte NO_x-Speichermenge (g/s) x Magerzeit (s) x zweite prozentuale Kraftstoffmenge

[0027] Die hier vorgesehene Magerzeit ergibt sich aus der Summe der einzelnen Magerbetriebszeiten im Auswertezeitraum.

[0028] Ein auf den Auswertezeitraum bezogener Vergleich der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge mit der Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge, d.h. ein Vergleich der Kurve 2 in Fig. 1 und der Kurve 6 in Fig. 2 ermöglicht somit eine Betriebsweise dergestalt, dass das Motorsteuergerät ein Umschalten in den Magerbetriebsbereich sperrt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem betrachteten Auswertezeitraum, der vorzugsweise in etwa 100 Sekunden beträgt, gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch den Magerbetrieb in diesen Auswertezeitraum. Ist dagegen die Kraftstoffmehrverbrauchsmenge für die Entladungen kleiner als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum, so gibt das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich frei.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit einem ersten Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einen Sauerstoffüberschuss aufweisenden mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden, wobei zum Entladen des Stickoxid-Speicherkatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschaltet wird, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftmangel aufweisenden fetten Gemisch betrieben wird und in dem die während des Magerbetriebsbereiches in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeicherten Stickoxide aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgespeichert werden, und mit einem zweiten Betriebsbereich als homogenen Betriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im Wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ($\Lambda = 1$) betrieben wird, wobei das Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich von dem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer vorgebbaren Umschaltbedingung vorgenommen wird und wobei vom Motorsteuergerät vor dem Umschalten vom Magerbe-

triebsbereich auf den homogenen Betriebsbereich zuerst für eine Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators in den fetten Betriebsbereich geschaltet wird und wobei das Motorsteuergerät das Umschalten in den Magerbetriebsbereich in Abhängigkeit von einem vorgebbaren Sperrkriterium sperrt,

dadurch gekennzeichnet,

dass das Motorsteuergerät das Umschalten in den Magerbetriebsbereich sperrt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren, sich über mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertezeitraum gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum,

dass das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich freigibt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem Auswertezeitraum kleiner ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum,

dass die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes, als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge in den in den Auswertezeitraum fallenden Magerbetriebsphasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichsphasen in diesem Auswertezeitraum und als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt wird, und

dass die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,**

dass sich die durch die Fettbetriebsphasen bedingte Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum errechnet als Summe einer für die Entladung des Sauerstoffspeichers benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung des Stickoxidspeichers benötigten zweiten Kraftstoffmenge,

dass die erste Kraftstoffmenge pro Magerbetriebsphase in etwa konstant ist, und

dass die zweite Kraftstoffmenge wenigstens eine Funktion der Stickoxid-Rohemission während der Magerzeit ist dergestalt, dass die zweite Kraftstoffmenge über den Auswertezeitraum gemittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,**

dass aus dem Quotienten einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwert eine erste Magerzeit berechnet wird,

dass die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen als zweite Magerzeit mit der ersten Magerzeit verglichen wird dergestalt, dass die kleinere der beiden Magerzeiten anschließend mit der über den Auswertzeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge multipliziert wird zur Ermittlung der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge in dem Auswertzeitraum.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicherkatalysators als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung ermittelt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der aktuell erfasste Wert über die Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators betriebspunktabhängig unter Berücksichtigung des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung des Stickoxid-Speicherkatalysators ermittelt wird dergestalt, dass der Stickoxid-Massenstrom vor dem Stickoxid-Speicherkatalysator und/oder der Stickoxid-Massenstrom nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator jeweils über eine gleiche Zeitdauer aufintegriert werden, dass zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase und damit vom Magerbetriebsbereich auf den fetten Betriebsbereich wenigstens aus dem Integralwert des Stickoxid-Massenstroms vor und/oder nach dem Speicherkatalysator und/oder dem Umschaltzeitpunkt jeweils beim Erfüllen einer vorgebbaren Entlade-Umschaltbedingung in einer ersten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators ein Umschalt-Betriebspunkt als Funktion einer momentanen Betriebstemperatur zum Umschaltzeitpunkt ermittelt wird, und dass der jeweilige Umschalt-Betriebspunkt in einer zweiten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators mit einem über ein Temperaturfenster verlaufenden, vorgebbaren, hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierten Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld, das durch eine Vielzahl von einzelnen Betriebspunkten für einen neuen und einen gealterten Speicherkatalysator gebildet ist, verglichen wird dergestalt, dass ein innerhalb des Speicherkatalysator-Kapazitätsfeldes liegender Umschalt-Betriebspunkt keine

Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit darstellt, sondern die Änderung gegenüber dem vorherigen Betriebspunkt als Maß für die Speicherkatalysator-Alterung darstellt, und dass ein das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld verlassender Umschalt-Betriebspunkt eine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit darstellt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase ein relativer Stickoxid-Schlupf als Differenz zwischen dem in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingeströmten Stickoxid-Massenstrom und dem aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgeströmten Stickoxid-Massenstrom jeweils bezogen auf die Einspeicherzeit ermittelt wird dergestalt, dass der Quotient der Integralwerte des Stickoxid-Massenstroms vor und nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator zudem in eine Relativbeziehung mit einem vorgebbaren, von einem Abgasgrenzwert abgeleiteten Stickoxid-Konvertierungsgrad gebracht wird, so dass beim Vorliegen dieser vorgegebenen Umschaltbedingung das Umschalten von der Einspeicherphase auf die Entladephase zum hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Einspeicherpotential optimierten Umschaltzeitpunkt durchgeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld bezogen auf das Temperaturfenster einerseits durch eine Grenzlinie für einen neuen Speicherkatalysator und andererseits durch eine Grenzlinie für einen gealterten Speicherkatalysator begrenzt ist, wobei das Temperaturfenster Temperaturwerte zwischen in etwa 200°C und in etwa 450°C umfasst.

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine of a vehicle, in particular a motor vehicle, having a first operating range as the lean operating range in which the internal combustion engine is operated with a lean mixture having an excess of air and therefore an excess of oxygen and in which the nitrogen oxides generated by the internal combustion engine are stored in a nitrogen oxide storage-type catalytic converter, wherein, in order to discharge the nitrogen oxide storage-type catalytic converter, switching over is performed by means of an engine control unit from the lean operating range to a rich operating range in which the internal combustion engine is operated with a rich mixture having a deficit of air, and in which the nitrogen oxides which are stored in the nitrogen oxide storage-type catalytic converter dur-

ing the lean operating range are removed from the nitrogen oxide storage-type catalytic converter, and having a second operating range as a homogeneous operating range in which the internal combustion engine is operated with an essentially stoichiometric homogeneous mixture ($\lambda = 1$), wherein the switching over between the lean operating range and the homogeneous operating range is performed by the engine control unit as a function of an operation-conditioned load request and/or rotational speed request when a predefinable switch-over condition is met, and wherein, before the switching over from the lean operating range to the homogeneous operating range, the engine control unit firstly switches into the rich operating range in order to discharge the nitrogen oxide storage-type catalytic converter, and wherein the engine control unit blocks the switching over into the lean operating range as a function of a predefinable blocking criterion,

characterized

in that the engine control unit blocks the switching over into the lean operating range if the additional quantity of fuel consumed for the discharges in a specific, predefinable evaluation time period which extends over a plurality of lean operating range phases is equal to or greater than the smaller quantity of fuel consumed by the lean operating mode in this evaluation time period,

in that the engine control unit releases a lean operating mode and therefore switching over between the lean operating range and the homogeneous operating range if the additional quantity of fuel consumed for the discharges in the evaluation time period is smaller than the smaller quantity of fuel consumed by the lean operating mode in this evaluation time period,

in that the smaller quantity of fuel consumed is determined as a function of a nitrogen oxide raw mass flow rate value averaged over the evaluation time period, as a function of a fuel saving quantity averaged over the evaluation time period in the lean operating phases occurring in the evaluation time period compared to the homogeneous operating range phases in this evaluation time period and as a function of a time averaged over the evaluation time period between two torque requests which exceed a predefinable load limiting value and/or rotational speed limiting value and cause the lean operating range to be exited, and

in that the additional quantity of fuel consumed is determined as a function of a storage-type catalytic converter charge state which is averaged over the evaluation time period.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the quantity of additional fuel consumed which is conditioned by the rich operating phases in the evaluation time period is calculated as a sum of a first

quantity of fuel which is required for the discharging of the oxygen accumulator, and a second quantity of fuel which is required for the discharging of the nitrogen oxide accumulator,

in that the first quantity of fuel is approximately constant in each lean operating phase, and

in that the second quantity of fuel is at least a function of the nitrogen oxide raw emission during the lean time such that the second quantity of fuel is averaged over the evaluation time period.

3. Method according to Claim 1 or Claim 2, **characterized**

in that a first lean time is calculated from the quotient of a current nitrogen oxide storage capacity of the nitrogen oxide storage-type catalytic converter and the averaged nitrogen oxide raw mass flow rate value,

in that the averaged time between two torque requests which exceed a predefinable load limiting value and/or rotational speed limiting value and cause the lean operating range to be exited is compared, as a second lean time, with the first lean time in such a way that the shorter of the two lean times is subsequently multiplied by the fuel saving quantity averaged over the evaluation time period, in order to determine the smaller quantity of fuel consumed in the evaluation time period.

4. Method according to Claim 3, **characterized in that** the current nitrogen oxide storage capacity of the nitrogen oxide storage-type catalytic converter is determined as a function of the temperature and/or the degree of ageing and/or the sulphation.

5. Method according to Claim 3 or 4, **characterized in that** the currently recorded value is determined by means of the nitrogen oxide storage capacity of the nitrogen oxide storage-type catalytic converter as a function of the operating point and taking into account the degree of ageing and/or the sulphation of the storage-type catalytic converter in such a way that the nitrogen oxide mass flow rate upstream of the nitrogen oxide storage-type catalytic converter and/or the nitrogen oxide mass flow rate downstream of the nitrogen oxide storage-type catalytic converter are respectively integrated over an identical time period,

in that, in order to define the switch-over time from the storage phase to the discharging phase and therefore from the lean operating range to the rich operating range at least from the integral value of the nitrogen oxide mass flow rate upstream and/or downstream of the storage-type catalytic converter and/or the switch-over time, a switch-over operating point is determined as a function of an instantaneous operating temperature at the switch-over time whenever a predefinable discharging switch-over condi-

tion is met in a first stage, in order to determine the degree of ageing of the storage-type catalytic converter, and

in that the respective switch-over operating point is compared, in a second stage for determining the degree of ageing of the storage-type catalytic converter with a predefinable storage-type catalytic converter capacitance field which extends over a temperature window, is optimized in terms of the fuel consumption and is formed by a plurality of individual operating points for a new storage-type catalytic converter and for an aged storage-type catalytic converter,

in that a switch-over operating point which lies within the storage-type catalytic converter capacitance field does not constitute undershooting of the minimum nitrogen oxide storage capacity, but rather represents the change compared to the previous operating point as a measure of the ageing of the storage-type catalytic converter, and

in that a switch-over operating point which exits the storage-type catalytic converter capacitance field constitutes undershooting of the minimum nitrogen oxide storage capacity.

6. Method according to Claim 5, **characterized in that**, in order to define the switch-over time from the storage phase to the discharging phase, a relative nitrogen oxide slip is determined as a difference between the nitrogen oxide mass flow rate which has flowed into the nitrogen oxide storage-type catalytic converter and the nitrogen oxide mass flow rate which has flowed out of the nitrogen oxide storage-type catalytic converter, in each case with respect to the storage time, in such a way that the quotient of the integral values of the nitrogen oxide mass flow rate upstream and downstream of the nitrogen oxide storage-type catalytic converter is additionally placed in a relative relationship with a predefinable nitrogen oxide conversion scale which is derived from an exhaust gas limiting value, with the result that when a predefinable switch-over condition is present, the switching over from the storage phase to the discharging phase is carried out at the switch-over time which is optimized in terms of fuel consumption and storage potential.
7. Method according to Claim 5 or 6, **characterized in that** the storage-type catalytic converter capacitance field is limited with respect to the temperature window by a boundary line for a new storage-type catalytic converter, on the one hand, and by a boundary line for an aged storage-type catalytic converter which represents a boundary ageing state, on the other, wherein the temperature window comprises temperature values between approximately 200°C and approximately 450°C.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un moteur à combustion interne d'un véhicule, notamment d'un véhicule automobile, comprenant une première plage de fonctionnement en tant que plage de fonctionnement pauvre, dans laquelle le moteur à combustion interne fonctionne avec un excès d'air et donc avec un mélange pauvre présentant un excès d'oxygène, et dans laquelle les oxydes d'azote produits par le moteur à combustion interne sont accumulés dans un catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote, la plage de fonctionnement pauvre étant commutée afin de décharger le catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote, au moyen d'un appareil de commande du moteur, à une plage de fonctionnement riche, dans laquelle le moteur à combustion interne fonctionne avec un mélange riche présentant un appauvrissement en air et dans laquelle les oxydes d'azote accumulés dans le catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote dans la plage de fonctionnement pauvre sont purgés du catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote, et comprenant une deuxième plage de fonctionnement en tant que plage de fonctionnement homogène, dans laquelle le moteur à combustion interne fonctionne avec un mélange sensiblement homogène stoechiométrique ($\lambda = 1$), la commutation entre la plage de fonctionnement pauvre et la plage de fonctionnement homogène étant effectuée par l'appareil de commande du moteur en fonction d'une demande de régime et/ou de charge dépendant du fonctionnement, en présence d'une condition de commutation prédéfinissable, et l'appareil de commande du moteur, avant la commutation de la plage de fonctionnement pauvre à la plage de fonctionnement homogène, commutant d'abord dans une plage de fonctionnement riche pour une décharge du catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote, et l'appareil de commande du moteur bloquant la commutation dans la plage de fonctionnement pauvre en fonction d'un critère de blocage prédéfinissable,

caractérisé en ce que

l'appareil de commande du moteur bloque la commutation dans la plage de fonctionnement pauvre si la quantité consommée supplémentaire de carburant pour les décharges dans un intervalle de temps d'analyse prédéfinissable déterminé, s'étendant sur plusieurs phases de fonctionnement pauvre, est supérieure ou égale à la quantité consommée minimale de carburant par le mode de fonctionnement pauvre dans cet intervalle de temps d'analyse,

en ce que l'appareil de commande du moteur autorise un fonctionnement pauvre et donc une commutation entre la plage de fonctionnement pauvre et la plage de fonctionnement homogène, si la quantité consommée supplémentaire de carburant pour les décharges dans l'intervalle de temps d'analyse est

inférieure à la quantité consommée minimale de carburant par le mode de fonctionnement pauvre dans cet intervalle de temps d'analyse,

en ce que la quantité consommée minimale de carburant est déterminée en fonction d'une valeur de débit massique brute d'oxydes d'azote moyennée sur l'intervalle de temps d'analyse, en fonction d'une quantité d'économie de carburant moyennée sur l'intervalle de temps d'analyse dans les phases de fonctionnement pauvre se produisant dans l'intervalle de temps d'analyse par rapport aux phases de la plage de fonctionnement homogène dans cet intervalle de temps d'analyse, et en fonction d'une durée moyennée sur l'intervalle de temps d'analyse entre deux demandes de couple dépassant une valeur limite de charge et/ou de régime prédéfinissable et impliquant une sortie de la plage de fonctionnement pauvre, et **en ce que** la quantité consommée supplémentaire de carburant est déterminée en fonction d'un état de charge du catalyseur à accumulation moyenné sur l'intervalle de temps d'analyse.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**

la quantité consommée supplémentaire de carburant requise par les phases de fonctionnement riche dans l'intervalle de temps d'analyse se calcule en tant que somme d'une première quantité de carburant nécessaire pour la décharge de l'accumulateur d'oxygène et d'une deuxième quantité de carburant nécessaire pour la décharge de l'accumulateur d'oxydes d'azote,

en ce que la première quantité de carburant par phase de fonctionnement pauvre est approximativement constante, et

en ce que la deuxième quantité de carburant est au moins une fonction de l'émission brute d'oxydes d'azote pendant le fonctionnement pauvre, de telle sorte que la deuxième quantité de carburant soit moyennée sur l'intervalle de temps d'analyse.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, **caractérisé en ce que**

l'on calcule un premier temps de fonctionnement pauvre à partir du quotient d'une quantité de capacité d'accumulation des oxydes d'azote du catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote et de la valeur du débit massique brute d'oxydes d'azote,

en ce que le temps moyenné entre deux demandes de couple dépassant une valeur limite de charge et/ou de régime prédéfinissable et impliquant une sortie de la plage de fonctionnement pauvre, en tant que deuxième temps de fonctionnement pauvre, est comparé avec le premier temps de fonctionnement pauvre, de telle sorte que la plus petite des deux valeurs de temps de fonctionnement pauvre soit ensuite multipliée par la quantité d'économie de carburant moyennée sur l'intervalle de temps d'analyse

pour déterminer la quantité consommée minimale de carburant dans l'intervalle de temps d'analyse.

4. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** la quantité actuelle de capacité d'accumulation des oxydes d'azote du catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote est déterminée en fonction de la température et/ou du degré de vieillissement et/ou du degré de sulfuration.

5. Procédé selon la revendication 3 ou la revendication 4, **caractérisé en ce que** la valeur actuellement détectée de la capacité d'accumulation des oxydes d'azote du catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote est déterminée en fonction du point de fonctionnement en tenant compte du degré de vieillissement et/ou du degré de sulfuration du catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote, de telle sorte que le débit massique d'oxydes d'azote avant le catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote et/ou le débit massique d'oxydes d'azote après le catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote soient intégrés à chaque fois sur une même durée,

en ce que pour établir l'instant de commutation de la phase d'accumulation à la phase de décharge, et donc de la plage de fonctionnement pauvre à la plage de fonctionnement riche, on détermine, au moins à partir de la valeur intégrale du débit massique d'oxydes d'azote avant et/ou après le catalyseur à accumulation et/ou à partir de l'instant de commutation à chaque fois en satisfaisant une condition de commutation de décharge prédéfinissable dans une première étape, pour déterminer le degré de vieillissement du catalyseur à accumulation, un point de fonctionnement de commutation en fonction d'une température de fonctionnement momentanée à l'instant de commutation, et

en ce que le point de fonctionnement de commutation respectif, dans une deuxième étape pour déterminer le degré de vieillissement du catalyseur à accumulation, est comparé à un champ de capacité du catalyseur à accumulation prédéfinissable, optimisé en termes de consommation de carburant, s'étendant sur une fenêtre de températures, qui est formé par une pluralité de points de fonctionnement pour un catalyseur à accumulation neuf et pour un catalyseur à accumulation vieux, de telle sorte qu'un point de fonctionnement de commutation se trouvant à l'intérieur du champ de capacité du catalyseur à accumulation ne représente pas un niveau en dessous de la capacité d'accumulation d'oxydes d'azotes minimale, mais représente la variation par rapport au point de fonctionnement antérieur en tant que mesure du vieillissement du catalyseur à accumulation, et

qu'un point de fonctionnement de commutation sortant du champ de capacité du catalyseur à accumulation constitue un niveau inférieur à la capacité d'ac-

cumulation d'oxydes d'azotes minimale.

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** pour établir l'instant de commutation de la phase d'accumulation dans la phase de décharge, on détermine un glissement d'oxydes d'azote relatif en tant que différence entre le débit massique d'oxydes d'azote affluant dans le catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote et le débit massique d'oxydes d'azote sortant du catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote, à chaque fois en fonction de la durée d'accumulation, de telle sorte que le quotient des valeurs intégrales du débit massique d'oxydes d'azote avant et après le catalyseur à accumulation d'oxydes d'azote soit mis en outre en relation avec un degré de conversion des oxydes d'azote prédéfinissable, dérivé d'une valeur limite de gaz d'échappement, de sorte qu'en présence de cette condition de commutation prédéfinie, la commutation de la phase d'accumulation à la phase de décharge soit effectuée à l'instant de commutation optimisée en termes de consommation de carburant et de potentiel d'accumulation.
7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** le champ de capacité du catalyseur à accumulation rapporté à la fenêtre de températures est limité d'une part par une courbe limite pour un nouveau catalyseur à accumulation et d'autre part par une courbe limite pour un catalyseur à accumulation vieilli, représentant un état de vieillissement limite, la fenêtre de températures comprenant des valeurs de températures comprises entre environ 200°C et environ 450°C.

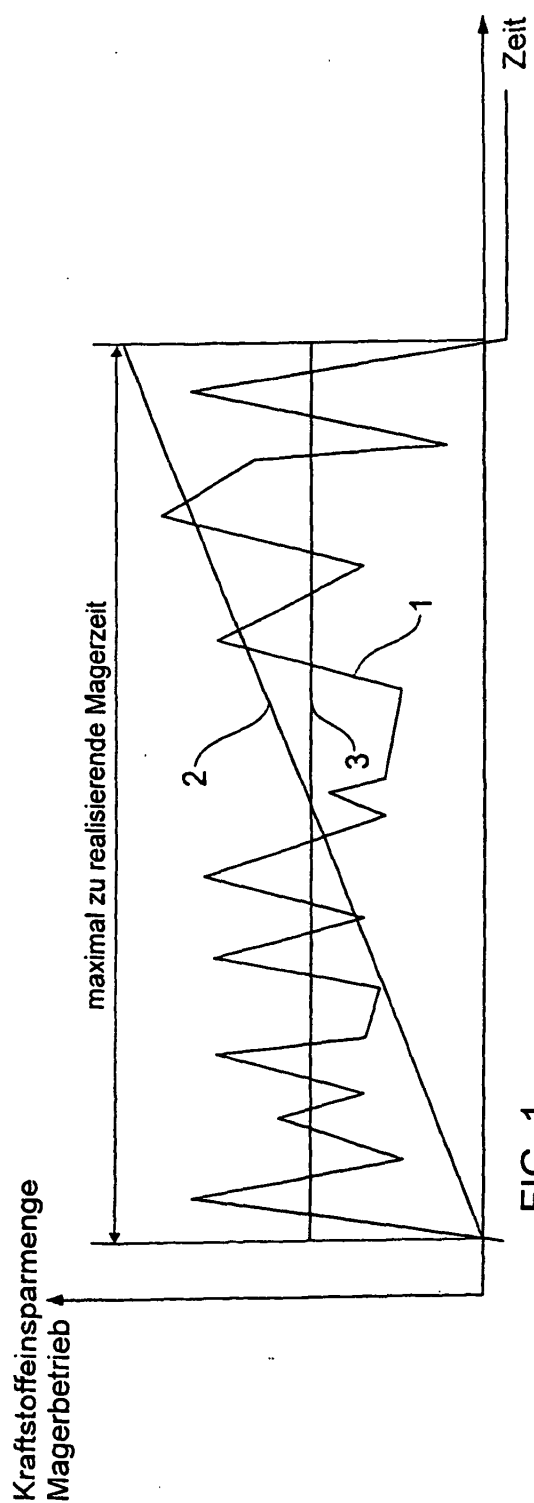


FIG. 1

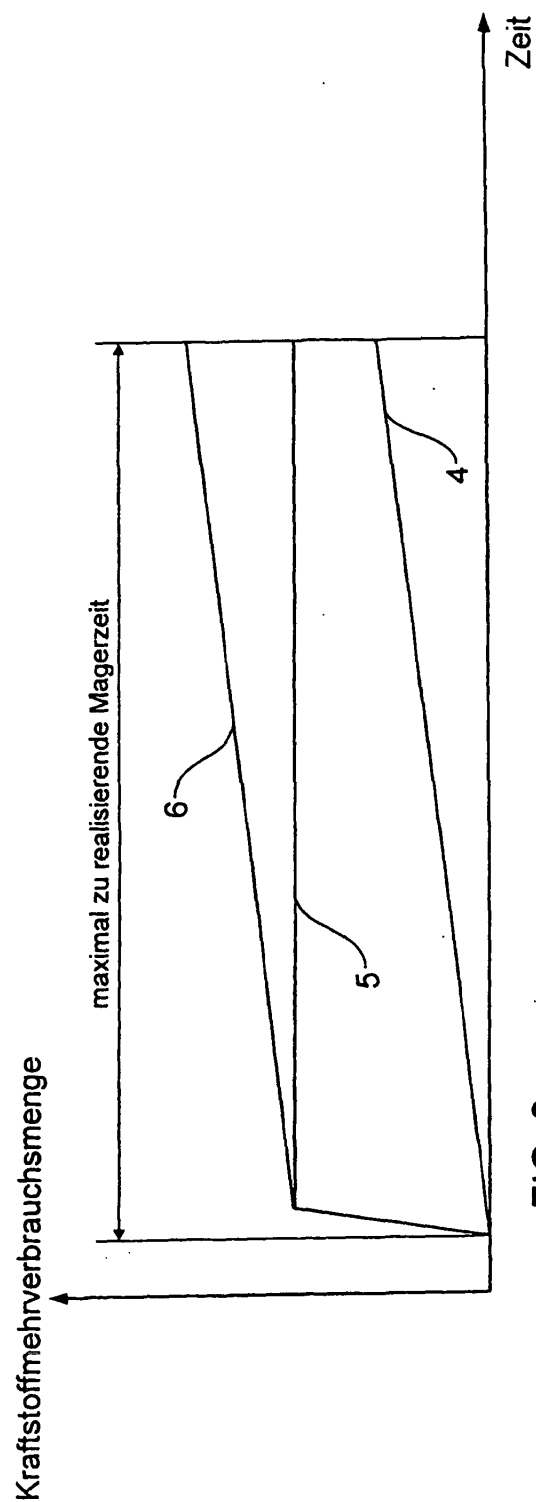


FIG. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10064279 A1 [0004]
- EP 1134392 A2 [0005]
- EP 0585900 A1 [0005]
- DE 19753718 C1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **von Andreas Hertzberg.** Betriebsstrategien für einen Ottomotor mit Direkteinspritzung und einem NOx-Speicher-Katalysator. 2001 [0007]