



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 013 254 A1** 2005.10.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 013 254.5**

(22) Anmeldetag: **22.03.2005**

(43) Offenlegungstag: **27.10.2005**

(51) Int Cl.7: **F02D 41/40**
F02D 41/02

(30) Unionspriorität:
10/812,584 **30.03.2004** **US**

(71) Anmelder:
General Motors Corp., Detroit, Mich., US

(74) Vertreter:
Manitz, Finsterwald & Partner GbR, 80336 München

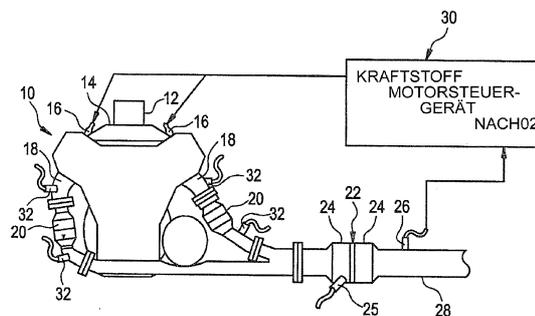
(72) Erfinder:
Naik, Sanjeev M., Troy, Mich., US

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Koordinierte Motorsteuerung zur Lean NOx-Speicher-Regeneration**

(57) Zusammenfassung: Verfahren zur Steuerung eines Direkteinspritz-Benzinmotors während einer Regeneration eines in einem Abgasweg des Motors angeordneten Lean NOx-Speichers, welches das Bestimmen des aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und das Vergleichen des aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis umfasst. Übergänge von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb werden verzögert, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft die Steuerung eines Verbrennungsmotors und betrifft insbesondere ein System und Verfahren zur koordinierten Steuerung eines Direkteinspritz-Benzinmotorbetriebes während Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignissen.

Stand der Technik

[0002] Es ist im Stand der Technik für Verbrennungsmotoren bekannt, dass durch Betreiben eines Motors mit einem niedrigeren als dem stöchiometrischen (mageren) Gemisch aus Kraftstoff und Luft der Wirkungsgrad des Motors verbessert wird. Das bedeutet, dass für einen gegebenen Betrag an von dem Motor geleisteter Arbeit weniger Kraftstoff verbraucht wird, was in einer verbesserten Kraftstoffsparsamkeit resultiert. Es ist ebenfalls gut bekannt, dass eine Reduktion von NOx-Emissionen schwierig zu erreichen ist, wenn der Kraftstoffdurchsatz mager ist, was in einer beinahe universellen Verwendung eines stöchiometrischen Betriebes für die Auslasssteuerung von Kraftfahrzeugmotoren resultiert. Durch Betreiben eines Motors mit einem stöchiometrischen Gemisch aus Kraftstoff und Luft ist die Kraftstoffsparsamkeit gut und NOx-Emissionswerte werden um über 90% reduziert, sobald der Fahrzeugkatalysator Betriebstemperaturen erreicht.

[0003] Jüngste Entwicklungen in Katalysator- und Motorsteuerungstechnologien haben einen Magerbetrieb des Motors erlaubt, was in einer verbesserten Kraftstoffsparsamkeit und akzeptablen Werten von NOx-Emissionen resultiert. Eine solche Entwicklung ist ein NOx-Adsorber (auch als „Lean NOx-Speicher“ oder „LNT“ bezeichnet), der NOx-Emissionen während überstöchiometrischer Betriebe speichert und ein Freisetzen der gespeicherten NOx während unterstöchiometrischer Bedingungen mit einer herkömmlichen Dreiweg-Katalyse zu Stickstoff und Wasser erlaubt. Der Adsorber besitzt eine begrenzte Speicherkapazität und muss mit einem unterstöchiometrischen reduzierenden „Impuls“ regeneriert werden, wenn er sich seiner Kapazität nähert. Es ist wünschenswert, den Wirkungsgrad des Regenerationsereignisses des Adsorbers zu steuern, um eine optimale Emissionsminderung und einen minimalen Kraftstoffverbrauch bereitzustellen. Es ist ferner wünschenswert, den Wirkungsgrad des Regenerationsereignisses des Adsorbers zu steuern, um eine optimale Emissionsminderung und einen minimalen Kraftstoffverbrauch bereitzustellen und gleichzeitig insgesamt jeglichen negativen Einfluss auf das Fahrverhalten zu minimieren oder zu eliminieren. Verschiedene Strategien wurden vorgeschlagen.

[0004] Das US-Patent 6 293 092 von Ament et al. mit dem Titel „NOx adsorber system regeneration

fuel control“ offenbart ein Verfahren zur Steuerung von Regenerationskraftstoff, der einem Verbrennungsmotor zugeführt wird, welcher während aufeinander folgender Fettgemisch-Regenerationsereignisse eines NOx-Adsorbers, in dem durch den Adsorber gesammelte NOx-Emissionen gespült werden, um eine optimale Emissionsminderung und einen minimalen Kraftstoffverbrauch bereitzustellen, mit einem mageren Kraftstoff/Luft-Gemisch betrieben wird. Das Verfahren überwacht die während des Regenerationsereignisses aus dem Adsorber strömenden Abgase, um zu detektieren, wenn das Luft/Kraftstoff-Gemisch zu dem Motor innerhalb eines übermäßig mageren oder fetten Bereiches liegt. Wenn die erfassten Abgase ein übermäßig mageres Luft/Kraftstoff-Gemisch enthalten, wird der Kraftstoff zu dem Motor erhöht. Der Kraftstoff wird reduziert, wenn die erfassten Abgase ein übermäßig fettes Luft/Kraftstoff-Gemisch enthalten. Der Kraftstoff kann durch Einstellen der Dauer oder des Kraftstoffdurchsatzes des Regenerationsereignisses erhöht oder reduziert werden. Das US-Patent Nr. 6 293 092 ist hiermit durch Verweis aufgenommen.

[0005] In der mit Benzin-Direkteinspritzmotoren (spark-ignition direct injection engines = SIDI-Motoren) verwandten Technik ist es bekannt, den Motor in einem Schichtladungsmodus (sehr magerer Betrieb) in einem niedrigeren Bereich von Motorleistung und in einem homogenen Modus (weniger mageren, stöchiometrischen oder unterstöchiometrischen Betrieb) in einem höheren Bereich von Motorleistungsabgabe mit einer Zwischenzone, in der die Zylinder in einer Kombination aus Schichtladungsverbrennung und Verbrennung mit homogener Ladung arbeiten, zu betreiben. In dem Schichtladungsmodus wird der Kraftstoff während des Kolbenkompressionshubs (Einspritzverzögerung) eingespritzt, vorzugsweise in eine Kolbenbrennraummulde, von wo es zu einer Zündkerze für eine Zündung nahe am Ende des Kompressionshubs geleitet wird. Die Brennkammern enthalten geschichtete Lagen verschiedener Luft/Kraftstoff-Gemische. Der Schichtmodus umfasst im Allgemeinen Schichten, die ein stöchiometrisches oder fettes Luft/Kraftstoff-Gemisch näher an der Zündkerze enthalten, wobei tiefere Schichten fortschreitend magerere Luft/Kraftstoff-Gemische enthalten. In dem Modus homogener Ladung wird Kraftstoff direkt in jeden Zylinder während dessen Ansaughubs eingespritzt (frühe Einspritzung) und kann sich mit der in den Zylinder eintretenden Luftladung mischen, um eine homogene Ladung zu bilden, die herkömmlicherweise nahe am Ende des Kompressionshubs gezündet wird. Der homogene Modus umfasst im Allgemeinen ein Luft/Kraftstoff-Gemisch, das stöchiometrisch, überstöchiometrisch oder unterstöchiometrisch ist.

[0006] Typischerweise gibt es einen ersten Bereich von Luft/Kraftstoff-Verhältnissen, in dem eine stabile Verbrennung in dem Schichtladungsmodus erreicht

werden kann, z. B. zwischen 25:1 und 40:1, und einen zweiten Bereich, in dem eine stabile Verbrennung in dem homogenen Modus erreicht werden kann, z. B. zwischen 12:1 und 20:1. Daher besteht typischerweise ein beträchtlicher Zwischenraum zwischen dem magersten Luft/Kraftstoff-Verhältnis des homogenen Modus (in diesem Beispiel 20) und dem fettesten Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Schichtmodus (in diesem Beispiel 25). Dieser Zwischenraum wirft eine Anzahl von Problemen bei der Auswahl eines geeigneten Betriebsmodus und beim Steuern des Motors während Übergängen zwischen Betriebsmodi auf. Zum Beispiel ist eine sorgfältige Steuerung des Motorbetriebes erforderlich, um das benötigte Drehmoment zu liefern, ohne das Fahrverhalten negativ zu beeinflussen, wenn von dem Schicht- zu dem homogenen Modus umgeschaltet wird oder umgekehrt.

[0007] Es ist im Stand der Technik bekannt, die Ventilsteuerzeiten während Modusübergängen zu koordinieren, um Motordrehmomentschwankungen zu verringern. Es wurden auch Verfahren zur Steuerung einzelner Motorvariablen während eines normalen Einzelmodusbetriebes als eine Motorsteuerungsstrategie für eine Lean NOx-Speicher-Regeneration vorgeschlagen. Die Steuerungen einzelner Motorparameter können aber in einem inakzeptabel rauen Betrieb resultieren. Auch eine transiente Steuerung des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts ähnlich wie von anderen Variablen wurde vorgeschlagen. Dies kann jedoch ein aus einer Motorfehlzündung resultierendes Schwingungsverhalten erzeugen.

[0008] Die US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 10/812 466, eingereicht am 30. März 2004, deren Offenbarungsgehalt hiermit in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme hierin aufgenommen ist, beschreibt ein Verfahren zur Steuerung eines Direkteinspritz-Benzinmotors während LNT-Regenerationsereignissen, wodurch das Fahrverhalten durch Anpassen der Kraftstoffzufuhr, um Pumpverlusten durch höhere Drosselung bei homogenem Betrieb Rechnung zu tragen, verbessert wird. Ferner ist die US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 10/812 467, eingereicht am 30. März 2004, welche ebenfalls auf eine Steuerungsstrategie zur Lean NOx-Speicher-Regeneration gerichtet ist, wobei die Anzahl der Regenerationsereignisse, die durchgeführt werden, wenn ein SIDI-Motor mit magerer Verbrennung sonst in einem Schichtmodus läuft, minimiert ist, hiermit in ihrer Gesamtheit durch Bezugnahme hierin aufgenommen. Lean NOx-Speicher-Regenerationen sind jedoch noch immer unter gewissen Schichtmodusbetriebsbedingungen erforderlich, und normalerweise besteht ein Potenzial für ein unerwünschtes schlechteres Fahrverhalten während des Auftretens solcher Regenerationsereignisse.

[0009] Daher bleibt in der Technik ein Bedarf an weiteren Fortschritten in der Steuerung des Motorbetriebes während einer Lean NOx-Speicher-Regeneration. Es bleibt im Stand der Technik ferner ein Bedarf an Verfahren zur Bereitstellung einer umfassenden koordinierten Steuerung des Motorbetriebes während LNT-Regenerationen zugehörigen Modusübergängen, die es ermöglichen, dass eine LNT-Regeneration erfolgt, ohne das Fahrverhalten oder NOx-Emissionen an dem Auspuffrohr negativ zu beeinflussen, insbesondere für Benzin-Direkteinspritzmotoren (SIDI-Motoren) mit gemischtem Modus.

[0010] Die vorliegende Erfindung betrifft alle Direkteinspritz-Benzinmotoren. Die Erfindung ermöglicht es, dass mit Direkteinspritz-Benzinmotoren betriebene Fahrzeuge ein gutes Fahrverhalten aufweisen, während sie strenge Emissionsziele (insbesondere für NOx) erfüllen und die Vorteile der Kraftstoffökonomie solcher Triebwerke minimal beeinflussen. Das Motorsteuerungssystem umfasst drehmomentbasierte Motorsteuerungen, wobei das System auf ein gewünschtes von einem Fahrerbefehl gefolgertes Drehmoment anspricht.

[0011] SIDI-Motoren mit magerer Verbrennung benötigen periodisch eine Regeneration der NOx-Speicher. Üblicherweise gibt es während des Auftretens solch eines Regenerationsereignisses eine zugehörige Folge schlechteren Fahrverhaltens. Die vorliegende Erfindung verbessert das Fahrverhalten durch Koordinieren der Motorsteuerung während solcher Ereignisse, insbesondere im Hinblick auf Überlegungen bezüglich eines Äquivalenzverhältnisses. Die vorliegende Erfindung umfasst ein Verfahren, um das Fahrverhalten weiter zu verbessern, indem Übergänge zu einem homogenen Betrieb aus einem Schichtbetrieb verzögert werden, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis zumindest ein mageres Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht, bei dem ein stabiler Motorbetrieb aufrecht erhalten werden kann.

[0012] Während Regenerationsereignissen geht ein Direkteinspritz-Benzinmotor von einem mageren Schichtbetrieb zu einem fetten homogenen Betrieb über. Gemäß der vorliegenden Erfindung wird beim Einleiten eines Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignisses das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis bestimmt und mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis verglichen. Ein unmittelbarer Übergang von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb wird verhindert, bis das bestimmte Luft/Kraftstoff-Verhältnis das Grenz-Luft /Kraftstoff-Verhältnis erreicht.

[0013] Die Erfindung ist in einem System implementiert, das ein Mittel zum Bestimmen eines aktuellen

Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und Vergleichen des aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis beim Einleiten eines Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignisses umfasst. Ein Mittel zum Verzögern des Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht, ist ebenfalls vorgesehen. Schließlich ist auch ein Mittel zum Einleiten eines Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, wenn das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht, vorgesehen.

[0014] Ein Motorsteuergerät umfasst ein Speichermedium, das ein darin codiertes Computerprogramm aufweist, um eine koordinierte Steuerung eines Motorbetriebes und einer Regeneration eines in einem Abgasweg eines Direkteinspritz-Benzinmotors angeordneten Lean NO_x-Speichers zu bewirken. Das Programm umfasst einen Code zum Ausführen des Verfahrens der Erfindung mit einem Code zum Vergleichen eines aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis beim Einleiten eines Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignisses, einen Code zum Verzögern eines Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht, und einen Code zum Einleiten eines Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, wenn das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht.

[0015] Vorteilhafterweise verhindert die Erfindung durch Verzögern der Umschaltung des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts zu einem frühen Ansaughub bis das Äquivalenzverhältnis (d. h. stöchiometrisches Verhältnis/tatsächliches Luft/Kraftstoff-Verhältnis) eine vordefinierte Grenze (für eine akzeptable Stabilität) erreicht, das Problem inakzeptabel hoher Verbrennungsschwankungen (wie durch hohe COV des IMEP angezeigt).

Ausführungsbeispiel

[0016] Die Erfindung wird im Folgenden beispielhaft anhand der Zeichnungen beschrieben, worin gleiche Elemente gleiche Bezugsziffern aufweisen; in diesen Zeichnungen ist:

[0017] **Fig. 1** ein Blockdiagramm, das allgemein Mittel zum Ausführen der Motorsteuerungsstrategie der Erfindung mit einem SIDI-Motor und einer Motorsteuerungshardware zeigt;

[0018] **Fig. 2** ein Computer-Flussdiagramm, das einen Fluss von Operationen zum Ausführen der Motorsteuerungsstrategie während einer Lean NO_x-Speicher-Regeneration gemäß der Erfindung veranschaulicht;

[0019] **Fig. 3** ein Graph, der Verbrennungsstabilität vs. Luft/Kraftstoff-Verhältnis für homogene und geschichtete Betriebsmodi veranschaulicht;

[0020] **Fig. 4** ein Diagramm, das das Verzögern des Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, bis das bestimmte Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis gemäß der Erfindung erreicht, zeigt;

[0021] **Fig. 5** ein Graph, der ein Lean NO_x-Regenerationsereignis ohne eine koordinierte Motorsteuerung zeigt; und

[0022] **Fig. 6** ein Graph, der ein Lean NO_x-Regenerationsereignis mit einer koordinierten Motorsteuerung gemäß der Erfindung zeigt.

[0023] Wendet man sich nunmehr **Fig. 1** zu, so umfasst ein Blockdiagramm, das eine mögliche Ausführungsform eines Systems zum Ausführen der vorliegenden Erfindung zeigt, einen Direkteinspritz-Benzinmotor **10** mit einem Lufteinlass **12**, um einen Strom von Luft in den Motor **10** durch einen Einlasskrümmer **14** durch Steuerung von Drosselventilen (nicht gezeigt) einzulassen. Elektronisch gesteuerte Kraftstoffeinspritzventile **16** sind in dem Motor **10** angeordnet, um Kraftstoff zu diesem zu dosieren. Die Luft/Kraftstoff-Gemische werden dann in den Motorzylindern (nicht gezeigt) verbrannt.

[0024] Abgase, die in dem Motorzylinder-Verbrennungsvorgang erzeugt werden, strömen aus den Motorzylindern und durch einen oder mehrere Abgaskanal/kanäle **18**. Eine Katalysatorvorrichtung wie z. B. ein Dreiwege-Katalysator **20** ist mit dem Abgaskanal **18** verbunden, um die Abgase zu behandeln oder zu reinigen. Von der Katalysatorvorrichtung **20** durchströmen die Abgase einen Lean NO_x-Speicher (LNT) **22** mit zwei Elementen **24** und optional einen Temperatursensor **25** (der Temperatursensor **25** ist nicht erforderlich, wenn ein Code verwendet wird, um die LNT-Temperatur zu bestimmen). Ein Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Sensor **26** wie z. B. ein Weitbereichssensor nach dem LNT oder ein herkömmlicher O₂-Schaltensensor **32** ist in dem Auspuffrohr **28** angeordnet, um die Konzentration an verfügbarem Sauerstoff in den Abgasen zu überwachen und ein Ausgangsspannungssignal POSTO₂ (NACHO₂; **Fig. 1**) bereitzustellen, das von einem Motorsteuergerät **30** empfangen und analysiert wird. Das Steuergerät **30** umfasst einen ROM, einen RAM und eine CPU und umfasst eine Softwareroutine **200** (in **Fig. 2** beschrie-

ben) zur Durchführung des Verfahrens der vorliegenden Erfindung. Das Steuergerät **30** steuert die Kraftstoffeinspritzventile **16**, die Kraftstoff in präzisen/r Mengen und Zeitsteuerung wie von dem Steuergerät **30** bestimmt in ihre zugehörigen Zylinder (nicht gezeigt) einspritzen. Das Steuergerät **30** überträgt ein Kraftstoffeinspritzventil-Signal zu den Kraftstoffeinspritzventilen **16**, um ein von dem Steuergerät bestimmtes Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit Kraftstoff, Luft, Luft/Kraftstoff-Verhältnis, Abgasrückführung (AGR), Zündfunke, Drall-Steuerventil und Kraftstoffeinspritzzeitpunkt gemäß der vorliegenden Steuerungsstrategie aufrecht zu erhalten. Zusätzliche Sensoren (nicht gezeigt) stellen weitere Information über die Motorleistung an das Steuergerät **30** bereit, z. B. Kurbelwellenstellung, Winkelgeschwindigkeit, Drossel und Lufttemperatur. Darüber hinaus können weitere verschieden angeordnete Sauerstoffsensoren **32** zusätzliche Steuerinformation bereitstellen. Die Information von diesen Sensoren wird von dem Steuergerät **30** verwendet, um den Motorbetrieb zu steuern. In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung eines Motors, worin die Steuerung des Motordrehmoments durch die Fahrervorgabe bestimmt ist, ein System mit einem Mittel zur Steuerung des Motordrehmoments auf Basis der Fahrervorgabe und ein Computerprogramm mit einem Code zur Steuerung des Motordrehmoments auf Basis der Fahrervorgabe.

[0025] Wendet man sich nunmehr [Fig. 2](#) zu, so ist hier ein Flussdiagramm einer Softwareroutine **200** zur Durchführung des Verfahrens zur Steuerung eines Direkteinspritzmotors mit magerer Verbrennung während einer Lean NOx-Speicher-Regeneration gemäß der vorliegenden Erfindung gezeigt. Diese Routine würde periodisch von der in der Motorsteuerung **30** angeordneten Haupt-Motorsteuerungssoftware eingegeben werden. Der Block **200** zeigt allgemein die Routine und den Beginn der Routine zur Ausführung der vorliegenden Erfindung an, die in dem inneren Regelkreis eines hierarchischen drehmomentbasierten Motorsteuerungssystems mit einem Gesamt-Drehmomentbefehl, der aufrecht erhalten werden muss, durchgeführt wird. Die Erfindung erwägt eine koordinierte Steuerung von Kraftstoff, Luft, Luft/Kraftstoff-Verhältnis, Abgasrückführung (AGR), Zündfunke, Drall-Steuerventil und Kraftstoffeinspritzzeitpunkt, um einen ruhigen Motorbetrieb während einer Lean NOx-Speicher-Regeneration zu ermöglichen. Bei Block **202** erfolgt eine Bestimmung, ob der Motor in einem Schichtladungsmodus arbeitet oder nicht. Wenn der Motor nicht in einem Schichtladungsmodus arbeitet, wird die Routine bei Block **252** verlassen.

[0026] Wenn der Motor in einem Schichtladungsmodus arbeitet, schreitet die Routine zu Block **204** fort, wo eine Bestimmung erfolgt, ob es Zeit ist, ein LNT-Regenerationsereignis einzuleiten, z. B. wie in

der gemeinsam abgetretenen gleichzeitigen US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 10/812 467 offen gelegt. Wenn der Motor für den Lean NOx-Speicher-Regenerationsübergang nicht von einem Schichtmodus übergeht, wird die Routine verlassen. Wenn nicht die Zeit da ist, ein Regenerationsereignis einzuleiten, wird die Routine bei Block **252** verlassen. Wenn es Zeit ist, ein Regenerationsereignis einzuleiten, dann wird die Abgasrückführung bei Block **206** auf null gesetzt.

[0027] Die Routine schreitet bei Block **208** weiter, wobei T_{air}- und T_{AFR}-Zähler gestartet (zurückgesetzt) werden und der Luftladungsübergang über die Übergangsperiode delta T_{air} eingeleitet wird. Die Größen delta T_{air} und delta T_{AFR} bezeichnen die Zeitintervalle bei der Einleitung und Beendigung eines Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignisses, während dessen eine Luftladungs- bzw. Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelung deaktiviert sind. Die Größen T_{air} und T_{AFR} bezeichnen die Zähler, die verwendet werden, um diese Zeitintervalle zu überwachen.

[0028] Bei Block **210** werden die Luftladungs- und Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelungen deaktiviert. Eine Bestimmung des aktuellen Luft/Kraftstoff-Äquivalenzverhältnisses erfolgt bei Block **212** und das bestimmte aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis wird bei Block **214** mit dem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis verglichen.

[0029] Wenn das bestimmte aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis bei Block **214** fetter als das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist, dann wird bei Block **216** ein Übergang von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb eingeleitet, wobei der Kraftstoffeinspritzzeitpunktsübergang von verzögert zu früh eingeleitet wird. Wenn das bestimmte aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis nicht größer als das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist, dann schreitet die Routine zu Block **218** fort.

[0030] Bei Block **218** erfolgt eine Bestimmung, ob die Luftladungsregelung deaktiviert ist. Wenn die Luftladungsregelung deaktiviert ist, dann erfolgt bei Block **220** eine Bestimmung, ob T_{air} größer als delta T_{air} ist. Wenn die Luftladungsregelung bei Schritt **218** nicht deaktiviert ist, dann schreitet die Routine zu Block **226** fort.

[0031] Wenn T_{air} bei Block **220** größer als delta T_{air} ist, dann wird bei Block **224** die Luftladungsregelung aktiviert und der T_{air}-Zähler zurückgesetzt. Wenn T_{air} bei Block **220** nicht größer als delta T_{air} ist, dann schreitet die Routine zu Block **222** fort, wobei T_{air} in Inkrementen erhöht wird, bis T_{air} größer als delta T_{air} ist, zu welcher Zeit die Routine bei Block **224** fortsetzt.

[0032] Bei Block **226** erfolgt eine Bestimmung, ob T_{AFR} größer als ΔT_{AFR} ist. Wenn T_{AFR} größer als ΔT_{AFR} ist, dann wird bei Block **230** die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelung aktiviert und der T_{AFR} -Zähler zurückgesetzt. Wenn T_{AFR} nicht größer als ΔT_{AFR} ist, dann schreitet die Routine zu Block **228** fort, wobei T_{AFR} in Inkrementen erhöht wird, bis T_{AFR} größer als ΔT_{AFR} ist, zu welchem Zeitpunkt die Routine bei Block **232** fort-schreitet.

[0033] Bei Block **232** erfolgt eine Bestimmung, ob das LNT-Regenerationsereignis beendet werden soll oder nicht, z. B. wie in der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 10/812 467 und dem US-Patent-Nr. 6 293 092. Wenn die Bestimmung erfolgt, um das LNT-Regenerationsereignis fortzusetzen, dann setzt die bei Block **212** fort. Wenn die Bestimmung erfolgt, um das LNT-Regenerationsereignis zu beenden, dann werden bei Block **234** die T_{air} - und T_{AFR} -Zähler zurückgesetzt, und der Luftladungsübergang über ΔT_{air} eingeleitet. Die Luftladungsregelungen und Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelungen werden bei Block **236** deaktiviert.

[0034] Bei Block **238** erfolgt eine Bestimmung, ob die Luftladungsregelung deaktiviert ist. Wenn die Luftladungsregelung deaktiviert ist, dann schreitet die Routine bei Block **240** fort. Wenn bei Block **238** eine Bestimmung erfolgt, dass die Luftladungsregelung nicht deaktiviert ist, dann schreitet die Routine bei 246 fort.

[0035] Wenn die Luftladungsregelung deaktiviert ist, dann schreitet die Routine bei Block **240** fort, worin eine Bestimmung erfolgt, ob T_{air} größer als ΔT_{air} ist. Wenn T_{air} größer als ΔT_{air} ist, dann schreitet die Routine zu Block **244** fort. Wenn T_{air} nicht größer als ΔT_{air} ist, dann schreitet die Routine zu Block **242** fort, wobei T_{air} in Inkrementen erhöht wird, und die Routine schreitet zu Block **246** fort.

[0036] Wenn bei Block **240** die Bestimmung erfolgt, dass T_{air} größer als ΔT_{air} ist, dann schreitet die Routine zu Block **244** fort, wobei die Luftladungsregelung aktiviert wird und der T_{air} -Zähler zurückgesetzt wird.

[0037] Bei Block **246** erfolgt eine Bestimmung, ob T_{AFR} größer als ΔT_{AFR} ist. Wenn T_{AFR} größer als ΔT_{AFR} ist, dann wird bei Block **250** die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelung aktiviert und der T_{AFR} -Zähler zurückgesetzt und die Routine wird bei Block **252** verlassen. Wenn T_{AFR} nicht größer als ΔT_{AFR} ist, dann wird T_{AFR} in Inkrementen erhöht, und die Routine schreitet zu Block **238** fort.

[0038] Gemäß dem Verfahren wird bei Einleitung eines Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignisses

ein Umschalten zu einem homogenen Modus und zu einem frühen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt aufgeschoben, bis das Luft/Kraftstoff-Verhältnis fetter als das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis geworden ist. Das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis ist definiert als das Luft/Kraftstoff-Verhältnis, das eine akzeptable Betriebsstabilität bereitstellt. In einer Ausführungsform wird eine koordinierte Steuerung ferner dadurch erreicht, dass die gewünschte Luftladungsmasse von einer anfänglichen Luftladungsmasse zu End-Luftladungsmasse-Werten bei beiden Übergängen in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis über ein Zeitintervall ΔT_{air} überführt wird. Die gewünschte Luftladungsmasse folgend auf den Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis wird von einer anfänglichen Luftladungsmasse zu einem End-Luftladungsmasse-Wert über ein vorkalibriertes oder einen online abgeschätztes Zeitintervall eingestellt. Die Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelung wird für eine vorkalibrierte oder online abgeschätzte Zeitperiode ΔT_{AFR} folgend dem Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis deaktiviert. Die Luftladungsregelung wird für eine unterschiedliche Zeitperiode ΔT_{air} , die eine vorkalibrierte oder eine online abgeschätzte Zeitperiode umfassen kann, folgend auf die gleichen Übergänge deaktiviert.

[0039] Die gewünschte AGR-Masse wird auf null gesetzt. Die Kraftstoffzufuhr zu dem Motor wird durch die Fahrervorgabe bestimmt. Die Kraftstoffzufuhr kann weiter gemäß der Lehre der US-Patentanmeldung mit der Seriennummer 10/812 466 gesteuert werden, um einen Drehmomentverlust auf Grund zusätzlicher Pumparbeit während des Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignisses auszugleichen.

[0040] [Fig. 3](#) stellt einen Graph bereit, der die Verbrennungsstabilität als einen Variationskoeffizient des angezeigten mittleren Arbeitsdrucks (COV = coefficient of variation des IMEP = indicated mean effective pressure, %) vs. Luft/Kraftstoff-Verhältnis veranschaulicht. Ein homogener Betrieb ist durch die Linie H für ein vorgemischtes mageres Einlassgemisch mit einer Drallzahl (SI) von 3,3 bei 45 °C veranschaulicht. Ein geschichteter Betrieb ist durch die Linie S für ein geschichtetes mageres Einlassgemisch mit Abgasrückführung (AGR) mit einer SI von 1,9 bei 95 °C veranschaulicht. Eine stabile Zielverbrennung ist durch die Linie T veranschaulicht. Es ist ersichtlich, dass ein nicht gesteuerter Übergang von einem Schichtmodus zu einem homogenen Modus während einer Regeneration ohne die vorliegende koordinierte Motorsteuerung in einer inakzeptablen Verbrennungsstabilität (d. h. hoher COV des IMEP) resultieren kann.

[0041] [Fig. 4](#) veranschaulicht das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Äquivalenzverhältnis und den

Kraftstoffeinspritzzeitpunkt gemäß der Erfindung. **Fig. 4** zeigt auch die Deaktivierung der Luftladungs- und Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Regelung für eine Zeitperiode folgend dem Übergang in das und aus dem Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignis zum Zeitpunkt T_i . Die Zeitintervalle ΔT_{air} bzw. ΔT_{AFR} sind oben stehend beschrieben und durch das Flussdiagramm in **Fig. 2** veranschaulicht. Beim Übergang von einem mageren geschichteten zu einem fetten homogenen Modus bei T_i wird das Umschalten zu einem frühen Einspritzzeitpunkt zu einer Zeit T_{delay} verzögert, die durch das fetter Werden des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses als das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis bestimmt ist. In dem obersten Plot von **Fig. 4** ist das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis durch die unterbrochene Linie **401** angezeigt. Wenn die gemessene Abschätzung des Luft/Kraftstoff-Äquivalenzverhältnisses, angezeigt durch die rampenförmige Linie **403**, das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Äquivalenzverhältnis überschreitet, wird der Übergang von einem verzögerten zu einem frühen Kraftstoffeinspritzzeitpunkt eingeleitet (Zeit T_{delay}). Durch Verzögern des Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb bis das bestimmte Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht, wird die Verbrennungsstabilität verbessert, was in einem ruhigen Motorbetrieb während der Lean NO_x-Speicher-Regeneration resultiert.

[0042] Die **Fig. 5** und **Fig. 6** stellen Ergebnisse von Fahrzeugtestbetrieben mit einem Lean NO_x-Speicher während einer Lean NO_x-Speicher-Regeneration ohne die vorliegende koordinierte Motorsteuerung (**Fig. 5**) und mit dem koordinierten Motorsteuerungsverfahren der vorliegenden Erfindung (**Fig. 6**) bereit. Hier zeigt der Kraftstoffimpulswinkel (fuel pulse angle = FPA) den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt, ausgedrückt in Grad Kurbelwinkel vor dem oberen Totpunkt (crank angle before top dead center = CA BTDC) an. Die Ergebnisse liefern Daten im Fahrzeug, wobei das Fahrzeug bei 70 km/h im 4. Gang gefahren wurde. In **Fig. 5** wird ein Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignis bei ca. 66,3 Sekunden (Zeit T_i) eingeleitet. Gleichlaufend wird in diesem Fall der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt von einer verzögerten zu einer frühen Einspritzung übergeleitet. Wie durch das Schwingungsverhalten der Motordrehzahl angezeigt, führt diese Art von Steuerung zu einem inakzeptablen Ansprechen des Motors. In **Fig. 6** arbeitet der Motor unter den gleichen Bedingungen wie in **Fig. 5**. In **Fig. 6** wird der Motor beim Einleiten eines Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignisses bei 110,7 Sekunden (Zeit T_i) auf eine koordinierte Art und Weise wie durch die Erfindung gesteuert. Der Übergang des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts von verzögert zu früh wird bis zu dem Punkt verzögert, wo das Luft /Kraftstoff-Äquivalenzverhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis überschreitet (Zeit T_{delay}). Die Steuerung

weiterer Motorvariablen wird ebenfalls gemäß der Erfindung koordiniert. Die vorliegende koordinierte Steuerung resultiert in einem ruhigen Motorverhalten wie durch das stabile Motordrehzahlensignal veranschaulicht.

[0043] Vorteilhafterweise gibt es eine deutliche Verbesserung in Bezug auf einen ruhigen Motorbetrieb während des Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignisses auf Grund des in der Erfindung beschriebenen Verfahrens. Fehlzündungen und Teilverbrennungen während Mischmodusübergängen werden durch einen extra-mageren Betrieb unter frühen Einspritzbedingungen verhindert. Dies resultiert in einem verbesserten Fahrverhalten und verringerten Emissionen.

[0044] Zusammengefasst betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Steuerung eines Direkteinspritz-Benzinmotors während einer Regeneration eines in einem Abgasweg des Motors angeordneten Lean NO_x-Speichers, welches das Bestimmen des aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und das Vergleichen des aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis umfasst. Übergänge von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb werden verzögert, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Direkteinspritz-Benzinmotors während einer Regeneration eines in einem Abgasweg des Motors angeordneten Lean NO_x-Speichers, wobei die Regeneration sich durch einen Übergang von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb auszeichnet, umfassend die Schritte:
Bestimmen eines aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und Vergleichen des aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis beim Einleiten eines Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignisses;
Verzögern des Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht; und
Einleiten eines Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, wenn das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ferner eine Luft/Kraftstoff-Regelung für eine dem Übergang in das und aus dem Lean NO_x-Speicher-Regenerationsereignis folgende Zeit-

spanne deaktiviert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Kraftstoffregelung eine vorkalibrierte Zeitspanne umfasst.

4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Kraftstoffregelung eine online abgeschätzte Zeitspanne umfasst.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner umfasst:
Deaktivieren einer Luftladungsregelung für einen Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis folgende Zeitspanne.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luftladungsregelung eine vorkalibrierte Zeitspanne umfasst.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luftladungsregelung eine online abgeschätzte Zeitspanne umfasst.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner den Schritt umfasst:
Einstellen einer gewünschten Luftladungsmasse im Anschluss an den Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis von einem anfänglichen Luftladungsmasse-Wert zu einem End-Luftladungsmasse-Wert über eines von einem vorkalibrierten Zeitintervall und einem online abgeschätzten Zeitintervall.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner das Setzen der gewünschten Abgasrückführungsmasse auf null umfasst.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner das Steuern des Motordrehmoments auf Basis der Fahrervorgabe umfasst.

11. System zur Steuerung eines Direkteinspritz-Benzinmotors während einer Regeneration eines in einem Abgasweg des Motors angeordneten Lean NOx-Speichers, wobei die Regeneration sich durch einen Übergang von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem homogenen fetten Motorbetrieb auszeichnet, umfassend:
ein Mittel zum Bestimmen eines aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und Vergleichen des aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis beim Einleiten eines Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignisses;
ein Mittel zum Verzögern des Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten

homogenen Motorbetrieb, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magerere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht; und
ein Mittel zum Einleiten eines Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, wenn das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magerere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht.

12. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner ein Mittel zum Deaktivieren einer Luft/Kraftstoff-Regelung für einen dem Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis folgende Zeitspanne umfasst.

13. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luft/Kraftstoff-Regelung eine vorkalibrierte Zeitspanne umfasst.

14. System nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luft/Kraftstoff-Regelung eine online abgeschätzte Zeitspanne umfasst.

15. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner umfasst:
ein Mittel zum Deaktivieren einer Luftladungsregelung für einen dem Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis folgende Zeitspanne.

16. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luftladungsregelung eine vorkalibrierte Zeitspanne umfasst.

17. System nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luftladungsregelung eine online abgeschätzte Zeitspanne umfasst.

18. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner umfasst:
ein Mittel zum Einstellen einer gewünschten Luftladungsmasse im Anschluss an den Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis von einem anfänglichen Luftladungsmasse-Wert zu einem End-Luftladungsmasse-Wert über eines von einem vorkalibrierten Zeitintervall und einem online abgeschätzten Zeitintervall.

19. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner ein Mittel zum Setzen der gewünschten Abgasrückführungsmasse auf null umfasst.

20. System nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass es ferner ein Mittel zur Steuerung des Motordrehmoments auf Basis der Fahrervorgabe

umfasst.

21. Gefertigter Artikel mit einem Speichermedium, das ein darin codiertes Computerprogramm aufweist, um ein Verfahren zur Steuerung eines Direkteinspritz-Benzinmotors während einer Regeneration eines in einem Abgasweg des Motors angeordneten Lean NOx-Speichers zu bewirken, wobei sich die Regeneration durch einen Übergang von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem homogenen fetten Motorbetrieb auszeichnet, wobei das Programm umfasst:

einen Code zum Vergleichen eines aktuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnisses mit einem mageren Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis beim Einleiten eines Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignisses;
einen Code zum Verzögern eines Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, bis das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht; und
einen Code zum Einleiten eines Übergangs von einem mageren geschichteten Motorbetrieb zu einem fetten homogenen Motorbetrieb, wenn das aktuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis das magere Grenz-Luft/Kraftstoff-Verhältnis erreicht.

22. Artikel nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner einen Code zum Deaktivieren einer Luft/Kraftstoffregelung für eine dem Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis folgende Zeitspanne umfasst.

23. Artikel nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luft/Kraftstoff-Regelung eine vorkalibrierte Zeitspanne umfasst.

24. Artikel nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luft/Kraftstoffregelung eine online abgeschätzte Zeitspanne umfasst.

25. Artikel nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner einen Code zum Deaktivieren einer Luftladungsregelung für eine dem Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis folgende Zeitspanne umfasst.

26. Artikel nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luftladungsregelung eine vorkalibrierte Zeitspanne umfasst.

27. Artikel nach Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Zeitspanne zur Deaktivierung der Luftladungsregelung eine online abgeschätzte Zeitspanne umfasst.

28. Artikel nach Anspruch 21, dadurch gekenn-

zeichnet, dass er ferner umfasst:

eine Code zum Einstellen einer gewünschten Luftladungsmasse im Anschluss an einen Übergang in das und aus dem Lean NOx-Speicher-Regenerationsereignis von einem anfänglichen Luftladungsmasse-Wert zu einem End-Luftladungsmasse-Wert über eines von einem vorkalibrierten Zeitintervall und einem online abgeschätzten Zeitintervall.

29. Artikel nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner einen Code zum Setzen einer gewünschten Abgasrückführungsmasse auf null umfasst.

30. Artikel nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass er ferner einen Code zur Steuerung des Motordrehmoments auf Basis der Fahrervorgabe umfasst.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

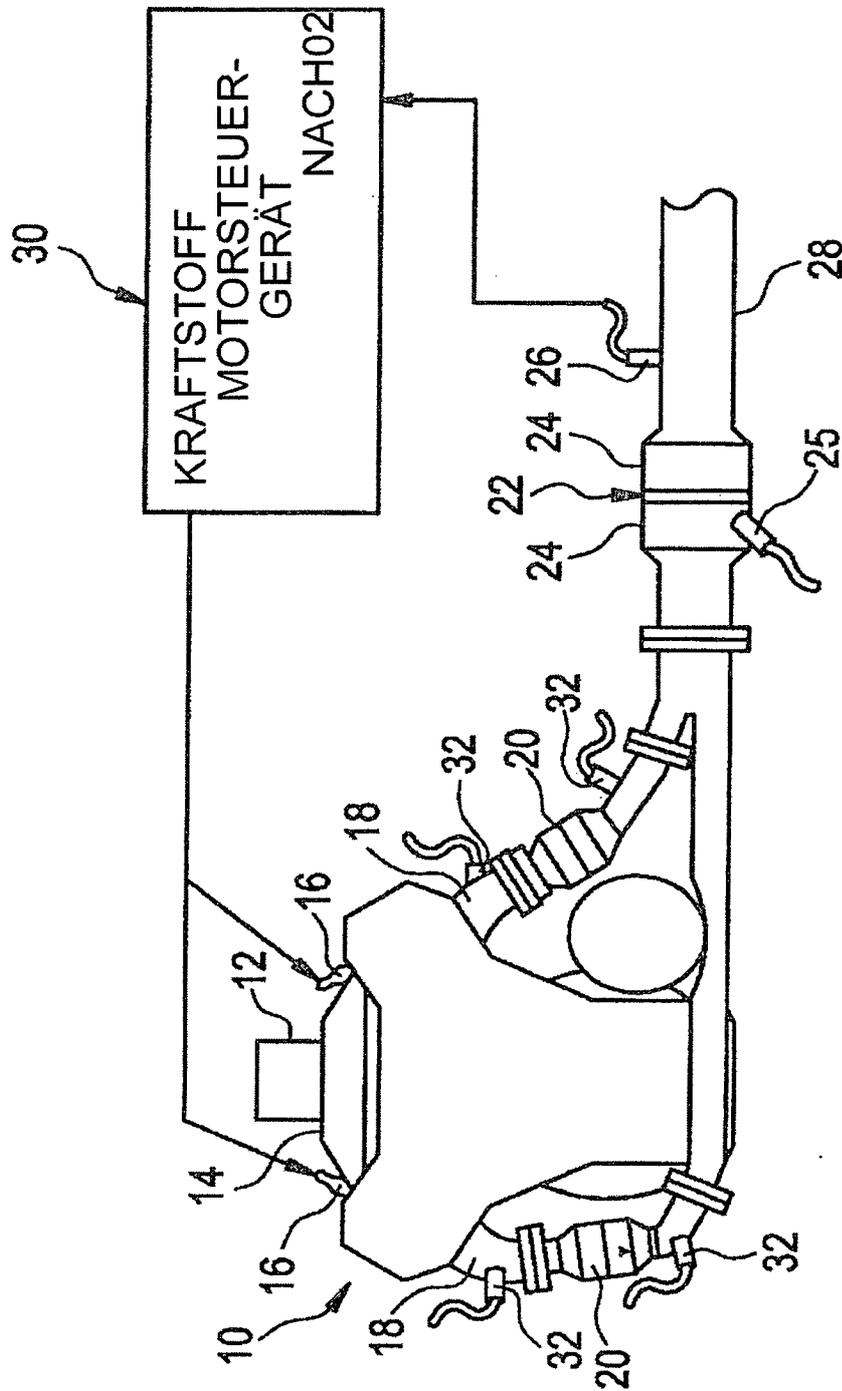


FIG. 1

FIG. 2

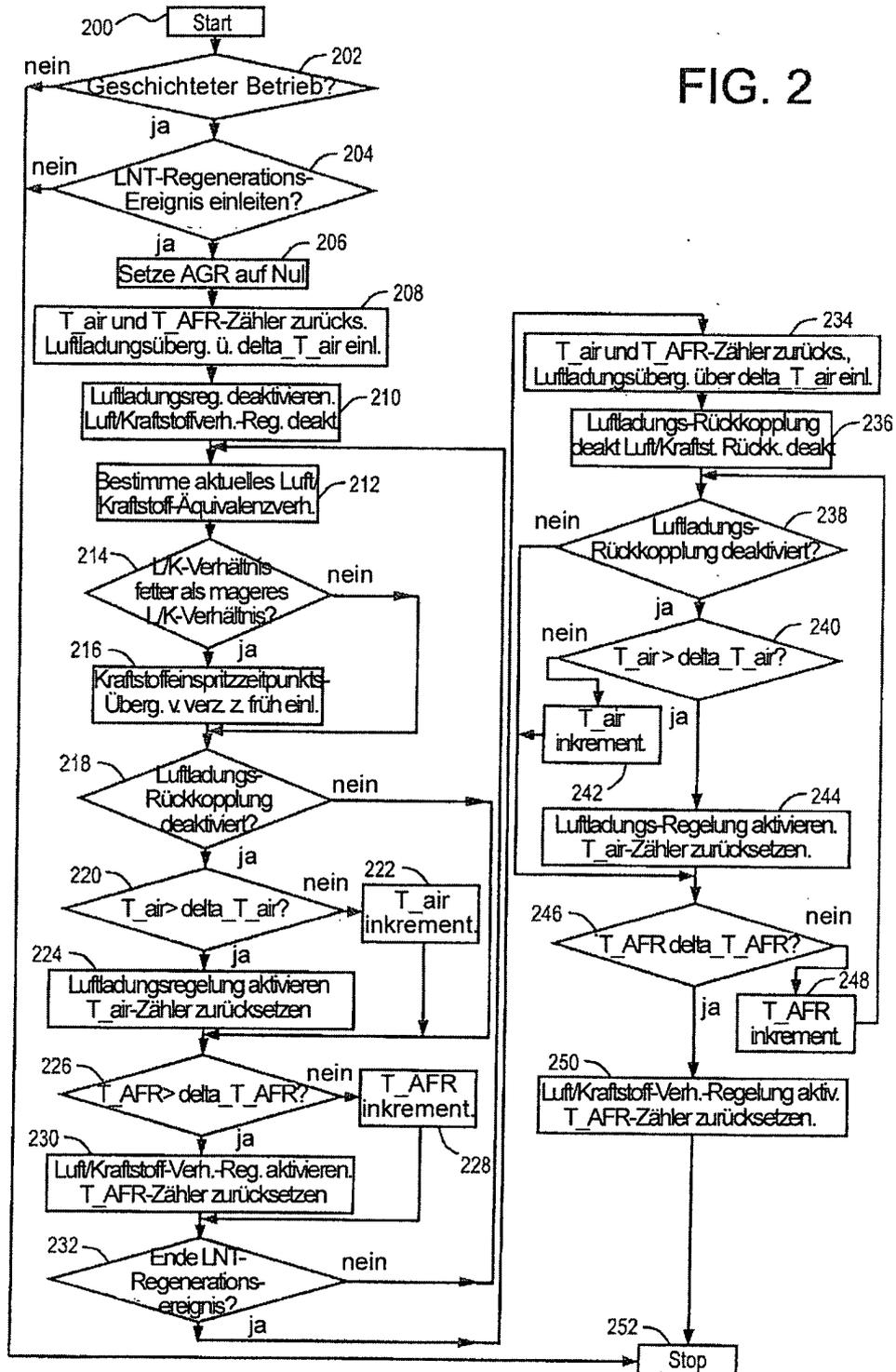


FIG. 3

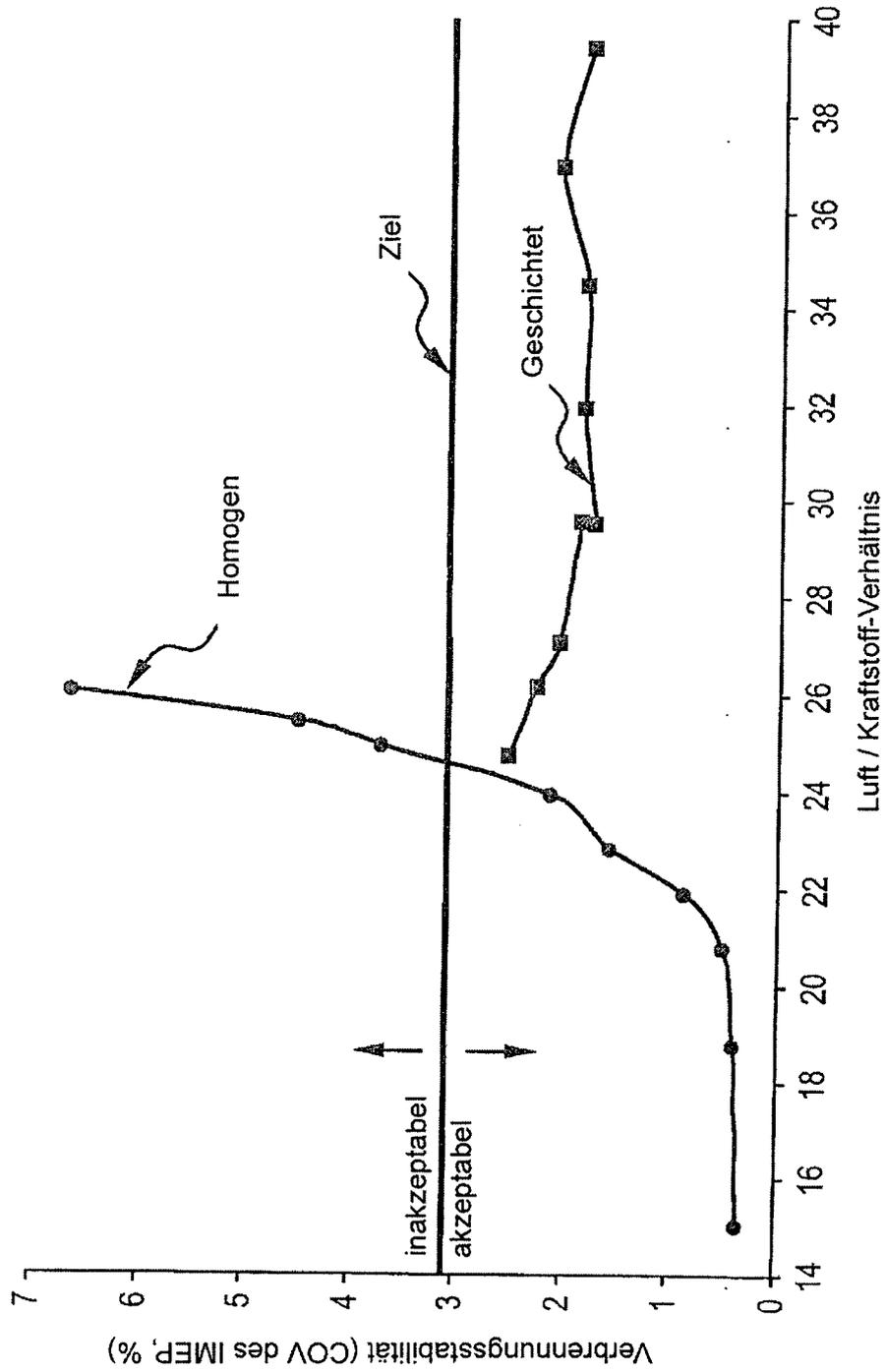


FIG. 4

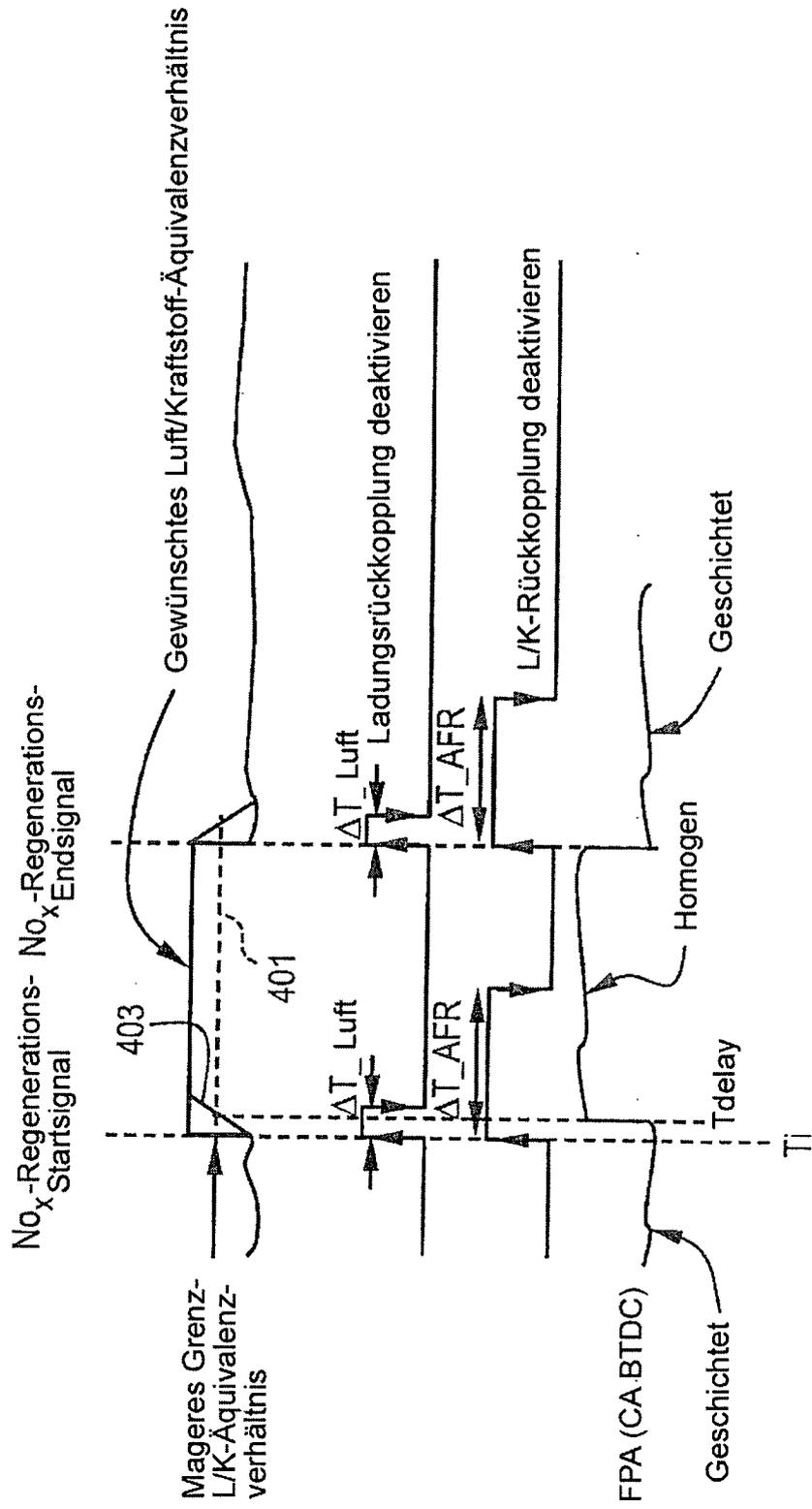


FIG. 5

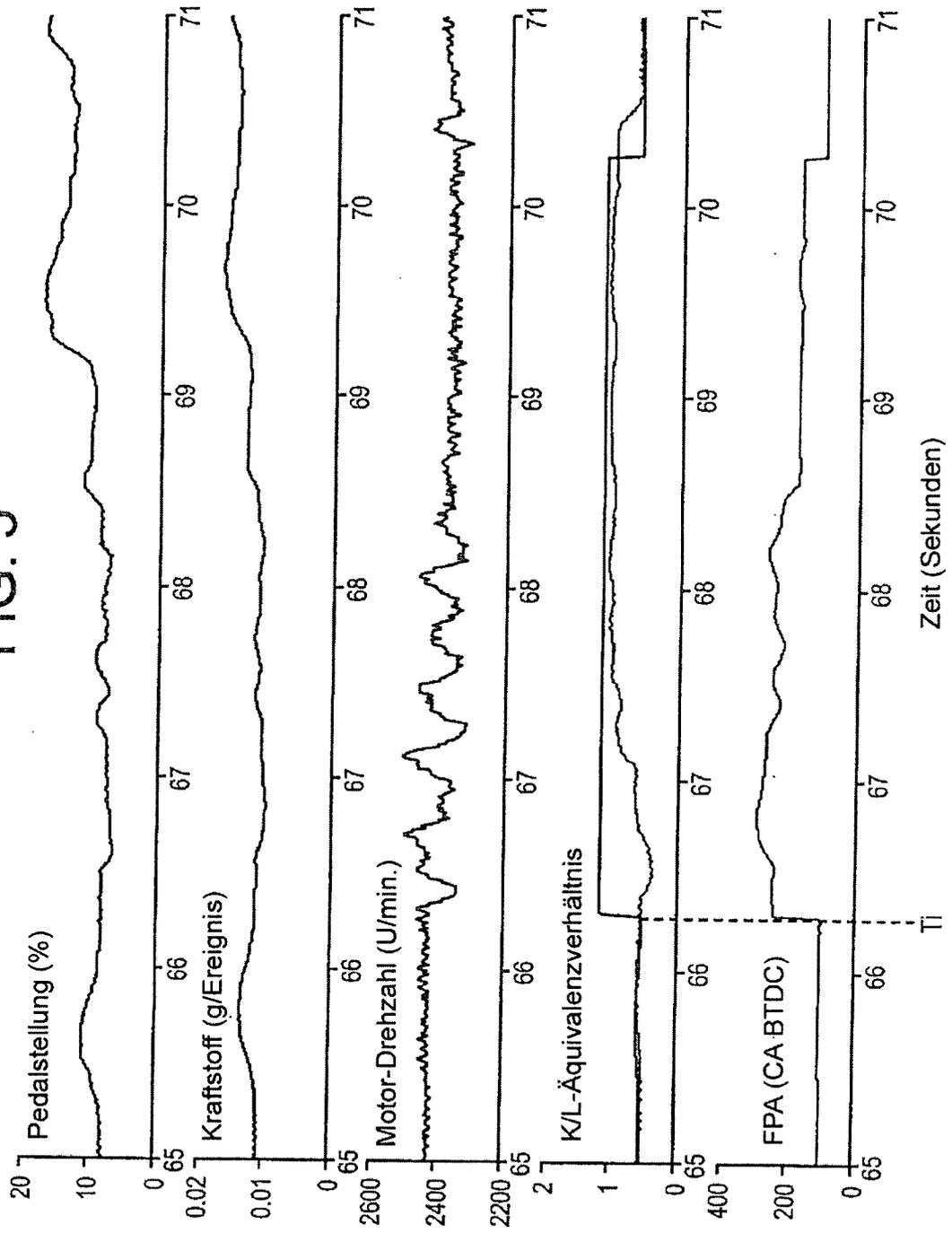


FIG. 6

