



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 33 665 B4** 2005.11.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 33 665.2**
 (22) Anmeldetag: **24.07.2002**
 (43) Offenlegungstag: **27.02.2003**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **10.11.2005**

(51) Int Cl.7: **F01N 3/10**
F01N 9/00

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
09/682,242 09.08.2001 US

(73) Patentinhaber:
**Ford Global Technologies, LLC (n.d.Ges.d.
 Staates Delaware), Dearborn, Mich., US**

(74) Vertreter:
**Rechts- und Patentanwälte Lorenz Seidler Gossel,
 80538 München**

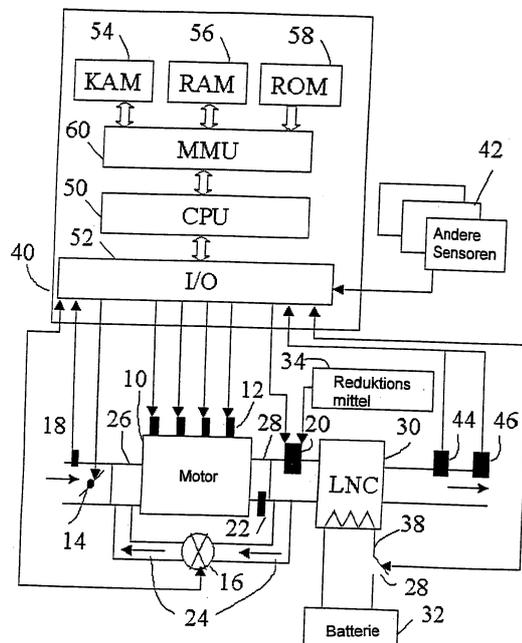
(72) Erfinder:
**Xu, Lifeng, Farminton Hills, Mich., US; McCabe,
 Robert Walter, Lathrup Village, Mich., US**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 41 17 143 A1

(54) Bezeichnung: **Hochwirksame Umwandlung von Stickoxiden in einer Abgasnachbehandlungsvorrichtung bei niedriger Temperatur**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Zufuhr von Reduktionsmittel zu einem Katalysator, der mit einem mit einem mageren Luft/Kraftstoffverhältnis arbeitenden Verbrennungsmotor mit innerer Verbrennung gekoppelt ist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:

Ermitteln einer im Katalysator gespeicherten Reduktionsmittelmenge; und
 Zufuhr von Reduktionsmittel zum Katalysator, während die ermittelte Menge kleiner als eine erste vorbestimmte Menge ist.



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft ein System und ein Verfahren zur Verbesserung der Wandlungseffizienz eines Mager-NO_x-Katalysators in einem Dieselmotor oder einem Magerverbrennungsbenzinmotor und insbesondere eine Verbesserung der Wandlungseffizienz durch die Regelung der Zufuhr eines NO_x-Reduktionsmittels.

Hintergrund

[0002] Verbrennungsmotoren mit innerer Verbrennung arbeiten gewöhnlich mit Abgasnachbehandlungsvorrichtungen, um die im Abgas erzeugten Komponenten: Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide in Kohlendioxid, Wasser, Stickstoff und Sauerstoff umzuwandeln. Abgaskatalysatoren wurden vielfältig dafür entwickelt, Abgase im stöchiometrischen Gleichgewicht mit hoher Wandlungseffizienz umzuwandeln. Stöchiometrische Bedingungen erhält man, wenn dem Motor zugeführter Kraftstoff und Oxidationsmittel in einem Verhältnis so stehen, bei dem bei vollständiger Verbrennung des Kraftstoffs Kohlendioxid, Wasser und Stickstoff erzeugt wird. Den Fachleuten auf diesem Gebiet ist jedoch bekannt, dass man einen höheren Kraftstoffwirkungsgrad erhält, wenn man den Motor mit einem Luft/Kraftstoffmischungsverhältnis auf der mageren Seite des stöchiometrischen Mischungsverhältnisses betreibt, d.h. mit einem Luftüberschuss. Diese Magerverbrennungsmotoren können Dieselmotoren, Schichtladungsbenzinmotoren, bei denen Kraftstoff und Luft nur partiell vermischt sind, und mit homogener Ladung beschickte Magerverbrennungsbenzinmotoren sein, bei denen Kraftstoff und Luft zum größten Teil vor der Verbrennung vorgemischt werden. Da der Wunsch nach höherer Kraftstoffeffizienz besteht, werden derartige Magerverbrennungsmotoren hergestellt und weiter entwickelt. Den einschlägigen Fachleuten ist bekannt, einen NO_x-Katalysator einzusetzen, und diesem während des Magerbetriebs kontinuierlich Reduktionsmittel zur Umwandlung von NO_x zuzuführen.

[0003] Aus der DE 41 17 143 A1 ist ein Verfahren zur Zufuhr von Reduktionsmittel zu einem Katalysator bekannt. Bei dem in der DE 41 17 143 A1 beschriebenen Verfahren werden NH₃ oder NH₃-freisetzende Stoffe getaktet zugegeben, wobei die Taktung durch Betriebsparameter und Motor-Daten bestimmt wird.

[0004] Die Verfahren des Standes der Technik haben das Problem, dass einige der dem Katalysator zugeführten Reduktionsmittel ohne Reaktion durch den Katalysator schlüpfen und deshalb die NO_x-Wandlung bei niedrigen Temperaturen unter 250°C zu gering ist.

[0005] Die vorliegenden Erfinder haben ein Verfahren entwickelt, welches mit einer geringeren Reduktionsmittelmenge auskommt, das Durchschlüpfen unreaktierten Reduktionsmittels durch den Katalysator begrenzen und die NO_x-Wandlungseffizienz eines Mager-NO_x-Katalysators im Temperaturbereich 140°C bis 250°C deutlich erhöhen kann.

Kurzfassung der Erfindung

[0006] Dieses Problem wird mit den kennzeichnenden Merkmalen der Ansprüche 1, 13, 18, 20 bzw. 22 gelöst.

[0007] Ein erster Vorteil dieser Erfindung ist, dass der die aus der Magerverbrennung resultierenden Abgase verarbeitende NO_x-Katalysator mit einer wesentlich höheren Wandlungseffizienz im niedrigen Temperaturbereich arbeitet, als dies bislang möglich war.

[0008] Nachteile der Verfahren des Standes der Technik werden durch ein Verfahren zur Zufuhr von Reduktionsmittel zu einem Abgase von einem Verbrennungsmotor mit innerer Verbrennung aufnehmenden Katalysator vermieden, wobei die Menge des im Katalysator gespeicherten Reduktionsmittels bestimmt wird. So lange diese Menge unterhalb einer vorbestimmten Menge bleibt, wird dem Katalysator unter vorbestimmten Bedingungen Reduktionsmittel zugeführt. Die vorbestimmten Bedingungen können eine Katalysatortemperatur über 300°C oder eine NO_x-Konzentration im Abgas unter 25 ppm sein.

[0009] Die Erfinder dieser Erfindung haben erkannt, dass eine kontinuierliche Zufuhr von Reduktionsmittel unnötig ist. Nach der Speicherung des Reduktionsmittels unter vorgeschriebenen Bedingungen kann die Reduktionsmittelzufuhr verringert oder unterbrochen werden. Ein zusätzlicher Vorteil dieser Erfindung ist, dass dem Katalysator wesentlich weniger Reduktionsmittel zugeführt wird, als bei den bekannten Verfahren, die dem Katalysator kontinuierlich Reduktionsmittel zuführen.

[0010] Ein weiterer Vorteil dieser Erfindung besteht gegenüber dem Stand der Technik darin, dass, da der Katalysator weniger Reduktionsmittel zugeführt bekommt, auch weniger Reduktionsmittel durch den Katalysator in das Auspuffrohr schlüpft.

[0011] Die obigen und weitere Vorteile, Aufgaben und Merkmale dieser Erfindung werden aus der nachfolgenden detaillierten Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen unmittelbar verständlich, wenn diese in Verbindung mit den beiliegenden Zeichnungen studiert wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] Die hier beschriebenen Vorteile werden durch die Beschreibung eines Ausführungsbeispiels noch deutlicher, in der die Erfindung vorteilhaft verwendet wird und die hier als detaillierte Beschreibung bezeichnet ist, die Bezug auf die nachfolgenden Zeichnungsfiguren nimmt.

[0013] [Fig. 1](#) zeigt schematisch ein Blockdiagramm eines einem Aspekt dieser Erfindung entsprechenden Verbrennungsmotors mit innerer Verbrennung;

[0014] [Fig. 2](#) ist eine grafische Darstellung der Absorptionskennwerte von ammoniakhaltigem Reduktionsmittel in einem Mager-NO_x-Katalysator;

[0015] [Fig. 3](#) ist eine grafische Darstellung der NO_x-Wandlungseffizienz eines Mager-NO_x-Katalysators als Funktion der Temperatur;

[0016] [Fig. 4](#) zeigt ein Betriebszeitdiagramm des Luft/Kraftstoffverhältnisses, der Reduktionsmittelzufuhr und der NO_x-Wandlungsrate für eine NO_x-Fangvorrichtung und einen Mager-NO_x-Katalysator, letzterer gemäß einem Aspekt dieser Erfindung;

[0017] [Fig. 5](#) zeigt ein Betriebszeitdiagramm der Reduktionsmittelzufuhr eines bekannten Mager-NO_x-Katalysators im Vergleich mit einem einem Aspekt der Erfindung entsprechenden Mager-NO_x-Katalysator;

[0018] [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm, das den einem Aspekt der Erfindung entsprechenden Motorbetrieb verdeutlicht;

[0019] [Fig. 7](#) ist eine einem Aspekt der Erfindung entsprechende gedehnte Ansicht eines Teils der [Fig. 6](#); und

[0020] [Fig. 8](#) ist ein Flussdiagramm, das den Motorbetrieb gemäß einem Aspekt dieser Erfindung verdeutlicht.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele

[0021] In [Fig. 1](#) wird einem Verbrennungsmotor **10** mit innerer Verbrennung Luft durch eine Ansaugleitung zugeführt, in der ein Drosselventil **14** angeordnet sein kann. Die Position des Drosselventils **14** kann durch eine elektronische Regeleinheit (ECU) **40** geregelt sein. Ein Luftmassenströmungssensor **18** kann in der Ansaugleitung eingesetzt sein und der ECU **40** ein die in den Motor **10** angesaugte Luftmasse angegebendes Signal liefern. Alternativ kann ein Geschwindigkeitsdichtesystem zur Erfassung des angesaugten Luftstroms eingesetzt sein. Die Geschwindigkeitsdichte beruht auf einem Fühler im Ansaugsystem und liefert eine Angabe des Drucks im Ansaugkrümmer und außerdem auf einem Drehzahlsensor des Motors, der bei den anderen Fühlern **42** gezeigt ist. Der Motor **10** erhält Kraftstoff durch Kraftstoffinjektoren **12** (die Kraftstoffzufuhr zu den Injektoren **12** ist nicht gezeigt). Die Kraftstoffeinspritzzeit und -dauer kann von mechanischen Gliedern geregelt werden. Gewöhnlich ist jedoch das Kraftstoffeinspritzsystem vom Typ einer Sammelschiene („common rail“), die die Regelung der Einspritzzeit und -dauer durch die ECU **40** ermöglicht. Der Motor **10** kann mit einem Abgasrückführsystem (EGR) ausgerüstet sein, das den Abgaskrümmer **28** mit dem Ansaugkrümmer **26** verbindet und mittels eines Ventils **16** den Strömungsquerschnitt im EGR-Kanal **24** regelt. Die Position des EGR-Ventils **16** wird von der ECU **40** geregelt. Das EGR-Rohr **24**, in dem sich das EGR-Ventil **16** befindet, steht mit dem Ansaugkrümmer **26** stromabwärts vom Drosselventil **14** in Verbindung. Abgase strömen in den Ansaugkrümmer **26**, wenn in diesem ein niedriger Druck herrscht, wobei das Drosselventil **14** teilweise geschlossen und das EGR-Ventil **16** teilweise oder ganz geöffnet ist.

[0022] Die Abgase des Motors **10** werden einem nachstehend mehr im einzelnen beschriebenen Mager-NO_x-Katalysator (LNC) **30** zugeführt. Stromaufwärts des Mager-NO_x-Katalysators **30** befindet sich ein Re-

duktionsmittelinjektor **20**, der Reduktionsmittel aus einem Reduktionsmitteltank **34** einspeist. Reduktionsmittel wird stromaufwärts des Mager-NO_x-Katalysators **30** in das Abgas injiziert. Wenn das Reduktionsmittel Kraftstoff ist, kann es durch Injektoren **12** direkt in die Brennkammer gespritzt werden. Der als Reduktionsmittel dienende, von den Injektoren **12** eingespritzte Kraftstoff würde in den Motorzyklus zu einer Zeit injiziert werden, in der er bei der Verbrennung im Zylinder nicht verbraucht wird. Der Mager-NO_x-Katalysator **30** kann durch ein Widerstandsheizelement elektrisch geheizt werden, indem dieses Widerstandsheizelement durch elektrische Drähte **38**, die einen Schalter **28** enthalten, mit einer Batterie **32** verbunden wird. Auf diese Weise wird die elektrische Spannung durch Schließen oder Öffnen des Schalters **28** angelegt.

[0023] Ein Abgasfühler **22** kann ein NO_x-Fühler sein, der im Abgasrohr stromaufwärts des Mager-NO_x-Katalysators **30** sitzt und die Konzentration von in den Mager-NO_x-Katalysator **30** strömendem NO_x erfasst. Ein Abgasfühler **44** kann ein NO_x-Fühler sein, der zur Erfassung des Wirkungsgrads des Mager-NO_x-Katalysators **30** dient. Ein Abgasfühler **46** kann ein Ammoniakfühler sein, der ein durch den Mager-NO_x-Katalysator **30** geschlüpftes ammoniakhaltiges Reduktionsmittel erfasst. Alternativ kann der Abgasfühler **46** ein Kohlenwasserstofffühler sein, für den Fall, dass das Reduktionsmittel Kohlenwasserstoff ist.

[0024] Die hier für die der Brennkammer des Motors **10** zugeführte Mischung oder für die dem Mager-NO_x-Katalysator zugeführten Abgase verwendete Bezeichnung "mager" bezieht sich auf die chemische Stöchiometrie der Gase. Mischungen, die einen Luftüberschuss über die zur vollständigen Verbrennung des Kraftstoffs benötigte Luftmenge hinaus haben, werden als mager bezeichnet. Fette Mischungen enthalten einen Kraftstoffüberschuss. Die bei der Magerverbrennung resultierenden Produkte erzeugen magere Abgase und umgekehrt.

[0025] Die ECU **40** hat einen Mikroprozessor **50**, der als Zentralprozessoreinheit (CPU) bezeichnet wird und der mit einer Speicherverwaltungseinheit (MMU) **60** kommuniziert. Die MMU **60** steuert den Datenfluss zwischen verschiedenen computerlesbaren Speichermedien und führt Daten zu und von der CPU **50**. Das computerlesbare Speichermedium enthält bevorzugt flüchtige und nichtflüchtige Speicher, z.B. einen Nur-Lese-Speicher (ROM) **58**, einen Speicher mit wahlfreiem Zugriff (RAM) **56** und einen Haltespeicher (KAM) **54**. Der KAM **54** dient zur Speicherung von verschiedenen Betriebsvariablen, während die CPU **50** abgeschaltet ist. Das computerlesbare Speichermedium kann durch eine Anzahl bekannter Speichervorrichtungen realisiert sein, z.B. PROMs (programmierbare Nur-Lese-Speicher), EPROMs (Elektrische PROMs), EEPROMs (Elektrisch löschbare PROMs), Flashspeicher und auch durch jede andere elektrische, magnetische, optische Speichervorrichtung oder eine Kombination derselben, die Daten speichern kann, von denen einige durch die CPU **50** bei der Motorregelung oder Steuerung/Regelung des Fahrzeugs, in dem der Motor eingebaut ist, ausführbare Befehle repräsentieren. Die computerlesbaren Speichermedien können auch Floppy-Disks, CD-ROMs, Festplatten und dergleichen enthalten. Die CPU **50** kommuniziert mit verschiedenen Fühlern und Stellgliedern über eine Eingabe/Ausgabe(I/O)-Schnittstelle **52**. Beispiele von Stellgrößen, die geregelt oder gesteuert von der CPU **50** durch die I/O-Schnittstelle **52** eingestellt werden, sind die Kraftstoffeinspritzzeit, die Kraftstoffeinspritzrate, die Kraftstoffeinspritzdauer, die EGR-Ventilposition, die Drosselventilposition und die Reduktionsmittelleinspritzzeit und -dauer. Sensordaten, die von den Sensoren der CPU **50** über die I/O-Schnittstelle **52** eingegeben werden, können die Motordrehzahl, die Fahrzeuggeschwindigkeit, die Kühlmitteltemperatur, den Krümmerdruck, die Gaspedalstellung, die Drosselventilstellung, die EGR-Ventilstellung, die Lufttemperatur und die Abgastemperatur angeben. Einige Architekturen von ECUs **50** enthalten keine MMU **60**. Wenn keine MMU **60** verwendet wird, verwaltet die CPU **50** die Daten und stellt eine direkte Verbindung zum ROM **58**, RAM **56** und KAM **54** her. Natürlich kann diese Erfindung je nach dem speziellen Anwendungsfall mehrere CPUs **50** zur Regelung des Motors/des Kraftfahrzeuges verwenden und die ECU **40** kann mehrere mit der MMU **60** oder CPU **50** verbundene ROMs **58**, RAMs **56** und KAMs **54** enthalten.

[0026] Ein Mager-NO_x-Katalysator **30** ist eine Abgasnachbehandlungsvorrichtung, die die Magerverbrennungsprodukte verarbeitet. Obwohl die Gase innerhalb eines LNC **30** insgesamt mager sind, kann ein Zustand, der normalerweise die Oxidation begünstigt, zur NO_x-Reduktion an den Katalysatoroberflächen in Anwesenheit von Reduktionsmittel führen. Reduktionsmittel, z.B. Kohlenwasserstoff oder Ammoniak, wird an den Katalysatoroberflächen absorbiert und fördert die NO_x-Reduktion zu unschädlichen Produkten N₂ und H₂. Eine beispielhafte Formulierung für den LNC **30** ist einer mit CU-β-Zeolith ohne Edelmetalle.

[0027] Vor der Erläuterung, wie diese Erfindung die Einspritzung einer geringeren Reduktionsmittelmenge als im Stand der Technik unter Erzielung einer noch höheren NO_x-Umwandlungseffizienz ermöglicht, werden die diese Erfindung betreffenden Erscheinungen, wie sie von den Erfindern herausgefunden wurden, diskutiert.

[0028] Bezug wird auf [Fig. 2](#) genommen, die die Absorptionskennwerte von Harnstoff enthaltendem Ammo-

niak auf den Oberflächen eines Mager-NO_x-Katalysators (LNC) zeigt. Die ausgezogene Linie **70** ist eine typische Absorptionskennlinie. Das bedeutet, dass die an den aktiven Stellen des Katalysators absorbierte Stoffmenge bei erhöhter Temperatur reduziert wird. Die Erfinder dieser Erfindung haben die Theorie, dass dort eine Trennung zwischen aktiven Stellen und inaktiven Stellen auf der Katalysatoroberfläche herrscht. Ammoniak wird sowohl auf den aktiven als auch inaktiven Stellen auf der Katalysatoroberfläche gemäß einem typischen, durch die Kurve **70** in [Fig. 3](#) angedeuteten Absorptionsschema in Abwesenheit von NO_x im Abgas innerhalb des Katalysators absorbiert. Die vorliegenden Erfinder haben die Theorie, dass NO_x auch auf den Oberflächen im Katalysator absorbiert wird. Falls die NO_x-Konzentration der Gase im Katalysator über 25 ppm steigt, absorbiert NO_x auf den meisten aktiven Stellen und verhindert eine Absorption von Reduktionsmittel auf diesen aktiven Stellen. Die gestrichelte Kurve **72** von [Fig. 2](#) verdeutlicht ein Absorptionsschema von Ammoniak auf den aktiven Stellen im LNC **30** in Anwesenheit von NO_x in einer Konzentration von etwa 25 ppm oder mehr. Bei Temperaturen unterhalb einer Temperaturschwelle (die auf Grund von experimentellen Ergebnissen bei etwa 300°C angenommen wird), ist die Absorption des Reduktionsmittels auf den aktiven Stellen aufgrund der NO_x-Hemmung vernachlässigbar. Wenn sich die Temperatur des LNC der Temperaturschwelle annähert, desorbiert NO_x von den aktiven Stellen und gestattet deren Einnahme durch Reduktionsmittel. Die Kurve **72** von [Fig. 2](#) zeigt eine schrittweise Änderung der Reduktionsmittelabsorption an der Temperaturschwelle. In Wirklichkeit verschwindet der NO_x-Hemmeffekt über einen schmalen Temperaturbereich hinweg und nicht schrittweise, wie [Fig. 2](#) zeigt. Bei Temperaturen über der Temperaturschwelle hemmt NO_x nicht mehr die Absorption von Ammoniak auf den aktiven Stellen. Auf diese Weise sind die Kennkurven **70** und **72** bei Temperaturen über der Temperaturschwelle im wesentlichen identisch, d.h., das Reduktionsmittel zeigt typisches Absorptionsverhalten auf den aktiven Stellen, wenn der NO_x-Hemmeffekt beseitigt ist.

[0029] [Fig. 2](#) verdeutlicht, dass es zwei Wege gibt, um Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen im LNC **30** zu absorbieren. Die ausgezogene Kurve **70** gibt an, dass die Absorption auftritt, wenn das Abgas kein NO_x enthält. In der Praxis hat sich herausgestellt, dass das Abgas im LNC **30** etwa 25 ppm NO_x enthalten kann, ohne dass die Absorption des Reduktionsmittels auf den aktiven Stellen gehemmt ist, wie Kurve **70** zeigt. Die Kurve **72** der [Fig. 2](#) gibt an, dass die Absorption von Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen auch auftreten kann, wenn der LNC **30** über der Temperaturschwelle liegt. Zusammengefasst muss der NO_x-Gehalt im Abgas unter 25 ppm liegen oder die Temperatur des LNC **30** muss größer als 200°C sein, damit Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen absorbiert werden kann.

[0030] Die Signifikanz der Absorption von Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen ist in [Fig. 3](#) gezeigt. Wie schon erwähnt, arbeitet der LNC **30** mit deutlich höherer NO_x-Wandlungseffizienz bei Temperaturen oberhalb etwa 250°C unabhängig davon, wie das Reduktionsmittel zugeleitet wird. Dies ist in [Fig. 3](#) gezeigt, wo die NO_x-Wandlungseffizienz beginnend bei etwa 220°C dramatisch ansteigt (Rechtecke in [Fig. 3](#)) und bei 250°C eine Effizienz von annähernd 70% erreicht. Wie jedoch schon erwähnt, sind die von einem Dieselmotor abgegebenen Abgase über einen Großteil des Betriebszyklus zu kalt, um den LNC **30** über 250°C zu bringen. Eine typische NO_x-Wandlungseffizienz des LNC **30** ohne auf den aktiven Stellen absorbiertes Reduktionsmittel (Rechtecke in [Fig. 3](#)) beträgt etwa 30% bei Temperaturen unter 250°C. Dies führt, wenn der LNC **30** Abgase von Dieselmotoren verarbeitet, zu einer geringeren NO_x-Wandlungseffizienz als gewünscht, wenn das Reduktionsmittel gemäß bekannten Verfahren zugeführt wird. Wenn jedoch Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen im LNC **30** absorbiert wird, liegt die Wandlungseffizienz zwischen 50% und 95% im Temperaturbereich 140°C bis 250°C (Rauten in [Fig. 3](#)). Durch Verbesserung der Wandlungseffizienz von NO_x im Temperaturbereich 140°C bis 250°C, der bei Dieselmotoren ein kritischer Bereich ist, lässt sich die Gesamtwandlungseffizienz des LNC **30** für NO_x über einen typischen Fahrzyklus merklich erhöhen.

[0031] In der obigen Beschreibung wird die Bezeichnung: "NO_x-Wandlungseffizienz" in Verbindung mit einem LNC **30** verwendet. Eine andere Bezeichnung, die zur Erklärung der Erscheinung dienen kann, ist die Reaktionsrate. Reduktionsmittel, das unter vorgeschriebenen Bedingungen zugeführt wird, hat eine schnellere Reaktionsrate mit NO_x und führt zu einer höheren NO_x-Wandlungseffizienz. Die vorliegenden Erfinder haben die Theorie, dass eine höhere Reaktionsrate von Reduktionsmittel und NO_x durch die Speicherung von Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen im Katalysator erreicht wird. Umgekehrt reagiert auf den inaktiven Stellen gespeichertes Reduktionsmittel mit NO_x mit geringerer Reaktionsrate und führt zu einer niedrigeren NO_x-Wandlungseffizienz.

[0032] Die [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) sind für die Absorption von Ammoniak im LNC **30** wesentlich. Harnstoff ist eine wässrige Lösung, die Ammoniak enthält, und kann hier als Reduktionsmittel im LNC **30** verwendet werden. Die oben beschriebenen Phänomene lassen sich auch auf andere in der Zukunft eingesetzte Reduktionsmittel anwenden.

[0033] Die obige Diskussion der NO_x -Absorption im LNC **30** könnte fälschlicherweise den Leser dieser Beschreibung zu der Annahme bringen, dass der LNC **30** eine größere NO_x -Menge absorbiert. Die im LNC **30** absorbierte NO_x -Menge ist im Verhältnis zum Abgasmenge von NO_x im Abgas vernachlässigbar; nichtsdestoweniger reicht die kleine im LNC **30** absorbierte NO_x -Menge aus, um die Absorption von Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen im LNC **30** zu verhindern.

[0034] Die Diskussion der NO_x -Speicherung könnte auch den Leser dieser Beschreibung zu einer Verwechslung eines LNC mit einer Mager- NO_x -Auffangvorrichtung (LNT) bringen. Die Unterschiede zwischen einer LNT und einem LNC sind in [Fig. 4](#) gezeigt. Die Kurve **78** zeigt die Lambdawerte für einen LNT. Während des Betriebs herrscht, wenn Lambda größer als 1 ist, ein mageres Luft/Kraftstoffverhältnis, NO_x wird in dem LNT absorbiert und es kommt, wenn überhaupt, nur zu einer geringen Reduktion von NO_x . Ein derartiger Zyklus ist über eine Zeitdauer t_1 aufgetragen, die etwa 60 Sekunden dauert. Während der Dauer der NO_x -Absorption (t_1) wird NO_x nicht verarbeitet und stattdessen für eine spätere Verarbeitung gespeichert. Nach der NO_x -Absorption ist das Luft/Kraftstoffverhältnis zur fetten Seite verschoben, was in der Kurve **78** durch einen Lambdawert von etwa 0,9 über eine Zeitdauer von t_2 angedeutet ist, die mehrere Sekunden dauert. Wenn das Luft/Kraftstoffverhältnis fetter wird, wird mehr Kraftstoff zur Verfügung gestellt, als durch die zugeführte Luft oxidiert werden kann. Folglich enthalten die Abgasprodukte überschüssigen Kraftstoff oder teiloxidierten Kraftstoff, der als Reduktionsmittel für die LNT dient, wie die Kurve **80** zeigt. Auf diese Weise wird Reduktionsmittel, d.h. überschüssiger Kraftstoff, nur während der Zeitdauer t_2 eingeleitet. Die Reaktionsrate von NO_x zeigt die Kurve **82** für eine LNT, während der absorbiertes NO_x freigegeben und im t_2 -Intervall reduziert wird. Die Form der Kurve **82** ist lediglich beispielhaft; das wesentliche Merkmal der Kurve **82** ist, dass ein beträchtliche NO_x -Reduktion nur während der Zeitdauer t_2 stattfindet und dass die NO_x -Reduktionsrate während der Zeitdauer t_1 vernachlässigbar ist.

[0035] Bezug wird nun auf die Kurven **84**, **86** und **88** von [Fig. 4](#) genommen, die einen gemäß einem Aspekt der Erfindung arbeitenden LNC **30** zeigen. In der Kurve **84** ist das Luft/Kraftstoffverhältnis mager, d.h., dass Lambda ist größer als 1,0. Erfindungsgemäß wird das Reduktionsmittel während der Zeitdauer t_4 der Kurve **86** zugeführt und ist während der Zeitdauer t_3 vernachlässigbar. Die vorliegenden Erfinder haben erkannt, dass bei einem typischen Betrieb eines LNC mit typischen Volumen das Intervall t_3 etwa 3 Minuten und das Intervall t_4 etwa 10 Sekunden beträgt. D.h., dass Reduktionsmittel etwa 10 Sekunden lang oder kürzer zugeführt wird und dass das Reduktionsmittel während einer Zeitdauer von 3 Minuten verarmt. Die NO_x -Reduktionsrate gibt mit der Kurve **88** an, dass NO_x kontinuierlich reduziert wird, wobei die Reduktionsrate während des Zyklus etwas ansteigt und abfällt. Die wesentlichen Merkmale sind jedoch, dass NO_x kontinuierlich reduziert wird und dass diese Reduktion während des Betriebs eines Mager- NO_x -Katalysators mit einem mageren Luft/Kraftstoffverhältnis geschieht. Dies steht im Gegensatz mit einer LNT, bei der, wie im Intervall t_2 in der Kurve **82** gezeigt ist, die NO_x -Reduktion während kurzer NO_x -Reinigungs- oder -Spülintervalle stattfindet, die dem fetten Betrieb entsprechen, wie es das Intervall t_2 in der Kurve **78** zeigt.

[0036] Nun wird Bezug auf [Fig. 5](#) genommen, die ein Beispiel eines bekannten Verfahrens der Reduktionsmittelleinspeisung in einen LNC **30** veranschaulicht. Gemäß der Kurve **92** ist das zugeführte Reduktionsmittel proportional zur Massenströmungsrate von NO_x im Abgas, Kurve **90**. Andere Verfahren wurden zur Regelung der Reduktionsmittelzufuhr verwendet. Den bekannten Verfahren ist jedoch gemeinsam, dass Reduktionsmittel im wesentlichen kontinuierlich zugeführt wird. In dieser Erfindung kann, wie die Kurve **86** zeigt, Reduktionsmittel während einer kurzen mit t_4 bezeichneten Zeitdauer zugeführt werden. Die vorliegenden Erfinder haben bei der praktischen Ausführung dieser Erfindung erkannt, dass der Verbrauch von Reduktionsmittel in einem typischen Betriebszyklus etwas 1/3 geringer als bei den im Stand der Technik bekannten Verfahren ist. Außerdem führt, wie schon erwähnt, das durch die Erfindung vorgeschlagene Verfahren zu einer verbesserten NO_x -Wandlungseffizienz im Vergleich mit den Verfahren des Standes der Technik. Beide Faktoren führen dazu, dass weniger Reduktionsmittel in das Auspuffrohr schlüpft.

[0037] In den [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) ist die Kurve **86** ein Beispiel der Zufuhr von Reduktionsmittel zu einem LNC. Es stellt sich als günstig heraus, während des Intervalls t_3 nur eine geringe Reduktionsmittelmenge zuzuführen. Außerdem muss die Dauer der Intervalle t_3 und t_4 von Zyklus zu Zyklus nicht identisch sein. Kurve **86** ist ein Beispiel und soll nicht beschränkend sein.

[0038] Wichtig für diese Erfindung sind Mittel, durch die die Temperatur im Katalysator erhöht wird. Deshalb zeigt Tabelle 1 den Fachleuten bekannte Verfahren, die eine Abgastemperaturerhöhung bewirken.

Tabelle 1

Verfahren	Beschreibung
Drosseln der angesaugten Luftmasse	Verringert die Strömungsrate der Luft durch den Motor; die bei der Verbrennung freigesetzte Energie heizt eine Gesamtmasse weniger auf; höhere Abgastemperatur.
Verzögern der Einspritzzeit	Durch Verzögerung der Einspritzzeit wird die Verbrennung verzögert und die Druckerhöhung geschieht im Expansionshub später. Der in Kurbelarbeit umgesetzte Energieanteil wird verringert und die Abgasenthalpie erhöht (höhere Abgastemperatur).
Elektrische Heizung	Widerstandsheizung des Katalysators.
Kraftstoffbrenner im Abgasrohr	Einführung von Kraftstoff in das sauerstoffhaltige Abgas; Zünden des Abgases.
Kraftstoffhilfseinspritzung	Verwendung eines in den Zylinder einspritzenden Kraftstoffinjektors zur Einspritzung von Kraftstoff nach der Haupteinspritzung, d.h. während des Expansionshubs. Falls die Sekundärinjektion im Expansionshub früh erfolgt, wird Kraftstoff unwirksam verbrannt und führt zu höherer Abgastemperatur. Falls die Sekundärinjektion im Abgashub spät geschieht, wird Kraftstoff nicht oder nur teilweise oxidiert. Unverbrannter mit einem Katalysator in Berührung kommender Kraftstoff reagiert mit oxidierender Wirkung und verursacht eine exotherme Reaktion; die Abgastemperatur erhöht sich.

[0039] Jedes der in der Tabelle 1 beschriebenen Verfahren kann zur Erhöhung der Abgastemperatur verwendet werden.

[0040] Die Speicherung von Reduktionsmittel auf aktiven Stellen im LNC **30** kann in passiver Art erreicht oder aktiv vorgenommen werden. Die ECU **40** kann feststellen, dass der Motor **10** in einem Zustand arbeitet, der die Einspeicherung von Reduktionsmitteln auf den aktiven Stellen fördert und den Reduktionsmittelinjektor **20** zur Einspritzung von Reduktionsmittel während solcher Zustände anweisen, und dies in ein Beispiel einer passiven Ausführung des Ereignisses. Oder die ECU **40** kann aktiv den Motor **10** in einen Betriebszustand versetzen, in dem er die notwendigen Bedingungen in dem LNC **30** für die Absorption von Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen schafft.

[0041] [Fig. 6](#) ist ein Flussdiagramm, das einen aktiven Regelprozess darstellt. Der Motor **10** arbeitet normalerweise im Block **100**; d.h., dass die ECU **40** den Motor **10** unabhängig von den Belangen des LNC **30** regelt. Periodisch geht die Regelung zum Block **102**, in dem die im LNC **30** verbleibende, auf den aktiven Stellen absorbierte, Reduktionsmittelmenge ermittelt wird. Dies kann modellhaft in der ECU **40** auf der Basis der seit der Reduktionsmitteladdition vergangenen Zeit, der Geschichte der Betriebszustände seit der letzten Reduktionsmitteladdition, des Zustands des LNC **30**, der Abgasfühlersignale und aufgrund von Einflüssen anderer Motorparameter festgestellt werden. Der Regelprozess geht zum Block **104**, in dem ermittelt wird, ob das Niveau des im LNC **30** gespeicherten Reduktionsmittels zu gering ist. Die laufende Menge Q wird mit der Kapazität des LNC **30** oder mit dem Vollniveau Q_f mal einem Faktor emp verglichen. Der Faktor emp kann im Bereich von 0 bis 0,2 liegen. Falls emp den Wert Null hat, wirkt sich das so aus, dass der LNC **30** vor der Neuladung mit Re-

duktionsmittel vollständig geleert wird. Falls der Faktor emp den Wert 0,2 hat, wird eine Neuladung des LNC **30** bewirkt, wenn er noch etwa 20% seiner Gesamtreduktionsmittelkapazität enthält. Falls das Ergebnis des Blocks **104** negativ ist, kehrt der Regelprozess zum Block **100**, zum normalen Motorbetrieb, zurück. Falls Q kleiner als $emp \cdot Q_f$ ist, d.h., dass Block **104** ein positives Ergebnis liefert, geht der Regelprozess zum Block **106**, in dem ein das Speichern von Reduktionsmittel auf aktiven Stellen im LNC **30** förderlicher Zustand veranlasst wird. Dann geht der Regelprozess zum Block **108**, in dem Reduktionsmittel in den Abgasstrom injiziert wird. Die zugeführte oder hinzugefügte Menge Q_a ist eine Funktion der Differenz zwischen der Gesamtkapazität Q_f des LNC **30** und dem laufenden Niveau Q des Reduktionsmittels. Dann kehrt der Regelprozess zum Normalbetrieb im Block **100** zurück. Der Wert von Q sollte dann Q_f sein. Obwohl [Fig. 6](#) angibt, dass in dem Regelprozess der Block **106**, d.h. die Schaffung eines geeigneten Betriebszustands zum Speichern von Reduktionsmittel auf aktiven Stellen im LNC dem Block **108**, d.h. der Reduktionsmittelzufuhr, vorangeht, kann es sich bei der Entwicklung als günstig herausstellen, die Reduktionsmittelzufuhr, d.h. den Schritt **108**, vor dem Schaffen des geeigneten Betriebszustands, d.h. dem Schritt **106**, auszuführen. Es kann sich ergeben, dass es vorzuziehen ist, den LNC **30** nicht vollständig bis Q_f zu füllen. Stattdessen kann bevorzugt der LNC **30** auf etwa 90% der Menge Q_f gefüllt werden, um die durchgeschlüpfte Reduktionsmittelmenge weiter zu verringern.

[0042] In Block **106** wird "ein Betriebszustand, der das Speichern von Reduktionsmittel an aktiven Stellen im LNC bewirkt", befohlen. Wie oben diskutiert, sind entweder eine Temperatur im LNC **30** über einer Temperaturschwelle (Zustand B) oder eine Abgaskonzentration von NO_x unter einer Konzentrationsschwelle (Zustand A) geeignete Betriebszustände, die Anforderung im Block **106** befriedigen. Der Block **106** von [Fig. 6](#) ist in [Fig. 8](#) im Detail in Form von Blöcken **1060**, **1062**, **1064** und **1066** gezeigt. Im Block **1060** wird festgestellt, ob es einen "Zustand A" gibt, der sowohl die Bedingung $[NO_x]_{exh}$ kleiner $[NO_x]_{thr}$ und das vom Fahrer befohlene Drehmoment erfüllt. $[NO_x]_{thr}$ ist etwa 25 ppm, was eine sehr geringe NO_x -Konzentration ist und bei typischen Betriebszuständen nicht oft vorkommt. Derartig niedrige NO_x -Niveaus finden sich bei sehr kleinen Drehmomenten und bei Verlangsamungszuständen. Die NO_x -Konzentration kann durch Erhöhen der durch EGR zurückgeführten Abgasmenge oder durch eine Verzögerung der Einspritzzeit etwas verringert werden. Es gibt aber Drehmomente, für die sich keine Kombination der Kraftstoffeinspritzparameter, der EGR-Ventilposition, der Drosselventilposition oder anderer Parameter finden lässt, die weniger NO_x als $[NO_x]_{thr}$ erzeugt und die die Drehmomentanforderung noch erfüllt. Wenn ein "Zustand A" erkannt wird, liefert Block **1060** ein positives Ergebnis und dem Block **1062** wird der Zustand A angewiesen. Wenn kein "Zustand A" identifiziert werden kann, d.h., dass Block **1060** ein negatives Ergebnis liefert, fährt der Regelprozess mit Block **1064** fort. Im Block **1064** wird ein Betriebszustand B ermittelt, der die Temperatur des LNC **30** über die Temperaturschwelle bringt. Es ist nahezu immer möglich, eine die Temperaturschwelle übersteigende Temperatur zu erreichen und gleichzeitig die Drehmomentanforderung zu erfüllen. Dann geht der Regelprozess zum Block **1066**, wo der Motorregler ein Erreichen des Zustands B befiehlt. Die Regelung geht zu Block **108**, der bereits oben bezogen auf [Fig. 6](#) beschrieben wurde.

[0043] Ein passives Verfahren, durch das diese Erfindung realisiert werden kann, ist in [Fig. 8](#) gezeigt, das im Block **100** mit dem normalen Motorbetrieb beginnt. Periodisch wird Block **120** ausgeführt, der ermittelt, ob der laufende Zustand zur Speicherung von Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen führt. Genauer wird festgestellt, ob die Temperatur T_{LNC} des Mager- NO_x -Katalysators größer als eine Schwellentemperatur T_{thr} oder ob die NO_x -Konzentration $[NO_x]_{exh}$ im Abgas kleiner als ein NO_x -Konzentrationsschwellwert $[NO_x]_{thr}$ im Abgas ist. Wenn keine dieser Bedingungen erfüllt ist (negatives Ergebnis im Block **120**), kehrt der Regelprozess zum Block **120** zurück, um den normalen Motorbetrieb aufzunehmen. Wenn eine der Bedingungen im Block **120** erfüllt ist (positives Ergebnis im Block **120**), geht der Regelprozess zum Block **122**. Im Block **122** wird festgestellt, ob aktive Stellen im LNC **30** voll oder beinahe voll sind. D.h., dass die laufende Menge des auf den aktiven Stellen im LNC **30** enthaltenen Reduktionsmittels mit Q_f verglichen wird, d.h. mit der Kapazität der aktiven Stellen des LNC **30**. Der Faktor „ful“ liegt wahrscheinlich im Bereich 0,8 bis 1,0. Falls der Faktor „ful“ 1,0 ist, wird Reduktionsmittel zugesetzt. Falls der Faktor „ful“ 0,8 ist, dient er dazu, einen Zusatz von Reduktionsmittel zum LNC zu unterbinden, indem mehr als 80% der aktiven Stellen gefüllt sind. Um ein Durchschlüpfen von Reduktionsmittel zu vermeiden, könnte sich herausstellen, die Reduktionsmittelzufuhr zu vermeiden, wenn der LNC **30** fast voll ist. Wenn momentan weniger als das gewünschte Reduktionsmittelniveau gespeichert ist, d.h., dass vom Block **124** ein positives Ergebnis zurückgegeben wird, wird eine Reduktionsmittelmenge Q_a zugesetzt. Q_a bezieht sich auf die Differenz zwischen der Reduktionsmittelmenge des vollen LNC **30** und des momentanen, im LNC **30** vorhandenen, Reduktionsmittelniveaus Q . Dann geht die Regelung zum Block **100**, und der normale Motorbetrieb wird fortgesetzt. Ein negatives Ergebnis im Block **122** führt auch zurück zum Block **100**. Die bekannten Verfahren werden mit dem erfindungsgemäßen Verfahren in Tabelle 2 verglichen.

Tabelle 2

		Relativ	Relativ
Verfahren	Beschreibung	Kraftstoff- ökonomie	NO _x - Wandlungs- effizienz
Bekanntes Verfahren X	Die Abgastemperatur wird über 250°C gehalten; Reduktionsmittelzufuhr nahezu kontinuierlich	leidlich	gut
Bekanntes Verfahren Y	Abgastemperatur unregelt; Reduktionsmittelzufuhr proportional zur NO _x -Konzentration	sehr gut	leidlich
Verfahren gemäß einem Aspekt der Erfindung	Reduktionsmittel zuge- setzt, wenn Abgastempe- ratur periodisch über 300°C geht	gut	gut

[0044] Die bekannten Verfahren X und Y zeigen Nachteile bei der Kraftstoffökonomie und der NO_x-Wandlungseffizienz auf: Das Verfahren Y hat eine nur leidliche NO_x-Wandlungseffizienz und das Verfahren X nur eine leidliche Kraftstoffökonomie. Die Kraftstoffökonomie ist im Verfahren X deshalb gering, da Verfahren, die die Abgastemperatur anheben, zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch führen. Die Erfindung (die in [Fig. 3](#) durch die Kurve **76** repräsentiert ist) schafft eine NO_x-Wandlungseffizienz, die gleich der des bekannten Verfahrens X (Kurve **74** in [Fig. 3](#)) und bei Temperaturen oberhalb 250°C ist. Diese Erfindung ist dem bekannten Verfahren X hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs überlegen, da gemäß einem Aspekt dieser Erfindung die Temperatur des LNC **30** nur während eines Bruchteils der Zeit, während annähernd 5%, erhöht wird, im Vergleich mit dem bekannten Verfahren X, das eine konstante höhere Temperatur erfordert. Der Nachteil des bekannten Verfahrens Y ist seine geringe NO_x-Wandlungseffizienz, z.B. gemäß [Fig. 3](#) bei 200°C; das bekannte Verfahren erzielt eine 30%-ige NO_x-Wandlungseffizienz, während diese Erfindung eine 85%-ige Effizienz erreicht. Insgesamt ist die mit dieser Erfindung erzielte NO_x-Wandlungseffizienz so gut wie das bessere bekannte Verfahren, mit einer nur leicht verschlechterten Kraftstoffökonomie im Vergleich mit dem bekannten Verfahren Y, und dem Verfahren X darin überlegen.

[0045] Die vorliegenden Erfinder haben erkannt, dass das dem Katalysator während des Zustands der NO_x-Hemmung zugeführte Reduktionsmittel auf inaktiven Stellen gespeichert wird. Sie haben auch entdeckt, dass die NO_x-Hemmwirkungen daraufhin beseitigt werden und das auf den inaktiven Stellen gespeicherte Reduktionsmittel zu den aktiven Stellen diffundiert. Dieses Phänomen lässt sich auch durch die Zufuhr von Reduktionsmittel bei jedem Betriebszustand und ein darauf folgendes Überführen des Motors in einen Zustand nutzen, bei dem die NO_x-Hemmung nicht länger vorliegt, um den gewünschten Effekt, d.h. die Absorption des Reduktionsmittels auf den aktiven Stellen zu erreichen.

[0046] Die oben diskutierten Ausführungsbeispiele beziehen sich auf die Zufuhr von Reduktionsmittel, wenn im LNC **30** vorgeschriebene Betriebszustände herrschen. Obwohl der LNC **30** dementsprechend durch die Zufuhr des Reduktionsmittels einen höheren NO_x-Wandlungswirkungsgrad hat, kann es sich herausstellen, dass es vorzuziehen ist, eine Strategie zu verwenden, die das bekannte Reduktionsmittelzufuhrverfahren Y und die hier beschriebene Erfindung nutzt, um eine gewünschte NO_x-Reduktion mit einer minimalen Erhöhung des Kraftstoffverbrauchs zu erzielen.

[0047] Die oben diskutierten Ausführungsbeispiele treffen am besten bei einem Dieselmotor zu. Die Erfindung kann jedoch bei jedem Magerverbrennungssystem angewendet werden, bei dem eine Verringerung des NO_x-Anteils im Abgas erwünscht ist.

[0048] Oben wurden verschiedene bevorzugte Ausführungsbeispiele zur Durchführung der Erfindung detailliert beschrieben. Die Fachleute, die mit dieser Technik vertraut sind, werden jedoch leicht alternative Ausführungsbeispiele entwickeln.

rungsformen erkennen. Deshalb dienen die oben beschriebenen Ausführungsformen lediglich zur Erläuterung der Erfindung und können im Rahmen der beiliegenden Patentansprüche modifiziert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Zufuhr von Reduktionsmittel zu einem Katalysator, der mit einem mit einem mageren Luft/Kraftstoffverhältnis arbeitenden Verbrennungsmotor mit innerer Verbrennung gekoppelt ist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
Ermitteln einer im Katalysator gespeicherten Reduktionsmittelmenge; und
Zufuhr von Reduktionsmittel zum Katalysator, während die ermittelte Menge kleiner als eine erste vorbestimmte Menge ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt, der dem Katalysator Reduktionsmittel zuführt, unter vorbestimmten Bedingungen ausgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass ein Betriebszustand des Motors zur Erfüllung der vorbestimmten Bedingungen gewählt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmten Bedingungen eine Katalysatortemperatur aufweisen, die eine vorbestimmte Temperatur überschreitet.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Temperatur annähernd 300°C beträgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmten Bedingungen eine vorbestimmte Konzentration unterschreitende NO_x-Konzentration in dem Abgasstrom vom Motor aufweisen.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste vorbestimmte Menge eine unwesentliche Menge von im Katalysator gespeichertem Reduktionsmittel ist.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es einen weiteren Schritt aufweist, der den das Reduktionsmittel zuführenden Schritt im wesentlichen unterbricht, wenn die im Katalysator gespeicherte Reduktionsmittelmenge größer als eine vorbestimmte zweite Menge ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite vorbestimmte Menge auf der Angabe einer Reduktionsmittelspeicherkapazität des Katalysators beruht.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmten Bedingungen eine Absorption von Reduktionsmittel auf den aktiven Stellen innerhalb des Katalysators bewirken.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die aktiven Stellen aus Kupferoxid bestehen.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite vorbestimmte Menge auf der Angabe einer Anzahl von aktiven Stellen innerhalb des Katalysators beruht.
13. System zur Erhöhung der in einem Katalysator umgewandelten Menge von NO_x, wobei der Katalysator Abgas von einer Brennkammer aufnimmt, die mit einer auf der mageren Seite des stöchiometrischen Verhältnisses liegenden Luft/Kraftstoffmischung arbeitet, gekennzeichnet durch:
einen dem Abgas Reduktionsmittel zuführenden Injektor (**20**), der stromaufwärts des Katalysators (**30**) und stromabwärts der Brennkammer liegt, und
eine elektronische Regeleinheit (**40**), die operativ mit dem Injektor (**20**) und mit der Verbrennungskammer verbunden ist und die periodisch einen ersten Satz von Betriebszuständen der Brennkammer erzeugt und den Injektor (**20**) während dieses ersten Satzes von Betriebszuständen betätigt.
14. System nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass es außerdem einen stromabwärts des Katalysators (**30**) liegenden Abgasfühler (**44**) aufweist.
15. System nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasfühler (**44**) operativ mit der elek-

tronischen Regeleinheit (40) verbunden ist und letztere den Injektor aufgrund eines Signals vom Abgasfühler (44) betätigt.

16. System nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Satz Betriebszustände die Erzeugung einer Temperatur in dem Katalysator (30) über etwa 300°C aufweist.

17. System nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkammer die eines Brennkraftmotors mit Innenverbrennung ist.

18. Verfahren zur Erhöhung der NO_x-Wandlungseffizienz eines mit einem Verbrennungsmotors mit Innenverbrennung verbundenen Katalysators, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
Schaffen einer Angabe einer im Katalysator gespeicherten Reduktionsmittelmenge;
Erzeugen eines Betriebszustandes, der die Temperatur im Katalysator über eine vorbestimmte Temperatur anhebt, wenn die angegebene Menge des im Katalysator gespeicherten Reduktionsmittels kleiner als eine erste vorbestimmte Menge ist.

19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Temperatur annähernd 300°C ist.

20. Verfahren zur Erhöhung der NO_x-Wandlungseffizienz eines Katalysators, der mit einem Verbrennungsmotor mit innerer Verbrennung gekoppelt ist, gekennzeichnet durch folgende Schritte:
Schaffen einer Angabe einer Menge eines im Katalysator gespeicherten Reduktionsmittels;
Erzeugen eines Motorbetriebszustands, bei dem die vom Motor ausgestoßenen Abgase eine NO_x-Konzentration unter einer vorbestimmten Konzentration haben, wenn die angegebene Menge des im Katalysator gespeicherten Reduktionsmittels kleiner als eine erste vorbestimmte Menge ist.

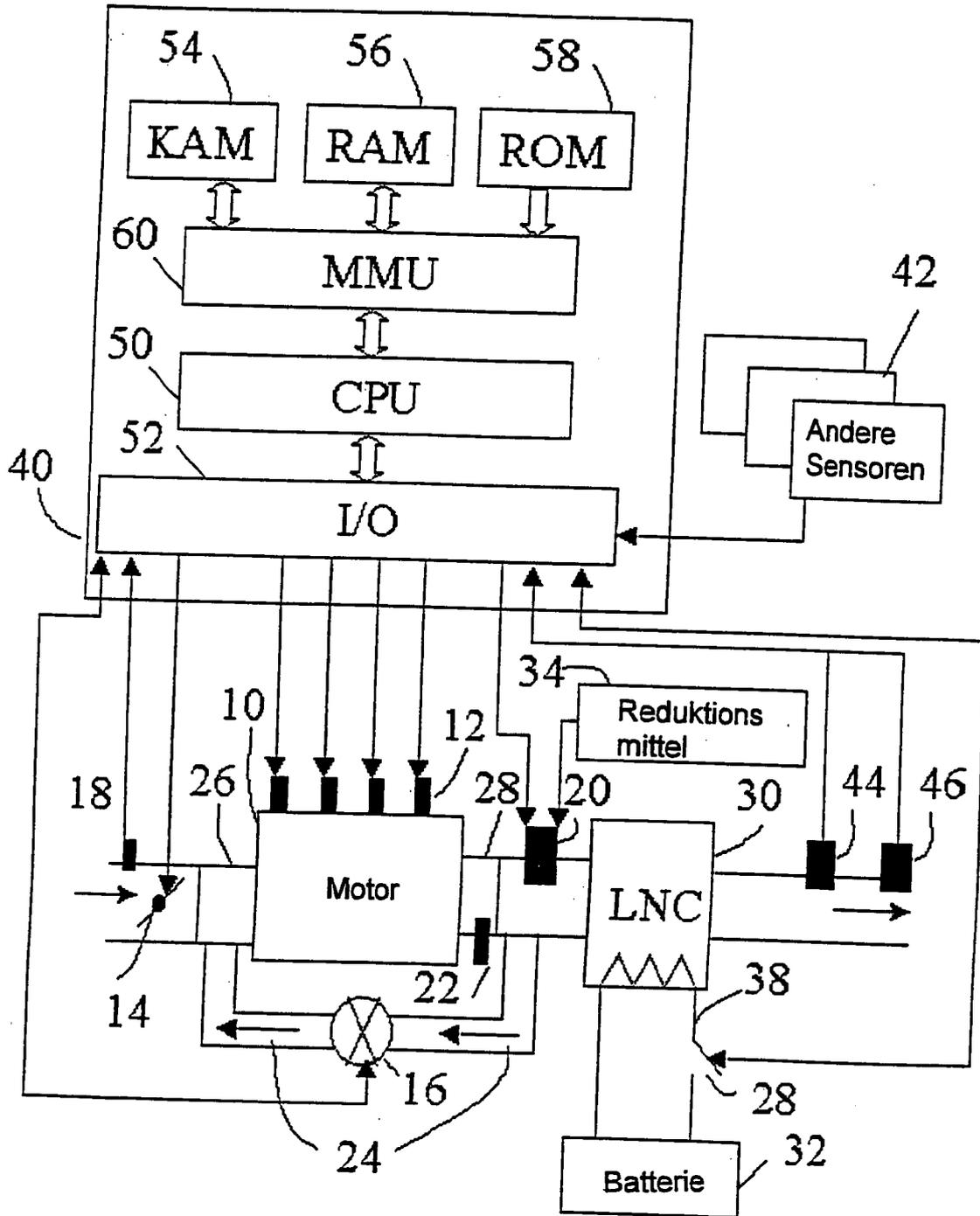
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Konzentration annähernd 25 ppm ist.

22. Computerlesbares Speichermedium, in dem Daten gespeichert sind, die von einem Computer ausführbare Befehle darstellen, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1, 18 oder 20 zur Regelung eines Verbrennungsmotors (10) mit Innenverbrennung und eines Injektors (20), der dem vom Motor ausgestoßenen Abgas einen stromaufwärts eines mit dem Motor verbundenen Katalysators (30) Reduktionsmittel einspritzt, dadurch gekennzeichnet, dass die Befehle aufweisen:
Befehle zur periodischen Erzeugung eines ersten Satzes Motorbetriebszustände; und
Befehle zur Einspritzung von Reduktionsmittel während des ersten Satzes der Motorbetriebszustände, wobei die Motorbetriebszustände des ersten Satzes Magerbetriebszustände sind.

23. Speichermedium nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Befehle weiterhin aufweisen:
Befehle zur Ermittlung einer auf den Oberflächen des Katalysators absorbierten Reduktionsmittelmenge; und
Befehle, um die Erzeugung des ersten Satzes der Motorbetriebszustände auszuführen, wenn die Menge des Reduktionsmittels im Katalysator kleiner als eine vorbestimmte Reduktionsmittelmenge ist.

Es folgen 8 Blatt Zeichnungen

Fig. 1



Fr. 2

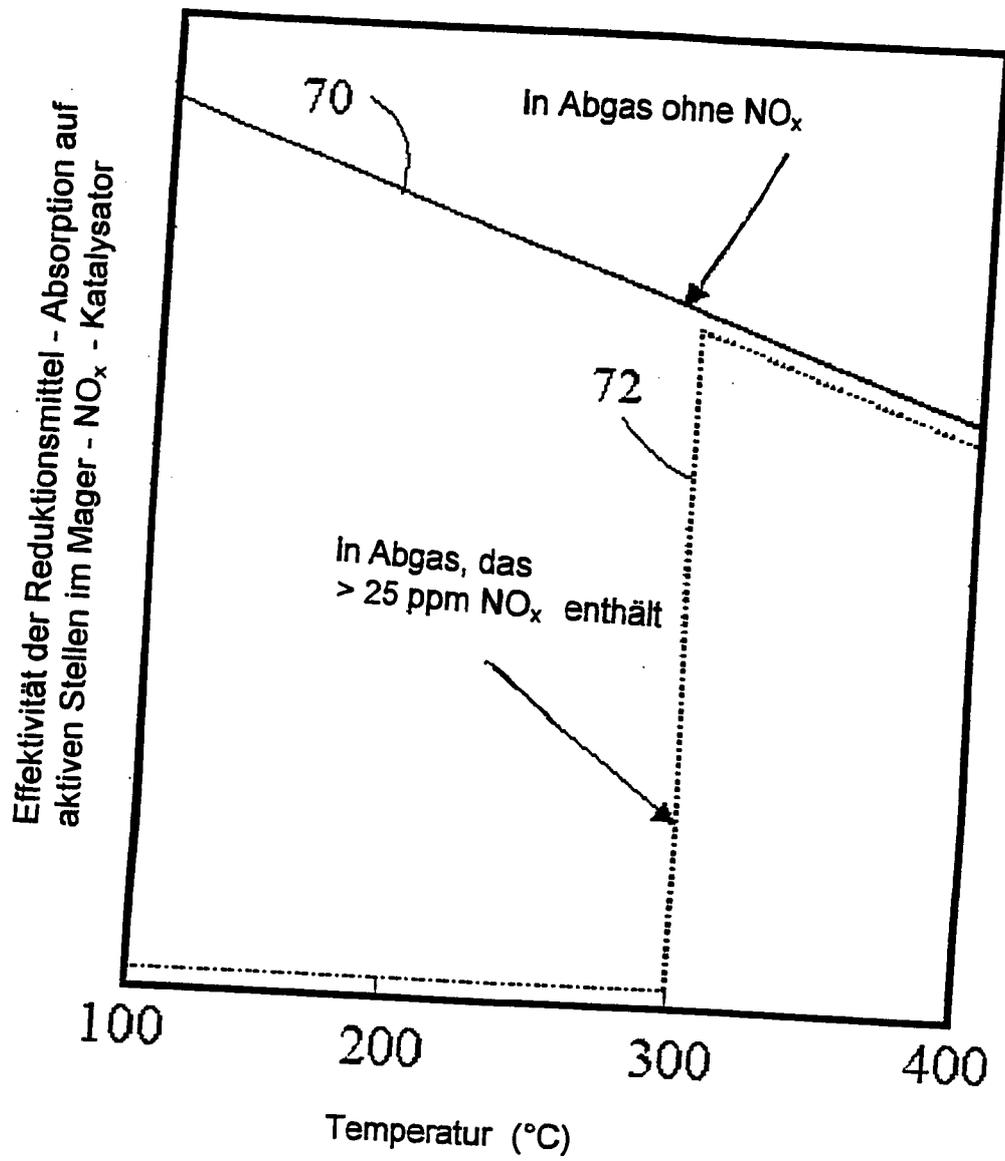


Fig. 3

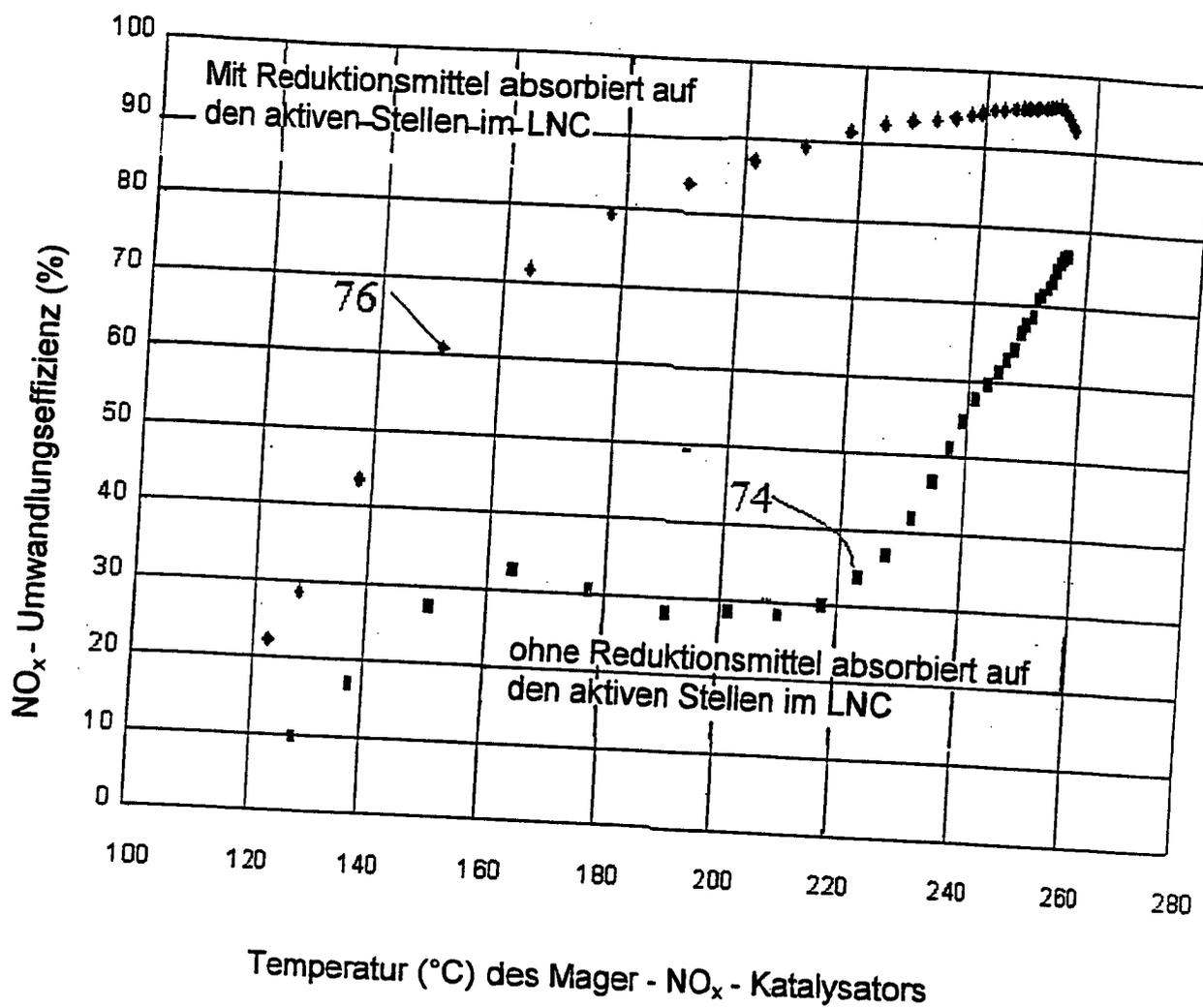


Fig. 4

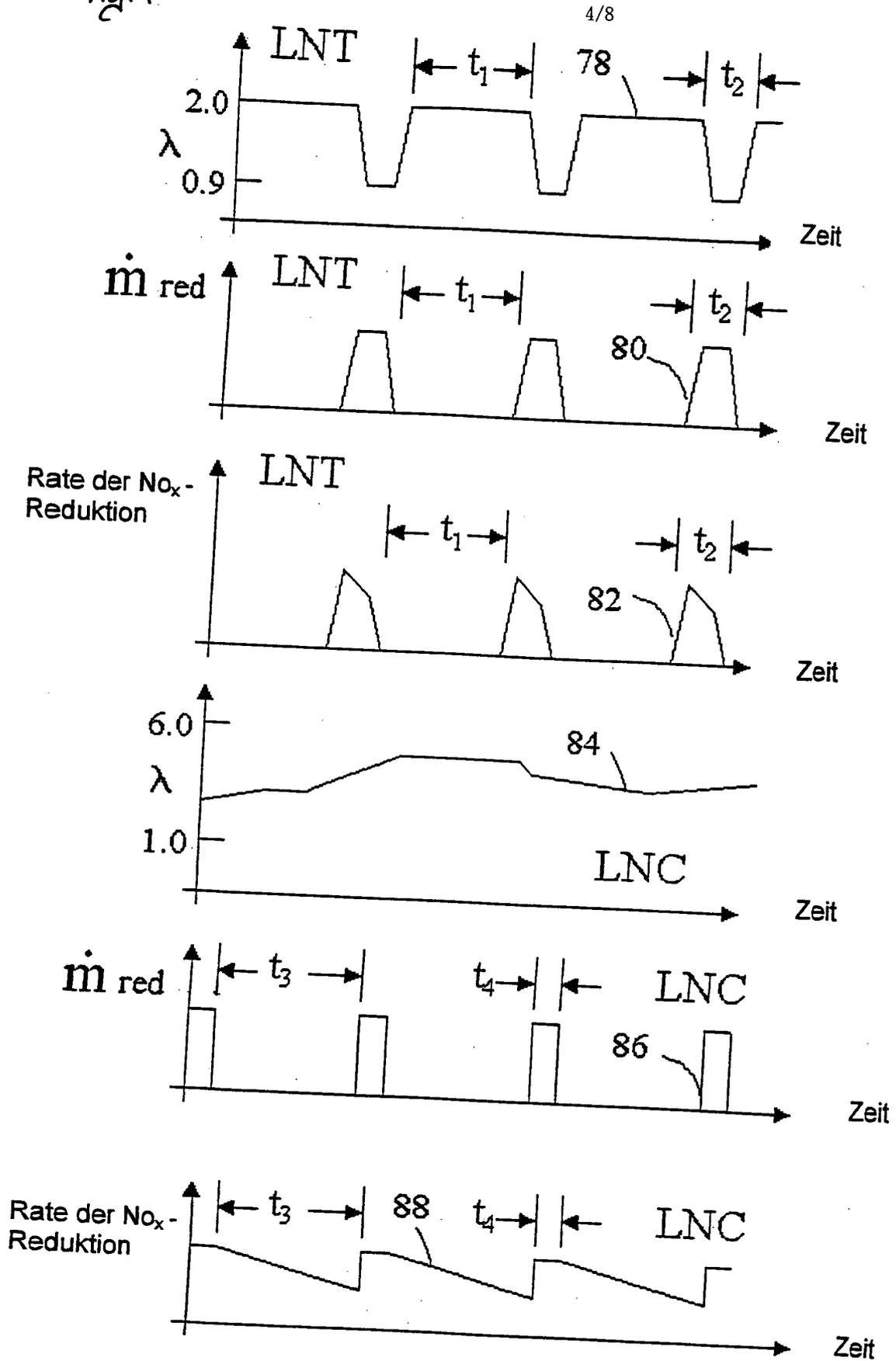


Fig.5

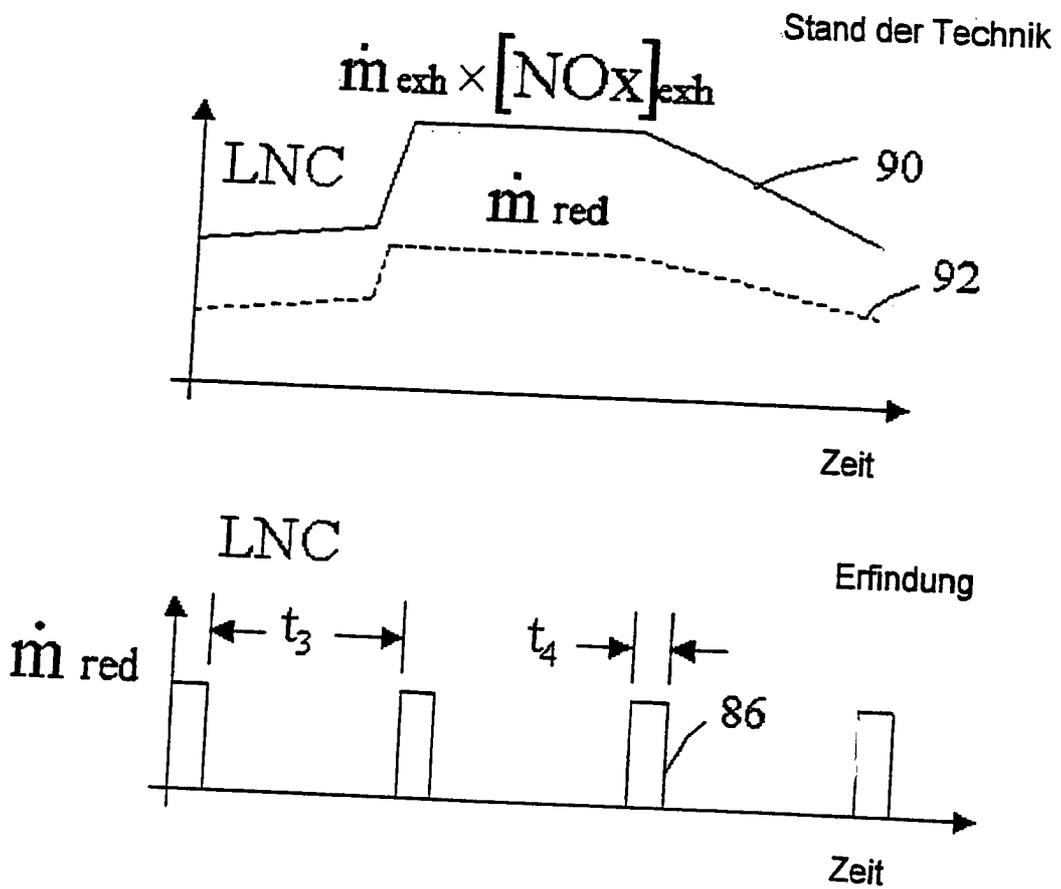


Fig. 6

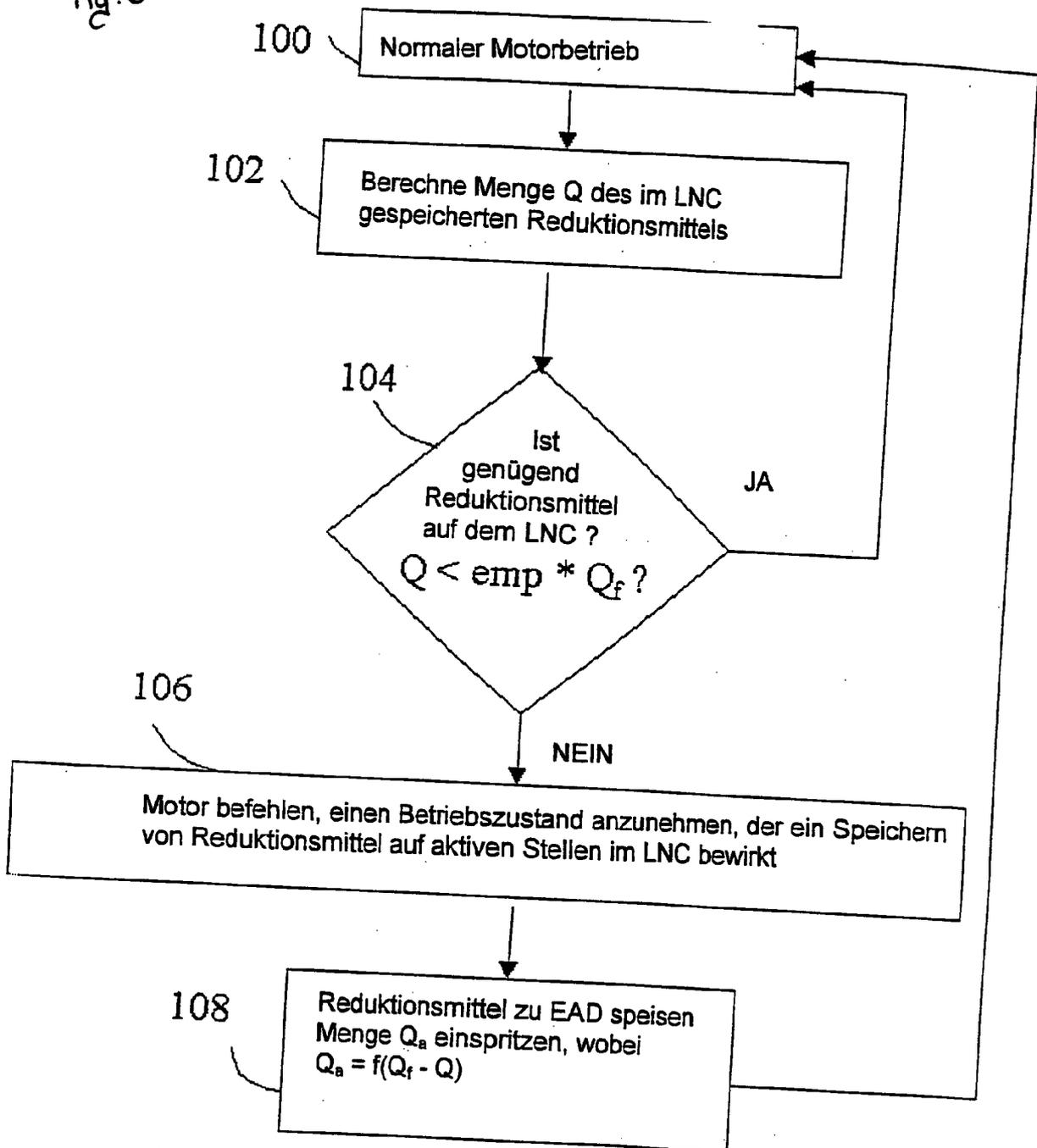


Fig. 7

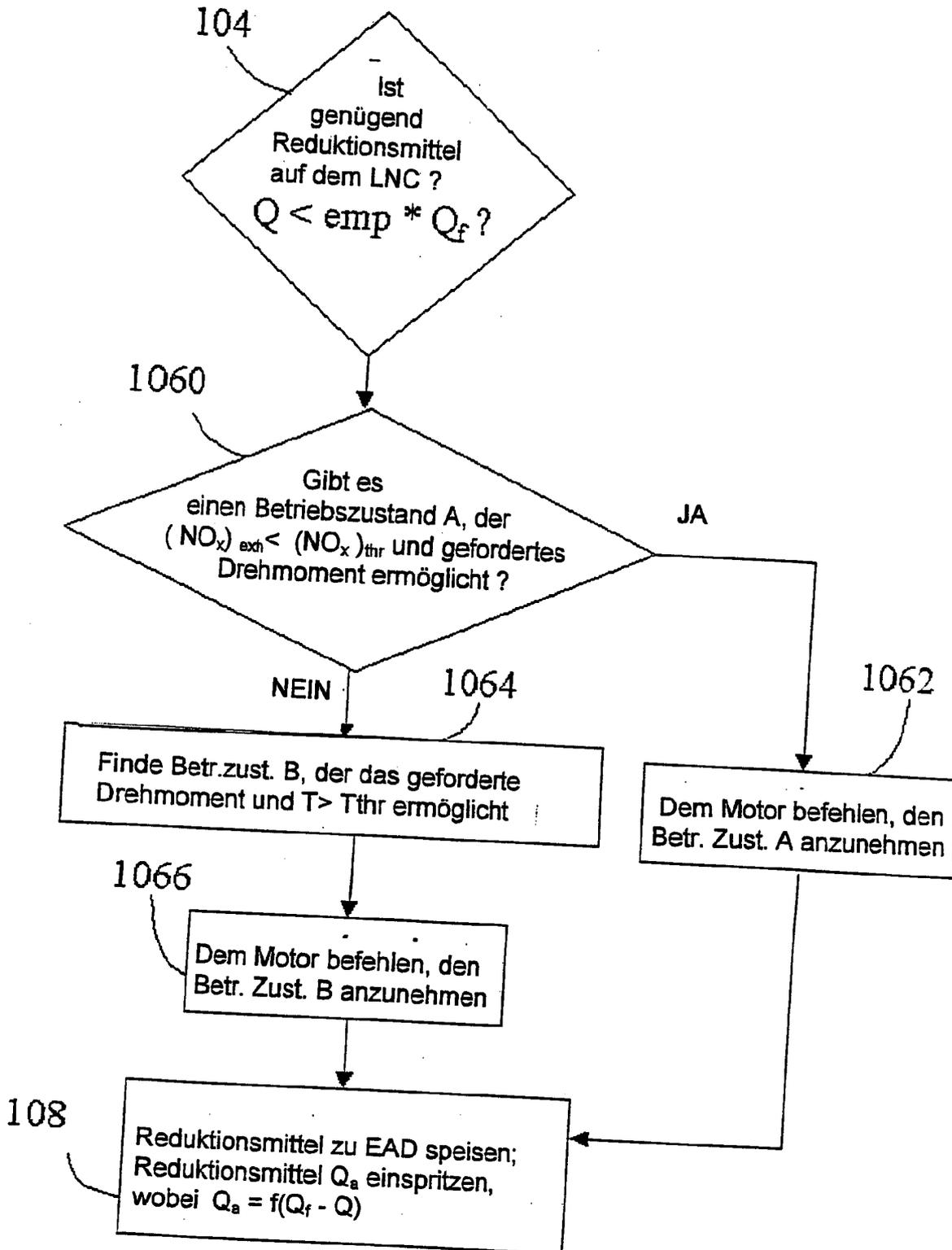


Fig. 8

