



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2005 012 943 A1 2006.09.28

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 012 943.9

(22) Anmeldetag: 21.03.2005

(43) Offenlegungstag: 28.09.2006

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: F02D 41/14 (2006.01)  
F02D 41/02 (2006.01)

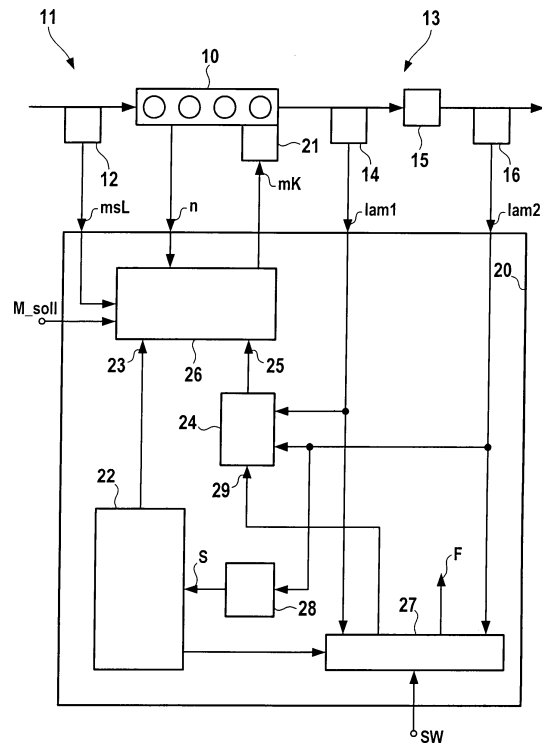
(71) Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:  
Handler, Torsten, 70435 Stuttgart, DE; Samuelsen,  
Dirk, 71636 Ludwigsburg, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

(57) Zusammenfassung: Es werden ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10), in deren Abgasbereich (13) in Strömungsrichtung des Abgases ein erster Breitband-Lambdasensor (14), der ein erstes Lambdasignal ( $\lambda_{m1}$ ) bereitstellt, ein NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (15) und ein zweiter Breitband-Lambdasensor (16), der ein zweites Lambdasignal ( $\lambda_{m2}$ ) bereitstellt, angeordnet sind, bei dem der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator (15) zyklisch die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Brennkraftmaschine (10) speichert und im Rahmen einer Nenn-Regeneration durch das Betreiben der Brennkraftmaschine (10) mit fettem/stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch regeneriert wird, und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens vorgeschlagen. Vorgenommen wird eine gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkte Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators (15), die eine bessere Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts im Abgas gegenüber der Nenn-Regeneration unterstützt. Am Ende der verstärkten Regeneration bei noch fettem/stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch ist eine Plausibilisierung/Korrektur des ersten Lambdasignals ( $\lambda_{m1}$ ) mit dem zweiten Lambdasignal ( $\lambda_{m2}$ ) vorgesehen.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, in deren Abgasbereich in Strömungsrichtung des Abgases ein erster Breitband-Lambdasensor, ein NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator und ein zweiter Breitband-Lambdasensor angeordnet sind, bei dem der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator zyklisch die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Brennkraftmaschine speichert und regeneriert wird, und von einer Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche.

**[0002]** In der DE 198 13 381 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine beschrieben, bei dem Kraftstoff entweder in einer ersten Betriebsart oder in einer zweiten Betriebsart eingespritzt wird. In der ersten Betriebsart ist ein so genannter Schichtbetrieb und in der zweiten Betriebsart ein so genannter Homogenbetrieb vorgesehen. Der Schichtbetrieb wird insbesondere bei kleineren Lasten verwendet, während der Homogenbetrieb bei größeren Lasten zur Anwendung kommt. Während des Schichtbetriebs, der einem vergleichsweise verbrauchsgünstigen Betrieb der Brennkraftmaschine entspricht, tritt eine erhöhte NO<sub>x</sub>-Emission der Brennkraftmaschine auf.

**[0003]** Im Schichtbetrieb wird eine Drosselklappe im Ansaugbereich der Brennkraftmaschine weitgehend geöffnet und die Verbrennung wird im Wesentlichen nur durch die eingespritzte Kraftstoffmasse festgelegt. Der Homogenbetrieb entspricht näherungsweise der Betriebsweise von Brennkraftmaschinen, bei denen in herkömmlicher Weise Kraftstoff in den Ansaugbereich der Brennkraftmaschine eingespritzt wird. Im Homogenbetrieb wird die Drosselklappe in Abhängigkeit von dem angeforderten Drehmoment geöffnet und geschlossen, wobei die einzuspritzende Kraftstoffmasse in Abhängigkeit von der angesaugten Luftmasse festgelegt wird.

**[0004]** Die in der ersten Betriebsart auftretenden erhöhten NO<sub>x</sub>-Emissionen können mit einem herkömmlichen 3-Wege-Katalysator nicht mehr vollständig unschädlich gemacht werden. An dieser Stelle kommen NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren zum Einsatz, welche das im Schichtbetrieb entstehende NO<sub>x</sub> zeitweise speichern.

**[0005]** In der DE 197 39 848 A1 sind verschiedene Betriebsverfahren einer Brennkraftmaschine beschrieben, in deren Abgasbereich ein NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator angeordnet ist. Aufgrund der endlichen Speicherkapazität des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators muss zwischendurch eine Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators vorgesehen werden, die durch ein Angebot von Kohlenwasserstoffen

und/oder Kohlenmonoxid erfolgt, die innermotorisch bereitgestellt werden. Die Bereitstellung von Kohlenwasserstoffen/Kohlenmonoxid wird dadurch erreicht, dass die Brennkraftmaschine in der Regenerierphase fett betrieben wird, wobei die Luftzahl Lambda kleiner oder höchstens gleich 1 ist.

**[0006]** Beschrieben sind mehrere Möglichkeiten zum Erkennen des Endes der NO<sub>x</sub>-Einspeicherungsphase. Eine Möglichkeit sieht eine Berechnung der in den NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator eingespeicherten NO<sub>x</sub>-Masse vor, die anhand eines Modells des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators und bekannter Brennkraftmaschinen-Betriebskenngrößen berechnet wird.

**[0007]** Beschrieben sind weiterhin mehrere Möglichkeiten zum Erkennen des Endes der Regenerationsphase. Eine Möglichkeit sieht den Einsatz eines stromabwärts nach dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator angeordneten Lambdasensors vor, der einen gegen Ende der Regenerationsphase auftretenden Fettdurchbruch detektiert.

**[0008]** Eine solche Möglichkeit, das Ende der Regenerationsphase mittels eines stromabwärts nach dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator angeordneten Lambdasensors zu detektieren, ist weiterhin in der DE 197 55 600 C2 beschrieben. Sobald der Lambdasensor einen Übergang von einem mageren auf ein fettes Abgas erkennt, bedeutet dies, dass der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator nicht mehr genügend Sauerstoff zur Oxidation der Kohlenwasserstoffe/des Kohlenmonoxid bereitstellt und dass der NO<sub>x</sub>-Speicher weitgehend regeneriert ist.

**[0009]** Die Detektion des Regenerationsendes setzt einen Fettdurchbruch voraus, der dadurch minimiert wird, dass die in jeweils einem Zeitintervall zugeführte Reduktionsmittelmenge gegenüber derjenigen Menge verringert wird, bei deren Zufuhr in einer vorhergehenden Zufuhrphase eine Reaktion des Lambdasensors aufgetreten ist.

**[0010]** In dem Fachbuch "Otto-Motor-Management/BOSCH", Verlag Vieweg, 1. Auflage, 1998, Seite 22–23, ist ein Breitband-Lambdasensor beschrieben, der einen Sensorraum aufweist, der über eine Diffusionsbarriere mit einem Gasraum, in welchem sich das zu untersuchende Gas befindet, verbunden ist. Im Sensorraum ist eine innere Pumpelektrode angeordnet, die mit einer äußeren Pumpelektrode und einem zwischen den Pumpelektroden liegenden Sauerstoffionen-leitenden Elektrolyten eine Pumpzelle bildet. Mit der Pumpzelle können Sauerstoffionen des Gases durch den Elektrolyten aus dem Sensorraum heraus- oder in den Sensorraum hineingepumpt werden. Neben der Pumpzelle ist eine Messzelle vorhanden, die zwischen der inneren Pumpelektrode und einer Referenzgaselektrode liegt, wobei zwischen der inneren Pumpelektrode und der Referenzgaselektrode eine Diffusionsbarriere vorhanden ist.

renzgaselektrode ebenfalls ein Sauerstoffionen-leitender Elektrolyt angeordnet ist. Die Messzelle entspricht einer Nernstzelle, bei der die im thermodynamischen Gleichgewicht sich zwischen der inneren Pumpelektrode und der Luftreferenzelektrode ausbildende Potentialdifferenz dem Logarithmus des Verhältnisses des Sauerstoff-Partialdrucks des Gases im Sensorraum und des Sauerstoff-Partialdrucks des Gases in der Luftreferenz proportional ist.

#### Aufgabenstellung

**[0011]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, in deren Abgasbereich in Strömungsrichtung des Abgases ein erster Breitband-Lambdasensor, ein NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator und ein zweiter Breitband-Lambdasensor angeordnet sind, bei dem der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator zyklisch die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Brennkraftmaschine speichert und im Rahmen einer Regeneration durch das Betreiben der Brennkraftmaschine mit fettem oder zumindest stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch regeneriert wird, und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben, die eine hohe Genauigkeit bei der Verarbeitung des vom ersten Breitband-Lambdasensor bereitgestellten Signals sicherstellen.

**[0012]** Die Aufgabe wird durch die in den unabhängigen Ansprüchen angegebenen Merkmale jeweils gelöst.

#### Vorteile der Erfindung

**[0013]** Das erfindungsgemäße Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, in deren Abgasbereich in Strömungsrichtung des Abgases ein erster Breitband-Lambdasensor, der ein erstes Lambdasignal bereitstellt, ein NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator und ein zweiter Breitband-Lambdasensor, der ein zweites Lambdasignal bereitstellt, angeordnet sind, bei dem der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator zyklisch die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Brennkraftmaschine speichert und im Rahmen einer Nenn-Regeneration durch das Betreiben der Brennkraftmaschine mit fettem oder zumindest stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch regeneriert wird, sieht zunächst eine gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkte Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators durch das Betreiben der Brennkraftmaschine mit fettem/stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch vor. Am Ende der verstärkten Regeneration bei noch fettem/stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch wird eine Plausibilisierung und/oder eine Korrektur des ersten Lambdasignals mit dem zweiten Lambdasignal vorgenommen.

**[0014]** Die erfindungsgemäße Vorgehensweise ermöglicht das Erkennen eines Fehlers oder einer Abweichung im ersten Sensorsignal des stromaufwärts vor dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator angeordneten ers-

ten Breitband-Lambdasensors, der im Kennlinienbereich für fettes Luft-Kraftstoff-Gemisch liegt, gegenüber dem entsprechenden Sensorsignal des stromabwärts nach dem NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator angeordneten zweiten Breitband-Lambdasensors. Insbesondere bei fettem Luft-Kraftstoff-Gemisch treten unterschiedliche Diffusionsgeschwindigkeiten der Abgasbestandteile in innerhalb eines Breitband-Lambdasensors angeordneten Schichten oder insbesondere in der Diffusionsbarriere auf die zu einer Verschiebung der Kennlinie führen. Die gegenüber beispielsweise Kohlenmonoxid schnellere Diffusionsgeschwindigkeit von beispielsweise Wasserstoff führt zu einem Ausgangssignal des Breitband-Lambdasensors, das ein fetteres Abgaslambda widerspiegelt als tatsächlich vorhanden ist. Im Gegensatz dazu verschieben langkettige Kohlenwasserstoffe aufgrund ihrer langsameren Diffusionsgeschwindigkeit beispielsweise gegenüber Kohlenmonoxid die Kennlinie Richtung mager.

**[0015]** Weiterhin können die Sensorsignale von baugleichen Sensoren aufgrund von Serienstreuungen oder beispielsweise aufgrund unterschiedlicher Einbauverhältnisse eine Abweichung der Kennlinie aufweisen, die durch die erfindungsgemäße Vorgehensweise zumindest plausibilisiert, erkannt und/oder korrigiert werden kann.

**[0016]** Die Plausibilisierung/Korrektur ist möglich, wenn davon ausgegangen wird, dass der erste und zweite Breitband-Lambdasensor mit einer vergleichbaren Zusammensetzung von Abgasbestandteilen beaufschlagt wird. Es hat sich herausgestellt, dass ein geeigneter Zeitpunkt zum Vergleich der Lambdasignale beim Betreiben der Brennkraftmaschine mit fettem Luft-Kraftstoff-Gemisch oder höchstens stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch wenigstens näherungsweise gegen Ende der Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators gegeben ist. Insbesondere konnte experimentell gezeigt werden, dass ein Vergleich der Lambdasignale am Ende einer gegenüber einer Nenn-Regeneration des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators verstärkten Regeneration auf die zuverlässigsten Ergebnisse führt. Es wird angenommen, dass durch die verstärkte Regeneration die Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts im NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator unterstützt wird. Der NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator wird besser konditioniert.

**[0017]** Die Plausibilisierung/Korrektur sieht beispielsweise einen Vergleich der auftretenden Signaltbereiche und/oder beispielsweise einen Vergleich der Signaldynamik vor. Bei der Signaldynamik kann es sich um einen Betrag einer Änderung und/oder eine zeitliche Bewertung einer Änderung handeln. Zumindest lassen sich im Rahmen der Plausibilisierung Abweichungen zwischen den Lambdasignalen erkennen, sodass anhand der erkannten Abweichungen gegebenenfalls eine Korrektur erfolgen kann.

**[0018]** Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ergeben sich aus abhängigen Ansprüchen.

**[0019]** Eine erste Maßnahme zur Durchführung der gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkten Regeneration sieht vor, dass die Temperatur des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators gegenüber der Temperatur bei der Nenn-Regeneration erhöht wird. Eine andere Maßnahme, die gegebenenfalls zusätzlich vorgesehen sein kann, sieht vor, dass zur Durchführung der gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkten Regeneration in unmittelbarer Folge mehr als eine Regeneration vorgesehen wird. Eine weitere Maßnahme, die gegebenenfalls zusätzlich vorgesehen sein kann, sieht vor, dass zur Durchführung der gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkten Regeneration eine Zeitverlängerung der wenigstens einen Regeneration vorgesehen wird.

**[0020]** Gemäß einer Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ist vorgesehen, dass die Plausibilisierung/Korrektur des ersten Lambdasignals mit dem zweiten Lambdasignal einen Vergleich der Signalbereiche der Lambdasignale und/oder einen Vergleich der Signaldynamik vorsieht.

**[0021]** Gemäß einer Ausgestaltung ist vorgesehen, dass die Plausibilisierung/Korrektur des ersten Lambdasignals mit dem zweiten Lambdasignal wenigstens eine Differenzbildung und wenigstens einen anschließenden Vergleich mit wenigstens einem Schwellenwert vorsieht. Eine Ausgestaltung sieht vor, dass die Korrektur der Kennlinie des ersten Breitband-Lambdasensors im Kennlinienbereich für fettes Luft-Kraftstoff-Gemisch bei einer Überschreitung des Schwellenwerts vorgenommen wird. Alternativ kann bei einer Überschreitung des Schwellenwerts oder bei einer Überschreitung eines anderen Schwellenwerts beispielsweise ein Fehlersignal bereitgestellt werden.

**[0022]** Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Betreiben der Brennkraftmaschine betrifft zunächst ein Steuergerät, das zur Durchführung des Verfahrens hergerichtet ist.

**[0023]** Das Steuergerät enthält insbesondere eine Diagnosesteuerung zur Vorgabe zumindest der verstärkten Regeneration sowie einen Vergleichler, der die von den beiden Breitband-Lambdasensoren bereitgestellten Lambdasignale miteinander und/oder die Differenz der beiden Lambdasignale mit jeweils wenigstens einem Schwellenwert vergleicht.

**[0024]** Das Steuergerät enthält vorzugsweise wenigstens einen elektrischen Speicher, in dem die Verfahrensschritte als Computerprogramm abgelegt sind.

**[0025]** Weitere vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorgehensweise ergeben sich aus weiteren abhängigen Ansprüchen und aus der folgenden Beschreibung.

#### Ausführungsbeispiel

#### Zeichnung

**[0026]** [Fig. 1](#) zeigt ein technisches Umfeld, in welchem ein erfindungsgemäßes Verfahren abläuft, [Fig. 2a](#) zeigt Lambdasignale in Abhängigkeit von der Zeit, [Fig. 2b](#) zeigt eine Kohlenmonoxid-Konzentration in Abhängigkeit von der Zeit und [Fig. 3](#) zeigt eine Kennlinie eines Breitband-Lambdasensors.

**[0027]** [Fig. 1](#) zeigt eine Brennkraftmaschine **10**, in deren Ansaugbereich **11** eine Lufferfassung **12** und in deren Abgasbereich **13** in Strömungsrichtung des Abgases ein erster Breitband-Lambdasensor **14**, ein NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysator **15** sowie ein zweiter Breitband-Lambdasensor **16** angeordnet sind.

**[0028]** Die Lufferfassung **12** gibt an ein Steuergerät **20** ein Luftsignal msL, die Brennkraftmaschine **10** ein Drehzahlsignal n, der erste Breitband-Lambdasensor **14** ein erstes Lambdasignal lam1 und der zweite Breitband-Lambdasensor **16** ein zweites Lambdasignal lam2 ab.

**[0029]** Dem Steuergerät **20** werden weiterhin ein Drehmoment-Sollwert M<sub>soll</sub> sowie ein Schwellenwert SW zugeführt. Das Steuergerät **20** gibt an eine Kraftstoff-Zumessvorrichtung **21** ein Kraftstoffsignal mK ab.

**[0030]** Der Drehmoment-Sollwert M<sub>soll</sub>, das Luftsignal msL, das Drehzahlsignal n, ein von einer Diagnosesteuerung **22** bereitgestelltes Regenerationssignal **23** sowie eine von einem Lambdaregler **24** bereitgestellte Lambda-Stellgröße **25** werden einer Kraftstoffsignal-Ermittlung **26** zur Verfügung gestellt, die das Kraftstoffsignal mK ermittelt. Das vom ersten Breitband-Lambdasensor **14** bereitgestellte erste Lambdasignal lam1 wird sowohl dem Lambdaregler **24** als auch einem Vergleichler **27** zur Verfügung gestellt. Das vom zweiten Breitband-Lambdasensor **16** bereitgestellte zweite Lambdasignal lam2 wird ebenfalls sowohl dem Lambdaregler **24** als auch dem Vergleichler **27** und darüber hinaus einem Regenerationsende-Detektor **28** zur Verfügung gestellt.

**[0031]** Der Vergleichler **27**, dem der Schwellenwert SW zugeführt wird, stellt dem Lambdaregler **24** ein Korrektursignal **29** zur Verfügung und gibt ein Fehlersignal F aus. Der Regenerationsende-Detektor **28** stellt der Diagnosesteuerung **22** ein Stoppsignal S zur Verfügung.

**[0032]** [Fig. 2a](#) zeigt das erste und zweite Lambdasi-

gnal lam1, lam2 in Abhängigkeit von der Zeit und [Fig. 2b](#) zeigt die stromabwärts nach dem NOx-Speicherkatalysator **15** auftretende Kohlenmonoxid (CO) – Konzentration in Abhängigkeit von der Zeit t. Zu einem ersten Zeitpunkt t1 beginnt eine Regeneration. Zu einem zweiten Zeitpunkt t2 beginnt ein Reagenzmittel-Durchbruch und zu einem dritten Zeitpunkt t3 ist die Regeneration beendet.

**[0033]** [Fig. 3](#) zeigt eine Kennlinie **30** der Breitband-Lambdasensoren **14**, **16**, bei der ein Pumpstrom  $I_p$  in Abhängigkeit von der Sauerstoff-Konzentration %O2 dargestellt ist. In einem ersten Bereich **31** mit Sauerstoffüberschuss ( $\lambda > 1$ ) liegt eine eindeutige Kennlinie **30** vor. In einem zweiten Bereich **32** mit Sauerstoffmangel ( $\lambda < 1$ ) hängt die Kennlinie **30** von der Abgas-Zusammensetzung ab. Bei überwiegend vorhandenem Kohlenmonoxid (CO) setzt sich die im ersten Bereich **31** gezeigte Kennlinie **30** ohne Abweichungen im zweiten Bereich **32** fort. Bei anwesenden insbesondere langkettigen Kohlenwasserstoffen (HC) findet eine Margerverschiebung und bei anwesendem Wasserstoff (H2) eine Fettverschiebung der Kennlinie **30** statt.

**[0034]** Erfindungsgemäß wird folgendermaßen vorgegangen:

Die Brennkraftmaschine **10**, bei der es sich vorzugsweise um eine direktspritzende Diesel- oder Benzin-Brennkraftmaschine handelt, kann zumindest in einer kraftstoffsparenden Betriebsart betrieben werden, bei der erhöhte NOx-Emissionen auftreten können. Zur Beseitigung der NOx-Emissionen ist der NOx-Speicherkatalysator **15** vorgesehen, der eine bestimmte Speicherkapazität aufweist. Der NOx-Speicherkatalysator **15** wird zyklisch mit NOx beladen und regeneriert.

**[0035]** Die zur Durchführung des normalen Betriebs des NOx-Speicherkatalysators **15** erforderlichen Komponenten sind in [Fig. 1](#) nicht näher dargestellt. Beispielsweise kann eine NOx-Speicherkat-Steuerung innerhalb des Steuergeräts **20** vorgesehen sein, die anhand von Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine **10** wie beispielsweise dem Luftsignal  $m_L$ , dem Drehzahlsignal  $n$  und/oder dem Kraftstoffsignal  $m_K$  die NOx-Rohemissionen der Brennkraftmaschine und/oder den Füllstand des NOx-Speicherkatalysators **15** berechnet und die Regeneration entsprechend steuert. Das Ende der Regeneration kann zusätzlich oder alternativ berechnet werden. Die Steuerung des NOx-Speicherkatalysators **15** kann weiterhin beispielsweise anhand eines von einem nicht näher gezeigten, stromabwärts nach dem NOx-Speicherkatalysator **15** angeordneten NOx-Sensors bereitgestellten NOx-Signals erfolgen.

**[0036]** Die Regeneration des NOx-Speicherkatalysators **15** kann durch Zuführen von Regenerationsmittel wie beispielsweise Kohlenmonoxid (CO) erfol-

gen. Im gezeigten Ausführungsbeispiel wird davon ausgegangen, dass das Regenerationsmittel innermotorisch durch einen zumindest stöchiometrischen oder insbesondere fetten Betrieb der Brennkraftmaschine **10** mit einer Luftzahl Lambda kleiner 1 oder höchstens gleich 1 bereitgestellt wird.

**[0037]** Zur Vorgabe des Luft-Kraftstoff-Gemischs wird insbesondere das Kraftstoffsignal  $m_K$  von der Kraftstoffsignal-Ermittlung **26** anhand der Lambda-Stellgröße **25** festgelegt, die der Lambda-regler **24** bereitstellt. Der Lambda-regler **24** ist während der Regeneration des NOx-Speicherkatalysators **15** in Betrieb. Er kann jedoch auch während der Vorgabe des mageren Luft-Kraftstoff-Gemisches einen Einfluss auf das Kraftstoffsignal  $m_K$  ausüben.

**[0038]** Im gezeigten Ausführungsbeispiel kann das Regenerationsende anhand des vom stromabwärts nach dem NOx-Speicherkatalysator **15** angeordneten zweiten Lambdasensor **16** bereitgestellten zweiten Lambdasignals lam2 detektiert werden. Der Regenerationsende-Detektor **28** vergleicht das zweite Lambdasignal lam2 mit einem Schwellenwert, der beispielsweise bei Lambda 0,97 liegt.

**[0039]** Die beiden Lambdasignale lam1, lam2 sind in [Fig. 2a](#) in Abhängigkeit von der Zeit t aufgetragen. In einem vor dem ersten Zeitpunkt t1 liegenden Zeitbereich wird davon ausgegangen, dass der Brennkraftmaschine **10** ein mageres Luft-Kraftstoff-Gemisch, entsprechend einer Luftzahl Lambda größer beispielsweise 1,05 zugeführt wird. Zum ersten Zeitpunkt t1 beginnt die Regeneration des NOx-Speicherkatalysators **15**, die dadurch eingeleitet wird, dass das der Brennkraftmaschine **10** zugeführte Luft-Kraftstoff-Gemisch angefettet wird, sodass ein Abgas-Lambda von beispielsweise 0,95 oder zumindest ein Abgas-Lambda von 1,00 – entsprechend dem stöchiometrischen Betrieb – erhalten wird.

**[0040]** Das zweite Lambdasignal lam2 geht nach Beginn der Regeneration zum ersten Zeitpunkt t1 von der Luftzahl Lambda von beispielsweise größer 1,05 auf einen Wert von wenigstens näherungsweise 1,00 zurück. Der NOx-Speicherkatalysator **15** stellt während der Regeneration wenigstens näherungsweise ein thermodynamisches Gleichgewicht ein, solange das eingelagerte NOx desorbiert wird. Die Regeneration nähert sich zum zweiten Zeitpunkt t2 dem Ende zu, bei dem ein Durchbruch des Regenerationsmittels (CO) aufzutreten beginnt. Das entsprechende Absinken des zweiten Lambdasignals lam2 unter den Wert von 1,00 wird im Regenerationsende-Detektor **28** zum Erkennen des Regenerationsendes herangezogen. Der Schwellenwert kann beispielsweise derart festgelegt werden, dass ein beginnender Reagenzmitteldurchbruch möglichst kurz nach dem zweiten Zeitpunkt t2 erkannt wird. Im gezeigten Ausführungsbeispiel soll das Regenerationsende zum drit-

ten Zeitpunkt t3 erkannt werden.

**[0041]** Wenn das zweite Lambdasignal lam2 den Schwellenwert unterschreitet, gibt der Regenerationsende-Detektor **28** das Stoppsignal S ab, das einer nicht näher gezeigten NOx-Speicherkat-Steuerung oder beispielsweise unmittelbar der Kraftstoffsignal-Ermittlung **26** zur Änderung des Luft-Kraftstoff-Gemisches zugeführt wird.

**[0042]** Aufgrund von unterschiedlichen Gasen im Abgas kann eine Verschiebung der Kennlinie **30** der Breitband-Lambdasensoren **14**, **16** im zweiten Bereich **32** auftreten. In [Fig. 3](#) ist zunächst eine Fettverschiebung der Kennlinie **30** aufgrund von Wasserstoff (H2) dargestellt, die im fetten Abgas bei einer Luftzahl Lambda kleiner 1 vorliegen kann. Aufgrund der gegenüber von Kohlenmonoxid (CO) höheren Diffusionsgeschwindigkeit beispielsweise in Schichten und/oder Diffusionsbarrieren der Breitband-Lambdasensoren **14**, **16**, die gemäß dem im eingangs genannten Stand der Technik aufgebaut sind, wird im Sensorraum mehr Sauerstoff verbraucht als bei einem Abgas, das beispielsweise weniger Wasserstoff (H2) enthält. Aufgrund des höheren Sauerstoffverbrauchs im Sensorraum wird ein betragsmäßig höherer Pumpstrom Ip benötigt, aus dem das Lambdasignal lam1, lam2 gewonnen wird. Ein höherer negativer Pumpstrom Ip entspricht einem fettverschobenen Lambdasignal lam1, lam2.

**[0043]** In [Fig. 3](#) ist weiterhin eine Magerverschiebung der Kennlinie **30** aufgrund von Kohlenwasserstoffen (HC) dargestellt, die ebenfalls im fetten Abgas bei einer Luftzahl Lambda kleiner 1 vorliegen können. Aufgrund der gegenüber von Kohlenmonoxid (CO) geringeren Diffusionsgeschwindigkeit beispielsweise in Schichten und/oder Diffusionsbarrieren der Breitband-Lambdasensoren **14**, **16**, die gemäß dem im eingangs genannten Stand der Technik aufgebaut sind, wird im Sensorraum weniger Sauerstoff verbraucht als bei einem Abgas, das beispielsweise weniger Kohlenwasserstoffe (HC) enthält. Aufgrund des geringeren Sauerstoffverbrauchs im Sensorraum wird ein betragsmäßig geringerer Pumpstrom Ip benötigt, der aus dem Lambdasignal lam1, lam2 gewonnen wird. Ein niedriger negativer Pumpstrom Ip entspricht einem magerverschobenen Lambdasignal lam1, lam2.

**[0044]** Als ein geeigneter Zeitpunkt zum Plausibilisieren/Korrigieren hat sich ein Zeitpunkt in der Nähe des Regenerationsendes des NOx-Speicherkatalysators **15** erwiesen, entsprechend der Zeitpunkte t2, t3. Experimentell wurde nachgewiesen, dass das vom zweiten Breitband-Lambdasensor **16** bereitgestellte zweite Lambdasignal lam2 dem tatsächlichen Abgas-Lambda mit höherer Genauigkeit entspricht, wenn eine verstärkte Regeneration des NOx-Speicherkatalysators **15** gegenüber einer Nenn-Regene-

ration im normalen Regenerationsbetrieb des NOx-Speicherkatalysators **15** vorgenommen wird. Durch die verstärkte Regeneration wird der NOx-Speicherkatalysator **15** besser konditioniert. Es wird angenommen, dass dadurch eine bessere Einstellung des thermodynamischen Gleichgewichts erzielt wird.

**[0045]** Die gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkte Regeneration des NOx-Speicherkatalysators kann von der Diagnose-Steuerung **22** mit dem Regenerationssignal **23** beispielsweise dadurch veranlasst werden, dass die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators **13** erhöht wird. Das Regenerationssignal **23** kann beispielsweise eine Maßnahme zum Erhöhen der Katalysatortemperatur veranlassen. Eine geeignete Maßnahme zum Beheizen des NOx-Speicherkatalysators **15** sieht beispielsweise vor, dass brennbare Abgasbestandteile und gleichzeitig Sauerstoff im NOx-Speicherkatalysator **15** vorhanden sind, die exotherm an einer katalytischen Fläche innerhalb des NOx-Speicherkatalysators **15** reagieren. Eine andere Maßnahme sieht beispielsweise eine Erhöhung der Abgastemperatur der Brennkraftmaschine **10** zur passiven Beheizung des NOx-Speicherkatalysators **15** vor.

**[0046]** Eine alternative Maßnahme, die gegebenenfalls zusätzlich vorgesehen sein kann, sieht zur Durchführung der verstärkten Regeneration eine Verlängerungen der Nenn-Regeneration vor. Nach dem Auftreten des Stoppsignals S, das der Regenerationsende-Detektor **28** bereitstellt, kann die Diagnosesteuerung **22** mit dem Regenerationssignal **23** die Kraftstoffsignal-Ermittlung **26** dazu veranlassen, das fette Luft-Kraftstoff-Gemisch der Brennkraftmaschine **10** noch für eine vorgegebene Verlängerungszeit von beispielsweise einigen Sekunden vorzugeben.

**[0047]** Eine weitere alternative Maßnahme, die gegebenenfalls zusätzlich vorgesehen sein kann, sieht zur Durchführung der verstärkten Regeneration des NOx-Speicherkatalysators **15** mehrere, mindestens 2 Regeneration in unmittelbarer zeitlicher Folge vor, wobei die Betriebsbedingungen der einzelnen Regenerationen vorzugsweise den Betriebsbedingungen bei der Nenn-Regeneration entsprechen.

**[0048]** Nach der Durchführung der verstärkten Regeneration mit wenigstens einer der beschriebenen Maßnahmen stimmt das zweite Lambdasignal lam2 mit dem tatsächlichen Abgas-Lambda besser überein als ohne eine verstärkte Regeneration.

**[0049]** Nach einer verstärkten Regeneration, zu einem Zeitpunkt, bei dem der Brennkraftmaschine **10** noch fettes/stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Gemisch zugeführt wird, erfolgt die Plausibilisierung/Korrektur. Die Plausibilisierung/Korrektur sieht beispielsweise einen Vergleich der auftretenden Sig-

nalbereiche und/oder beispielsweise einen Vergleich der Signaldynamik vor. Bei der Signaldynamik kann es sich um einen Betrag einer Änderung und/oder eine zeitliche Bewertung einer Änderung der Lambdasignale lam1, lam2 handeln. Zumindest lassen sich im Rahmen der Plausibilisierung Abweichungen zwischen den Lambdasignalen lam1, lam2 erkennen. Die Plausibilisierung kann im Vergleich **27** erfolgen.

**[0050]** Die Lambdasignale lam1, lam2 können im Vergleich **27** miteinander verglichen werden. Der Vergleich **27** kann die beiden Lambdasignale lam1, lam2 unmittelbar miteinander vergleichen und beispielsweise die Differenz bilden. Die Differenz kann beispielsweise mit dem Schwellenwert SW verglichen werden. Sofern der Schwellenwert SW überschritten ist, wenn demnach eine Korrektur des ersten Lambdasignals lam1 erforderlich ist, wird das Korrektursignal **29** bereitgestellt, das beispielsweise im Lambdaregler **24** beispielsweise zum Beeinflussen des ersten Lambdasignals lam1 herangezogen wird.

**[0051]** Mit dem Schwellenwert SW kann ein Grenzwert vorgegeben werden, bei dessen Überschreitung das vom ersten Breitband-Lambdasensor **14** bereitgestellte Lambdasignal lam1 im zweiten Bereich **32** der Kennlinie **30** als nicht mehr zuverlässig gilt. Daraufhin kann der Vergleich **27** das Fehlersignal F ausgeben, das beispielsweise zur Anzeige gebracht und/oder in einen nicht näher gezeigten Fehlerspeicher hinterlegt werden kann.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (**10**), in deren Abgasbereich (**13**) in Strömungsrichtung des Abgases ein erster Breitband-Lambdasensor (**14**), der ein erstes Lambdasignal (lam1) bereitstellt, ein NOx-Speicherkatalysator (**15**) und ein zweiter Breitband-Lambdasensor (**16**), der ein zweites Lambdasignal (lam2) bereitstellt, angeordnet sind, bei dem der NOx-Speicherkatalysator (**15**) zyklisch die NOx-Emissionen der Brennkraftmaschine (**10**) speichert und im Rahmen einer Nenn-Regeneration durch das Betreiben der Brennkraftmaschine (**10**) mit fettem oder zumindest stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch regeneriert wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkte Regeneration des NOx-Speicherkatalysators (**15**) durch das Betreiben der Brennkraftmaschine (**10**) mit fettem/stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch durchgeführt wird und dass am Ende der verstärkten Regeneration bei noch fettem/stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Gemisch eine Plausibilisierung und/oder Korrektur des ersten Lambdasignals (lam1) mit dem zweiten Lambdasignal (lam2) vorgenommen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-

zeichnet, dass zur Durchführung der gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkten Regeneration die Temperatur des NOx-Speicherkatalysators (**15**) erhöht wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zur Durchführung der gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkten Regeneration in unmittelbarer Folge mehr als eine Regeneration vorgesehen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Durchführung der gegenüber der Nenn-Regeneration verstärkten Regeneration eine Zeitverlängerung der wenigstens einen Regeneration vorgesehen wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Plausibilisierung des ersten Lambdasignals (lam1) mit dem zweiten Lambdasignal (lam2) wenigstens eine Differenzbildung und wenigstens einen anschließenden Vergleich mit wenigstens einem Schwellenwert (SW) vorsieht.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Plausibilisierung/Korrektur des ersten Lambdasignals (lam1) mit dem zweiten Lambdasignal (lam2) einen Vergleich der Signalbereiche und/oder der Signaldynamik vorsieht.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer vorgegebenen Abweichung des ersten Lambdasignals (lam1) vom zweiten Lambdasignal (lam2) ein Fehlersignal (F) bereitgestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Korrektur der Kennlinie (**30**) des ersten Breitband-Lambdasensors (**14**) bei einer vorgegebenen Abweichung des ersten Lambdasignals (lam1) vom zweiten Lambdasignal (lam2) vorgenommen wird.

9. Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche hergerichtetes Steuergerät (**20**) vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (**20**) eine Diagnosesteuerung (**22**) sowie einen Vergleich **(27)** zum Vergleich des ersten und zweiten Lambdasignals (lam1, lam2) enthält.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

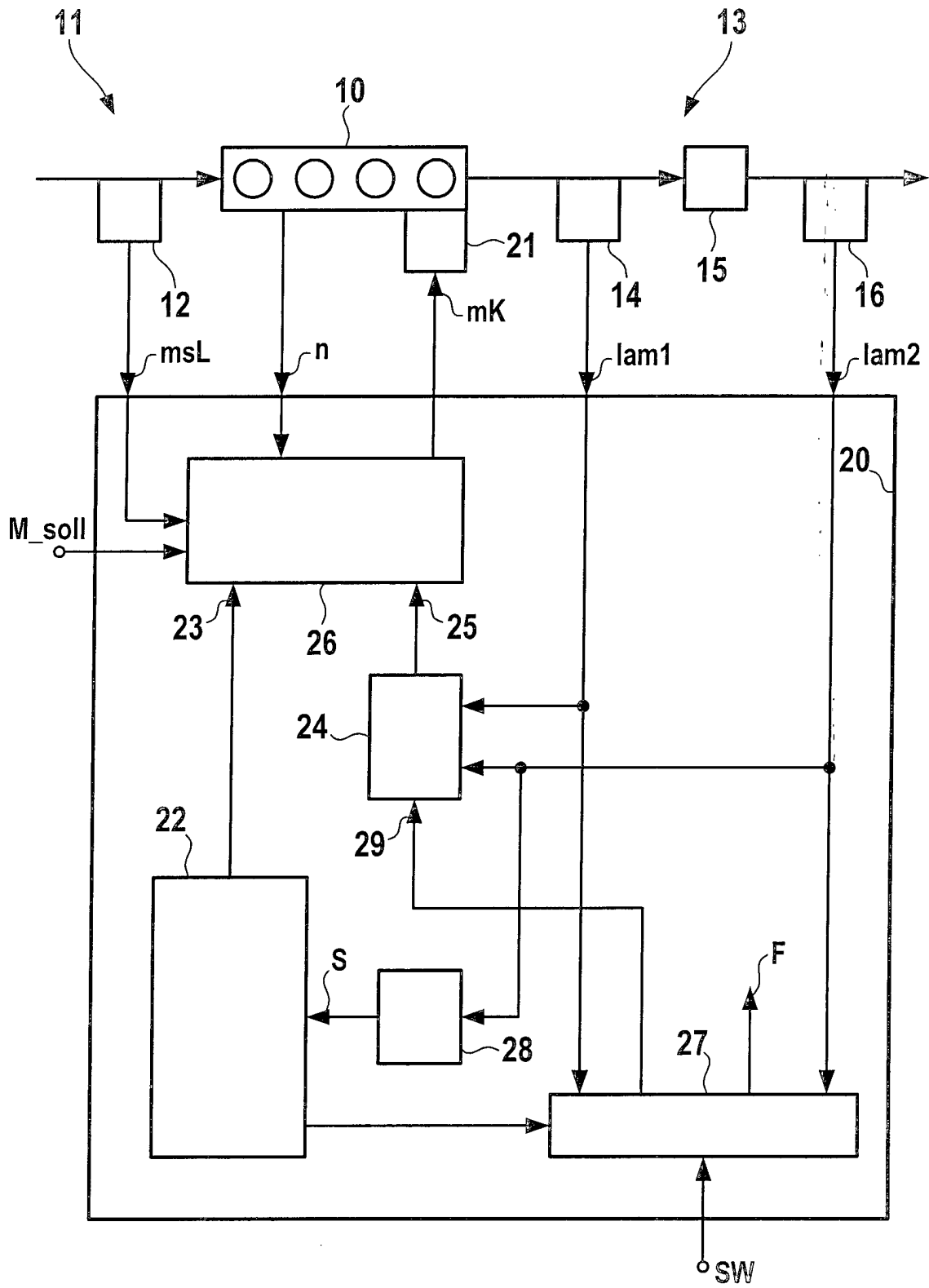


Fig. 1



Fig. 2a

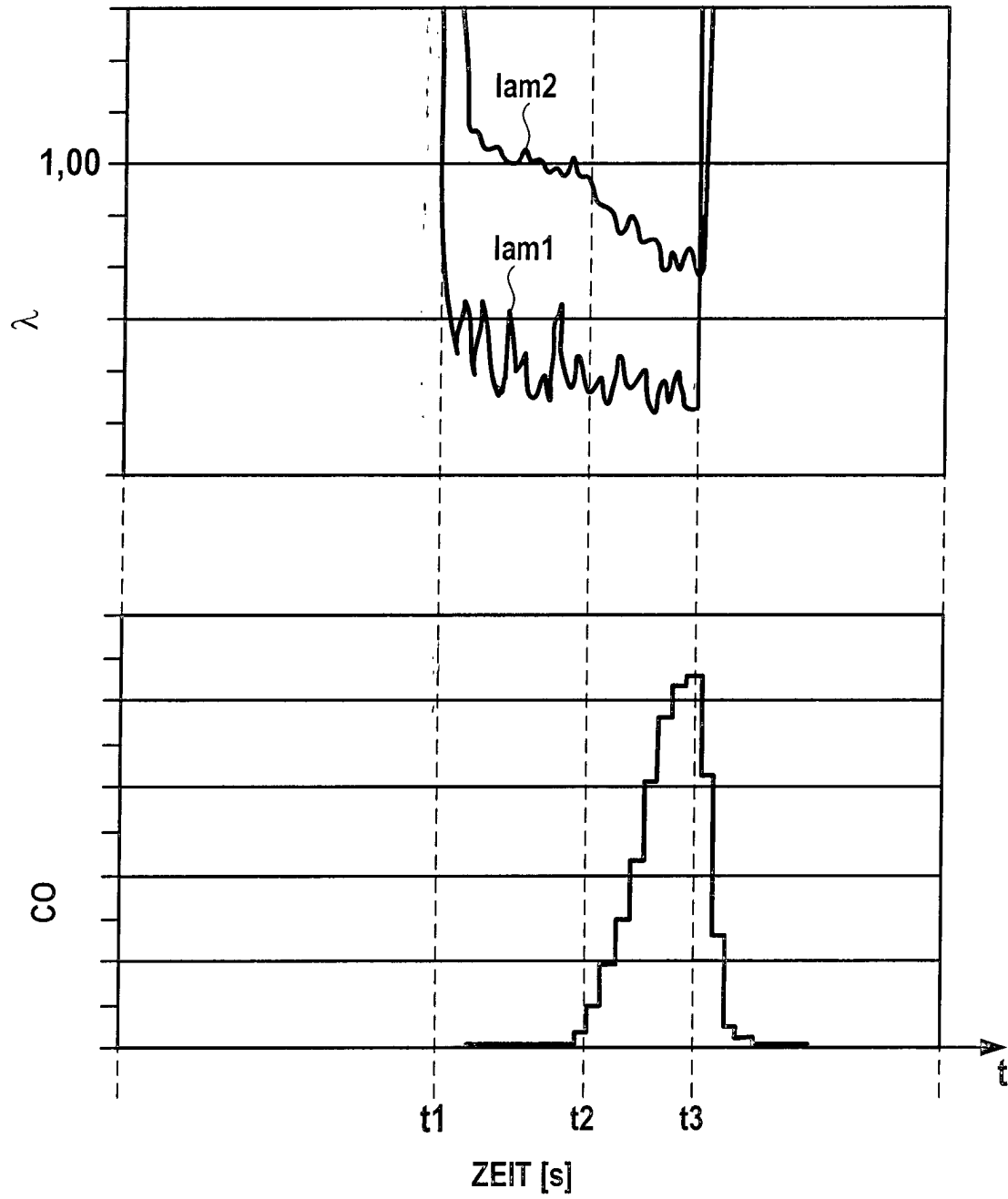


Fig. 2b

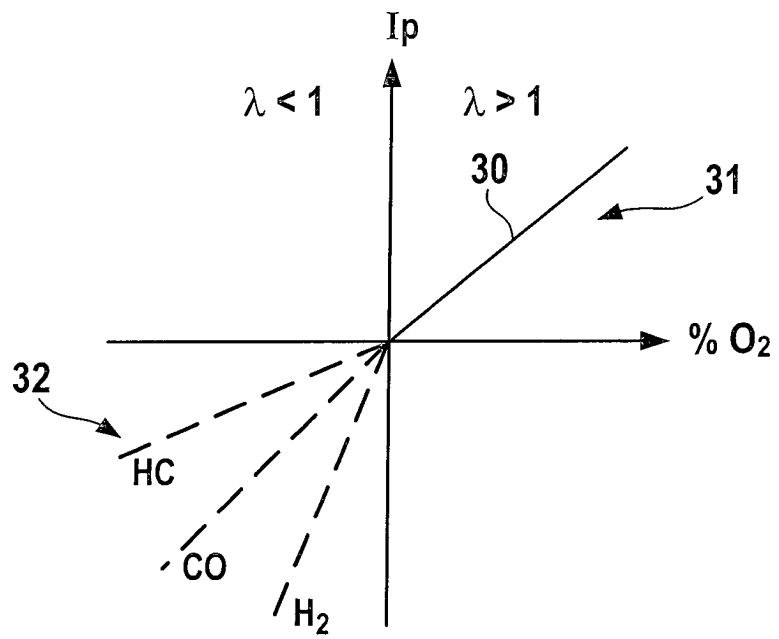


Fig. 3