



(11)

EP 2 464 849 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.04.2020 Patentblatt 2020/14

(51) Int Cl.:
F02D 41/14^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10737862.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/060634

(22) Anmeldetag: **22.07.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2011/018317 (17.02.2011 Gazette 2011/07)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR DYNAMIK-DIAGNOSE EINER ABGAS-SONDE**
METHOD AND DEVICE FOR DYNAMICALLY DIAGNOSING AN EXHAUST GAS PROBE
PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE DIAGNOSTIC DYNAMIQUE D'UNE SONDE DE GAZ
D'ÉCHAPPEMENT

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **10.08.2009 DE 102009028367**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.06.2012 Patentblatt 2012/25

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder:
• **PLONKA, Peter
71686 Remseck (DE)**

- **BLUDAU, Alexander
71634 Ludwigsburg (DE)**
- **FELDMANN, Benedikt
71665 Vaihingen/Enz (DE)**
- **STEINERT, Thomas
71384 Weinstadt (DE)**
- **MUELLER, Wolfgang
70736 Fellbach (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A2- 1 074 718 DE-A1- 19 548 071
DE-A1-102006 041 477 DE-A1-102008 006 631**

EP 2 464 849 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Dynamik-Diagnose einer in einem Abgaskanal einer Brennkraftmaschine angeordneten Abgas-Sonde, wobei die Dynamik-Diagnose nach einer Änderung eines Lambdawerts des Abgases und auf Basis eines Vergleichs eines gemessenen Signalanstiegs gegenüber einem erwarteten Anstieg des Signals durchgeführt wird, wobei ein Soll-/Ist-Vergleich zwischen einem Sollwert bildenden, berechneten O₂-Signal und einem Istwert bildenden, mit der Abgas-Sonde gemessenen O₂-Signal bzw. zwischen aus diesen Signalen abgeleiteten Signalen durchgeführt wird, wobei für den Soll-/Ist-Vergleich individuell ein dem jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine zugeordneter Sollwert gebildet und anschließend mit dem Istwert verglichen wird und wobei auf der Basis des Soll-/Ist-Vergleichs eine Dynamikbeurteilung der Abgas-Sonde erfolgt.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Vorrichtung zur Dynamik-Diagnose einer in einem Abgaskanal einer Brennkraftmaschine angeordneten Abgas-Sonde, deren Ausgangssignal einer Motorsteuerung zugeführt ist, der als weitere Eingangssignale mindestens noch Informationen einer Eingangsluftmasse und einer Kraftstoffdosierung aufgeschaltet sind, wobei die Motorsteuerung Einrichtungen zur Bestimmung eines berechneten O₂-Signals aus den Informationen der Eingangsluftmasse und der Kraftstoffdosierung aufweist.

[0003] Das Speichervermögen einer Abgasreinigungsanlage für Sauerstoff wird dazu ausgenutzt, in Magerphasen Sauerstoff aufzunehmen und in Fettphasen wieder abzugeben. Hierdurch wird erreicht, dass oxydierbare Schadgaskomponenten des Abgases konvertiert werden können. Eine der Abgasreinigungsanlage nachgeschaltete Abgas-Sonde dient dabei der Überwachung der Sauerstoff-Speicherfähigkeit der Abgasreinigungsanlage. Die Sauerstoff-Speicherfähigkeit muss im Rahmen der On-Board-Diagnose überwacht werden, da sie ein Maß für die Konvertierungsfähigkeit der Abgasreinigungsanlage darstellt. Zur Bestimmung der Sauerstoff-Speicherfähigkeit wird entweder die Abgasreinigungsanlage zunächst in einer Magerphase mit Sauerstoff belegt und anschließend in einer Fettphase mit einem Abgas bekannten Lambdas unter Berücksichtigung der durchtretenden Abgasmenge entleert oder die Abgasreinigungsanlage zunächst in einer Fettphase von Sauerstoff entleert und anschließend in einer Magerphase mit einem Abgas bekannten Lambdas unter Berücksichtigung der durchtretenden Abgasmenge aufgefüllt. Die Magerphase wird beendet, wenn die der Abgasreinigungsanlage nachgeschaltete Abgas-Sonde den Sauerstoff detektiert, der nicht mehr von der Abgasreinigungsanlage gespeichert werden kann. Ebenso wird eine Fettphase beendet, wenn die Abgassonde den Durchtritt von fettem Abgas detektiert. Weiterhin dient ein Ausgangssignal der

Abgas-Sonde als Zusatzinformation für eine Lambdaregelung, die jedoch weitgehend auf einem Ausgangssignal einer vor der Abgasreinigungsanlage angeordneten Lambda-Sonde beruht.

[0004] Altert die Abgas-Sonde, reagiert das Ausgangssignal der Abgas-Sonde verlangsamt auf Änderungen der Abgas-Zusammensetzung und es können sich Abweichungen in der Diagnose der Abgasreinigungsanlage ergeben, die dazu führen können, dass eine nicht mehr korrekt arbeitende Abgasreinigungsanlage fälschlich als funktionsfähig bewertet wird. Einer Dynamiküberwachung der Abgas-Sonde wird daher ein hoher Stellenwert zugemessen.

[0005] Unter der Dynamiküberwachung versteht man das Bewerten der Reaktionsgeschwindigkeit der Abgas-Sonde auf eine sich ändernde O₂-Konzentration. Durch Alterung und Verschmutzung der Sondenkeramik bzw. der Sondenhülse besteht die Möglichkeit, dass die O₂-Konzentration des Abgases stark verzögert gemessen wird. Aufgrund dessen würden emissionsrelevante Funktionen, welche das Lambdasignal als Eingangsgröße benötigen, verzögert betrieben. Dadurch kann es zu einem Überschreiten der Emissionsgrenzwerte kommen, die durch den Gesetzgeber (europäische Behörden oder CARB, EPA) vorgegeben sind.

[0006] Ein Verfahren bzw. eine Vorrichtung der eingangs genannten Art sind in der EP 1 074 718 A2 angegeben. Bei diesem bekannten Verfahren bzw. der Vorrichtung wird innerhalb eines vorgebbaren Diagnosezeitraums ein Messsignal einer im Abgaskanal hinter einem Katalysator angeordneten Lambda-Sonde erfasst, anhand eines Modells für die Brennkraftmaschine ein Sollsignal der Lambda-Sonde ermittelt und ein Verhältnis des Messsignals zum Sollsignal gebildet, um einen Kontrollwert zu erhalten, der mit einem vorgebbaren Grenzwert verglichen wird.

[0007] Ein weiteres bekanntes Verfahren zur Diagnose einer Abgasreinigungsanlage bewertet beispielsweise auch das Verhältnis der Amplituden der Ausgangssignale der vor der Abgasreinigungsanlage angeordneten Lambda-Sonde und der nachgeschalteten Abgas-Sonde. Eine funktionsfähige Abgasreinigungsanlage dämpft durch ihre Speicherfähigkeit die Amplitude einer Schwingung des Sauerstoffgehalts des Abgases am Ausgang der Brennkraftmaschine, so dass das Verhältnis der Amplituden vor und nach der Abgasreinigungsanlage einen hohen Wert ergibt. Eine verlangsamte Reaktion der nachgeschalteten Abgas-Sonde führt allerdings ebenfalls zu einer Verringerung der Amplitude ihres Ausgangssignals, wodurch die Sauerstoff-Speicherfähigkeit der Abgasreinigungsanlage als zu hoch bewertet wird. Eine nicht mehr den Anforderungen entsprechende Abgasreinigungsanlage kann so unter Umständen fälschlich als korrekt funktionierend eingestuft werden.

[0008] Eine Dynamikdiagnose wird dadurch erschwert, dass das Ausgangssignal der Abgassonde von dem Anfangs- und End-Lambdawert bei einem Fett-Mager- oder Mager-Fett-Sprung abhängt. Hinzu kommt der

oben geschilderte Einfluss der Abgasreinigungsanlage, zu dem noch die Einflüsse der Temperatur und des Alters der Abgasreinigungsanlage hinzukommen.

[0009] Ein Verfahren zur Dynamik-Diagnose einer Abgas-Sonde ist in der DE 1 972 233.4 angegeben. Die Abgassonde ist im Abgas hinter einer Abgasreinigungsanlage angeordnet. Als Beurteilungskriterium wird die Änderungsgeschwindigkeit eines Ausgangssignals der Abgas-Sonde benutzt, die beispielsweise nach dem Beginn einer Phase mit Schubbetrieb auftritt. Nachteilig ist hierbei, dass dieses Verfahren nur bei einem sehr hohen Luftmassenfluss (>> 50kg/h) arbeitet, da nur dann der Katalysatoreinfluss vernachlässigt werden kann. In solchen Betriebszuständen kann es aber zu unerwünschten Zuständen beim Wiedereinsetzen nach der Schubphase kommen.

[0010] In der DE 10 2006 041 477 A1 wird ein Verfahren zur Dynamik-Diagnose einer in einem Abgaskanal einer Brennkraftmaschine nach einer Abgasreinigungsanlage angeordneten Abgas-Sonde beschrieben, wobei die Dynamik-Diagnose gleichzeitig mit einer sprunghaften Änderung eines Lambdawertes das Abgases von Fett nach Mager oder von Mager nach Fett durchgeführt wird.

[0011] Weitere Verfahren und Vorrichtungen zur Dynamik-Diagnose einer Abgas-Sonde sind in der DE 10 2008 006 631 und der DE 195 48 071 A1 gezeigt.

[0012] Die heutige Funktion der Dynamiküberwachung berechnet bei einem gültigen Last-Schub-Übergang auf Basis der gemessenen O₂-Konzentration zwei O₂-Schwellwerte. Die gemessene Anstiegszeit der O₂-Konzentration vom ersten zum zweiten Schwellwert wird als Bewertungskriterium der dynamischen Eigenschaften der Abgas-Sonde herangezogen. Bleibt die gemessene Anstiegszeit unter einem fixen Schwellwert, erfolgt eine Intaktmeldung, andernfalls wird ein Defekt gemeldet. Damit plausibilisiert sich das Lambdasignal in einem zu applizierenden Betriebsbereich gegenüber einem fixen Wert.

[0013] Nachteilig ist dabei, dass eine Festlegung des Betriebsbereichs von den Bauteiltoleranzen der vorgelegerten Bauteile inklusive Sensoren und Aktuatoren abhängt. Etwaiges Driften der Bauteilcharakteristik ist in fixen Schwellwerten nicht berücksichtigt. Weiterhin kann mit diesen fixen Schwellwerten nur ein eingeschränkter Betriebsbereich für Lastwechsel für eine Dynamik-Diagnose verwendet werden. Ebenso können dynamische Eigenschaften der Abgas-Sonde mit fixen Schwellwerten nicht immer richtig diagnostiziert werden, so dass als Resultat eine dynamisch defekte Abgas-Sonde als i.O. bewertet werden kann, was vor dem Hintergrund massiv gesteigener bzw. steigender Gesetzesanforderungen zur On-Board-Diagnose (OBD) als kritisch anzusehen ist.

[0014] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Dynamik-Diagnose einer Abgas-Sonde bereitzustellen, das eine höhere und zuverlässigere Trennschärfe der dynamischen Eigenschaften der Abgas-Sonde

über einen Betriebsbereich ermöglicht und den Einfluss des Betriebsbereichs auf die Freigabe einer Dynamikplausibilisierung des Sonden-Ausgangssignals verringert.

5

Offenbarung der Erfindung

Vorteile der Erfindung

10

[0015] Die das Verfahren betreffende Aufgabe wird dadurch gelöst, dass bei einem Last-Schub-Übergang ein Soll-/Ist-Vergleich zwischen einem berechneten O₂-Signal und einem mit der Abgas-Sonde gemessenen O₂-Signal bzw. zwischen aus diesen Signalen abgeleiteten Signalen durchgeführt werden. Mit dem Verfahren können dynamische Prozesse gegenüber dem Stand der Technik zuverlässiger berücksichtigt werden, so dass eine verbesserte Trennschärfe, unabhängig vom Betriebspunkt ermöglicht wird. Damit können erhöhte Gesetzesanforderungen hinsichtlich der On-Board-Diagnose erfüllt werden.

15

[0016] Eine bevorzugte Verfahrensvariante sieht dabei vor, dass die Berechnung des O₂-Signals aus Luftmasse und Einspritzmenge durchgeführt wird.

20

[0017] Werden für den Soll-/Ist-Vergleich das berechnete O₂-Signal und das gemessene O₂-Signal mittels beispielsweise eines Tiefpass-Filters gefiltert und daraus ein berechnetes und gefiltertes O₂-Signal und ein gemessenes und gefiltertes O₂-Signal gebildet, kann erreicht werden, dass beispielsweise kurzzeitig auftretende Störungen bei der Signal-Übermittlung bzw. bei der Signal-Verarbeitung sich weniger stark auf das Diagnose-Ergebnis auswirken können, womit eine robustere Dynamik-Diagnose erreicht werden kann.

25

[0018] Werden, wie dies in einer bevorzugten Verfahrensvariante vorgesehen ist, für den Soll-/Ist-Vergleich die Gradienten des berechneten O₂-Signals und des gemessenen O₂-Signals oder der gefilterten O₂-Signale verwendet, können insbesondere die dynamischen Eigenschaften der Abgas-Sonde direkt analysiert werden.

30

Gegenüber einer reinen Auswertung der Anstiegszeit zwischen den o.g. O₂-Schwellen können die Eigenschaften der Abgas-Sonde auch abhängig von der jeweiligen Betriebsbedingung zuverlässig bestimmt werden. Die Bewertung dieser relativen Änderung ist gegenüber einer Auswertung einer absoluten Änderung des Signals grundsätzlich weniger störanfällig gegenüber möglicher Offset-Einflüsse innerhalb des Auswertesystems und der beteiligten Sensoren bzw. Aktuatoren.

35

[0019] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Anspruch 1 und eine Vorrichtung gemäß Anspruch 10.

40

[0020] Besonders vorteilhaft ist es, wenn für den Soll-/Ist-Vergleich individuell ein dem jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine zugeordneter Sollwert gebildet und anschließend mit dem Istwert verglichen wird. Damit kann erreicht werden, dass im Rahmen der Applikationsaktivität nicht nur in einem eingeschränkten Betriebsbereich eine Dynamik-Diagnose ermöglicht

45

50

55

wird, wie dies bisher der Fall ist, sondern der Bereich deutlich ausgedehnt werden kann, so dass die dynamischen Eigenschaften der Abgas-Sonde in einem weiten Betriebsbereich der Brennkraftmaschine bestimmt werden können. Andererseits können Dynamik-Diagnose-ergebnisse aus unterschiedlichen Betriebsbereichen auch zur Bewertung herangezogen werden, um beispielsweise die Einzelergebnisse auf Plausibilität zu prüfen oder auch Betriebszustände zu identifizieren, in denen eine Dynamik-Diagnose nicht stattfinden sollte. Sollte sich beispielsweise ein Fehler in der Dynamik der Abgas-Sonde herausstellen, wird sich eine dynamische Verschleppung des Signals nicht nur bei einem Last-Schub-Übergang einstellen, sondern ist auch bei Last-Schub-Übergängen in anderen Betriebsbereichen nachweisbar.

[0021] Gemäß der Erfindung ist auch vorgesehen, dass bei dem Last-Schub-Übergang basierend auf dem Signalverlauf des berechneten und gefilterten O_2 -Signals ein erster und ein zweiter O_2 -Schwellwert des berechneten O_2 -Signals bestimmt werden. Dabei ist vorgesehen, dass die Schwellwertbestimmung der O_2 -Schwellwerte bei jedem zur Dynamik-Diagnose verwendeten Last-Schub-Übergang erneut durchgeführt wird. In einer Verfahrensvariante ist weiterhin vorgesehen, dass im Fall eines gültigen Last-Schub-Übergangs basierend auf dem gemessenen O_2 -Signal ein O_2 -Schwellwert des gemessenen O_2 -Signals bestimmt wird, wobei dessen Berechnung identisch zur Berechnung des ersten O_2 -Schwellwert des berechneten O_2 -Signals durchgeführt wird. Dabei wird bezogen auf den jeweiligen Signalhub ein prozentualer identischer Schwellwert zu Grunde gelegt.

[0022] Diese jeweilige Neuberechnung der O_2 -Schwellwerte erlaubt einerseits, dass die O_2 -Schwellwerte jeweils an den Betriebsbereich angepasst werden können, in denen die Dynamik-Diagnose stattfindet. Andererseits kann mit diesen variablen O_2 -Schwellwerten gegenüber den fest vorgegebenen Schwellwerten gemäß dem Stand der Technik eine verbesserte Diagnose bei einer Drift der Bauteilcharakteristik erreicht werden. Weiterhin kann beispielsweise der Einfluss des Fahrers, hervorgerufen durch eine jeweils unterschiedlich schnelle Freigabe des Gaspedals, vermieden werden. Dies betrifft insbesondere die Kompensation des Mengengradienten bei Übergang in den Schub-Betrieb.

[0023] Gemäß der Erfindung ist ebenfalls zur Dynamik-Diagnose vorgesehen, dass für das berechnete O_2 -Signal oder für das berechnete und gefilterte O_2 -Signal während der Zeit vom Erreichen des ersten O_2 -Schwellwerts des berechneten O_2 -Signals bis zum Erreichen des zweiten O_2 -Schwellwerts des berechneten O_2 -Signals ein O_2 -Gradientensignal für den berechneten Wert integriert und aus dem Ergebnis der Sollwert abgeleitet wird. Zusätzlich kann eine Integrationsdauer für das berechnete O_2 -Signal bestimmt werden. Parallel dazu wird für das gemessene O_2 -Signal oder für das be-

rechnete und gefilterte O_2 -Signal ein O_2 -Gradientensignal für den gemessenen Wert integriert und aus dem Ergebnis der Istwert abgeleitet. Dabei wird als Integrationsdauer des gemessenen O_2 -Signals die Integrationsdauer für das berechnete O_2 -Signal verwendet. Als Startzeitpunkt der Integration wird ein Triggerzeitpunkt verwendet, der bestimmt wird, wenn das gemessene O_2 -Signal oder das gemessene und gefilterte O_2 -Signal den O_2 -Schwellwert des gemessenen O_2 -Signals überschreitet. Die somit berechneten Integrale für den Sollwert und den Istwert berücksichtigen insbesondere die dynamischen Effekte und sind zudem gegen Offsets und kurzzeitige Signalstörungen robust.

[0024] Zur Dynamik-Diagnose können dann der Istwert und der Sollwert zueinander ins Verhältnis gesetzt werden, und aus dem Ergebnis eine Dynamikbeurteilung der Abgas-Sonde abgeleitet werden, wobei mit schlechter werdender Dynamik sich das Integral für den Istwert gegenüber dem Integral für den Sollwert verkleinert.

[0025] In einer ebenfalls vorteilhaften Verfahrensvariante kann vorgesehen sein, dass die Dynamikbeurteilung durch direkten Vergleich zwischen dem absoluten O_2 -Gradientensignal für den berechneten Wert und dem absoluten O_2 -Gradientensignal für den gemessenen Wert durchgeführt wird. Ebenso kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass die Dynamikbeurteilung durch direkten Vergleich der zeitlichen Verläufe des berechneten O_2 -Signals und des gemessenen O_2 -Signals bzw. der gefilterten O_2 -Signale durchgeführt wird. Beide Varianten erfüllen ebenfalls die Anforderungen an eine reproduzierbare Trennschärfe der Dynamik-Überwachung, sind aber weniger aufwendig und können daher in vereinfachten OBD-Einheiten Verwendung finden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0026] Die Erfindung wird im Folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 in schematischer Darstellung das technische Umfeld, in dem das erfindungsgemäße Verfahren angewendet werden kann,

Figur 2 ein prinzipielles Zeitablaufdiagramm für verschiedene Signalwerte einer Abgassonde während einer Dynamik-Diagnose,

Figur 3 beispielhaft die Aufbereitung der Signalwerte einer neuen Abgas-Sonde,

Figur 4 beispielhaft die Aufbereitung der Signalwerte einer gealterten, trägen Abgas-Sonde,

Figur 5 die prinzipielle Vorgehensweise zur Berechnung von O_2 -Schwellwerten,

Figur 6 die prinzipielle Vorgehensweise zur Integration des O_2 -Gradientensignals einer neuen Abgas-Sonde und

Figur 7 die prinzipielle Vorgehensweise zur Integration des O_2 -Gradientensignals einer gealterten, trägen Abgas-Sonde.

Ausführungsformen der Erfindung

[0027] Figur 1 zeigt schematisch als Beispiel das technische Umfeld, in dem das erfindungsgemäße Verfahren zur Dynamikdiagnose einer Abgas-Sonde 17 eingesetzt werden kann. Einer Brennkraftmaschine 10 wird Luft über eine Luftzuführung 11 zugeführt und deren Masse mit einem Luftmassenmesser 12 bestimmt. Der Luftmassenmesser 12 kann als Heißfilm-Luftmassenmesser ausgeführt sein. Das Abgas der Brennkraftmaschine 10 wird über einen Abgaskanal 18 abgeführt, wobei in Strömungsrichtung des Abgases hinter der Brennkraftmaschine 10 eine Abgasreinigungsanlage 16 vorgesehen ist. Zur Steuerung der Brennkraftmaschine 10 ist eine Motorsteuerung 14 vorgesehen, die zum einen der Brennkraftmaschine 10 über eine Kraftstoffdosierung 13 Kraftstoff zuführt und der zum anderen die Signale des Luftmassenmessers 12 und einer in dem Abgaskanal 18 angeordneten Lambda-Sonde 15 sowie einer in der Abgasableitung 18 angeordneten Abgas-Sonde 17 zugeführt werden. Die Lambda-Sonde 15 bestimmt einen Lambda-Istwert eines der Brennkraftmaschine 10 zugeführten Kraftstoff-Luft-Gemischs; sie kann als Breitband-Lambdasonde ausgeführt sein. Die Abgas-Sonde 17 bestimmt die Abgaszusammensetzung nach der Abgasreinigungsanlage 16. Die Abgas-Sonde 17 kann als Sprungsonde ausgebildet sein.

[0028] Das erfindungsgemäße Verfahren wird anhand der in den Figuren 2 bis 7 dargestellten Zeitablauf-Diagramme 20 aufgezeigt, in denen ein Verlauf verschiedener Signalwerte 21 der Abgassonde 17 bzw. daraus abgeleitete Signale über eine Zeitachse 24 bei einem Last-Schub-Wechsel gezeigt sind. Die Zeitablauf-Diagramme 20 zeigen exemplarisch, dass zunächst von einer Fettphase 22 ausgegangen wird und sich dann infolge des Last-Schub-Wechsels die Abgaszusammensetzung ändert, derart, dass mageres Abgas mit einer erhöhten O_2 -Konzentration die Abgas-Sonde 17 erreicht. Gegenüber der Fettphase 22 wird dieser zeitliche Bereich als Magerphase 23 bezeichnet. Entsprechend könnten auch andere Übergänge zur Dynamik-Diagnostik herangezogen werden, bei denen sich der Lambdawert der Abgassonde 17 ändert.

[0029] Figur 2 zeigt den zeitlichen Verlauf eines berechneten O_2 -Signals 26, welches auf dem an der Verbrennung der Brennkraftmaschine 10 teilnehmenden Kraftstoff sowie dem ermittelten LuftSauerstoff basiert. Beide Größen können aus den Signalen des Luftmassenmessers 12 und der Kraftstoffdosierung 13 aus Figur 1 abgeleitet werden. Im gezeigten Beispiel steigt bei einem Last-Schub-Wechsel dieses Signal an. Gleichzeitig reduziert sich dabei eine Einspritzmenge 35, die über die Kraftstoffzudosierung 13 vorgegeben wird. Zusätzlich zum Verlauf des berechneten O_2 -Signals 26 ist der Verlauf eines berechneten und gefilterten O_2 -Signals 28 dargestellt, welches kurzzeitige Schwankungen gegenüber dem ungefilterten berechneten O_2 -Signal 26 nicht mehr aufweist bzw. diese deutlich reduziert sind. Darauf auf-

bauend wird ein O_2 -Gradientenverlauf 30 für das berechnete O_2 -Signal 26 berechnet.

[0030] In Figur 3 und 4 werden exemplarisch die weitere Signalverarbeitung zur Dynamik-Diagnose für eine neue Abgas-Sonde 17 (Figur 3) und für eine gealterten, träge Abgas-Sonde 17 (Figur 4) gezeigt.

[0031] Kommt es zu einem Last-Schub-Wechsel, werden basierend auf dem berechneten und gefilterten O_2 -Signal 28 ein erster O_2 -Schwellwert des berechneten O_2 -Signals 32 sowie ein zweiter O_2 -Schwellwert des berechneten O_2 -Signals 33 berechnet. Parallel zu diesem Vorgang wird ein mit der Abgas-Sonde 17 gemessenes O_2 -Signal 27 in ein gemessenes und gefiltertes O_2 -Signal 29 umgewandelt, dessen Verlauf hier ebenfalls dargestellt ist. Aus dem gemessenen und gefilterten O_2 -Signal 29 und dem berechneten und gefilterten O_2 -Signal 28 wird jeweils ein O_2 -Gradientensignal 30, 31 für den berechneten Wert und den gemessenen Wert bestimmt. Im Fall eines gültigen Last-Schub-Übergangs wird, basierend auf dem gemessenen O_2 -Signal 27 ein O_2 -Schwellwert des gemessenen O_2 -Signals 34 generiert. Dabei ist dessen Berechnung identisch zur Berechnung des ersten O_2 -Schwellwertes des berechneten O_2 -Signals 32. Ein Zeitpunkt der Schwellwertberechnung 25 kann dabei durch den Signalanstieg des berechneten O_2 -Signals 26 bestimmt werden.

[0032] Wie zu erkennen ist, sind die Verläufe der verschiedenen Signalwerte 21 in der Figur 3 und der Figur 4 sehr unterschiedlich und können bereits zur Dynamik-Diagnose der Abgas-Sonde 17 genutzt werden. Ein Vergleich des berechneten und des gemessenen O_2 -Signals 26, 27 zeigt beispielsweise, dass bei einer neuen Abgas-Sonde 17 (Figur 3) der Verlauf des gemessenen O_2 -Signals 27 relativ dicht dem Verlauf des berechneten O_2 -Signals 26 folgt. Dagegen setzt der Anstieg des gemessenen O_2 -Signals 27 bei einer gealterten, trägen Abgas-Sonde 17 (Figur 4) zeitversetzt ein, wobei der Anstieg aufgrund der Trägheit geringer ist als bei dem Verlauf des berechneten O_2 -Signals 26. Ein ähnliches Verhalten zeigt sich beim Vergleich der gefilterten O_2 -Signale 28, 29. Die O_2 -Gradientensignale 30, 31 für das berechnete und das gemessene O_2 -Signal 26, 27 zeigen den Unterschied noch deutlicher. Das O_2 -Gradientensignal 31 fällt in seiner absoluten Höhe bei einer alten, trägen Abgas-Sonde 17 deutlich niedriger aus, als bei einer neuen Abgas-Sonde 17.

[0033] In Figur 5 ist die prinzipielle Vorgehensweise zur Berechnung der O_2 -Schwellwerte 32, 33, 34 erläutert. Der absolute Betrag des berechneten und des gemessenen O_2 -Signals 26, 27 gegenüber der Nulllinie entspricht im gesättigten Bereich, d.h. lange nach dem Last-Schub-Übergang, einer O_2 -Konzentration der Umgebungsluft 36, welche mit 21,95 % als nahezu konstant angenommen werden kann. Dieser Wert kann zur Normierung der absoluten Signalwerte 21 dienen, welcher mit den Signalhüben des berechneten und des gemessenen O_2 -Signals 37, 38 verrechnet werden kann.

[0034] Bezogen auf den Signalhub des berechneten

O₂-Signals 38 wird ein prozentualer Schwellwert 39 für den ersten O₂-Schwellwert des berechneten O₂-Signals 32 vorgegeben. Entsprechend wird auch der zweite O₂-Schwellwert des berechneten O₂-Signals 33 vorgegeben, wobei sich dabei der prozentuale Schwellwert 39 vom ersten unterscheidet. Für den O₂-Schwellwert des gemessenen O₂-Signals 34 wird die Bestimmung entsprechend durchgeführt. Dabei wird der gleiche prozentuale Schwellwert 39 zu Grunde gelegt, wie er bei der Bestimmung des ersten O₂-Schwellwerts des berechneten O₂-Signals 32 verwendet wurde.

[0035] Der Zeitpunkt der Schwellenberechnung 25 wird im gezeigten Beispiel vom Beginn des Abfalls der Einspritzmenge 35 vorgegeben.

[0036] Figur 6 und 7 zeigen das Auswerteschema einer bevorzugten Verfahrensvariante, wobei in Figur 6 die Auswertung an einer neuen Abgas-Sonde 17 und in Figur 7 die Auswertung an einer alten, trägen Abgas-Sonde 17 gezeigt ist.

[0037] In beiden Figuren ist zur Dynamik-Diagnose vorgesehen, dass für das berechnete O₂-Signal 26 während der Zeit vom Erreichen des ersten O₂-Schwellwerts des berechneten O₂-Signals 32 bis zum Erreichen des zweiten O₂-Schwellwerts des berechneten O₂-Signals 33 das O₂-Gradientensignal 30 für den berechneten Wert integriert und aus dem Ergebnis der Integralbildung ein Sollwert 42 abgeleitet wird. Zusätzlich kann eine Integrationsdauer für das berechnete O₂-Signal 40 bestimmt werden. Parallel dazu wird für das gemessene O₂-Signal 27 das O₂-Gradientensignal 31 für den gemessenen Wert integriert und aus dem Ergebnis ein Istwert 43 abgeleitet. Dabei wird als Integrationsdauer des gemessenen O₂-Signals 41 die Integrationsdauer für das berechnete O₂-Signal 40 verwendet. Als Startzeitpunkt der Integration des O₂-Gradientensignals 31 für den gemessenen Wert wird ein Triggerzeitpunkt 44 verwendet, der bestimmt wird, wenn das gemessene O₂-Signal 27 den O₂-Schwellwert des gemessenen O₂-Signals 34 überschreitet. Die somit berechneten Integrale für den Sollwert 42 und den Istwert 43 können nun zur quantitativen Dynamik-Diagnose herangezogen werden. Die Verhältnisse der, aus den Integralen abgeleiteten Soll- und Istwerte 42, 43 können je nach Trägheit der Abgas-Sonde 17 unterschiedliche Werte annehmen und können direkt als Maß der Dynamik der Abgas-Sonde 17 herangezogen werden. In Figur 7 ist beispielsweise das Flächen-Verhältnis der beiden Flächen für den Soll- und den Istwert 42, 43 gegenüber dem Flächen-Verhältnis in Figur 6 relativ klein.

[0038] In einer nicht gezeigten Variante können auch die jeweiligen gefilterten O₂-Signale 28, 29, wie oben beschrieben, ausgewertet werden.

[0039] Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt es eine Dynamik-Diagnose mit gegenüber dem Stand der Technik höherer Trennschärfe, unabhängig vom Betriebspunkt durchzuführen. Damit können erhöhte Gesetzesanforderungen hinsichtlich der On-Board-Diagnose erfüllt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Dynamik-Diagnose einer in einem Abgaskanal (18) einer Brennkraftmaschine (10) angeordneten Abgas-Sonde (17), wobei die Dynamik-Diagnose nach einer Änderung eines Lambdawerts des Abgases und auf Basis eines Vergleichs eines gemessenen Signalanstiegs gegenüber einem erwarteten berechneten Anstieg des Signals durchgeführt wird, wobei ein Soll-/Ist-Vergleich zwischen einem aus einem ein Sollwert bildenden, berechneten O₂-Signal (26) abgeleiteten Signal und einem ein Istwert bildenden, mit der Abgas-Sonde (17) gemessenen O₂-Signal (27) abgeleiteten Signal durchgeführt wird, wobei für den Soll-/Ist-Vergleich individuell ein dem jeweiligen Betriebspunkt der Brennkraftmaschine (10) zugeordneter Sollwert (42) gebildet und anschließend mit dem Istwert (43) verglichen wird und wobei auf der Basis des Soll-/Ist-Vergleichs eine Dynamikbeurteilung der Abgas-Sonde erfolgt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Soll-/Ist-Vergleich bei einem Last-Schub-Übergang durchgeführt wird, dass für den Soll-/Ist-Vergleich das berechnete O₂-Signal (26) und das gemessene O₂-Signal (27) gefiltert und daraus ein berechnetes und gefiltertes O₂-Signal (28) und ein gemessenes und gefiltertes O₂-Signal (29) gebildet werden, und dass O₂-Gradientensignale (30, 31) des berechneten O₂-Signals (26) und des gemessenen O₂-Signals (27) oder der gefilterten O₂-Signale (28, 29) bestimmt und für den Soll-/Ist-Vergleich verwendet werden, dass bei dem Last-Schub-Übergang basierend auf dem Signalverlauf des berechneten und gefilterten O₂-Signals (28) ein erster und ein zweiter O₂-Schwellwert des berechneten O₂-Signals (32, 33) bestimmt werden und dass für das berechnete O₂-Signal (26) oder für das berechnete und gefilterte O₂-Signal (28) während der Zeit vom Erreichen des ersten O₂-Schwellwerts des berechneten O₂-Signals (32) bis zum Erreichen des zweiten O₂-Schwellwerts des berechneten O₂-Signals (33) das O₂-Gradientensignal (30) für den berechneten Wert integriert und aus dem Ergebnis der Sollwert (42) abgeleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Berechnung des O₂-Signals (26) aus Luftmasse und Einspritzmenge durchgeführt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Fall eines gültigen Last-Schub-Übergangs basierend auf dem gemessenen O₂-Signal (27) ein O₂-Schwellwert des gemessenen O₂-Signals (34) bestimmt wird, wobei dessen Berechnung identisch zur Berechnung des ersten O₂-Schwellwert des berechneten O₂-Signals (32) durchgeführt wird.

4. Verfahren nach Anspruch einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schwellwertbestimmung der O₂-Schwellwerte (32, 33, 34) bei jedem zur Dynamik-Diagnose verwendeten Last-Schub-Übergang erneut durchgeführt wird. 5
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich eine Integrationsdauer für das berechnete O₂-Signal (40) bestimmt wird. 10
6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** für das gemessene O₂-Signal (27) oder für das gemessene und gefilterte O₂-Signal (29) das O₂-Gradientensignal (31) für den gemessenen Wert integriert und aus dem Ergebnis der Istwert (43) abgeleitet wird, wobei als Integrationsdauer des gemessenen O₂-Signals (41) die Integrationsdauer für das berechnete O₂-Signal (40) und als Startzeitpunkt der Integration ein Triggerzeitpunkt (44) verwendet wird, wobei der Triggerzeitpunkt (44) bestimmt wird, wenn das gemessene O₂-Signal (29) oder das gemessene und gefilterte O₂-Signal (28) den O₂-Schwellwert des gemessenen O₂-Signals (34) überschreitet. 15 20 25
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Dynamik-Diagnose der Istwert (43) und der Sollwert (42) zueinander ins Verhältnis gesetzt werden, und aus dem Ergebnis die Dynamikbeurteilung der Abgas-Sonde (17) abgeleitet wird. 30
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dynamikbeurteilung durch direkten Vergleich zwischen dem absoluten O₂-Gradientensignal (30) für den berechneten Wert und dem absoluten O₂-Gradientensignal (31) für den gemessenen Wert durchgeführt wird. 35 40
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dynamikbeurteilung durch direkten Vergleich der zeitlichen Verläufe des berechneten O₂-Signals (26) und des gemessenen O₂-Signals (27) bzw. der gefilterten O₂-Signale (28, 29) durchgeführt wird. 45
10. Vorrichtung zur Dynamik-Diagnose einer in einem Abgaskanal (18) einer Brennkraftmaschine angeordneten Abgas-Sonde, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche eingerichtet ist. 50

Claims

1. Method for dynamically diagnosing an exhaust gas

probe (17) arranged in an exhaust gas duct (18) of an internal combustion engine (10), wherein the dynamic diagnosis is carried out after a change in a lambda value of the exhaust gas and on the basis of a comparison of a measured signal rise compared to an expected calculated rise in the signal, wherein a setpoint/actual value comparison is carried out between a signal derived from a calculated O₂ signal (26) which forms a setpoint value and a signal derived from an O₂ signal (27) which forms an actual value and is measured with the exhaust gas probe (17), wherein, for the setpoint/actual value comparison, a setpoint value (42) which is assigned to the respective operating point of the internal combustion engine (10) is formed on an individual basis and subsequently compared with the actual value (43), and wherein on the basis of the setpoint/actual value comparison a dynamic assessment of the exhaust gas probe takes place, **characterized in that** the setpoint/actual value comparison is carried out at a step load transition, **in that** the calculated O₂ signal (26) and the measured O₂ signal (27) are filtered for the setpoint/actual value comparison and a calculated and filtered O₂ signal (28) and a measured and filtered O₂ signal (29) are formed therefrom, and **in that** O₂ gradient signals (30, 31) of the calculated O₂ signal (26) and of the measured O₂ signal (27) or of the filtered O₂ signals (28, 29) are determined and used for the setpoint/actual value comparison, **in that** at the step load transition a first and a second O₂ threshold value of the calculated O₂ signal (32, 33) are determined on the basis of the signal profile of the calculated and filtered O₂ signal (28) and **in that** the O₂ gradient signal (30) for the calculated value is integrated for the calculated O₂ signal (26) or for the calculated and filtered O₂ signal (28) during the time from when the first O₂ threshold value of the calculated O₂ signal (32) is reached until the time when the second O₂ threshold value of the calculated O₂ signal (33) is reached and the setpoint value (42) is derived from the result. 5 10 15 20 25 30 35 40

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the O₂ signal (26) is calculated from the air mass and injection quantity. 45
3. Method according to either of Claims 1 and 2, **characterized in that** in the case of a valid step load transition an O₂ threshold value of the measured O₂ signal (34) is determined on the basis of the measured O₂ signal (27), wherein the calculation thereof is carried out in a way identical to the calculation of the first O₂ threshold value of the calculated O₂ signal (32). 50 55
4. Method according to claim one of Claims 1 to 3, **characterized in that** the O₂ threshold values (32, 33, 34) are determined anew at every step load transition

used for the dynamic diagnosis.

5. Method according to one of Claims 1 to 5, **characterized in that** an integration period is additionally determined for the calculated O₂ signal (40).
6. Method according to Claim 5, **characterized in that** the O₂ gradient signal (31) for the measured value is integrated for the measured O₂ signal (27) or for the measured and filtered O₂ signal (29), and the actual value (43) is derived from the result, wherein the integration period for the calculated O₂ signal (40) is used as an integration period of the measured O₂ signal (41), and a triggering time (44) is used as a starting time of the integration, wherein the triggering time (44) is determined when the measured O₂ signal (29) or the measured and filtered O₂ signal (28) exceeds the O₂ threshold value of the measured O₂ signal (34).
7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** for the dynamic diagnosis a ratio is formed between the actual value (43) and the setpoint value (42) and the dynamic assessment of the exhaust gas probe (17) is derived from the result.
8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the dynamic assessment is carried out by direct comparison between the absolute O₂ gradient signal (30) for the calculated value and the absolute O₂ gradient signal (31) for the measured value.
9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the dynamic assessment is carried out by direct comparison of the time profiles of the calculated O₂ signal (26) and of the measured O₂ signal (27) or the filtered O₂ signals (28, 29).
10. Apparatus for dynamically diagnosing an exhaust gas probe which is arranged in an exhaust gas duct (18) of an internal combustion engine, **characterized in that** the apparatus is configured to carry out a method according to one of the preceding claims.

Revendications

1. Procédé de diagnostic dynamique d'une sonde de gaz d'échappement (17) disposée dans un canal de gaz d'échappement (18) d'un moteur à combustion interne (10), le diagnostic dynamique étant effectué après une modification d'une valeur lambda des gaz d'échappement et sur la base d'une comparaison entre une augmentation de signal mesurée par rapport à une augmentation calculée attendue du signal, une comparaison consigne/réel entre un signal dérivé d'un signal d'O₂ calculé (26), qui forme une va-

leur de consigne, et un signal dérivé d'un signal d'O₂ mesuré (27) avec la sonde de gaz d'échappement (17), qui forme une valeur réelle, étant effectuée, pour la comparaison consigne/réel, une valeur de consigne (42) associée au point de fonctionnement respectif du moteur à combustion interne (10) étant formée individuellement et ensuite comparée avec la valeur réelle (43) et une évaluation dynamique de la zone de gaz d'échappement ayant lieu en s'appuyant sur la comparaison consigne/réel, **caractérisé en ce que** la comparaison consigne/réel est réalisée lors d'une transition charge-poussée, **en ce que** pour la comparaison consigne/réel, le signal d'O₂ calculé (26) et le signal d'O₂ mesuré (27) sont filtrés et un signal d'O₂ calculé et filtré (28) ainsi qu'un signal d'O₂ mesuré et filtré (29) sont formés à partir de ceux-ci, et **en ce que** des signaux de gradient d'O₂ (30, 31) du signal d'O₂ calculé (26) et du signal d'O₂ mesuré (27) ou des signaux d'O₂ filtrés (28, 29) sont déterminés et utilisés pour la comparaison consigne/réel, **en ce qu'**une première et une deuxième valeur de seuil d'O₂ du signal d'O₂ calculé (32, 33) sont déterminées lors de la transition charge-poussée en se basant sur le tracé de signal du signal d'O₂ calculé et filtré (28) et **en ce que** pour le signal d'O₂ calculé (26) ou pour le signal d'O₂ calculé et filtré (28), le signal de gradient d'O₂ (30) pour la valeur calculée est intégré pendant la durée entre le moment où la première valeur de seuil d'O₂ du signal d'O₂ calculé (32) est atteinte et le moment où la deuxième valeur de seuil d'O₂ du signal d'O₂ calculé (33) est atteinte, et la valeur de consigne (42) est dérivée du résultat.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le calcul du signal d'O₂ (26) est effectué à partir de la masse d'air et de la quantité injectée.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** dans le cas d'une transition charge-poussée valide, une valeur de seuil d'O₂ du signal d'O₂ mesuré (34) est déterminée en s'appuyant sur le signal d'O₂ mesuré (27), son calcul étant réalisé de manière identique au calcul de la première valeur de seuil d'O₂ du signal d'O₂ calculé (32).
4. Procédé selon la revendication l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la détermination de valeur de seuil des valeurs de seuil d'O₂ (32, 33, 34) est de nouveau effectuée à chacune des transitions charge-poussée utilisées pour le diagnostic dynamique.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**une durée d'intégration pour le signal d'O₂ calculé (40) est en plus déterminée.

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** pour le signal d'O₂ mesuré (27) ou pour le signal d'O₂ mesuré et filtré (29), le signal de gradient d'O₂ (31) pour la valeur mesurée est intégré et la valeur réelle (43) est dérivée du résultat, la durée d'intégration utilisée du signal d'O₂ mesuré (41) étant la durée d'intégration pour le signal d'O₂ calculé (40) et l'instant de début de l'intégration un instant de déclenchement (44), l'instant de déclenchement (44) étant déterminé lorsque le signal d'O₂ mesuré (29) ou le signal d'O₂ mesuré et filtré (28) dépasse la valeur de seuil d'O₂ du signal d'O₂ mesuré (34). 5
10
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour le diagnostic dynamique, la valeur réelle (43) et la valeur de consigne (42) sont mises en relation l'une avec l'autre, et l'évaluation dynamique de la sonde de gaz d'échappement (17) est dérivée du résultat. 15
20
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'évaluation dynamique est effectuée par comparaison directe entre le signal de gradient d'O₂ (30) absolu pour la valeur calculée et le signal de gradient d'O₂ (31) absolu pour la valeur mesurée. 25
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'évaluation dynamique est effectuée par comparaison directe entre les tracés dans le temps du signal d'O₂ calculé (26) et du signal d'O₂ mesuré (27) ou des signaux d'O₂ filtrés (28, 29). 30
10. Dispositif de diagnostic dynamique d'une sonde de gaz d'échappement disposée dans un canal de gaz d'échappement (18) d'un moteur à combustion interne, **caractérisé en ce que** le dispositif est conçu pour mettre en œuvre un procédé selon l'une des revendications précédentes. 35
40

45

50

55

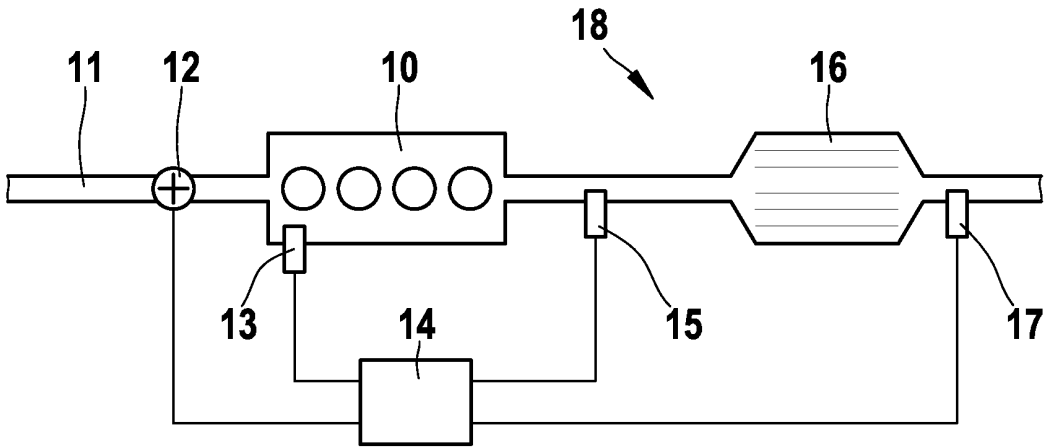


Fig. 1

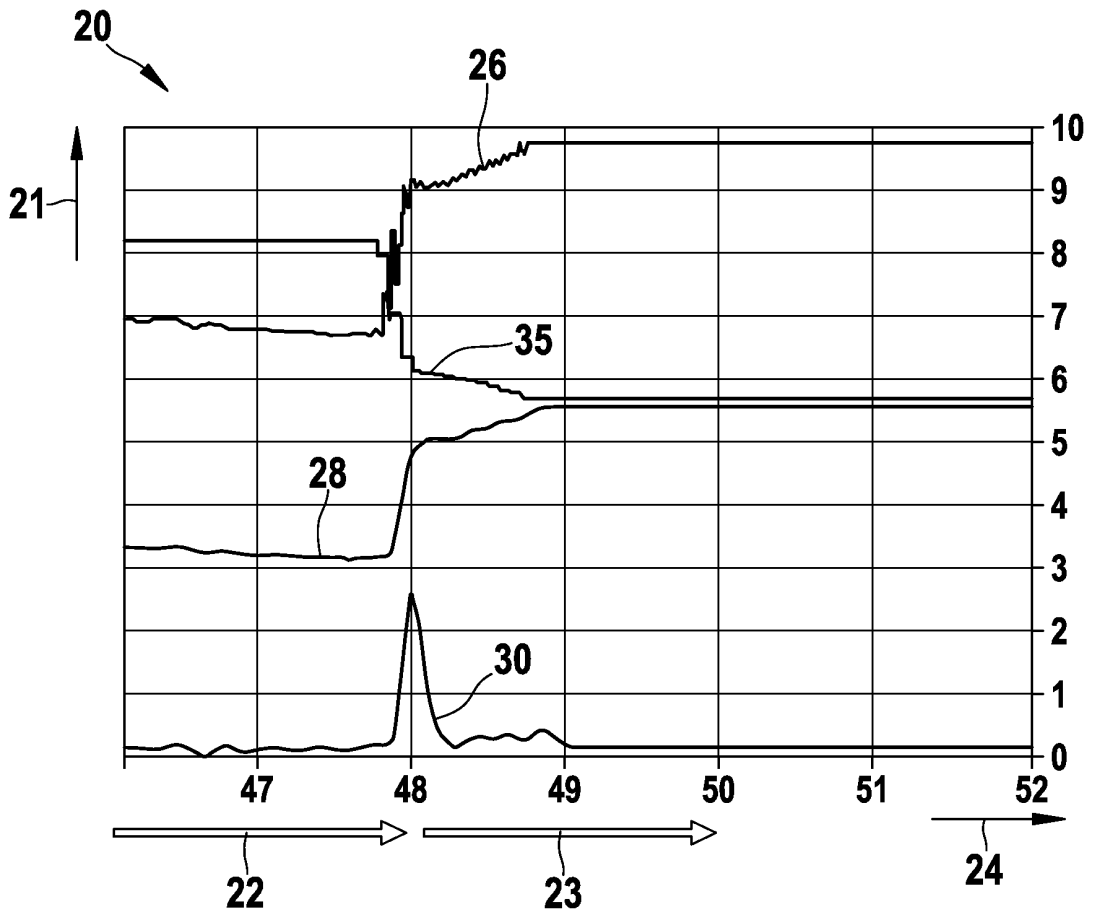
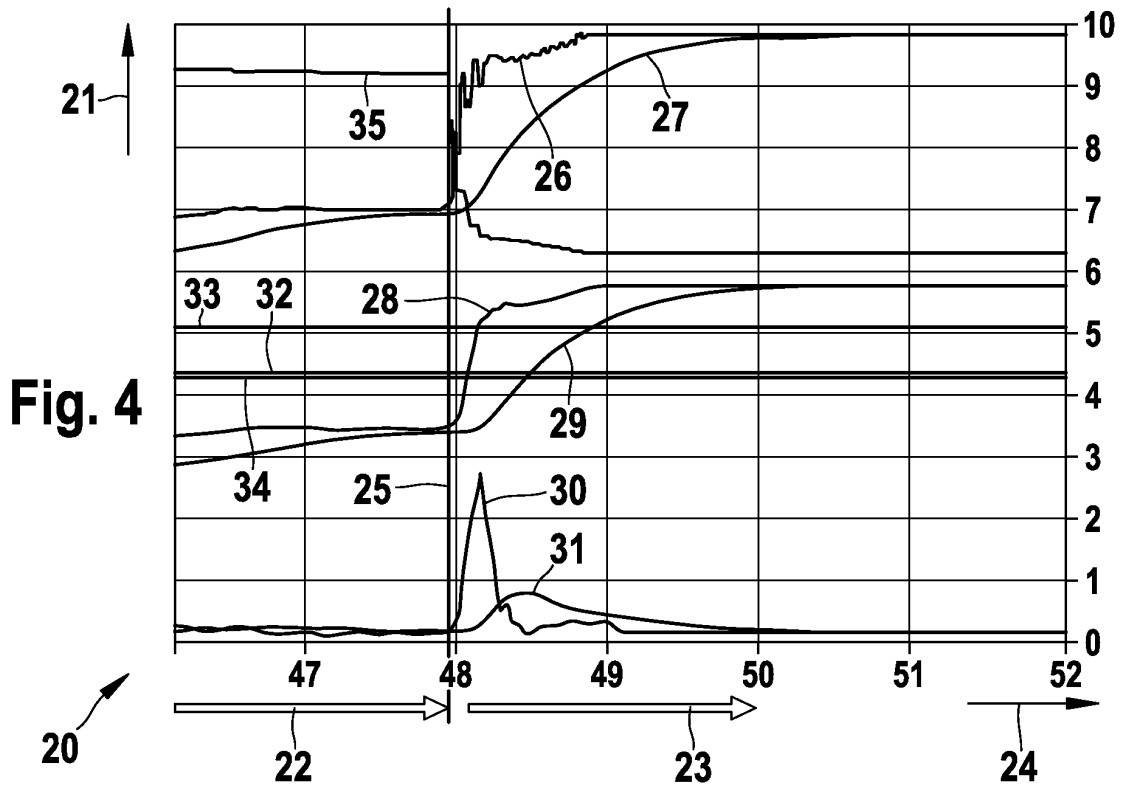
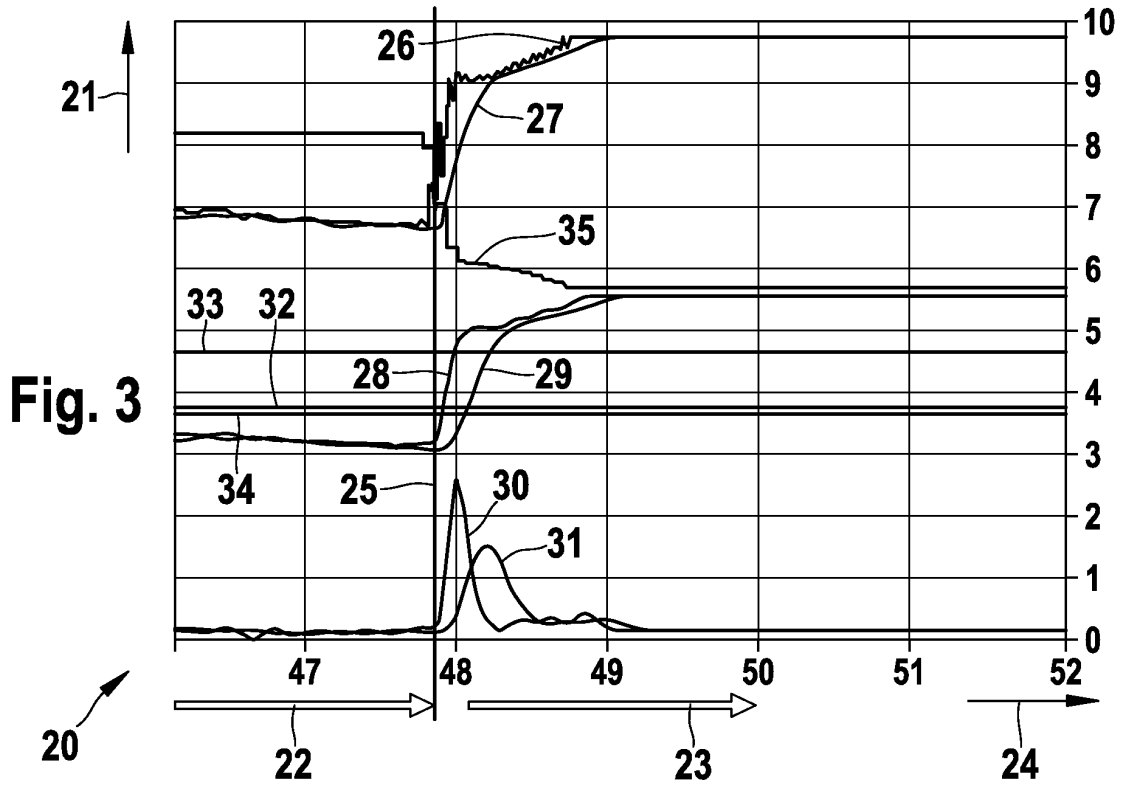


Fig. 2



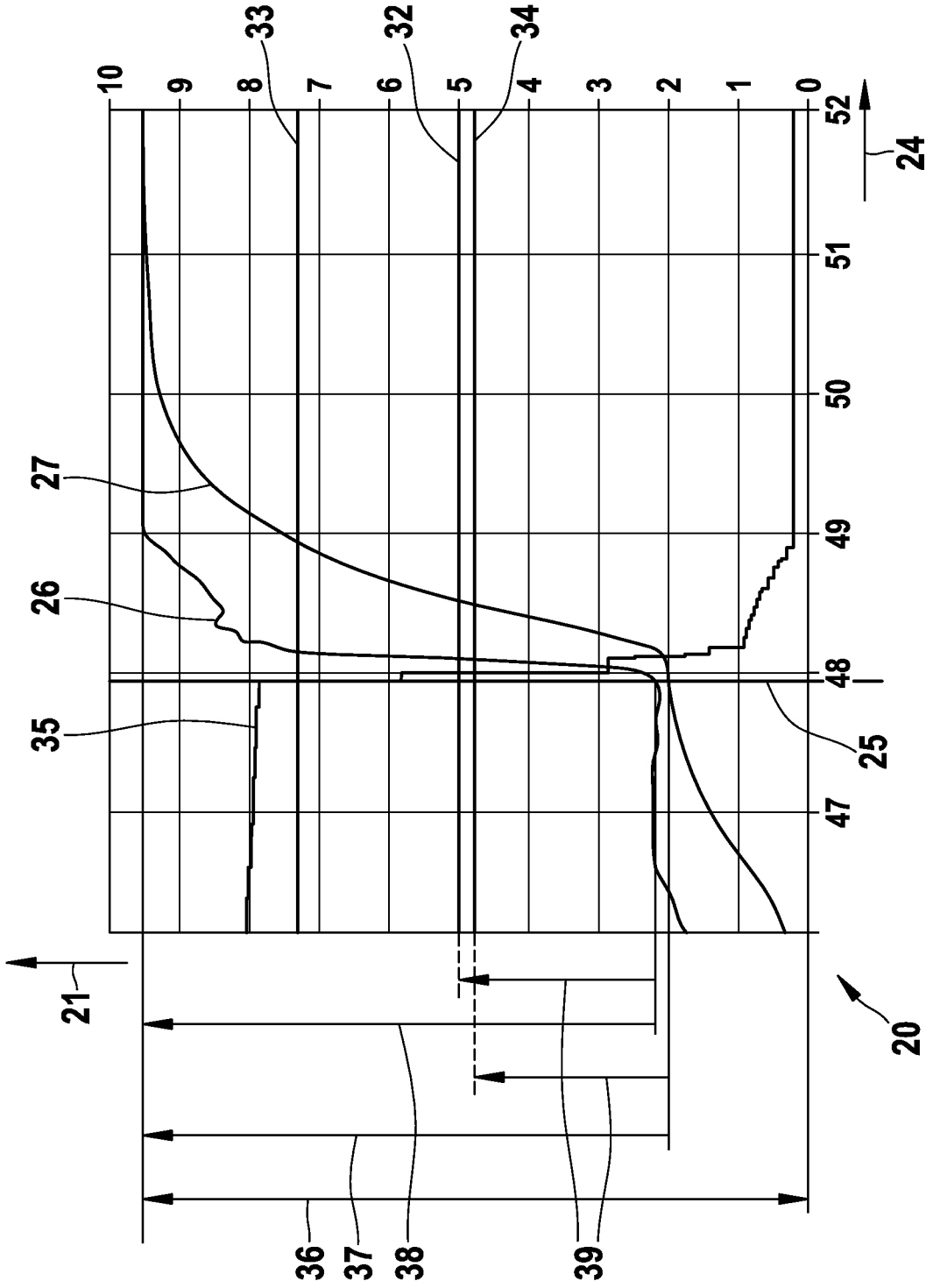
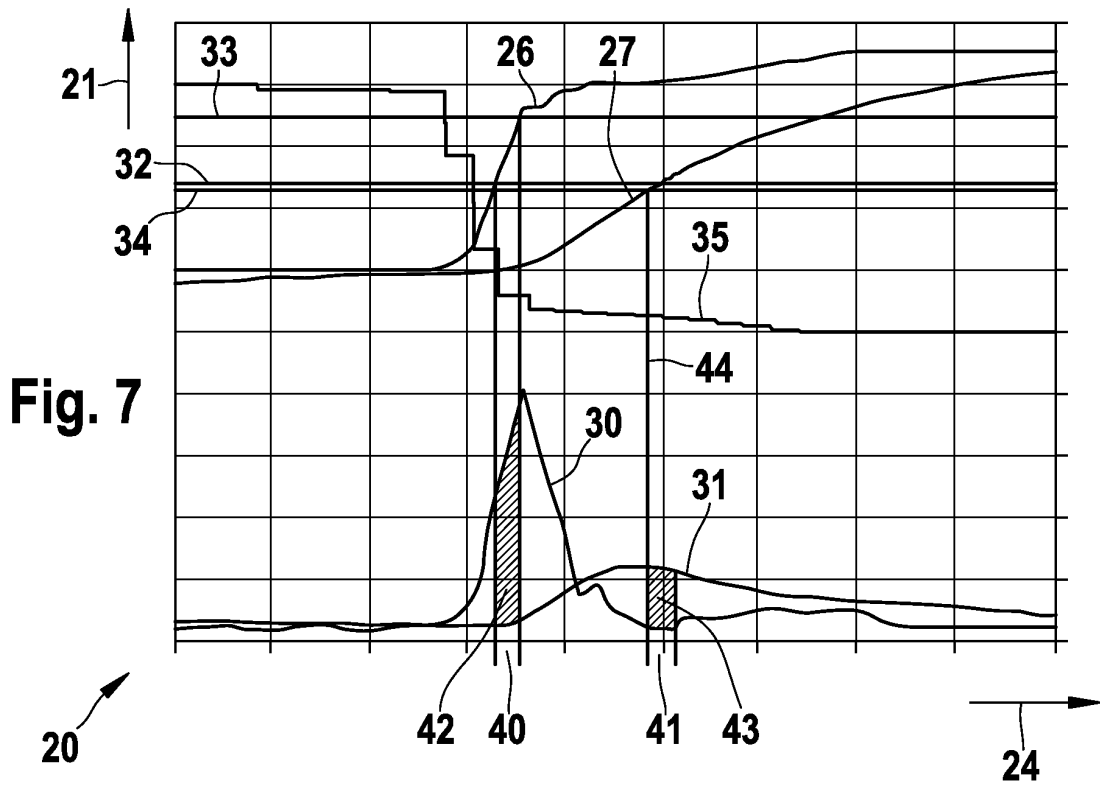
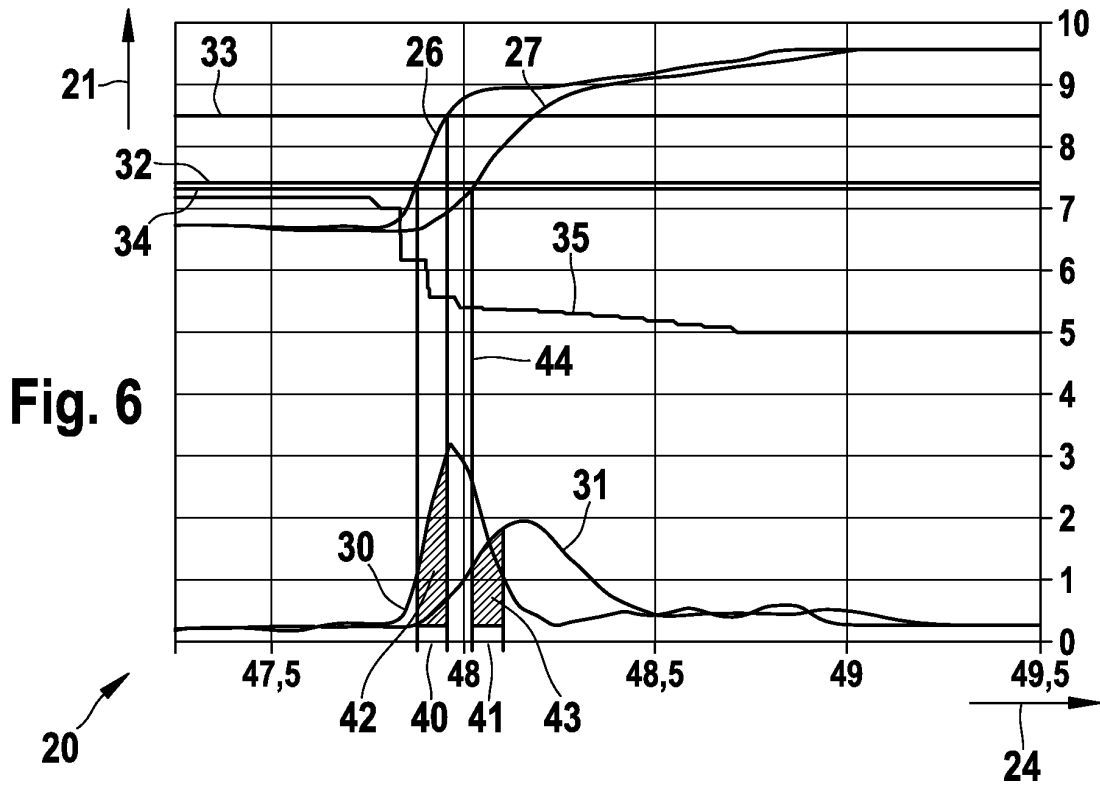


Fig. 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1074718 A2 [0006]
- DE 1972233 [0009]
- DE 102006041477 A1 [0010]
- DE 102008006631 [0011]
- DE 19548071 A1 [0011]