

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
27. Dezember 2012 (27.12.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/175242 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01N 27/416 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/057747

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. April 2012 (27.04.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 078 056.4 24. Juni 2011 (24.06.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach
30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **DIEHL, Lothar**
[DE/DE]; Panoramastr. 73/2, 70839 Gerlingen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR ADJUSTING A CHARACTERISTIC CURVE OF A SENSOR ELEMENT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ABGLEICH EINER KENNLINIE EINES SENSORELEMENTS

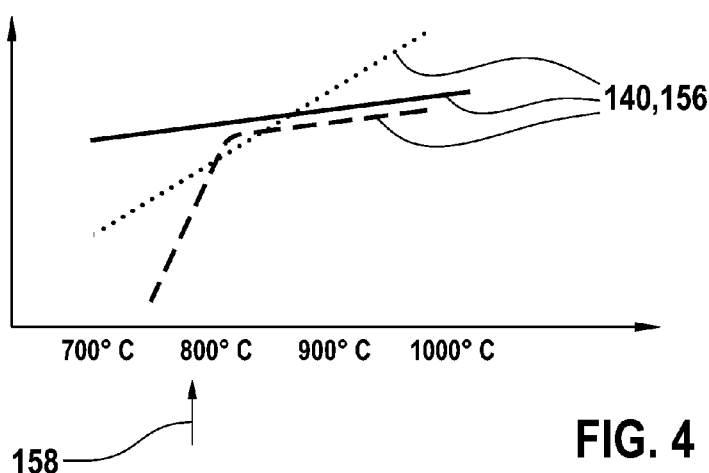


FIG. 4

(57) **Abstract:** The invention proposes a method for adjusting a characteristic curve of a sensor element (112) for detecting an amount of oxygen in an exhaust gas (114) of an internal combustion engine. The sensor element (112) comprises at least two electrodes (116) and at least one solid electrolyte (118) which connects the electrodes (116). The sensor element (112) generates at least one sensor signal (138). The amount of oxygen can be inferred from the sensor signal (138) using the characteristic curve. In the method, at least two signal profiles of the sensor signal (138) are generated. The signal profiles are each checked for compliance with at least one condition. The adjustment is carried out taking into account the signal profiles.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2012/175242 A1



Es wird ein Verfahren zum Abgleich einer Kennlinie eines Sensorelements (112) zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas (114) einer Verbrennungskraftmaschine vorgeschlagen. Das Sensorelement (112) umfasst mindestens zwei Elektroden (116) und mindestens einen die Elektroden (116) verbindenden Festelektrolyten (118). Das Sensorelement (112) generiert mindestens ein Sensorsignal (138). Mittels der Kennlinie aus dem Sensorsignal (138) ist auf den Sauerstoffanteil schließbar. Bei dem Verfahren werden mindestens zwei Signalverläufe des Sensorsignals (138) erzeugt. Die Signalverläufe werden jeweils auf die Erfüllung mindestens einer Bedingung geprüft. Der Abgleich wird unter Berücksichtigung der Signalverläufe durchgeführt.

Beschreibung

5 Titel

Verfahren zum Abgleich einer Kennlinie eines Sensorelements

Stand der Technik

- 10 Aus dem Stand der Technik sind Sensorelemente zur Erfassung mindestens eines Anteils mindestens einer Gaskomponente eines Gases in einem Messgasraum bekannt. Die Erfindung wird im Folgenden, ohne Beschränkung weiterer möglicher Ausgestaltungen, im Wesentlichen unter Bezugnahme auf Sensorelemente in Form von Lambdasonden beschrieben. Solche Lambdasonden sind beispielsweise in Robert Bosch GmbH:
- 15 Sensoren im Kraftfahrzeug, 1. Auflage 2010, Seiten 160-165, beschrieben. Die Lambdasonden, insbesondere Breitbandlambdasonden, können beispielsweise im Kraftfahrzeugbereich eingesetzt werden. Insbesondere kann bei einer Breitbandlambdasonde beispielsweise von einem Pumpstrom, insbesondere mit Hilfe einer Kennlinie, auf einen Sauerstoffgehalt eines Abgases geschlossen werden. Aus
- 20 fertigungstechnisch bedingten Streuungen sowie durch Alterungseffekte besitzt in der Regel jedes gefertigte Sensorelement eine individuelle Kennlinie, insbesondere mit einem individuellen Proportionalitätsfaktor, wobei sich die Kennlinie beispielsweise durch Alterung verändern kann. Um dennoch für alle Sensorelemente und während der gesamten Betriebszeit des Sensorelements die gleiche Kennlinie zur Erfassung des
- 25 Anteils der Gaskomponente zu erhalten, ist in der Regel mindestens ein Abgleich vorgesehen.

Breitbandlambdasonden werden insbesondere in der Steilheit der Kennlinie, beispielsweise durch Bestimmung der Kennliniensteigung, bei Dieselmotoren in der Regel

30 in einem Schubbetrieb abgeglichen, da in dem Schubbetrieb bei den Motor durchströmender Luft und ausreichender Spülgasmenge ein fest vorgegebener Wert der Breitbandlambdasonden erreicht werden kann, welcher vorzugsweise ausreichende Konstanz für den Abgleich besitzt.

- 35 In DE 10 2008 044 310 A1 wird ein Verfahren zur Erkennung der Zusammensetzung eines Gasgemisches, insbesondere mittels einer Breitbandlambdasonde, bereitgestellt,

bei dem die Breitbandlambdasonde wenigstens ein Heizelement umfasst. Bei dem Verfahren ist vorgesehen, dass die Solltemperatur des Heizelements während des Betriebs der Gassonde moduliert wird und dass aus der Temperaturabhängigkeit des resultierenden Pumpstroms, vorzugsweise aus einem SONDENSIGNAL, auf die Zusammensetzung des Gasgemisches, insbesondere eines Abgases, geschlossen wird.

Aus DE 10 2006 043 089 A1 ist ein Gassensor, insbesondere eine Lambdasonde für Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotoren, mit einer ansteuerbaren Sondenheizung, durch welche der Gassensor auf eine vorgebbare Betriebstemperatur aufheizbar ist, sowie mit einer elektronischen Regel- und Auswerteschaltung bekannt. Durch die Regel- und Auswerteschaltung kann die Sondenheizung in vorgebbaren Betriebsphasen so ansteuerbar sein, dass eine Überhitzung des Gassensors erfolgt. Beispielsweise kann hierbei durch kurzzeitiges verstärktes Beheizen die Sonde, insbesondere die Breitbandlambdasonde, regeneriert werden.

Ein Schubbetrieb ist in der Regel nur noch, insbesondere bei Automatikfahrzeugen, in kurzen Betriebszeiten vorhanden und reicht insbesondere bei geschlossener Drosselklappe nicht für eine ausreichende Durchlüftung des Abgastrakts zur Entfernung der HC-Ausgasungen aus dem Öl, insbesondere aus Motoröl. Dies kann insbesondere hinsichtlich einer Applikationsneutralität bei neuartigen Kraftstoffen bedeutend sein, welche verstärkt und/oder verzögert aus dem Motoröl ausgasen können. Wünschenswert wäre es daher, auch bei Benzinmotoren, insbesondere ohne in die Drosselklappensteuerung einzugreifen, einen Abgleich durchzuführen, insbesondere durch Erzeugen eines gültigen Schub- oder Nachlaufabgleichsignals. Weiterhin sollte eine Kennlinienkrümmung, welche beispielsweise durch Elektrodenüberlastung, insbesondere bei hohem Sauerstoffpartialdruck, erzeugt wird, insbesondere im Rahmen einer Vergiftung einer Pumpfunktion, von einer Kennliniendrehung, beispielsweise durch Zusetzen mindestens einer Diffusionsbarriere und/oder durch Fertigungsstreuung, und einer veränderten statischen Druckabhängigkeit, beispielsweise durch Zusetzen mindestens einer Diffusionsbarriere und/oder durch Fertigungsstreuung, zu unterscheiden sein. Weiterhin wäre es wünschenswert, während der Lebensdauer Kompensationswerte, beispielsweise während eines Abgleichs, zu bestimmen, mit welchen obige Störungseinflüsse, beispielsweise im Steuergerät, herausgerechnet werden können. Weiterhin sollte beispielsweise eine Steuerung und/oder eine zeitliche Begrenzung für eine kurzzeitige Überheizung, insbesondere wie oben beschrieben, des Sensors, insbesondere der Lambdasonde, welche beispielsweise eine Vergiftung durch Phosphor

oder Silicium beseitigen soll, vorgegeben werden, insbesondere um eine extreme Alterung des Sensorelements, beispielsweise der Breitbandlambdasonde, durch Platin-Verdampfung im Dauerheizbetrieb zu vermeiden, wobei nur, falls nötig, gezielt nachgeheizt werden sollte.

5

Offenbarung der Erfindung

Es werden daher ein Verfahren zum Abgleich einer Kennlinie eines Sensorelements zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine

- 10 vorgeschlagen sowie eine Sensorvorrichtung, welche die zu erwartenden Nachteile bekannter Verfahren und Vorrichtungen zumindest weitgehend vermeiden und/oder mildern. Unter dem Ausdruck „Abgleich“ kann insbesondere ein Verfahrensschritt verstanden werden, bei welchem beispielsweise eine Kennlinie kalibriert wird. Der Abgleich kann insbesondere eine Messung und/oder eine Feststellung und/oder eine
- 15 Dokumentation und/oder einen Ausgleich einer Abweichung eines Verhaltens einer Vorrichtung, insbesondere des Sensorelements, zu einer anderen Vorrichtung, insbesondere zu einem anderen Sensorelement, beispielsweise aufgrund von Fertigungsstreuungen und/oder Alterungseffekten, umfassen. Der Abgleich kann insbesondere eine Berücksichtigung der ermittelten Abweichung umfassen. Bei der
- 20 Kennlinie kann es sich beispielsweise um einen elektrischen Strom, insbesondere einen Pumpstrom, und/oder eine elektrische Spannung in Abhängigkeit des Sauerstoffanteils handeln. Bei dem Sensorelement kann es sich beispielsweise um eine Lambdasonde, insbesondere um eine einzellige Lambdasonde oder eine zweizellige Lambdasonde oder ein Sensorelement mit mehreren Zellen, handeln. Besonders bevorzugt kann es sich bei
- 25 dem Sensorelement um eine Breitbandlambdasonde handeln. Bei der Erfassung kann es sich insbesondere um eine direkte oder indirekte Messung handeln. Bei dem Sauerstoffanteil kann es sich beispielsweise um einen Sauerstoffprozentsatz und/oder einen Sauerstoffpartialdruck handeln. Bei dem Abgas kann es sich prinzipiell um ein beliebiges Gas handeln, insbesondere kann es sich um ein Gas mit
- 30 Verbrennungsrückständen handeln. Bei der Verbrennungskraftmaschine kann es sich prinzipiell um eine beliebige Maschine handeln, welche durch Verbrennungsreaktionen betrieben werden kann, insbesondere kann es sich um ein Kraftfahrzeug, bevorzugt um ein Automobil, handeln.

- 35 Das Sensorelement umfasst mindestens zwei Elektroden und mindestens einen die Elektroden verbindenden Festelektrolyten. Bei einer Elektrode kann es sich insbesondere

um ein Bauteil handeln, welches mit einer elektrischen Spannung und/oder einem elektrischen Strom beaufschlagt werden kann. Bei den Elektroden kann es sich beispielsweise um mindestens eine äußere Pumpelektrode und/oder mindestens eine innere Pumpelektrode und/oder mindestens eine Referenzelektrode handeln. Bei dem Festelektrolyten kann es sich insbesondere um einen keramischen Festelektrolyt handeln, wie beispielsweise Zirkoniumdioxid, insbesondere Yttrium-stabilisiertes Zirkoniumdioxid (YSZ) und/oder Scandium-dotiertes Zirkoniumdioxid (ScSZ). Der Festelektrolyt kann vorzugsweise gasundurchlässig sein und/oder kann einen ionischen Transport, beispielsweise einen ionischen Sauerstofftransport, gewährleisten.

Das Sensorelement generiert mindestens ein Sensorsignal. Bei dem Sensorsignal kann es sich um ein beliebiges durch physikalische Prozesse generiertes Signal handeln.

Bevorzugt kann es sich bei dem Sensorsignal um ein Ausgangssignal handeln, beispielsweise um einen elektrischen Strom, insbesondere den Pumpstrom oder einen

elektrischen Strom, welcher als Spannung gemessen werden kann oder eine andere elektrische Spannung. Bei dem Sensorsignal kann es sich bevorzugt um einen

Grenzstrom handeln. Mittels der Kennlinie ist aus dem Sensorsignal auf den Sauerstoffanteil schließbar, insbesondere wenn der Gesamtdruck bekannt ist.

Beispielsweise kann der Sauerstoffpartialdruck direkt erfasst werden und beispielsweise

aus diesem und einem Gesamtdruck der Sauerstoffanteil und/oder der Sauerstoffprozentsatz ermittelt werden.

Bei dem Verfahren werden mindestens zwei Signalverläufe des Sensorsignals erzeugt.

Unter der Erzeugung der Signalverläufe des Sensorsignals kann beispielsweise eine

Messung und/oder eine Erfassung und/oder eine Generierung sowie eine beispielsweise

Weiterverarbeitung, beispielsweise eine Berechnung, verstanden werden. Bei einem

Signalverlauf kann es sich insbesondere um eine Messgröße in Abhängigkeit eines Parameters handeln. Bei der Messgröße kann es sich bevorzugt um das Sensorsignal handeln.

Die Signalverläufe werden jeweils auf die Erfüllung mindestens einer Bedingung geprüft.

Bei der Bedingung kann es sich beispielsweise um Überschreiten oder Unterschreiten

eines Schwellwerts und/oder Überschreiten oder Unterschreiten einer Steigung und/oder

einer Krümmung des Signalverlaufs handeln. Beispielsweise kann die Bedingung auch

einen Toleranzbereich, welcher beispielsweise eingehalten werden sollte, umfassen. Bei

der Prüfung der Erfüllung kann beispielsweise ein Ergebnis generiert werden, insbesondere ein Erfüllen oder ein Nichterfüllen.

Der Abgleich wird unter Berücksichtigung der Signalverläufe durchgeführt. Unter Berücksichtigung kann beispielsweise eine Veränderung der Steigung der Kennlinie und/oder des Verlaufs der Kennlinie verstanden werden. Die Berücksichtigung kann prinzipiell auch Maßnahmen umfassen, beispielsweise eine Temperaturerhöhung mindestens eines Teils des Sensorelements und/oder weitere Maßnahmen, welche beispielsweise den Betrieb des Sensorelements, insbesondere anhand der Signalverläufe, verbessern können.

Das Sensorsignal kann zumindest teilweise während eines Schubbetriebs und/oder eines Nachlaufs der Verbrennungskraftmaschine aufgenommen werden. Unter dem Aufnehmen des Sensorsignals kann hierbei insbesondere eine Generierung des Sensorsignals verstanden werden. Unter einem Schubbetrieb kann beispielsweise ein Betriebsmodus verstanden werden, bei welchem der Motor mit Luft gespült wird. Bei dem Nachlauf kann beispielsweise ein Betriebsmodus verstanden werden, welcher beispielsweise nach Abschalten der Zündung, bei der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere bei dem Kraftfahrzeug, erfolgen kann. Während des Schubbetriebs und/oder des Nachlaufs kann beispielsweise mindestens ein Teil des Sensorelements beheizt und/oder gekühlt, insbesondere temperaturreguliert, werden.

Bei dem Sensorelement kann es sich bevorzugt um eine Breitbandlambdasonde handeln. Die Breitbandlambdasonde kann insbesondere zwei Zellen, bevorzugt beispielsweise drei Elektroden umfassend, aufweisen.

Die Signalverläufe können insbesondere in einer Diagnosematrix verknüpft werden. Eine Diagnosematrix kann insbesondere eine Verknüpfung von Einzeltests, beispielsweise zu einer Gesamtausgabe, darstellen. Unter einem Einzeltest kann hierbei beispielsweise die Prüfung auf die Erfüllung einer Bedingung verstanden werden. Die Gesamtausgabe kann beispielsweise die Kennlinie und/oder den Abgleich der Kennlinie und/oder einen Betriebsmodus, beispielsweise eine Temperaturänderung mindestens eines Teils des Sensorelements, umfassen. In der Diagnosematrix können insbesondere mehrere Teilprüfungen zu einer Aussage, beispielsweise zu einer Diagnoseaussage, umfassend den Abgleich, zusammengefasst werden.

Das Sensorsignal und/oder die Signalverläufe können mindestens einer Plausibilitätsbetrachtung unterworfen werden. Eine Plausibilitätsbetrachtung kann insbesondere die Prüfung der Erfüllung mindestens einer Bedingung umfassen. Eine Plausibilitätsbetrachtung kann insbesondere Aufschluss darüber geben, ob es sich bei dem Sensorsignal und/oder bei dem Signalverlauf um einen Messfehler handelt oder ob das Sensorsignal und/oder der Signalverlauf für einen Abgleich der Kennlinie, insbesondere für eine Kalibrierung, verwendet werden kann.

Bei dem Sensorsignal kann es sich bevorzugt um einen elektrischen Strom handeln. Bei dem elektrischen Strom kann es sich insbesondere um einen Pumpstrom, bevorzugt einen Grenzstrom und/oder eine elektrische Spannung, welche beispielsweise mit dem Pumpstrom verknüpft ist, handeln.

Die Signalverläufe können insbesondere aus dem Sensorsignal generiert werden. Bei dem Sensorsignal kann es sich beispielsweise um einen elektrischen Strom in Abhängigkeit einer Zeit handeln. Die Generierung des Signalverlaufs aus dem Sensorsignal kann beispielsweise eine Erfassung mindestens eines Extremas, insbesondere eines Maximalswerts und/oder eines Endwerts, umfassen. Beispielsweise kann das Sensorsignal mit einer Fitfunktion an ein mathematisches Modell angepasst werden, wobei beispielsweise mindestens ein Fitparameter generiert werden kann, wobei der Fitparameter zur Generierung des Signalverlaufs verwendet werden kann. Bei dem Signalverlauf kann es sich bevorzugt um eine Funktion eines Extremas und/oder eines Fitparameters des Sensorsignals handeln. Der Signalverlauf kann von mindestens einem Parameter abhängen.

Der Parameter kann beispielsweise ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einer Zeit; mindestens einer Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements; einer angelegten elektrischen Spannung. Prinzipiell kann der Parameter auch eine Kombination der genannten Parameter umfassen und/oder eine andere physikalische oder chemische Größe.

Die Bedingung kann beispielsweise ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einer Schwellwertbedingung; dem Vorhandensein einer Konstanz und/oder einer Linearität und/oder einer Krümmung; einer Zunahme; einer Abnahme. Die Schwellwertbedingung kann insbesondere die Erfüllung des Überschreitens oder Unterschreitens eines Schwellwertes umfassen. Bei dem Schwellwert kann es sich beispielsweise um einen

Messwert und/oder eine Steigung und/oder eine Krümmung handeln. Bei der Konstanz kann es sich insbesondere um einen linearen Verlauf, bevorzugt mit einer Steigung von ungefähr 0, handeln.

- 5 Ein erster Signalverlauf kann beispielsweise das Sensorsignal als Funktion der Zeit als Parameter umfassen. Der erste Signalverlauf kann insbesondere innerhalb einer Messphase, beispielsweise innerhalb des Schubbetriebs und/oder des Nachlaufs erfasst werden.
- 10 Der erste Signalverlauf kann insbesondere auf eine erste Bedingung überprüft werden. Die erste Bedingung kann beispielsweise eine Schwellwertbedingung umfassen. Beispielsweise kann die Steigung des ersten Signalverlaufs in mindestens einem Extremum des ersten Signalverlaufs mit mindestens einem Schwellwert verglichen werden, insbesondere um zu ermitteln, ob der erste Signalverlauf beispielsweise während
- 15 des Schubbetriebs einen Endwert erreicht. Bei dem Endwert kann es sich bevorzugt um einen Wert, insbesondere um einen elektrischen Strom, handeln, bei welchem der Signalverlauf einen linearen oder annähernd linearen, insbesondere flachen oder annähernd flachen, Verlauf aufweist oder in einen solchen Verlauf aus einem ansteigenden oder absteigenden Verlauf übergeht. Eine Nichterfüllung der ersten
- 20 Bedingung kann beispielsweise auf eine Ausgasung von Kohlenwasserstoffen, beispielsweise aus Motoröl, und/oder auf eine Elektrodenschädigung hinweisen. Insbesondere wenn kein Endwert erreicht wird, beispielsweise bei kontinuierlicher Zunahme des Signalverlaufs, insbesondere des Sensorsignals, kann insbesondere auf eine Kohlenwasserstoffausgasung aus Motoröl geschlossen werden. Bei Erreichen eines
- 25 Endwertes kann der Wert, insbesondere das Sensorsignal, für einen Abgleich, insbesondere für einen autonomen Abgleich verwendet werden. Bei kontinuierlicher Abnahme des Signalverlaufs, insbesondere des Sensorsignals, kann beispielsweise auf eine Elektrodenschädigung geschlossen werden.
- 30 Der erste Signalverlauf kann insbesondere über mehrere Schubbetriebe und/oder mehrere Nachläufe erfasst werden. Insbesondere können hierbei Extrema, insbesondere Maxima und/oder der Endwert, des ersten Signalverlaufs während der Schubbetriebe und/oder der Nachläufe erfasst werden. Die Extrema können bevorzugt als Funktion der Zeit, zu welcher die Extrema erfasst wurden, einen zweiten Signalverlauf bilden.

Eine Steigung des zweiten Signalverlaufs kann mit mindestens einem Schwellwert verglichen werden. Aus einem Unterschreiten eines unteren Schwellwerts, beispielsweise einer Steigung mit einem bestimmten negativen Wert, kann auf einen Elektrodendefekt mindestens einer der Elektroden geschlossen werden. Ein Ausheizen und/oder eine
5 Erhöhung einer Betriebstemperatur zumindest eines Teils des Sensorelements kann beispielsweise eingeleitet werden. Die Zunahme und/oder Regelung einer Temperatur, insbesondere einer Betriebstemperatur, mindestens eines Teils des Sensorelements kann beispielsweise durch mindestens ein Heizelement erfolgen. Eine positive Steigung des
10 zweiten Signalverlaufs kann beispielsweise in der Regel nur bei Temperaturerhöhung plausibel sein.

Ein dritter Signalverlauf kann beispielsweise aufgenommen werden, wobei der dritte Signalverlauf Extrema als Funktion einer Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements als Parameter umfassen kann. Bei den Extrema kann es sich
15 insbesondere um Endwerte handeln. Die Temperatur des mindestens einen Teils des Sensorelements kann beispielsweise mit einem Heizelement eingestellt und/oder eingeregelt und/oder moduliert werden. Beispielsweise kann die Temperatur, insbesondere schrittweise, erhöht und/oder erniedrigt werden, insbesondere ausgehend von einer Betriebstemperatur.

20 Eine Steigung des dritten Signalverlaufs kann mit mindestens einem Schwellwert verglichen werden. Bei einem Überschreiten des Schwellwerts, insbesondere während des Schubbetriebs und/oder während des Nachlaufs der Verbrennungskraftmaschine, kann hierbei insbesondere auf ein Ausgasen von Kohlenwasserstoffen geschlossen
25 werden. Bei Überschreiten eines weiteren Schwellwerts für die Steigung kann, insbesondere bei einer linearen Zunahme mit geringer Steigung, ein autonomer Abgleich, insbesondere zum Abgleich der Kennlinie, durchgeführt werden. Aus einer insbesondere nicht linearen Zunahme mit kleiner und/oder größer, insbesondere nicht konstanter, Steigung kann beispielsweise auf einen Elektrodenschaden geschlossen werden.
30 Aus einem Vorliegen mindestens zweier Bereiche mit unterschiedlichen Steigungen in dem dritten Signalverlauf kann beispielsweise auf einen Elektrodendefekt mindestens einer der Elektroden geschlossen werden.

Ein vierter Signalverlauf kann aufgenommen werden, wobei der vierte Signalverlauf
35 Extrema als Funktion einer elektrischen Spannung als Parameter umfassen kann. Bei den Extrema kann es sich ebenfalls um Endwerte handeln. Bei der elektrischen Spannung

kann es sich beispielsweise um eine Pumpspannung handeln. Insbesondere kann ein Signalverlauf aufgenommen werden, währenddessen die Pumpspannung erhöht wird. Eine Steigung des vierten Signalverlaufs kann mit mindestens einem Schwellwert verglichen werden. Bei Überschreiten eines oberen Schwellwertes, insbesondere für die

5 Steigung, kann beispielsweise auf einen Elektrodendefekt geschlossen werden. Bei einem Unterschreiten eines insbesondere negativen Schwellwertes kann es sich um einen nicht plausiblen Signalverlauf handeln. Ein Überschreiten eines oberen Schwellwertes kann einen Hinweis auf Wasser in der Luft liefern.

- 10 Die Bezeichnungen "erster" und/oder "zweiter" und/oder "dritter" und/oder "vierter" dienen als reine Bezeichnungen und geben keinen Hinweis auf eine Reihenfolge und/oder beispielsweise das Auftreten aller exemplarisch aufgeführten Signalverläufe. So können beispielsweise lediglich einer oder eine beliebige Gruppe mehrerer dieser Signalverläufe erfasst werden. Ebenso kann das Verfahren insbesondere optional eine Erfassung eines
- 15 oder mehrerer weitere Signalverläufe umfassen, die hier nicht genannt sind.

In einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird, wie oben ausgeführt, eine Sensorvorrichtung vorgeschlagen. Die Sensorvorrichtung umfasst mindestens ein Sensorelement zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas einer

20 Verbrennungskraftmaschine. Das Sensorelement umfasst mindestens zwei Elektroden und mindestens einen die Elektroden verbindenden Festelektrolyten. Die Sensorvorrichtung umfasst weiterhin mindestens eine Ansteuerung. Die Ansteuerung ist eingerichtet, um das erfindungsgemäße Verfahren, wie oben beschrieben, durchzuführen. Die Ansteuerung kann beispielsweise über eine Schnittstelle mit dem Sensorelement

25 verbunden sein. Die Ansteuerung kann aber auch vollständig oder teilweise in das Sensorelement integriert sein. Die Ansteuerung kann beispielsweise auch ganz oder teilweise in andere Komponenten integriert sein, beispielsweise in einen Stecker und/oder in eine Motorsteuerung. Die Ansteuerung kann beispielsweise mindestens eine Beaufschlagungsvorrichtung umfassen, um die Elektroden mit Strom und/oder Spannung

30 zu beaufschlagen. Bei der Beaufschlagungsvorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Spannungsquelle und/oder eine Stromquelle handeln. Weiterhin kann die Ansteuerung gegebenenfalls eine Messvorrichtung umfassen, beispielsweise eine Spannungsmessvorrichtung und/oder eine Strommessvorrichtung. Weiterhin kann die Ansteuerung optional beispielsweise eine Auswertevorrichtung, beispielsweise eine

35 Datenverarbeitungsvorrichtung, umfassen. Weiterhin optional kann die Ansteuerung mindestens einen Signalgenerator umfassen. Die Ansteuerung kann überdies optional

mindestens einen Regler, beispielsweise mindestens einen Lock-in-Regler, umfassen.

Weiterhin kann das Sensorelement, alternativ oder zusätzlich, mindestens ein Heizelement umfassen und/oder mindestens einen Temperaturfühler. Das Heizelement und/oder der Temperaturfühler können ausgestaltet sein, um mindestens ein Teil des

- 5 Sensorelements auf eine vorgegebene Temperatur zu regeln und/oder einzustellen oder um die Temperatur zu modulieren. Für mögliche Ausgestaltungen des Sensorelements kann beispielsweise auf die obige Beschreibung und/oder auf Robert Bosch GmbH: Sensoren im Kraftfahrzeug, 1. Auflage 2010, Seiten 160-165, verwiesen werden.

- 10 Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung können eine Vielzahl von Vorteilen gegenüber bekannten Verfahren und Vorrichtungen aufweisen. Beispielsweise können, insbesondere gemeinsam mit den bekannten Diagnosen, eine Krümmung und/oder Steigung einer Temperaturabhängigkeit des Sensorsignals und/oder des Signalverlaufs, welche beispielsweise eine Elektrodenüberlastung anzeigen können,
- 15 zu einer vollständigen Analyse und/oder zu einer notwendigen Kompensation herangezogen werden. Insbesondere kann die Diagnosematrix herangezogen werden, welche beispielsweise dazu dienen kann, verschiedene Einzeltests, beispielsweise umfassend verschiedene Signalverläufe, beispielsweise den ersten Signalverlauf und/oder den zweiten Signalverlauf und/oder den dritten Signalverlauf und/oder den
- 20 vierten Signalverlauf, zu einer Gesamtaussage zu verknüpfen und/oder eine Plausibilisierung durchzuführen. Hierdurch kann beispielsweise eine Absolutgenauigkeit des Sensorelements, insbesondere einer Sonde, vorzugsweise auch im Benzinmotor von beispielsweise $\pm 12\%$ auf $\pm 2\%$ erhöht werden. Ebenso kann beispielsweise ein Elektrodenversagen durch Vergiftung gezielt beseitigt werden, insbesondere ohne das
- 25 Sensorelement auf Dauer zu schädigen, beispielsweise durch eine zeitweise oder dauerhafte Erhöhung der Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements. Vorteilhafterweise stört bei der vorliegenden Erfindung in der Regel, insbesondere bei den jeweiligen Betriebszuständen, beispielsweise in dem Schubbetrieb oder in dem Leerlauf, eine Kühlung des Sensorelements durch kaltes Abgas mit beispielsweise hohem
- 30 Massenstrom kaum oder gar nicht.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den nachfolgenden Figuren dargestellt und

35 werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

- Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung;
- 5 Figur 2 eine Darstellung eines Sensorsignals als Funktion der Zeit;
- Figur 3 eine Darstellung dreier zweiten Signalverläufe, welche das Sensorsignal als Funktion der Zeit als Parameter umfassen;
- 10 Figur 4 eine Darstellung dreier dritten Signalverläufe, welche Extrema eines Sensorsignals als Funktion einer Temperatur als Parameter umfassen;
- Figur 5 eine Darstellung eines vierten Signalverlaufs, welcher Extrema eines Sensorsignals als Funktion einer elektrischen Spannung als Parameter
- 15 umfasst.

Ausführungsformen der Erfindung

- In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Sensorvorrichtung 110 dargestellt. Die Sensorvorrichtung 110 umfasst mindestens ein Sensorelement 112 zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas 114 einer Verbrennungskraftmaschine. Das Sensorelement 112 umfasst mindestens zwei Elektroden 116 und mindestens einen die Elektroden 116 verbindenden Festelektrolyten 118. Bei den Elektroden 116 kann es sich vorzugsweise um eine äußere Elektrode 120 und/oder eine innere Elektrode 122
- 25 und/oder eine Referenzelektrode 124 handeln. Die Sensorvorrichtung 110 umfasst weiterhin mindestens eine Ansteuerung 126. Die Ansteuerung 126 ist eingerichtet, um das erfindungsgemäße Verfahren zum Abgleich einer Kennlinie des Sensorelements 112 zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas 114 einer Verbrennungskraftmaschine durchzuführen. Die Ansteuerung 126 kann beispielsweise
- 30 über eine Schnittstelle 128 mit dem Sensorelement 112 verbunden sein. Die Ansteuerung 126 kann aber auch vollständig oder teilweise in das Sensorelement 112 integriert sein. Die Ansteuerung 126 kann aber beispielsweise auch ganz oder teilweise in andere Komponenten integriert sein, beispielsweise in einen Stecker und/oder in eine Motorsteuerung. Die Ansteuerung 126 kann beispielsweise mindestens eine
- 35 Beaufschlagungsvorrichtung umfassen, um die Elektroden 116, insbesondere die äußere Elektrode 120 und/oder die innere Elektrode 122 und/oder die Referenzelektrode 124

und/oder eine weitere Elektrode 116 mit Strom und/oder Spannung zu beaufschlagen. Bei der Beaufschlagungsvorrichtung kann es sich beispielsweise um eine Spannungsquelle und/oder eine Stromquelle handeln. Die Beaufschlagungsvorrichtung kann insbesondere elektrische Leitungen umfassen. Weiterhin kann die Ansteuerung 126 gegebenenfalls

5 mindestens eine Messvorrichtung umfassen, beispielsweise mindestens eine Spannungsmessvorrichtung und/oder mindestens eine Strommessvorrichtung. Weiterhin kann die Ansteuerung 126 optional beispielsweise mindestens eine Auswertevorrichtung, beispielsweise mindestens eine Datenverarbeitungsvorrichtung, umfassen. Weiterhin optional kann die Ansteuerung 126 mindestens einen Signalgenerator umfassen. Die

10 Ansteuerung 126 kann überdies optional mindestens einen Regler, beispielsweise mindestens einen Lock-in-Regler, umfassen. In Figur 1 ist insbesondere eine Breitbandlamdasonde dargestellt. Das erfindungsgemäße Verfahren kann aber prinzipiell auch mit Sensorelementen 112, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt sind, durchgeführt werden. Die Referenzelektrode 124 kann insbesondere mit einem

15 Referenzgasraum 130 in Verbindung stehen. Die innere Elektrode 122, insbesondere eine innere Pumpelektrode, kann insbesondere mit einem Hohlraum 132 verbunden sein und/oder über mindestens eine Diffusionsbarriere 134 mit dem Abgas 114 beaufschlagt werden. Die Elektroden 116, insbesondere die äußere Elektrode 120 und die innere Elektrode 122, können beispielsweise über den Festelektrolyt 118, insbesondere ionisch,

20 verbunden sein. Das Sensorelement 112 kann weiterhin mindestens ein Heizelement 136, beispielsweise zur Erhöhung und/oder Erniedrigung und/oder Regelung einer Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements 112, umfassen.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Abgleich der Kennlinie des Sensorelements

25 112 zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas 114 einer Verbrennungskraftmaschine, wie in den Figuren 2, 3, 4, 5 exemplarisch dargestellt, generiert das Sensorelement 112 mindestens ein Sensorsignal 138. Mittels der Kennlinie aus dem Sensorsignal 138 kann auf den Sauerstoffanteil geschlossen werden. Bei dem Verfahren entstehen mindestens zwei Signalverläufe 140 des Sensorsignals 138.

30 Mögliche Ausführungsbeispiele von Signalverläufen 140 sind in den Figuren 2 bis 5 dargestellt. Die dargestellten Signalverläufe 140 können im erfindungsgemäßen Verfahren alle entstehen, beispielsweise können aber auch nur ein Teil der dargestellten Signalverläufe 140 entstehen, alternativ können auch andere oder zusätzliche Signalverläufe entstehen. Die Signalverläufe 140 werden jeweils auf die Erfüllung

35 mindestens einer Bedingung geprüft. Der Abgleich wird unter Berücksichtigung der Signalverläufe 140 durchgeführt. In dem erfindungsgemäßen Verfahren kann das

- Sensorsignal 138 zumindest teilweise während eines Schubbetriebs und/oder eines Nachlaufs der Verbrennungskraftmaschine aufgenommen werden. Bei dem Sensorelement 112 kann es sich insbesondere um eine Breitbandlamdasonde handeln. Die Signalverläufe 140 können in einer Diagnosematrix verknüpft werden. Das
- 5 Sensorsignal 138 kann beispielsweise ein Ausgangssignal, insbesondere eine Ausgangsspannung und/oder einen Pumpstrom, umfassen. Das Sensorsignal 138, insbesondere die Ausgangsspannung, des Sensorelements 112, insbesondere der Breitbandlamdasonde, kann beispielsweise bei unterschiedlichen Beheizungszuständen, insbesondere ausgehend von einer Temperatur von 780 °C im Normalbetrieb,
- 10 beispielsweise in dem Schubbetrieb oder vorzugsweise in dem Nachlauf aufgezeichnet und in Abhängigkeit von einer erreichten Temperatur, beispielsweise der Diffusionsbarriere 134, und der Zeit ausgewertet und mit der Diagnosematrix, welche beispielsweise ein Schema, bevorzugt ein Auswerteschema, umfassen kann, interpretiert werden. In dem Ausführungsbeispiel können das Sensorsignal 138 und/oder die
- 15 Signalverläufe 140 mindestens einer Plausibilitätsbetrachtung unterworfen werden. Bei dem Sensorsignal 138 kann es sich besonders bevorzugt um einen elektrischen Strom, insbesondere um einen Pumpstrom, bevorzugt einen Grenzstrom und/oder eine elektrische Spannung, welche beispielsweise mit dem Pumpstrom verknüpft ist, handeln.
- 20 Die Signalverläufe 140 können aus dem Sensorsignal 138 generiert werden und der Signalverlauf 140 kann insbesondere von mindestens einem Parameter abhängen. Der Parameter kann ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus einer Zeit; mindestens einer Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements 112; einer angelegten elektrischen Spannung, insbesondere einer Pumpspannung und/oder einer anderen
- 25 physikalischen oder chemischen Messgröße. Die Bedingung kann beispielsweise ausgewählt sein aus der Gruppe bestehend aus mindestens einer Schwellwertbedingung; dem Vorhandensein einer Konstanz und/oder einer Linearität und/oder einer Krümmung; einer Zunahme; einer Abnahme. Ein erster Signalverlauf 142, wie beispielsweise in Figur 2 dargestellt, kann beispielsweise das Sensorsignal 138 als Funktion der Zeit t als
- 30 Parameter umfassen. Figur 2 zeigt exemplarisch insbesondere einen zeitlichen Verlauf, insbesondere den ersten Signalverlauf 142, innerhalb einer Messphase, insbesondere des Schubbetriebs. Die Bezeichnung "erste", sowie weitere nummerierende Bezeichnungen, dienen als reine Bezeichnungen und geben keine Auskunft über eine Reihenfolge oder eine abgeschlossene Aufzählung. Prinzipiell können mehrere
- 35 Signalverläufe 140 vorhanden sein. In verschiedenen Ausführungsbeispielen des erfindungsgemäßen Verfahrens können ein oder mehrere der dargestellten Signalverläufe

140 erfasst werden, können alternativ oder zusätzlich auch teilweise durch andere, hier nicht gezeigte Signalverläufe 140, ersetzt werden. Der erste Signalverlauf 142 kann beispielsweise auf eine erste Bedingung überprüft werden. Die erste Bedingung kann beispielsweise eine Schwellwertbedingung umfassen. Eine Steigung des ersten

5 Signalverlaufs 142, wie in Figur 2 dargestellt, in mindestens einem Extremum 144 des ersten Signalverlaufs 142 kann mit mindestens einem Schwellwert verglichen werden, beispielsweise um zu ermitteln, ob der erste Signalverlauf 142 während des Schubbetriebs und/oder des Nachlaufs einen Endwert 146 erreicht. In Figur 2 wird in dem ersten Puls beispielsweise ein Endwert 146 für einen Schubabgleich erreicht. In dem

10 zweiten Puls wird insbesondere kein Endwert 146 erreicht und exemplarisch kein Schubabgleich durchgeführt. Dargestellt ist ein Sensorsignal 138, insbesondere das Ausgangssignal bei Schubabgleich, im Benzinmotor. Die Steigung des ersten Signalverlaufs 142, insbesondere in dem ersten Puls, in dem Extremum 144, insbesondere in dem Endwert 146, deutet insbesondere auf eine Konstanz hin. Eine erreichbare Konstanz kann

15 insbesondere auf eine mögliche Verwendung des Sensorsignals 138, beispielsweise der Werte, für den erfindungsgemäßen Abgleich, insbesondere für einen autonomen Abgleich, hinweisen. Wird der Schwellwert überschritten, beispielsweise bei einer Zunahme des Sensorsignals 138 im Extremum 144, beispielsweise in dem zweiten Puls in Figur 2, so kann dies beispielsweise auf eine Kohlenwasserstoff-Ausgasung,

20 beispielsweise aus Motoröl, hinweisen. Eine Abnahme des Sensorsignals 138 am Extremum 144, in Figur 2 nicht dargestellt, kann beispielsweise ein Hinweis auf eine Elektrodenschädigung sein. Im Rahmen des erfindungsgemäßen Abgleichs kann hierbei ein stärkeres Nachheizen, beispielsweise ein Ausheilungsheizen, durchgeführt werden.

25 Der erste Signalverlauf 142 kann insbesondere in diesem Ausführungsbeispiel über mehrere Schubbetriebe erfasst werden, wobei Extrema 144, insbesondere Maxima und/oder der Endwert 146, insbesondere des ersten Signalverlaufs 142, während der Schubbetriebe und/oder des Nachlaufs erfasst werden können. Die Extrema 144 können als Funktion der Zeit T, zu welcher die Extrema 144 erfasst wurden, einen zweiten

30 Signalverlauf 148 bilden. In Figur 3 sind exemplarisch zwei zweite Signalverläufe 148 dargestellt. Bei dem zweiten Signalverlauf 148 kann es sich insbesondere um einen zeitlichen Verlauf gemittelt über mehrere Messphasen, beispielsweise über mehrere Schubbetriebe und/oder Nachläufe, handeln. Figur 3 zeigt insbesondere eine Entwicklung des Sensorsignals 138, insbesondere des Ausgangssignals, über die Lebensdauer,

35 insbesondere die Lebensdauer des Sensors, beispielsweise des Sensorelements 112. Figur 3 zeigt insbesondere exemplarisch drei zweite Signalverläufe 148.

Eine Steigung des zweiten Signalverlaufs 148 kann mit mindestens einem Schwellwert verglichen werden. Aus einem Unterschreiten eines unteren Schwellwerts, insbesondere einer negativen Steigung, kann beispielsweise auf einen Elektrodendefekt mindestens
5 einer der Elektroden 116 geschlossen werden. Ein Ausheilungsheizen und/oder eine Erhöhung einer Betriebstemperatur, beispielsweise durch das Heizelement 136, zumindest eines Teils des Sensorelements 112 kann beispielsweise eingeleitet werden. Der Verlauf des zweiten Signalverlaufs 148 und das Unterschreiten des Schwellwerts ist in Figur 3 durch die Bezugsziffer 150 (Elektrodendefekt) dargestellt. Eine Zunahme des
10 Maximalwerts, insbesondere des Extremums 144, in einer Phase, insbesondere während des Schubbetriebs oder während des Nachlaufs, in Figur 3 mit der Ziffer 152 dargestellt, kann in der Regel nur im Zustand nach dem Ausheilungsheizen plausibel sein.

Vorzugsweise sollte die Generierung des Sensorsignals 138 und/oder des zweiten Signalverlaufs 148 fortgesetzt werden bis vorzugsweise eine Konstanz erreicht wird
15 und/oder der Maximalwert beispielsweise um einen definierten Faktor überschritten wird. Während die gestrichelte Linie in Figur 3 exemplarisch den Fall eines Elektrodendefekts aufzeigt, ist mit der durchgezogenen Linie insbesondere ein Fall einer Versottung der Diffusionsbarriere 134 dargestellt. Bei dem Unterschreiten eines kleineren Schwellwerts, wie in der durchgezogenen Linie dargestellt, insbesondere bei einer Abnahme des
20 mittleren Maximalwerts über mehrere Phasen, insbesondere über mehrere Schubbetriebe oder Nachläufe, kann auf eine Kennliniendrehung, insbesondere durch Versottung der Diffusionsbarriere 134, geschlossen werden. Die Werte, insbesondere das Sensorsignal 138, können vorzugsweise zur Verwendung für den erfindungsgemäßen Abgleich, insbesondere für einen autonomen Abgleich, verwendet werden. Eine langsame
25 Abnahme des zweiten Signalverlaufs 148 kann insbesondere durch eine Versottung der Diffusionsbarriere 134 verursacht werden. Bei der Bespülung des Sensorelements 112, insbesondere mit Luft, wie beispielsweise im Schubbetrieb und/oder im Nachlauf, kann das Signal für einen Abgleich, insbesondere für eine Anpassung der Steigung der Kennlinie, verwendet werden. Eine Zunahme innerhalb des zweiten Signalverlaufs 148,
30 insbesondere mit Ziffer 154 an der dünnen durchgezogenen Linie gekennzeichnet, ist beispielsweise unplausibel, falls davor insbesondere kein Ausheilungsheizen stattgefunden hat.

Ein Sonderfall kann beispielsweise nach einer Erstinbetriebnahme oder nach einem
35 Werkstattreset in Form einer Ab- oder Zunahme auftreten, wobei hierbei der erste Wert, beispielsweise das erste Extremum 144 des Sensorsignals 138, verwendet werden kann

und die folgenden Werte, insbesondere die folgenden Extrema 144 eines Signalverlaufs 140, beispielsweise gemittelt werden können.

Beispielsweise kann ein dritter Signalverlauf 156 aufgenommen werden. Der dritte

5 Signalverlauf 156 kann Extrema 144 als Funktion einer Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements 112 als Parameter umfassen. Figur 4 zeigt insbesondere drei unterschiedliche dritte Signalverläufe 156 zur Verdeutlichung einer Unterscheidung von Temperaturabhängigkeiten. In Figur 4 sind insbesondere Ausgangssignale, beispielsweise Extrema 144 des Sensorsignals 138, als Funktion der Temperatur des

10 Sensorelements 112 dargestellt. Der Pfeil 158 deutet hierbei insbesondere die Temperatur beispielsweise in einem Normalbetrieb bei 780 °C an. Beispielsweise kann von dieser Temperatur aus eine Temperaturerhöhung, beispielsweise auf zwischen 850 °C bis 950 °C, durchgeführt werden. Alternativ oder zusätzlich kann eine Temperaturerniedrigung, beispielsweise zwischen 600 °C bis 700 °C, durchgeführt

15 werden. Eine Steigung des dritten Signalverlaufs 156 kann mit mindestens einem Schwellwert verglichen werden. Bei dem Überschreiten des Schwellwerts, insbesondere während eines Schubbetriebs der Brennkraftmaschine und/oder während des Nachlaufs, kann beispielsweise auf ein Ausgasen von Kohlenwasserstoffen geschlossen werden. Beispielsweise zeigt die gepunktete Linie den Fall, dass insbesondere noch ein

20 Kohlenwasserstoff-Anteil ausgast. Bei der Temperaturerhöhung ist dies beispielsweise durch eine lineare Zunahme mit einer größeren Steigung, insbesondere mit Überschreiten eines oberen Schwellwertes, verbunden. Die größere Steigung kann entsprechend der Gasdiffusion der großen Kohlenwasserstoffmoleküle, hinsichtlich der Masse und eines Streuquerschnitts, erfasst werden. Dieses Verhalten kann insbesondere auf die

25 Ausgasung aus Motoröl zurückgeführt werden. Der Wert, insbesondere das Extremum 144 des Sensorsignals 138, sollte hierbei noch nicht für den Abgleich der Kennlinie verwendet werden. Ähnlich kann beispielsweise bei Temperaturerniedrigung in diesem Fall eine lineare Abnahme mit einer größeren Steigung, insbesondere mit Unterschreitung einer vorzugsweise negativen Steigung beobachtet werden. Aus einem Vorliegen

30 mindestens zweier Bereiche mit unterschiedlichen Steigungen, wie in Figur 4 in der gestrichelten Kurve dargestellt, in dem Signalverlauf 140, insbesondere in dem dritten Signalverlauf 156, kann beispielsweise auf einen Elektrodendefekt mindestens einer der Elektroden 116 geschlossen werden. Bei einer Temperaturerhöhung kann sich dies beispielsweise als eine nichtlineare Zunahme mit kleinerer Steigung zeigen. Bei

35 Temperaturerniedrigung kann sich dahingehend eine Abnahme mit einem größeren Betrag der negativen Steigung ergeben. Dies kann insbesondere auf einen

Elektrodenschaden hindeuten. Dieser Fall kann beispielsweise über eine Pumpspannungserhöhung, beispielsweise wie unten beschrieben, plausibilisiert werden. Insbesondere kann ein Ausheilungsheizen und/oder eine Temperaturerhöhung, beispielsweise durch das Heizelement 136, für definierte Zeit oder für die restliche Lebensdauer des Sensorelements 112 durchgeführt werden.

Die durchgezogene Linie zeigt insbesondere einen dritten Signalverlauf 156 mit einer Steigung von 4 % pro 100 °C. Dieser Signalverlauf 140 kann insbesondere bei Vorhandensein von Luft, beispielsweise in dem Schubbetrieb oder in dem Nachlauf, erfasst werden. Aus dieser Steigung kann beispielsweise eine Entscheidung für eine Verwendung des Signals für den Abgleich der Kennlinie hervorgehen. Bei Temperaturerhöhung ergibt sich insbesondere eine geringe Zunahme und bei Temperaturerniedrigung eine geringe Abnahme verbunden mit der entsprechenden im Steuergerät abgelegten Steigung. Bei der Steigung kann es sich insbesondere um eine statische Temperaturabhängigkeit, beispielsweise von ungefähr 4 % pro 100 °C, beispielsweise kompensiert durch eine K-Wert-Bestimmung aus einer dynamischen Strömungsmessung, handeln. Diese Werte, insbesondere das zugehörige Sensorsignal 138, können für einen autonomen Abgleich verwendet werden.

Ein vierter Signalverlauf 160 kann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren aufgenommen werden, wobei der vierte Signalverlauf 160 Extrema 144 insbesondere als Funktion einer elektrischen Spannung als Parameter umfassen kann. Figur 4 zeigt den vierten Signalverlauf 160, insbesondere ein Pumpstrom I_p als Funktion der Pumpspannung U_p , wobei dieser vierte Signalverlauf 160 beispielsweise durch eine Pumpspannungserhöhung $U_p + \Delta U_p$ erfasst werden kann. Beispielsweise kann eine starke Zunahme des Pumpstroms bei $\Delta U_p = 200 \text{ mV}$ auf einen Elektrodendefekt hinweisen, beispielsweise da die Kennlinie, insbesondere eine Strom-Spannung-Kennlinie, nicht in einem Plateau aufgenommen wurde. Eine Abnahme des Pumpstroms bei Erhöhung der Pumpspannung ist im Allgemeinen nicht plausibel. Eine starke Zunahme, insbesondere eine hohe Steigung, beispielsweise ein Überschreiten eines Schwellwertes einer Steigung, insbesondere bei $\Delta U_p = 800 \text{ mV}$, kann beispielsweise auftreten, wenn Wasser in Luft enthalten ist, beispielsweise erzeugt durch eine Wasserzersetzung.

Beispielsweise kann eine Änderung des Sensorsignals 138, beispielsweise durch verschiedene Betriebstemperaturen, durch die in der Ansteuerung 126, beispielsweise

einem Steuergerät, abgelegte Steigung, beispielsweise einer statischen Temperaturabhängigkeit, kompensiert werden. Die Steigung der statischen Temperaturabhängigkeit kann kompensiert sein durch eine K-Wert-Bestimmung aus einer dynamischen Strömungsmessung

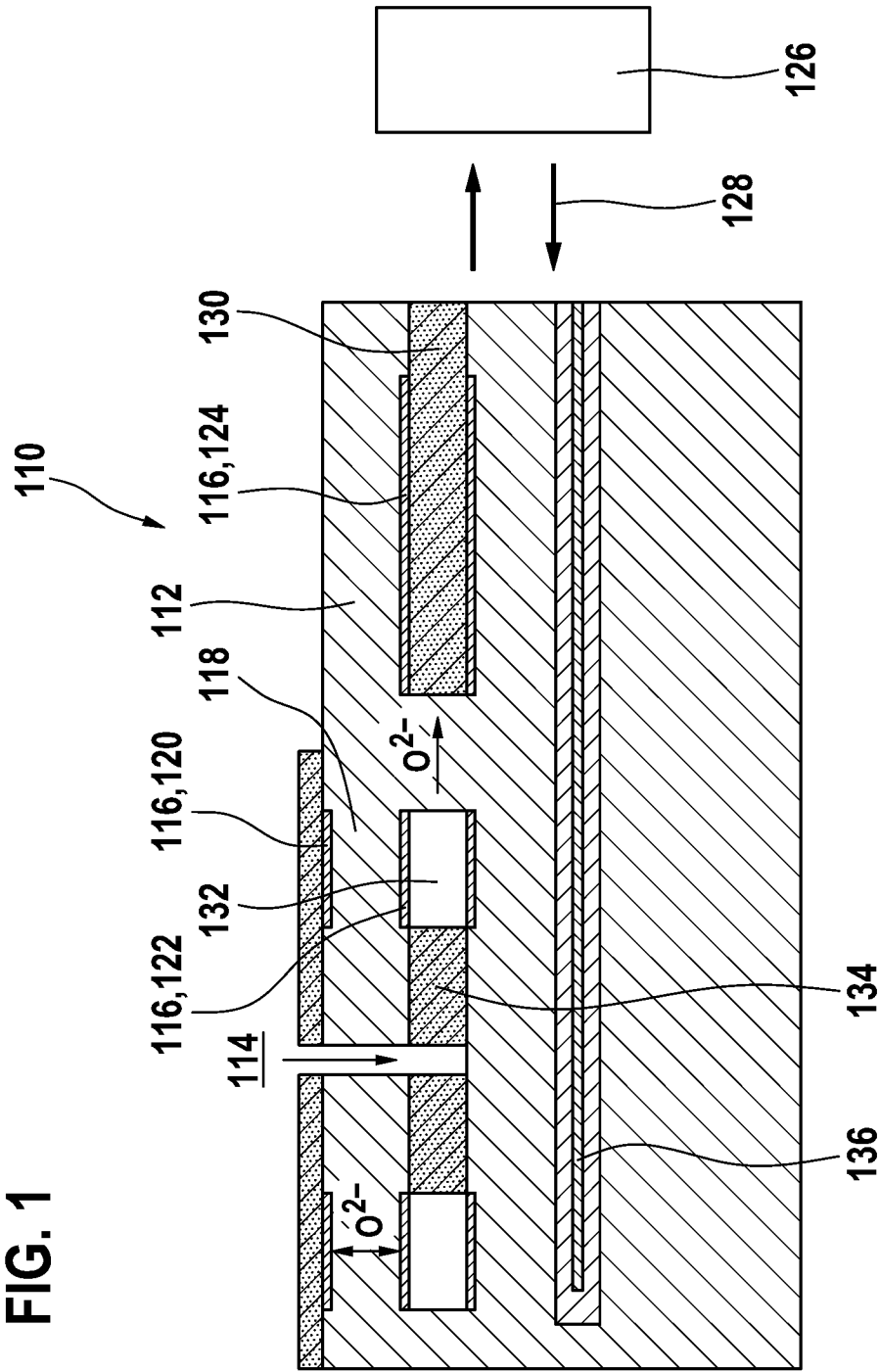
Ansprüche

- 5 1. Verfahren zum Abgleich einer Kennlinie eines Sensorelements (112) zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas (114) einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das Sensorelement (112) mindestens zwei Elektroden (116) und mindestens einen die Elektroden (116) verbindenden Festelektrolyten (118) umfasst, wobei das
10 Sensorelement (112) mindestens ein Sensorsignal (138) generiert, wobei mittels der Kennlinie aus dem Sensorsignal (138) auf den Sauerstoffanteil schließbar ist, wobei bei dem Verfahren mindestens zwei Signalverläufe des Sensorsignals (138) erzeugt werden, wobei die Signalverläufe jeweils auf die Erfüllung mindestens einer
15 Bedingung geprüft werden, wobei der Abgleich unter Berücksichtigung der Signalverläufe durchgeführt wird.
2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei das Sensorsignal (138) zumindest teilweise während eines Schubbetriebs und/oder eines Nachlaufs der Verbrennungskraftmaschine aufgenommen wird.
- 20 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Signalverläufe in einer Diagnosematrix verknüpft werden.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Sensorsignal (138) und/oder die Signalverläufe mindestens einer Plausibilitätsbetrachtung unterworfen
25 werden.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei es sich bei dem Sensorsignal (138) um einen elektrischen Strom handelt.
- 30 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Signalverläufe aus dem Sensorsignal (138) generiert werden und der Signalverlauf (140) von mindestens einem Parameter abhängt.
7. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der Parameter ausgewählt ist
35 aus der Gruppe bestehend aus einer Zeit; mindestens einer Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements (112); einer angelegten elektrischen Spannung.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bedingung ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einer Schwellwertbedingung; dem Vorhandensein einer Konstanz und/oder einer Linearität und/oder einer Krümmung; einer Zunahme; einer Abnahme.
- 5
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein erster Signalverlauf (142) das Sensorsignal (138) als Funktion der Zeit als Parameter umfasst, wobei der erste Signalverlauf (142) auf eine erste Bedingung überprüft wird, wobei die erste Bedingung eine Schwellwertbedingung umfasst, wobei eine Steigung des ersten
- 10 Signalverlaufs (142) in mindestens einem Extremum (144) des ersten Signalverlaufs (142), mit mindestens einem Schwellwert verglichen wird, um zu ermitteln, ob der erste Signalverlauf (142) während des Schubbetriebs einen Endwert (146) erreicht.
10. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei der erste Signalverlauf (142)
- 15 über mehrere Schubbetriebe erfasst wird, wobei Extrema (144), insbesondere Maxima und/oder der Endwert (146), des ersten Signalverlaufs (142) während der Schubbetriebe erfasst werden, wobei die Extrema (144) als Funktion der Zeit, zu welcher die Extrema (144) erfasst wurden, einen zweiten Signalverlauf (148) bilden.
- 20 11. Verfahren nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche, wobei eine Steigung des zweiten Signalverlaufs (148) mit mindestens einem Schwellwert verglichen wird, wobei aus einem Unterschreiten eines unteren Schwellwerts auf einen Elektrodendefekt mindestens einer der Elektroden (116) geschlossen wird und ein Ausheilungsheizen und/oder eine Erhöhung einer Betriebstemperatur zumindest
- 25 eines Teils des Sensorelements (112) eingeleitet wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein dritter Signalverlauf (156) aufgenommen wird, wobei der dritte Signalverlauf (156) Extrema (144) als Funktion einer Temperatur mindestens eines Teils des Sensorelements (112) als
- 30 Parameter umfasst, wobei eine Steigung des dritten Signalverlaufs (156) mit mindestens einem Schwellwert verglichen wird, wobei bei einem Überschreiten des Schwellwerts, insbesondere während eines Schubbetriebs der Verbrennungskraftmaschine, auf ein Ausgasen von Kohlenwasserstoffen geschlossen wird, wobei aus einem Vorliegen mindestens zweier Bereiche mit
- 35 unterschiedlichen Steigungen in dem dritten Signalverlauf (156) auf einen Elektrodendefekt mindestens einer der Elektroden (116) geschlossen wird.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein vierter Signalverlauf (160) aufgenommen wird, wobei der vierte Signalverlauf (160) Extrema (144) als Funktion einer elektrischen Spannung als Parameter umfasst.

- 5 14. Sensorvorrichtung (110), umfassend mindestens ein Sensorelement (112) zur Erfassung eines Sauerstoffanteils in einem Abgas (114) einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das Sensorelement (112) mindestens zwei Elektroden (116) und mindestens einen die Elektroden (116) verbindenden Festelektrolyten (118) umfasst, wobei die Sensorvorrichtung (110) weiterhin
- 10 mindestens eine Ansteuerung (126) umfasst, wobei die Ansteuerung (126) eingerichtet ist, um ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.



2 / 3

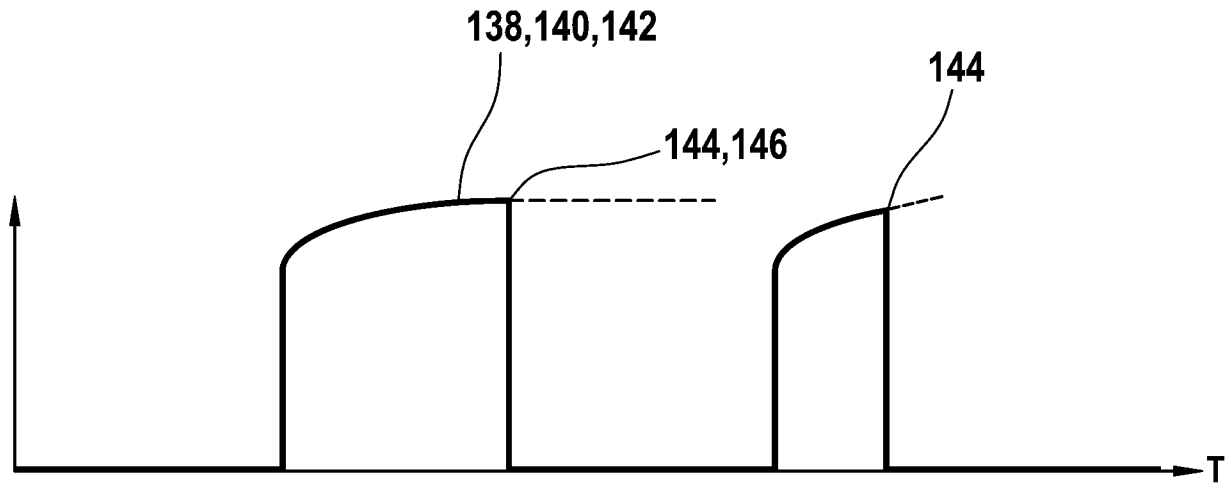


FIG. 2

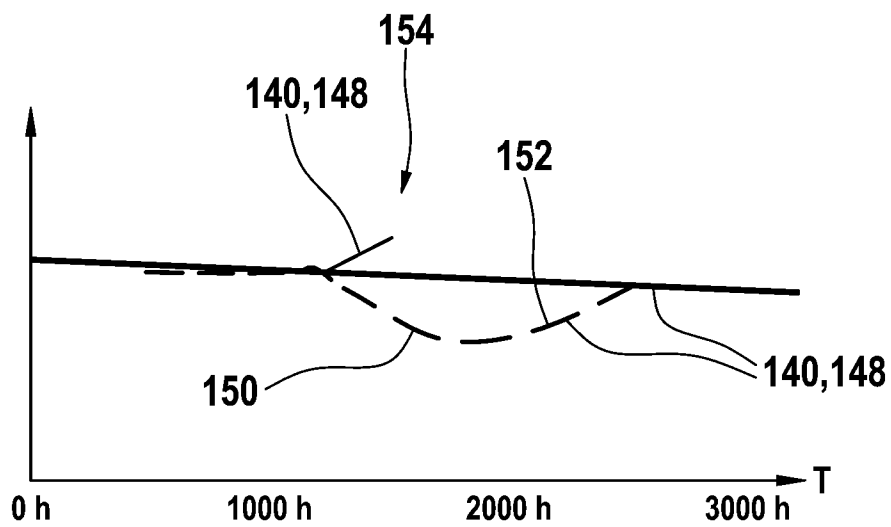


FIG. 3

3 / 3

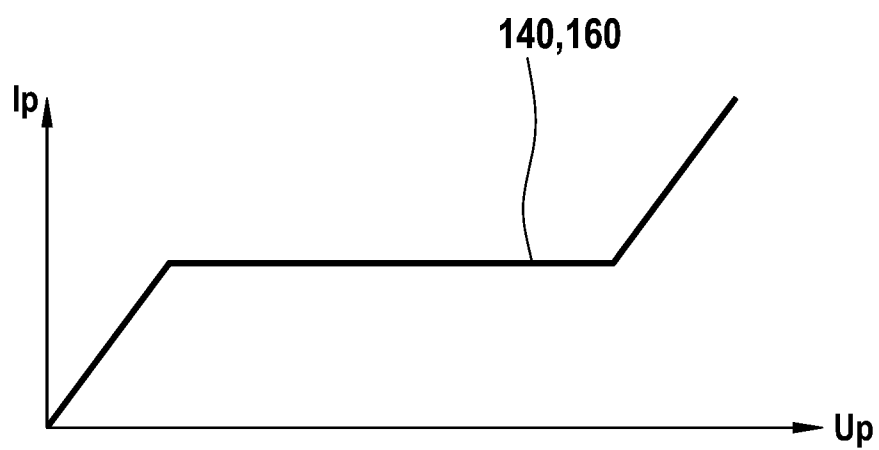
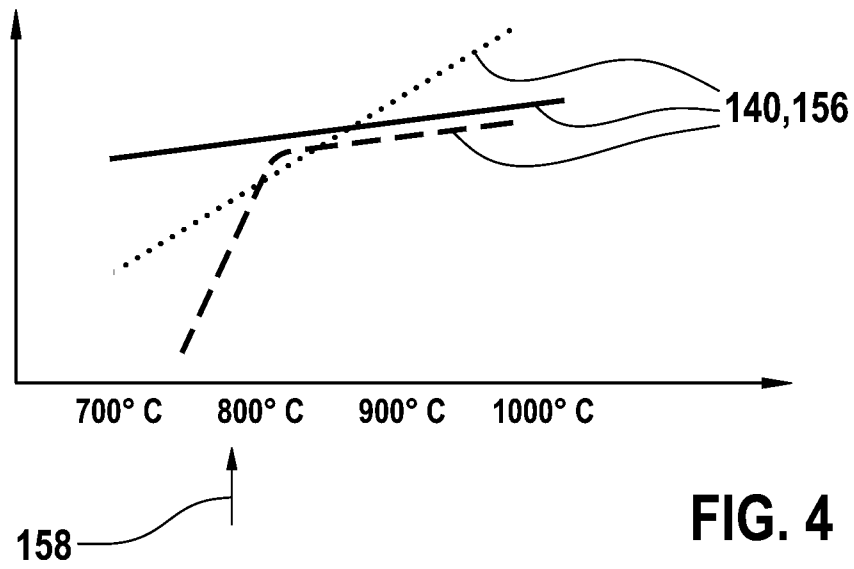


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/057747

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N27/416
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01N F02D F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 964 208 A (YAMASHITA YUKIHIRO [JP] ET AL) 12 October 1999 (1999-10-12)	1-8,10, 11,13,14
Y	abstract; claims 1-34; figures 1-60 column 2, line 58 - column 3, line 3 column 7, line 18 - line 30 column 7, line 61 - column 8, line 2 column 8, line 51 - line 67 column 10, line 14 - line 38 column 16, line 9 - line 14 column 21, line 11 - line 25 -----	9
Y	EP 1 048 834 A2 (SIEMENS AG [DE]) 2 November 2000 (2000-11-02)	9
A	abstract; figures 1-4 ----- -/-	1-8, 10-14



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

2 July 2012

Date of mailing of the international search report

11/07/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gangl, Martin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2012/057747

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 6 789 533 B1 (HASHIMOTO KOHJI [JP] ET AL) 14 September 2004 (2004-09-14) abstract; figures 1-9 column 3, line 46 - line 56 -----	1-6,8, 12,14 7,9,11, 13
A	US 2004/060550 A1 (WU MING-CHENG [US] ET AL) 1 April 2004 (2004-04-01) abstract; figures 1,2,3,4 paragraph [0015] paragraph [0033] paragraph [0035] -----	1-14
A	YU S ET AL: "Development of a silicon-based yttria-stabilized-zirconia (YSZ), amperometric oxygen sensor", SENSORS AND ACTUATORS B: CHEMICAL: INTERNATIONAL JOURNAL DEVOTED TO RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL TRANSDUCERS, ELSEVIER S.A, SWITZERLAND, vol. 85, no. 3, 25 July 2002 (2002-07-25), pages 212-218, XP004368812, ISSN: 0925-4005, DOI: 10.1016/S0925-4005(02)00110-7 the whole document -----	1-14
A	JP 6 003304 A (UNISIA JECS CORP) 11 January 1994 (1994-01-11) abstract; figures 1-5 -----	1-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/057747

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5964208	A	12-10-1999	US 5964208 A	12-10-1999
			US 6032659 A	07-03-2000

EP 1048834	A2	02-11-2000	DE 19919427 A1	02-11-2000
			EP 1048834 A2	02-11-2000

US 6789533	B1	14-09-2004	JP 4209736 B2	14-01-2009
			JP 2005036743 A	10-02-2005
			US 6789533 B1	14-09-2004

US 2004060550	A1	01-04-2004	NONE	

JP 6003304	A	11-01-1994	JP 2847454 B2	20-01-1999
			JP 6003304 A	11-01-1994

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N27/416
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 G01N F02D F01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 964 208 A (YAMASHITA YUKIHIRO [JP] ET AL) 12. Oktober 1999 (1999-10-12)	1-8,10, 11,13,14
Y	Zusammenfassung; Ansprüche 1-34; Abbildungen 1-60 Spalte 2, Zeile 58 - Spalte 3, Zeile 3 Spalte 7, Zeile 18 - Zeile 30 Spalte 7, Zeile 61 - Spalte 8, Zeile 2 Spalte 8, Zeile 51 - Zeile 67 Spalte 10, Zeile 14 - Zeile 38 Spalte 16, Zeile 9 - Zeile 14 Spalte 21, Zeile 11 - Zeile 25 -----	9
Y	EP 1 048 834 A2 (SIEMENS AG [DE]) 2. November 2000 (2000-11-02)	9
A	Zusammenfassung; Abbildungen 1-4 ----- -/-	1-8, 10-14

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

2. Juli 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

11/07/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gangl, Martin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 6 789 533 B1 (HASHIMOTO KOHJI [JP] ET AL) 14. September 2004 (2004-09-14) Zusammenfassung; Abbildungen 1-9 Spalte 3, Zeile 46 - Zeile 56 -----	1-6,8, 12,14 7,9,11, 13
A	US 2004/060550 A1 (WU MING-CHENG [US] ET AL) 1. April 2004 (2004-04-01) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2,3,4 Absatz [0015] Absatz [0033] Absatz [0035] -----	1-14
A	YU S ET AL: "Development of a silicon-based yttria-stabilized-zirconia (YSZ), amperometric oxygen sensor", SENSORS AND ACTUATORS B: CHEMICAL: INTERNATIONAL JOURNAL DEVOTED TO RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL TRANSDUCERS, ELSEVIER S.A, SWITZERLAND, Bd. 85, Nr. 3, 25. Juli 2002 (2002-07-25), Seiten 212-218, XP004368812, ISSN: 0925-4005, DOI: 10.1016/S0925-4005(02)00110-7 das ganze Dokument -----	1-14
A	JP 6 003304 A (UNISIA JECS CORP) 11. Januar 1994 (1994-01-11) Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 -----	1-14

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/057747

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung	
US 5964208	A	12-10-1999	US	5964208 A			12-10-1999	
			US	6032659 A			07-03-2000	

EP 1048834	A2	02-11-2000	DE	19919427 A1			02-11-2000	
			EP	1048834 A2			02-11-2000	

US 6789533	B1	14-09-2004	JP	4209736 B2			14-01-2009	
			JP	2005036743 A			10-02-2005	
			US	6789533 B1			14-09-2004	

US 2004060550	A1	01-04-2004	KEINE					

JP 6003304	A	11-01-1994	JP	2847454 B2			20-01-1999	
			JP	6003304 A			11-01-1994	
