

(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
09. Januar 2020 (09.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/007673 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 27/417 (2006.01) G01N 33/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/066943

(22) Internationales Anmeldedatum:
26. Juni 2019 (26.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 210 846.3
02. Juli 2018 (02.07.2018) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Post-
fach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **OECHTERING, Peter**; Gartenaeckerweg 6,
76229 Karlsruhe (DE). **HEISE, Michael**; Hofloessnitz-

strasse 72, 01445 Radebeul (DE). **GUEL, Mustafa**; Oskar-Kreibich-Weg 7, 71522 Backnang (DE). **FIEDLER, Michael**; Amsterdamer Str. 31, 71034 Boeblingen (DE). **SCHROEDER, Andy**; Sommerhaldenstr. 6, 5405 Daettwil (CH). **SINGER, Matthias**; Tulpenweg 10, 73730 Esslingen (DE). **DAECKE, Dirk**; Kernenblickstrasse 19, 70619 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A SENSOR FOR DETECTING AT LEAST A PORTION OF A MEASUREMENT GAS COMPONENT HAVING BOUND OXYGEN IN A MEASUREMENT GAS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES SENSORS ZUM NACHWEIS MINDESTENS EINES ANTEILS EINER MESSGASKOMPONENTE MIT GEBUNDENEM SAUERSTOFF IN EINEM MESSGAS

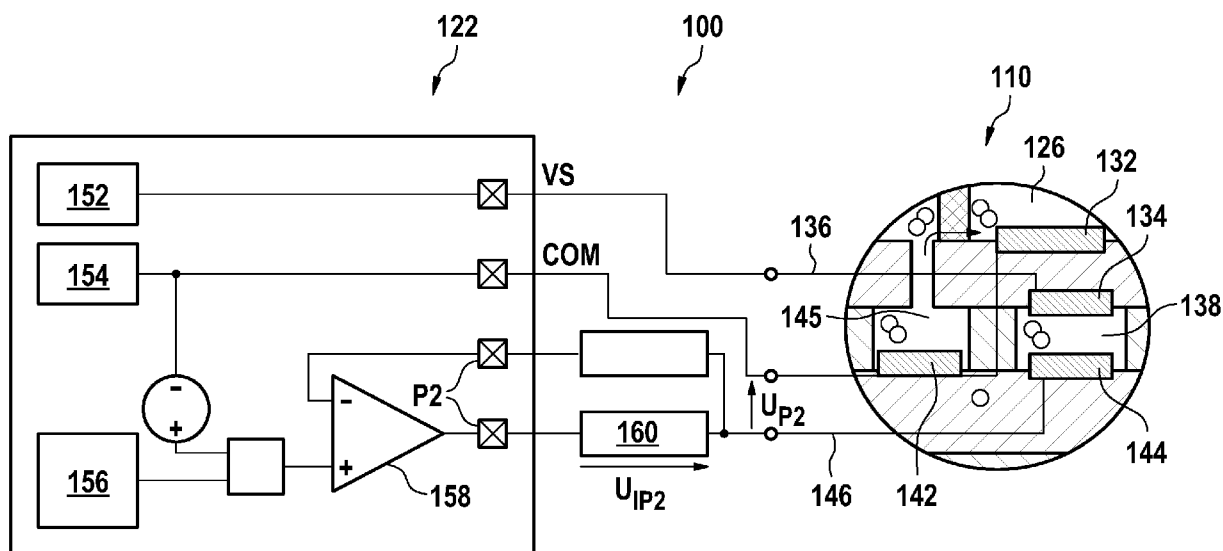


FIG. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a sensor (100) for detecting at least a portion of a measurement gas component having bound oxygen in a measurement gas, in particular in an exhaust gas of an internal combustion engine. The sensor (100) comprises a sensor element (110), and the sensor element (110) has a first pumping cell (112), which has an outer pumping electrode (114) and an inner pumping electrode (116) and which adjoins a first cavity (126) that is connected to the measuring gas, a reference cell (130), which has a Nernst electrode (132) and a reference electrode (134) and which adjoins a reference gas chamber

SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(138), and a second pumping cell (140), which has a pumping electrode (142) and a counter electrode (144) and which adjoins a second cavity (145). In the method, an electronic controller (122), which has at least one first separate connection (P1) for the first pumping cell (112) and a second separate connection (P2) for the second pumping cell (140), is connected to the sensor element (110), wherein the first pumping cell (112) is connected to the first separate connection (P1) by means of an electrically conductive connection (120), and the second pumping cell (140) is connected to the second separate connection (P2) by means of an electrically conductive connection (146). The electrically conductive connection (146) which connects the second pumping cell (140) to the second separate connection (P2) is equipped with a measuring resistor (160), and a current and/or voltage excitation of the second pumping cell (140) is carried out by the controller (122) in order to generate a measuring signal (182) at the measuring resistor (160).

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zum Betreiben eines Sensors (100) zum Nachweis mindestens eines Anteils einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, insbesondere in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, vorgeschlagen. Der Sensor (100) umfasst ein Sensorelement (110), wobei das Sensorelement (110) eine erste Pumpzelle (112), die eine äußere Pumpelektrode (114) und eine innere Pumpelektrode (116) aufweist und die an einem ersten Hohlraum (126) anliegt, welcher mit dem Messgas in Verbindung steht, eine Referenzzelle (130), welche eine Nernst-Elektrode (132) und eine Referenzelektrode (134) aufweist und die an einem Referenzgasraum (138) anliegt, und eine zweite Pumpzelle (140), die eine Pumpelektrode (142) und eine Gegenelektrode (144) aufweist und die an einem zweiten Hohlraum (145) anliegt. Bei dem Verfahren wird ein elektronisches Steuergerät (122), das zumindest über einen ersten gesonderten Anschluss (P1) für die erste Pumpzelle (112) und einen zweiten gesonderten Anschluss (P2) für die zweite Pumpzelle (140) verfügt, mit dem Sensorelement (110) verbunden, wobei die erste Pumpzelle (112) mittels einer elektrisch leitenden Verbindung (120) mit dem ersten gesonderten Anschluss (P1) verbunden wird, wobei die zweite Pumpzelle (140) mittels einer elektrisch leitenden Verbindung (146) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbunden wird, wobei in der elektrisch leitenden Verbindung (146), die die zweite Pumpzelle (140) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbindet, ein Messwiderstand (160) vorgesehen wird, wobei mittels des Steuergeräts (122) eine Strom- und/oder Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle (140) zum Erzeugen eines Messsignals (182) an dem Messwiderstand (160) durchgeführt wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Betreiben eines Sensors zum Nachweis mindestens eines Anteils
einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas

10

Stand der Technik

15

Aus dem Stand der Technik ist eine Vielzahl von Verfahren und Sensoren zum Nachweis mindestens eines Anteils der Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Gasgemisch, insbesondere in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, durch Erfassen eines Anteils an Sauerstoff, der durch eine Reduktion der Messgaskomponente mit dem gebundenen Sauerstoff erzeugt wird, bekannt.

20

Sensoren zum Nachweis mindestens eines Anteils der Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Gasgemisch, die auch verkürzt oder vereinfacht NO_x-Sensoren oder Stickoxid-Sensoren bezeichnet werden, sind beispielsweise in Reif, K., Deutsche, K-H. et al., *Kraftfahrtechnisches Taschenbuch*, Springer Vieweg, Wiesbaden, 2014, Seite 1338-1347 beschrieben.

25

30

Stickoxid-Sensoren (= NO_x-Sensoren), die heutzutage in der Automobiltechnik eingesetzt werden, funktionieren nach dem Grenzstromprinzip, analog zu Sauerstoff-Sensoren, wie beispielsweise Lambda Sensoren. Ein solcher Stickoxid-Sensor umfasst eine Nernst-Konzentrationszelle, die auch Referenzzelle genannt wird, eine modifizierte Sauerstoffpumpzelle und eine weitere modifizierte Sauerstoffpumpzelle, die sogenannte NO_x-Zelle. Eine dem Abgas ausgesetzte äußere Pumpelektrode und eine innere Pumpelektrode in einem ersten Hohlraum, der vom Abgas durch eine Diffusionsbarriere getrennt ist, bilden die Sauerstoffpumpzelle. Im ersten Hohlraum befindet sich auch die

35

- 2 -

Nernstelektrode und in einem Referenzgasraum die Referenzelektrode, die zusammen die Nernstzelle bzw. Referenzzelle bilden. Die NO_x-Zelle umfasst eine NO_x-Pumpelektrode und eine Gegenelektrode. Die NO_x-Pumpelektrode befindet sich in einem zweiten Hohlraum, der mit dem ersten inneren Hohlraum verbunden und von diesem durch eine Diffusionsbarriere getrennt ist. Die Gegenelektrode befindet sich in dem Referenzgasraum. Alle Elektroden in dem ersten und zweiten Hohlraum haben einen gemeinsamen Rückleiter.

Bei Betrieb des Stickoxid-Sensor wird der sogenannten O₂-Zelle der Sauerstoff aus dem ersten Hohlraum, der über eine Diffusionsbarriere mit dem Abgas verbunden ist, entfernt. Der dadurch resultierende Pumpstrom ist dann proportional zum Sauerstoffgehalt der Umgebungsluft im Messgas- bzw. Abgasstrom. In der NO_x-Zelle werden die Stickoxide abgepumpt. Das Stickoxid NO_x, in der in den zweiten Hohlraum befindlichen Atmosphäre, wird durch Anlegen einer konstanten Pumpspannung reduziert bzw. abgebaut. Der durch Reduktion oder Abbau der Messgaskomponente in dem zweiten Hohlraum erzeugte Sauerstoff, der vorzugsweise aus der Reduktion des Stickoxids NO_x stammt, wird in einen Referenzgasraum abgepumpt. So hat die angelegte Pumpspannung gegen den Widerstand der NO_x-Zelle und der Konzentration des Stickoxids NO_x bzw. Sauerstoffs einen Pumpstrom zur Folge, der proportional zum Gehalt an Stickoxid NO_x bzw. Sauerstoff ist und das NO_x-Messsignal darstellt.

Der dabei resultierende Pumpstrom I_{P2} ist somit ein Maß für die NO_x-Konzentration der Umgebungsluft im Messgas- bzw. Abgasstrom. Bei dieser Anordnung ist es wichtig, dass an der Sauerstoffzelle nicht auch die Stickoxide abgepumpt werden, da sonst an der NO_x-Zelle kein Signal mehr gemessen werden könnte. Dies wird durch eine Gold-Dotierung der O₂-Zelle erreicht. Zusätzlich darf die O₂-Zelle nur bei niedrigen Pumpspannungen betrieben werden, da sonst wieder NO_x-Moleküle dissoziiert würden.

Trotz der Vorteile der aus dem Stand der Technik bekannten Sensoren und Verfahren zum Betreiben derselben, beinhalten diese noch Verbesserungspotenzial. Die Temperatur des Sensorelements wird durch eine Pulsweitenmodulation (PWM) der Heizerversorgung (Spannung, Strom)

gesteuert. Die Spannung des PWMs wird über einen Feldeffekttransistor (FET) direkt von der Versorgungsspannung (12V) der Sensorsteuereinheit (SCU) abgegriffen. Dadurch liegt in der An-Phase des PWMs die SCU-Versorgungsspannung des Systems an den Heizmäander des Sensorelements in der Sensor-Probe an. Der Strom an NO_x-Messsignal ist sehr klein wie beispielsweise, 4,5 µA bei 1500 ppm NO_x und damit auch äußerst empfindlich gegenüber Störungen und Einkopplungen. Aufgrund der baulichen Nähe der Heizmäander zu der NO_x Zelle wird während der An-Phase des PWM-Signals durch kapazitive Kopplung und Leckströme ein Strom auf die IP2 Leitung/Zelle eingeprägt. Durch diese Störung wird ein Offset zu dem tatsächlichen NO_x Wert messbar. Die Anforderungen der Umweltbehörden verlangen eine kontinuierliche und verlässliche Diagnose von Leitungsunterbrechungen der IP2 Leitung.

Offenbarung der Erfindung

Es wird daher ein Verfahren zum Betreiben eines Sensors zum Nachweis mindestens eines Anteils einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas vorgeschlagen, welches die Nachteile bekannter Verfahren zum Betreiben dieser Sensoren zumindest weitgehend vermeidet und das in Intervallen von mindestens 500 ms eine sichere und kontinuierliche Diagnose erlaubt, ohne die NO_x-Messwerte zu beeinflussen bzw. zu stören.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zum Betreiben eines Sensors zum Nachweis mindestens eines Anteils einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, insbesondere in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, wobei der Sensor ein Sensorelement umfasst, wobei das Sensorelement eine erste Pumpzelle, die eine äußere Pumpelektrode und eine innere Pumpelektrode aufweist und die an einem ersten Hohlraum anliegt, welcher mit dem Messgas in Verbindung steht, eine Referenzzelle, welche eine Nernst-Elektrode und eine Referenzelektrode aufweist und die an einem Referenzgasraum anliegt, und eine zweite Pumpzelle, die eine Pumpelektrode und eine Gegenelektrode aufweist und die an einem zweiten Hohlraum anliegt, wird ein elektronisches Steuergerät, das zumindest über einen ersten gesonderten Anschluss für die erste Pumpzelle und einen zweiten gesonderten Anschluss für die zweite Pumpzelle verfügt, mit dem Sensorelement

verbunden, wobei die erste Pumpzelle mittels einer elektrisch leitenden Verbindung mit dem ersten gesonderten Anschluss verbunden wird, wobei die zweite Pumpzelle mittels einer elektrisch leitenden Verbindung mit dem zweiten gesonderten Anschluss verbunden wird, wobei in der elektrisch leitenden Verbindung, die die zweite Pumpzelle mit dem zweiten gesonderten Anschluss verbindet, ein Messwiderstand vorgesehen wird, wobei mittels des Steuergeräts eine Strom- und/oder Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle zum Erzeugen eines Messsignals an dem Messwiderstand durchgeführt wird.

Durch die Strom- und/oder Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle wird an dem Messwiderstand ein auswertbares Messsignal erzeugt, das die Unterscheidung zwischen einem offenen oder geschlossenen Stromkreis erlaubt. Mit anderen Worten wird ein IP2-Signal durch eine äußere Anregung erzeugt. Damit lässt sich ein offener Stromkreis an der IP2 Leitung der NOx-Zelle auch während des Messbetriebs sicher erkennen. Auch in Betriebszuständen, in denen der Strom IP2 (nahezu) gleich null ist, wie beispielsweise bei 0 ppm NOx, kann eine offene IP2-Leitung detektiert werden.

Bei einer Weiterbildung wird an die zweite Pumpzelle eine vorbestimmte elektrische Spannung angelegt, wobei eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle durchgeführt wird, wobei die Spannungsanregung eine Veränderung der vorbestimmten elektrischen Spannung für eine vorbestimmte Zeit umfasst. Durch Anregung der Spannung gegenüber dem normalen Potential kommt es bei geschlossener Leitung mit einem Gasgemisch, auch bei 0% O₂, H₂O ≥1% und NO_x = 0 ppm, zu einem messbaren Stromfluss. Ist die IP2-Leitung aufgetrennt, kann kein Strom mehr fließen, auch nicht bei einer zeitlichen Anregung durch einen Puls. Dies gilt als Hinweis für einen offenen Stromkreis. Dabei kommt es nicht auf die Dauer des Pulses an, sondern auf die Spannungsänderung.

Bei einer Weiterbildung wird die vorbestimmte elektrische Spannung für die vorbestimmte Zeit erhöht. Dadurch erhöht sich auch der messbare Stromfluss.

Bei einer Weiterbildung wird die elektrisch leitende Verbindung, die die zweite Pumpzelle mit dem zweiten gesonderten Anschluss verbindet, als intakt identifiziert wird, falls das Messsignal für die vorbestimmte Zeit einen Wert von

ungleich Null aufweist, und als defekt identifiziert wird, falls das Messsignal für die vorbestimmte Zeit einen Wert von Null aufweist. Damit lässt sich eindeutig zwischen einem offenen und geschlossenen Stromkreis unterscheiden.

5 Bei einer Weiterbildung wird an die zweite Pumpzelle eine vorbestimmte elektrische Spannung angelegt, wobei eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle durchgeführt wird, wobei für eine erste vorbestimmte Zeit die vorbestimmte elektrische Spannung erhöht wird und für eine zweite vorbestimmte Zeit die vorbestimmte elektrische Spannung erniedrigt wird, wobei
10 ein Integral der angelegten elektrischen Spannung für die erste vorbestimmte Zeit und die zweite vorbestimmte Zeit einen Wert von Null aufweist. Im Messzustand des NO_x-Sensors wird somit von der Hardware die Spannung U_{P2} an der NO_x-Zelle für kurze Zeit um ein bestimmtes Potential erhöht und danach für die gleiche Zeit in die entgegengesetzte Potentialrichtung minimiert. Es spielt
15 keine Rolle ob der positive Spannungspuls oder der negative Spannungspuls zuerst durchgeführt wird. Durch Anregung der Spannung gegenüber dem normalen Potential kommt es bei geschlossener Leitung mit einem Gasgemisch, auch bei 0% O₂, H₂O $\geq 1\%$ und NO_x = 0 ppm, zu einem messbaren Stromfluss. Ist die IP2-Leitung aufgetrennt, kann kein Strom mehr fließen, auch nicht bei
20 einer zeitlichen Anregung durch einen Puls. Dies gilt als Hinweis für einen offenen Stromkreis.

Bei einer Weiterbildung wird die elektrisch leitende Verbindung, die die zweite Pumpzelle mit dem zweiten gesonderten Anschluss verbindet, als intakt
25 identifiziert wird, falls das Messsignal für die erste vorbestimmte Zeit und die zweite vorbestimmte Zeit einen Wert von ungleich Null aufweist, und als defekt identifiziert wird, falls das Messsignal für die erste vorbestimmte Zeit und die zweite vorbestimmte Zeit einen Wert von Null aufweist. Das Integral der Spannungsamplitude über beide Pulse muss über die Zeit beider Pulse null
30 ergeben, also gleichanteilsfrei sein, um einen geschlossenen Stromkreis anzuzeigen. Andernfalls liegt ein Hinweis auf einen offenen Stromkreis vor.

Bei einer Weiterbildung wird in die zweite Pumpzelle ein vorbestimmter elektrischer Strom eingeprägt, wobei eine Stromanregung der zweiten Pumpzelle
35 durchgeführt wird, wobei für eine erste vorbestimmte Zeit der vorbestimmte

elektrische Strom erhöht wird und für eine zweite vorbestimmte Zeit der vorbestimmte elektrische Strom erniedrigt wird, wobei die erste vorbestimmte Zeit und die zweite vorbestimmte Zeit identisch lang sind. Eine Alternative zum Spannungspuls ist ein Strompuls an der IP2 Leitung. Im Messzustand des NOx-Sensors wird von der Hardware ein Strompuls für kurze Zeit um einen bestimmten Wert erhöht und danach für die gleiche Zeit in die entgegengesetzte Richtung minimiert. Es spielt keine Rolle ob der positive Strompuls oder der negative Strompuls zuerst durchgeführt wird. Durch das Einprägen eines Strompulses (Pumpstrom) wird ein Spannungshub an der IP2-Leitung messbar sein. Dieser verhält sich bei geschlossenem Stromkreis anders als bei einem offenen Stromkreis. Dies kann als Unterscheidungsmerkmal für die Detektion eines offenen Stromkreises an der IP2 -Leitung hergenommen werden.

Bei einer Weiterbildung wird die zweite elektrisch leitende Verbindung als intakt identifiziert, falls eine an die zweite Pumpzelle angelegte elektrische Spannung für die erste vorbestimmte Zeit und für die zweite vorbestimmte Zeit einen Schwellwert unterschreitet, und als defekt identifiziert wird, falls eine an die zweite Pumpzelle angelegte elektrische Spannung für die erste vorbestimmte Zeit und für die zweite vorbestimmte Zeit einen Schwellwert überschreitet. Das Integral des Stromes über beide Pulse muss über die Zeit beider Pulse null ergeben, um keine Ungleichgewicht in der NOx Zelle hervorzurufen, durch einseitiges aufpumpen bzw. abpumpen. Durch das Einprägen eines Strompulses (Pumpstrom) wird ein Spannungshub an der IP2-Leitung messbar sein. Dieser verhält sich bei geschlossenem Stromkreis anders als bei einem offenen Stromkreis. So fällt der Spannungshub bei geschlossenem Stromkreis niedriger aus als bei einem offenen Stromkreis. Dies kann als Unterscheidungsmerkmal für die Detektion eines offenen Stromkreises an der IP2 -Leitung hergenommen werden.

Bei einer Weiterbildung wird an die zweite Pumpzelle eine vorbestimmte elektrische Spannung angelegt, wobei eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle durchgeführt wird, wobei die Spannungsanregung eine periodische Veränderung der vorbestimmten elektrischen Spannung umfasst. Das Anlegen einer Spannungsanregung auf der IP2 Leitung verursacht eine deutliche Stromänderung an der NOx-Zelle. Dabei kann die Amplitude des modulierten

- 7 -

Signals sehr klein sein, wenn die Frequenz groß genug ist. Die Frequenz auf der IP2-Leitung muss nicht zwingend über den gesamten Zeitraum angeregt werden. Das Anlegen der höherfrequenten Spannungsänderung im Bereich um nahezu 0 ppm NO_x reicht für die elektrische Diagnose aus. Wird auf dem Rohsignal, besonders bei 0% O₂, H₂O ≥ 1% und NO_x = 0 ppm, ein durch die Frequenz angeregter Strom messbar, so ist die IP2-Leitung in Ordnung. Ist auf dem Rohsignal kein Strom messbar, so muss an der NO_x-Zelle Leitung ein offener Stromkreis anliegen. Die Amplitudenform ist dann unwesentlich. Jedoch, je größer die zeitliche Änderung $d/dt U(t)$ der Spannung, umso stärker ist die Stromänderung.

Bei einer Weiterbildung ist die Periodendauer kleiner als eine elektrochemische Zeitkonstante der zweiten Pumpzelle. Das Anlegen einer Spannungsanregung auf der IP2-Leitung, deren Periodendauer weit unter der (elektrochemischen) Zeitkonstante der NO_x-Zelle liegt, verursacht eine deutliche Stromänderung an der NO_x-Zelle. Dabei kann die Amplitude des modulierten Signals sehr klein sein, wenn die Frequenz groß genug ist. Die Frequenz der Spannungsänderung sollte so gewählt werden, dass das NO_x-Ausgangssignal nicht gestört wird. Die Frequenz auf der IP2-Leitung muss nicht zwingend über den gesamten Zeitraum angeregt werden. Das Anlegen der höherfrequenten Spannungsänderung im Bereich um nahezu 0 ppm NO_x reicht für die elektrische Diagnose aus. Wird auf dem Rohsignal, besonders bei 0% O₂, H₂O ≥ 1% und NO_x = 0 ppm, ein durch die Frequenz angeregter Strom messbar, so ist die IP2-Leitung in Ordnung. Ist auf dem Rohsignal kein Strom messbar, so muss an der NO_x-Zelle Leitung ein offener Stromkreis anliegen. Die Amplitudenform ist dann unwesentlich. Jedoch, je größer die zeitliche Änderung $d/dt U(t)$ der Spannung, umso stärker ist die Stromänderung.

Bei einer Weiterbildung wird das Messsignal mittels eines Tiefpassfilters gefiltert. Typischerweise wird das Rohsignal mit einem Tiefpass gefiltert und über die Schnittstelle des Sensorsteuergerätes an das Motorsteuergerät übertragen. Durch die Frequenzeinkopplung wird die Änderung des Stromes auf dem Rohsignal des IP2-Stroms sichtbar und kann für die elektrische Diagnose verwendet werden. Die NO_x-Werte, die sich aus dem IP2-Strom ergeben werden, bevor sie auf dem CAN gesendet werden, mit einem Tiefpassfilter

gefiltert. Auf dem gefilterten Signal ist diese höherfrequente Stromänderung dann nicht mehr sichtbar.

Bei einer Weiterbildung wird die vorbestimmte elektrische Spannung mit einer Frequenz verändert, die größer als die Bandbreite des Tiefpassfilters ist. Sinnvollerweise sollte die Anregungsfrequenz aber auch innerhalb der Bandbreite des Analog-Digital-Wandlers (ADC - analog-to-digital converter) liegen. Durch die Frequenzeinkopplung wird die Änderung des Stromes auf dem Rohsignal des IP2-Stroms sichtbar und kann für die elektrische Diagnose verwendet werden. Die NO_x-Werte, die sich aus dem IP2-Strom ergeben werden, bevor sie auf dem CAN gesendet werden, werden mit einem Tiefpassfilter gefiltert. Auf dem gefilterten Signal ist diese höherfrequente Stromänderung dann nicht mehr sichtbar.

Bei einer Weiterbildung wird die elektrisch leitende Verbindung, die die zweite Pumpzelle mit dem zweiten gesonderten Anschluss verbindet, als intakt identifiziert, falls das (ungefilterte) Messsignal eine periodische Veränderung zeigt, und wird als defekt identifiziert, falls das Messsignal keine periodische Veränderung zeigt. Wird auf dem Rohsignal, besonders bei 0% O₂, H₂O ≥ 1% und NO_x = 0 ppm, ein durch die Frequenz angeregter Strom messbar, so ist die IP2-Leitung in Ordnung. Ist auf dem Rohsignal kein Strom messbar, so muss an der IP2-Leitung ein offener Stromkreis anliegen. Die Amplitudenform ist dann unwesentlich. Jedoch, je größer die zeitliche Änderung $d/dt U(t)$ der Spannung, umso stärker ist die Stromänderung.

Es wird zudem ein Computerprogramm vorgeschlagen, welches eingerichtet ist, jeden Schritt des erfindungsgemäßen Verfahrens durchzuführen.

Weiterhin wird ein elektronisches Speichermedium vorgeschlagen, auf welchem ein Computerprogramm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens gespeichert ist.

Die Erfindung umfasst darüber hinaus ein elektronisches Steuergerät, welches das erfindungsgemäße elektronische Speichermedium mit dem besagten

Computerprogramm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens enthält, umfasst.

Schließlich betrifft die Erfindung auch einen Sensor zum Nachweis mindestens
5 eines Anteils einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem
Messgas, insbesondere in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine,
umfassend ein Sensorelement, wobei das Sensorelement eine erste Pumpzelle,
die einer äußere Pumpelektrode und eine innere Pumpelektrode aufweist und die
an einem ersten Hohlraum anliegt, welcher mit dem Messgas in Verbindung
10 steht, eine Referenzzelle, welcher eine Nernst-Elektrode und eine
Referenzelektrode aufweist und die an einem Referenzgasraum anliegt, und eine
zweite Pumpzelle, die eine Pumpelektrode und eine Gegenelektrode aufweist
und die an einem zweiten Hohlraum anliegt, wobei der Sensor weiterhin ein
erfindungsgemäßes elektronisches Steuergerät aufweist.

Unter einem Festelektrolyten ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein
Körper oder Gegenstand mit elektrolytischen Eigenschaften, also mit Ionen
leitenden Eigenschaften, zu verstehen. Insbesondere kann es sich um einen
keramischen Festelektrolyten handeln. Dies umfasst auch das Rohmaterial eines
20 Festelektrolyten und daher die Ausbildung als so genannter Grünling oder
Braunling, der erst nach einem Sintern zu einem Festelektrolyten wird.
Insbesondere kann der Festelektrolyt als Festelektrolytschicht oder aus
mehreren Festelektrolytschichten ausgebildet sei. Unter einer Schicht ist im
Rahmen der vorliegenden Erfindung eine einheitliche Masse in flächenhafter
25 Ausdehnung einer gewissen Höhe zu verstehen, die über, unter oder zwischen
anderen Elementen liegt.

Unter einer Elektrode ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung allgemein ein
Element zu verstehen, welches in der Lage ist, den Festelektrolyten derart zu
30 kontaktieren, dass durch den Festelektrolyten und die Elektrode ein Strom
aufrechterhalten werden kann. Dementsprechend kann die Elektrode ein
Element umfassen, an welchem die Ionen in den Festelektrolyten eingebaut
und/oder aus dem Festelektrolyten ausgebaut werden können. Typischerweise
umfassen die Elektroden eine Edelmetallelektrode, welche beispielsweise als
35 Metall-Keramik-Elektrode auf dem Festelektrolyten aufgebracht sein kann oder

auf andere Weise mit dem Festelektrolyten in Verbindung stehen kann. Typische Elektrodenmaterialien sind Platin-Cermet-Elektroden. Auch andere Edelmetalle, wie beispielsweise Gold oder Palladium, sind jedoch grundsätzlich einsetzbar.

5 Unter einem Heizelement ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Element zu verstehen, das zum Erwärmen des Festelektrolyten und der Elektroden auf mindestens ihre Funktionstemperatur und vorzugsweise auf ihre Betriebstemperatur dient. Die Funktionstemperatur ist diejenige Temperatur, ab der der Festelektrolyt für Ionen leitend wird und die ungefähr 350 °C beträgt.
10 Davon ist die Betriebstemperatur zu unterscheiden, die diejenige Temperatur ist, bei der das Sensorelement üblicherweise betrieben wird und die höher ist als die Funktionstemperatur. Die Betriebstemperatur kann beispielsweise von 700 °C bis 950 °C sein. Das Heizelement kann einen Heizbereich und mindestens eine Zuleitungsbahn umfassen. Unter einem Heizbereich ist im Rahmen der
15 vorliegenden Erfindung der Bereich des Heizelements zu verstehen, der in dem Schichtaufbau entlang einer zu der Oberfläche des Sensorelements senkrechten Richtung mit einer Elektrode überlappt. Üblicherweise erwärmt sich der Heizbereich während des Betriebs stärker als die Zuleitungsbahn, so dass diese unterscheidbar sind. Die unterschiedliche Erwärmung kann beispielsweise
20 dadurch realisiert werden, dass der Heizbereich einen höheren elektrischen Widerstand aufweist als die Zuleitungsbahn. Der Heizbereich und/oder die Zuleitung sind beispielsweise als elektrische Widerstandsbahn ausgebildet und erwärmen sich durch Anlegen einer elektrischen Spannung. Das Heizelement kann beispielsweise aus einem Platin-Cermet hergestellt sein. Die Erfindung ist
25 direkt durch eine verkürzte Wartezeit bis zum Erreichen der Betriebsbereitschaft nach Start des Sensors nachweisbar. Die jeweiligen Potenziale können an den Zuleitungen gemessen werden.

30 Unter einer Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung das Anlegen einer elektrischen Spannung ungleich 0 V an die zweite Pumpzelle bzw. die elektrische Leitung zur NO_x-Gegenelektrode zu verstehen. Die Spannungsanregung erzeugt einen Stromfluss durch die Pumpzelle und die elektrische Leitung zur NO_x-Gegenelektrode. Dieser Stromfluss bewirkt an einem Messwiderstand in dieser Leitung ein erfassbares
35 Messsignal.

Unter einer Stromanregung der zweiten Pumpzelle ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung das Einprägen eines elektrischen Stroms ungleich 0 A in die zweite Pumpzelle bzw. die elektrische Leitung zur NO_x-Gegenelektrode zu verstehen. Durch das Einprägen eines Strompulses (Pumpstrom) wird ein Spannungshub an der elektrischen Leitung zur NO_x-Gegenelektrode bewirkt, der an einem Messwiderstand in dieser Leitung messbar ist. Dieser verhält sich bei geschlossenem Stromkreis anders als bei einem offenen Stromkreis.

Unter einem Tiefpass ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung ein Filter zu verstehen, der niederfrequente Signalanteile unterhalb seiner Grenzfrequenz durchlässt, während hochfrequente Signalanteile gedämpft werden. Aufgabe des Tiefpassfilters ist, den Verlauf des Signals des Differenzsignals über das Zeitintervall der Störung zu summieren. Ist das Differenzsignal klein, wird das Kompensationsstromsignal gegen Null gehen. Eine einfache Tiefpass-Umsetzung kann zum Beispiel mit einem Leaky-Integrator erreicht werden. In einer alternativen Umsetzung können die Eigenschaften des Tiefpasses in Abhängigkeit von der Größe des Eingangssignals geändert werden.

Die Erfindung ist gut und einfach durch die Überwachung der elektrischen Signale auf der NO_x-Zellen-Leitung nachweisbar. Werden während des normalen Messbetriebs spezielle ein Spannungspuls/Strompuls auf der Leitung zwischen Sensor und Steuergerät mit einem Oszilloskop gemessen, so werden die in dieser Erfindung beschriebenen Schaltungen und Verfahren verwendet.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Weitere optionale Einzelheiten und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind.

Es zeigen:

Figur 1 einen prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Sensors,

- 12 -

Figur 2 einen Teil des Sensors mit einem Teil eines daran angeschlossenen Steuergeräts,

Figur 3 ein erstes Beispiel für einen zeitlichen Verlauf von elektrischen Spannungen und Messsignal bei dem Sensor,

Figur 4 ein zweites Beispiel für einen zeitlichen Verlauf von elektrischen Spannungen und Messsignal bei dem Sensor und

Figur 5 ein drittes Beispiel für einen zeitlichen Verlauf von elektrischen Spannungen, elektrischen Strömen und Messsignal bei dem Sensor.

Ausführungsformen der Erfindung

Figur 1 zeigt einen prinzipiellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Sensors 100, welcher zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besonders geeignet ist.

Der Sensor 100, welcher zum Nachweis mindestens eines Anteils einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff, im Folgenden beispielhaft als Stickoxid NO_x bezeichnet, in einem Gasgemisch, beispielhaft einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, eingerichtet ist, umfasst hierzu ein Sensorelement 110 eine erste Pumpzelle 112, welche zwischen einer äußeren Pumpelektrode 114 und einer inneren Pumpelektrode 116 ausgebildet ist. Die äußere Pumpelektrode 114, welche mittels einer porösen Aluminiumoxidschicht 118 von der Umgebung des Sensors 100 getrennt ist, verfügt hierbei über eine erste elektrisch leitende Verbindung 120, über welche sich ein erster Pumpstrom I_{P1} in der ersten Pumpzelle 112 erzeugen lässt. Die erste elektrisch leitende Verbindung 120 ist hierzu mit einem ersten Anschluss P1 eines externen elektronischen Steuergeräts 122 verbunden. Um einen vollständigen Stromkreis zu erhalten, verfügt die innere Pumpelektrode 116 ebenfalls über eine zweite elektrisch leitende Verbindung 124, welche zu einem gemeinsamen Anschluss COM des externen elektronischen Steuergeräts 122 führt. Die erste Pumpzelle 112 liegt an einem ersten Hohlraum 126 an, der sich im Inneren des Sensorelements 110 befindet und mit dem Messgas in Verbindung steht. Durch

Erzeugen des ersten Pumpstroms I_{P1} in der ersten Pumpzelle 112 lässt sich ein erster Anteil von Sauerstoffionen, welche aus molekularem Sauerstoff aus dem Gasgemisch gebildet werden, zwischen dem ersten Hohlraum 126 und der Umgebung des Sensors 100 transportieren. In dem Eintrittsweg aus der Umgebung zu dem ersten Hohlraum 126 sind zwei Diffusionsbarrieren 128 vorhanden.

Das Sensorelement 110 weist weiterhin eine elektrische Referenzzelle 130 auf, welche eine Nernst-Elektrode 132 und eine Referenzelektrode 134 aufweist. Während die Nernst-Elektrode 132 über die zweite elektrisch leitende Verbindung 124 zusammen mit der inneren Pumpelektrode 116 zu dem gemeinsamen Anschluss COM verfügt, weist die Referenzelektrode 134 eine gesonderte dritte elektrisch leitende Verbindung 136 zu einer Versorgungsspannung V_s auf, welche über einen Anschluss V_s des externen elektronischen Steuergeräts 122 die erforderliche Versorgungsspannung V_s bereitstellt. Die Referenzzelle 130 liegt an einem Referenzgasraum 138 an. Ein zweiter Anteil der Sauerstoffionen aus dem ersten Hohlraum 126 und/oder aus der Umgebung des Sensors 100 wird in den Referenzgasraum 138 durch Anlegen eines Referenz-Pumpstroms zwischen dem Anschluss V_s und dem gemeinsamen Anschluss COM transportiert. Hierbei wird der Wert für den Referenz-Pumpstrom derart eingestellt, dass sich ein festgelegter Anteil der Sauerstoffionen in dem Referenzgasraum 138 ausbildet. Vorzugsweise wird in diesem Zusammenhang auch der Wert für den ersten Pumpstrom I_{P1} derart eingestellt, dass sich ein festgelegtes Verhältnis zwischen dem ersten Anteil der Sauerstoffionen in dem ersten Hohlraum 126 und dem zweiten Anteil der Sauerstoffionen in dem Referenzgasraum 138 ergibt.

Die in dem Gasgemisch weiterhin enthaltene Messgaskomponente Stickoxid NO_x mit dem gebundenen Sauerstoff gelangt, insbesondere durch Diffusion, weitgehend unbeeinflusst in eine zweite Pumpzelle 140 des Sensorelements 110, welche auch als „ NO_x -Pumpzelle“ bezeichnet werden kann. Die zweite Pumpzelle 140 weist eine NO_x -Pumpelektrode 142 und eine NO_x -Gegenelektrode 144 auf und liegt an einem zweiten Hohlraum 145 im Inneren des Sensorelements 110 an. Der zweite Hohlraum 145 ist von dem ersten Hohlraum 126 durch eine der Diffusionsbarrieren 128 getrennt. Wenigstens eine

- 14 -

der beiden Elektroden NO_x-Pumpelektrode 142 und/oder NO_x-Gegenelektrode 144 sind derart ausgestaltet, dass bei Anlegen einer Spannung mittels Katalyse aus der Messgaskomponente NO_x weiterer molekularer Sauerstoff erzeugt werden kann, welcher in der zweiten Pumpzelle 140 gebildet wird.

Während die NO_x-Pumpelektrode 142 eine elektrisch leitende Verbindung aufweist, welche zu dem gemeinsamen Anschluss COM führt, weist die NO_x-Gegenelektrode 144 eine vierte elektrisch leitende Verbindung 146 auf, über welche ein zweiter Pumpstrom I_{P2} an die zweite Pumpzelle 140 angelegt werden kann. Die vierte elektrisch leitende Verbindung 146 ist hierzu mit einem zweiten Anschluss P2 des externen elektronischen Steuergeräts 122 verbunden. Bei Anlegen eines zweiten Pumpstroms I_{P2} an die zweite Pumpzelle 140 wird ein Anteil von weiteren Sauerstoffionen, welche aus dem weiteren molekularen Sauerstoff gebildet wurden, in den Referenzgasraum 138 transportiert.

Das Sensorelement 110 verfügt weiterhin über ein Heizelement 148, welches eine Heizleitung 150 mit den Leitungen HTR+ und HTR- aufweist, über welche ein Heizstrom in das Heizelement 148 eingebracht werden kann, welches mittels Erzeugen einer Heizleistung das Sensorelement 110 auf die gewünschte Temperatur bringen kann.

Das Steuergerät 122 weist einen Analog-Digital-Wandler 152 auf, der mit dem Anschluss Vs für die Versorgungsspannung verbunden ist. Das Steuergerät 122 weist weiterhin eine COM-Spannungsquelle 154 auf, die mit dem gemeinsamen Anschluss COM verbunden ist. Das Steuergerät 122 weist weiterhin eine Anregungssignalquelle 156 auf, die mit dem Pluspol eines Operationsverstärkers 158 verbunden ist. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Operationsverstärker 158 ein Spannungsfolger. Die COM-Spannungsquelle 154 ist ebenfalls mit dem Pluspol des Operationsverstärkers 158 verbunden. Der Operationsverstärker 158 ist wiederum mit dem zweiten Anschluss P2 verbunden. In der vierten elektrischen Leitung 146 ist zwischen dem zweiten Anschluss P2 und der Gegenelektrode 144 ein Messwiderstand 160 angeordnet.

Figur 3 zeigt ein erstes Beispiel für einen zeitlichen Verlauf von elektrischen Spannungen und Messsignal bei dem Sensor 100. Auf der X-Achse 162 ist die

Zeit aufgetragen. Auf der Y-Achse 164 sind von oben nach unten gesehen die Heizspannung des Heizelements 148, die an die zweite Pumpzelle 140 angelegte elektrische Spannung U_{P2} und der Spannungsabfall U_{IP2} am Messwiderstand 160 aufgetragen. Der Spannungsabfall U_{IP2} am Messwiderstand 160 stellt das Messsignal dar. Die Temperatur des Sensorelements 110 wird durch eine Pulsweitenmodulation (PWM) der Heizerversorgung (Spannung bzw. Strom) gesteuert. Entsprechend zeigt eine Kurve 166, die die Heizspannung des Heizelements 148 darstellt, zumindest eine erste Phase bzw. einen ersten Zeitraum 168, in dem an das Heizelement 148 eine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit angeschaltet ist, und eine zweite Phase bzw. einen zweiten Zeitraum 170, in dem an das Heizelement 148 keine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit ausgeschaltet ist. Dabei folgt der zweite Zeitraum 170 auf den ersten Zeitraum 168. Eine Summe aus erstem Zeitraum 168 und zweitem Zeitraum 170 ist beispielsweise 500 ms. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel zeigt die Kurve 166 weiterhin eine dritte Phase bzw. einen dritten Zeitraum 172, in dem an das Heizelement 148 eine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit angeschaltet ist, und eine vierte Phase bzw. einen vierten Zeitraum 174, in dem an das Heizelement 148 keine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit ausgeschaltet ist. Dabei folgt der vierte Zeitraum 174 auf den dritten Zeitraum 172. Eine Summe aus drittem Zeitraum 172 und viertem Zeitraum 174 ist beispielsweise 500 ms.

Zur Durchführung einer Diagnose der vierten elektrischen Leitung 146, die den zweiten gesonderten Anschluss P2 mit der Pumpzelle 140 bzw. der Gegenelektrode 144 verbindet, wird mittels des Steuergeräts 122 eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle 140 zum Erzeugen eines Messsignals an dem Messwiderstand 160 durchgeführt. So wird an die zweite Pumpzelle 140 eine vorbestimmte elektrische Spannung 176 über den gemeinsamen Anschluss COM angelegt. Es wird eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle 140 mittels der Anregungssignalquelle 156 durchgeführt. Für eine erste vorbestimmte Zeit 178 wird die vorbestimmte elektrische Spannung erhöht und für eine zweite vorbestimmte Zeit 180 wird die vorbestimmte elektrische Spannung 176 erniedrigt. Die exakte Reihenfolge der Veränderung der Spannung ist nicht relevant. So kann alternativ die vorbestimmte elektrische

Spannung zuerst erniedrigt bzw. abgesenkt und dann erhöht werden. Die Spannungsanregung wird so durchgeführt, dass ein Integral der angelegten elektrischen Spannung für die erste vorbestimmte Zeit 178 und die zweite vorbestimmte Zeit 180 einen Wert von Null aufweist. Dies kann durch gleiche Spannungsamplituden über identisch lange Zeiträume realisiert werden. Die erste vorbestimmte Zeit 178 und die zweite vorbestimmte Zeit 180 sind bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel identisch lang. Beispielsweise wird ausgehend von einer an die zweite Pumpzelle 140 angelegten elektrischen Spannung von 425 mV für die erste vorbestimmte Zeit 178 die elektrische Spannung auf 700 mV erhöht und dann für die zweite vorbestimmte Zeit 180 auf 150 mV abgesenkt. Dies geschieht in einem Zeitraum, in dem das Heizelement 148 angeschaltet ist, beispielsweise in dem ersten Zeitraum 168 und dem dritten Zeitraum 172. Dies erzeugt ein Messsignal 182 an dem Messwiderstand 160. Die vierte elektrisch leitende Verbindung 146 wird als intakt identifiziert, falls das Messsignal 182 für die erste vorbestimmte Zeit 178 und die zweite vorbestimmte Zeit 180 einen Wert von ungleich Null aufweist, und wird als defekt identifiziert, falls das Messsignal 182 für die erste vorbestimmte Zeit 178 und die zweite vorbestimmte Zeit 180 einen Wert von Null aufweist. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel weist das Messsignal 182 bei der Spannungsanregung in dem ersten Zeitraum 168 einen durch einen Pfeil angedeuteten, annähernd sinusförmigen Verlauf 184 auf und weist in dem dritten Zeitraum 172 einen Wert von Null auf, so dass sich das Signal an der durch einen Pfeil angedeuteten Stelle 186 nicht verändert. Dies bedeutet, dass an der Stelle 186 kein Strom fließt, was auf eine Unterbrechung der vierten elektrischen Leitung 146 hindeutet.

Bei einer Modifikation umfasst die Spannungsanregung eine einzige Veränderung der vorbestimmten elektrischen Spannung für eine vorbestimmte Zeit. So wird die vorbestimmte elektrische Spannung für die vorbestimmte Zeit erhöht. Die vierte elektrisch leitende Verbindung 146 wird dabei als intakt identifiziert, falls das Messsignal 182 für die vorbestimmte Zeit einen Wert von ungleich Null aufweist, und wird als defekt identifiziert, falls das Messsignal 182 für die vorbestimmte Zeit einen Wert von Null aufweist. Es wird somit im Messzustand des Sensors 100 von der Hardware die vorbestimmte elektrische Spannung für kurze Zeit um ein bestimmtes Potential erhöht in Form eines einmaligen Pulses in eine Richtung. Dabei kommt es nicht auf die Dauer des

Pulses an, sondern auf die Spannungsänderung. Der Vorteil dabei ist, dass die Zeit, in der das Messsignal 182 durch den Spannungshub verfälscht wird, geringer ist als bei einem zusätzlichen Gegenpuls in Form eines gleichanteilsfreien Pulses.

Figur 4 zeigt ein zweites Beispiel für einen zeitlichen Verlauf von elektrischen Spannungen und Messsignal bei dem Sensor 100. Es werden lediglich die Unterschiede zu dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel beschrieben. Gleiche Bauteile bzw. Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Auf der X-Achse 162 ist die Zeit aufgetragen. Auf der Y-Achse 164 sind von oben nach unten gesehen die Heizspannung des Heizelements 148, die an die zweite Pumpzelle 140 angelegte elektrische Spannung U_{P2} und der Spannungsabfall U_{IP2} am Messwiderstand 160 aufgetragen. Der Spannungsabfall U_{IP2} am Messwiderstand 160 stellt das Messsignal dar. Die Temperatur des Sensorelements 110 wird durch eine Pulsweitenmodulation (PWM) der Heizerversorgung (Spannung bzw. Strom) gesteuert. Entsprechend zeigt eine Kurve 166, die die Heizspannung des Heizelements 148 darstellt, zumindest eine erste Phase bzw. einen ersten Zeitraum 168, in dem an das Heizelement 148 eine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit angeschaltet ist, und eine zweite Phase bzw. einen zweiten Zeitraum 170, in dem an das Heizelement 148 keine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit ausgeschaltet ist. Dabei folgt der zweite Zeitraum 170 auf den ersten Zeitraum 168. Eine Summe aus erstem Zeitraum 168 und zweitem Zeitraum 170 ist beispielsweise 500 ms. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel zeigt die Kurve 166 weiterhin eine dritte Phase bzw. einen dritten Zeitraum 172, in dem an das Heizelement 148 eine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit angeschaltet ist, und eine vierte Phase bzw. einen vierten Zeitraum 174, in dem an das Heizelement 148 keine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit ausgeschaltet ist. Dabei folgt der vierte Zeitraum 174 auf den dritten Zeitraum 172. Eine Summe aus drittem Zeitraum 172 und viertem Zeitraum 174 ist beispielsweise 500 ms.

Zur Durchführung einer Diagnose der vierten elektrischen Leitung 146, die den zweiten gesonderten Anschluss P2 mit der Pumpzelle 140 bzw. der Gegenelektrode 144 verbindet, wird mittels des Steuergeräts 122 eine

Stromanregung der zweiten Pumpzelle 140 zum Erzeugen eines Messsignals an dem Messwiderstand 160 durchgeführt. So wird in die zweite Pumpzelle 140 ein vorbestimmter elektrischer Strom über den gemeinsamen Anschluss COM angelegt. Es wird eine Stromanregung der zweiten Pumpzelle 140 mittels der Anregungssignalquelle 156 durchgeführt. Für eine erste vorbestimmte Zeit 178 wird der vorbestimmte elektrische Strom erhöht und für eine zweite vorbestimmte Zeit 180 wird der vorbestimmte elektrische Strom erniedrigt. Die exakte Reihenfolge der Veränderung des Stroms ist nicht relevant. So kann alternativ der vorbestimmte elektrische Strom zuerst erniedrigt bzw. abgesenkt und dann erhöht werden. Die Stromanregung wird so durchgeführt, dass ein Integral des eingepprägten elektrischen Stroms für die erste vorbestimmte Zeit 178 und die zweite vorbestimmte Zeit 180 einen Wert von Null aufweist. Dies kann durch gleiche Stromamplituden über identisch lange Zeiträume realisiert werden. Die erste vorbestimmte Zeit 178 und die zweite vorbestimmte Zeit 180 sind bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel identisch lang. Beispielsweise wird ausgehend von einem in die zweite Pumpzelle 140 eingepprägten elektrischen Strom für die erste vorbestimmte Zeit 178 der elektrische Strom erhöht und dann für die zweite vorbestimmte Zeit 180 abgesenkt. Dies geschieht in einem Zeitraum, in dem das Heizelement 148 angeschaltet ist, beispielsweise in dem ersten Zeitraum 168 und dem dritten Zeitraum 172. Die Stromanregung ist an einem positiven Peak 188 und einem nachfolgenden negativen Peak 190 des Messsignals 182 an dem Messwiderstand 160 erkennbar. Die Stromanregung erzeugt einen Spannungshub in der an die zweite Pumpzelle angelegten Spannung U_{P2} . Die vierte elektrisch leitende Verbindung 146 wird als intakt identifiziert, falls die an die zweite Pumpzelle angelegten Spannung U_{P2} in der ersten vorbestimmten Zeit 178 und der zweiten vorbestimmten Zeit 180 einen Schwellwert 192 unterschreitet und wird als defekt identifiziert, falls die an die zweite Pumpzelle angelegten Spannung U_{P2} in der ersten vorbestimmten Zeit 178 und der zweiten vorbestimmten Zeit 180 einen Schwellwert 192 überschreitet. Der Schwellwert 192 ist dabei als Größe der Amplitude bzw. dem Betrag der Spannungsänderung definiert. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel weist die an die zweite Pumpzelle angelegten Spannung U_{P2} bei der Stromanregung in dem ersten Zeitraum 168 einen durch einen Pfeil angedeuteten, annähernd sinusförmigen Spannungshub 194 auf, der den Schwellwert 192 unterschreitet, und weist in

dem dritten Zeitraum 172 einen durch einen Pfeil angedeuteten, annähernd sinusförmigen Spannungshub 196 auf, der den Schwellwert 192 überschreitet.

Figur 5 zeigt ein drittes Beispiel für einen zeitlichen Verlauf von elektrischen Spannungen und Messsignal bei dem Sensor 100. Es werden lediglich die Unterschiede zu dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel beschrieben. Gleiche Bauteile bzw. Merkmale sind mit gleichen Bezugszeichen versehen. Auf der X-Achse 162 ist die Zeit aufgetragen. Auf der Y-Achse 164 sind von oben nach unten gesehen die Heizspannung des Heizelements 148, die an die zweite Pumpzelle 140 angelegte elektrische Spannung U_{P2} ohne Spannungsanregung, die an die zweite Pumpzelle 140 angelegte elektrische Spannung U_{P2} mit Spannungsanregung, der Spannungsabfall U_{IP2} am Messwiderstand 160 und der Spannungsabfall U_{IP2} am Messwiderstand 160 nach Tiefpassfilterung aufgetragen. Der Spannungsabfall U_{IP2} am Messwiderstand 160 stellt das Messsignal dar. Die Temperatur des Sensorelements 110 wird durch eine Pulsweitenmodulation (PWM) der Heizerversorgung (Spannung bzw. Strom) gesteuert. Entsprechend zeigt eine Kurve 166, die die Heizspannung des Heizelements 148 darstellt, zumindest eine erste Phase bzw. einen ersten Zeitraum 168, in dem an das Heizelement 148 eine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit angeschaltet ist, und eine zweite Phase bzw. einen zweiten Zeitraum 170, in dem an das Heizelement 148 keine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit ausgeschaltet ist. Dabei folgt der zweite Zeitraum 170 auf den ersten Zeitraum 168. Eine Summe aus erstem Zeitraum 168 und zweitem Zeitraum 170 ist beispielsweise 500 ms. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel zeigt die Kurve 166 weiterhin eine dritte Phase bzw. einen dritten Zeitraum 172, in dem an das Heizelement 148 eine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit angeschaltet ist, und eine vierte Phase bzw. einen vierten Zeitraum 174, in dem an das Heizelement 148 keine elektrische Spannung angelegt ist und das Heizelement 148 somit ausgeschaltet ist. Dabei folgt der vierte Zeitraum 174 auf den dritten Zeitraum 172. Eine Summe aus drittem Zeitraum 172 und viertem Zeitraum 174 ist beispielsweise 500 ms.

Zur Durchführung einer Diagnose der vierten elektrischen Leitung 146, die den zweiten gesonderten Anschluss P2 mit der Pumpzelle 140 bzw. der

- 20 -

Gegenelektrode 144 verbindet, wird mittels des Steuergeräts 122 eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle 140 zum Erzeugen eines Messsignals an dem Messwiderstand 160 durchgeführt. So wird an die zweite Pumpzelle 140 eine vorbestimmte elektrische Spannung 176 über den gemeinsamen Anschluss COM angelegt. Es wird eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle 140 mittels der Anregungssignalquelle 156 durchgeführt. Die Spannungsanregung umfasst eine periodische Veränderung der vorbestimmten elektrischen Spannung. Dies erzeugt ein Messsignal 182 an dem Messwiderstand 160. Die Periodendauer ist dabei kleiner als eine elektrochemische Zeitkonstante der zweiten Pumpzelle 140. Das Messsignal 182 am Messwiderstand 160 zeigt daher eine Überlagerung des eigentlichen Messsignals mit der periodischen Spannungsanregung. Das Messsignal 182 wird mittels eines nicht näher gezeigten Tiefpassfilters des Steuergeräts 122 gefiltert und über eine Schnittstelle des Steuergerätes an ein Motorsteuergerät übertragen. Die vorbestimmte elektrische Spannung wird mit einer Frequenz verändert, die größer als die Bandbreite des Tiefpassfilters ist. Nach Tiefpassfilterung des Messsignals 182 ergibt sich das Signal 198, das von der periodischen Spannungsanregung bereinigt ist. Somit ist das Messsignal für NOx nicht verfälscht. Die vierte elektrisch leitende Verbindung 146 wird als intakt identifiziert, falls das Messsignal 182 vor Tiefpassfilterung, d.h. das Rohsignal, eine periodische Veränderung 200 zeigt, und wird als defekt identifiziert, falls das Messsignal 182 vor Tiefpassfilterung keine periodische Veränderung 200 zeigt. Eine solche periodische Veränderung wird von der Frequenz der Spannungsänderung bei intakter elektrischer Verbindung verursacht. Bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel liegt in dem ersten Zeitraum 168 eine periodische Veränderung 200 vor, wohingegen in dem dritten Zeitraum 172 keine periodische Veränderung 200 vorliegt. Dies weist darauf hin, dass in dem dritten Zeitraum 172 eine Unterbrechung der vierten elektrischen Leitung 146 vorliegt. Die Frequenz auf der vierten elektrischen Leitung 146 muss nicht zwingend über den gesamten Zeitraum angeregt werden. Das Anlegen der höherfrequenten Spannungsänderung im Bereich um nahezu 0 ppm NOx reicht für die elektrische Diagnose aus.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Sensors (100) zum Nachweis mindestens
eines Anteils einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in
einem Messgas, insbesondere in einem Abgas einer
10 Verbrennungskraftmaschine, umfassend ein Sensorelement (110), wobei das
Sensorelement (110) eine erste Pumpzelle (112), die eine äußere
Pumpelektrode (114) und eine innere Pumpelektrode (116) aufweist und die
an einem ersten Hohlraum (126) anliegt, welcher mit dem Messgas in
Verbindung steht, eine Referenzzelle (130), welche eine Nernst-Elektrode
15 (132) und eine Referenzelektrode (134) aufweist und die an einem
Referenzgasraum (138) anliegt, und eine zweite Pumpzelle (140), die eine
Pumpelektrode (142) und eine Gegenelektrode (144) aufweist und die an
einem zweiten Hohlraum (145) anliegt, wobei ein elektronisches Steuergerät
(122), das zumindest über einen ersten gesonderten Anschluss (P1) für die
20 erste Pumpzelle (112) und einen zweiten gesonderten Anschluss (P2) für die
zweite Pumpzelle (140) verfügt, mit dem Sensorelement (110) verbunden
wird, wobei die erste Pumpzelle (112) mittels einer elektrisch leitenden
Verbindung (120) mit dem ersten gesonderten Anschluss (P1) verbunden
wird, wobei die zweite Pumpzelle (140) mittels einer elektrisch leitenden
25 Verbindung (146) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbunden
wird, wobei in der elektrisch leitenden Verbindung (146), die die zweite
Pumpzelle (140) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbindet, ein
Messwiderstand (160) vorgesehen wird, wobei mittels des Steuergeräts (122)
eine Strom- und/oder Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle (140) zum
30 Erzeugen eines Messsignals (182) an dem Messwiderstand (160)
durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei an die zweite Pumpzelle (140) eine
vorbestimmte elektrische Spannung (U_{P2}) angelegt wird, wobei eine
Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle (140) durchgeführt wird, wobei
35

die Spannungsanregung eine Veränderung der vorbestimmten elektrischen Spannung (U_{P2}) für eine vorbestimmte Zeit umfasst.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die vorbestimmte elektrische Spannung (U_{P2}) für die vorbestimmte Zeit erhöht wird.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, wobei die elektrisch leitende Verbindung (146), die die zweite Pumpzelle (140) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbindet, als intakt identifiziert wird, falls das Messsignal (182) für die vorbestimmte Zeit einen Wert von ungleich Null aufweist, und als defekt identifiziert wird, falls das Messsignal (182) für die vorbestimmte Zeit einen Wert von Null aufweist.
5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei an die zweite Pumpzelle (140) eine vorbestimmte elektrische Spannung (U_{P2}) angelegt wird, wobei eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle (140) durchgeführt wird, wobei für eine erste vorbestimmte Zeit (178) die vorbestimmte elektrische Spannung (U_{P2}) erhöht wird und für eine zweite vorbestimmte Zeit (180) die vorbestimmte elektrische Spannung (U_{P2}) erniedrigt wird, wobei ein Integral der angelegten elektrischen Spannung für die erste vorbestimmte Zeit (178) und die zweite vorbestimmte Zeit (180) einen Wert von Null aufweist.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die elektrisch leitende Verbindung (146), die die zweite Pumpzelle (140) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbindet, als intakt identifiziert wird, falls das Messsignal (182) für die erste vorbestimmte Zeit (178) und die zweite vorbestimmte Zeit (180) einen Wert von ungleich Null aufweist, und als defekt identifiziert wird, falls das Messsignal (182) für die erste vorbestimmte Zeit (178) und die zweite vorbestimmte Zeit (180) einen Wert von Null aufweist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in die zweite Pumpzelle (140) ein vorbestimmter elektrischer Strom eingepreßt wird, wobei eine Stromanregung der zweiten Pumpzelle (140) durchgeführt wird, wobei für eine erste vorbestimmte Zeit (178) der vorbestimmte elektrische Strom erhöht wird und für eine zweite vorbestimmte Zeit (180) der vorbestimmte elektrische Strom

erniedrigt wird, wobei die erste vorbestimmte Zeit (178) und die zweite vorbestimmte Zeit (180) identisch lang sind.

- 5 8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die elektrisch leitende Verbindung (146), die die zweite Pumpzelle (140) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbindet, als intakt identifiziert wird, falls eine an die zweite Pumpzelle (140) angelegte elektrische Spannung (U_{P2}) für die erste vorbestimmte Zeit (178) und für die zweite vorbestimmte Zeit (180) einen Schwellwert (192) unterschreitet, und als defekt identifiziert wird, falls eine an die zweite
- 10 Pumpzelle (140) angelegte elektrische Spannung (U_{P2}) für die erste vorbestimmte Zeit (178) und für die zweite vorbestimmte Zeit (180) einen Schwellwert (192) überschreitet.
- 15 9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei an die zweite Pumpzelle (140) eine vorbestimmte elektrische Spannung (U_{P2}) angelegt wird, wobei eine Spannungsanregung der zweiten Pumpzelle (140) durchgeführt wird, wobei die Spannungsanregung eine periodische Veränderung der vorbestimmten elektrischen Spannung (U_{P2}) umfasst.
- 20 10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Periodendauer kleiner als eine elektrochemische Zeitkonstante der zweiten Pumpzelle (140) ist.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei das Messsignal (182) mittels eines Tiefpassfilters gefiltert wird, wobei die vorbestimmte elektrische Spannung (U_{P2}) mit einer Frequenz verändert wird, die größer als die Bandbreite des Tiefpassfilters ist.
- 30 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei die elektrisch leitende Verbindung (146), die die zweite Pumpzelle (140) mit dem zweiten gesonderten Anschluss (P2) verbindet, als intakt identifiziert wird, falls das Messsignal (182) eine periodische Veränderung (200) zeigt, und als defekt identifiziert wird, falls das Messsignal (182) keine periodische Veränderung (200) zeigt.

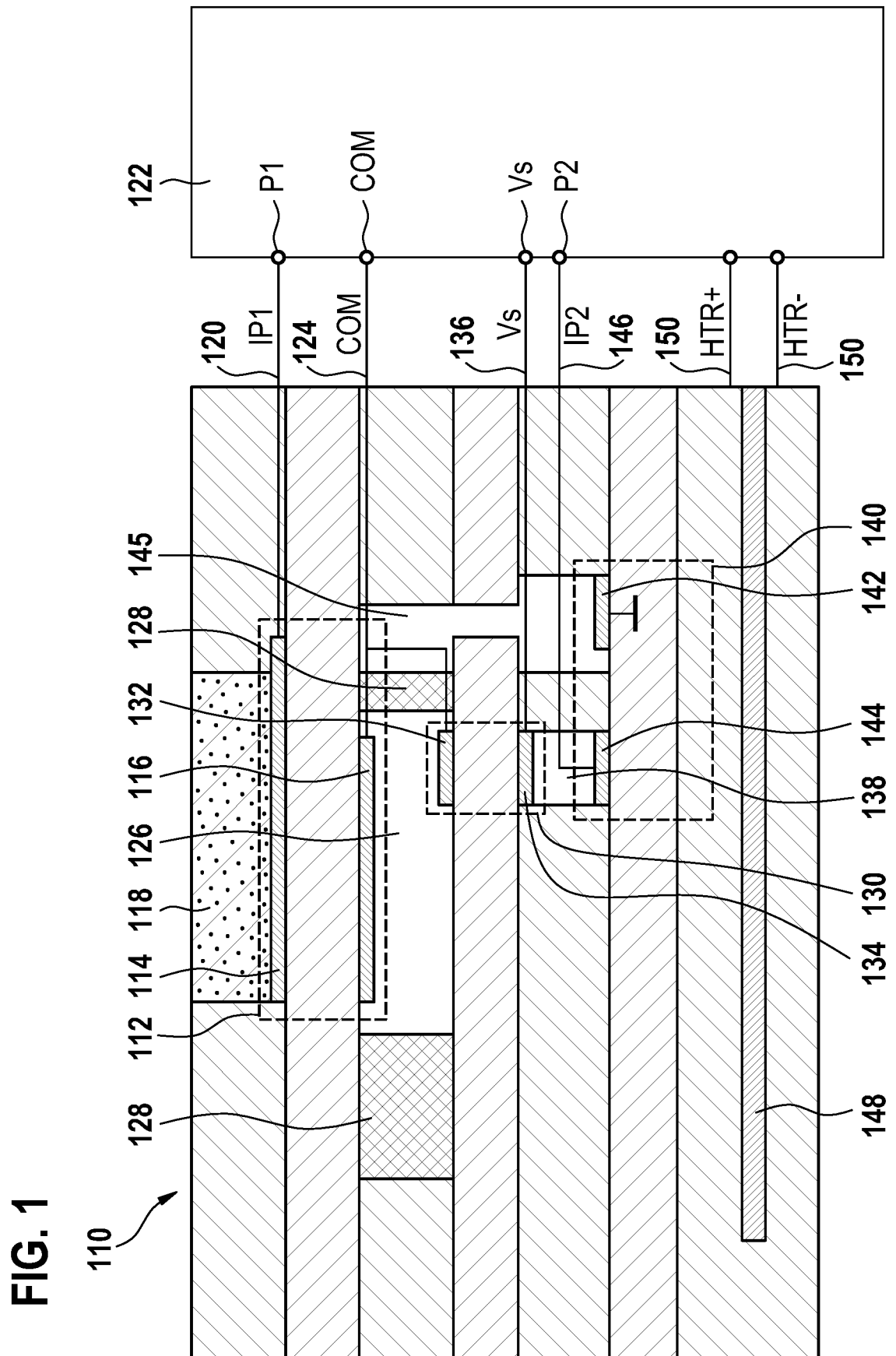
- 24 -

13. Computerprogramm, welches eingerichtet ist, jeden Schritt des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

14. Elektronisches Speichermedium, auf welchem ein Computerprogramm nach dem vorhergehenden Anspruch gespeichert ist.

15. Elektronisches Steuergerät (122), welches ein elektronisches Speichermedium nach dem vorhergehenden Anspruch umfasst.

16. Sensor (100) zum Nachweis mindestens eines Anteils einer Messgaskomponente mit gebundenem Sauerstoff in einem Messgas, insbesondere in einem Abgas einer Verbrennungskraftmaschine, umfassend ein Sensorelement (110), wobei das Sensorelement (110) eine erste Pumpzelle (112), die eine äußere Pumpelektrode (114) und eine innere Pumpelektrode (116) aufweist und die an einem ersten Hohlraum (126) anliegt, welcher mit dem Messgas in Verbindung steht, eine Referenzzelle (130), welcher eine Nernst-Elektrode (132) und eine Referenzelektrode (134) aufweist und die an einem Referenzgasraum (138) anliegt, und eine zweite Pumpzelle (140), die eine Pumpelektrode (142) und eine Gegenelektrode (144) aufweist und die an einem zweiten Hohlraum (145) anliegt, wobei der Sensor (100) weiterhin ein elektronisches Steuergerät (122) nach dem vorhergehenden Anspruch aufweist.



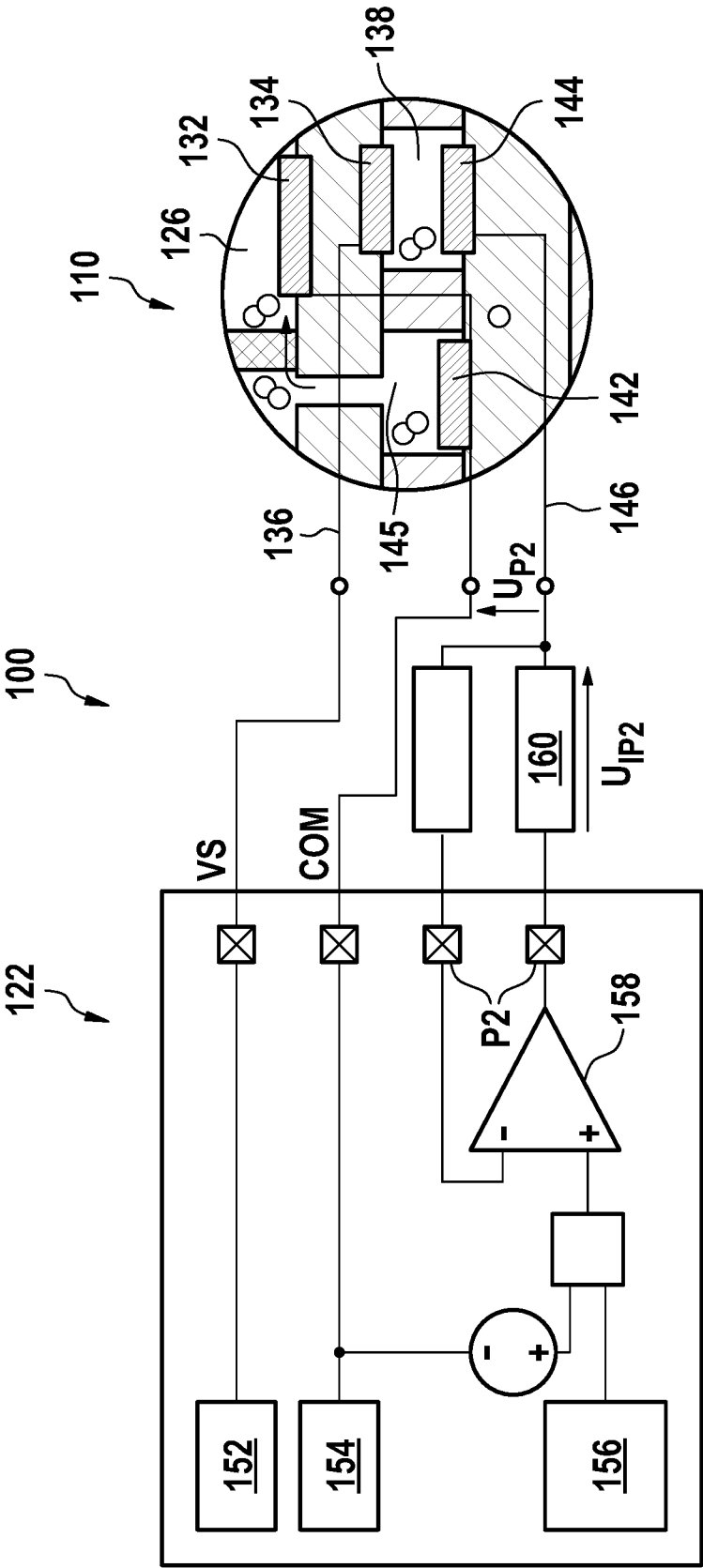


FIG. 2

3 / 4

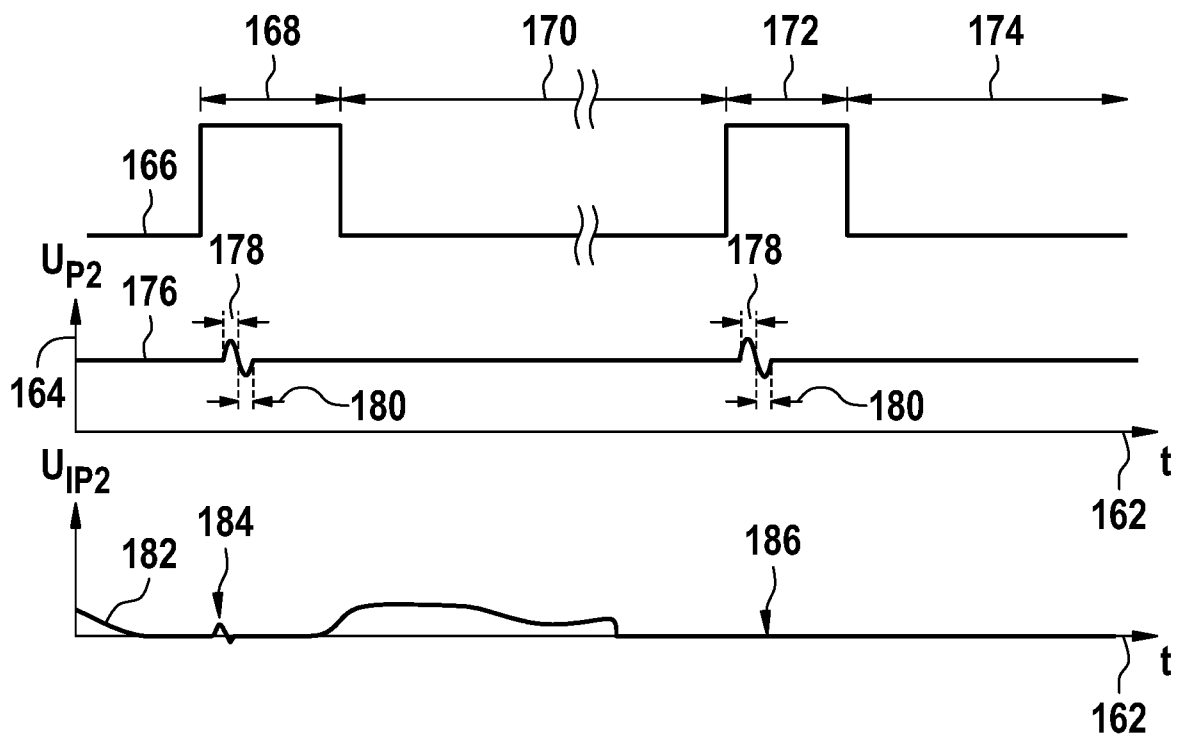


FIG. 3

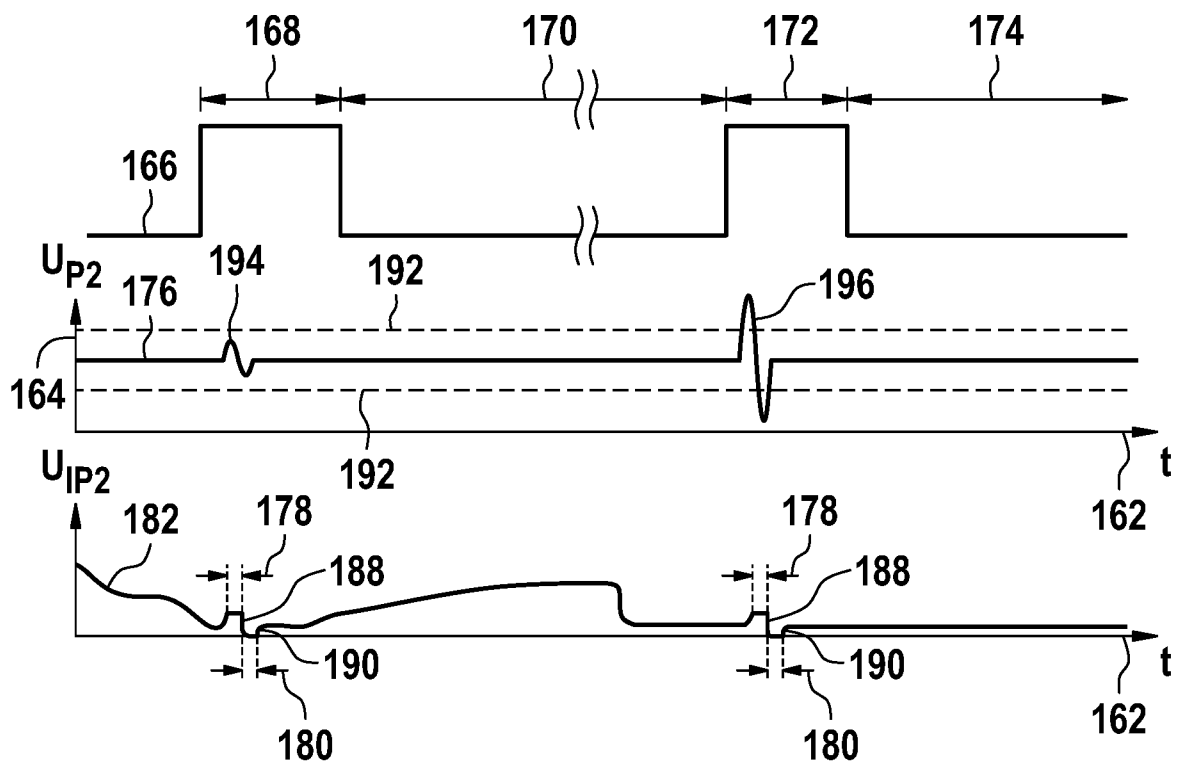


FIG. 4

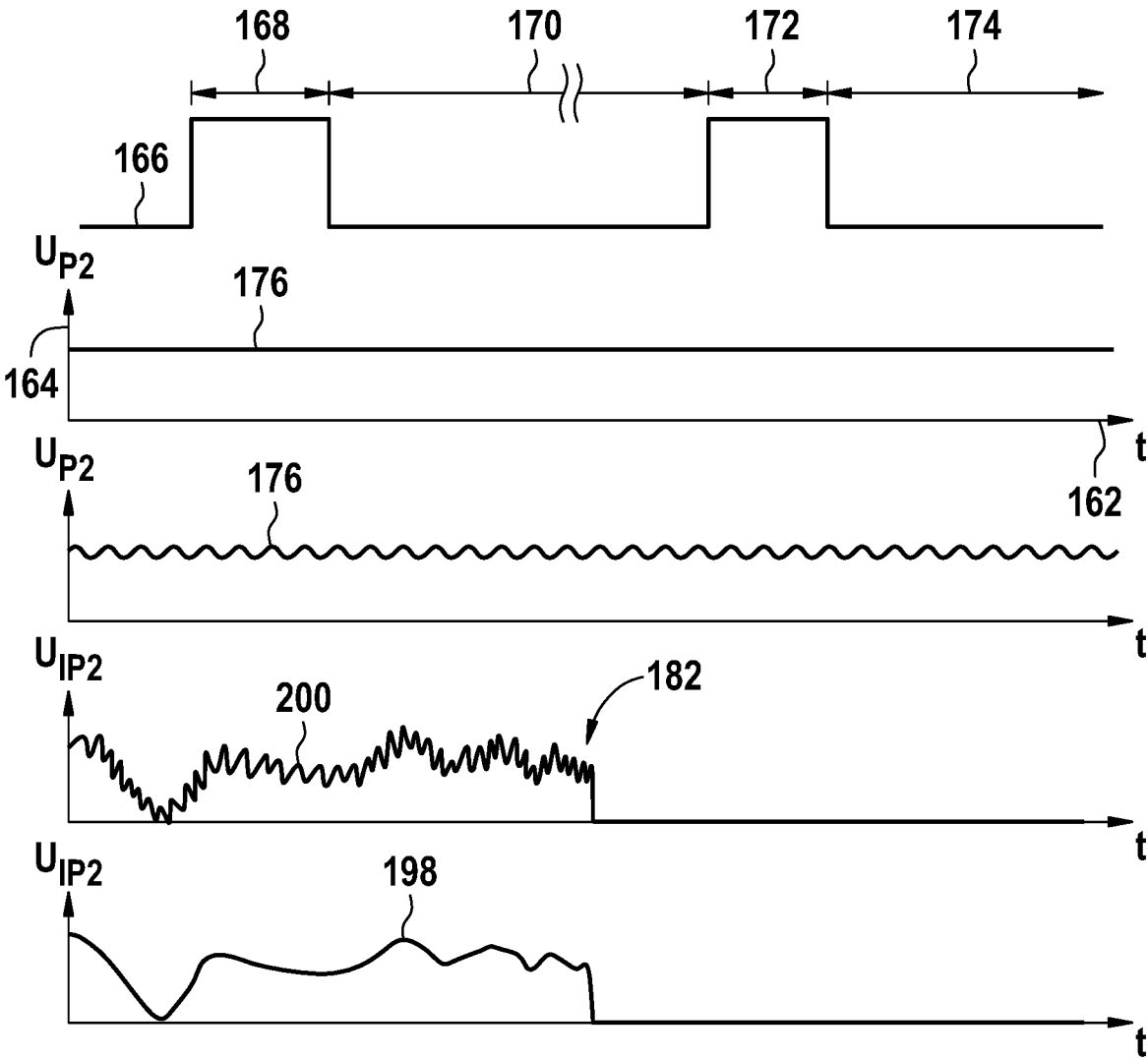


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/066943**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01N 27/417**(2006.01)i; **G01N 33/00**(2006.01)n

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

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 A	DE 102015210473 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17 March 2016 (2016-03-17) paragraphs [0001], [0022] - [0025], [0042] - [0047], [0052], [0057] - [0061]; figures 1, 3	1-3,5,7,9-11,13-16 4,6,8,12
X A	US 2009120161 A1 (ISHIGURO YASUHIRO [JP] ET AL) 14 May 2009 (2009-05-14) paragraphs [0069] - [0070]; figures 2-4	1-3,5,7,9-11,13-16 4,6,8,12
A	DE 102014224943 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 09 June 2016 (2016-06-09) the whole document	1-16
A	DE 102014224942 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 09 June 2016 (2016-06-09) the whole document	1-16
X A	US 2004238378 A1 (KUMAZAWA SHINJI [JP] ET AL) 02 December 2004 (2004-12-02) paragraphs [0009], [0019], [0023], [0051] - [0055], [0064], [0065], [0070], [0076], [0109]; figures 1, 5	1-11,13-16 12

☐ 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

30 August 2019

Date of mailing of the international search report

09 September 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Knoll, Stephan

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/066943

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102015210473	A1	17 March 2016	CN	106716120	A	24 May 2017
				DE	102015210473	A1	17 March 2016
				EP	3191828	A1	19 July 2017
				JP	6388998	B2	12 September 2018
				JP	2017528716	A	28 September 2017
				US	2017284959	A1	05 October 2017
				WO	2016037900	A1	17 March 2016
US	2009120161	A1	14 May 2009	EP	2056100	A1	06 May 2009
				JP	5030177	B2	19 September 2012
				JP	2009133846	A	18 June 2009
				US	2009120161	A1	14 May 2009
DE	102014224943	A1	09 June 2016	NONE			
DE	102014224942	A1	09 June 2016	NONE			
US	2004238378	A1	02 December 2004	DE	10392160	T5	14 October 2004
				JP	WO2003083465	A1	04 August 2005
				US	2004238378	A1	02 December 2004
				WO	03083465	A1	09 October 2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. G01N27/417

ADD. G01N33/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01N

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	DE 10 2015 210473 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 17. März 2016 (2016-03-17)	1-3,5,7, 9-11, 13-16
A	Absätze [0001], [0022] - [0025], [0042] - [0047], [0052], [0057] - [0061]; Abbildungen 1, 3	4,6,8,12
X	US 2009/120161 A1 (ISHIGURO YASUHIRO [JP] ET AL) 14. Mai 2009 (2009-05-14)	1-3,5,7, 9-11, 13-16
A	Absätze [0069] - [0070]; Abbildungen 2-4	4,6,8,12
A	DE 10 2014 224943 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 9. Juni 2016 (2016-06-09) das ganze Dokument	1-16
	-/-	



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

30. August 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/09/2019

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

Knoll, Stephan

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2014 224942 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 9. Juni 2016 (2016-06-09) das ganze Dokument -----	1-16
X	US 2004/238378 A1 (KUMAZAWA SHINJI [JP] ET AL) 2. Dezember 2004 (2004-12-02)	1-11, 13-16
A	Absätze [0009], [0019], [0023], [0051] - [0055], [0064], [0065], [0070], [0076], [0109]; Abbildungen 1, 5 -----	12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/066943

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015210473 A1	17-03-2016	CN 106716120 A	24-05-2017
		DE 102015210473 A1	17-03-2016
		EP 3191828 A1	19-07-2017
		JP 6388998 B2	12-09-2018
		JP 2017528716 A	28-09-2017
		US 2017284959 A1	05-10-2017
		WO 2016037900 A1	17-03-2016

US 2009120161 A1	14-05-2009	EP 2056100 A1	06-05-2009
		JP 5030177 B2	19-09-2012
		JP 2009133846 A	18-06-2009
		US 2009120161 A1	14-05-2009

DE 102014224943 A1	09-06-2016	KEINE	

DE 102014224942 A1	09-06-2016	KEINE	

US 2004238378 A1	02-12-2004	DE 10392160 T5	14-10-2004
		JP W02003083465 A1	04-08-2005
		US 2004238378 A1	02-12-2004
		WO 03083465 A1	09-10-2003
