

(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
28. August 2014 (28.08.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/128077 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01N 33/22 (2006.01) G01N 25/22 (2006.01)
G01N 27/407 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/053006

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Februar 2014 (17.02.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2013 202 681.1
19. Februar 2013 (19.02.2013) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: GRASS, Philippe; Martinweg 3, 93053
Regensburg (DE).

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, 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, 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).

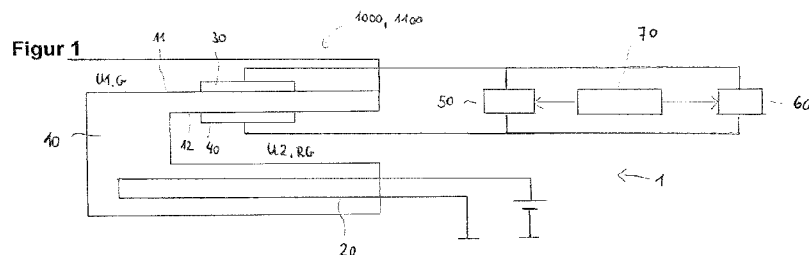
Veröffentlicht:

(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, DK,

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: DEVICE FOR ASCERTAINING A MEASURE OF A CALORIFIC VALUE OF A GAS

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUM ERMITTELN EINES MASSES FÜR EINEN BRENNWERT EINES GASES



(57) Abstract: The invention relates to a device for ascertaining a measure of a calorific value of a gas, comprising a membrane (10) arranged between a first and a second electrode (30, 40), a controllable voltage/current source (50) for generating a control voltage/current between the first and second electrode (30, 40), and an analyzing device (60) for ascertaining the measure of the calorific value of the gas (G). By applying the control voltage/current to the first and second electrode (30, 40), oxygen is transported from an oxygen-containing reference gas (RG) into the gas (G) through the membrane (10) and is combusted with combustible components of the gas (G). The analyzing device (60) ascertains the measure of the calorific value of the gas (G) dependent on the generated control voltage/current or dependent on a temperature of the membrane (10) or dependent on an impedance of the membrane (10).

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases umfasst eine zwischen einer ersten und zweiten Elektrode (30, 40) angeordnete Membran (10), eine steuerbare Spannungs-/Stromquelle (50) zum Erzeugen einer Steuerspannung/ eines Steuerstroms zwischen der ersten und zweiten Elektrode (30, 40) und eine Auswerteeinrichtung (60) zum Ermitteln des Maßes des Brennwertes des Gases (G). Durch Anlegen der Steuerspannung/des Steuerstroms an die erste und zweite Elektrode (30, 40) wird Sauerstoff aus einem sauerstoffhaltigen Referenzgas (RG) in das Gas (G) durch die Membran (10) transportiert und verbrennt mit brennbaren

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Anteilen des Gases (G). Die Auswerteinrichtung (60) ermittelt das Maß für den Brennwert des Gases (G) in Abhängigkeit von der erzeugten Steuerspannung/dem erzeugten Steuerstrom oder in Abhängigkeit von einer Temperatur der Membran (10) oder in Abhängigkeit von einer Impedanz der Membran (10).

Beschreibung

Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases.

10

Ottomotoren, die mit Benzin oder Diesel als Treibstoff betrieben werden, lassen sich auf den Betrieb mit einem komprimierten natürlichen Gas (CNG, Compressed Natural Gas) umrüsten. Das Gas weist in verschiedenen Ländern üblicherweise unterschiedliche Bestandteile auf. Vor allem der Anteil an Stickstoff oder Kohlendioxid verringert den Brennwert des Gases. Für die korrekte Regelung des Motors ist es vorteilhaft, den Brennwert des Gases zu kennen.

20

Es ist daher wünschenswert, eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases anzugeben. Des Weiteren soll ein Verfahren zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases angegeben werden.

25

Eine Ausführungsform einer Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases ist im Patentanspruch 1 angegeben. Die Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases umfasst eine Membran, die über einem Schwellwert einer Temperatur zum Transport von Sauerstoff

30

ausgebildet ist, eine Erwärmungseinrichtung zum Erwärmen der Membran sowie eine erste Elektrode, die auf einer ersten Seite der Membran angeordnet ist, und eine zweite Elektrode, die auf einer zweiten von der ersten Seite verschiedenen Seite der Membran angeordnet ist. Des Weiteren umfasst die Vorrichtung eine

35

steuerbare Spannungs-/Stromquelle zum Erzeugen einer Steuerungsspannung/eines Steuerstroms zwischen der ersten und zweiten Elektrode zur Steuerung des Transports des Sauerstoffs durch die

Membran und eine Auswerteeinrichtung zum Ermitteln des Maßes des Brennwertes des Gases, das brennbare Gasanteile aufweist. Die steuerbare Spannungs-/Stromquelle ist dazu ausgebildet, die Steuerspannung/den Steuerstrom derart zu erzeugen, dass in
5 Abhängigkeit von einem Pegel der Steuerspannung/des Steuerstroms eine derartige Menge an Sauerstoff durch die Membran transportiert wird, dass die brennbaren Anteile des Gases verbrennen, wenn die erste Elektrode in einer ersten Umgebung, die das Gas enthält, und die zweite Elektrode in einer zweiten Umgebung, die
10 ein von dem Gas verschiedenes Referenzgas mit dem Sauerstoff enthält, angeordnet ist. Die Auswerteeinrichtung ist dazu ausgebildet, das Maß für den Brennwert des Gases in Abhängigkeit von der erzeugten Steuerspannung/des erzeugten Steuerstroms oder in Abhängigkeit von einem Pegel der Temperatur der Membran oder
15 in Abhängigkeit von einer Impedanz der Membran zu ermitteln.

Eine Ausführungsform eines Verfahrens zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases ist im Patentanspruch 12 angegeben. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- 20
- Bereitstellen einer Vorrichtung zum Ermitteln eines Brennwertes eines Gases nach der oben angegebenen Ausführungsform,
 - Anordnen der Vorrichtung derart, dass die erste Elektrode in der ersten Umgebung und die zweite Elektrode in der zweiten
25 Umgebung angeordnet ist,
 - Anlegen der Steuerspannung/des Steuerstroms zwischen der ersten und zweiten Elektrode mit einem Pegel derart, dass eine derartige Menge an Sauerstoff von der zweiten Umgebung durch die Membran zu der ersten Umgebung transportiert wird, so dass
30 die brennbaren Anteile des Gases verbrennen,
 - Verbrennen des Sauerstoffs in der ersten Umgebung an der ersten Elektrode,
 - Ermitteln des Maßes für den Brennwert des Gases durch Auswerten eines Pegels der Steuerspannung/des Steuerstroms
35 oder durch Auswerten eines Pegels der Temperatur der Membran oder durch Auswerten von einer Impedanz zwischen der ersten und zweiten Elektrode während des Brennvorgangs.

Die Membran, die Erwärmungseinrichtung sowie die erste und zweite Elektrode können beispielsweise Teil einer Lambdasonde sein. Eine Lambdasonde wird üblicherweise dazu eingesetzt, den in einem Verbrennungsabgas vorhandenen Restsauerstoffgehalt zu messen, um daraus das Verhältnis von Verbrennungsluft zu Kraftstoff für die weitere Verbrennung zu regeln, so dass weder ein Kraftstoff- noch ein Luftüberschuss auftritt. Die Lambdasonde kann dazu zwischen einer Umgebung mit sauerstoffhaltiger Referenzluft und einer Umgebung, die den Abgasstrom führt, angeordnet sein.

Als Membran zwischen der ersten und zweiten Elektrode kann eine Yttrium-dotierte (YSZ) Keramik verwendet werden. Damit bei einer Lambdasonde die YSZ-Membran ihre Sauerstoff-Ionenleitfähigkeit erreicht beziehungsweise damit Sauerstoffionen von einer der Elektroden durch die Membran zur anderen Elektrode gepumpt werden können, lässt sich mittels der Erwärmungseinrichtung die Membran auf ca. 700 °C aufheizen. Die Lambdasonde kann einen Referenzkanal, durch den die sauerstoffhaltige Umgebungsluft in den erwärmten Bereich des Sensors diffundiert, enthalten. Beim Einsatz einer Lambdasonde in einem Fahrzeug wird die erste Elektrode in dem Abgasstrom und die zweite Elektrode in dem Referenzkanal angeordnet.

Durch den Sauerstoff-Konzentrationsunterschied zwischen dem Abgasstrom und der sauerstoffhaltigen Umgebungsluft kommt es bei einer Lambdasonde zu einer Ionen-Diffusion des Sauerstoffs, so dass Sauerstoff-Ionen von der hohen Konzentration der Referenzluft und somit von der zweiten Elektrode durch die Membran zur ersten Elektrode beziehungsweise zur niedrigen Sauerstoff-Konzentration des Abgases wandern. Die zur Ionisierung der Sauerstoff-Atome erforderlichen Elektronen werden von den elektrisch leitfähigen ersten und zweiten Elektroden geliefert. Dadurch lässt sich zwischen der ersten und zweiten Elektrode eine elektrische Spannung abgreifen. Anhand dieser SONDENSspannung lässt sich eine Aussage treffen, ob in dem Abgasstrom viel oder wenig Sauerstoff vorhanden ist.

Gemäß der Erfindung wird nun bei der Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases gemäß dem Patentanspruch 1 die Lambdasonde zu einem MEMS-Ofen umfunktioniert. Der für die Mikroverbrennung im Gas benötigte Sauerstoff diffundiert über den Referenzkanal an die zweite Elektrode, die nun als Pumpkathode mit einer im Vergleich zu einer üblichen Lambdasonde umgekehrten Polung betrieben wird. Um den Sauerstoff aus dem Referenzgas in das Gas, dessen Brennwert bestimmt werden soll, zu pumpen, wird zwischen die erste und zweite Elektrode die Steuerspannung/der Steuerstrom angelegt. Dadurch werden Sauerstoff-Ionen von der zweiten Elektrode durch die Membran zur ersten Elektrode, die sich in dem Gasstrom des Gases, dessen Brennwert zu ermitteln ist, befindet, transportiert.

Die Sauerstoff-Ionen oder die zu molekularem Sauerstoff umgewandelten Sauerstoff-Ionen verbrennen im Bereich der ersten Elektrode mit den brennbaren Anteilen des Gases. Der Brennvorgang verläuft aufgrund der katalytischen Wirkung der ersten und zweiten Elektroden, die beispielsweise als poröse Platin-elektroden ausgebildet sein können, ohne Flammentwicklung.

Gemäß einer ersten möglichen Ausführungsform der Vorrichtung beziehungsweise des Verfahrens zum Ermitteln eines Maßes für den Brennwert eines Gases wird die von der steuerbaren Spannungs-/Stromquelle erzeugte Steuerspannung/der erzeugte Steuerstrom, die/der notwendig ist um Sauerstoffionen in das Gas zu pumpen und dort mit dem Gas zu verbrennen, von der Auswerteeinrichtung ausgewertet. Die Steuerspannung/der Steuerstrom wird von der steuerbaren Spannungs-/Stromquelle in aufeinanderfolgenden Zeitzyklen aus jeweils einer ersten und einer darauf folgenden zweiten Zeitdauer nur während der zweiten Zeitdauer zwischen der ersten und zweiten Elektrode erzeugt. Während der ersten Zeitdauer wird die zwischen der ersten und zweiten Elektrode auftretende Spannung von einer Spannungsmesseinrichtung gemessen. Die Steuereinrichtung regelt die Steuerspannung/den Steuerstrom in Abhängigkeit von der während der

ersten Zeitdauer gemessenen Spannung. Beispielsweise kann die Steuerspannung/der Steuerstrom derart eingestellt werden, dass die zwischen der ersten und zweiten Elektrode gemessene Spannung einen Pegel von ungefähr 450 mV aufweist.

5

Gemäß einer zweiten und dritten möglichen Ausführungsform der Vorrichtung beziehungsweise des Verfahrens zum Ermitteln eines Maßes für den Brennwert des Gases wird im Falle der Verwendung einer steuerbaren Spannungsquelle von der steuerbaren Spannungs-
10 quelle eine Spannung von ca. 0,3 V bis 2 V zwischen der ersten und zweiten Elektrode erzeugt, um Sauerstoffionen von den Referenzgas in das Gas, dessen Brennwert ermittelt werden soll, zu pumpen und zusammen mit den brennbaren Anteilen des Gases zu verbrennen. Die exotherme Reaktion führt zu einer Temperatur-
15 erhöhung der Membran, die als Maß für den Brennwert herangezogen werden kann.

Gemäß der zweiten Ausführungsform der Vorrichtung beziehungsweise Verfahrens kann die Erwärmungseinrichtung als eine
20 pulsweitenmodulierte Heizeinrichtung ausgebildet sein. Die pulsweitenmodulierte Heizeinrichtung kann derart ausgebildet sein, dass die Puls-Weiten-Modulations-Rate (PWM-Rate) der Heizeinrichtung automatisch steigt, wenn die Temperatur der Membran für den Sauerstoff-Ionen-Transport zu niedrig ist,
25 beziehungsweise automatisch absinkt, wenn die Temperatur der Membran zu hoch ist beziehungsweise deutlich über dem oben angegebenen Schwellwert der Temperatur liegt. Die Temperaturerhöhung der Membran kann nun dadurch detektiert werden, indem die aufgrund der Erwärmung der Membran infolge des Verbrennungsvorgangs sinkende PWM-Rate der Erwärmungseinrichtung ausge-
30 wertet wird.

Gemäß der dritten Ausführungsform der Vorrichtung beziehungsweise Verfahrens wird von der Auswerteeinrichtung in den
35 Pumpspausen während der ersten Zeitdauer der aufeinanderfolgenden Zeitzyklen eine Impedanz zwischen der ersten und zweiten

Elektrode ermittelt. Dabei wird sich zu Nutze gemacht, dass die Impedanz der Membran temperaturabhängig ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Figuren, die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zeigen, näher
5 erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 eine erste Ausführungsform einer Vorrichtung zum
Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases,
10
- Figur 2 eine zweite Ausführungsform einer Vorrichtung zum
Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases,
- Figur 3 eine dritte Ausführungsform einer Vorrichtung zum
15 Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases,
- Figur 4 eine vierte Ausführungsform einer Vorrichtung zum
Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases,
- 20 Figur 5 eine fünfte Ausführungsform einer Vorrichtung zum
Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases,
- Figur 6 eine sechste Ausführungsform einer Vorrichtung zum
Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases,
25
- Figur 7 eine siebte Ausführungsform einer Vorrichtung zum
Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases.

Die Figuren 1 bis 7 zeigen unterschiedliche Ausführungsformen
30 einer Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert
eines Gases G, das brennbare Anteile aufweist. Bei sämtlichen
Ausführungsformen weist die Vorrichtung eine Membran 10, eine
Erwärmungseinrichtung 20, eine erste Elektrode 30, eine zweite
Elektrode 40, eine steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 sowie
35 eine Auswerteeinrichtung 60 und eine Steuereinrichtung 70 zur
Steuerung der steuerbaren Spannungs-/Stromquelle 50 auf. Zu-
nächst werden die gemeinsamen Komponenten der unterschiedlichen

Ausführungsformen der Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für den Brennwert eines Gases angegeben. Anschließend wird auf Besonderheiten der jeweiligen Ausführungsformen der Vorrichtung eingegangen.

5

Bei den Ausführungsformen 1 bis 7 der Vorrichtung zum Ermitteln eines Brennwertes eines Gases kann die Membran 10 beispielsweise ein Material aus einer Yttrium dotierten Keramik umfassen. Die Membran 10 kann derart ausgebildet sein, dass sie bei Erwärmung über einen Schwellwert einer Temperatur zum Transport von Sauerstoff, insbesondere von Sauerstoff-Ionen, geeignet ist. Die Erwärmungseinrichtung 20 kann zum Erwärmen der Membran, insbesondere zum Erwärmen der Membran auf den Schwellwert der Temperatur, bei dem die Membran für Sauerstoff durchlässig wird, ausgebildet sein. Die erste und zweite Elektrode 30, 40 können porös aus einem Material aus Platin ausgestaltet sein. Die erste Elektrode 30 kann auf einer ersten Seite 11 der Membran 10, die in einer ersten Umgebung U1 des Gases G, für dessen Brennwert ein Maß bestimmt werden soll, angeordnet sein. Die zweite Elektrode 40 kann auf einer zweiten von der ersten Seite verschiedenen Seite 12 der Membran 10 angeordnet sein. Die zweite Elektrode 40 und somit die zweite Seite 12 der Membran 10 kann in einer zweiten Umgebung U2, die ein von dem Gas G verschiedenes sauerstoffhaltiges Referenzgas RG enthält, angeordnet sein.

25

Die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 ist zum Erzeugen einer Steuerspannung/eines Steuerstroms zwischen der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 zur Steuerung des Transports des Sauerstoffs durch die Membran 10 ausgebildet. Die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 ist insbesondere dazu ausgebildet, die Steuerspannung/den Steuerstrom derart zu erzeugen, dass in Abhängigkeit von einem Pegel der Steuerspannung/des Steuerstroms eine derartige Menge an Sauerstoff durch die Membran 10 transportiert wird, dass die brennbaren Anteile des Gases G verbrennen, wenn die erste Elektrode 30 in der ersten das Gas G umfassenden Umgebung U1 und die zweite Elektrode 40 in der zweiten

35

das Referenzgas RG mit dem Sauerstoff umfassenden Umgebung U2 angeordnet ist.

Die Steuereinrichtung 70 steuert die steuerbare Span-
5 nungs-/Stromquelle 50 in aufeinanderfolgenden Zeitzyklen derart an, dass während einer ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen keine Steuerspannung/kein Steuerstrom von der steuerbaren Spannungs-/ Stromquelle 50 erzeugt wird und während einer sich an die erste Zeitdauer anschließenden zweiten Zeitdauer jedes der
10 Zeitzyklen die Steuerspannung/der Steuerstrom mit einem Pegel erzeugt wird. Der Pegel der Steuerspannung/des Steuerstroms ist dabei derart gewählt, das ausreichend Sauerstoff von dem Referenzgas RG durch die Membran zu der ersten Elektrode 30 transportiert wird und in der Umgebung U1 zusammen mit den
15 brennbaren Bestandteilen des Gases G verbrennt, wenn die erste Elektrode 30 in der Umgebung U1 des Gases und die zweite Elektrode 40 in der Umgebung U2 des sauerstoffhaltigen Referenzgas RG angeordnet ist.

20 Die Auswerteeinrichtung 60 ist zum Ermitteln des Maßes des Brennwertes des Gases G ausgebildet. Gemäß den in den Figuren 1 und 2 gezeigten Ausführungsformen 1 und 2 der Vorrichtung zum Ermitteln des Maßes des Brennwertes des Gases ist die Auswerteeinrichtung 60 dazu ausgebildet, das Maß für den Brennwert des
25 Gases G in Abhängigkeit von der erzeugten Steuerspannung beziehungsweise des erzeugten Steuerstroms zu ermitteln. Gemäß den in den Figuren 3 und 4 gezeigten Ausführungsformen 3 und 4 der Vorrichtung zum Ermitteln des Maßes des Brennwertes des Gases ist die Auswerteeinrichtung 60 dazu ausgebildet, das Maß für den
30 Brennwert des Gases G in Abhängigkeit von einem Pegel der Temperatur der Membran 10 zu ermitteln. Bei den in den Figuren 5, 6 und 7 gezeigten Ausführungsformen 5, 6 und 7 der Vorrichtung zum Ermitteln des Maßes des Brennwertes des Gases ist die Auswerteeinrichtung 60 dazu ausgebildet, in Abhängigkeit von
35 einer Impedanz der Membran 10 das Maß für den Brennwert des Gases G zu ermitteln.

Die erste Elektrode 30 ist in der Umgebung U1 des Gases G angeordnet, für dessen Brennwert mit der Vorrichtung ein Maß zu ermitteln ist. Die zweite Elektrode 40 ist in der Umgebung U2, die das sauerstoffhaltige Referenzgas RG enthält, angeordnet.

5 Die Membran 10 kann derart ausgestaltet sein, dass die Vorrichtung um die zweite Elektrode 40 herum einen Kanal RK mit einer Eintrittsöffnung ERK zum Einströmen des Referenzgases RG in den Kanal und somit zur zweiten Elektrode 40 aufweist. Der Kanal RK ist seinerseits derart geformt, dass das Referenzgas RG der

10 zweiten Elektrode 40 über den Kanal RK zugeführt wird. An der Eintrittsöffnung ERK des Kanals RK kann eine Diffusionsbarriere 130 vorgesehen sein, über den das Referenzgas RG in den Kanal RK einströmt und somit zu der zweiten Elektrode 40 gelangt.

15 Bei sämtlichen der gezeigten Ausführungsformen 1 bis 7 der Vorrichtung zum Ermitteln des Brennwertes eines Gases kann die Anordnung aus der Membran 10, der Erwärmungseinrichtung 20 und der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 Teil einer Lambdasonde 1000 sein. Bei den Ausführungsformen 1, 3 und 5 sind die Membran

20 10, die Erwärmungseinrichtung 20 und die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer Sprungsonde 1100 ausgestaltet.

Bei den Ausführungsformen 2, 4, 6 und 7 der Vorrichtung zum Ermitteln eines Brennwertes eines Gases sind die Membran 10, die

25 Erwärmungseinrichtung 20 und die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer Breitbandsonde 1200 ausgestaltet. Die Breitbandsonde 1100 umfasst eine Nernstzelle 1210 und eine Pumpzelle 1220 und. Die Nernstzelle 1210 umfasst die Membran 10 sowie die erste und zweite Elektrode 30, 40. Die Pumpzelle 1200 kann

30 eine dritte Elektrode 110 und eine vierte Elektrode 120 aufweisen. Die Membran ist zwischen der Nernstzelle 1210 und der Pumpzelle 1220 derart geformt, dass ein Kanal MG mit einer Eintrittsöffnung EMG zum Einströmen des Gases G in den Kanal MG gebildet wird.

35 An der Eintrittsöffnung EMG des Kanals MK kann eine Diffusionsbarriere 140 angeordnet sein, durch die das Gas G in den Kanal

MK einströmt. Da der Kanal MK an dem membranseitigen Ende angeschlossen ist und da an der Eintrittsöffnung EMG die Diffusionssperre 140 vorgesehen ist, bildet der Kanal MK bei den Ausführungsformen 2, 4, 6 und 7 eine Messkammer, in die der Sauerstoff über die Nernstzelle 1210 gepumpt wird. Der Verbrennungsvorgang des Sauerstoffs und der brennbaren Bestandteile des Gases G verläuft an der ersten Elektrode 30 innerhalb der Messkammer MK. Durch das Vorsehen der Diffusionsbarriere 130 an der Eintrittsöffnung ERK des Kanals RK kann sichergestellt werden, dass bei einem Bruch der Membran 10 kein Sauerstoff von der sauerstoffhaltigen Umgebung des Referenzgases unkontrolliert in die Messkammer MK eindringen kann.

Bei den in den Figuren 1 und 2 gezeigten Vorrichtungen 1 und 2 ist die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 mit der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 verbunden, um die Steuerspannung/den Steuerstrom zwischen die erste und zweite Elektrode 30, 40 anzulegen. Des Weiteren weist die Vorrichtung 1 und 2 eine Spannungsmesseinrichtung 80 auf, die ebenfalls mit der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 verbunden ist. Die Spannungsmesseinrichtung 80 ist dazu ausgebildet, den zwischen der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 anliegenden Spannungspegel während der ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen zu ermitteln. Die Steuereinrichtung 70 ist bei den Ausführungsformen 1 und 2 der Vorrichtung dazu ausgebildet, die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 derart anzusteuern, dass die steuerbare Spannungs-/ Stromquelle 50 den Pegel der Steuerspannung/des Steuerstroms während der zweiten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen in Abhängigkeit von dem während der ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen ermittelten Spannungspegel erzeugt.

Die Ausführungsformen 1 und 2 der Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für ein Brennwert eines Gases unterscheiden sich dadurch, dass bei der Ausführungsform 1 die Membran 10, die Erwärmungseinrichtung 20 sowie die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer Sprungsonde ausgebildet sind, während bei der Ausführungsform 2 die Membran 10, die Erwärmungseinrichtung 20

sowie die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer linearen Lambdasonde beziehungsweise Breitbandsonde ausgebildet sind. Bei der Ausführungsform 2 kann die Pumpzelle 1220 unbeschaltet bleiben.

5

Um ein Maß für einen Brennwert des Gases G mittels der Vorrichtung gemäß den Ausführungsformen 1 und 2 zu ermitteln, wird die Vorrichtung derart angeordnet, dass die erste Elektrode 30 mit dem Gas G in Kontakt steht und die zweite Elektrode 40 von dem sauerstoffhaltigen Referenzgas RG umströmt wird. Die Steuer-
einrichtung 70 steuert die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 derart an, dass eine Steuerspannung/ein Steuerstrom zwischen der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 mit einem Pegel anliegt, so dass eine solche Menge an Sauerstoff von der zweiten Umgebung U2 durch die Membran 10 zu der ersten Umgebung U1 transportiert wird,
so dass der Sauerstoff im Bereich um die erste Elektrode 30 zusammen mit den brennbaren Bestandteilen des Gases G verbrennt.

Während der ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen der Messung wird von der steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 keine Steuer-
spannung/kein Steuerstrom zwischen der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 angelegt. Während der ersten Zeitdauer wird stattdessen mittels der Spannungsmesseinrichtung 80 der Spannungspegel zwischen der ersten und zweiten Elektrode 30, 40
gemessen. Während der sich an die erste Zeitdauer anschließenden zweiten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen der Messung steuert die Steuereinrichtung 70 die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 derart an, dass die Steuerspannung/der Steuerstrom in Abhängigkeit von dem zwischen der ersten und zweiten Elektrode 30, 40
zuvor gemessenen Spannungspegel erzeugt wird. Der Pegel der Steuerspannung/des Steuerstroms kann beispielsweise während jeder zweiten Zeitdauer der Messzeitzyklen derart erzeugt werden, dass der während der ersten Zeitdauer der Messzeitzyklen gemessene Spannungspegel zwischen der ersten und zweiten Elektrode
30, 40 einen Spannungspegel von ungefähr 450 mV annimmt. Der Pegel der so geregelten Steuerspannung beziehungsweise des so ge-

regelten Steuerstroms wird von der Auswerteeinrichtung 60 ausgewertet und ist ein Maß für den Brennwert des Gases G.

Bei den in den Figuren 3 und 4 gezeigten Vorrichtungen 3 und 4 zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert des Gases G ist die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 mit der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 verbunden, um die Steuerspannung/den Steuerstrom zwischen der ersten und der zweiten Elektrode 30, 40 anzulegen. Die Steuerspannung/der Steuerstrom wird mit einem Pegel erzeugt, der ausreichend ist, um Sauerstoff aus der Referenzgasumgebung U2 in das Messgas G zu pumpen und zusammen mit den brennbaren Bestandteilen des Gases G zu verbrennen. Die Steuerspannung kann beispielsweise einen Pegel zwischen 0,3 V und 2V aufweisen. Die Steuereinrichtung 70 ist zur Steuerung der Erwärmungseinrichtung 20 ausgebildet. Die Steuereinrichtung 70 ist insbesondere dazu ausgebildet, die Erwärmungseinrichtung 20 in aufeinanderfolgenden Heizperioden derart anzusteuern, dass die Erwärmungseinrichtung 20 während einer ersten Zeitdauer jeder Heizperiode deaktiviert und während einer sich daran anschließenden zweiten Zeitdauer jeder Heizperiode zum Erwärmen der Membran 10 aktiviert wird.

Die Erwärmungseinrichtung 20 kann beispielsweise als eine pulsweitenmodulierte Heizeinrichtung ausgestaltet sein, die in Abhängigkeit von einer von der Steuereinrichtung 70 vorgegebenen PWM-Rate während der ersten Zeitdauer jeder Heizperiode deaktiviert und während der zweiten Zeitdauer jeder Heizperiode aktiviert wird. Die PWM-Rate, die somit das Verhältnis der Aus- und Einschaltzeit der Erwärmungseinrichtung 20 angibt wird in Abhängigkeit der Temperatur der Membran 10 von der Steuereinrichtung 70 vorgegeben.

Zum Ermitteln der Temperatur der Membran 10 ist eine Temperaturmesseinrichtung 90 vorgesehen. Die Temperaturmesseinrichtung 90 kann mit der Steuereinrichtung 70 gekoppelt sein. Die Steuereinrichtung 70 ist dazu ausgebildet, das Verhältnis der ersten und zweiten Zeitdauer, das heißt der Aus- und Einschalt-

zeitdauer der Erwärmungseinrichtung, in Abhängigkeit von der von der Temperaturmesseinrichtung 90 ermittelten Temperatur der Membran 10 einzustellen. Wenn die Temperatur der Membran 10 beispielsweise unter der für den Sauerstoff-Ionentransport notwendigen Schwellwerttemperatur liegt, wird die PWM-Rate beziehungsweise das Verhältnis der Ein-/Ausschaltzeit der Erwärmungseinrichtung 20 erhöht. Wenn hingegen die Temperatur der Membran 10 deutlich über der für den Sauerstoff-Ionentransport notwendigen Schwellwerttemperatur liegt, wird die PWM-Rate beziehungsweise das Verhältnis der Ein-/Ausschaltzeit der Erwärmungseinrichtung 20 erniedrigt. Die Auswerteeinrichtung 60 wertet das Verhältnis der ersten und zweiten Zeitdauer jeder Heizperiode beziehungsweise das Verhältnis der Aus-/Einschaltzeit der Erwärmungseinrichtung 20 aus und ermittelt in Abhängigkeit von diesem Verhältnis ein Maß für den Brennwert des Gases G.

Die Ausführungsformen 3 und 4 der Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für den Brennwert eines Gases unterscheiden sich dadurch, dass bei der Ausführungsform 3 die Membran 10, die Erwärmungseinrichtung 20 sowie die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer Sprungsonde ausgebildet sind, während bei der Ausführungsform 4 die Membran 10, die Erwärmungseinrichtung 20 sowie die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer linearen Lambdasonde beziehungsweise Breitbandsonde ausgebildet sind. Bei der Ausführungsform 4 kann die Pumpzelle 1220 ungeschaltet bleiben.

Bei den in den Figuren 5, 6 und 7 gezeigten Vorrichtungen 5, 6 und 7 zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert des Gases G ist die steuerbare Spannungs-/Stromquelle 50 mit der ersten und zweiten Elektrode 30, 40 verbunden, um die Steuerspannung/den Steuerstrom zwischen der ersten und der zweiten Elektrode 30, 40 anzulegen. Die Steuerspannung beziehungsweise der Steuerstrom wird mit einem Pegel erzeugt, der ausreichend ist, um Sauerstoff aus der Referenzgasumgebung U2 in das Messgas G zu pumpen und zusammen mit den brennbaren Bestandteilen des Gases G zu ver-

brennen. Die Steuerspannung kann dazu beispielsweise mit einem Pegel zwischen 0,3 V und 2V erzeugt werden und an die erste und zweite Elektrode angelegt werden. Die Vorrichtungen 5, 6 und 7 weisen jeweils eine Messeinrichtung 100 zur Messung der Impedanz der Membran 10 auf.

Die Auswerteeinrichtung 60 ist dazu ausgebildet, während der ersten Zeitdauer jedes der Mess-Zeitzyklen die von der Messeinrichtung 100 gemessene Impedanz auszuwerten und in Abhängigkeit von der Auswertung das Maß für den Brennwert des Gases G zu ermitteln. Während dieser ersten Zeitdauer wird keine Steuerspannung/kein Steuerstrom zwischen die erste und zweite Elektrode angelegt. Das Anlegen der Steuerspannung/des Steuerstroms zum Transport von Sauerstoff in das Gas G erfolgt während der der ersten Zeitdauer nachfolgenden zweiten Zeitdauer jedes der Messzeitzyklen. Umgekehrt wird während der zweiten Zeitdauer jedes der Messzeitzyklen das Messen der Impedanz der Membran 10 unterbrochen. Da die Impedanz der Membran 10 temperaturabhängig ist, wird auch bei den Vorrichtungen die Temperatur der Membran 10 infolge der exothermen Reaktion als Maß für den Brennwert des Gases G herangezogen.

Die Ausführungsformen 5, 6 und 7 der Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für den Brennwert des Gases G unterscheiden sich dadurch, dass bei der Ausführungsform 5 die Membran 10, die Erwärmungseinrichtung 20 sowie die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer Sprungsonde ausgebildet sind, während bei der Ausführungsform 6 und 7 die Membran 10, die Erwärmungseinrichtung 20 sowie die erste und zweite Elektrode 30, 40 als Teil einer linearen Lambdasonde beziehungsweise Breitbandsonde ausgebildet sind. Während bei den Ausführungsformen 5 und 6 die Messeinrichtung 100 zur Messung der Impedanz der Membran 10 zwischen die erste und zweite Elektrode geschaltet ist, wird bei der Ausführungsform 7 der Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für den Brennwert des Gases G die Pumpzelle 1220 zur Erfassung der Impedanz der Membran verwendet. Bei der Ausführungsform 7 ist die Messeinrichtung 100 zur Messung der Impedanz der Membran zwischen

die dritte Elektrode 110 und die vierte Elektrode 120 geschaltet, während sie bei den Ausführungsformen 5 und 6 zwischen die erste und zweite Elektrode 30, 40 geschaltet ist.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases, umfassend:
- 5 - eine Membran (10), die über einem Schwellwert einer Temperatur zum Transport von Sauerstoff ausgebildet ist,
 - eine Erwärmungseinrichtung (20) zum Erwärmen der Membran (10),
 - 10 - eine erste Elektrode (30), die auf einer ersten Seite (11) der Membran (10) angeordnet ist,
 - eine zweite Elektrode (40), die auf einer zweiten von der ersten Seite verschiedenen Seite (12) der Membran (10) angeordnet ist,
 - 15 - eine steuerbare Spannungs-/Stromquelle (50) zum Erzeugen einer Steuerspannung/eines Steuerstroms zwischen der ersten und zweiten Elektrode (30, 40) zur Steuerung des Transports des Sauerstoffs durch die Membran (10),
 - eine Auswerteeinrichtung (60) zum Ermitteln des Maßes des Brennwertes des Gases (G), das brennbare Anteile
 - 20 aufweist,
 - wobei die steuerbare Spannungs-/Stromquelle (50) dazu ausgebildet ist, die Steuerspannung/den Steuerstrom derart zu erzeugen, dass in Abhängigkeit von einem Pegel der Steuerspannung/des Steuerstroms eine derartige
 - 25 Menge an Sauerstoff durch die Membran (10) transportiert wird, dass die brennbaren Bestandteile des Gases verbrennen, wenn die erste Elektrode (30) in einer ersten Umgebung (U1), die das Gas (G) enthält, und die zweite Elektrode (40) in einer zweiten Umgebung (U2), die ein
 - 30 von dem Gas (G) verschiedenes Referenzgas (RG) mit dem Sauerstoff enthält, angeordnet ist,
 - wobei die Auswerteeinrichtung (60) dazu ausgebildet ist, das Maß für den Brennwert des Gases (G) in Abhängigkeit von der erzeugten Steuerspannung/des erzeugten Steuerstroms oder in Abhängigkeit von einem Pegel der
 - 35 Temperatur der Membran (10) oder in Abhängigkeit von einer Impedanz der Membran (10) zu ermitteln.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, umfassend:

- eine Steuereinrichtung (70) zur Steuerung der steuerbaren Spannungs-/Stromquelle (50),
- 5 - wobei die Steuereinrichtung (70) die steuerbare Spannungs-/Stromquelle (50) in aufeinanderfolgenden Zeitzyklen derart steuert, dass während einer ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen keine Steuerspannung/kein Steuerstrom erzeugt wird und während einer
10 sich an die erste Zeitdauer anschließenden zweiten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen die Steuerspannung/der Steuerstrom mit dem Pegel erzeugt wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, umfassend:

- 15 - eine Spannungsmesseinrichtung (80), die dazu ausgebildet ist, den zwischen der ersten und zweiten Elektrode (30, 40) anliegenden Spannungspegel während der ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen zu ermitteln,
- wobei die Steuereinrichtung (70) dazu ausgebildet ist,
20 die steuerbare Spannungs-/Stromquelle (50) derart anzusteuern, dass die steuerbare Spannungs-/Stromquelle (50) den Pegel der Steuerspannung/des Steuerstroms während der zweiten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen in Abhängigkeit von dem während der ersten Zeitdauer jedes
25 der Zeitzyklen ermittelten Spannungspegel erzeugt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2, umfassend:

- wobei die Steuereinrichtung (70) zur Steuerung der Erwärmungseinrichtung (20) ausgebildet ist,
- 30 - wobei die Steuereinrichtung (70) dazu ausgebildet ist, die Erwärmungseinrichtung (20) in aufeinanderfolgenden Heizperioden derart anzusteuern, dass die Erwärmungseinrichtung (20) während einer ersten Zeitdauer jeder Heizperiode deaktiviert und während einer sich daran
35 anschließenden zweiten Zeitdauer jeder Heizperiode zum Erwärmen der Membran (10) aktiviert wird.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, umfassend:
- eine Temperaturmesseinrichtung (90) zum Ermitteln einer Temperatur der Membran (10),
 - wobei die Steuereinrichtung (70) dazu ausgebildet ist,
- 5 das Verhältnis der ersten und zweiten Zeitdauer jeder Heizperiode in Abhängigkeit von der von der Temperaturmesseinrichtung (90) ermittelten Temperatur der Membran (10) einzustellen.
- 10 6. Vorrichtung nach Anspruch 5
wobei die Auswerteeinrichtung (60) das Verhältnis der ersten und zweiten Zeitdauer jeder Heizperiode auswertet und in Abhängigkeit von dem Verhältnis das Maß für den Brennwert des Gases (G) ermittelt.
- 15 7. Vorrichtung nach Anspruch 2, umfassend:
- eine Messeinrichtung (100) zur Messung der Impedanz der Membran (10),
 - wobei die Auswerteeinrichtung (60) dazu ausgebildet ist,
- 20 während der ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen die von der Messeinrichtung (100) gemessene Impedanz auszuwerten und in Abhängigkeit von der Auswertung das Maß für den Brennwert des Gases (G) zu ermitteln.
- 25 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, umfassend:
eine Lambdasonde (1000), die die Membran (10), die Erwärmungseinrichtung (20) und die erste und zweite Elektrode (30, 40) enthält.
- 30 9. Vorrichtung nach Anspruch 8,
wobei die Lambdasonde (1000) als eine Sprungsonde (1100) oder als eine Breitbandsonde (1200) ausgebildet ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
- 35 - wobei die Lambdasonde (1000) als Breitbandsonde (1200), die eine Nernstzelle (1210) und eine Pumpzelle (1220) umfasst, ausgebildet ist,

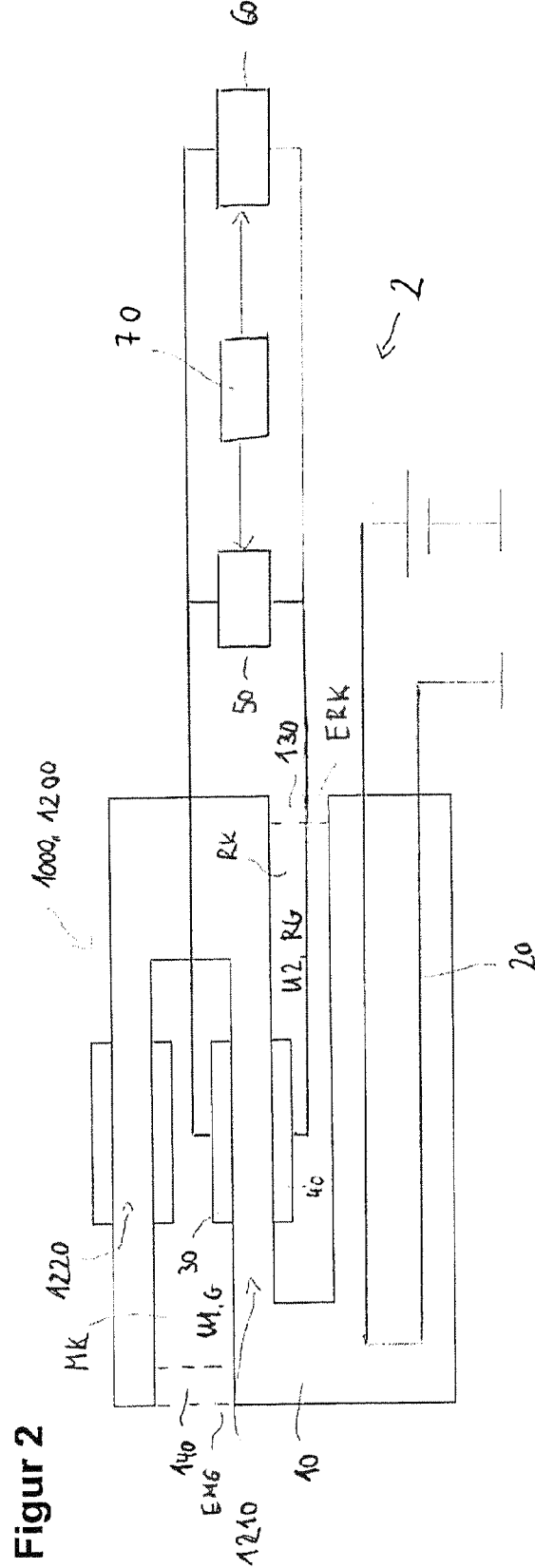
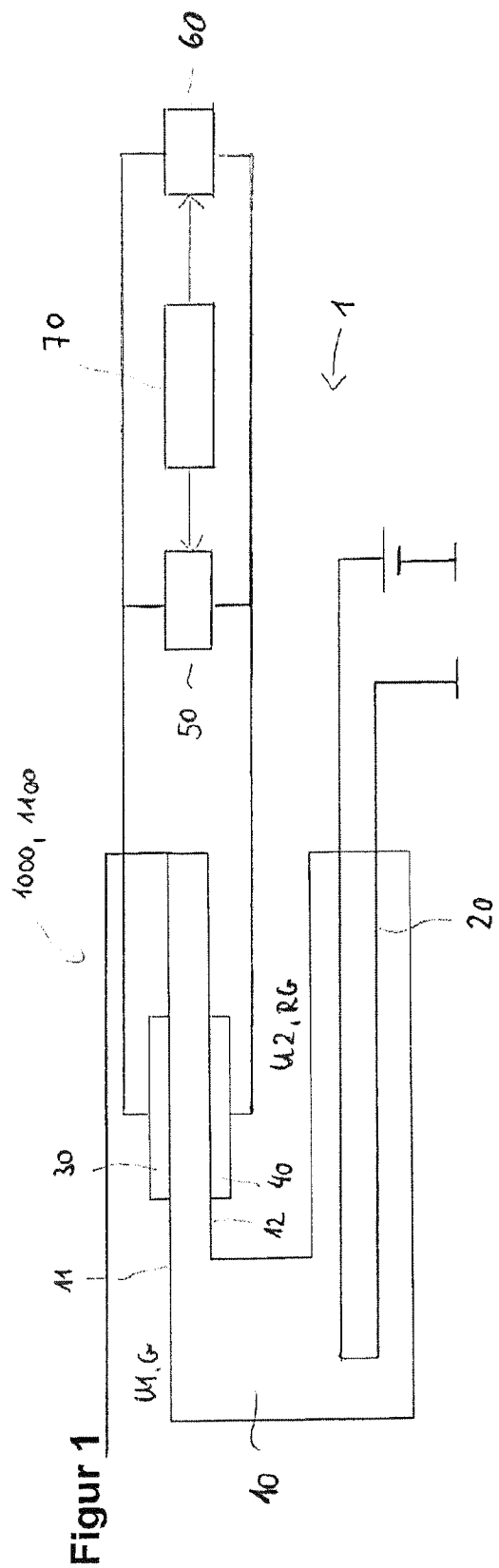
- wobei Nernstzelle (1210) die Membran (10), die erste Elektrode (30) und die zweite Elektrode (40) umfasst,
 - wobei die Pumpzelle (1220) eine dritte Elektrode (110) und eine vierte Elektrode (120) aufweist,
 - 5 - wobei die Messeinrichtung (100) zur Messung der Impedanz der Membran (10) zwischen der dritten und vierten Elektrode (110, 120) angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10,
- 10 - wobei die Lambdasonde (1000) einen Kanal (RK) mit einer Eintrittsöffnung (ERK) zum Einströmen des Referenzgases (RG) in den Kanal umfasst,
- wobei die zweite Elektrode (40) in dem Kanal (RK) angeordnet ist,
- 15 - wobei an der Eintrittsöffnung (ERK) des Kanals (RK) eine Diffusionsbarriere (130) zum Eintritt des Referenzgases (RG) in den Kanal (RK) angeordnet ist.
12. Verfahren zum Ermitteln eines Maßes für einen Brennwert eines Gases, umfassend:
- 20 - Bereitstellen einer Vorrichtung (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) zum Ermitteln eines Brennwertes eines Gases nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
- Anordnen der Vorrichtung derart, dass die erste
- 25 Elektrode (30) in der ersten Umgebung (U1) und die zweite Elektrode (40) in der zweiten Umgebung (U2) angeordnet ist,
- Anlegen der Steuerspannung/des Steuerstroms zwischen der ersten und zweiten Elektrode (30, 40) mit einem Pegel
- 30 derart, dass eine derartige Menge an Sauerstoff von der zweiten Umgebung (U2) durch die Membran (10) zu der ersten Umgebung (U1) transportiert wird, so dass die brennbaren Anteile des Gases (G) verbrennen,
- Verbrennen des Sauerstoffs in der ersten Umgebung (U1)
- 35 an der ersten Elektrode (30),
- Ermitteln des Maßes für den Brennwert des Gases (G) durch Auswerten eines Pegels der Steuerspannung/des Steuer-

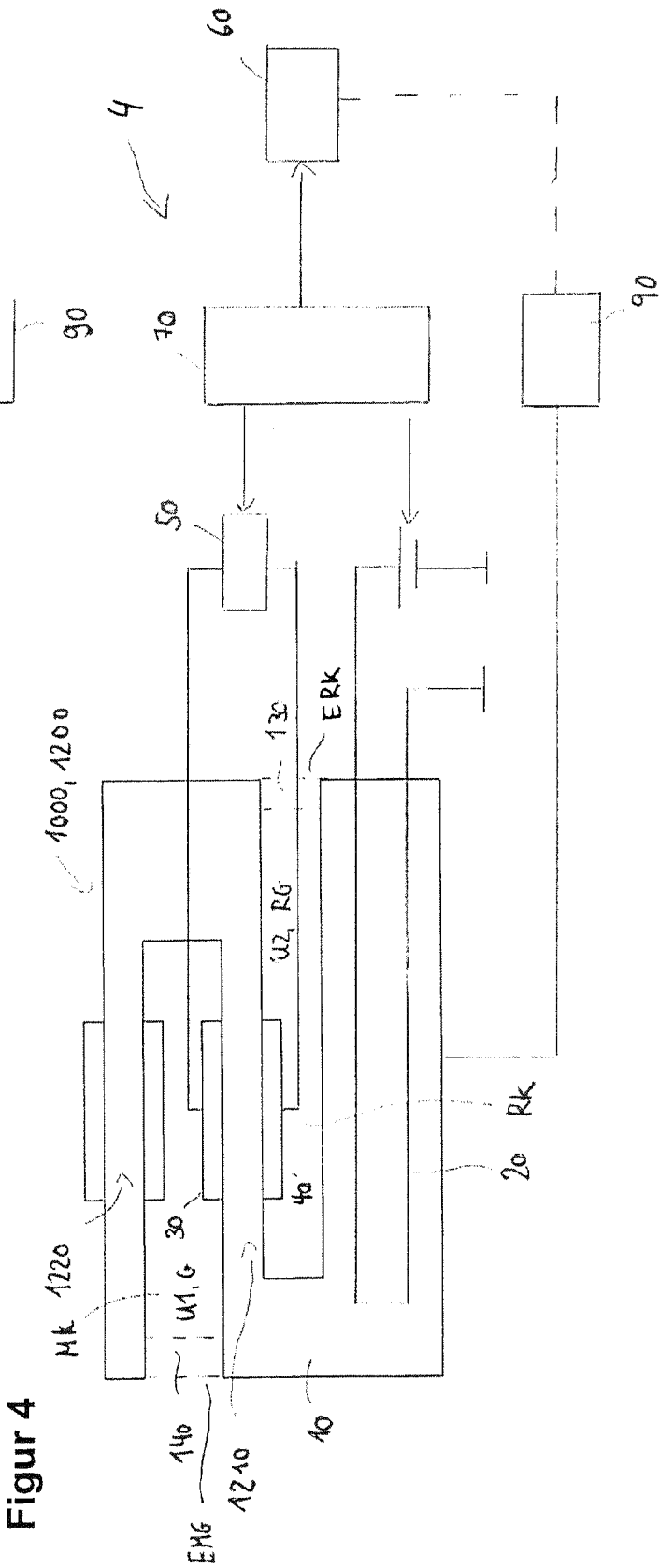
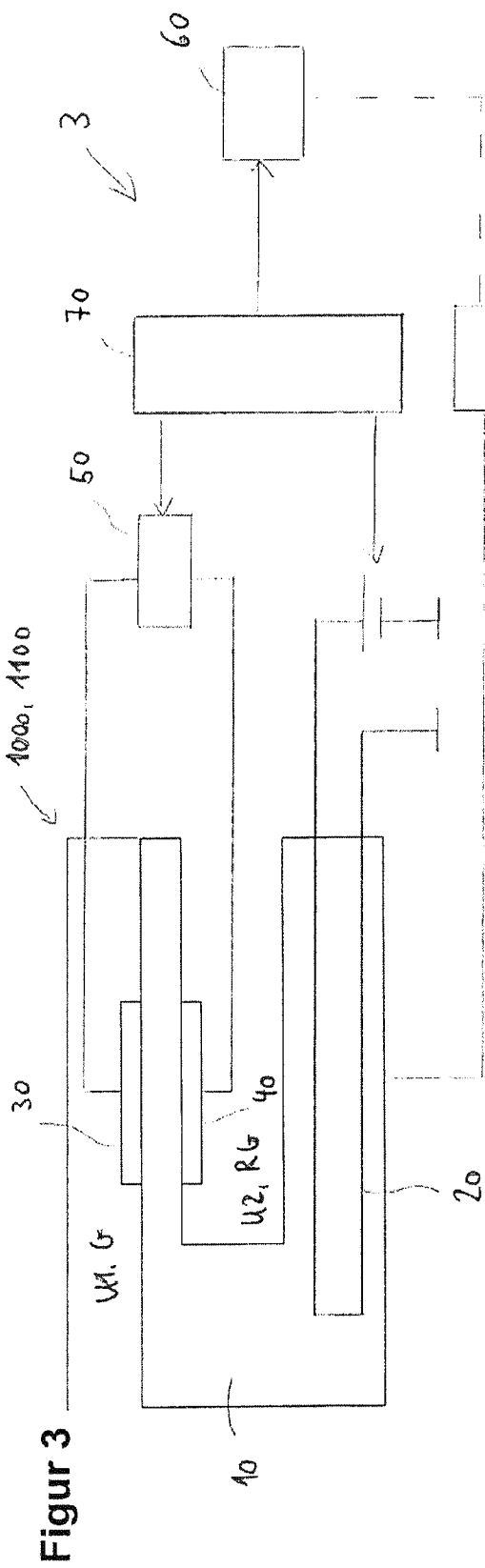
stroms oder durch Auswerten eines Pegels der Temperatur der Membran (10) oder durch Auswerten von einer Impedanz der Membran während des Brennvorgangs.

- 5 13. Verfahren nach Anspruch 12, umfassend:
Messen eines Pegels der Spannung zwischen der ersten und
zweiten Elektrode (30, 40) und Regeln des Pegels der
Steuerspannung/des Steuerstroms in Abhängigkeit von dem
gemessenen Spannungspegel, wobei das Messen des Spannungs-
10 pegels zwischen der ersten und zweiten Elektrode (30, 40)
und das Regeln der Steuerspannung/des Steuerstroms in
aufeinanderfolgenden Zeitzyklen derart erfolgen, dass
während einer ersten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen keine
Steuerspannung/kein Steuerstrom zwischen die erste und
15 zweite Elektrode angelegt wird und der Spannungspegel
zwischen der ersten und zweiten Elektrode gemessen wird und
während einer sich an die erste Zeitdauer anschließenden
zweiten Zeitdauer jedes der Zeitzyklen die Steuerspannung/
der Steuerstrom in Abhängigkeit von dem zwischen der ersten
20 und zweiten Elektrode (30, 40) gemessenen Spannungspegel
erzeugt wird.
14. Verfahren nach Anspruch 12 umfassend:
- 25 - Deaktivieren und Aktivieren der Erwärmungseinrichtung
(20) in aufeinanderfolgenden Heizperioden derart, dass
die Erwärmungseinrichtung (20) während einer ersten
Zeitdauer jeder Heizperiode deaktiviert und während
einer sich daran anschließenden zweiten Zeitdauer jeder
Heizperiode zum Erwärmen der Membran (10) aktiviert
30 wird,
 - Einstellen des Verhältnisses der ersten und zweiten
Zeitdauer jeder Heizperiode in Abhängigkeit von dem
ermittelten Pegel der Temperatur der Membran (10),
 - Ermitteln des Maßes für den Brennwert des Gases (G) in
35 Abhängigkeit von dem eingestellten Verhältnis der ersten
und zweiten Zeitdauer jeder Heizperiode.

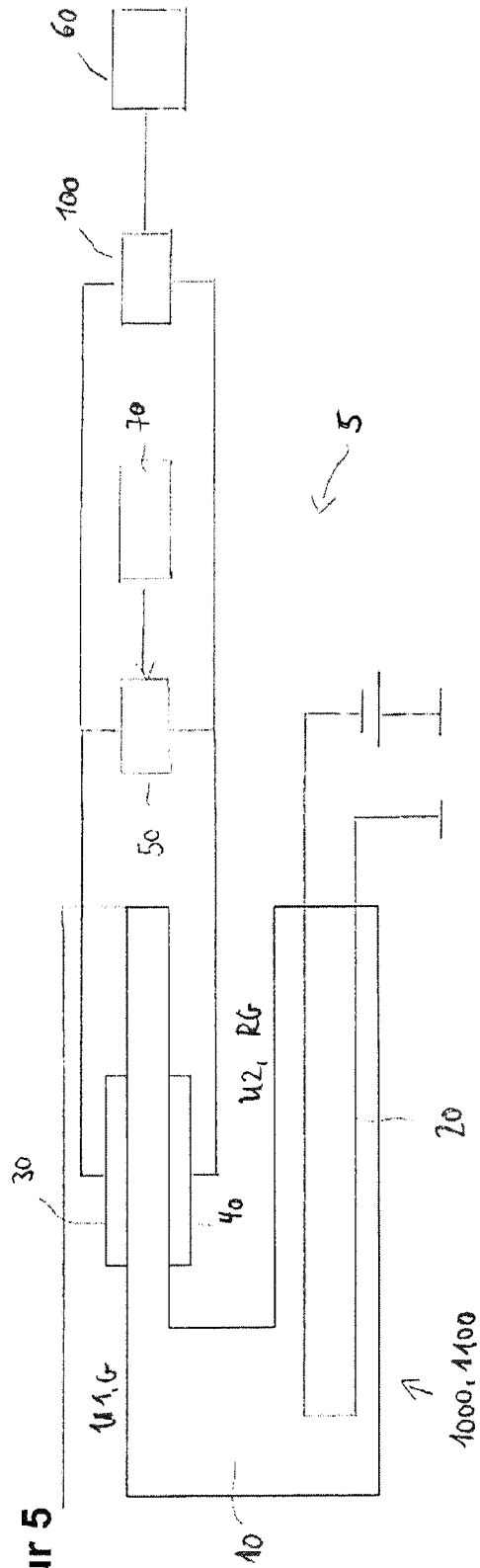
15. Verfahren nach Anspruch 12, umfassend:

Deaktivieren und Aktivieren des Erzeugens der Steuer-
spannung/des Steuerstroms in aufeinanderfolgenden Zeit-
zyklen derart, dass während einer ersten Zeitdauer jedes der
5 Zeitzyklen keine Steuerspannung/kein Steuerstrom zwischen
die erste und zweite Elektrode angelegt wird und die Im-
pedanz der Membran (10) gemessen wird und während einer sich
an die erste Zeitdauer anschließenden zweiten Zeitdauer
jedes der Zeitzyklen die Steuerspannung/der Steuerstrom
10 zwischen der ersten und zweiten Elektrode erzeugt wird und
das Messen der Impedanz der Membran (10) unterbrochen wird.

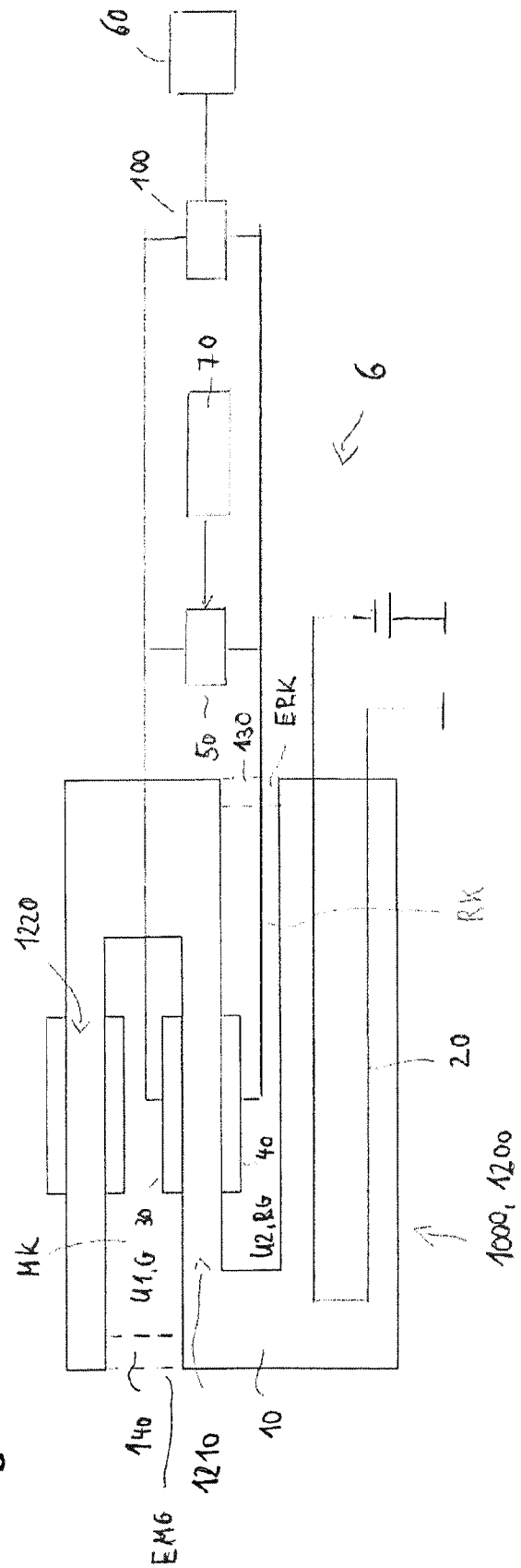




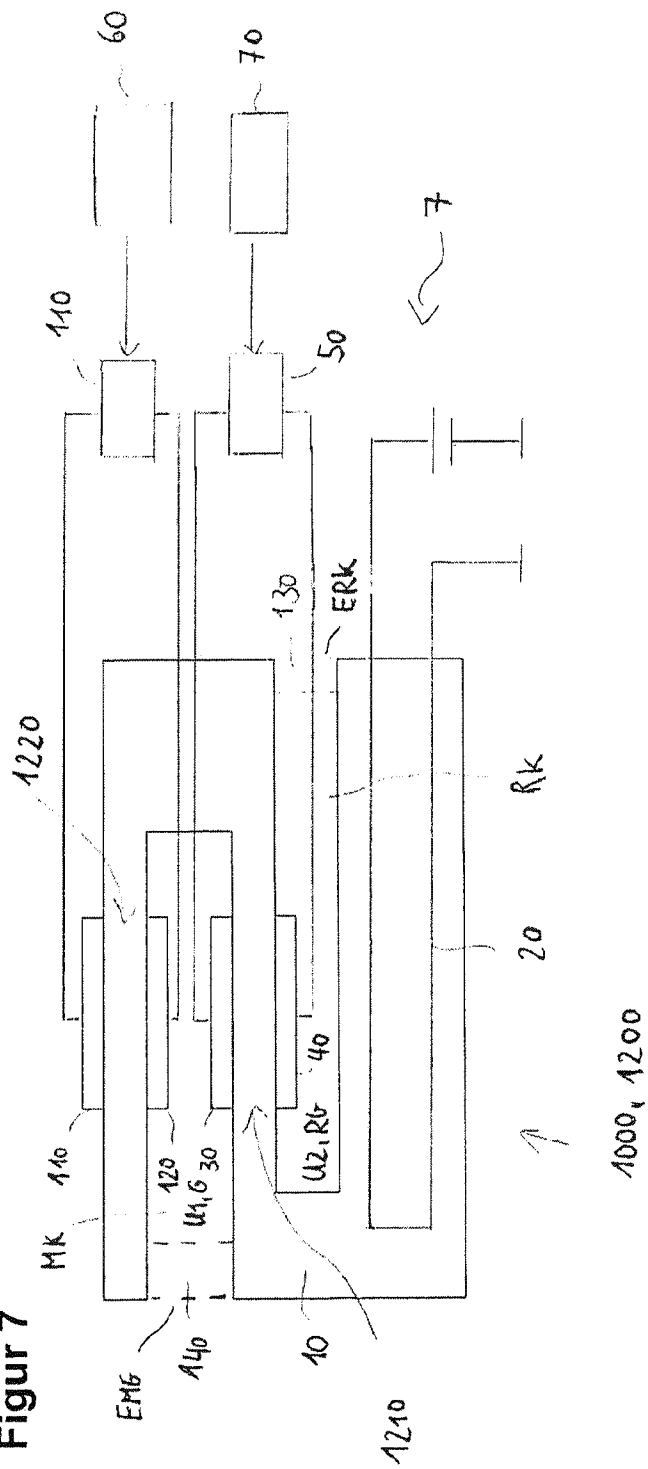
Figur 5



Figur 6



Figur 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/053006

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01N33/22 G01N27/407 G01N25/22
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

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	GB 2 099 589 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 8 December 1982 (1982-12-08) abstract page 1, line 41 - line 44; figure 4 page 6, line 17 - page 7, line 9 -----	1-15
X	EP 0 438 859 A2 (INT CONTROL AUTOMATION FINANCE [LU] INT CONTROL AUTOMATION FINANCE [DE] 31 July 1991 (1991-07-31) abstract claims 1,6; figures 2,3 -----	1-15



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

28 March 2014

Date of mailing of the international search report

04/04/2014

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

Steinmetz, Johannes

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/053006

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
GB 2099589	A	08-12-1982	CA	1180917 A1		15-01-1985
			DE	3219318 A1		16-12-1982
			FR	2506460 A1		26-11-1982
			GB	2099589 A		08-12-1982
			IT	1158297 B		18-02-1987
			JP	S5821153 A		07-02-1983

EP 0438859	A2	31-07-1991	AU	636385 B2		29-04-1993
			AU	6238790 A		25-07-1991
			CA	2021228 A1		25-07-1991
			DE	69025581 D1		04-04-1996
			DE	69025581 T2		11-07-1996
			EP	0438859 A2		31-07-1991
			JP	H04212052 A		03-08-1992
			JP	H07104325 B2		13-11-1995
			NO	903061 A		25-07-1991
			US	5074987 A		24-12-1991

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. G01N33/22 G01N27/407 G01N25/22
 ADD.

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	GB 2 099 589 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 8. Dezember 1982 (1982-12-08) Zusammenfassung Seite 1, Zeile 41 - Zeile 44; Abbildung 4 Seite 6, Zeile 17 - Seite 7, Zeile 9 -----	1-15
X	EP 0 438 859 A2 (INT CONTROL AUTOMATION FINANCE [LU] INT CONTROL AUTOMATION FINANCE [DE] 31. Juli 1991 (1991-07-31) Zusammenfassung Ansprüche 1,6; Abbildungen 2,3 -----	1-15



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

28. März 2014

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/04/2014

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

Steinmetz, Johannes

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/053006

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
GB 2099589	A	08-12-1982	CA	1180917 A1	15-01-1985
			DE	3219318 A1	16-12-1982
			FR	2506460 A1	26-11-1982
			GB	2099589 A	08-12-1982
			IT	1158297 B	18-02-1987
			JP	S5821153 A	07-02-1983

EP 0438859	A2	31-07-1991	AU	636385 B2	29-04-1993
			AU	6238790 A	25-07-1991
			CA	2021228 A1	25-07-1991
			DE	69025581 D1	04-04-1996
			DE	69025581 T2	11-07-1996
			EP	0438859 A2	31-07-1991
			JP	H04212052 A	03-08-1992
			JP	H07104325 B2	13-11-1995
			NO	903061 A	25-07-1991
			US	5074987 A	24-12-1991
