



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.05.2021 Patentblatt 2021/21

(51) Int Cl.:
F23N 1/02 (2006.01) F23N 5/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20206622.1**

(22) Anmeldetag: **10.11.2020**

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

(30) Priorität: **22.11.2019 DE 102019131577**

(71) Anmelder: **Vaillant GmbH**
42859 Remscheid (DE)

(72) Erfinder:
• **Tacke, Julian**
45277 Essen (DE)
• **Grunert, Tim**
42369 Wuppertal (DE)
• **Resch, Sabrina**
53474 Bad Neuenahr-Ahrweiler (DE)

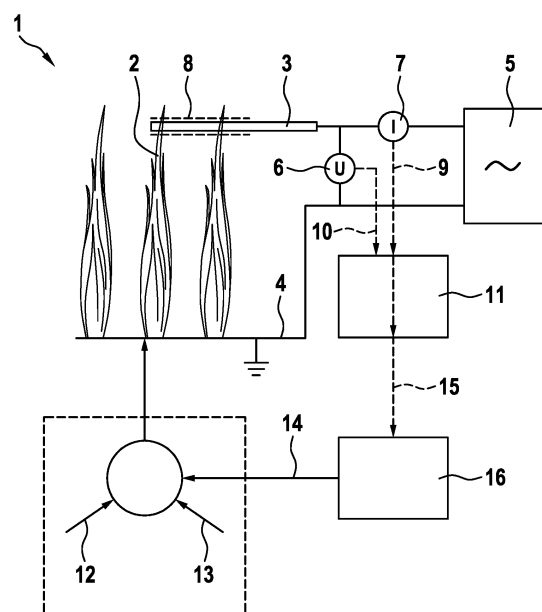
- **Resch, Marvin**
42857 Remscheid (DE)
- **Ant, Philipp**
51063 Köln (DE)
- **Löhr, Christoph**
42657 Solingen (DE)
- **Wodtke, Matthias**
42859 Remscheid (DE)
- **von Camen, Sebastian**
42289 Wuppertal (DE)
- **Baerends, Jens**
42103 Wuppertal (DE)
- **Stursberg, Matthias**
42369 Wuppertal (DE)

(74) Vertreter: **Popp, Carsten**
Vaillant GmbH
IRP
Berghauser Straße 40
42859 Remscheid (DE)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DES LAMBDA-WERTES IN EINEM FOSSIL BEFEUERTEN BRENNER, INSBESONDERE FÜR EINE HEIZUNGS- UND/ODER BRAUCHWASSERANLAGE**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Messung des Lambda-Wertes in einer mit gasförmigem oder flüssigem Brennstoff betriebenen Brennkammer eines Brenners (1), wobei in einem Flammenbereich (2) mittels einer Ionisationselektrode (3), einer Gegenelektrode (4) und einer Spannungsquelle (5) ein Ionisationsstrom (I) im Flammenbereich (2) erzeugt wird, wobei weiter bei einer konstanten Leistung der Brennkammer (1) der Ionisationsstrom (I) für mindestens zwei unterschiedliche an die Ionisationselektrode (3) angelegte Spannungen (U) gemessen und daraus jeweils der Gesamtwiderstand (R) des Gesamtstromkreises bestimmt wird und wobei aus den bestimmten Gesamtwiderständen (R) anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten der Lambda-Wert ermittelt wird. Weiter wird eine hierfür geeignete Vorrichtung zur Messung des Lambda-Wertes angegeben.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft fossil befeuerte Brenner, die Verbrennungsluft zusammen mit Brenngas oder Öl verbrennen, insbesondere zum Betrieb einer Heizungsanlage oder zur Erwärmung von Brauchwasser. Solche Brenner werden aus Sicherheitsgründen sowie aus Gründen der Effizienz und des Umweltschutzes sorgfältig geregelt, wodurch weitgehend eine emissionsarme und vollständige Verbrennung des eingesetzten fossilen Brennstoffs möglich ist. Der wichtigste Wert bei einer Verbrennung ist der Lambda-Wert (auch Luftzahl genannt), der angibt, welches Verhältnis von der Verbrennung zugeführter Luft zu für eine stöchiometrische Verbrennung benötigter Luft in einem Brennraum vorliegt, und so Rückschlüsse auf das Brennstoff-Luft-Gemisch ermöglicht. Der Lambda-Wert wird typischerweise gemessen und durch geeignete Regelungen in einem gewünschten (umweltschonenden und sicheren) Bereich gehalten, insbesondere in einem überstöchiometrischen Bereich (Luftüberschuss) von beispielsweise einem Lambda-Wert zwischen 1,2 und 1,6. Die Regelung kann durch Veränderung der Luftzufuhr und/oder der Brennstoffzufuhr erfolgen.

[0002] Die Messung des Lambda-Wertes ist allerdings aus verschiedenen Gründen nicht ganz einfach und wegen der in einem Brennraum herrschenden Bedingungen auch nicht ohne Weiteres über lange Zeiträume stabil und mit wenig Wartung durchzuführen. Es sind aber zahlreiche Verfahren und Vorrichtungen zur Messung des Lambda-Wertes bekannt sowie Verfahren zur Regelung des Lambda-Wertes eines Brenners und zur wiederkehrenden Kalibrierung von Messsystemen

[0003] Besonders häufig wird zur Messung des Lambda-Wertes bei Brennern die Ionisation in einem Flammenbereich gemessen. Durch die hohen Temperaturen in einem Flammenbereich werden Atome und Moleküle ionisiert, so dass der Flammenbereich elektrisch leitfähig wird, und zwar unterschiedlich gut bei unterschiedlichen Lambda-Werten. Ein typisches Ionisationsmessgerät weist eine Ionisationselektrode im Flammenbereich auf und eine Gegenelektrode (meist Teile der metallischen Struktur zur Verteilung von Brennstoff in einem Brennraum) auf, an welche mittels einer Spannungsquelle eine elektrische Spannung angelegt wird. Bei Vorliegen einer Flamme fließt abhängig von dem elektrischen Widerstand im Flammenbereich (dem Flammenwiderstand) ein elektrischer Strom, der gemessen werden kann. Dieser Strom oder daraus abgeleitete Ionisationssignale können nach geeigneter Kalibrierung in einen Lambda-Wert umgerechnet und zur Regelung des Brenners eingesetzt werden. Allerdings wird der gemessene Ionisationsstrom nicht nur durch den Lambda-Wert beeinflusst, sondern auch durch einen sogenannten Oxidschichtwiderstand der Ionisationselektrode. Dieser verändert sich nämlich durch Oxidation und andere Einflüsse im Laufe der Zeit, so dass immer wieder eine Nachkalibrierung des Messsystems durchgeführt werden muss, um eine

Veränderung des Flammenwiderstandes von einer Änderung des Oxidschichtwiderstandes trennen zu können.

[0004] Aus der EP 2 466 204 B1 ist beispielsweise ein Ionisationsmessgerät bekannt, welches immer wieder durch systematische Veränderung des Lambda-Wertes nachkalibriert wird. Auch andere Verfahren nutzen den Effekt aus, dass sich der Flammenwiderstand oder ein daraus abgeleitetes Ionisationssignal mit dem Lambda-Wert meist in charakteristischer Weise verändert, der Oxidschichtwiderstand jedoch nicht oder vernachlässigbar wenig. Man kann daher durch Variation des Lambda-Wertes im Betrieb (meist bei konstanter Leistung des Brenners) eine Nachkalibrierung vornehmen, durch die Änderungen des Oxidschichtwiderstandes kompensiert werden. Eine solche Nachkalibrierung ist auch in der EP 3 045 816 B1 beschrieben. Die Nachkalibrierung erfolgt bei konstanter Leistung und dauert einige Sekunden, so dass das ganze System während dieser Zeit nicht auf Anforderungen zur Leistungsänderung reagieren kann, was Nachteile mit sich bringen kann. Außerdem funktionieren die beschriebenen Verfahren zur Nachkalibrierung nur, wenn sich das Ionisationssignal tatsächlich in charakteristischer Weise mit dem Lambda-Wert verändert, insbesondere ein definiertes Maximum, Minimum oder eine auffindbare Schwelle aufweist, was von der Bauart des Brenners abhängt und nicht immer gewährleistet ist.

[0005] Andere Systeme basieren darauf, die Massenströme von Brenngas/Öl und Verbrennungsluft genau zu bestimmen bzw. einzustellen. Solche Systeme erreichen aber keine hohe Genauigkeit oder sind sehr aufwändig. Außerdem unterliegen auch sie einer zeitlichen Drift.

[0006] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung sowie ein Computerprogrammprodukt zur Messung des Lambda-Wertes bereitzustellen, die die beschriebenen Nachteile vermeiden. Insbesondere soll auch eine Nachkalibrierung unnötig oder in so kurzer Zeit möglich sein, dass keine oder nur vernachlässigbare Einschränkungen in der Verfügbarkeit des Systems für Leistungsänderungen hingenommen werden müssen. Es soll mit einfachen Mitteln möglich gemacht werden, den Flammenwiderstand zu messen und Änderungen des Oxidschichtwiderstandes davon getrennt zu ermitteln. Insbesondere soll dabei auch ein alternatives Verfahren zur Bestimmung des Lambda-Wertes angegeben werden, welcher auch selbst direkt als Soll-Wert einer Regelung eines Brenners eingesetzt werden kann.

[0007] Diese Aufgaben werden gelöst durch ein Verfahren nach dem Anspruch 1, eine Vorrichtung nach dem Anspruch 7 und ein Computerprogrammprodukt nach dem Anspruch 12. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0008] Ein hierfür geeignetes Verfahren betrifft die Messung des Lambda-Wertes in einer mit gasförmigem oder flüssigem Brennstoff betriebenen Brennkammer eines Brenners, wobei in einem Flammenbereich, der sich

innerhalb der Brennkammer des Brenners bildet, mittels einer Ionisationselektrode, einer Gegenelektrode und einer Spannungsquelle ein Ionisationsstrom in einem Gesamtstromkreis erzeugt wird, wobei weiter bei einer konstanten Leistung des Brenners der Ionisationsstrom für mindestens zwei unterschiedliche an die Ionisationselektrode angelegte Spannungen gemessen und daraus jeweils der Gesamtwiderstand des Gesamtstromkreises bestimmt wird und wobei aus den bestimmten Gesamtwiderständen anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten der Lambda-Wert ermittelt wird.

[0009] Es hat sich gezeigt, dass der Flammenwiderstand im Flammenbereich in einem Brenner in ganz besonderer Weise bei konstanter Leistung von der angelegten Spannung und dem Lambda-Wert abhängt. Dieser Zusammenhang ist in Fig. 1 als Diagramm dargestellt. Vereinfacht ausgedrückt steigt in einem gewissen Spannungsbereich, z. B. zwischen 100 und 400 V [Volt], der Flammenwiderstand RF etwa linear mit der Ionisationsspannung U an, jedoch mit unterschiedlicher Steigung für unterschiedliche Lambda-Werte, z. B. zwischen Lambda 1,1 bis 1,6. Man kann daher aus der Differenz von zwei Flammenwiderständen bei zwei definierten unterschiedlichen Spannungen (entspricht der Steigung) direkt den Lambda-Wert ermitteln. Die Messung wird genauer, wenn man sie bei mehr unterschiedlichen Spannungen durchführt. Das Prinzip funktioniert auch bei nicht (ganz) linearen Zusammenhängen, wenn die Funktionen sich nur genügend in Steigung, Krümmung oder anderen Eigenschaften in Abhängigkeit vom Lambda-Wert unterscheiden. Durch Vergleich mit Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten lässt sich aus mindestens zwei gemessenen Flammenwiderständen immer ein Lambda-Wert zuordnen. Da zwei Messungen bei unterschiedlichen Spannungen innerhalb sehr kurzer Zeit durchgeführt werden können, typischerweise in weniger als 0,1 bis 1 s [Sekunde], ist für diese Messung praktisch keine Einschränkung beim Betrieb des Brenners erforderlich. Die Messung kann häufig oder quasi dauerhaft durchgeführt werden, und ist dadurch schnell und sehr robust gegenüber Störeinflüssen.

[0010] Wenn an die Ionisationselektrode eine Wechselspannung angelegt wird, was bei typischen Ionisationsmessungen der Fall ist, und wenn die Wechselspannung und der jeweils zugehörige Ionisationsstrom mit einer so hohen zeitlichen Auflösung gemessen werden, dass daraus der Gesamtwiderstand des Gesamtstromkreises für mindestens zwei unterschiedliche Spannungen bestimmt werden kann, ist die beschriebene Messung schon innerhalb einer halben Periode der Wechselspannung möglich.

[0011] Vorzugsweise wird die zeitliche Auflösung so hoch gewählt, dass bei einer vorgegebenen Frequenz des Wechselstromes eine quasi kontinuierliche Messung von Spannung U und zugehörigem Ionisationsstrom I durchgeführt wird. Der gemessene Ionisationsstrom I ist dann ein Wechselstrom, dessen jeweilige Stromstärke den jeweiligen Spannungswerten der Wechselspannung

zugeordnet werden kann. Dadurch kann innerhalb kurzer Zeit eine hohe Genauigkeit der Messung erreicht werden.

[0012] Nach dem Ohm'schen Gesetz $R = U / I$ kann der Gesamtwiderstand R in dem Gesamtstromkreis für jedes Messwerte-Paar aus Spannung und Strom berechnet werden. Durch Bildung einer Differenz $R_2 - R_1$ von jeweils zwei Gesamtwiderständen R1 und R2 bei zwei unterschiedlichen Spannungen U1 und U2 können alle (nicht spannungsabhängigen) Widerstände im Gesamtstromkreis außer einem Flammenwiderstand RF eliminiert werden, wobei aus der Differenz $R_2 - R_1$ und den beiden unterschiedlichen Spannungen U1 und U2 anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten direkt der Lambda-Wert ermittelt wird. Das Diagramm in Fig. 1 veranschaulicht einen Satz von Kalibrierkurven (für eine bestimmte konstante Leistung des Brenners), mit denen dies durchgeführt werden kann.

[0013] Bevorzugt werden die Messungen des Gesamtwiderstandes R bei drei oder mehr unterschiedlichen Spannungen U oder quasi-kontinuierlich durchgeführt und die Messdaten anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten in einen Lambda-Wert umgerechnet. Das erhöht die Genauigkeit der Messung.

[0014] Unter der Voraussetzung (die im Allgemeinen zutrifft), dass der Gesamtstromkreis einen im Wesentlichen vernachlässigbaren oder konstanten Widerstand der Stromquelle und aller metallischen Verbindungen aufweist, wird aus einem zeitlichen Verhalten einer Differenz zwischen dem Gesamtwiderstand R und dem Flammenwiderstand RF auf eine Veränderung eines Oxidschichtwiderstandes RO der Ionisationselektrode und damit deren Alterung geschlossen. Diese bevorzugte Anwendung des Verfahrens erlaubt es, den sich im Laufe der Zeit ändernden Oxidschichtwiderstand RO zu messen, was einen Rückschluss auf den Zustand der Ionisationselektrode erlaubt. So kann z. B. festgestellt werden, wann eine Wartung des Brenners erforderlich ist. Außerdem kann der Oxidschichtwiderstand RO an einen Regelkreis weitergegeben und dort als Störfaktor aus der Regelung eliminiert werden.

[0015] Weiter wird auch eine Vorrichtung zur Messung des Lambda-Wertes in einer mit gasförmigem oder flüssigem Brennstoff betriebenen Brennkammer eines Brenners vorgeschlagen, wobei in einem Flammenbereich eine Ionisationselektrode und eine Gegenelektrode (meist der Brenner selbst oder Teile davon) vorhanden sind, die zusammen mit einer Spannungsquelle bei Vorhandensein einer Flamme in dem Flammenbereich einen Gesamtstromkreis bilden, wobei weiter die Spannungsquelle für die Erzeugung von mindestens zwei unterschiedlichen Spannungen eingerichtet ist und Einrichtungen zur Messung von Spannung und Strom vorhanden sind und wobei eine Auswertelektronik vorhanden ist, die aus Spannung U und Strom I einen Gesamtwiderstand R errechnet und über Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten aus mindestens zwei bei konstanter Leistung des Brenners gemessenen Gesamtwiderständen R1

und R2 bei unterschiedlichen Spannungen U1 und U2 den Lambda-Wert und/oder einen Oxidschichtwiderstand RO der Ionisationselektrode ermittelt.

[0016] Bevorzugt ist die Spannungsquelle eine Wechselspannungsquelle, und es sind Einrichtungen zur Messung von Spannung U und Strom I mit so hoher zeitlicher Auflösung vorhanden, dass bei einer vorgegebenen Frequenz des Wechselstromes aus Spannung U und Strom I der zu jeder Spannung U gehörige Gesamtwiderstand R des Stromkreises ermittelbar ist. Während bei bekannten Ionisationsmessungen mit Wechselstrom der Ionisationsstrom integral über viele Perioden einer Wechselspannung gemittelt und daraus Ionisationssignale nach verschiedenen Methoden abgeleitet werden, ist eine hohe zeitliche Auflösung von Vorteil, um die gewünschten Messungen schnell, insbesondere innerhalb von weniger als einer Sekunde durchführen zu können.

[0017] Vorteilhafterweise ist bei der Vorrichtung eine Auswerteelektronik vorhanden, die aus je mindestens zwei Messwerten von Spannung U und zugehörigem Strom I den Lambda-Wert anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten ermittelt. Die Kalibrierdaten sind für einen Brenner charakteristisch und können bevorzugt in einem elektronischen Speicher als Daten oder Kennfelder hinterlegt werden.

[0018] Die Auswerteelektronik kann eine Einrichtung zur Differenzbildung von zwei Werten des Gesamtwiderstandes R bei unterschiedlichen Spannungen U umfassen, wodurch der Gesamtwiderstand R in einen Flammenwiderstand RF und einen Oxidschichtwiderstand RO zerlegbar ist.

[0019] Bevorzugt ist die Regelung eines Brenners, wobei ein Regelkreis vorhanden ist, der den von der Auswerteelektronik bestimmten Lambda-Wert als Ist-Wert auf einen vorgebbaren Soll-Wert regelt oder der den von der Auswerteelektronik bestimmten Lambda-Wert und/oder den Oxidschichtwiderstand zur Kalibrierung eines anderen Messsystems nutzt. Die Erfindung erlaubt eine ganz neue Art der Messung und direkten Regelung des Lambda-Wertes eines Brenners, kann aber auch dazu genutzt werden, andere Regelungssysteme von Zeit zu Zeit nachzukalibrieren.

[0020] Insbesondere kann ein Steuergerät (insbesondere umfassend zumindest die Auswerteelektronik) vorgesehen sein, dass zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens ausgestattet, konfiguriert oder programmiert.

[0021] Weiter kann das Verfahren auch von einem Computer bzw. mit einem Prozessor eines Steuergeräts ausgeführt werden.

[0022] Es wird demnach auch ein System zur Datenverarbeitung vorgeschlagen, das einen Prozessor umfasst, der so angepasst/konfiguriert ist, dass er das Verfahren bzw. einen Teil der Schritte des vorgeschlagenen Verfahrens durchführt.

[0023] Es kann ein computerlesbares Speichermedium vorgesehen sein, das Befehle umfasst, die bei der Ausführung durch einen Computer/Prozessor diesen

veranlassen, das Verfahren bzw. mindestens einen Teil der Schritte des vorgeschlagenen Verfahrens auszuführen.

[0024] Die Ausführungen zu dem Verfahren sind insbesondere auf das Steuergerät oder das computerimplementierte Verfahren (also den Computer bzw. den Prozessor, das System zur Datenverarbeitung, das computerlesbare Speichermedium) übertragbar und umgekehrt. Auch ein entsprechendes Computerprogrammprodukt wird von der Erfindung umfasst.

[0025] Einzelheiten der Erfindung und ihrer theoretischen Grundlagen werden im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Die Erfindung ist jedoch nicht auf das gewählte Ausführungsbeispiel beschränkt, sondern kann auch in anderem Zusammenhang genutzt werden. Die beschriebenen Funktionen können einzeln oder in technisch sinnvollen Kombinationen genutzt werden.

[0026] Es stellen schematisch dar:

Figur 1: ein Diagramm zur Veranschaulichung der Grundlagen für die vorliegende Erfindung; und
Figur 2: eine Vorrichtung zur Durchführung eines Verfahrens zur Messung der Ionisation in einem Flammenbereich eines Brenners.

[0027] Figur 1 zeigt ein Diagramm, welches die Grundlage der vorliegenden Erfindung veranschaulicht. Wie sich bei Versuchen und Messungen herausgestellt hat, ist der Flammenwiderstand RF in einem Flammenbereich 2 einer Brennkammer eines Brenners 1 bei konstanter Leistung des Brenners in charakteristischer Weise sowohl von dem Lambda-Wert bei der Verbrennung als auch von der Spannung U abhängig, die zur Erzeugung eines Ionisationsstromes I im Flammenbereich 2 eingesetzt wird. Der Flammenwiderstand RF ist nicht konstant, sondern steigt mit zunehmender Spannung U, zumindest in einem bestimmten Spannungsbereich von beispielsweise 100 bis 400 V, nahezu linear oder jedenfalls stetig an, wobei aber die Steigung zusätzlich vom Lambda-Wert abhängt. In dem Diagramm ist die Spannung U auf der X-Achse aufgetragen und der Gesamtwiderstand R (der im Bereich von einigen MegaOhm liegt) auf der Y-Achse, und zwar für verschiedene Lambda-Werte zwischen 1,1 und 1,6. Man sieht, dass schon die Messung von zwei Widerständen R (deren Differenz man bilden kann) bei unterschiedlichen Spannungen U1, U2 eine eindeutige Aussage zulässt, welcher Lambda-Wert bei den Messungen vorgelegen hat. Der Gesamtwiderstand R setzt sich (bei als vernachlässigbar und/oder als konstant angenommenen anderen Widerständen im Gesamtstromkreis) additiv aus einem Flammenwiderstand RF und dem Oxidschichtwiderstand RO (der sich im Allgemeinen langsam mit der Zeit in nicht genau vorhersehbarer Weise ändert), so dass eine Messung bzw. Berechnung des Gesamtwiderstandes R bei nur einer Spannung U noch keine verwertbare Information liefert, da nicht bekannt ist, welcher Anteil des Ge-

samtwiderstandes R auf den Flammenwiderstand R_F entfällt. Schon durch zwei Messungen bei unterschiedlichen Spannungen U_1 , U_2 (und natürlich mit höherer Genauigkeit durch mehr Messungen bei weiteren Spannungen) können jedoch der Lambda-Wert und der Flammenwiderstand R_F (und damit natürlich auch der Oxidschichtwiderstand RO) anhand von Kalibrierdaten (wie sie in Fig. 1 dargestellt sind) ermittelt werden. Vereinfacht ausgedrückt kann man aus zwei Messwertpaaren den Achsenabschnitt einer Geraden und deren Steigung bestimmen, was hier dem Oxidschichtwiderstand RO und dem Lambda-Wert entsprechen würde.

[0028] Figur 2 veranschaulicht schematisch, wie sich in einer Brennkammer eines Brenners 1 (hier wird ein Gasbrenner als Beispiel benutzt, jedoch gelten die Ausführungen auch für Ölbrenner) beim Betrieb ein Flammenbereich 2 ausbildet, in dem ein Ionisationsstrom I gemessen werden kann. Dazu ragt eine Ionisationselektrode 3 in den Flammenbereich 2. Als Gegenelektrode 4 dient typischerweise ein metallisches Bauteil im Bereich des Eintritts von Brenngas und Luft in die Brennkammer. Die Gegenelektrode 4 ist meist elektronisch mit Masse verbunden. Ionisationselektrode 3 und Gegenelektrode 4 sind mit einer Spannungsquelle 5 verbunden, die im vorliegenden Beispiel einen Wechselstrom liefert, so dass ein Ionenstrom I durch den Flammenbereich 2 fließt. Die Stärke dieses Ionenstroms ist von der Spannung U der Spannungsquelle 5, von einem Flammenwiderstand R_F im Flammenbereich 2 und dem Oxidschichtwiderstand RO einer Oxidschicht 8 auf der Ionisationselektrode 3 abhängig. Erfindungsgemäß wird der Ionisationsstrom mittels eines Strommessers 7 gemessen. Die Spannung der Spannungsquelle 5 wird mittels eines Spannungsmessers 6 gemessen, wobei der Ionisationsstrom bei mindestens zwei unterschiedlichen Spannungen U_1 , U_2 gemessen wird. Das kann entweder dadurch geschehen, dass die Spannungsquelle 5 wechselnd mit verschiedenen Spannungen betrieben wird, oder dadurch, dass bei Verwendung von Wechselstrom Strom I und Spannung U mit hoher zeitlicher Auflösung gemessen werden, so dass die sich periodisch ändernde Spannung U des Wechselstroms zu mehreren Strommessungen bei unterschiedlichen Spannungen genutzt werden kann. Das Messprinzip funktioniert für jede Stromquelle mit veränderbarer oder sich periodisch ändernder Spannung. Das Messsignal des Strommessers 7 wird über eine erste Signalleitung 9 zu einer Auswerteelektronik 11 übertragen, das Messsignal des Spannungsmessers 6 mittels einer zweiten Signalleitung 10.

[0029] Nach dem Stand der Technik wird die Spannungsquelle 5 mit einer konstanten effektiven Wechselspannung betrieben und das Signal des Strommessers 7 (wie durch einen Pfeil in der Auswerteelektronik 11 angedeutet) an eine Regelelektronik 16 übertragen, die aus dem gemessenen Ionenstrom I oder daraus abgeleiteten Signalen einen Lambda-Wert bestimmt und mit diesem und anderen Informationen das Gas-Luft-Gemisch regelt. Eine solche Regelung erfolgt typischerweise, indem

über eine Stellsignalleitung 14 Befehle an Stellorgane in einem Lufteinlass 12 und/oder Brenngaseinlass 13 gegeben werden, damit immer eine optimale Mischung von Luft und Brenngas zugeführt wird. Die Regelelektronik kann Kalibrierdaten enthalten und konnte bisher in vorgebbaren Abständen Programme wie eingangs beschrieben ausführen, die eine Nachkalibrierung der Regelung zur Folge hatten.

[0030] Mit der hier vorgeschlagenen Lösung können auf unterschiedliche Weisen Vorteile erzielt werden. Die Auswerteelektronik 11 kann nämlich aufgrund von zwei oder mehr bei verschiedenen Spannungen U_1 , U_2 (aber bei konstanter Leistung des Brenners) gemessenen Wertepaaren von Strom I und Spannung U anhand von gespeicherten Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten den Lambda-Wert direkt bestimmen. Dieser kann daher statt eines bisher auf andere Weise aus dem Ionisationsstrom I abgeleiteten Lambda-Wert für die Regelung des Brenners 1 genutzt werden. Sofern man eine bewährte Regelung aber beibehalten will, kann durch die gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren betriebene Auswerteelektronik 11 jederzeit ein Lambda-Wert zur Nachkalibrierung zur Verfügung gestellt werden. Insbesondere kann die Auswerteelektronik 11 wie oben erläutert den Flammenwiderstand R_F getrennt vom Oxidschichtwiderstand RO messen, wodurch auch eine Information über den Zustand der Ionisationselektrode 3 und deren Oxidschichtwiderstand RO verfügbar wird. Die Messung des Lambda-Wertes bzw. des Oxidschichtwiderstandes RO dauert nur so lange wie die Einstellung von zwei unterschiedlichen Spannungen an der Spannungsquelle 5 bzw. weniger als eine Periode eines Wechselstromes, wenn eine genügend hohe zeitliche Auflösung der Messungen erreicht wird. Dies erlaubt eine präzisere Regelung mit bekannten Regelungen, ohne dass diese für eine Nachkalibrierung bestimmte Prozeduren durchlaufen müssen, die die Verfügbarkeit für Leistungsänderungen reduzieren. Mittels einer Datenleitung 15 können die von der Regelelektronik 16 benötigten Daten aus der Auswerteelektronik 11 übertragen werden. In der Praxis werden Auswerteelektronik 11 und Regelelektronik 16 in den meisten Fällen als gemeinsames Elektronikmodul mit einem Mikroprozessor ausgebildet sein.

[0031] Die vorliegende Erfindung eignet sich für den Einsatz bei allen mit Öl oder Brenngas betriebenen Brennern, insbesondere für Heizungsanlagen und/oder Brauchwassererwärmung, und erlaubt eine hohe Verfügbarkeit für Leistungsänderungen bei langfristig präziser Regelung des Lambda-Wertes bei der Verbrennung. Die Änderung des Oxidschichtwiderstandes einer Ionisationselektrode kann dabei vollständig kompensiert werden und eine Aussage über den Zustand der Ionisationselektrode ist möglich.

55 Bezugszeichenliste

[0032]

- 1 Brennkammer eines Brenners
- 2 Flammenbereich
- 3 Ionisationselektrode
- 4 Gegenelektrode (Masse)
- 5 Spannungsquelle
- 6 Spannungsmesser
- 7 Strommesser
- 8 Oxidschicht
- 9 erste Signalleitung
- 10 zweite Signalleitung
- 11 Auswerteelektronik
- 12 Lufteinlass
- 13 Brenngaseinlass
- 14 Stellsignalleitung
- 15 Datenleitung
- 16 Regelelektronik

- U Spannung (U1, U2)
- I Ionisationsstrom (I1, I2)
- R Gesamtwiderstand
- RF Flammenwiderstand
- RO Oxidschichtwiderstand

Patentansprüche

1. Verfahren zur Messung des Lambda-Wertes in einer mit gasförmigem oder flüssigem Brennstoff betriebenen Brennkammer eines Brenners (1), wobei in einem Flammenbereich (2) mittels einer Ionisationselektrode (3), einer Gegenelektrode (4) und einer Spannungsquelle (5) ein Ionisationsstrom (I) im Flammenbereich (2) erzeugt wird, wobei weiter bei einer konstanten Leistung der Brennkammer (1) der Ionisationsstrom (I) für mindestens zwei unterschiedliche an die Ionisationselektrode (3) angelegte Spannungen (U) gemessen und daraus jeweils der Gesamtwiderstand (R) eines Gesamtstromkreises bestimmt wird und wobei aus den bestimmten Gesamtwiderständen (R) anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten der Lambda-Wert ermittelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei an die Ionisationselektrode (3) eine Wechselspannung (U) angelegt wird und wobei die Wechselspannung (U) und der jeweils zugehörige Ionisationsstrom (I) mit einer so hohen zeitlichen Auflösung gemessen werden, dass daraus der Gesamtwiderstand (R) des Gesamtstromkreises für mindestens zwei unterschiedliche Spannungen (U) bestimmt werden kann.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die zeitliche Auflösung so hoch gewählt wird, dass bei einer vorgegebenen Frequenz der Wechselspannung eine quasi kontinuierliche Messung von Spannung (U) und zugehörigem Ionisationsstrom (I) durchgeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei durch Bildung einer Differenz von jeweils zwei Gesamtwiderständen (R) bei zwei unterschiedlichen Spannungen (U) alle Widerstände im Gesamtstromkreis außer einem Flammenwiderstand (RF) eliminiert werden und wobei aus der Differenz und den beiden unterschiedlichen Spannungen (U) anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten direkt der Lambda-Wert ermittelt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei Messungen des Gesamtwiderstandes (R) bei drei oder mehr unterschiedlichen Spannungen (U) oder quasi-kontinuierlich durchgeführt werden und die Messdaten anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten in einen Lambda-Wert umgerechnet werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei der Gesamtstromkreis einen im Wesentlichen vernachlässigbaren oder konstanten Widerstand der Stromquelle und aller metallischen Verbindungen aufweist und wobei aus einem zeitlichen Verhalten einer Differenz zwischen dem Gesamtwiderstand (R) und dem Flammenwiderstand (RF) auf eine Veränderung eines Oxidschichtwiderstandes (RO) der Ionisationselektrode (3) und damit deren Alterung geschlossen wird.
7. Vorrichtung zur Messung des Lambda-Wertes in einer mit gasförmigem oder flüssigem Brennstoff betriebenen Brennkammer eines Brenners (1), wobei in einem Flammenbereich (2) innerhalb der Brennkammer (1) eine Ionisationselektrode (3) und eine Gegenelektrode (4) vorhanden sind, die zusammen mit einer Spannungsquelle (5) bei Vorhandensein einer Flamme in dem Flammenbereich (2) einen Gesamtstromkreis bilden, wobei weiter die Spannungsquelle (5) für die Erzeugung von mindestens zwei unterschiedlichen Spannungen (U) eingerichtet ist und Einrichtungen (6, 7) zur Messung von Spannung (U) und Strom (I) vorhanden sind und wobei eine Auswerteelektronik (11) vorhanden ist, die aus Spannung (U) und Strom (I) einen Gesamtwiderstand (R) errechnet und über Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten aus mindestens zwei bei konstanter Leistung des Brenners (1) gemessenen Gesamtwiderständen (R) bei unterschiedlichen Spannungen (U) den Lambda-Wert und/oder einen Oxidschichtwiderstand (RO) der Ionisationselektrode (3) ermittelt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei die Spannungsquelle (5) eine Wechselspannungsquelle ist und ein Spannungsmesser (6) sowie ein Strommesser (7) mit so hoher zeitlicher Auflösung vorhanden sind, dass bei einer vorgegebenen Frequenz der Wechselspannung aus Spannung (U) und Strom (I) der zu jeder Spannung (U) gehörige Gesamtwiderstand

(R) des Stromkreises ermittelbar ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7 oder 8, wobei eine Auswerteelektronik (11) vorhanden ist, die aus je mindestens zwei Messwerten von Spannung (U) und zugehörigem Strom (I) den Lambda-Wert anhand von Kalibrierkurven oder Kalibrierdaten ermittelt. 5
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Auswerteelektronik (11) zur Differenzbildung von zwei Werten des Gesamtwiderstandes bei unterschiedlichen Spannungen ausgestaltet ist, wodurch der Gesamtwiderstand (R) in einen Flammenwiderstand (RF) und einen Oxidschichtwiderstand (RO) zerlegbar ist. 10 15
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei ein Regelkreis (12, 13, 14, 15, 16) vorhanden ist, der den von der Auswerteelektronik (11) bestimmten Lambda-Wert als Ist-Wert auf einen vorgebbaren Soll-Wert regelt oder der den von der Auswerteelektronik bestimmten Lambda-Wert und/oder den Oxidschichtwiderstand (RO) zur Kalibrierung eines anderen Messsystems nutzt. 20 25
12. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass die Vorrichtung nach Anspruch 7 das Verfahren nach Anspruch 1 ausführt. 30

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

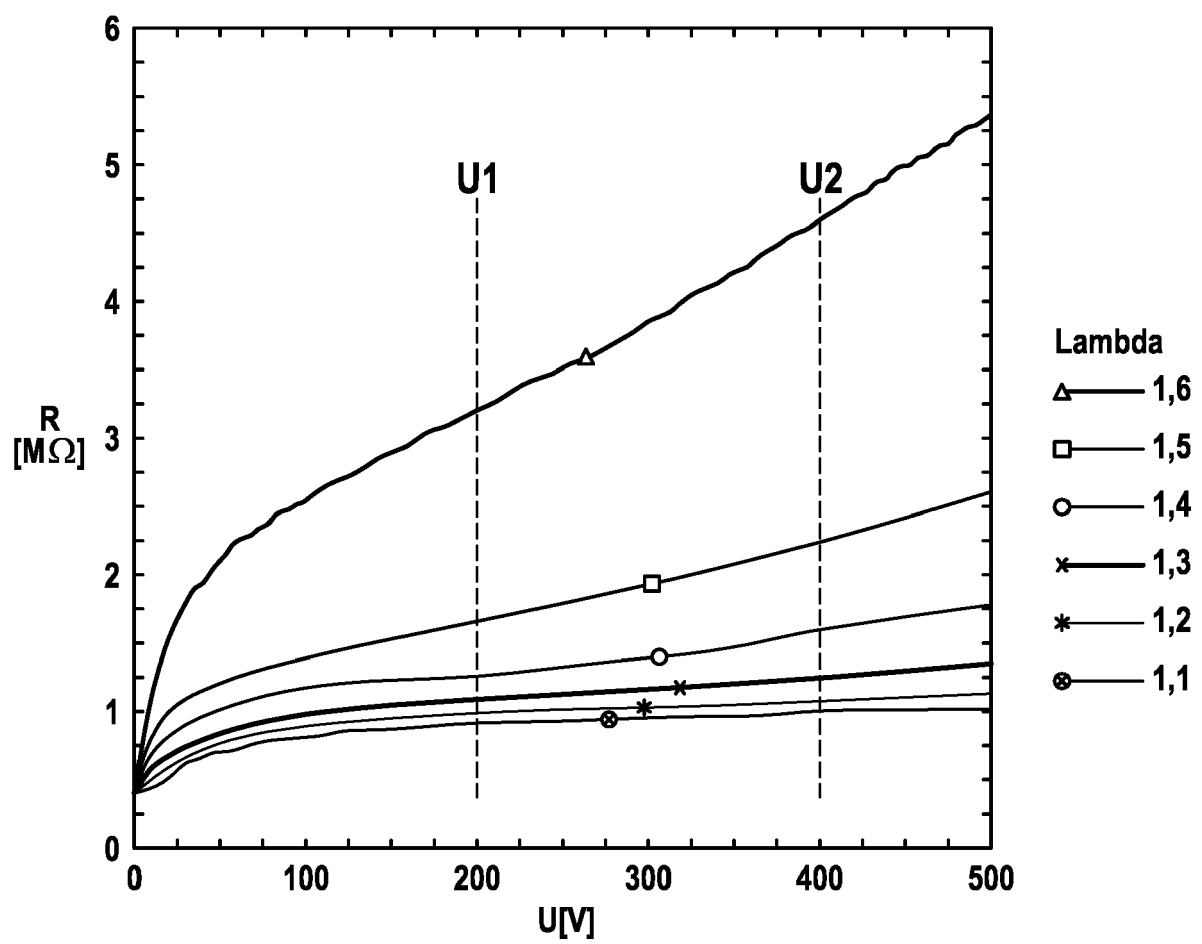
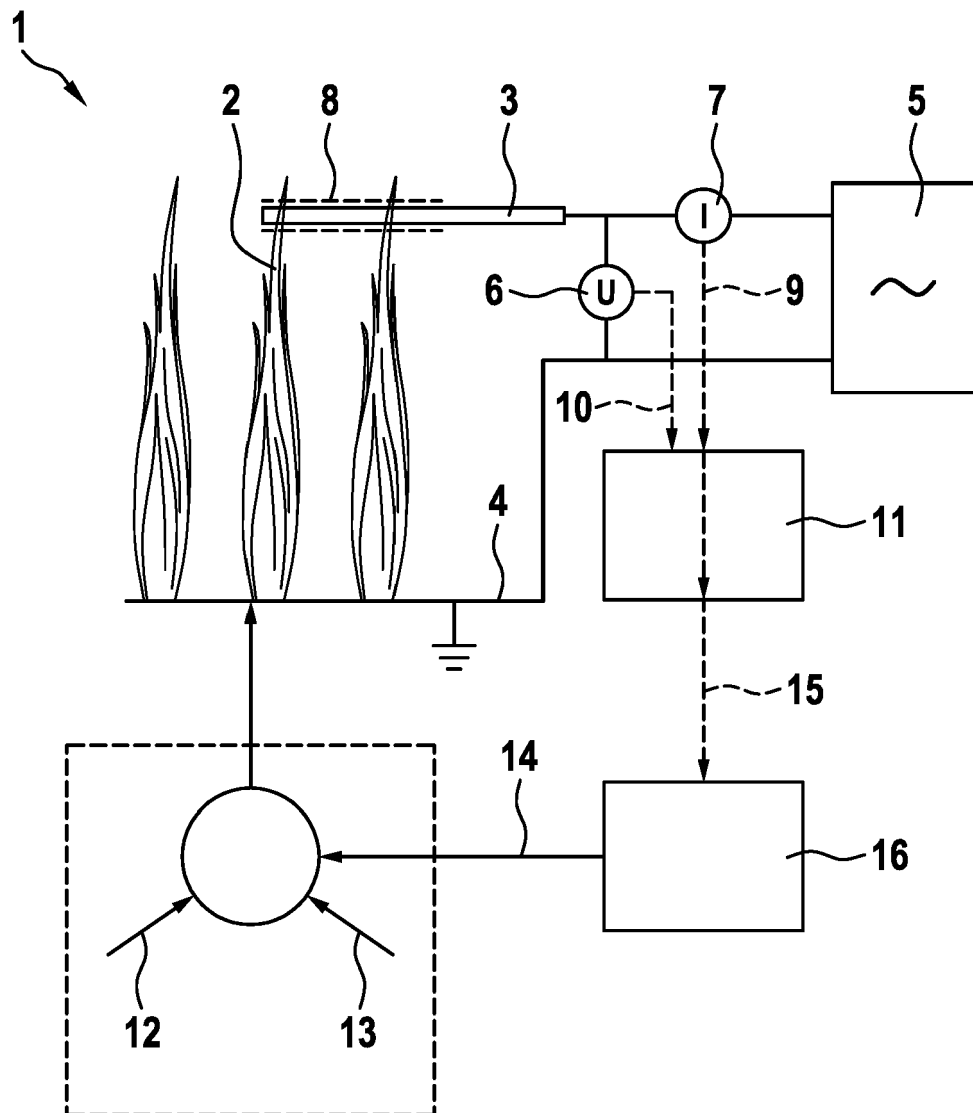


Fig. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 20 6622

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	EP 3 059 496 A1 (HONEYWELL TECHNOLOGIES SARL [CH]) 24. August 2016 (2016-08-24) * Absatz [0017] - Absatz [0078]; Abbildungen 1-3 *	1,7	INV. F23N1/02 F23N5/12
A	DE 10 2017 118095 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 14. Februar 2019 (2019-02-14) * Absatz [0008] - Absatz [0011]; Abbildungen 1,2 *	1,7	
A,D	EP 2 466 204 B1 (SIEMENS AG [DE]) 13. November 2013 (2013-11-13) * das ganze Dokument *	1,7	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. März 2021	Prüfer Theis, Gilbert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 20 6622

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

11-03-2021

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3059496 A1	24-08-2016	KEINE	
DE 102017118095 A1	14-02-2019	KEINE	
EP 2466204 B1	13-11-2013	CA 2762751 A1	16-06-2012
		DK 2466204 T3	13-01-2014
		EP 2466204 A1	20-06-2012
		ES 2441226 T3	03-02-2014
		JP 5602714 B2	08-10-2014
		JP 2012127644 A	05-07-2012
		PL 2466204 T3	30-04-2014
		US 2012156628 A1	21-06-2012

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2466204 B1 **[0004]**
- EP 3045816 B1 **[0004]**