

(19)



(11)

EP 2 136 141 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

23.12.2009 Patentblatt 2009/52

(51) Int Cl.:

F23N 5/12^(2006.01)(21) Anmeldenummer: **09162880.0**(22) Anmeldetag: **16.06.2009**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

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

• **Rese, Sascha****34549, Edertal-Anraff (DE)**• **Duoy, Frank****35039, Marburg/Lahn (DE)**(30) Priorität: **17.06.2008 DE 102008028423**(74) Vertreter: **Erny, Tobias****MERH-IP****Matias Erny Reichl Hoffmann****Paul-Heyse-Strasse 29****80336 München (DE)**(71) Anmelder: **Viessmann Werke GmbH & Co. KG**
35107 Allendorf (DE)

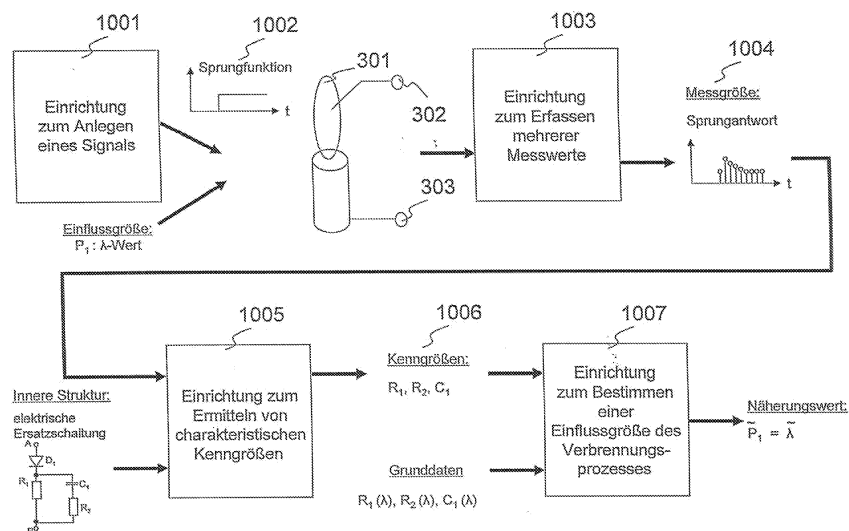
(72) Erfinder:

• **Daffner, Klaus****61440, Oberursel (DE)**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden mindestens zwei Elektroden (302,303) bereitgestellt, die mit vorbestimmtem Abstand auf einer die Flamme (301) durchquerenden Ionisationsstrecke angeordnet sind. Ein Signal wird an die Elektroden angelegt und mehrere Messwerte einer Messgröße werden erfasst, die aufgrund des an die Elektroden angelegten Signals resultieren. Anschlie-

ßend wird mindestens eine Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der gemessenen Messwerte bestimmt. Erfindungsgemäß werden die Schritte des Anlegens eines Signals und des Erfassens mehrerer Messwerte derart durchgeführt, dass die resultierenden Messwerte geeignet sind, die Frequenzabhängigkeit der Messgröße zu erfassen. Die Bestimmung der mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses erfolgt anschließend aus der Frequenzabhängigkeit der Messgröße.

Fig. 10

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses.

[0002] Solche Verfahren und Vorrichtungen sind beispielsweise aus der deutschen Patentschrift DE 44 33 425 bekannt. Fig. 1 verdeutlicht die in dieser Patentschrift beschriebene Vorrichtung. Zwei Elektroden 102, 103 ragen in eine Flamme 101, deren Eigenschaften bestimmt werden sollen. Eine Wechselspannung U wird am Punkt 111 angelegt. Damit liegt an der Elektrode 102 über ein kapazitives Koppelglied 112 eine Wechselspannung an. Die Elektrode 103 ist mit Erde verbunden. Das Koppelglied 112 ist über einen Widerstand 113 an Erde gelegt, so dass die Ionisationsstrecke (der Flammenbereich zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 103) elektrisch parallel zum Widerstand 113 geschaltet ist. An der Messelektrode 102 liegt über einen Spannungsimpedanzwandler 121 ein Tiefpass 122, der ausgangsseitig an eine Auswerteeinrichtung 123 angeschlossen ist. Mit Hilfe dieser Schaltung kann der Widerstand der Ionisationsstrecke zwischen der Elektrode 102 und der Elektrode 103 ermittelt werden. Aufgrund dieses Widerstandes können Rückschlüsse auf die Flamme 101 und damit auf die Einflussgrößen des Verbrennungsprozesses gezogen werden.

[0003] Aus dem Stand der Technik ist es dabei bekannt, dass die Ionisationsstrecke zwischen den beiden Elektroden 102 und 103 durch ein Ersatzschaltbild dargestellt werden kann. Fig. 2a zeigt ein gängiges im Stand der Technik angenommenes Ersatzschaltbild für diese Strecke, wenn sich keine Flamme zwischen den beiden Elektroden befindet. In diesem Falle wird die Strecke durch einen Widerstand 201 angenähert, der sehr groß, annähernd unendlich ist. Fig. 2b hingegen illustriert ein gängiges vom Stand der Technik angenommenes Ersatzschaltbild für den Fall, dass zwischen den beiden Elektroden 102 und 103 eine Flamme existiert. Für diesen Fall kann die Flamme angenähert werden durch einen Widerstand 202 und eine Diode 203.

[0004] Basierend auf diesem Stand der Technik können Eigenschaften der Flamme 101 ermittelt und so Rückschlüsse auf die Einflussgrößen des Verbrennungsprozesses gezogen werden. Hierbei bestehen Bestrebungen, die Schaltung ständig zu verbessern, um genauere Aussagen über die Einflussgrößen des Verbrennungsprozesses treffen zu können.

[0005] Ausgehend vom Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses besser oder genauer zu bestimmen oder auch die Bestimmung einer bislang nicht bestimmbarer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses zu ermöglichen.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1 und eine Vorrichtung nach Anspruch 13. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0007] Der Erfindung liegt die erstmals durch die Erfinder gewonnene Erkenntnis zugrunde, dass die Ionisationsstrecke nicht, wie im Stand der Technik vereinfachend angenommen, durch einen frequenzunabhängigen Widerstand und eine Diode angenähert werden sollte, sondern, dass das elektrische Verhalten der Flamme exakter und weitergehend durch einen Zweipol oder n-Pol beschrieben werden kann, der insbesondere frequenzabhängige Komponenten enthält, die zu berücksichtigen sind. Dabei haben die Erfinder festgestellt, dass Einflussgrößen, wie zum Beispiel die Gasart und/oder der λ -Wert Kenngrößen des frequenzabhängigen Zweipols beeinflussen. Erfindungsgemäß kann durch Verwendung von mehreren Elektroden in der Flamme die Darstellung auch zu einem elektrischen n-Pol erweitert werden. Somit ermöglicht es die Erfindung, die Einheit B renner mit Flamme als frequenzabhängiges System im elektrotechnischen Sinn (n-Pol) zu nutzen.

[0008] Durch geeignete Signale und Auswerteverfahren/-vorrichtungen kann erfindungsgemäß die Frequenzabhängigkeit erfasst und bei der Bestimmung von Kenngrößen mit einbezogen werden. Die charakteristischen Kenngrößen können z.B. Pole, Nullstellen, Verstärkung, Eigenwerte oder Grenzfrequenzen sein. Diese Kenngrößen können von den Einflussgrößen, wie z.B. dem λ -Wert, geprägt werden. Die Kenngrößen können unter Umständen z.B. aus einer Übertragungsfunktion gewonnen werden.

[0009] Die Erfindung umfasst ein Verfahren zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses eines Brenners. Das Verfahren umfasst die Schritte Bereitstellen von mindestens zwei Elektroden, die mit vorbestimmtem Abstand auf einer die Flamme durchquerenden Ionisationsstrecke und an vorbestimmten Positionen in der Flamme und am Brenner (Flammenursprung) angeordnet sind, Anlegen eines Signals an die Elektroden, Erfassen mehrerer Messwerte einer Messgröße, die aufgrund des an die Elektroden angelegten Signals resultieren, und Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der gemessenen Messwerte. Dabei werden die Schritte des Anlegens eines Signals und des Erfassens mehrerer Messwerte derart durchgeführt, dass die resultierenden Messwerte geeignet sind, die Frequenzabhängigkeit der Messgröße zu erfassen. Die Bestimmung der mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses erfolgt dann aus der Frequenzabhängigkeit der Messgröße. Zur Beschreibung der Frequenzabhängigkeit können insbesondere der Frequenzgang als auch die Sprungantwort herangezogen werden. Die Sprungantwort erfasst das Zeitverhalten der Messgröße anhand dessen die Einflussgröße bestimmt werden kann.

[0010] Durch dieses Vorgehen wird gegenüber dem Stand der Technik mehr Information über den Verbrennungsprozess gewonnen. Diese zusätzliche Information kann dazu genutzt werden, um Einflussgrößen des Verbrennungsprozesses besser oder genauer zu bestimmen bzw. bislang nicht zugängliche Einflussgrößen zu

ermitteln.

[0011] Mit anderen Worten wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und der entsprechend ausgestalteten Vorrichtung die Reaktion auf das angelegte Signal bei unterschiedlichen Frequenzen erfasst und zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses herangezogen. Ein wesentlicher Aspekt des erfindungsgemäßen Verfahrens liegt dabei darin, dass durch Anlegung einer Wechselspannung und einer Messung bei verschiedenen Frequenzen eine Aussage über die Ionenbeweglichkeit innerhalb der Flamme erhalten wird. Hier wird der Umstand benutzt, dass bei verschiedenen Frequenzen eine unterschiedliche Reaktion (Ionenbeweglichkeit) der beeinflussten Ionen vorliegt, die in Abhängigkeit der Frequenz erfasst wird. Messtechnisch ist es dabei möglich, direkt Messungen bei unterschiedlichen Frequenzen durchzuführen. Alternativ ist es jedoch auch möglich, das Frequenzverhalten über die Sprungantwort zu untersuchen, da aus elektrotechnischer Sicht ein Sprung alle Frequenzanregungen umfasst, wobei dann eine Auswertung der Frequenzabhängigkeit über Fourier-Analyse zugänglich ist.

[0012] In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren den Schritt Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit der Messgröße beschreibt. Dabei kann die charakteristische Kenngröße ein oder mehrere Elemente umfassen aus der Gruppe von Zeitkonstante und/oder Verstärkung einer Übertragungsfunktion, Matrix einer Zustandsraumdarstellung, Kenngröße eines neuronalen Netzes und innere Schaltung, wobei die innere Schaltung zum Beispiel dargestellt werden kann durch Widerstände, Kondensatoren, Spulen und/oder Dioden.

[0013] Aufgrund der charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit der Messgröße beschreibt, ist es möglich, in einem weiteren Schritt aus der Kenngröße eine Einflussgröße des Verbrennungsprozesses zu bestimmen.

[0014] In einigen Ausführungsformen kann das Verfahren die Schritte umfassen Anlegen einer Spannung an die Elektroden, Messen des Ionisationsstroms, der aufgrund der angelegten Spannung über die Ionisationsstrecke fließt, Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt aufgrund des gemessenen Ionisationsstroms und Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der charakteristischen Kenngröße.

[0015] In diesem Falle wird als Signal eine Spannung und als Messgröße ein Strom verwendet, so dass eine einfache Messschaltung verwendet werden kann.

[0016] Das Verfahren kann die Schritte umfassen Anlegen einer ersten Spannung mit einer ersten Frequenz an die Elektroden, Messen eines ersten Ionisationsstroms, der aufgrund der ersten Spannung resultiert, Anlegen einer zweiten Spannung mit einer zweiten Frequenz an die Elektroden und Messen eines zweiten Ionisationsstroms, der aufgrund der zweiten Spannung re-

sultiert.

[0017] Alternativ oder zusätzlich kann das Verfahren die Schritte umfassen Anlegen einer Spannung mit einer ersten und zweiten Frequenz an die Elektroden und gleichzeitiges Messen eines ersten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der ersten Frequenz resultiert, und eines zweiten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der zweiten Frequenz resultiert.

[0018] In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren die Schritte Anlegen einer Vielzahl von Spannungen mit jeweils einer Frequenz an die Elektroden und/oder Anlegen einer Spannung mit einer Vielzahl von Frequenzen an die Elektroden und Messen einer Vielzahl von Ionisationsströmen und/oder Ionisationsstromanteilen, wobei jeder Ionisationsstrom und/oder Ionisationsstromanteil einer Frequenz zugeordnet wird.

[0019] Mithilfe dieser Schritte werden Informationen über die Ionisationsstrecke bei verschiedenen Frequenzen ermittelt. Diese können anschließend verwendet werden, um eine Einflussgröße des Verbrennungsprozesses zu bestimmen.

[0020] In einigen Ausführungsformen umfasst das Verfahren den Schritt Ermitteln einer frequenzabhängigen Übertragungsfunktion der Ionisationsstrecke aufgrund der gemessenen Ionisationsströme und/oder Ionisationsstromanteile.

[0021] Weiterhin kann das erfindungsgemäße Verfahren den Schritt umfassen Anlegen einer Spannung, die im Wesentlichen eine Gleichspannung ist und zu einem vorbestimmten Zeitpunkt einen Spannungssprung ausführt. Hierbei kann das Verfahren die Schritte umfassen Messen des Ionisationsstroms, der aufgrund der angelegten Spannung resultiert, und Ermitteln mindestens einer Kenngröße der Ionisationsstrecke aufgrund des Ionisationsstroms, wobei die mindestens eine Kenngröße die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt. Weiterhin kann das Verfahren die Schritte umfassen Ermitteln einer Sprungantwort aufgrund des gemessenen Ionisationsstroms und Ermitteln mindestens einer Kenngröße der Ionisationsstrecke aufgrund der Sprungantwort.

[0022] Auf diese Weise wird aus dem Einschwingverhalten des Zweipols bzw. des n-Pols in Reaktion auf einen Spannungssprung zusätzliche Information über die Ionisationsstrecke gewonnen.

[0023] Vorzugsweise ist eine erste Elektrode so angeordnet, dass sie in die Flamme ragt, und eine zweite Elektrode ist so angeordnet, dass sie sich am Fußpunkt der Flamme befindet oder in die Flamme ragt.

[0024] In einigen Ausführungsformen wird durch den Schritt Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses ein λ -Wert eines Brennstoff-Luft-Gemisches oder eine zeitliche Stabilität der Flamme bestimmt.

[0025] Weiterhin umfasst die Erfindung ein Verfahren zum Kalibrieren von Betriebsmitteln einer Verbrennungsanlage mit den Schritten des erfindungsgemäßen

Verfahrens zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses und dem zusätzlichen Schritt Kalibrieren von Betriebsmitteln einer Verbrennungsanlage basierend auf der bestimmten mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses.

[0026] Darüber hinaus umfasst die Erfindung ein Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer Versorgung der Flamme mit Brennstoff und Luft mit den Schritten des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses und dem Schritt Steuern und/oder Regeln einer Versorgung der Flamme mit Brennstoff und Luft basierend auf der bestimmten mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses.

[0027] Darüber hinaus umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses eines Brenners. Erfindungsgemäß umfasst die Vorrichtung mindestens zwei Elektroden, die mit vorbestimmtem Abstand auf einer Flamme durchquerenden Ionisationsstrecke und an vorbestimmten Positionen in der Flamme und am Brenner (Flammenursprung) angeordnet sind, Mittel zum Anlegen eines Signals an die Elektroden, Mittel zum Erfassen mehrerer Messwerte einer Messgröße, die aufgrund des an die Elektroden angelegten Signals resultieren, und Mittel zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der gemessenen Messwerte. Dabei sind die Mittel zum Anlegen eines Signals und die Mittel zum Erfassen mehrerer Messwerte derart eingerichtet, dass die resultierenden Messwerte geeignet sind, die Frequenzabhängigkeit der Messgröße zu erfassen. Die Mittel zum Bestimmen der mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses bestimmen die mindestens eine Einflussgröße aus der Frequenzabhängigkeit der Messgröße.

[0028] Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann dieselben Vorteile erreichen wie das erfindungsgemäße Verfahren.

[0029] In einigen Ausführungsformen umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel zum Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit der Messgröße beschreibt. Die charakteristische Kenngröße kann dabei ein oder mehrere Elemente umfassen aus einer Gruppe von Zeitkonstante und/oder Verstärkung einer Übertragungsfunktion, Matrix einer Zustandsraumdarstellung, Kenngröße eines neuronalen Netzes und innere Schaltung. Eine innere Schaltung kann dabei beispielsweise durch Widerstände, Kondensatoren, Spulen und/oder Dioden abgebildet werden.

[0030] In einigen Ausführungsformen umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel zum Anlegen einer Spannung an die Elektroden, Mittel zum Messen des Ionisationsstroms, der aufgrund der angelegten Spannung über die Ionisationsstrecke fließt, Mittel zum Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt, aufgrund des gemessenen Ionisationsstroms und Mittel

zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der charakteristischen Kenngröße.

[0031] In einigen Ausführungsformen kann die Vorrichtung Mittel zum Anlegen einer ersten Spannung mit einer ersten Frequenz an die Elektroden, Mittel zum Messen eines ersten Ionisationsstroms, der aufgrund der ersten Spannung resultiert, Mittel zum Anlegen einer zweiten Spannung mit einer zweiten Frequenz an die Elektroden und Mittel zum Messen eines zweiten Ionisationsstroms, der aufgrund der zweiten Spannung resultiert, umfassen.

[0032] Alternativ oder zusätzlich kann die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel zum Anlegen einer Spannung mit einer ersten und zweiten Frequenz an die Elektroden und Mittel zum gleichzeitigen Messen eines ersten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der ersten Frequenz resultiert, und eines zweiten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der zweiten Frequenz resultiert, umfassen.

[0033] In einigen Ausführungsformen umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel zum Anlegen einer Vielzahl von Spannungen mit jeweils einer Frequenz an die Elektroden und/oder Anlegen einer Spannung mit einer Vielzahl von Frequenzen an die Elektroden und Mittel zum Messen einer Vielzahl von Ionisationsströmen und/oder Ionisationsstromanteilen, wobei jeder Ionisationsstrom und/oder Ionisationsstromanteil einer Frequenz zugeordnet wird.

[0034] In einigen Ausführungsformen kann die erfindungsgemäße Vorrichtung Mittel zum Ermitteln einer frequenzabhängigen Übertragungsfunktion der Ionisationsstrecke aufgrund der gemessenen Ionisationsströme und/oder Ionisationsstromanteile umfassen.

[0035] In einigen Ausführungsformen umfasst die Vorrichtung Mittel zum Anlegen einer Spannung, die im Wesentlichen eine Gleichspannung ist und zu einem vorbestimmten Zeitpunkt einen Spannungssprung ausführt. Dabei kann die Vorrichtung Mittel zum Messen des Ionisationsstroms, der aufgrund der angelegten Spannung resultiert, und Mittel zum Ermitteln mindestens einer Kenngröße der Ionisationsstrecke aufgrund des Ionisationsstroms umfassen, wobei die mindestens eine Kenngröße die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt. Vorzugsweise umfasst die erfindungsgemäße Vorrichtung dann Mittel zum Ermitteln einer Sprungantwort aufgrund des gemessenen Ionisationsstroms und Mittel zum Ermitteln mindestens einer Kenngröße der Ionisationsstrecke aufgrund der Sprungantwort. Vorzugsweise ist eine erste Elektrode so angeordnet, dass sie in die Flamme ragt, und eine zweite Elektrode ist so angeordnet, dass sie sich am Fußpunkt der Flamme befindet oder in die Flamme ragt.

[0036] In einigen Ausführungsformen bestimmen die Mittel zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses einen λ -Wert eines Brennstoff-Luft-Gemisches und/oder eine zeitliche Stabilität der Flamme.

[0037] Weiterhin umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zum Kalibrieren von Betriebsmitteln einer Verbrennungsanlage mit den Mitteln der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses und zusätzlich einem Mittel zum Kalibrieren von Betriebsmitteln einer Verbrennungsanlage basierend auf der bestimmten mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses.

[0038] Darüber hinaus umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zum Steuern und/oder Regeln einer Versorgung der Flamme mit Brennstoff und Luft mit den Mitteln der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses und einem zusätzlichen Mittel zum Steuern und/oder Regeln einer Versorgung der Flamme mit Brennstoff und Luft basieren auf der bestimmten mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses.

[0039] Die beschriebenen Vorrichtungen können insbesondere vorteilhaft in Vorrichtungen zum Heizen, Vorrichtungen zum Kühlen und/oder Vorrichtungen zum Erzeugen eines Klimas eingesetzt werden. Daher umfasst die Erfindung eine Vorrichtung zum Heizen mit einer oben beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung, eine Vorrichtung zum Kühlen mit einer oben beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung und eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Klimas mit einer oben beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0040] Vorteilhafte Ausgestaltungen und weitere Details der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand verschiedener Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die Figuren beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses nach dem Stand der Technik.

Fig. 2a zeigt ein Ersatzschaltbild nach dem Stand der Technik für die Ionisationsstrecke in Abwesenheit einer Flamme.

Fig. 2b zeigt ein Ersatzschaltbild für die Ionisationsstrecke nach dem Stand der Technik, wenn die Flamme brennt.

Fig. 3 illustriert die Annäherung der realen Flamme durch einen frequenzabhängigen elektrischen Zweipol (n-Pol).

Fig. 4 illustriert Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses.

Fig. 5 illustriert weitere Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses.

Fig. 6 illustriert weitere Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses.

Fig. 7 illustriert weitere Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses.

Fig. 8 zeigt ein Beispiel eines Kennlinienfeldes.

Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses unter Verwendung einer Übertragungsfunktion als innere Struktur des frequenzabhängigen Zweipols.

Fig. 10 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses unter Verwendung einer elektrischen Ersatzschaltung als innere Struktur des frequenzabhängigen Zweipols.

Fig. 11 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

[0041] Fig. 3 illustriert die Annäherung der realen Flamme durch einen frequenzabhängigen elektrischen Zweipol bzw. n-Pol. Eine Elektrode 302 ragt in die Flamme 301 hinein, während eine zweite Elektrode 303 am Fußpunkt der Flamme angeordnet ist. Das elektrische Verhalten des Brenners und der Flamme 301 kann durch einen Zweipol bzw. n-Pol 304 dargestellt werden, der frequenzabhängige Komponenten enthält. Das daraus resultierende Ersatzschaltbild ist auf der rechten Seite von Fig. 3 dargestellt. Die Kenngrößen des frequenzabhängigen elektrischen Zweipols 304 sind abhängig von den Einflussgrößen P_j der Flamme. Bei Verwendung von mehreren Elektroden in der Flamme wird die Darstellung zu einem n-Pol erweitert. Die Einflussgrößen P_j können beispielsweise ein λ -Wert, eine Gasart oder auch eine Leistung sein.

[0042] Fig. 4 illustriert Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses. Einrichtun-

gen der Vorrichtung sind in den Figuren schematisch dargestellt und können beispielsweise mithilfe einer Hardware-Schaltung und/oder eines Prozessors mit Programm realisiert werden.

[0043] Die gezeigte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens beginnt mit dem Anlegen eines geeigneten Signals an die Elektroden mit der Einrichtung zum Anlegen eines Signals 401. Dieses Signal ist im vorliegenden Beispiel eine Sprungfunktion. Die Verwendung eines periodischen Signals, wie z.B. einem Rechteck- oder Sinussignal, ist jedoch auch möglich. Vorzugsweise sollte die Frequenz so weit verändert werden, dass die Änderung des Signals schneller als die Ionenbeweglichkeit ist. Dies ermöglicht, dass der Frequenzgang später über einen weiten Frequenzbereich erstellt werden kann. Mit diesem Signal kann somit die Frequenzabhängigkeit des Zweipols zwischen den beiden Elektroden 302 und 303 ermittelt werden. Dabei ragt die Elektrode 302 in die Flamme 301 hinein. Die andere Elektrode 303 wird am Fußpunkt der Flamme bereitgestellt. Die Flamme zwischen den beiden Elektroden ist in diesem Beispiel ein Brenner mit Flamme eines Gaswandgerätes. Das elektrische Verhalten des Zweipols ist von den Einflussgrößen P_j 305 abhängig. Diese Einflussgrößen können beispielsweise ein λ -Wert, eine Gasart, eine Leistung etc. sein.

[0044] Fig. 5 illustriert weitere Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses. Nachdem der frequenzabhängige Zweipol in Fig. 4 mit einem Signal angeregt wurde, umfasst der nächste Schritt des Verfahrens das Erfassen mehrerer Messwerte einer Messgröße mithilfe der Einrichtung zum Erfassen mehrerer Messwerte 501. Die Messung kann hierbei zum Beispiel kontinuierlich oder zeitdiskret ablaufen. Das Ergebnis ist eine Messgröße X 502, die eine Funktion der Einflussparameter P_j 305 ist. Als Messgrößen kommen beispielsweise Werte in Frage, die anhand der Messung der Sprungantwort oder auch des Frequenzgangs ermittelt wurden.

[0045] Fig. 6 illustriert weitere Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses. Aufbauend auf der Messgröße X aus Fig. 5 und der Vorgabe einer inneren Struktur des frequenzabhängigen Zweipols 601 wird mindestens eine charakteristische Kenngröße des frequenzabhängigen Zweipols mit Hilfe einer entsprechenden Einrichtung 602 ermittelt. Eine innere Struktur könnte beispielsweise eine Übertragungsfunktion mit bestimmter Ordnung oder eine elektrische Ersatzschaltung sein, die das elektrische Verhalten der Flamme annähert. Danach könnten die Kenngrößen des Zweipols in einer Vorrichtung mit einem Verfahren so variiert werden, dass das Verhalten des Zweipols der

Messgröße bestmöglich angenähert wird. Die daraus ermittelten Kenngrößen Y_i stellen dabei eine Funktion der Messgröße X dar, die wiederum eine Funktion der Einflussparameter P_j ist. Als Kenngrößen kommen zum Beispiel die Zeitkonstante und Verstärkung der Übertragungsfunktion in Frage oder aber eine Zustandsraumdarstellung. Bei Vorgabe einer Ersatzschaltung als innere Struktur könnten die Kenngrößen beispielsweise auch Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten oder Dioden darstellen.

[0046] Fig. 7 illustriert weitere Schritte einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens in Kombination mit Teilen einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses. Eine Einrichtung zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses 702 verwendet als Eingangsgrößen die zuvor ermittelten Kenngrößen Y_i sowie Grunddaten 701 und bildet diese auf Näherungswerte der Einflussgrößen $\tilde{P}_j$ ab. Die Grunddaten 701 können dabei zum Beispiel zuvor aufgezeichnete Kenngrößen bei bekannten Einflussgrößen P_j für ein Gerät oder eine Gerätefamilie beinhalten. Sie können in Form eines Kennlinienfeldes in der Einrichtung zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses 702 hinterlegt sein. Dabei wären in den Kennlinienfeldern die Kenngrößen Y_i in Abhängigkeit der bekannte Einflussgrößen P_j dargestellt.

[0047] Fig. 8 zeigt als praktisches Ausführungsbeispiel für das erfindungsgemäße Verfahren Messwerte eines Kennlinienfeldes, das die Sprungantwort in Abhängigkeit der Luftverhältniszahl λ bei einer Modulation von 50% darstellt. Als Wärmeerzeuger kam ein Vitodens 200- 35kW/D Hamburg zum Einsatz, bei dem es sich um ein Seriengerät mit Zylinderbrenner und Ionisationselektrode handelt. Der für die Flammenüberwachung notwendige Anschluss der Ionisationselektrode wurde hier zur Signaleinspeisung/Ionisationsstrommessung benutzt. Als Energieträger wurde reines Methan G20 verwendet. Deutlich ist zu erkennen, dass sich die Zeitabhängigkeit des Ionisationsstroms mit steigender Luftverhältniszahl λ kontinuierlich ändert und daher als Maß für eine Bestimmung der Einflussgröße λ , des Verbrennungsprozesses herangezogen werden kann. Als Messgröße kann dabei beispielsweise der Maximalwert des Ionisationsstroms bei einer vorbestimmten Zeit verwendet werden.

[0048] Die Informationen, die in den einzelnen Schritten gewonnen werden, können durch eine Steuerung und/oder Regelung verwendet werden, um beispielsweise die Brennstoffzufuhr zur Flamme zu steuern.

[0049] Fig. 9 zeigt eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses. Eine Einrichtung zum Anlegen eines Signals 901 erzeugt eine Sprungfunktion, die als Signal dient. Als Einflussgröße der Flamme wird im dargestellten Beispiel lediglich der

λ -Wert in Betracht gezogen. Die Flamme wird durch ein Gaswandgerät erzeugt. Im nächsten Verfahrensschritt wird die Antwort auf die Sprungfunktion 904 diskret gemessen durch eine Einrichtung zum Erfassen mehrerer Messwerte einer Messgröße 903. Eine Einrichtung zum Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße 905 ermittelt anschließend mindestens eine Kenngrößen 906 aufgrund der Sprungantwort und der vorgegebenen inneren Struktur, die hier als eine Übertragungsfunktion bestimmter Ordnung angegeben ist. Mithilfe der Kenngrößen und zuvor aufgezeichneter Grunddaten wird durch eine Einrichtung zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses 907 eine Auswertung durchgeführt, deren Ergebnis ein Näherungswert des aktuellen λ -Wertes ist.

[0050] Fig. 10 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung und des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses. Eine Einrichtung zum Anlegen eines Signals 1001 erzeugt eine Sprungfunktion 1002. Als Einflussgröße der Flamme wird der λ -Wert in Betracht gezogen. Die Flamme wird durch ein Gaswandgerät erzeugt. Im nächsten Verfahrensschritt wird die Antwort auf die Sprungfunktion 904 diskret gemessen durch eine Einrichtung zum Erfassen mehrerer Messwerte einer Messgröße 1003. Eine Einrichtung zum Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße 1005 ermittelt anschließend Kenngrößen 1006 aufgrund der Sprungantwort 1004 und der vorgegebenen inneren Struktur, die hier durch eine elektrische Ersatzschaltung angegeben ist. Mithilfe der Kenngrößen und zuvor aufgezeichneten Grunddaten ermittelt eine Einrichtung zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses 1007 einen Näherungswert des aktuellen λ -Wertes.

[0051] Fig. 11 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Dieses Ausführungsbeispiel ist ähnlich zu den bislang beschriebenen Ausführungsbeispielen aufgebaut und unterscheidet sich von den in den Figuren 9 und 10 gezeigten Ausführungsbeispielen dadurch, dass die Bestimmung der Einflussgröße direkt anhand der Messdaten erfolgt, die aus dem Zeitverlauf der Sprungantwort gewonnen wurden. Dabei kann beispielsweise als Messgröße der Maximalwert der Spannung bei einer bestimmten vorgegebenen Zeit herangezogen werden.

[0052] Die Beschreibung der Ausführungsformen und der Figuren dient lediglich zur Verdeutlichung des Erfindungsgedankens und ist nicht in einem beschränkenden Sinne zu verstehen. Verschiedene Modifikationen können an diesen Ausführungsformen vorgenommen werden, ohne vom Schutzzumfang der angehängten Patentansprüche abzuweichen. Die dargestellten Merkmale können in veränderter Weise miteinander kombiniert werden, um so Ausführungsformen bereitzustellen, die für einen bestimmten Anwendungszweck optimiert sind. Soweit diese Änderungen für einen Fachmann ohne weiteres ersichtlich sind, sollen sie mit den obigen Ausführungsbeispielen als offenbart gelten.

rungsbeispielen als offenbart gelten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses eines Brenners mit den Schritten

- Bereitstellen von mindestens zwei Elektroden, die mit vorbestimmten Abstand auf einer die Flamme durchquerenden Ionisationsstrecke und an vorbestimmten Positionen in der Flamme und am Brenner angeordnet sind,
- Anlegen eines Signals an die Elektroden,
- Erfassen mehrerer Messwerte einer Messgröße, die aufgrund des an die Elektroden angelegten Signals resultieren, und
- Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der gemessenen Messwerte,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Schritte des Anlegens eines Signals und des Erfassens mehrerer Messwerte derart durchgeführt werden, dass die resultierenden Messwerte geeignet sind, die Frequenzabhängigkeit der Messgröße zu erfassen, und
- die Bestimmung der mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses aus der Frequenzabhängigkeit der Messgröße erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** den Schritt

Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit der Messgröße beschreibt, wobei die charakteristische Kenngröße mindestens ein Element umfasst aus der Gruppe von Zeitkonstante und/oder Verstärkung einer Übertragungsfunktion, Matrix einer Zustandsraumdarstellung, Kenngröße eines neuronalen Netzes und innere Schaltung.

3. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche mit den Schritten

- Anlegen einer Spannung an die Elektroden,
- Messen des Ionisationsstroms, der aufgrund der angelegten Spannung über die Ionisationsstrecke fließt,
- Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt, aufgrund des gemessenen Ionisationsstroms und
- Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der charakteristischen Kenngröße.

4. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die Schritte

- Anlegen einer ersten Spannung mit einer ersten Frequenz an die Elektroden, 5
- Messen eines ersten Ionisationsstroms, der aufgrund der ersten Spannung resultiert,
- Anlegen einer zweiten Spannung mit einer zweiten Frequenz an die Elektroden und 10
- Messen eines zweiten Ionisationsstroms, der aufgrund der zweiten Spannung resultiert.

5. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die Schritte 15

- Anlegen einer Spannung mit einer ersten und zweiten Frequenz an die Elektroden und
- gleichzeitiges Messen eines ersten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der ersten Frequenz resultiert, und eines zweiten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der zweiten Frequenz resultiert. 20

6. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** die Schritte 25

- Anlegen einer Vielzahl von Spannungen mit jeweils einer Frequenz an die Elektroden und/oder Anlegen einer Spannung mit einer Vielzahl von Frequenzen an die Elektroden und
- Messen einer Vielzahl von Ionisationsströmen und/oder Ionisationsstromanteilen, wobei jeder Ionisationsstrom und/oder Ionisationsstromanteil einer Frequenz zugeordnet wird. 30

7. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** den Schritt Ermitteln einer frequenzabhängigen Übertragungsfunktion der Ionisationsstrecke aufgrund der gemessenen Ionisationsströme und/oder Ionisationsstromanteile. 35

8. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **gekennzeichnet durch** den Schritt Anlegen einer Spannung, die im Wesentlichen eine Gleichspannung ist und zu einem vorbestimmten Zeitpunkt einen Spannungssprung ausführt. 40

9. Verfahren nach Anspruch 8, **gekennzeichnet durch** die Schritte 45

- Messen des Ionisationsstroms, der aufgrund der angelegten Spannung resultiert,
- Ermitteln mindestens einer Kenngröße der Ionisationsstrecke aufgrund des Ionisationsstroms, wobei die mindestens eine Kenngröße die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt,

nisationsstrecke aufgrund des Ionisationsstroms, wobei die mindestens eine Kenngröße die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt,

- Ermitteln einer Sprungantwort aufgrund des gemessenen Ionisationsstroms und
- Ermitteln mindestens einer Kenngröße der Ionisationsstrecke aufgrund der Sprungantwort.

10. Verfahren nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch den Schritt Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses ein λ -Wert eines Brennstoff-Luft-Gemisches bestimmt wird.

11. Verfahren zum Kalibrieren von Betriebsmitteln einer Verbrennungsanlage mit den Schritten des Verfahrens nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche und dem Schritt Kalibrieren von Betriebsmitteln einer Verbrennungsanlage basierend auf der bestimmten mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses.

12. Verfahren zum Steuern und/oder Regeln einer Versorgung der Flamme mit Brennstoff und Luft mit den Schritten des Verfahrens nach zumindest einem der vorhergehenden Ansprüche und dem Schritt Steuern und/oder Regeln einer Versorgung der Flamme mit Brennstoff und Luft basierend auf der bestimmten mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses.

13. Vorrichtung zur Bestimmung von mindestens einer Einflussgröße eines Verbrennungsprozesses eines Brenners umfassend

- mindestens zwei Elektroden, die mit vorbestimmten Abstand auf einer die Flamme durchquerenden Ionisationsstrecke und an vorbestimmten Positionen in der Flamme und am Brenner angeordnet sind,

- Mittel zum Anlegen eines Signals an die Elektroden,

- Mittel zum Erfassen mehrerer Messwerte einer Messgröße, die aufgrund des an die Elektroden angelegten Signals resultieren, und

- Mittel zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der gemessenen Messwerte,

dadurch gekennzeichnet, dass

- die Mittel zum Anlegens eines Signals und die Mittel zum Erfassen mehrerer Messwerte derart eingerichtet sind, dass die resultierenden Messwerte geeignet sind, die Frequenzabhängigkeit der Messgröße zu erfassen, und

- die Mittel zum Bestimmen der mindestens einen Einflussgröße des Verbrennungsprozesses die mindestens eine Einflussgröße aus der

Frequenzabhängigkeit der Messgröße bestimmen.

wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **gekennzeichnet durch** Mittel zum Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit der Messgröße beschreibt, umfassend mindestens ein Element aus der Gruppe Zeitkonstante und/oder Verstärkung einer Übertragungsfunktion, Matrix einer Zustandsraumdarstellung, Kenngröße eines neuronalen Netzes und innere Schaltung. 5
15. Vorrichtung nach zumindest einem der Ansprüche 13 oder 14 umfassend ausgewählte Mittel aus der Gruppe 10
- Mittel zum Anlegen einer Spannung an die Elektroden, 5
 - Mittel zum Messen des Ionisationsstroms, der aufgrund der angelegten Spannung über die Ionisationsstrecke fließt, 20
 - Mittel zum Ermitteln einer charakteristischen Kenngröße, die die Frequenzabhängigkeit des Ionisationsstroms beschreibt, aufgrund des gemessenen Ionisationsstroms und 25
 - Mittel zum Bestimmen mindestens einer Einflussgröße des Verbrennungsprozesses anhand der charakteristischen Kenngröße, und/oder
 - Mittel zum Anlegen einer ersten Spannung mit einer ersten Frequenz an die Elektroden, 30
 - Mittel zum Messen eines ersten Ionisationsstroms, der aufgrund der ersten Spannung resultiert, 35
 - Mittel zum Anlegen einer zweiten Spannung mit einer zweiten Frequenz an die Elektroden und 40
 - Mittel zum Messen eines zweiten Ionisationsstroms, der aufgrund der zweiten Spannung resultiert, und/oder
 - Mittel zum Anlegen einer Spannung mit einer ersten und zweiten Frequenz an die Elektroden und 45
 - Mittel zum gleichzeitigen Messen eines ersten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der ersten Frequenz resultiert, und eines zweiten Ionisationsstromanteils, der aufgrund des Spannungsanteils mit der zweiten Frequenz resultiert, und/oder 50
 - Mittel zum Anlegen einer Vielzahl von Spannungen mit jeweils einer Frequenz an die Elektroden und/oder Anlegen einer Spannung mit einer Vielzahl von Frequenzen an die Elektroden und 55
 - Mittel zum Messen einer Vielzahl von Ionisationsströmen und/oder Ionisationsstromanteilen, wobei jeder Ionisationsstrom und/oder Ionisationsstromanteil einer Frequenz zugeordnet

Fig. 1

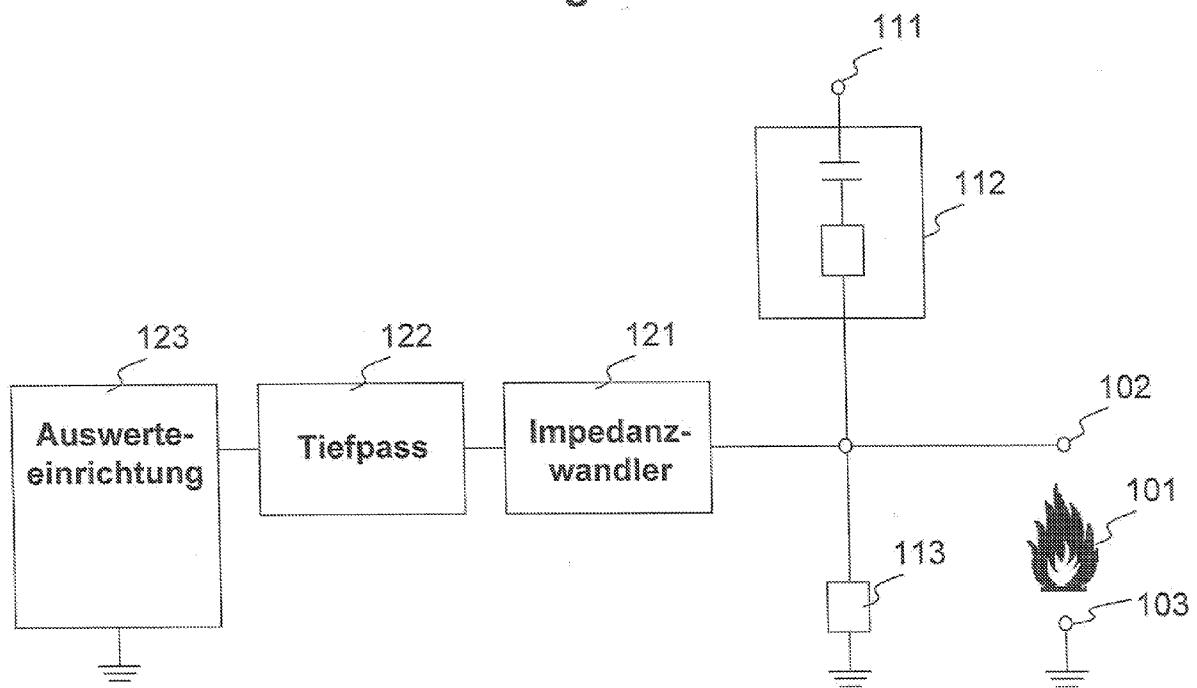


Fig. 2a

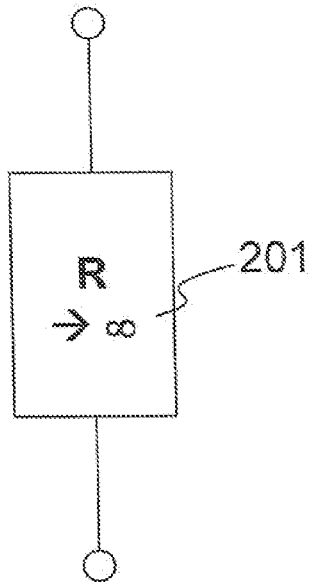


Fig. 2b

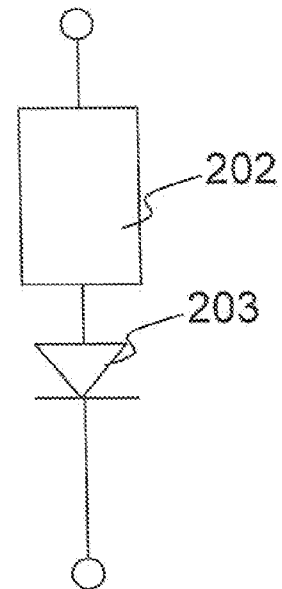


Fig. 3

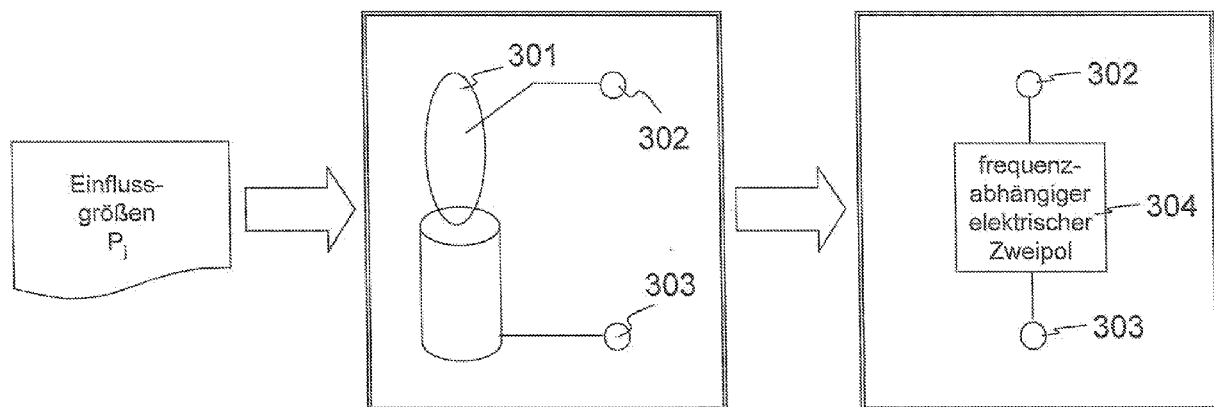


Fig. 4

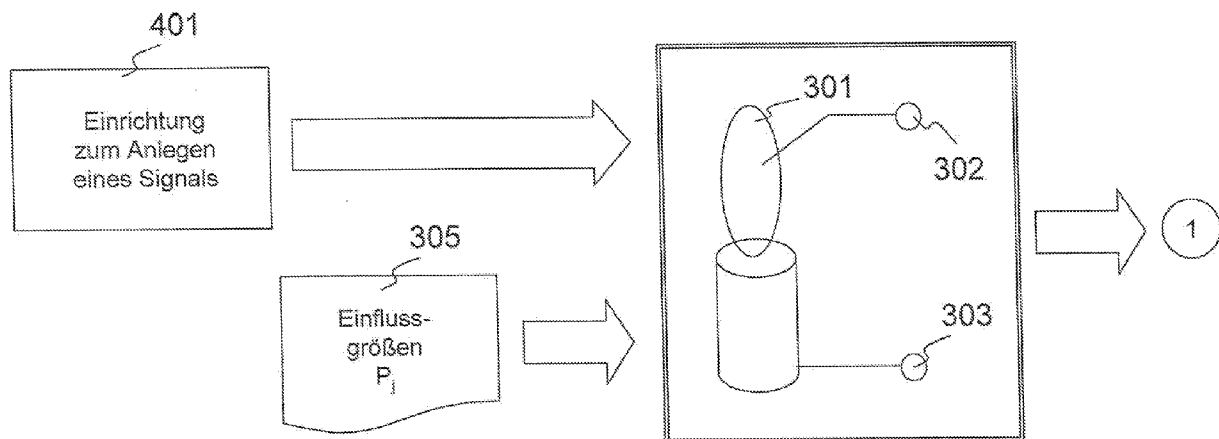


Fig. 5

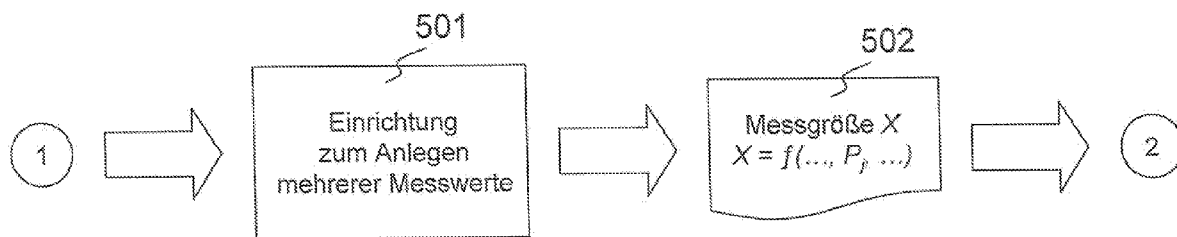


Fig. 6

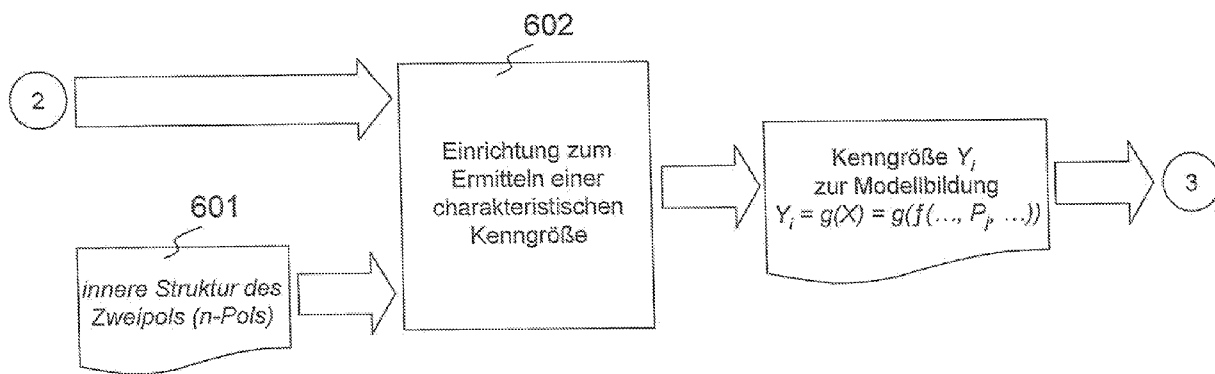


Fig. 7

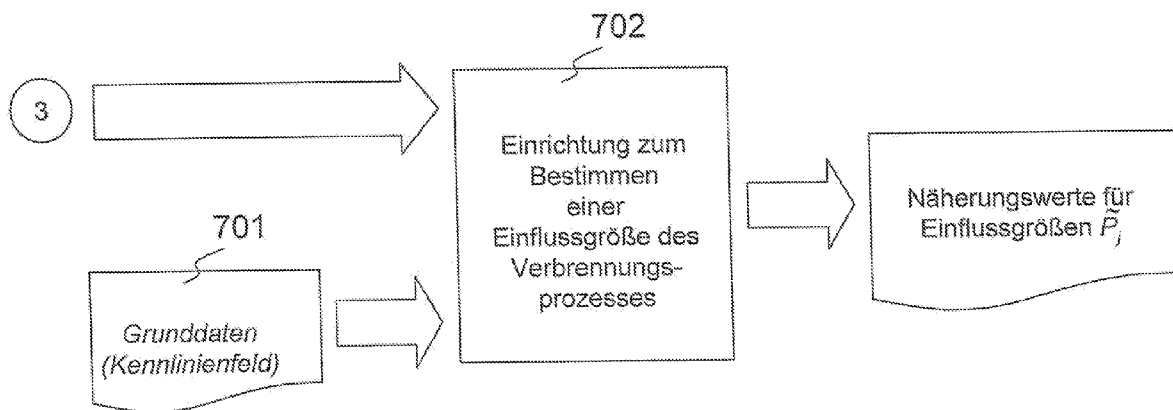


Fig. 8

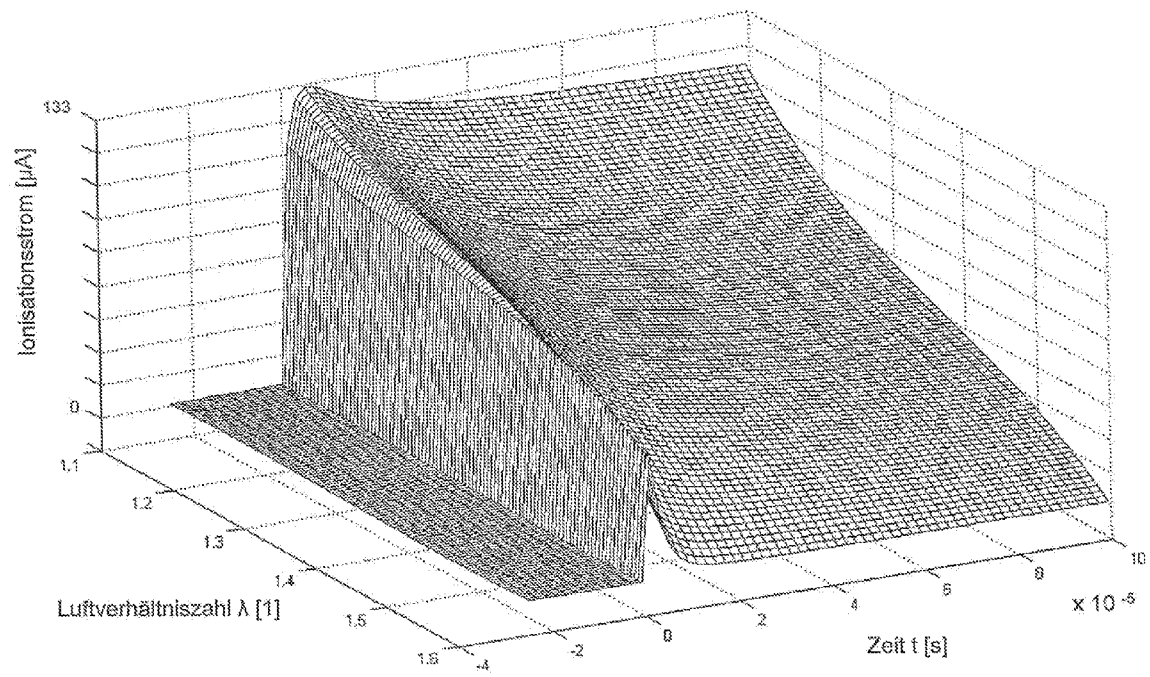


Fig. 9

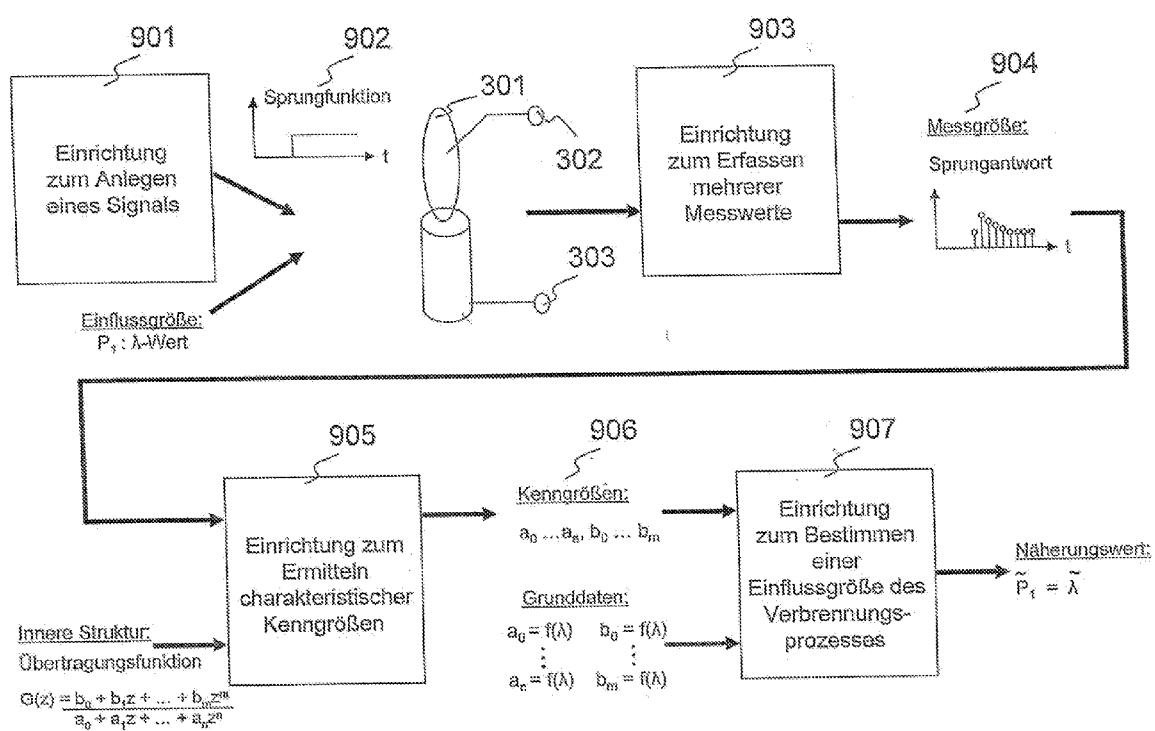


Fig. 10

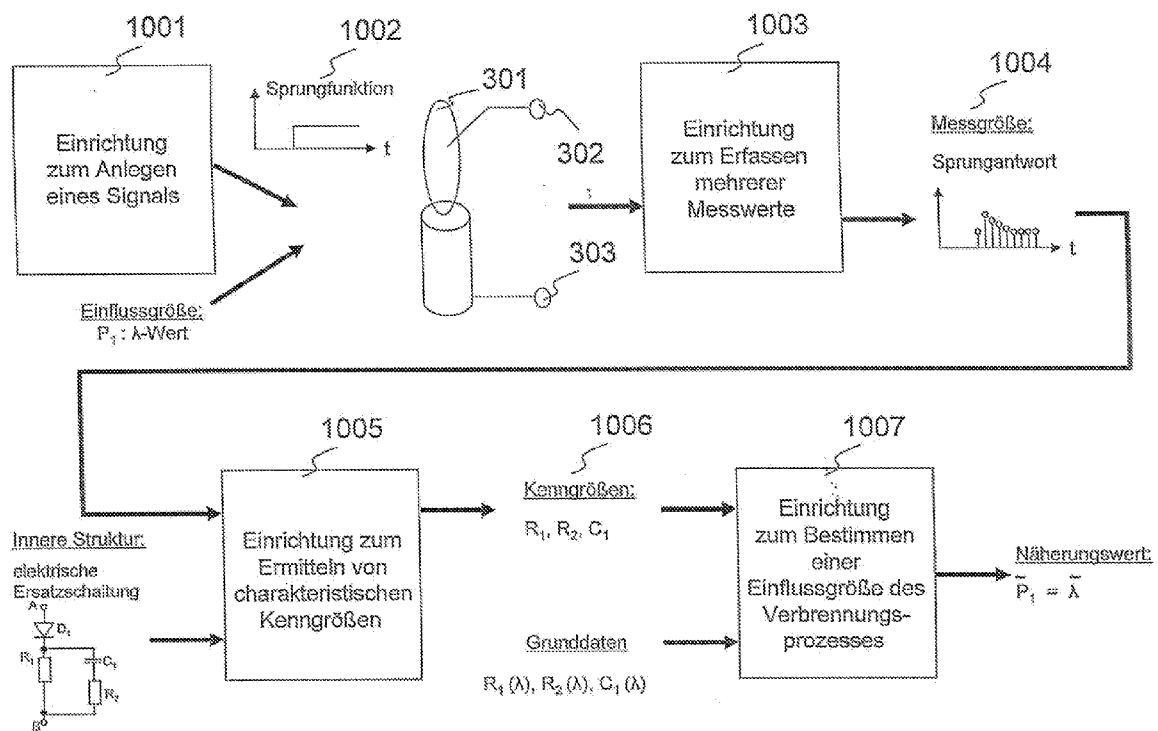
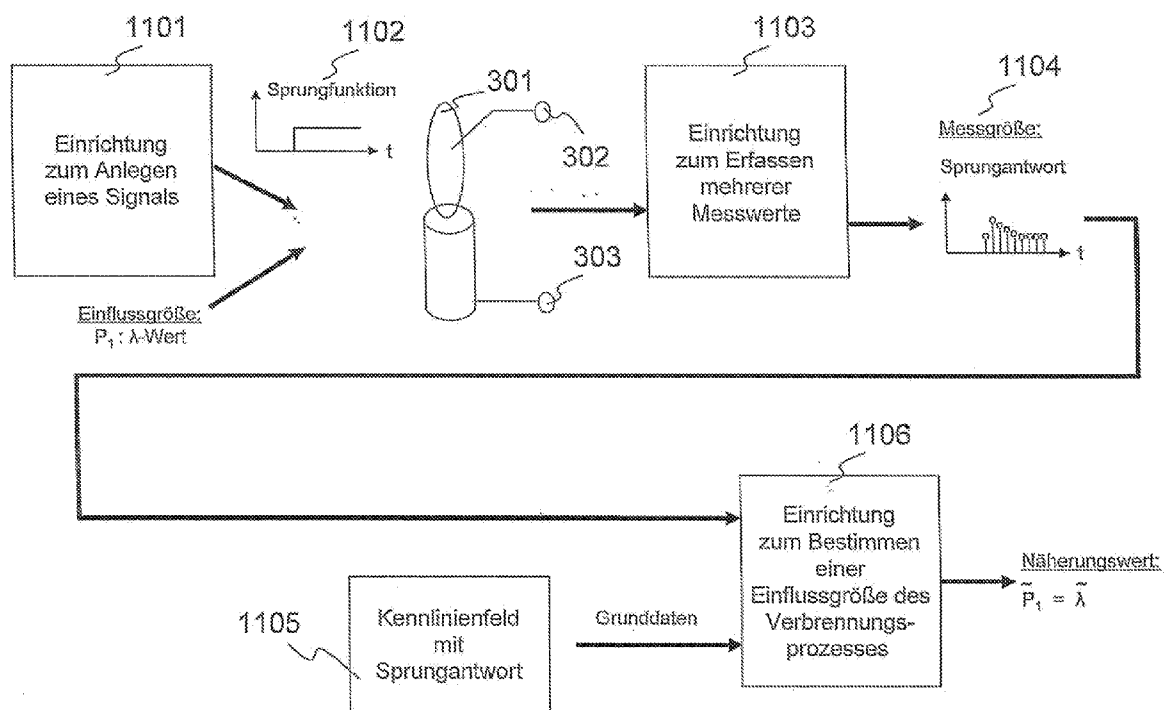


Fig. 11



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

- DE 4433425 [0002]