



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**23.01.2013 Patentblatt 2013/04**

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

(21) Anmeldenummer: **12176837.8**

(22) Anmeldetag: **18.07.2012**

(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**

(72) Erfinder:  
• **John, Werner**  
**35116 Hatzfeld (DE)**  
• **Ries, Martin**  
**35066 Frankenberg (DE)**

(30) Priorität: **18.07.2011 DE 102011079325**

(74) Vertreter: **MERH-IP**  
**Matias Erny Reichl Hoffmann**  
**Paul-Heysel-Strasse 29**  
**80336 München (DE)**

(71) Anmelder: **Viessmann Werke GmbH & Co KG**  
**35107 Allendorf (DE)**

(54) **Verfahren zur Luftzahlregelung eines Brenners**

(57) Verfahren zur Luftzahlregelung eines Brenners, insbesondere eines Gas- oder Ölbrenners, mit einer Zündelektrode 102, Mitteln zur Erzeugung einer Zündspannung 104, die mit der Zündelektrode 102 verbindbar sind, und einer Ionisationselektrode 103, die mit einer Ionisationsspannung beaufschlagbar ist, wobei das Verfahren umfasst: Trennen der Zündelektrode 102 von den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung 104, Erfassen eines ersten elektrischen Signals 115a an der Ionisationselektrode 103 und Ableiten eines ersten von einer Luftzahl abhängigen Signals 116a in Abhängigkeit von dem ersten elektrischen Signal 115a, Erfassen eines zweiten elektrischen Signals 115b an der Zündelektrode 102, und

Ableiten eines zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals 116b in Abhängigkeit von dem zweiten elektrischen Signal 115b, Bestimmung einer Regelgröße für den Brennerbetrieb in Abhängigkeit von dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b, Vergleichen des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals 116b, und sofern eine Differenz des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals 116b einen Schwellwert überschreitet, Ausführen eines Kalibrationsvorgangs zur Korrektur des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a.

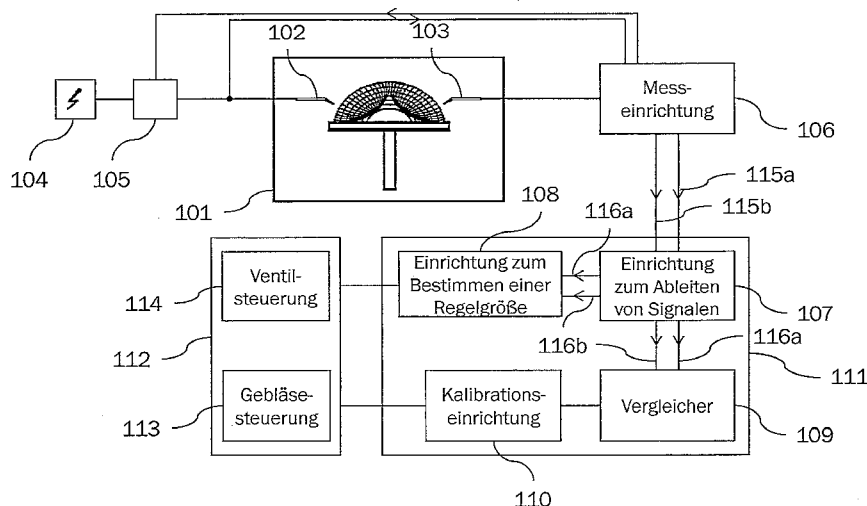


Fig. 1

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Luftzahlregelung eines Brenners, insbesondere eines Öl- oder Gasbrenners.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Verfahren zur Luftzahlregelung von Brennern sind im Stand der Technik bekannt. Bei diesen wird ein Luft-Brennstoff Verhältnis (sogenannte Luftzahl oder Lambda-Wert  $\lambda$ ) eines Luft-Brennstoff-Gemisches durch Variation einer Gebläsedrehzahl oder Regulierung eines Brennstoffventils auf einen gewünschten Wert eingestellt. Bevorzugte Werte für die Luftzahl  $\lambda$  liegen hierbei in einem Bereich von 1,15 bis 1,3, in welchem der Brennstoff mit Luftüberschuss verbrannt wird. Durch Überwachung und entsprechende Nachregelung der Luftzahl kann auch bei schwankenden Umgebungsbedingungen und bei wechselnder Brennstoffqualität, wie sie beispielsweise bei der Umstellung der Brennstoffversorgung von Erdgas auf Flüssiggas vorliegt, eine im Hinblick auf Schadstoffausstoß und feuerungstechnischen Wirkungsgrad optimale Verbrennung erzielt werden.

**[0003]** Im Stand der Technik sind Verfahren bekannt, bei denen die Erfassung der Luftzahl durch Messung eines von einer in den Brennraum eingebrachten Ionisationselektrode abfließenden Ionisationsstromes erfolgt. Dabei wird an der Ionisationselektrode eine Wechselspannung angelegt und ein von der Ionisationselektrode abfließender, aufgrund der Gleichrichtereigenschaft der Flamme gleichgerichteter Strom als Ionisationsstrom erfasst. Mittels einer Regelschaltung wird dann der gemessene Ionisationsstrom mit einem dem eingestellten Sollwert der Luftzahl entsprechenden Sollwert für den Ionisationsstrom verglichen, und die Zusammensetzung des Luft-Brennstoff-Gemisches entsprechend nachgeregelt. Ein solches Verfahren ist beispielsweise in der Druckschrift DE 44 33 425 A1 offenbart.

**[0004]** Ein Problem bei diesem Verfahren ergibt sich daraus, dass sich im Laufe der Betriebsdauer des Brenners die thermische Kopplung zwischen der Ionisationselektrode und dem Brenner ändern kann. Ursache hierfür sind unter Anderem ein Verbiegen der Ionisationselektrode, Alterung, Verschleiß und Verschmutzen selbiger, sowie ein Verrußen des Brenners. Entsprechend ändert sich auch bei gleichbleibender tatsächlicher Luftzahl der an der Ionisationselektrode gemessene Ionisationsstrom, das heißt, der Proportionalitätsfaktor zwischen der tatsächlichen Luftzahl und dem gemessenen Ionisationsstrom wird durch die obengenannten Effekte beeinflusst. Daher ist, um trotzdem die Luftzahl weiterhin verlässlich nachregeln zu können, eine Kalibration der Luftzahlbestimmung, beziehungsweise eine Bestimmung eines zusätzlichen Proportionalitätsfaktors zwischen der tatsächlichen Luftzahl und dem gemessenen Ionisationsstrom, erforderlich.

**[0005]** Ein Verfahren zur Kalibration der auf Messung

des Ionisationsstroms basierenden Luftzahlbestimmung ist in der Druckschrift DE 195 39 568 C1 offenbart. Bei diesem Verfahren wird in regelmäßigen Abständen die Luftzahl bewusst in den Bereich  $\lambda=1$  (stöchiometrische Verbrennung) abgesenkt, um den maximal auftretenden Ionisationsstrom zu bestimmen. Ausgehend von dem so ermittelten Wertepaar ( $\lambda=1$ , maximal auftretender Ionisationsstrom) kann ein Proportionalitätsfaktor zwischen der tatsächlichen Luftzahl und dem gemessenen Ionisationsstrom berechnet werden.

**[0006]** Als nachteilig an diesem Verfahren hat sich allerdings herausgestellt, dass im Luftzahlbereich  $\lambda=1$  der Schadstoffausstoß verglichen mit dem optimierten Luftzahlbereich, in dem Verbrennung mit Luftüberschuss erfolgt, deutlich erhöht ist. Weiterhin bedingt ein Betrieb des Brenners im Luftzahlbereich  $\lambda=1$  eine erhöhte Wärmeabnahmekapazität bereitgestellt werden muss. Gerade während der Sommermonate, in denen der Brenner typischerweise im Durchlauferhitzerbetrieb gefahren wird, ist eine hierzu erforderliche Wärmeabnahmekapazität oftmals nicht vorhanden. Insbesondere im Hinblick auf eine erwünschte Reduktion des Schadstoffausstoßes des Brenners, und auch im Hinblick auf eine Erhöhung dessen Effizienz ist das in der Druckschrift DE 195 39 568 C1 vorgeschlagene Verfahren daher als verbesserungswürdig anzusehen.

**[0007]** Aus der Druckschrift EP 1 811 230 A2 ist ein Brenner mit einer Brenneroberfläche und stromab des Brenners angeordneter Zündelektrode bekannt, bei dem ein elektrischer Widerstand auf der der Flamme abgewandten Seite der Brenneroberfläche erfasst wird. Aus dem erfassten elektrischen Widerstand wird über eine Widerstands-Temperatur-Relation die Temperatur der Brenneroberfläche ermittelt. Dabei wird diese besondere Art der Temperaturbestimmung gewählt, um ein Hineinragen einer Messelektrode in den Verbrennungsraum zu vermeiden. Der erfasste Widerstand wird weiterhin zur Detektierung der Flamme verwendet, sowie zur Einstellung des Luft-Brennstoff-Verhältnisses. Letzteres geschieht dadurch, dass zunächst der Luftzahlwert  $\lambda=1$  angefahren wird, bei welchem die Flammentemperatur und damit auch der erfasste elektrische Widerstand maximal ist, und ausgehend von diesem Punkt das Luft-Brennstoff-Gemisch in einem vorgegebenen Verhältnis abgemagert wird, oder bis ein vorbestimmter Messwert des erfassten elektrischen Widerstands erreicht ist. Damit tritt auch in dem Brenner der Druckschrift EP 1811230 A2 das Problem auf, dass zunächst der Luftzahlwert  $\lambda=1$  angefahren werden muss, was wie oben ausgeführt mit erhöhtem Schadstoffausstoß und unerwünschter Wärmeabgabe verbunden ist.

**[0008]** Die Druckschrift DE 10 2008 053 959 B4 offenbart ein Nahrungsmittelbehandlungsgerät mit Brenner. Der Brenner umfasst eine zylindrische Außenwandung und eine koaxial zur Außenwandung angeordnete, für ein Brennfluid durchlässige Innenwandung. Innerhalb der Innenwandung ist ein Hohlraum gebildet, in dem die

Verbrennung hauptsächlich erfolgt. Eine Zündelektrode ist so angeordnet, dass sie von außen durch die Außenwandung und die Innenwandung in den Hohlraum hineinragt. Diese Zündelektrode kann zusätzlich zu ihrer Funktion als Zündelektrode zur Messung entweder eines Ionisationsstroms oder der Flammentemperatur verwendet werden. Auch hier stellt sich jedoch das Problem, dass insbesondere die Ionisationsstrommessung durch eine Änderung der thermischen Kopplung zwischen dem Brenner und der Zündelektrode, beispielsweise durch Alterung der Zündelektrode, beeinflusst werden kann, und damit keine ausreichend hohe Genauigkeit, wie sie beispielsweise zur Luftzahlregelung erforderlich wäre, bietet.

**[0009]** Aus der Druckschrift EP 1591723 A2 schließlich ist eine Elektrode mit einem Isolierkeramikkörper und einem von der Flamme beaufschlagten Bereich aus einem elektrisch leitfähigen Keramikkörper bekannt. Diese Elektrode ist besonders korrosionsfest und kann entsprechend ihrer konkreten Anordnung in einem Brenner entweder als Elektrode zur Ionisationsstrommessung oder als Teil eines Zündelektrodenpaares eingesetzt werden.

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0010]** Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Luftzahlregelung eines Brenners, insbesondere eines Öl- oder Gasbrenners, zu schaffen, die frei von den obengenannten Problemen sind. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, mit einfachen Mitteln eine Kalibration der Luftzahlbestimmung zu ermöglichen. Es ist eine weitere Aufgabe der Erfindung, die Qualität der Luftzahlbestimmung zu erhöhen.

**[0011]** Zur Lösung dieser Aufgaben werden das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9 vorgeschlagen. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

**[0012]** Gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Verfahren zur Luftzahlregelung eines Brenners vorgeschlagen, insbesondere eines Gas- oder Ölbrenners, mit einer Zündelektrode, Mitteln zur Erzeugung einer Zündspannung, die mit der Zündelektrode verbindbar sind, und einer Ionisationselektrode, die mit einer Ionisationsspannung beaufschlagbar ist, wobei das Verfahren Trennen der Zündelektrode von den Mitteln zu Erzeugung der Zündspannung, Erfassen eines ersten elektrischen Signals an der Ionisationselektrode und Ableiten eines ersten von einer Luftzahl abhängigen Signals in Abhängigkeit von dem ersten elektrischen Signal, Erfassen eines zweiten elektrischen Signals an der Zündelektrode, und Ableiten eines zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals in Abhängigkeit von dem zweiten elektrischen Signal, Bestimmung einer Regelgröße für den Brennerbetrieb in Abhängigkeit von dem ersten von der

Luftzahl abhängigen Signal und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal, Vergleichen des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals, und sofern eine Differenz des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals einen Schwellwert überschreitet, Ausführen eines Kalibrationsvorgangs zur Korrektur des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals umfasst.

**[0013]** Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass neben dem Ionisationsstrom die Flammentemperatur als zweite Größe zur Luftzahlregelung und zur Kalibration der Luftzahlbestimmung verwendet werden kann. Auch aus der Flammentemperatur kann, bei bekannter Brennerleistung, die Luftzahl des Gas-Brennstoff-Gemisches mit hoher Genauigkeit verlässlich abgeleitet werden. Allerdings ist nach Erkenntnis der Erfinder die Flammentemperatur für sich genommen nicht als Führungsgröße zur Luftzahlregelung geeignet, da die Flammentemperatur erfassende Temperaturfühler aufgrund einer endlichen Aufheizzeit nur mit einer zeitlichen Verzögerung auf auftretende Änderungen der Flammentemperatur reagieren können. Typischerweise ergeben sich daraus für die Bestimmung der Luftzahl Verzögerungen von etwa ein bis drei Sekunden. Eine Luftzahlregelung alleine auf Grundlage der Flammentemperatur würde daher zu erhöhtem Schadstoffausstoß und reduzierter Effizienz der Verbrennung führen. Aufgrund der zeitlichen Verzögerung bei der Erfassung der Flammentemperatur ist die Flammentemperatur außerdem nicht zur Detektion der Flamme, also als Detektionsgröße für einen sogenannten Flammenwächter, geeignet.

**[0014]** Dennoch ist, wie die Erfinder erkannt haben, die Flammentemperatur sehr wohl als Kalibrationsgröße für die Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung geeignet. Hierzu ist lediglich ein stabiler Zustand des Brenners herzustellen, so dass die zeitliche Verzögerung der Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung keinen Einfluss auf die Bestimmung der Luftzahl hat. In einem solchen stabilen Zustand kann dann durch Vergleich der mittels Ionisationsstrommessung und Flammentemperaturmessung ermittelten Luftzahlwerte die Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung kalibriert werden. Durch die Erfassung zweier voneinander unabhängiger, von der Luftzahl abhängiger Signale kann somit die Notwendigkeit der Kalibration der Luftzahlbestimmung auf Grundlage des Ionisationsstromes erkannt, und dann in einfacher Art und Weise durchgeführt werden. Ein Absenken der Luftzahl in den Luftzahlbereichs  $\lambda=1$  in regelmäßigen Abständen unter Inkaufnahme der oben geschilderten Nachteile ist damit nicht erforderlich.

**[0015]** Auch für die Luftzahlregelung selbst ergeben sich aus dem erfindungsgemäßen Verfahren mehrere Vorteile. Zunächst wird durch das gleichzeitige Vorliegen eines ersten von der Luftzahl abhängigen Signals, das von einem Ionisationsstrom abgeleitet wird, und eines zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals, das von der

Flammentemperatur abgeleitet wird, ein vollständig zweikanaliges System mit erhöhter Fehlersicherheit geschaffen. Insbesondere kann in diesem auch bei Wegfall eines der beiden Signale, beispielsweise durch einen Fehler an der entsprechenden Elektrode oder der entsprechenden Signalleitung, ein Notfallbetrieb aufrechterhalten werden, in dem die Luftzahl weiterhin, wenn auch mit Einschränkungen, geregelt werden kann.

**[0016]** Zudem vereint das vorgeschlagene Verfahren in vorteilhafter Weise die kurze Ansprechzeit der Ionisationsstrommessung mit der Verlässlichkeit und Genauigkeit der Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung. Da der Luftzahlregelung sowohl ein erstes von der Luftzahl abhängiges Signal, das von einem Ionisationsstrom abgeleitet wird, als auch ein zweites von der Luftzahl abhängiges Signal, das von der Flammentemperatur abgeleitet wird, zur Verfügung stehen, eröffnen sich zahlreiche vorteilhafte Möglichkeiten der Signalauswertung. Beispielsweise kann so auf Änderungen der Umgebungsbedingungen oder der Brennstoffqualität, die sich in einer Änderung der Luftzahl niederschlagen, anhand der in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom bestimmten tatsächlichen Luftzahl mit sehr kurzer Ansprechzeit reagiert werden, wodurch der Brenner stets im Bereich der optimalen Luftzahl betreiben werden kann. Andererseits kann bei gleichbleibenden Umgebungsbedingungen und gleichbleibender Brennstoffqualität die tatsächliche Luftzahl mittels Flammentemperaturmessung sehr genau bestimmt werden, weshalb die Luftzahl sehr genau nachgeregelt werden kann. Hierdurch kann demnach bei gleichbleibenden Umgebungsbedingungen und gleichbleibender Brennstoffqualität ein verbessertes Verbrennungsergebnis erzielt werden.

**[0017]** Damit vereint das erfindungsgemäße Verfahren durch die gleichzeitige Auswertung der Ionisationsstrommessung und der Flammentemperaturmessung nicht nur die Vorteile jeweils einer Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung und einer Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung, sondern bietet darüber hinaus weitere zusätzliche Vorteile, die bei Berücksichtigung nur einer der beiden Möglichkeiten zur Luftzahlbestimmung nicht zu erzielen wären. Zu diesen zusätzlichen Vorteilen zählen zum Beispiel eine erhöhte Ausfallsicherheit des Brenners, eine besonders einfache Kalibrationsmöglichkeit der Luftzahlbestimmung während des laufenden Brennerbetriebs, eine besonders schnell ansprechende Detektion des Erlöschens der Flamme bei gleichzeitig sehr genauer Luftzahlbestimmung, sowie eine besonders schnell ansprechende und gleichzeitig sehr genaue Luftzahlbestimmung.

**[0018]** Zusätzlich haben die Erfinder erkannt, dass die Flammentemperatur unter Ausnutzung des sogenannten glühelektrischen Effekts durch eine an der Zündelektrode des Brenners abgegriffene Spannung in einfacher Weise bestimmbar ist. Diese Zündelektrode ist bei jedem Brenner zwingend im Brennerraum vorhanden und wird, nachdem das Luft-Brennstoff-Gemisch einmal gezündet

worden ist, für den Betrieb des Brenners nicht weiter benötigt. Dadurch ergibt sich insbesondere der Vorteil, dass das erfindungsgemäße Verfahren in kostengünstiger Weise umgesetzt werden kann, und keinerlei bauliche Veränderungen der Brennkammer erforderlich sind, um der Luftzahlregelung das zweite von der Luftzahl abhängige Signal zur Verfügung zu stellen. So ergibt sich zusätzlich die Möglichkeit, bereits bestehende Brennersysteme kostengünstig nachzurüsten.

**[0019]** Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung umfasst der Kalibrationsvorgang Einstellen einer Brennerleistung auf einen vorbestimmten Leistungswert, Erfassen des ersten elektrischen Signals bei dem vorbestimmten Leistungswert und Ableiten des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals bei dem vorbestimmten Leistungswert, Erfassen des zweiten elektrischen Signals bei dem vorbestimmten Leistungswert und Ableiten des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals bei dem vorbestimmten Leistungswert, und Bestimmen einer Kalibrationsgröße in Abhängigkeit von dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signal und dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal.

**[0020]** Vorzugsweise erfolgt die Bestimmung der Kalibrationsgröße durch Bilden eines Verhältnisses des bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signals und des bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals. So kann die Kalibration der Luftzahlbestimmung in besonders einfacher Weise durchgeführt werden.

**[0021]** Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn das erste von der Luftzahl abhängige Signal und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb gleichzeitig vorliegen. Auf diese Weise kann ein zweikanaliges System nach EN 60730-1 Anhang H zur Luftzahlregelung geschaffen werden.

**[0022]** Es wird außerdem vorgeschlagen, dass das erste von der Luftzahl abhängige Signal und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb jeweils mit einem Gewichtungsfaktor gewichtet werden. Vorzugsweise sind diese Gewichtungsfaktoren zeitabhängig. Beispielsweise kann, während eines Zeitraumes in dem sich der Brenner in stabilem Betrieb befindet, das zweite von der Luftzahl abhängige Signal höher gewichtet werden. Dieses weist zwar bei Änderungen der vorliegenden Luftzahl eine längere Ansprechzeit als das erste von der Luftzahl abhängige Signal auf, ermöglicht aber andererseits eine Bestimmung der Luftzahl mit höherer Genauigkeit. Umgekehrt kann, während eines Zeitraumes in dem die vorliegende Luftzahl stark schwankt, das erste von der Luftzahl abhängige Signal höher gewichtet werden.

**[0023]** Gemäß einer Ausgestaltung der Erfindung wird die Luftzahl in Abhängigkeit von der Regelgröße für den Brennerbetrieb geregelt.

**[0024]** Vorzugsweise wird das zweite elektrische Signal einer Verstärkerschaltung zugeführt, und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal aus einem Ausgangssignal der Verstärkerschaltung abgeleitet. Diese Maßnahme ist unter anderem deshalb sinnvoll, da sich das zweite elektrische Signal als sehr klein gegenüber dem ersten elektrischen Signal herausgestellt hat.

**[0025]** Ferner wird vorgeschlagen, dass das Trennen der Zündelektrode von den Mitteln zu Erzeugung der Zündspannung in Abhängigkeit von einem von dem ersten elektrischen Signal abgeleiteten Signal erfolgt. Vorzugsweise erfolgt die Trennung, wenn anhand einer auf Messung des Ionisationsstroms basierenden Flammenüberwachung das Vorhandensein einer Flamme erkannt wurde, und der Zustand des Brenners für stabil befunden wird.

**[0026]** Gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung wird ein Brenner vorgeschlagen, insbesondere ein Gas- oder Ölbrenner, mit einer Zündelektrode, Mitteln zur Erzeugung einer Zündspannung, die mit der Zündelektrode verbindbar sind, Mitteln zum Verbinden der Zündelektrode mit den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung und zum Trennen der Zündelektrode von den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung, einer Ionisationselektrode, die mit einer Ionisationsspannung beaufschlagbar ist, einer Messeinrichtung zum Erfassen eines ersten elektrischen Signals an der Ionisationselektrode und eines zweiten elektrischen Signals an der Zündelektrode, wobei die Zündelektrode als passive Elektrode beschaltet ist, Mitteln zum Ableiten eines ersten von einer Luftzahl abhängigen Signals in Abhängigkeit von dem ersten elektrischen Signal und eines zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals in Abhängigkeit von dem zweiten elektrischen Signal, Mitteln zur Bestimmung einer Regelgröße für den Brennerbetrieb in Abhängigkeit von dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal, Mitteln zum Vergleichen des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals, und Mitteln zum Ausführen eines Kalibrationsvorgangs zur Korrektur des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals, sofern eine Differenz des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals einen Schwellwert überschreitet.

**[0027]** Vorzugsweise sind die Mittel zum Ausführen des Kalibrationsvorgangs ausgebildet zum Einstellen einer Brennerleistung auf einen vorbestimmten Leistungswert, und zur Bestimmung einer Kalibrationsgröße in Abhängigkeit von dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signal und dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal.

**[0028]** Die Mittel zum Ausführen des Kalibrationsvorgangs sind vorzugsweise ausgestaltet zur Bestimmung der Kalibrationsgröße durch Bilden eines Verhältnisses des bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signals und des bei

dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals.

**[0029]** Gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist der Brenner so ausgestaltet, dass das erste von der Luftzahl abhängige Signal und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb gleichzeitig an den Mitteln zur Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb anliegen.

**[0030]** Vorzugsweise sind die Mittel zur Bestimmung der Regelgröße so ausgestaltet, dass das erste von der Luftzahl abhängige Signal und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb jeweils mit einem Gewichtungsfaktor gewichtet werden.

**[0031]** Der erfindungsgemäße Brenner kann ferner Mittel zur Regelung der Luftzahl in Abhängigkeit von der Regelgröße für den Brennerbetrieb umfassen.

**[0032]** Vorzugsweise umfasst der Brenner eine Verstärkerschaltung, der das zweite elektrische Signal zugeführt wird, wobei das zweite von der Luftzahl abhängige Signal aus einem Ausgangssignal der Verstärkerschaltung abgeleitet wird.

**[0033]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung trennen die Mittel zum Trennen der Zündelektrode von den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung die Zündelektrode von den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung in Abhängigkeit von einem von dem ersten elektrischen Signal abgeleiteten Signal.

### Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0034]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen, auf die jedoch die Erfindung in ihrem Umfang nicht beschränkt ist, ergeben sich aus der folgenden Beschreibung anhand der Zeichnung. Es zeigen im Einzelnen:

**Figur 1** eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Brenners

**Figur 2** ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Brenners

**Figur 3** ein Flussdiagramm zur Illustration des erfindungsgemäßen Verfahrens

### Ausführliche Beschreibung der Erfindung

**[0035]** Ein erfindungsgemäßer Brenner ist in Figur 1 schematisch dargestellt. Im Folgenden soll nur auf Gasbrenner Bezug genommen werden, wobei jedoch für den Fachmann unmittelbar ersichtlich ist, dass, und in welcher Form die vorliegende Erfindung auch auf Ölbrenner anwendbar ist.

**[0036]** Gemäß **Figur 1** besitzt der Brenner eine Brennkammer 101, in der unter Zuführung eines Luft-Brennstoffgemisches ein Verbrennungsvorgang ablaufen kann, und in die eine Ionisationselektrode 103 und eine

Zünderlektrode 102 hineinragen. Die Ionisationselektrode 103 steht mit Mitteln zur Erzeugung einer Ionisationsspannung (nicht gezeigt) und mit einer Messeinrichtung 106, die ein erstes elektrisches Signal 115a von der Ionisationselektrode erfasst, in Verbindung. Bei der Ionisationsspannung handelt es sich hierbei um eine Wechselspannung, und bei dem ersten elektrischen Signal 115a um den von der Ionisationselektrode abfließenden Ionisationsstrom, welcher ein Gleichstrom ist, oder um eine dem Ionisationsstrom entsprechende Spannung.

**[0037]** Die Zünderlektrode 102 steht mit einer Einrichtung zur Erzeugung einer Zündspannung 104 so in Verbindung, dass die Zünderlektrode 102 von der Einrichtung zur Erzeugung einer Zündspannung 104 getrennt werden kann. Dies kann durch zwischen die Zünderlektrode 102 und die Einrichtung zur Erzeugung einer Zündspannung 104 geschaltete Trennungsmittel 105 geschehen, welche beispielsweise als eine Schalteranordnung realisiert sein können. Dabei sind die Trennungsmittel 105 insbesondere so eingerichtet, dass nach einer Trennung der Zünderlektrode 102 von der Einrichtung zur Erzeugung einer Zündspannung 104 die Zünderlektrode 102 als eine passive Elektrode beschaltet ist. Durch die Messeinrichtung 106 kann ein zweites elektrisches Signal 115b von der Zünderlektrode 102 erfasst werden, beispielsweise kann eine an der passiv geschalteten Zünderlektrode 102 anliegende Spannung, die sich aufgrund des glühelektrischen Effekts aufbaut, und die von der Temperatur der Zünderlektrode 102 abhängig ist, abgegriffen werden. Da die an der passiv geschalteten Zünderlektrode 102 abgegriffene Spannung sehr klein gegenüber der dem von der Ionisationselektrode abfließenden Ionisationsstrom entsprechenden Spannung ist, ist es zweckmäßig, wenn das zweite elektrische Signal 115b einer Verstärkerschaltung zugeführt wird. Diese Verstärkerschaltung kann Bestandteil der Messeinrichtung 106 sein.

**[0038]** Der obengenannte glühelektrische Effekt (auch Richardson-Effekt, Edison-Effekt oder Edison-Richardson-Effekt, siehe beispielweise Neil W. Ashcroft, N. David Mermin: Solid State Physics. Saunders College Publishing, New York 1976, S. 362-364) bezeichnet die Tatsache, dass aus einer beheizten Metallelektrode oberhalb einer materialabhängigen Mindesttemperatur Elektronen die Austrittsarbeit überwinden, und aus der Elektrode austreten können. Der dadurch erzeugte Strom erlaubt es, auf die Temperatur der Elektrode zu schließen.

**[0039]** Weiterhin stehen die Trennungsmittel 105 mit der Messeinrichtung 106 in Verbindung und können Signale von der Messeinrichtung 106 empfangen. So kann in Abhängigkeit von einem Signal, das abgeleitet wird von dem von der Ionisationselektrode erfassten ersten elektrischen Signal 115a, welches in im Stand der Technik bekannter Weise zur Erkennung einer Flamme in der Brennkammer 101 verwendet werden kann die Zünderlektrode 102 von der Einrichtung zur Erzeugung einer Zündspannung 104 mittels der Trennungsmittel 105 ge-

trennt werden. Konkret wird gemäß der Erfindung die Zünderlektrode 102 dann von der Einrichtung zur Erzeugung einer Zündspannung 104 getrennt, wenn mittels Ionisationsstrommessung eine stabile Flamme erkannt worden ist.

**[0040]** Die Messeinrichtung 106 steht in Verbindung mit einer Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107, welche in Abhängigkeit von dem von der Messeinrichtung 106 erfassten ersten elektrischen Signal 115a ein erstes von der Luftzahl abhängiges Signal 116a und in Abhängigkeit von dem von der Messeinrichtung 106 erfassten zweiten elektrischen Signal 115b ein zweites von der Luftzahl abhängiges Signal 116b ableitet. Hierfür sind in der Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107 Kennlinien hinterlegt, die es erlauben, bei jeweils bekannter Brennerleistung aus den von der Ionisationselektrode 103 und der Zünderlektrode 102 erfassten elektrischen Signalen 115a, 115b die Luftzahl abzuleiten. Entsprechend kann die Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107 für eine Reihe von Brennerleistungen auf jeweils eine Kennlinie zurückgreifen, die den Ionisationsstrom und die Luftzahl zueinander in Relation setzt, und eine Kennlinie die die Flammentemperatur, beziehungsweise den von der Zünderlektrode 102 abfließenden Strom, und die Luftzahl zueinander in Relation setzt. Sind für eine tatsächliche Brennerleistung keine Kennlinien verfügbar, wird die Luftzahl jeweils durch Interpolation der den nächstkommenden Brennerleistungen entsprechenden Kennlinien bestimmt.

**[0041]** Die Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107 wiederum steht in Verbindung mit einer Einrichtung zum Bestimmen einer Regelgröße für den Brennerbetrieb 108 und einem Vergleicher 109, an welche das erste von der Luftzahl abhängige Signal 116a und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116b jeweils übertragen werden.

**[0042]** In Abhängigkeit von dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b bestimmt die Einrichtung zum Bestimmen einer Regelgröße 108 eine Regelgröße für den Brennerbetrieb. Zusätzlich kann in die Bestimmung der Regelgröße eine Leistungsvorgabe des Brenners oder eine der momentanen Leistung entsprechende Gebläsedrehzahl eingehen. Die Einrichtung zum Bestimmen einer Regelgröße 108 steht in Verbindung mit einer Brennersteuerung 112 und überträgt ein der Regelgröße für den Brennerbetrieb entsprechendes Signal an die Brennersteuerung 112, welche in Abhängigkeit von diesem Signal/der Regelgröße den Brenner steuert. Die Brennersteuerung 112 soll später anhand der **Figur 2** näher beschrieben werden.

**[0043]** Während des Brennerbetriebs kann sich die Beziehung zwischen der Luftzahl und dem gemessenen Ionisationsstrom ändern. Dazu kann es beispielsweise durch Alterung, Verschleiß, Verschmutzen oder Verbiegen der Ionisationselektrode 103 oder durch ein Verrücken der Brennkammer 101 kommen. Folglich kann die durch das erste von der Luftzahl abhängige Signal 116a

indizierte Luftzahl von der tatsächlichen, im Luft-Brennstoffgemisch der Brennkammer 101 vorliegenden Luftzahl abweichen, wodurch die Qualität der Luftzahlregelung verschlechtert wird. Die obengenannten nachteiligen Effekte, die die Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung beeinflussen, haben jedoch kaum Einfluss auf die Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung. Eine Abweichung zwischen der mittels Ionisationsstrommessung bestimmten Luftzahl und der mittels Flammentemperaturmessung bestimmten Luftzahl lässt daher auf die Notwendigkeit einer Neukalibration der Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung schließen.

**[0044]** Entsprechend vergleicht der Vergleicher 109 das erste von der Luftzahl abhängige Signal 116a und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116b miteinander. Sofern im Folgenden nicht ohnehin ausdrücklich angegeben, kann sich ein solcher Vergleich auch auf den Vergleich einer Luftzahl  $\lambda_{Ion}$ , die aus dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a gewonnen wird und einer Luftzahl  $\lambda_{Temp}$ , die aus dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b gewonnen wird, beziehen. Wird bei dem Vergleich eine Abweichung festgestellt, die ein vorbestimmtes Maß überschreitet, wird ein Signal an eine Kalibrationseinrichtung 110, welche in Verbindung mit dem Vergleicher 109 steht, ausgegeben. In Antwort auf dieses Signal führt die Kalibrationseinrichtung 110 einen Kalibrationsvorgang aus. Um den Kalibrationsvorgang ausführen zu können, muss die Kalibrationseinrichtung 110 in der Lage sein, Steuerbefehle an die Brennersteuerung 112, an die Messeinrichtung 106 und an die Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107 zu übertragen. Um dies zu gewährleisten, steht die Kalibrationseinrichtung 110 mit der Brennersteuerung 112 in Verbindung und kann Vorgaben für Betriebsparameter, wie beispielsweise die Brennerleistung, an diese übermitteln. Gleichsam steht, obwohl in **Figur 1** nicht ausdrücklich gezeigt, die Kalibrationseinrichtung 110 auch mit der Messeinrichtung 106 und der Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107 in Verbindung und kann Befehle, beispielsweise zur Erfassung des ersten und zweiten elektrischen Signals 115a, 115b oder zum Ableiten des ersten und zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a, 116b, jeweils an diese übertragen.

**[0045]** Zur Bewertung, ob eine ein vorbestimmtes Maß überschreitende Abweichung zwischen dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b vorliegt, kann der Vergleicher 109 zur Durchführung einer Reihe von Vergleichsverfahren eingerichtet sein. Beispielsweise kann die Differenz der beiden Signale mit einem vorbestimmten Schwellwert verglichen werden. Der vorbestimmte Schwellwert kann dabei von der tatsächlichen Brennerleistung, oder einem Mittelwert der beiden von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b abhängig sein. Auch ist denkbar, dass der Vergleicher 109 das zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116b, das einem aktuellen Zeitpunkt entspricht, mit dem ersten von

der Luftzahl abhängigen Signal 116a, das einem um eine Zeitdifferenz  $\Delta t$  vor dem aktuellen Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt entspricht, vergleicht, um so dem verzögerten Ansprechen der Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung Rechnung zu tragen. Wie oben bereits bemerkt, können die hier beschriebenen Vergleichsmethoden auch anhand der aus dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a gewonnenen Luftzahl  $\lambda_{Ion}$  und der aus dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b gewonnenen Luftzahl  $\lambda_{Temp}$  erfolgen.

**[0046]** Die Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107, die Einrichtung zum Bestimmen einer Regelgröße 108, der Vergleicher 109 und die Kalibrationseinrichtung 110 sind Bestandteile einer Regelschaltung 111. Diese Regelschaltung 111 kann als Hardware, Software, oder als Kombination der beiden realisiert sein.

**[0047]** Die Brennersteuerung 112 umfasst eine Gebläsesteuerung 113 zur Steuerung der Drehzahl eines Luftgebläses 232 (siehe **Figur 2**), welche die in die Brennkammer 101 eingeblasene Luftmenge, und somit die Brennerleistung, regelt, sowie eine Ventilsteuerung 114 zur Steuerung eines Gasventils 243 (siehe **Figur 2**), welche die in die Brennkammer 101 einströmende Gasmenge regelt. Die Brennersteuerung 112 soll anhand der **Figur 2** näher beschrieben werden.

**[0048]** **Figur 2** zeigt ein Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Brenners. Elemente des Brenners, die den in **Figur 1** gezeigten entsprechen, sind durch gleiche Bezugszeichen gekennzeichnet. Hauptbestandteile des Brenners der **Figur 2** sind die Brennkammer 101, die Gebläsesteuerung 113, die Ventilsteuerung 114 und die Einrichtung zum Bestimmen einer Regelgröße 108.

**[0049]** Die Gebläsesteuerung 113 umfasst ein Gebläse 232, einen Drehzahlsensor 233, sowie einen Regler 231. Das Gebläse 232 bläst Verbrennungsluft in die Brennkammer 101, beziehungsweise in eine daran angeschlossene Vorkammer, in der die Verbrennungsluft mit Gas als dem Brennstoff vorgemischt wird. Der Drehzahlsensor 233, der als Hall-Sensor ausgestaltet sein kann, erfasst die momentane Drehzahl des Gebläses 232. Die tatsächliche Brennerleistung ist von der Drehzahl des Gebläses 232 abhängig. Entsprechend kann dem Regler 231 eine Leistungsvorgabe 210 vorgegeben werden. Der Regler 231 überträgt die Leistungsvorgabe 210 in eine Vorgabe für die Gebläsedrehzahl, beispielsweise unter Verwendung einer Gebläsedrehzahl-Leistungs-Kennlinie, und steuert das Gebläse in Abhängigkeit von der Vorgabe für die Gebläsedrehzahl und der durch den Drehzahlsensor 233 erfassten momentanen Gebläsedrehzahl. Der Regler 231 kann dabei ein Proportional-Integral-Derivative (PID) Regler sein, und die Steuerung des Gebläses kann mittels Pulsweitenmodulation (PWM) erfolgen.

**[0050]** Die Ventilsteuerung 114 umfasst ein Gasventil 243, eine Einrichtung 242 zur Einstellung eines Öffnungsgrades  $I$  des Gasventils, einen Öffnungsgradsensor 244, sowie einen Regler 241. Über das Gasventil 243

strömt Gas in die Brennkammer 101, beziehungsweise in eine daran angeschlossene Vorkammer, in der das Gas mit Verbrennungsluft vorgemischt wird. Der Öffnungsgradsensor 244 erfasst den momentanen Öffnungsgrad  $I$  des Gasventils 243. Dem Regler 241 kann eine Stellgröße, beispielsweise eine Vorgabe für den Öffnungsgrad  $I$ , vorgegeben werden. Der Regler 241 steuert das Gasventil 243 mittels der Einrichtung 242 zur Einstellung des Öffnungsgrades des Gasventils in Abhängigkeit von dem durch den Öffnungsgradsensor 244 erfassten momentanen Öffnungsgrad  $I$  und der Vorgabe für den Öffnungsgrad  $I$ . Der Regler 241 kann dabei ein PID Regler sein, und die Steuerung des Gasventils 243 kann mittels PWM erfolgen. Erfolgt die Steuerung des Gasventils 243 mittels PWM, kann der Öffnungsgradsensor 244 einen Strom der Einrichtung 242 zur Einstellung des Öffnungsgrades  $I$  des Gasventils erfassen und an den Regler 241 übertragen, und die Vorgabe für den Öffnungsgrad  $I$  des Gasventils 243 kann eine Vorgabe für den Modulationsstrom sein. Die Einrichtung 242 zur Einstellung des Öffnungsgrades des Gasventils und das Gasventil 243 bilden in diesem Fall ein Modulationsventil.

**[0051]** Die Einrichtung zum Bestimmen einer Regelgröße 108 umfasst eine Bestimmungseinrichtung 282 zur Bestimmung einer relativen Gebläsedrehzahl  $N_{rel}$ , bezogen auf eine maximale Gebläsedrehzahl  $N_{max}$ , eine Bestimmungseinrichtung 284 zur Bestimmung eines Verbrennungsluftdurchsatzes  $Q_{Luft}$ , eine Bestimmungseinrichtung 281 zur Bestimmung eines Durchsatzverhältnisses  $K$ , eine Bestimmungseinrichtung 283 zur Bestimmung eines Gasdurchsatzes  $Q_{Gas}$ , eine Bestimmungseinrichtung 285 zur Bestimmung eines relativen Öffnungsgrades des Gasventils  $I_{rel}$  bezogen auf einen maximalen Öffnungsgrad  $I_{max}$ , und eine Bestimmungseinrichtung 286 zur Bestimmung eines Öffnungsgrades  $I$  des Gasventils.

**[0052]** Die Bestimmungseinrichtung 282 zur Bestimmung einer relativen Gebläsedrehzahl  $I_{rel}$  empfängt ein die momentane Gebläsedrehzahl  $N$  anzeigendes Signal von der Gebläsesteuerung 113, bestimmt auf Grundlage dieses Signals und der hinterlegten maximalen Gebläsedrehzahl  $N_{max}$  eine momentane relative Gebläsedrehzahl  $N_{rel}$ , und gibt ein die so bestimmte momentane relative Gebläsedrehzahl  $N_{rel}$  anzeigendes Signal an die Bestimmungseinrichtung 284 zur Bestimmung des Verbrennungsluftdurchsatzes  $Q_{Luft}$  aus. Die Bestimmungseinrichtung 284 zur Bestimmung des Verbrennungsluftdurchsatzes  $Q_{Luft}$  bestimmt, unter Verwendung einer Gebläsekennlinie, aus der momentanen relativen Gebläsedrehzahl  $N_{rel}$  den momentanen Luftdurchsatz  $Q_{Luft}$  und gibt ein den so bestimmten momentanen Luftdurchsatz  $Q_{Luft}$  anzeigendes Signal an die Bestimmungseinrichtung 283 zur Bestimmung des Gasdurchsatzes  $Q_{Gas}$  aus. Die Gebläsekennlinie enthält eine Vielzahl von Wertepaaren ( $N_{rel}$ ,  $Q_{Luft}$ ), und setzt so die relative Gebläsedrehzahl  $N_{rel}$  und den Luftdurchsatz  $Q_{Luft}$  in Relation zueinander.

**[0053]** Das erste von der Luftzahl abhängige Signal

116a, welches ausgehend von dem erfassten Ionisationsstrom abgeleitet wurde, und das zweite von der Luftzahl Signal 116b, welches ausgehend von der erfassten Flammentemperatur abgeleitet wurde, werden der Bestimmungseinrichtung 281 zur Bestimmung des Durchsatzverhältnisses  $K$  zugeführt. Auf Grundlage dieser Signale 116a, 116b wird die momentane Luftzahl bestimmt, beispielsweise durch Durchschnittsbildung der den beiden Signalen 116a, 116b entsprechend ermittelten Luftzahlen  $\lambda_{Ion}$  und  $\lambda_{Temp}$ . Hierzu können die von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b, beziehungsweise die den jeweiligen von der Luftzahl abhängigen Signalen 116a, 116b entsprechend ermittelten Luftzahlen  $\lambda_{Ion}$  und  $\lambda_{Temp}$  mit jeweils einem Gewichtungsfaktor versehen werden, so dass beispielsweise die Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung höher gewichtet werden kann als die Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung, oder umgekehrt.

**[0054]** Wie oben ausgeführt, hat die Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung den Vorteil, dass sie Schwankungen der tatsächlichen Luftzahl mit sehr kurzer zeitlicher Verzögerung folgt, während die Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung der tatsächlichen Entwicklung der Luftzahl zwar mit einiger zeitlicher Verzögerung folgt (etwa ein bis drei Sekunden), aber den Vorteil größerer Genauigkeit und Verlässlichkeit besitzt. Somit hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Gewichtungsfaktoren in Abhängigkeit von Veränderungen der Luftzahl zeitlich veränderlich zu gestalten. Beispielsweise kann in Perioden nur kleiner Schwankungen der Luftzahl die Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung entsprechend höher gewichtet werden, was die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Luftzahlbestimmung verbessert. Andererseits kann in Perioden starker Schwankungen der Luftzahl die Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung entsprechend höher gewichtet werden, um das Ansprechverhalten der Luftzahlregelung zu verbessern. Rückschlüsse auf die Stärke der Schwankungen der tatsächlichen Luftzahl können aus beiden der von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b, insbesondere jedoch aus dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a, gezogen werden.

**[0055]** Durch Vergleich der so bestimmten momentanen Luftzahl mit einer vorgegebenen (optimalen) Luftzahl ermittelt die Bestimmungseinrichtung 281 zur Bestimmung des Durchsatzverhältnisses  $K$  eine Vorgabe für das Durchsatzverhältnis  $K$ , welches das Verhältnis von Gasdurchsatz  $Q_{Gas}$  zu Luftdurchsatz  $Q_{Luft}$  angibt, oder eine Vorgabe für eine relative Änderung des momentanen Durchsatzverhältnisses  $K$ , und gibt diese Vorgabe, oder ein die Vorgabe anzeigendes Signal, an die Bestimmungseinrichtung 283 zur Bestimmung des Gasdurchsatzes  $Q_{Gas}$  aus. Die Bestimmungseinrichtung 283 zur Bestimmung des Gasdurchsatzes  $Q_{Gas}$  ermittelt auf Grundlage des von der Bestimmungseinrichtung 284 zur Bestimmung des Verbrennungsluftdurchsatzes  $Q_{Luft}$  zugeführten momentanen Luft-

durchsatzes  $Q_{Luft}$  und der Vorgabe für das Durchsatzverhältnis  $K$ , oder der Vorgabe für die relative Änderung des momentanen Durchsatzverhältnisses, eine Vorgabe für den Gasdurchsatz  $Q_{Gas}$  und gibt ein diese Vorgabe anzeigendes Signal an die Bestimmungseinrichtung 285 zur Bestimmung des relativen Öffnungsgrades  $I_{rel}$  des Gasventils aus.

**[0056]** Die Bestimmungseinrichtung 285 zur Bestimmung des relativen Öffnungsgrades  $I_{rel}$  des Gasventils bestimmt, unter Verwendung einer Gasventilkennlinie aus der Vorgabe für den Gasdurchsatz  $Q_{Gas}$  oder der Vorgabe für die relative Änderung des momentanen Gasdurchsatzes  $Q_{Gas}$  eine Vorgabe für einen relativen Öffnungsgrad  $I_{rel}$  des Gasventils 243 und gibt ein die so bestimmte Vorgabe anzeigendes Signal an die Bestimmungseinrichtung 286 zur Bestimmung des Öffnungsgrades  $I$  des Gasventils aus. Die Gasventilkennlinie enthält eine Vielzahl von Wertepaaren ( $I_{rel}$ ,  $Q_{Gas}$ ), und setzt so den relativen Öffnungsgrad  $I_{rel}$  des Gasventils 243 und den Gasdurchsatz  $Q_{Gas}$  in Relation zueinander.

**[0057]** Die Bestimmungseinrichtung 286 zur Bestimmung des Öffnungsgrades  $I$  des Gasventils bestimmt, auf Grundlage der Vorgabe für den relativen Öffnungsgrad  $I_{rel}$  des Gasventils 243 und dem hinterlegten maximalen Öffnungsgrad  $I_{max}$  des Gasventils 243 eine Vorgabe für den Öffnungsgrad  $I$  des Gasventils 243 als Stellgröße für das Gasventil 243 und gibt ein die so bestimmte Vorgabe anzeigendes Signal an den Regler 241 in der Gasventilsteuering 114 aus.

**[0058]** Damit kann die Einrichtung zur Bestimmung einer Regelgröße 108 anhand des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals 116b Abweichungen der momentanen Luftzahl von der vorgegebenen (optimalen) Luftzahl reagieren und die Luftzahl entsprechend nachregeln. Liegt die momentane Luftzahl über der vorgegebenen Luftzahl, kann die Luftzahl beispielsweise durch Erhöhung der Gaszufuhr abgesenkt werden. Liegt die momentane Luftzahl im anderen Fall unter der vorgegebenen Luftzahl, kann die Luftzahl beispielsweise durch Verringern der Gaszufuhr erhöht werden.

**[0059]** Im Flussdiagramm der **Figur 3** ist ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Betrieb des Brenners, insbesondere zur Kalibration der Luftzahlbestimmung, gezeigt.

**[0060]** Zunächst wird (in **Figur 3** nicht gezeigt) die Zündelektrode 102 von der Einrichtung zur Erzeugung einer Zündspannung 104 mittels der Trennungsmittel 105 getrennt. Konkret erfolgt die Trennung der Zündelektrode 102 erfindungsgemäß dann von der Einrichtung zur Erzeugung der Zündspannung 104, wenn mittels Ionisationsstrommessung eine stabile Flamme erkannt worden ist.

**[0061]** Darauf werden in Schritt S301 das erste elektrische Signal 115a (von der Ionisationselektrode 103) und das zweite elektrische Signal 115b (von der Zündelektrode 102) erfasst. Im folgenden Schritt S302 wird

aus dem ersten elektrischen Signal 115a das erste von der Luftzahl abhängige Signal 116a und aus dem zweiten elektrischen Signal 115b das zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116b abgeleitet. Hierfür sind Kennlinien hinterlegt, die es erlauben, bei jeweils bekannter Brennerleistung aus den an der Ionisationselektrode 103 und der Zündelektrode 102 erfassten elektrischen Signalen 115a, 115b jeweils die Luftzahl abzuleiten. Entsprechend kann für eine Reihe von Brennerleistungen auf jeweils eine Kennlinie zurückgegriffen werden, die den Ionisationsstrom und die Luftzahl zueinander in Relation setzt, und eine Kennlinie die die Flammentemperatur, beziehungsweise den von der Zündelektrode 102 abfließenden Strom und die Luftzahl zueinander in Relation setzt. Sind für eine tatsächliche Brennerleistung keine Kennlinien verfügbar, wird die Luftzahl jeweils durch Interpolation der den nächstkommenden Brennerleistungen entsprechenden Kennlinien bestimmt.

**[0062]** Das erste von der Luftzahl abhängige Signal 116a und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116b, beziehungsweise die aus den beiden von der Luftzahl abhängigen Signalen 116a, 116b gewonnenen Luftzahlen werden in Schritt S303 miteinander verglichen, und es wird ermittelt, ob eine ein vorgegebenes Maß überschreitende Abweichung zwischen den beiden von der Luftzahl abhängigen Signalen 116a, 116b, beziehungsweise den jeweils daraus gewonnenen Luftzahlen  $\lambda_{Ion}$ ,  $\lambda_{Temp}$ , vorliegt. Liegt keine solche Abweichung vor, fährt das Verfahren mit Schritt S304 fort, andernfalls mit Schritt S305.

**[0063]** Die Ermittlung, ob eine das vorgegebene Maß überschreitende Abweichung zwischen den beiden von der Luftzahl abhängigen Signalen 116a, 116b vorliegt, kann auf verschiedene Arten erfolgen. So kann beispielsweise ein Vergleich der Differenz der beiden von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b, beziehungsweise der daraus gewonnenen Luftzahlen  $\lambda_{Ion}$ ,  $\lambda_{Temp}$ , mit einem vorbestimmten Schwellwert erfolgen. Dabei kann der vorbestimmte Schwellwert von der tatsächlichen Brennerleistung, oder einem Mittelwert der beiden von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b, beziehungsweise der daraus gewonnenen Luftzahlen  $\lambda_{Ion}$ ,  $\lambda_{Temp}$ , abhängig sein. Auch ist denkbar, dass ein Vergleich zwischen dem zweiten von der Luftzahl abhängige Signal 116b (oder der daraus gewonnenen Luftzahl  $\lambda_{Temp}$ ), das einem aktuellen Zeitpunkt entspricht, und dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a (oder der daraus gewonnenen Luftzahl  $\lambda_{Ion}$ ), das einem um eine Zeitdifferenz  $\Delta t$  vor dem aktuellen Zeitpunkt liegenden Zeitpunkt entspricht, durchgeführt wird, um so dem verzögerten Ansprechen der Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung Rechnung zu tragen.

**[0064]** In Schritt S304 wird in Abhängigkeit von dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b eine Regelgröße für den Brennerbetrieb bestimmt. Hierzu wird eine auf Grundlage der beiden von der Luftzahl ab-

hängigen Signale 116a, 116b ermittelte Luftzahl mit einer Vorgabe für die Luftzahl verglichen, und in Abhängigkeit von dem Ergebnis dieses Vergleichs die Regelgröße bestimmt. Bei der Regelgröße kann es sich zum Beispiel um eine Vorgabe für einen Gasdurchsatz  $Q_{Gas}$ , eine Vorgabe für einen relativen Öffnungsgrad  $I_{rel}$  des Gasventils 243, eine Vorgabe für einen Öffnungsgrad  $I$  des Gasventils 243, oder eine Vorgabe einer Steuer- oder Stellgröße für das Gasventil 243, wie eines Modulationsstromes, handeln. Auch kann es sich bei der Regelgröße um eine Vorgabe für eine relative Änderung der oben genannten Größen handeln. In die Bestimmung der Regelgröße können neben den beiden von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b auch die momentane Brennerleistung oder die momentane Gebläsedrehzahl  $N$ , über welche die momentane Brennerleistung geregelt werden kann, eingehen.

**[0065]** Die Ermittlung der momentanen Luftzahl auf Grundlage der beiden von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b kann durch Durchschnittsbildung der beiden den von der Luftzahl abhängigen Signalen 116a, 116b entsprechenden Luftzahlen erfolgen. Dabei können das erste von der Luftzahl abhängige Signal 116a und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116b, beziehungsweise die daraus gewonnenen Luftzahlen  $\lambda_{lon}$ ,  $\lambda_{Temp}$ , unterschiedlich gewichtet werden. Beispielsweise kann die momentane Luftzahl wie folgt ermittelt werden. Aus dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a wird die mittels Ionisationsstrommessung bestimmte Luftzahl  $\lambda_{lon}$ , und aus dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b wird die mittels Flammentemperaturmessung bestimmte Luftzahl  $\lambda_{Temp}$  extrahiert. Die momentane Luftzahl  $\lambda$  kann dann mittels der Gleichung  $\lambda = (A \cdot \lambda_{lon} + B \cdot \lambda_{Temp}) / (A + B)$  bestimmt werden. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, die Gewichtung der von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b in Abhängigkeit von Veränderungen der Luftzahl zeitlich veränderlich zu gestalten. In Perioden nur kleiner Schwankungen der Luftzahl kann die Luftzahlbestimmung mittels Flammentemperaturmessung entsprechend höher gewichtet werden ( $B > A$ ), was die Genauigkeit und Verlässlichkeit der Luftzahlbestimmung verbessert. Andererseits kann in Perioden starker Schwankungen der Luftzahl die Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung entsprechend höher gewichtet werden ( $A > B$ ), um das Ansprechverhalten der Luftzahlregelung zu verbessern. Rückschlüsse auf die Stärke der Schwankungen der tatsächlichen Luftzahl können aus beiden der von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b, insbesondere jedoch aus dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a, gezogen werden. In Extremfällen kann einer der beiden Gewichtungsfaktoren  $A$ ,  $B$  auf null gesetzt werden, beispielsweise im Notfallbetrieb. Nach Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb kehrt das erfindungsgemäße Verfahren an seinen Anfangspunkt zurück und kann erneut durchlaufen werden.

**[0066]** In den Schritten S305 bis S309 wird ein Kali-

brationsvorgang zur Kalibration der Luftzahlbestimmung mittels Ionisationsstrommessung durchgeführt. In Schritt S305 wird hierzu eine vorbestimmte, vorgegebene Brennerleistung angefahren. Die Wahl dieser vorbestimmten Brennerleistung kann sich daran orientieren, für welche Brennerleistungen Kennlinien vorliegen, die die Luftzahl und den erfassten Ionisationsstrom, beziehungsweise die Luftzahl und die erfasste Flammentemperatur, zueinander in Relation setzen. Weiterhin kann die vorbestimmte Brennerleistung so gewählt werden, dass sich der Brenner bei dieser Brennerleistung in möglichst stabilem Betrieb befindet und die tatsächliche Luftzahl möglichst geringen Schwankungen unterworfen ist. Ein weiteres Kriterium für die Auswahl der vorbestimmten Brennerleistung kann sein, dass die vorbestimmte Brennerleistung einer üblicherweise vorliegenden, durchschnittlichen Brennerleistung entsprechen soll.

**[0067]** In den Schritten S306 und S307 werden in Entsprechung zu den Schritten S301 und S302 bei der nunmehr vorliegenden, vorbestimmten Brennerleistung das erste und zweite elektrische Signal 115a, 115b erfasst, und daraus das erste und zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116a, 116b abgeleitet.

**[0068]** In Schritt S308 wird aus den in Schritt S307 abgeleiteten, von der Luftzahl abhängigen Signalen eine Kalibrationsgröße bestimmt. Dies kann durch Bildung eines Quotienten des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals 116b, beziehungsweise durch Bildung eines Quotienten der aus dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a gewonnenen Luftzahl  $\lambda_{lon}$  und der aus dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b gewonnenen Luftzahl  $\lambda_{Temp}$  geschehen. Mit anderen Worten kann ein Kalibrationsfaktor durch Quotientenbildung der mittels Ionisationsstrommessung bestimmten Luftzahl  $\lambda_{lon}$  und der mittels Flammentemperaturmessung bestimmten Luftzahl  $\lambda_{Temp}$  erhalten werden, wobei die mittels Flammentemperaturmessung bestimmte Luftzahl  $\lambda_{Temp}$  als die tatsächliche Luftzahl angenommen wird. Die so bestimmte Kalibrationsgröße kann dann verwendet werden, um die Ableitung des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a aus dem ersten elektrischen Signal 115a entsprechend anzupassen, das heißt beispielsweise durch Division der anhand einer hinterlegten Kennlinie ermittelten Luftzahl  $\lambda_{lon}$  durch den Kalibrationsfaktor. In diesem Fall sendet die Kalibrationseinrichtung 110 ein die Kalibrationsgröße anzeigendes Signal an die Einrichtung zum Ableiten von Signalen 107, in welcher die derzeit gültige Kalibrationsgröße gespeichert wird. Abweichend hiervon kann die Kalibrationsgröße auch verwendet werden, um die Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb entsprechend anzupassen, das heißt durch Division der mittels Ionisationsstrommessung ermittelten Luftzahl  $\lambda_{lon}$  durch den Kalibrationsfaktor vor dem Schritt der oben in Schritt S304 beschriebenen Durchschnittsbildung. In diesem Fall ist die Kalibrationsgröße auch in dem Vergleich der beiden von der Luftzahl abhängigen Signale

116a, 116b in entsprechender Weise zu berücksichtigen. Entsprechend sendet die Kalibrationseinrichtung 110 ein die Kalibrationsgröße anzeigendes Signal an die Einrichtung zum Bestimmen einer Regelgröße 108 und den Vergleich 109, in welchen jeweils die derzeit gültige Kalibrationsgröße gespeichert wird.

**[0069]** Mit Schritt S309, in dem wieder die ursprüngliche, vor Feststellung der Abweichung zwischen dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal 116a und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b in Schritt S303 vorliegende Brennerleistung angefahren wird, endet der Kalibrationsvorgang.

**[0070]** Nach Abschluss des Kalibrationsvorgangs kann in Schritt S310 ein erneuter Vergleich des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a mit dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal 116b, beziehungsweise ein Vergleich der aus diesen Signalen gewonnenen Luftzahlen, erfolgen. Hierzu werden (in **Figur 3** nicht gezeigt), entsprechend den Schritten S301 und S302 zunächst das erste und zweite elektrische Signal 115a, 115b erfasst, und daraus das erste und zweite von der Luftzahl abhängige Signal 116a, 116b abgeleitet. Die abgeleiteten Signale werden dann, entsprechend Schritt S303 erneut verglichen (in **Figur 3** nicht gezeigt). Hierbei ist zu beachten, dass die während des Kalibrationsvorgangs erhaltene Kalibrationsgröße entweder in die Ableitung des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals 116a aus dem ersten elektrischen Signal 115a, oder in den Vergleich der von der Luftzahl abhängigen Signale 116a, 116b, beziehungsweise der daraus gewonnenen Luftzahlen  $\lambda_{Lon}$ ,  $\lambda_{Temp}$ , entsprechend Eingang findet.

**[0071]** Liegt in Schritt S310, also nach Durchlaufen des Kalibrationsvorgangs der Schritte S305 bis S308, weiterhin eine Abweichung zwischen den von der Luftzahl abhängigen Signalen 116a, 116b, beziehungsweise den daraus gewonnenen Luftzahlen, vor, können verschiedene Schritte durchgeführt werden. Beispielsweise kann eine Kalibration der Luftzahlmessung mittels Ionisationsstrommessung durch Anfahren des Luftzahlbereichs  $\lambda=1$  erfolgen, wie in Schritt S311 der **Figur 3** gezeigt. Alternativ kann auch, da die fortbestehende Abweichung auf einen Defekt der Ionisationselektrode schließen lässt, ein Alarmsignal ausgegeben werden, und/oder eine Notabschaltung des Brenners oder Start eines Notbetriebs durchgeführt werden. In diesem Notfallbetrieb kann die Luftzahl weiterhin, wenn auch mit Einschränkungen, auf Grundlage der Flammentemperaturmessung geregelt werden. Andernfalls, wenn in Schritt S310 keine unzulässige Abweichung festgestellt wurde, kehrt das erfindungsgemäße Verfahren an seinen Anfangspunkt zurück und kann erneut durchlaufen werden.

**[0072]** Die Erfindung wurde anhand konkreter Ausgestaltungen näher erläutert, ohne auf die konkreten Ausführungsformen begrenzt zu sein. Insbesondere ist es möglich, Merkmale, Bestandteile und spezifische Details der unterschiedlichen Ausführungsformen auszutauschen oder zu kombinieren um weitere, für eine entspre-

chende Anwendung optimierte Ausführungsformen zu erhalten. Soweit diese Anpassungen dem Fachmann ohne weiteres ersichtlich sind, sollen sie als in der obestehenden Beschreibung implizit offenbart angesehen werden. Entsprechend wird, um der Prägnanz der vorliegenden Beschreibung willen, nicht jede einzelne mögliche Kombination ausdrücklich aufgeführt.

## 10 Patentansprüche

1. Verfahren zur Luftzahlregelung eines Brenners, insbesondere eines Gas- oder Ölbrenners, mit einer Zündelektrode (102),  
Mitteln zur Erzeugung einer Zündspannung (104), die mit der Zündelektrode (102) verbindbar sind, und einer Ionisationselektrode (103), die mit einer Ionisationsspannung beaufschlagbar ist, wobei das Verfahren umfasst:

Trennen der Zündelektrode (102) von den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung (104), Erfassen eines ersten elektrischen Signals (115a) an der Ionisationselektrode (103) und Ableiten eines ersten von einer Luftzahl abhängigen Signals in Abhängigkeit von dem ersten elektrischen Signal (115a), Erfassen eines zweiten elektrischen Signals (115b) an der Zündelektrode (102), und Ableiten eines zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals in Abhängigkeit von dem zweiten elektrischen Signal (115b), Bestimmung einer Regelgröße für den Brennerbetrieb in Abhängigkeit von dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal (116a) und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal (116b), Vergleichen des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a) und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals (116b), und sofern eine Differenz des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a) und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals (116b) einen Schwellwert überschreitet, Ausführen eines Kalibrationsvorgangs zur Korrektur des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Kalibrationsvorgang umfasst:

Einstellen einer Brennerleistung auf einen vorbestimmten Leistungswert, Erfassen des ersten elektrischen Signals (115a) bei dem vorbestimmten Leistungswert und Ableiten des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a) bei dem vorbestimmten Leistungswert, Erfassen des zweiten elektrischen Signals

- (115b) bei dem vorbestimmten Leistungswert und Ableiten des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals (116b) bei dem vorbestimmten Leistungswert, und Bestimmen einer Kalibrationsgröße in Abhängigkeit von dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signal (116a) und dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal (116b).
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Bestimmung der Kalibrationsgröße durch Bilden eines Verhältnisses des bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a) und des bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals (116b) erfolgt.
  4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste von der Luftzahl abhängige Signal (116a) und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal (116b) bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb gleichzeitig vorliegen.
  5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste von der Luftzahl abhängige Signal (116a) und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal (116b) bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb jeweils mit einem Gewichtungsfaktor gewichtet werden.
  6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Luftzahl in Abhängigkeit von der Regelgröße für den Brennerbetrieb geregelt wird.
  7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das zweite elektrische Signal (115b) einer Verstärkerschaltung zugeführt wird, und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal (116b) aus einem Ausgangssignal der Verstärkerschaltung abgeleitet wird.
  8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Trennen der Zündelektrode (102) von den Mitteln zu Erzeugung der Zündspannung (104) in Abhängigkeit von einem von dem ersten elektrischen Signal (115a) abgeleiteten Signal erfolgt.
  9. Brenner, insbesondere Gas- oder Ölbrenner, mit einer Zündelektrode (102), Mitteln zur Erzeugung einer Zündspannung (104), die mit der Zündelektrode (102) verbindbar sind, Mitteln (105) zum Verbinden der Zündelektrode (102) mit den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung (104) und zum Trennen der Zündelektrode (102) von den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung (104), einer Ionisationselektrode (103), die mit einer Ionisationsspannung beaufschlagbar ist, einer Messeinrichtung (106) zum Erfassen eines ersten elektrischen Signals (115a) an der Ionisationselektrode (103) und eines zweiten elektrischen Signals (115b) an der Zündelektrode (102), wobei die Zündelektrode (102) als passive Elektrode beschaltet ist, Mitteln (107) zum Ableiten eines ersten von einer Luftzahl abhängigen Signals (116a) in Abhängigkeit von dem ersten elektrischen Signal (115a) und eines zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals (116b) in Abhängigkeit von dem zweiten elektrischen Signal (115b), Mitteln (108) zur Bestimmung einer Regelgröße für den Brennerbetrieb in Abhängigkeit von dem ersten von der Luftzahl abhängigen Signal (116a) und dem zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal (116b), Mitteln (109) zum Vergleichen des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a) und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals (116b), und Mitteln (110) zum Ausführen eines Kalibrationsvorgangs zur Korrektur des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a), sofern eine Differenz des ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a) und des zweiten von der Luftzahl abhängigen Signals (116b) einen Schwellwert überschreitet.
  10. Brenner nach Anspruch 9, wobei die Mittel (110) zum Ausführen des Kalibrationsvorgangs ausgebildet sind:
    - zum Einstellen einer Brennerleistung auf einen vorbestimmten Leistungswert, und zur Bestimmung einer Kalibrationsgröße in Abhängigkeit von dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signal (116a) und dem bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal (116b).
  11. Brenner nach Anspruch 10, wobei die Bestimmung der Kalibrationsgröße durch Bilden eines Verhältnisses des bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten ersten von der Luftzahl abhängigen Signals (116a) und des bei dem vorbestimmten Leistungswert abgeleiteten zweiten von der Luftzahl abhängigen Signal (116b) erfolgt.
  12. Brenner nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei das erste von der Luftzahl abhängige Signal (116a) und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal (116b) bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb gleichzeitig an den Mitteln (108) zur Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb vorliegen.

13. Brenner nach einem der Ansprüche 9 bis 12, wobei das erste von der Luftzahl abhängige Signal (116a) und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal (116b) bei der Bestimmung der Regelgröße für den Brennerbetrieb jeweils mit einem Gewichtungsfaktor gewichtet werden. 5
14. Brenner nach einem der Ansprüche 9 bis 13, ferner umfassend Mittel (112) zur Regelung der Luftzahl in Abhängigkeit von der Regelgröße für den Brennerbetrieb. 10
15. Brenner nach einem der Ansprüche 9 bis 14, wobei das zweite elektrische Signal (115b) einer Verstärkerschaltung zugeführt wird, und das zweite von der Luftzahl abhängige Signal (116b) aus einem Ausgangssignal der Verstärkerschaltung abgeleitet wird. 15
16. Brenner nach einem der Ansprüche 9 bis 15, wobei die Mittel (105) zum Trennen der Zündelektrode (102) von den Mitteln zur Erzeugung der Zündspannung (104) die Zündelektrode (102) von den Mitteln zu Erzeugung der Zündspannung (104) in Abhängigkeit von einem von dem ersten elektrischen Signal (115a) abgeleiteten Signal trennen. 20  
25

30

35

40

45

50

55

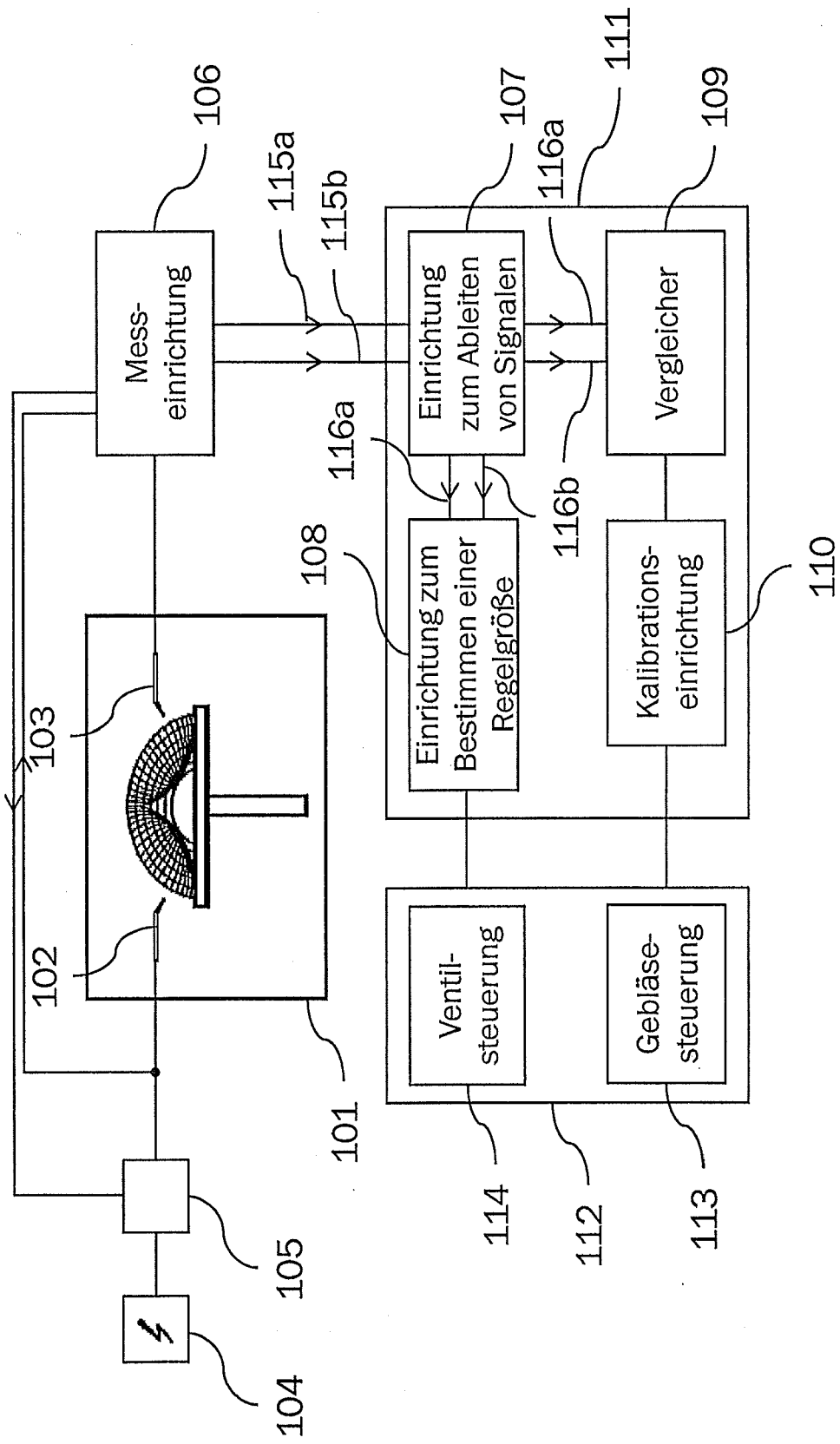


Fig. 1

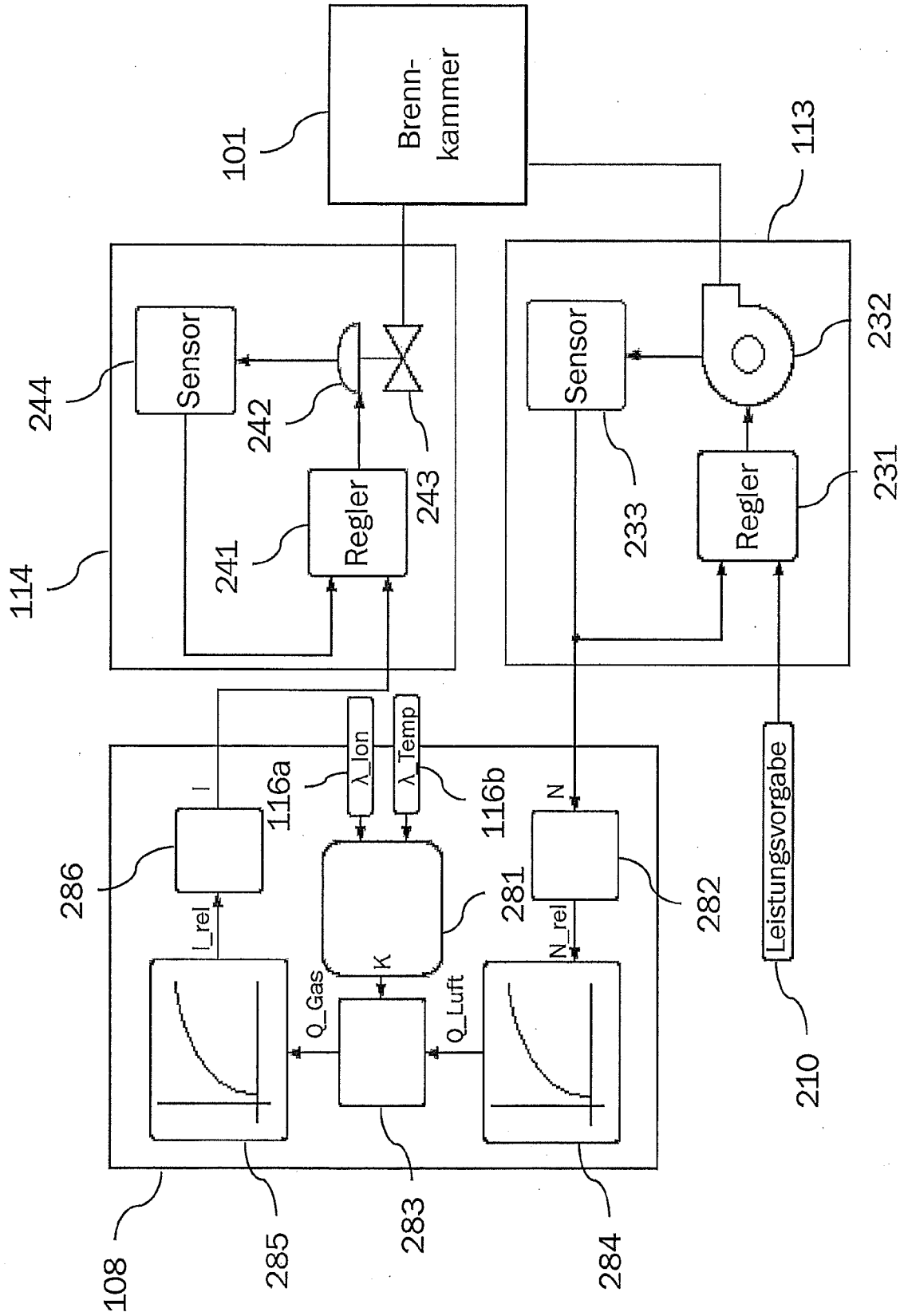


Fig. 2

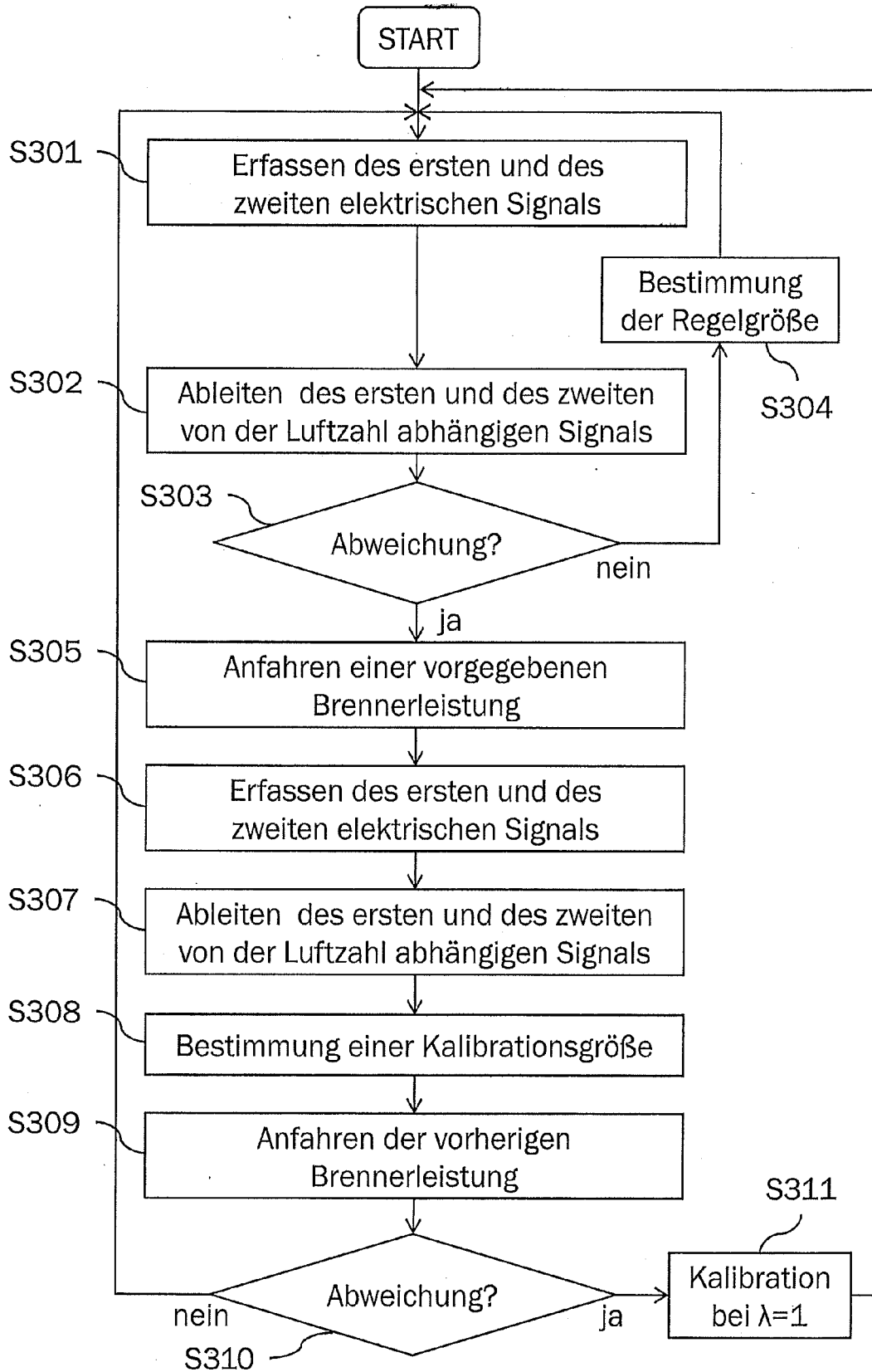


Fig. 3

**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 A1 [0003]
- DE 19539568 C1 [0005] [0006]
- EP 1811230 A2 [0007]
- DE 102008053959 B4 [0008]
- EP 1591723 A2 [0009]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **NEIL W. ASHCROFT ; N. DAVID MERMIN.** Solid State Physics. Saunders College Publishing, 1976, 362-364 [0038]