

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 806 610 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.11.1997 Patentblatt 1997/46

(51) Int. Cl.⁶: F23N 1/02, F23N 5/12

(21) Anmeldenummer: 97105850.8

(22) Anmeldetag: 09.04.1997

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI LU NL SE
Benannte Erstreckungsstaaten:
LT LV SI

- Herrs, Martin
37671 Höxter (DE)
- Merker, Roland
37671 Höxter (DE)
- Schwedler, Norbert
14059 Berlin (DE)
- Bredemeier, Eckart
13351 Berlin (DE)

(30) Priorität: 09.05.1996 DE 19618573
11.07.1996 DE 19627857
07.08.1996 DE 19631821

(71) Anmelder: STIEBEL ELTRON GmbH & Co. KG
D-37603 Holzminden (DE)

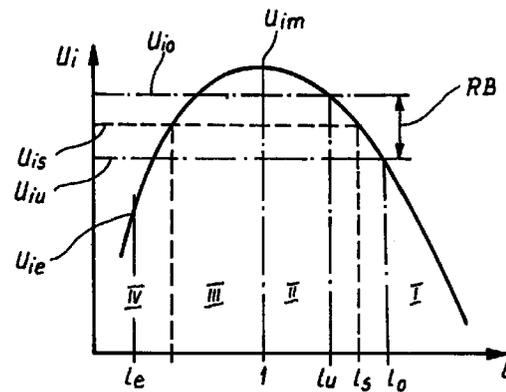
(74) Vertreter: Gaiser, Hartmut, Dipl.-Ing.
Sulzbacher Strasse 39
90489 Nürnberg (DE)

(72) Erfinder:
• Nolte, Hubert
37671 Höxter (DE)

(54) Verfahren und Einrichtung zum Betrieb eines Gasbrenners

(57) Bei einem Verfahren zum Betrieb eines Gasgebläsebrenners wird von einer Regelschaltung ein von einer Ionisationselektrode abgeleitetes Ionisationssignal(U_i) erfaßt und das Gas-Luftverhältnis auf einen Lambda-Sollwert >1 geregelt, dem ein Sollwert(U_{is}) des Ionisationssignals entspricht. Um eine emissionsarme Verbrennung bei verschiedenen Betriebszuständen zu gewährleisten, wird ein Regelbereich des Ionisationssignals(U_i) festgelegt, dessen oberer Grenzwert(U_{io}) kleiner als der Maximalwert des Ionisationssignals(U_i) ist und dessen unterer Grenzwert (U_{iu}) über dem Wert liegt, der einen emissionsarmen Betrieb gewährleistet. Ein Abschaltsignal für den Brenner wird erzeugt, wenn das Ionisationssignal(U_i) länger als eine vorgegebene Zeitdauer den zugelassenen Regelbereich (RB) verläßt. Beim Unterschreiten des unteren Grenzwerts (U_{iu}) des Ionisationssignals(U_i) und beim Unterschreiten des Sollwerts(U_{is}) bei einem Lambda-wert <1 erhöht die Regelschaltung den Gasvolumenstrom bis zu einem Endwert, bei dessen Erreichen ein weiteres Abschaltsignal für den Brenner erzeugt wird.

Fig. 3



EP 0 806 610 A2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Einrichtung zum Betrieb eines Gasbrenners mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1.

Ein derartiges Verfahren ist in der DE 39 37 290 A1 beschrieben. Dort liegt die Ionisationselektrode in einem Gleichstromkreis. Die Auswertung des Ionisationsstroms ist dabei problematisch.

In der Patentanmeldung DE 44 33 425 A1 ist zur Verbesserung der Auswertbarkeit des über die Ionisationselektrode fließenden Stromes auf diese eine Wechselspannung aufgeschaltet, der sich ein vom Strom der Ionisationselektrode abhängiger Gleichspannungsanteil überlagert. Es wird daraus eine Ionisationsspannung abgeleitet, die ein ausreichend genaues Abbild der jeweiligen Flammentemperatur und der Luftzahl Lambda (Gas-Luftverhältnis) ist.

Es ist auch bekannt, die Heizleistung bei einem Gebläsebrenner eines Gasheizgeräts mittels eines Steuerautomaten entsprechend des Wärmebedarfs zu regeln, wobei der Steuerautomat die Gebläsedrehzahl in Abhängigkeit von einem Leistungssollwert steuert, der von einem Raumtemperatur-Sollwert und einer Heizungsvorlauftemperatur und/oder Heizungsrücklauf-temperatur und einer Außentemperatur abhängt.

Aus der DE 195 02 901 C1 ist eine weitere Regelungseinrichtung für einen Gasbrenner bekannt. Dort ist von der Tatsache ausgegangen, daß die Intensität der Flammen immer schwankt, also ein flackerndes Flammenbild besteht. Es ist erkannt, daß die Amplituden dieser Schwankungen von dem Gas-Luftverhältnis (Lamodawert) des Verbrennungsgases abhängen. Eine Sicherheits-Flammenüberwachung zur Gasabschaltung beim Flammenausfall ist nicht erwähnt.

Gasgeräte müssen bekanntermaßen hohen Sicherheitsanforderungen genügen. Nach Sicherheitsvorschriften (EN 298) durchläuft der Flammenwächter bei Gasgeräten für Dauerbetrieb während des Betriebs in regelmäßigen Abständen, mindestens einmal pro Stunde, eine Selbstprüfung. Bei Gasgeräten für intermittierenden Betrieb muß der Gasbrenner innerhalb von 24 Stunden mindestens einmal abschalten, um die Funktion des Flammenwächters überprüfen zu können. Dabei ist nicht ausgeschlossen, daß es während des Brennerbetriebs zu einem Defekt des Flammenwächters kommt und zusätzlich die Flamme erlischt. Der Feuerungsautomat kann dies zunächst nicht erkennen und kein Gasabschaltsignal auslösen, was zur Folge hat, daß unverbranntes Gas bis zur nächsten Selbstüberprüfung des Flammenwächters bzw. Abschaltung des Brenners ausströmt.

Aus der DE 43 09 454 A1 ist ein Ionisationsflammenwächter bekannt, bei dem ein auf eine Betriebsspannung geladener Kondensator durch den Ionisationsstrom entladen wird. Während des Betriebs kann der Ionisationsflammenwächter mittels eines Testsignals auf seine Funktion geprüft werden. Die Ionisationselektrode selbst und deren Anschlußkabel sowie in

bestimmten Störungsfällen der Kondensator können nicht mitüberprüft werden. Die Überwachung der Flammen erfolgt nur indirekt. Außerdem wird der Flammenwächter durch das Testsignal nur in periodisch wiederkehrenden Zeitabschnitten überprüft.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren und eine Einrichtung der eingangs genannten Art vorzuschlagen, um eine emissionsarme Verbrennung bei verschiedenen Betriebszuständen zu gewährleisten.

Erfindungsgemäß ist obige Aufgabe durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruchs 1 gelöst. Es ist dadurch erreicht, daß der Gasbrenner zumindest im Wobbezahlbereich von Erdgas (10 kWh/m³ bis 15,6 kWh/m³) emissionsarm betrieben werden kann. Außerdem ist erreicht, daß die Regelung die vom mit dem Gasbrenner arbeitenden Gasheizgerät zu erbringende Soll-Wärmeleistung nicht unerwünscht beeinflußt, so daß das Gasheizgerät den Wärmebedarf mit der angeforderten Wärmeleistung decken kann.

Eine weitere Ausgestaltung (vgl. Fig. 9,10) des Verfahrens befaßt sich mit folgenden Problemen:

Die Regelschaltung regelt in Abhängigkeit vom Ionisationssignal das Gasmengenventil so, daß die Verbrennung mit einem für einen emissionsarmen Betrieb gewünschten Lambda-Sollwert >1, insbesondere zwischen 1,1 und 1,35, erfolgt. Die Regelschaltung selbst dient an sich nicht der wärmebedarfsabhängigen Leistungsverstellung. Eine Verstellung der Heizleistung des Brenners in Abhängigkeit von einem Leistungssollwert erfolgt in an sich bekannter Weise mittels des Steuerautomaten, der die Gebläsedrehzahl zwei- oder mehrstufig oder stufenlos einstellt. Bei schnellen Änderungen des Leistungssollwerts und dementsprechend schnellen Änderungen der Gebläsedrehzahl kann es zu sprunghaften Regelabweichungen an der Regelschaltung kommen. Diese könnten zu Instabilitäten in der Regelschaltung führen. Um zu vermeiden, daß die Regelschaltung große Regelabweichungen verarbeiten muß, wird aus der Drehzahländerung der Vorhalteanteil für das Steuersignal des Gasmengenventils unabhängig von der Regelschaltung bzw. parallel zu dieser abgeleitet. Die Regelschaltung muß dann nur noch eine Feinregelung mit vergleichsweise kleiner Regelabweichung vornehmen.

Der Vorhalteanteil des Steuersignals ist leicht zu gewinnen, weil die gerätespezifische Leistung-Steuersignal-Kennlinie herstellenseitig bekannt ist und damit in der Auswerteschaltung speicherbar ist.

Bei einer Leistungs- bzw. Gebläsedrehzahländerung wird also gleich - unabhängig von der Regelschaltung - das Steuersignal für das Gasmengenventil durch den dieses ändernden Vorhalteanteil verstellt. Bei einer Leistungserhöhung wird das Gasmengenventil weitergeöffnet; bei einer Leistungsreduzierung wird das Gasmengenventil weitergeschlossen. Die Regelschaltung selbst braucht dann nur noch eine Feinregelung auf den Lamoda-Sollwert vorzunehmen. Sie muß also keine großen, sprunghaften, auf der Leistungsänderung beru-

henden Regelabweichungen verarbeiten.

Vorzugsweise wird um die Leistungs-Steuersignal-Kennlinie ein Toleranzband definiert und es wird dann, wenn das Ist-Steuersignal das Toleranzband verläßt, ein Abschaltsignal für den Brenner erzeugt. Das Toleranzband wird so bemessen, daß es im normalen Betrieb des Gasgebläsebrenners des Gasheizgeräts nicht verlassen wird und es verlassen wird, wenn im Laufe des Betriebs des Gasheizgeräts sich Kennlinien der Sensorik, speziell der Ionisationselektrode und/oder der Meßwertaufnahme, oder der Aktorik, speziell des Gasmengenventils oder des Luftweges des Lüfters oder des Abgasweges oder des Brenners, beispielsweise durch Verschmutzungen, ändern. Das Toleranzband wird auch bei stark schwankenden Wobbezahlen des Gases, stark schwankendem Gas-Anschlußdruck oder schwankenden Luftwiderständen oder bei Fehlfunktionen der Regelung verlassen werden. In allen solchen Fällen wird ein Abschaltsignal für den Brenner erzeugt, so daß dieser nicht in einem für eine emissionsarme Verbrennung ungünstigen Bereich weiterarbeitet.

Dieses Abschaltsignal kann gleich oder vorzugsweise dann, wenn das Toleranzband für eine gewisse Zeitdauer, beispielsweise 5 s, verlassen ist, wirksam werden. Es ist damit ein sicherer und emissionsarmer Betrieb des Brenners auch nach vielen Betriebsstunden gewährleistet. Abschaltsignale kann auch die Regelschaltung selbst erzeugen, wenn der vorgegebene Lambda-Sollwert nicht einhaltbar ist.

Eine gewisse Zeit nach dem Abschaltsignal schaltet der Steuerautomat den Gasgebläsebrenner wieder ein. Tritt das Abschaltsignal danach mehrmals auf, kann eine Störabschaltung vorgesehen sein, nach der der Gasgebläsebrenner erst wieder durch Servicemaßnahmen einschaltbar ist. Durch die Festlegung des Toleranzbandes können sich andere, bisher übliche Sicherheitseinrichtungen erübrigen.

Das Toleranzband kann symmetrisch oder asymmetrisch oder einer gewünschten Funktion entsprechend bezogen auf die Leistungs-Steuersignal-Kennlinie gelegt werden.

Durch eine andere oder zusätzliche Ausgestaltung (vgl. Fig.11 bis 14) soll erreicht werden, daß ein Gasabschaltsignal sowohl dann auftritt, wenn die Flamme nicht besteht, und auch dann auftritt, wenn ein Defekt besteht, der ein dem Ionisationssignal täuschend ähnliches Signal hervorruft, wobei ein solcher Defekt auf der gesamten Funktionsstrecke von der Ionisationselektrode bis zu einer Überwachungsschaltung vorliegen kann.

Bei dieser Ausgestaltung wird ein charakteristisches Flammenbild, das das Ionisationssignal beeinflußt, zur Überwachung herangezogen. Es werden die Schwankungen der Flammenintensität ausgenutzt, wobei nach einer Ausführung die aufgrund des verbrennungsbedingt zwangsläufigen Flackerns des Flammenbildes auftretenden Schwankungen, und bei der anderen Ausführung der Flamme gezielt aufmodulierte Schwankungen ausgewertet werden. Vorzugsweise

werden Amplitudenschwankungen ausgewertet. Es können jedoch auch, speziell bei der gezielten Modulation statt dessen oder zusätzlich, die Phase oder Frequenz ausgewertet werden.

Das Gasabschaltsignal, durch das die Gaszufuhr gesperrt wird, tritt nicht nur dann auf, wenn die Flamme erlischt. Es tritt auch dann auf, wenn infolge irgendeines technischen Defekts ein dem echten Ionisationssignal täuschend ähnliches Signal vorliegt.

Das Gasabschaltsignal tritt nur dann auf, wenn die charakteristischen Schwankungen des Flammenbildes und also das daraus abgeleitete Ionisationssignal nicht vorliegen. Ein technischer Defekt der Einrichtung, der die charakteristischen Schwankungen des Flammenbildes vortäuscht, ist in der Praxis ausgeschlossen.

Durch das Verfahren ist die gesamte Funktionsstrecke von der Ionisationselektrode bis zur Auswerteschaltung überwacht. Das Gasabschaltsignal tritt also unabhängig davon auf, ob der das Ionisationssignal vortäuschende Defekt in der Ionisationselektrode selbst oder deren Anschlußleitung oder der Überwachungsschaltung oder sonst wo im System liegt. Dadurch ist eine sehr hohe Systemsicherheit erreicht, die sogar über die bisherigen Sicherheitsvorschriften hinausgeht.

Die Sicherheits-Flammenüberwachung erfolgt auch bezüglich der Überwachung auf technische Defekte ständig während des Brennerbetriebs, also bei brennender Flamme. Es kann also nicht vorkommen, daß nach einem Defekt eine längere Zeit besteht, in der unverbranntes Gas ausströmt. Im Falle der der Flamme gezielt aufgeprägten Modulation kann es genügen, wenn das Modulationssignal periodisch erzeugt wird, wobei die Zeit zwischen zwei aufeinanderfolgenden Modulationssignalen so kurz bemessen wird, daß bei einem Defekt in dieser Zeit keine gefährliche Gasmenge unverbrannt ausströmt.

Das Ionisationssignal muß nicht allein bzw. gesondert für die Sicherheits-Flammenüberwachung erzeugt sein. Es kann gleichzeitig der Verbrennungsregelung dienen, die in der DE 44 33 425 A1 oder der DE 195 02 901 C1 beschrieben ist.

Die Merkmale der Unteransprüche betreffen weitere Verbesserungen des Betriebsverfahrens bei verschiedenen Betriebszuständen und eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Sie sind in der folgenden Beschreibung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 einen Regelkreis eines Gasgebläsebrenners für ein Gasheizgerät schematisch,

Figur 2a eine Schaltung zur Gewinnung der Ionisationsspannung mit Ersatzschaltbild der Ionisationselektrode,

Figur 2b zugehörige Spannungsverläufe,

Figur 3 die Ionisationsspannung in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda,

Figur 4 ein Gas-Zeitdiagramm beim Brennerstart,

Figur 5a ein Regeldiagramm für ein höher- und niederkalorisches Gas,

Figur 5b ein Regeldiagramm bei einer niederen und höheren Heizleistung,

Figur 6 eine Regelkennlinie,

Figur 7 ein Diagramm einer Luftzahlsteuerung bei einem sehr niederkalorisches Gas,

Figur 8 Zeitdiagramme beim Start eines Kalibriervorgangs,

Figur 9 ein Blockschaltbild einer Regelung eines Gasgebläsebrenners,

Figur 10 eine Leistungs-Steuersignal-Kennlinie mit Toleranzband,

Figur 11 ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels,

Figur 12 beispielhaft einen Verlauf der Ionisationsspannung mit verbrennungsbedingten Schwankungen (Flackern),

Figur 13 den Verlauf der Ionisationsspannung ohne die Schwankungen und

Figur 14 ein Blockschaltbild eines weiteren Ausführungsbeispiels.

An einen Brenner(1) eines Gasheizgeräts sind ein Gebläse (2) und eine Gasleitung(3) angeschlossen, in der ein Gasmagnetventil(4) oder ein anderes Gasregelventil liegt. Im Flammenbereich des Brenners(1) ist eine Ionisationselektrode(5) angeordnet, die an einer Auswerteschaltung(6) für den im Brennerbetrieb zwischen dem Brenner(1) und der Ionisationselektrode(5) fließenden Strom angeschlossen ist. Die Auswerteschaltung(6) weist insbesondere einen an der Netzwechselfrequenz liegenden Kondensator(C) und einen Widerstand(R) auf. Die Auswerteschaltung(6) bildet aus dem von der Verbrennung abhängigen Ionisationsstrom eine Ionisationsspannung (U_i), die an eine Regelschaltung(7) gelegt ist. Die Auswerteschaltung(6) kann auch in die Regelschaltung(7) integriert sein.

Die Regelschaltung(7) steuert mittels eines Steuersignals (J), speziell Steuerstroms, den Öffnungsgrad des Gasmagnetventils(4). Zur Spannungsversorgung liegt an der Regelschaltung(7) die Netzwechselfrequenz. Sie erfaßt auch die Netzfrequenz und die Netzamplitude. Die Regelschaltung(7) ist beispielsweise durch einen digitalen PI-Regler, z.B. Mikroprozessor, verwirklicht.

Zur zwei- oder mehrstufigen Steuerung der Geblä-

sedrehzahl ist ein Steuerautomat(9) vorgesehen, wie er beispielsweise unter dem Handelsnamen "Furimat" marktbekannt ist. Mittels des Steuerautomaten(9) ist ein Sicherheitsventil (10) ein- und ausschaltbar, wogegen mit dem Gasmagnetventil(4) der Gasvolumenstrom stufenlos einstellbar ist. An den Steuerautomaten(9) ist ein Sollwertgeber(8) angeschlossen, der ein von einer Soll-Raumtemperatur und/oder einer Heizungsvorlauf-temperatur und/oder einer Heizungsrücklauf-temperatur und/oder einer Außentemperatur abhängiges Signal an den Steuerautomaten(9) legt.

In der Gasleitung(3) liegt ein Gasdruckwächter(11), der über den Steuerautomaten(9) den Brennbetrieb bei ungenügendem Gasdruck abschaltet. In Reihe zum Gasdruckwächter(11) ist in die Regelschaltung(7) ein Abschalter(12) integriert, der im Falle der unten näher beschriebenen Regelabschaltungen und der Störabschaltungen den Brennbetrieb über den Steuerautomaten(9) unterbricht.

Über eine Leitung(13) gibt der Steuerautomat(9) bei jedem Einschalten einen Zündimpuls an eine Zündelektrode(14) des Brenners(1). Zur Flammenüberwachung ist die Ionisationselektrode(5) an den Steuerautomaten(9) gelegt (Leitung 15). Am mit der Netzspannung betriebenen Sicherheitsventil(10) ist diese abgegriffen und an die Regelschaltung(7) gelegt (Leitung 16). Ein Drehzahlkontrollsignal des Gebläses(2) liegt über eine Leitung(17) an dem Steuerautomaten(9) und der Regelschaltung(7).

Die Auswerteschaltung(6), die Regelschaltung(7) und der Steuerautomat(9) können auch in einem einzigen Schaltgerät integriert sein.

Die Einrichtung nach Figur 1 ist vorteilhaft, weil der bewährte Steuerautomat(9) mit seinen Steuer- und Sicherheitsfunktionen für den Brenner(1) und das Gebläse (2) weiterverwendet werden kann. Die Regelschaltung(7) braucht nur das Gasmagnetventil(4) zu steuern. Die von ihr erzeugten Abschaltensignale werden von dem Steuerautomaten(9) ausgewertet. Es ist dabei möglich, schon bestehende, den Steuerautomaten(9) aufweisende Gasheizgeräte mit der Regelschaltung(7) nachzurüsten.

Figur 2a zeigt die Auswerteschaltung(6), wobei die Ionisationselektrode(5) mit ihrem Ersatzschaltbild als Widerstand(R_i) und Diode(D) dargestellt ist. Parallel zur Ionisationselektrode(5 bzw. R_i, D) liegt ein Spannungsteiler aus Widerständen(R₁,R₂). Zwischen dem Netzanschluß(N) und dem Spannungsteiler(R₁,R₂) sowie der Ionisationselektrode(5;R_i,D) liegt der Kondensator(C).

Infolge der Gleichrichterwirkung der Diode(D) verschiebt sich die Netzwechselfrequenz(U_n) um einen Gleichspannungsanteil(U_g) zur Spannung(U_b) (vgl.Fig.2b), die über den Spannungsteiler(R₁,R₂) als U_c erfaßt wird. Der Gleichspannungsanteil(U_g) wird danach mittels eines Tiefpasses bzw. durch Mittelwertbildung ausgefiltert und bildet die Ionisationsspannung(U_i). Der Tiefpaß bzw. Einrichtungen zur Mittelwertbildung sind in den Figuren nicht dargestellt.

Sie können in der Auswerteschaltung(6) oder in der Regelschaltung(7) vorgesehen sein. Zusätzlich kann vorgesehen sein, die Ionisationsspannung(U_i) entsprechend einer eventuellen Abweichung der Netzwechselfspannung vom Normwert (230 V) zu korrigieren. Die Verwendung der Netzwechselfspannung an der Auswerteschaltung(6) ist günstig, weil die Netzwechselfspannung ohnehin vorliegt. Es könnte jedoch auch eine andere ausreichend große Wechselfspannung verwendet werden.

Figur 3 zeigt den Verlauf der Ionisationsspannung in Abhängigkeit von der Luftzahl Lambda(λ) des Verbrennungszustandes. Bei stöchiometrischer Verbrennung ($\lambda = 1$) tritt ein Maximum(U_{im}) der Ionisationsspannung (U_i) auf. Bei unterstöchiometrischer Verbrennung ($\lambda < 1$) und bei überstöchiometrischer Verbrennung ($\lambda > 1$) sinkt die Ionisationsspannung(U_i) ab. Für eine emissionsarme Verbrennung ist ein Lambda-Sollwert ($\lambda_s > 1$) zwischen 1,1 und 1,35, beispielsweise 1,15, erwünscht. Dem entspricht ein Ionisationsspannungs-Sollwert(U_{is}) (vgl. Fig. 3).

Es wird in der Regelschaltung(7) ein zugelassener Regelbereich(RB) für die Ionisationsspannung(U_i) mit einem oberen Grenzwert(U_{io}) und einem unteren Grenzwert(U_{iu}) vorgegeben. Der obere Grenzwert(U_{io}) liegt unterhalb des Maximalwerts(U_{im}). Der untere Grenzwert(U_{iu}) liegt oberhalb des Endwertes(U_{ie}), welcher sich einstellt, wenn der Lambdawert(λ) sehr viel kleiner als 1 ist, das Luft- Gasgemisch also wegen maximaler Gaszufuhr bzw. minimaler Luftzufuhr so fett ist, daß die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist.

Die Ionisationsspannung(U_i) wird in sehr kurzen Zeitabständen, beispielsweise alle 50 bis 1000 ms, vorzugsweise etwa 100 ms, neu erfaßt. Es ist damit erreicht, daß die Ionisationsspannung(U_i) nie lange außerhalb des Regelbereichs(RB) liegen kann, wodurch über jeden Verbrennungsvorgang gesehen eine emissionsarme Verbrennung gewährleistet ist. Im Normalbetrieb bewegen sich die Werte der Ionisationsspannung(U_i) im zugelassenen Regelbereich, also zwischen U_{io} und U_{iu} , so daß der Lambdawert(λ) entsprechend im Bereich(λ_o bis λ_u) auf den Lambdasollwert(λ_s) geregelt wird.

Wird der Ionisationsspannungs-Sollwert(U_{is}) unterschritten, dann öffnet die Regelschaltung(7) über das Steuersignal(J) das Gasmagnetventil(4) weiter, wodurch die Verbrennung in Richtung des Lambdasollwerts(λ_s) gesteuert wird. Wird der Ionisationsspannungs-Sollwert(U_{is}) überschritten, dann steuert die Regelschaltung(7) das Gasmagnetventil(4) so an, daß die Gaszufuhr reduziert wird, wodurch der Lambdawert wieder zum Lambdasollwert(λ_s) geregelt wird. Dies gilt für den Regelbereich(RB) und auch für Verbrennungszustände außerhalb des Regelbereichs(RB).

Wird der untere Grenzwert(U_{iu}) der Ionisationsspannung (U_i) infolge eines Lambdawertes, der größer ist als λ_o , unterschritten, dann wird von der Regelschaltung(7) ein Zeitgeber aktiviert, der auch in der Regel-

schaltung selbst verwirklicht sein kann. In diesem Bereich I in Figur 3 wird das Gasmagnetventil(4) weitergeöffnet, um wieder den Lambdasollwert(λ_s) zu erreichen. Kommt die Ionisationsspannung(U_i) innerhalb der vom Zeitgeber vorgegebenen Zeitdauer, beispielsweise 3 s bis 10 s, insbesondere 5 s, wieder in den Regelbereich(RB), dann geschieht nichts weiteres. Der Brenner(1) läuft weiter und der Zeitgeber wird zurückgesetzt. Erreicht jedoch die Ionisationsspannung(U_i) in dieser Zeitdauer den Regelbereich nicht wieder, dann wird durch Öffnen des Abschalters(12) ein Abschaltersignal für den Brenner(1) erzeugt. Es erfolgt eine Regelabschaltung des Brenners(1). Der Brenner(1) wird eine kurze Zeit nach der Regelabschaltung, beispielsweise 5 bis 50 s, erneut gestartet. Tritt dann mehrmals, beispielsweise dreimal nacheinander, eine solche Regelabschaltung auf, dann wird der Brenner(1) nicht mehr automatisch neu gestartet, sondern es wird eine Störabschaltung durch Offenhalten des Abschalters(12) durchgeführt und angezeigt, die sich nur durch einen besonderen Eingriff von außen aufheben läßt.

Sinkt die Luftzahl Lambda(λ) so weit ab, daß die Ionisationsspannung(U_i) größer wird als der obere Grenzwert(U_{io}) des Regelbereichs(RB), dann wird wieder der Zeitgeber aktiviert und das Steuersignal(J) (Modulationsstrom) für das Gasmagnetventil(4) so verändert, daß der Gasvolumenstrom bzw. der Gasdruck reduziert wird, um wieder den Lambdasollwert(λ_s) zu erreichen. Dies geschieht im Bereich II und III der Figur 3. Die Ausregelung bei $U_i > U_{is}$ erfolgt aufgrund der weiter unten näher beschriebenen Regelkennlinie (vgl. Fig.6) schneller als bei $U_i < U_{is}$. Bei U_{im} liegt die höchste Empfindlichkeit und damit schnellste Ausregelgeschwindigkeit. Die Luftzahl kann also nur kurz $< \lambda_u$ bzw. < 1 sein.

Wird jedoch die vom Zeitgeber vorgegebene Zeitdauer überschritten, dann tritt wieder ein Abschaltersignal für den Brenner auf. Dieser wird nach einer Verzögerungszeit erneut gestartet und wie oben beschrieben erfolgt, wenn das Abschaltersignal dann wieder auftritt, eine Störabschaltung.

Wird aufgrund irgendwelcher Verhältnisse die Luftzahl λ soviel < 1 , daß im Bereich IV die Ionisationsspannung (U_i) den Sollwert(U_{is}) unterschreitet, dann hat dies - wie im Bereich I - eine Änderung des Steuersignals(J) zur Folge, durch die das Gasmagnetventil(4) weitergeöffnet wird, so daß die Luftzahl noch kleiner wird. Die Regelschaltung arbeitet nun mitkoppelnd (vgl. Bereich IV in Fig.3). Aufgrund der hohen Abtastperiode (100 ms) und der regelungstechnischen Mittkopplung der Erfassung der Ionisationsspannung wird sehr schnell der Endwert(U_{ie}) der Luftzahl(λ) bzw. der Endwert(U_{ie}) der Ionisationsspannung bzw. der Maximalwert des Steuersignals(J) erreicht, wobei das Gasmagnetventil(4) voll geöffnet ist. Ist der Maximalwert des Steuersignals erreicht, dann erfaßt dies die Regelschaltung(7) und aktiviert ein Abschaltersignal für den Brenner. Dieses muß den Brenner nicht sofort abschalten. Es genügt auch, wenn der Brenner erst mit

einer durch einen weiteren Zeitgeber vorgegebenen Verzögerungszeit, beispielsweise 5 s, abgeschaltet wird. Dies ist aus folgendem Grunde günstig:

Es ist nicht ausgeschlossen, daß das Gasmagnetventil(4) bei der Erhöhung des Modulationsstroms(J), der das Steuersignal ist, zunächst klemmt, so daß zwar der Modulationsstrom seinen Maximalwert annimmt, jedoch das Gasmagnetventil noch nicht weiter öffnet. Innerhalb der Verzögerungszeit hat das Gasmagnetventil(4) Zeit, anzulaufen, wobei, wenn es dies tut, ein unnötiges Abschalten des Brenners vermieden ist.

Entsprechend wird auch das Auftreten des Minimalwerts des Steuersignals(J) elektronisch erfaßt und für eine Regelabschaltung ausgewertet. Dadurch wird ein Abschalten des Brenners(1) gewährleistet, wenn zwar der Minimalwert des Steuersignals(J) erreicht ist, jedoch das Gasmagnetventil(4) aus irgendwelchen Gründen nicht schließt.

In der Regelschaltung(7) ist eine Startgas-Rampe vorgegeben (vgl. Fig.4), nach der in einer Sicherheitszeit(T) durch Ansteuerung des Gas Mengenventils (4) bei jedem Start des Brenners(1) der Gasdruck bzw. der Gasvolumenstrom von p_{min} stetig auf p_{max} erhöht wird. p_{min} und p_{max} sind so bemessen, daß bei jeder Wobbezahl der betreffenden Gasfamilie, beispielsweise Erdgas, der Brenner sicher startet.

Bei jedem Brennerstart läuft zunächst das Gebläse(2) auf eine konstante Drehzahl an. Nach einer Vorspülzeit für den Brennraum wird zum Zeitpunkt(t_0) das Gasmagnetventil (4) zunehmend geöffnet. Bei einem höherkalorischen Gas ist zum Zeitpunkt(t_1) (Gas 1) das optimale Gas-Luftgemisch erreicht, so daß die Zündung erfolgt. Die entsprechende Gasmagnetventilstellung bleibt zum Ende der Sicherheitszeit(T) aufrechterhalten. Erst danach setzt die oben beschriebene Regelung ein. Bei einem niederkalorischen Gas ist das zündfähige Gemisch beispielsweise erst zum Zeitpunkt(t_2) erreicht. Es erfolgt dann die Zündung und diese Gasmagnetventilstellung wird bis zum Ende der Sicherheitszeit(T) beibehalten. Bei jeder Wobbezahl des jeweiligen Gases ist also die Zündung gewährleistet.

Die Regelschaltung(7) arbeitet als, vorzugsweise digitaler, PI-Regler, der die Ionisationsspannung mit einer Abtastperiode von beispielsweise den oben genannten 100 ms erfaßt und mit gleicher Frequenz den jeweils neuen Wert für das Steuersignal(J) berechnet. Die jeweilige Steuersignaländerung(dJ) setzt sich aus der durch den I-Regelteil verursachten Änderungen und dem gegenüber dem jeweils letzten Stellwert geänderten P-Regelanteil zusammen.

Bei einer bestimmten gewünschten Leistung des Brenners wird bei einem höherkalorischen Gas bei gleichem Ionisationsspannungs-Sollwert(U_{is}) (Gas 1 in Fig. 5a) ein kleineres Stellsignal(J_1) erforderlich als bei einem niederkalorischen Gas (Gas 2 in Fig. 5a). Beim niederkalorischen Gas ist für U_{is} das höhere Steuersignal (J_2) nötig (vgl. Fig.5a). Dies berücksichtigt die Regelschaltung.

Ähnlich liegen die Verhältnisse auch, wenn der Brenner(1) in einer Leistungsstufe(S_1) höherer Leistung und in einer Leistungsstufe(S_2) kleinerer Leistung durch entsprechende Einstellung der Gebläsedrehzahl betrieben werden soll (vgl. Fig.5b). Die Regelschaltung(7) erfaßt die Gebläsedrehzahl oder ermittelt die Last aus der Stellung des angeschlossenen Gasmagnetventils(4) über die Leitung(17) und stellt bei gleichem Ionisationsspannung-Sollwert(U_{is}) in der größeren Leistungsstufe(S_1) höhere Werte des Stellsignals(J) ein als in der niedrigeren Leistungsstufe(S_2) (vgl. Fig.5b).

Figur 6 zeigt die Steuersignaländerung(dJ) in Abhängigkeit von der Regelabweichung(d) der jeweiligen Ionisationsspannung(U_i) von der Ionisationsspannung (U_{is}). Es ist ersichtlich, daß bei gleich großen positiven und negativen Regelabweichungen(d) die Steuersignaländerung(dJ) bei positiven Regelabweichungen (oberhalb dp_1) größer ist als bei gleichen negativen Regelabweichungen (unterhalb dn_1). Figur 6 zeigt auch, daß der P-Regelanteil erst ab einer bestimmten positiven bzw. negativen Regelabweichung(dp_1, dn_1) aktiv wird. Zwischen den Regelabweichungen(dn_1 und dp_1) erfolgt keine Steuersignaländerung(dJ). Dadurch ist gewährleistet, daß das Steuersignal(J) bei den unumgänglichen Streuungen der Meßwerte der Ionisationsspannung(U_i) nicht ständig geändert wird und damit auch das Gasmagnetventil(4) nicht bei jeder auch noch so kleinen oder noch so kurzen Regelabweichung, die auf den emissionsarmen Betrieb des Brenners praktisch ohne Einfluß ist, verstellt wird.

Der P-Regelanteil ist in Figur 6 punktiert dargestellt. Der I-Regelanteil ist mit durchgezogener Linie angedeutet. Bei negativen Regelabweichungen führt der I-Regelanteil zu einer längeren Nachstellzeit als bei positiven Regelabweichungen.

Dem Modulationsstrom(J) wird ein Wechselstrom, beispielsweise mit der Netzfrequenz von der Regelschaltung(7) überlagert. Die Amplitude des überlagerten Wechselstromanteils ist wesentlich kleiner als das Steuersignal(J) als solches, das beispielsweise zwischen 30 mA und 150 mA liegt. Durch den überlagerten Wechselstromanteil wird die durch den mechanischen Aufbau des Gasmagnetventils(4) bedingte Ventil-Hysteresis verringert, so daß das Gasmagnetventil(4) auf Steuersignaländerungen(dJ) in beiden Richtungen schnell anspricht.

Wird dem Brenner ein nur sehr niederkalorisches Gas geliefert und läßt sich die Gebläsedrehzahl nicht absenken, um den Vollastbetrieb aufrechtzuerhalten, dann kann es selbst bei maximaler Öffnung des Gasmagnetventils (4) bzw. maximalem Steuersignal(J) dazu kommen, daß die Verbrennung abgeschaltet wird. Um dies zu vermeiden, also den Heizbetrieb aufrechtzuerhalten, wird für eine begrenzte Zeit ein höherer Wert der Luftzahl zugelassen. Dementsprechend erniedrigt die Regelschaltung für begrenzte Zeit den Ionisationsspannungs-Sollwert(U_{is}). Die Verhältnisse sind in der Figur 7 dargestellt. In der Regelschaltung(7)

sind Schwellwerte(J1,J2) für das Steuersignal(J) vorgegeben. Tritt beim Ionisationsspannungs-Sollwert(Uis) niederkalorisches Gas auf, das zu einer Regelabschaltung der Verbrennung führen kann, dann vergrößert die Regelschaltung(7) zunächst das Steuersignal(J) in der beschriebenen Weise, um die Gaszufuhr entsprechend zu erhöhen. Wird jedoch der obere Schwellwert(J1) erreicht, dann erniedrigt die Regelschaltung(7) den Ionisationsspannungs-Sollwert auf Uisn (a in Fig.7). Damit ist zwar eine geringfügige Erhöhung des Lambda-Werts verbunden, es ist jedoch sichergestellt, daß der Brenner(1) weiterbrennt. Das Steuersignal(J) wird sich dann wieder in Richtung des unteren Schwellwerts(J2) verkleinern, wenn das Gas nicht noch niederkalorischer wird (Pfeil b in Fig.7), was zu einer Regelabschaltung oder zu einer Störabschaltung führen würde. Wird dann der untere Schwellwert(J2) erreicht, dann schaltet die Regelschaltung(7) (vgl. c in Fig.7) wieder auf den ursprünglichen Ionisationsspannungs-Sollwert(Uis) zurück.

Im Betrieb können sich die Zusammenhänge zwischen der Ionisationselektrode(5) und dem vom Gasmagnetventil(4) eingestellten Gasstrom, beispielsweise durch Verbrennungsrückstände an der Ionisationselektrode(5) und/oder deren Verbiegen und/oder Verschleiß oder Ablagerungen im Gasmengenventil(4), verschieben. Es ist deshalb in die Regelschaltung(7) eine Kalibrierfunktion integriert. Die Kalibrierfunktion wird in regelmäßigen Intervallen, durch einen Ereigniszähler, beispielsweise Zähler der Ein- oder Abschaltvorgänge, oder durch einen Betriebsstundenzähler aktiviert. Während der Kalibrierung ist die beschriebene Regelfunktion abgeschaltet. Die Kalibrierung erfolgt vorzugsweise bei sich nicht ändernder Drehzahl des Gebläses(2), um den Einfluß des Gebläses(2) auf die Verbrennung zu unterdrücken. Günstig ist es, die Kalibrierung bei einer mittleren Drehzahl durchzuführen, um während der Kalibrierung nicht an Modulationsgrenzen des Steuersignals(J) zu stoßen. Die Kalibrierung kann auch während des Umschaltens des Gebläses(2) von der einen Leistungsstufe auf die andere Leistungsstufe erfolgen, da die Drehzahländerung im Vergleich zum Kalibriervorgang langsam ist, so daß die Drehzahl während des Kalibriervorgangs quasi konstant ist.

Der Kalibriervorgang wird zum Zeitpunkt(t1) (vgl. Fig.8) vom Ereignis- oder Betriebsstundenzähler beim Übergang von der Vollaststufe auf die Teillaststufe des Gebläses (2) gestartet, wenn der abnehmende Modulationsstrom(J) einen niedrigen Wert(Jk) erreicht. Dieser Wert wird von der Regelschaltung abgespeichert. Es wird dann von der Regelschaltung(7) der Modulationsstrom(J) und damit über das Gasmagnetventil(4) die Gaszufuhr erhöht, wodurch die Ionisationsspannung(Ui) entsprechend ansteigt. Zum Zeitpunkt(t2) erreicht die Ionisationsspannung(Ui) einen vorbestimmten Wert, beispielsweise 0,9 Uimax. Die Zeitspanne(t1 bis t2) dient dem Anfahren der Vorerwärmung der Ionisationselektrode(5). Ab dem Zeitpunkt(t2) wird bis zum Zeitpunkt(t3) der Modulationsstrom(J) konstant gehalten.

In dieser Zeitspanne(t2 bis t3) erhitzt sich die Ionisationselektrode(5) auf eine stabile Temperatur und gewährleistet dadurch reproduzierbare Meßwerte.

Nach dem Zeitpunkt(t3) wird der Modulationsstrom(J) von der Regelschaltung(7) so weiter erhöht, daß der Maximalwert(Uimax) der Ionisationsspannung(Ui) überfahren wird. Dieser - neue - Maximalwert(Uimax) und/oder die sich in der Zeitspanne(t3 bis t4) ergebenden Meßwerte wird/werden zur Weiterverarbeitung im Kalibriervorgang gespeichert.

Der Modulationsstrom(J) wird weiter erhöht bis die Ionisationsspannung(Ui) wieder um etwa 10% unter dem Uimax-Wert liegt, was in Figur 8 zum Zeitpunkt(t4) der Fall ist. In der Zeitspanne(t3 bis t4) ist der Lambda-Wert der Verbrennung an sich ungünstig, was jedoch nicht ins Gewicht fällt, da diese Zeitspanne höchstens wenige Sekunden dauert.

Nach dem Zeitpunkt(t4) schaltet die Regelschaltung(7) unter Einbeziehung des zuvor gespeicherten Modulationsstromes(JK) wieder auf den oben beschriebenen Regelvorgang zurück. Dieser setzt ein, wenn sich beim Zeitpunkt(t5) die Ionisationsspannung(Ui), der Modulationsstrom(J) und der Gasdruck(p) stabilisiert haben.

Aus dem gespeicherten - neuen - Maximalwert der Ionisationsspannung bzw. aus den in der Zeitspanne(t3 bis t4) gewonnenen Meßwerten leitet die Regelschaltung(7) einen entsprechend angepaßten neuen Sollwert für die Ionisationsspannung(Uis) ab.

Aufgrund der genannten kurzen Abtastperiode der Regelschaltung(7) wird sich auch in der Zeitspanne(t3 bis t4) eine Serie von Meßwerten ergeben. Gegenüber den übrigen Meßwerten der Serie stark abweichende Meßwerte werden unterdrückt, weil sie auf externen elektrischen Störimpulsen beruhen können.

Um den Einfluß von nur vorübergehend auftretenden, zwar ungewöhnlichen, aber noch tolerierbaren Kalibrier-Meßwertserien zu vermindern, kann eine Mittelwertbildung zwischen der neuen Meßwertserie und den Meßwertserien vorhergehender Kalibriervorgänge vorgenommen werden.

Bevor mit dem neuen Kalibrierwert, der aus dem neuen Maximalwert der Ionisationsspannung oder aus der Meßwertserie abgeleitet sein kann, tatsächlich eine Neukalibrierung des Sollwertes der Ionisationsspannung (Uis) vorgenommen wird, werden Zwei Übergabekriterien von der Regelschaltung(7) geprüft.

Das erste Übergabekriterium erfaßt eine plötzliche Veränderung aller Komponenten des Regelkreises. Es ist erfüllt, wenn die Abweichung des neuen Kalibrierwertes von den früheren Kalibrierwerten ausreichend klein ist.

Das zweite Übergabekriterium erfaßt eine "schleichende Drift" des Systems (Brenner-Regelung), das bei Abweichung von den herstellerseitig vorgesehenen Werten ausreichend klein ist.

Nur wenn beide Übergabekriterien erfüllt sind, wird der Brennerbetrieb mit der Neukalibrierung fortgesetzt. Ist eines der Übergabekriterien nicht erfüllt, dann wird

der Brennerbetrieb zunächst durch eine Regelabschaltung und nach mehrmaliger Wiederholung durch eine Störabschaltung unterbrochen.

Die Abschaltvorgänge des Brenners(1) sind zusammenfassend folgende:

Der Steuerautomat(9) schaltet das Sicherheitsventil(10) und das Gebläse(2) in Abhängigkeit vom Wärmebedarf und dem Gasdruck in üblicher Weise ("normale Regelabschaltung").

Die Regelschaltung(7) führt durch zeitbeschränktes Öffnen des Abschalters(12) eine Regelabschaltung durch, wenn

- a) im Regelvorgang der Regelbereich(RB) bei positiven oder negativen Regelabweichungen länger als eine vorbestimmte Zeit, beispielsweise 5s, verlassen wird oder
- b) im Regelvorgang der Maximalwert oder der Minimalwert des Steuersignals(J) länger als eine vorbestimmte Zeit, beispielsweise 5s, erreicht ist oder
- c) sich im Kalibriervorgang die Ionisationsspannung(U_i) während der Vorwärmzeit(t₂ bis t₃) der Ionisationselektrode(5) stark ändert oder
- d) im Kalibriervorgang der Maximalwert des Steuersignals (J) erreicht wird oder
- e) im Kalibriervorgang das erste oder zweite Übergabekriterium nicht erfüllt wird.

Nach einer Regelabschaltung schaltet der Steuerautomat(9) den Brenner(1) erneut ein.

Die Regelschaltung(7) führt zu einer nur durch besondere Maßnahmen behebbaren Störabschaltung, beispielsweise durch dauerhaftes Öffnen des Abschalters(12), wenn

- f) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige, Regelabschaltung nach a erfolgte oder
- g) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige, Regelabschaltung nach b erfolgte oder
- h) eine mehrmalige, beispielsweise dreimalige, Regelabschaltung nach c, d, e erfolgte.

Die mehrmaligen Regelabschaltungen werden durch Zähler erfaßt. Die Zähler für die Regelabschaltung a, b, bzw. Störabschaltungen f, g, werden durch jede "normale Regelabschaltung" des Steuerautomaten(9) zurückgesetzt. Der Zähler für die Regelabschaltungen c, d, e, bzw. Störabschaltung h, wird bei einer gültigen Kalibrierung zurückgesetzt.

Die Störabschaltung kann auch dadurch eingeleitet werden, daß die Regelschaltung(7) das Gasmagnetventil(4) mittels des Minimalwerts des Steuersignals(J) schließt. Der Kontakt des Gasdruckwächters(11) bleibt

dabei zunächst geschlossen. Der Steuerautomat(9) stellt dann über die Leitung(15) ein Erlöschen der Brennerflamme fest, worauf er das Sicherheitsventil(10) schließt. Der Steuerautomat (9) versucht dann den Brenner(1) erneut zu zünden, wobei das Sicherheitsventil(10) an Netzspannung gelegt wird, die dadurch über die Leitung(16) auch der Regelschaltung(7) übermittelt wird. Der Zündversuch kann jedoch nicht gelingen, weil das Gasmagnetventil(4) geschlossen ist. Nach mehreren, beispielsweise vier, vergeblichen Zündversuchen, geht der Steuerautomat(9) auf "Störung" und meldet "keine Zündung möglich". Die Regelschaltung(7) zählt die Zündversuche des Steuerautomaten(9) und öffnet dann nach einer gewissen Zeit, beispielsweise 10s nach dem Ende des vierten Versuchs, den Abschalter(12), so daß der Steuerautomat(9) nun zur Sicherheit auch das Sicherheitsventil(10) schließt. Es ist damit eine hohe Betriebssicherheit erreicht, wobei die im Steuerautomaten(9) vorhandenen Sicherheitsmerkmale ausgenutzt werden.

Zum Ausführungsbeispiel nach den Figuren 9 und 10:

An einen Brenner(1) eines Gasheizgeräts sind ein Gebläse (2) und eine Gasleitung(3) angeschlossen, in der ein Gasmagnetventil(4) als Gasmengenventil liegt. Im Flammenbereich des Brenners(1) ist eine Ionisationselektrode(5) angeordnet, die an eine Regelschaltung(7) angeschlossen ist. Über die Leitung(6) ist das Signal der Ionisationselektrode(5) auch an den unten näher beschriebenen Feuerungsautomaten(9) gelegt. Im Feuerungsautomaten(9) besteht so die Möglichkeit, den Brenner(1) auf Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein einer Flamme zu überwachen. Die Regelschaltung (7) steuert in Abhängigkeit von einem im Brennbetrieb über die Ionisationselektrode(5) fließenden Stroms und einem voreingestellten Lambda-Sollwert mittels eines Steuersignals(J), speziell Steuerstroms, den Öffnungsgrad des Gasmagnetventils(4). Die Regelschaltung(7) ist beispielsweise ein digitaler PI-Regler, der beispielsweise durch einen Mikroprozessor verwirklicht ist. Durch die Regelschaltung(7) wird eine emissionsarme Verbrennung, beispielsweise bei einem Lambda-Sollwert zwischen 1,1 und 1,35, vorzugsweise bei 1,15, gewährleistet.

Zur zwei- oder mehrstufigen oder zur stufenlosen Steuerung der Gebläsedrehzahl ist ein Steuerautomat(9) vorgesehen, wie er beispielsweise unter dem Handelsnamen "Furimat" marktbekannt ist. Mittels des Steuerautomaten (9) ist ein Sicherheitsventil(10) ein- und ausschaltbar, wogegen mit dem Gasmagnetventil(4) der Gasvolumenstrom stufenlos einstellbar ist. An den Steuerautomaten(9) ist ein Sollwertgeber(8) angeschlossen, der ein von einer Soll-Raumtemperatur und/oder einer Heizungsvorlauftemperatur und/oder einer Heizungsrücklauftemperatur und einer Außentemperatur abhängiges Signal an den Steuerautomaten(9) legt.

In der Gasleitung(3) liegt ein Gasdruckwächter(11), der über den Steuerautomaten(9) den Brennbetrieb bei

ungenügendem Gasdruck abschaltet. In der Regelschaltung (7) ist ein Abschalter(12) integriert, der über den Steuerautomaten(9) den Brennbetrieb unterbricht, wenn der gewünschte Lambda-Sollwert nicht zu gewährleisten ist.

Über eine Leitung(13) gibt der Steuerautomat(9) bei jedem Einschalten einen Zündimpuls an eine Zündelektrode(14) des Brenners(1). Ein die Drehzahl des Gebläses(2) bestimmendes Signal ist von dem Steuerungsautomaten(9) über eine Leitung(17) einerseits an das Gebläse(2) und andererseits an eine Auswerteschaltung(18) gelegt.

In der Auswerteschaltung(18) ist die gerätespezifische Drehzahl-, d.h. Leistungs-Steuersignal-Kennlinie(K) abgelegt. Diese Kennlinie stellt - unabhängig von der jeweiligen Einstellung der Regelschaltung(7) - den Zusammenhang zwischen der bei einer jeweiligen Lüfterdrehzahl für das Erreichen der gewünschten Brennerleistung notwendigen Öffnungsgrad des Gasmagnetventils(4) dar. Die Auswerteschaltung(18) erzeugt entsprechend der Kennlinie(K) ein Bezugssignal (J'). In einem Schaltungsteil(19) erfaßt sie die Änderung des Bezugssignals(J') jeweils gegen dem vorherigen Zustand. Diese der Änderung der Drehzahl entsprechende Änderung(dJ') prägt sie positiv oder negativ über einen Addierer(20) als Vorhalteanteil dem Steuersignal(J) auf. Dadurch wird das Steuersignal(J) entsprechend der Drehzahländerung parallel zur Regelschaltung(7) an die gewünschte Leistung bzw. die Gebläsedrehzahl vorangepaßt.

Das Gasmagnetventil(4) wird um einen der gewünschten Leistungsänderung etwa entsprechenden Betrag weitergeöffnet oder weitergeschlossen. Die Regelschaltung (7) muß also die gewünschte Leistungsänderung selbst nicht verarbeiten. Sie regelt bei der jeweiligen Leistungseinstellung das Gasmagnetventil(4) auf den für eine emissionsarme Verbrennung notwendigen Lambda-Sollwert.

Das Bezugssignal(J') und das um den Vorhalteanteil(dJ') geänderte Steuersignal(J) werden an einen Vergleichler(21) gelegt. Dieser ist mit einem Korrelator(22) verbunden, in welchem ein Toleranzband mit einer oberen Toleranzgrenze (To) und einer unteren Toleranzgrenze(Tu) gespeichert ist (vgl. Fig. 2). Der Korrelator(22) erfaßt, ob der jeweilige Wert noch innerhalb des Toleranzbandes(To,Tu) liegt, oder nach außerhalb des Toleranzbandes gewandert ist. Ist der jeweilige Wert des um den Vorhalteanteil (dJ') geänderten Steuersignals(J) aus dem um die Kennlinie(K) liegenden Toleranzband gewandert, dann ist dies ein Zeichen dafür, daß aufgrund irgendwelcher Störungen eine emissionsarme Verbrennung im gewünschten Maße nicht mehr gewährleistet ist. Dies kann beispielsweise auf Ablagerungen oder Abnutzungen im Bereich des Brenners(1), der Ionisationselektrode(5), dem Gebläse(2), des Gasmagnetventils(4) oder Luftführung oder auf in der Elektronik entstehenden Fehlfunktionen oder auf den Gasverhältnissen beruhen. Jedenfalls gibt der Korrelator (22) bei solchen Störungen ein Abschalt-

signal über die Leitung(23) an den Steuerautomaten(9). Dies muß nicht gleich bei Beginn der Störung erfolgen. Vorzugsweise wird erst dann abgeschaltet, wenn die Störung eine gewisse Zeit, beispielsweise 5s, dauert.

Es kann vorgesehen sein, daß der Steuerautomat(9) nach einer gewissen Zeit nach dem Abschalten den Brenner(1) erneut startet. Tritt danach das Abschaltssignal vom Korrelator(22) mehrmals, beispielsweise dreimal, auf, dann wird der Steuerautomat(9) auf Störung geschaltet, so daß der Brenner(1) erst durch Servicepersonal wieder eingeschaltet werden kann.

Die Funktionen der Auswerteschaltung(18) mit der Speicherung der Kennlinie(K), dem Schaltungsteil(19), dem Addierer(20), dem Vergleichler(21) und dem Korrelator(22) können in einem Mikroprozessor verwirklicht sein, der zugleich auch die Funktionen der Regelschaltung(7) übernimmt.

In Figur 10 ist die Kennlinie(K) gezeigt, wobei in dem Punkt I das Gebläse(2) mit einer Drehzahl(D1) für eine niedrige Leistungsstufe läuft. Dies entspricht im idealen Fall - ohne die durch die Regelschaltung(7) notwendigen Nachregelung - einem Steuersignal- Bezugssignal(J'1). Bei einer höheren Drehzahl(D2) für eine größere Leistungsstufe ergibt sich über die Kennlinie(K) (vgl. Punkt II) entsprechend ein Bezugssignal(J'2). Zwischen den Punkten I und II verläuft die Kennlinie(K) im wesentlichen linear. Dies muß aber nicht unbedingt sein, vielmehr kann sie auch eine abknickende Kurve aufweisen. Oberhalb und unterhalb der Kennlinie(K) liegt das Toleranzband mit seiner oberen Toleranzgrenze(To) und seiner unteren Toleranzgrenze(Tu). Innerhalb der Toleranzgrenzen liegt der von der Regelschaltung(7) zu beherrschende Regelbereich. Das Toleranzband muß nicht symmetrisch zur Kennlinie(K) verlaufen. Es kann je nach den spezifischen Geräteeigenschaften auch asymmetrisch oder auch gespreizt oder auch nach besonderen Funktionen definiert sein.

Solange das am Gasmagnetventil(4) wirksame Steuersignal (J+dJ') innerhalb des Toleranzbandes liegt, leitet der Korrelator(22) kein Abschaltssignal ein. Kommt dieser Wert jedoch bei der Drehzahl(D1) oder der Drehzahl(D2) oder einer dazwischenliegenden Drehzahl außerhalb des Toleranzbandes, dann wird das Abschaltssignal eingeleitet.

Zum Ausführungsbeispiel nach den Figuren 11 bis 14:

An einen Gasbrenner(1) für ein Gasheizgerät ist eine Gasleitung(3) angeschlossen, in der ein abschaltbares und regelbares Gasventil(4), beispielsweise Magnetventil, liegt. Am Gasbrenner(1) sind ein Luftanschluß(2') und gegebenenfalls ein luftförderndes, drehzahlsteuerbares Gebläse(2) angeordnet. Das Gebläse(2) ist nicht in jedem Fall notwendig; es kann sich auch um einen atmosphärischen Gasbrenner handeln.

In den Flammenbereich des Gasbrenners(1) ragt eine Ionisationselektrode(5). Auf die Ionisationselektrode(5) ist über ein kapazitives Koppelglied(27) eine Wechsellspannung, vorzugsweise die Netzwechsel-

spannung(U), aufgeschaltet. Das Koppelglied(27) besteht aus einem Kondensator und einem Widerstand. Das Koppelglied(27) liegt über einen Widerstand(28), wie der Gasbrenner(1), elektrisch an Erde.

An die Ionisationselektrode(5) ist ein Spannungsteiler (29) angeschlossen, der die auftretende Spannung, beispielsweise um den Faktor 10, verringert. Mit dem Spannungsteiler(29) ist ein Filter(210) verbunden, das die Frequenz der aufgekoppelten Wechselspannung (50 Hz) aussiebt.

Am Ausgang(211) des Filters(210) liegt bei brennender Flamme ein Ionisationssignal (Ionisationsspannung U_{io}), wie es beispielsweise in Figur 12 dargestellt ist. Das Ionisationssignal schwankt entsprechend dem zwangsläufig auftretenden Flackern der Flammen (Schwanken der Flammenintensität) um einen Mittelwert(M). Im Schwankungsverlauf treten nacheinander schwächere Schwankungen, die durch die Bandbreite(S1) in Figur 12 angedeutet sind, und stärkere Schwankungen auf, die durch die Bandbreite(S2) in Figur 12 dargestellt sind.

Abgesehen davon ändert sich die Bandbreite in Abhängigkeit vom Lambdawert, was in der DE 195 02 901 C1 beschrieben ist.

In Figur 12 ist beispielhaft ein abfallender zeitlicher Verlauf des Mittelwerts(M) dargestellt, der sich bei einer Änderung des Luftüberschusses (Lambdawert) des jeweiligen Verbrennungsvorganges ergibt und der zum jeweiligen Lambdawert proportional ist.

Am Ausgang(211) liegt ein erster Funktionsblock(212), der die durch das Flackern bedingten Schwankungen so gleichrichtet oder ausfiltert, daß am Ausgang(213) des ersten Funktionsblocks(212) der oben genannte Mittelwert (M) zur Verfügung steht.

Dem Ausgang(213) des ersten Funktionsblocks(212) ist ein zweiter Funktionsblock(214) nachgeschaltet, der ein um den Mittelwert(M) liegendes Amplituden-Toleranzband erzeugt, dessen Breite in Figur 13 mit B bezeichnet ist. Die Toleranzbandbreite(B) ist so bemessen, daß sie kleiner ist als die kleinste Bandbreite(S1) der Schwankungen.

Der Ausgang(215) des Funktionsblocks(214) ist an einen Komparator-Funktionsblock(216) gelegt, an dem auch der Ausgang(211) liegt. Ausgangsseitig liegt der Komparator-Funktionsblock(216) an einem Rücksetzeingang eines Zeitgebers(217), der auf eine Steuervorrichtung(218) für das Gasventil(4) wirkt. Eine solche Steuervorrichtung (218) ist als "Feuerungsautomat" üblich.

Im hier interessierenden Zusammenhang muß die Steuervorrichtung(218) lediglich das Ausgangssignal des Zeitgebers(217) in ein Abschaltsignal für das Gasventil(4) umsetzen.

Der Komparator-Funktionsblock(216) vergleicht ständig, ob im Ionisationssignal(U_{io}) eine Amplitudenschwankung auftritt, die das Amplituden-Toleranzband(B) über- oder unterschreitet. Tritt eine solche Amplitudenschwankung auf, gibt der Komparator-Funktionsblock(216) ein Rücksetzsignal an den Zeitge-

ber(217).

Der Zeitgeber(217) wird durch jedes Rücksetzsignal des Komparator-Funktionsblocks(216) auf Null gesetzt und beginnt danach immer wieder erneut zu zählen. Ist die am Zeitgeber(217) voreingestellte Zeitdauer, beispielsweise 5 s, abgelaufen und ist in dieser Zeitdauer kein Rücksetzsignal aufgetreten, dann gibt der Zeitgeber(217) ein Gasabschaltsignal an die Steuervorrichtung(218), die daraufhin das Gasventil(4) schließt. Die genannte Zeitdauer ist so eingestellt, daß in ihr im regelmäßigen, ungestörten Brennerbetrieb eine Amplitudenschwankung des Ionisationssignals sicher auftritt. Um die Empfindlichkeit nicht zu hoch zu gestalten, kann auch vorgesehen sein, daß das Gasventil erst dann abgeschaltet wird, wenn einige, beispielsweise zwei oder drei Gasabschaltsignale aufeinanderfolgen.

Die beschriebene Einrichtung arbeitet im wesentlichen folgendermaßen:

a) Im regelmäßigen, ungestörten Brennerbetrieb, wenn also die Flamme vorliegt, erkennt der Komparator-Funktionsblock(216), daß die Amplitudenschwankungen auftreten und daß diese das vorgegebene Toleranzband(B) über- bzw. unterschreiten. Dies geschieht unabhängig von der jeweiligen Höhe des Mittelwerts(M) des Ionisationssignals, was wichtig ist, weil sich das Ionisationssignal, d.h. dessen Mittelwert(M), im normalen Brennerbetrieb ändern kann, wobei eine solche Änderung nicht zu einer Sicherheitsabschaltung führen soll. Der Komparator-Funktionsblock(216) gibt bei jeder Amplitudenschwankung immer wieder ein Rücksetzsignal an den Zeitgeber(217), bevor die an diesem eingestellte Zeitdauer abgelaufen ist. Es tritt also ein Gasabschaltsignal nicht auf.

b) Erlischt die Flamme, dann liegt kein Ionisationssignal vor, so daß der Komparator-Funktionsblock(216) kein Rücksetzsignal erzeugt. Dementsprechend läuft der Zeitgeber(217) ab und gibt bei Erreichen der eingestellten Zeitdauer ein Gasabschaltsignal an die Steuervorrichtung (218). Das Gasventil(4) wird geschlossen.

c) Besteht in der Einrichtung bei brennender oder nicht brennender Flamme ein Defekt, beispielsweise in der Ionisationselektrode(5), deren Anschlußleitung oder den sonstigen Einrichtungen(27 bis 216), der zu einem dem Ionisationssignal(U_{io}) am Ausgang(211) nur ähnlichen Signal oder dem Ausgang(215) ähnlichen Signal führt, dann erkennt der Komparator-Funktionsblock(216), daß die charakteristischen Amplitudenschwankungen fehlen und gibt kein Rücksetzsignal an den Zeitgeber(217), so daß das Gasabschaltsignal auftritt. Ein Gasabschaltsignal tritt also bei unterschiedlichen Störungen oder Defekten immer dann

auf, wenn die Amplitudenschwankungen nicht vorliegen bzw. nicht erkannt werden, oder zwar vorliegen, aber nicht das Toleranzband (B) über- bzw. unterschreiten.

Nach Figur 11 liegt am Ausgang(213) eine Regelschaltung(219 bzw. 7), wie sie beispielsweise in der DE 44 33 425 A1 beschrieben ist. Mit dieser wird das Gasventil(4) und/oder das Gebläse(2) so geregelt, daß sich bei unterschiedlichen Gasqualitäten und unterschiedlichen Umgebungsbedingungen eine optimale Verbrennung bei einem gewünschten Lambda-Sollwert ergibt.

Die Regelschaltung(219) und die beschriebenen Komponenten (29 bis 217) lassen sich in einem Mikrocontroller oder Mikroprozessor verwirklichen. Der Aufwand für die Sicherheits-Flammenüberwachung ist damit gering.

Figur 14 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel schematisch. Figur 11 entsprechende Teile sind mit den dortigen Bezugszeichen versehen. An das Gasventil(4) ist ein Modulator(220) angeschlossen. Dieser moduliert die Gaszufuhr zum Gasbrenner(1) so, daß sich Schwankungen der Flammenintensität ergeben. Solche gezielten Schwankungen der Flammenintensität lassen sich auch dadurch erreichen, daß die Luftzufuhr, beispielsweise mittels des Gebläses (2) (vgl. Fig.11), gezielt moduliert wird.

Diese dem Flammenbild gezielt aufmodulierte Schwankungen bilden sich im ungestörten Brennerbetrieb im Ionisationssignal(U_{io}) ab. Ein auf den Modulator(220) abgestimmter Demodulator(221) erfaßt diese charakteristischen Schwankungen. Eine an den Demodulator(221) angeschlossene Flammenüberwachungsschaltung(222) überwacht, ob die vom Modulator(220) erzeugten Schwankungen im Demodulator(221) auftreten und gibt ein Gasabschaltsignal über den Modulator(220) oder direkt an das Gasventil(4), wenn die Schwankungen vom Demodulator(221) nicht erkannt werden.

Die Funktionsweise ist auch hier im wesentlichen folgende:

a) Im ungestörten Brennerbetrieb, bei vorhandener Flamme, tritt ein Gasabschaltsignal nicht auf, weil der Demodulator(221) die vom Modulator(220) verursachten Schwankungen erfaßt.

b) Erlischt die Flamme, dann können die vom Modulator (220) verursachten Schwankungen nicht zum Demodulator (221) gelangen. Dies hat zur Folge, daß die Flammenüberwachungsschaltung(222) ein Gasabschaltsignal erzeugt.

c) Bei irgendeinem Defekt im Wirkungskreis Modulator-Gasventil-Flamme-Ionisationselektrode-Demodulator- Flammenüberwachungsschaltung des Systems kommt das Modulationssignal nicht richtig zum Demodulator(221). Es wird dann ein Gasabschaltsignal ausgelöst.

Die Modulation kann ständig oder periodisch, beispielsweise alle 5 s bis 10 s, während einer demgegenüber kurzen Zeit, beispielsweise 1 s bis 3 s, erfolgen. Durch eine periodische Modulation ist gewährleistet, daß über die Brenndauer gesehen, die Modulation nur einen geringen Einfluß auf den Lambdawert des Verbrennungsvorgangs hat.

Die Regelschaltung(219 bzw. 7) ist in Figur 14 nicht dargestellt. Sie kann auch bei diesem Ausführungsbeispiel vorhanden sein. Arbeitet die Regelschaltung mit einem Mikroprozessor bzw. Mikrocontroller, dann kann auch bei diesem Ausführungsbeispiel die Funktion der Sicherheits-Flammenüberwachung in diesen einfach integriert sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Gasbrenners, insbesondere Gasgebläsebrenners(1), wobei von einer Regelschaltung(7) ein von einer im Flammenbereich angeordneten Ionisationselektrode(5) abgeleitetes Ionisationssignal(U_i) erfaßt wird und das Gas-Luftverhältnis(Lambda I) durch Änderung des dem Brenner(1) zugeführten Gas- und/oder Luftvolumenstroms auf einen Lambdasollwert >1 geregelt wird, dem ein Sollwert(U_{is}) des Ionisationssignals entspricht, dadurch gekennzeichnet, daß ein zugelassener Regelbereich(RB) des Ionisationssignals(U_i) festgelegt wird, dessen oberer Grenzwert(U_{io}) kleiner als der Maximalwert(U_{im}) des Ionisationssignals (U_i) ist und dessen unterer, noch einen emissionsarmen Betrieb gewährleistender Grenzwert(U_{iu}) über einem Endwert(U_{ie}) liegt, bei welchem die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist, und daß von der Regelschaltung(7) ein Abschaltsignal für den Brenner(1) erzeugt wird, wenn das Ionisationssignal(U_i) länger als eine vorgegebene Zeitdauer den zugelassenen Regelbereich (RB) verläßt, und daß beim Unterschreiten des unteren Grenzwerts(U_{iu}) des Ionisationssignals(U_i) und beim Unterschreiten des Sollwerts(U_{is}) des Ionisationssignals(U_i) bei einem Lamodawert <1 infolge Mitkopplung der Regelschaltung(7) der Gasvolumenstrom erhöht bzw. der Luftvolumenstrom gedrosselt wird und zwar bis zu dem Endwert(U_{ie} bzw. U_{ie}), bei welchem die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist und bei dessen Erreichen ein weiteres Abschaltsignal von der Regelschaltung(7) für den Brenner (1) erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Abschaltsignal die Regelschaltung(7) den Brenner(1) erneut startet und daß dann, wenn mehrmals nacheinander eine solche Regelabschaltung erfolgt, die Regelschaltung(7) eine Störabschaltung vornimmt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das die vorgegebene Zeitdauer bestimmende Zeitglied zurückgesetzt wird, wenn das Ionisationssignal(Ui) innerhalb der vorgegebenen Zeitdauer in den Regelbereich(RB) zurückkommt. 5
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Endwert ein Maximalwert und/oder Minimalwert des Steuersignals(J) für das Gasmagnetventil(4) ist. 10
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen des Minimalwertes des Steuersignals(J) des Gasmagnetventils(4) dies elektronisch erfaßt, und der Brenner(1) durch Schließen eines Sicherheits-Gasventils(10) abgeschaltet wird. 15 20
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Startsignal für den Brenner(1) der Gasvolumenstrom bei konstanter Gebläsedrehzahl rampenförmig erhöht wird, bis der Brenner zündet und danach bis zum Ablauf einer vorgegebenen Sicherheitszeit(T) der Gasvolumenstrom konstant gehalten wird. 25 30
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß beim Erreichen eines oberen Schwellwerts(J1) des Steuersignals(J) die Regelschaltung(7) auf einen niedrigen Sollwert(Uisn) des Ionisationssignals(Ui) umschaltet und danach bei Erreichen eines unteren Schwellwerts(J2) des Steuersignals(j) auf den vorherigen Sollwert(Uis) des Ionisationssignals(Ui) zurückschaltet. 35 40
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelschaltung(7) in regelmäßigen Intervallen auf einen Kalibriervorgang für das Ionisationssignal(Ui) umschaltet. 45
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in jedem Kalibriervorgang das Steuersignal(J) für das Gasmagnetventil(4) zunächst auf einen für eine Vorerhitzung der Ionisationselektrode(5) geeigneten Wert gebracht wird und danach das Steuersignal(J) erhöht wird, bis der Maximalwert des Ionisationssignals(Ui) durchfahren ist und der sich ergebende Wert zur Kalibrierung ausgewertet wird. 50
10. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Steuerung des Gasbrenners(1) ein an sich bekannter Steuerautomat(9) mit Sicherheitsventil(10) und Gasdruckwächter(11) vorgesehen ist, und daß die Regelschaltung(7) ein Gasmagnetventil(4) steuert und das von ihr erzeugte Abschaltssignal an den Steuerautomaten(9) gelegt ist.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuerautomat(9) die Gebläsedrehzahl entsprechend einem Leistungssollwert steuert und daß von einer Auswerteschaltung(18) aus der jeweiligen Änderung der Gebläsedrehzahl ein Vorhalteanteil(dJ') für das Steuersignal(J) erzeugt wird, wobei der Vorhalteanteil (dJ') bei zunehmender Gebläsedrehzahl das Steuersignal(J) in Richtung eines größeren Gasvolumenstromes und bei abnehmender Gebläsedrehzahl in Richtung eines kleineren Gasvolumenstromes ändert.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß um die Leistungs-Steuersignal-Kennlinie ein Toleranzband definiert wird und daß dann, wenn das Ist-Steuersignal das Toleranzband verläßt, ein Abschaltssignal für den Brenner erzeugt wird.
13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, zur Sicherheits-Flammenüberwachung bei einem Gasbrenner mit einer Ionisationselektrode im Flammenbereich, von der während des Brennerbetriebs ein Ionisationssignal abgeleitet wird, dadurch gekennzeichnet, daß während des Brennerbetriebs die sich aus Schwankungen der Flammenintensität ergebenden Schwankungen des daraus abgeleiteten elektrischen Ionisationssignals überwacht werden, und daß dann, wenn solche Schwankungen des Ionisationssignals nicht auftreten, ein Gasabschaltssignal ausgelöst wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Ionisationssignal auch zur Regelung der Verbrennung auf einen Lambda-Sollwert ausgewertet wird.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die überwachten Schwankungen solche Schwankungen des Ionisationssignals sind, die sich aus einer der Verbrennungsgas- und/oder Verbrennungsluftzufuhr aufgeprägten Modulation

ergeben.

16. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, 5
 daß ein erster Funktionsblock(12) die Schwankungen des Ionisationssignals(Uio) unterdrückt bzw. gleichrichtet, daß ein nachgeschalteter zweiter Funktionsblock(14) ein Amplituden-Toleranzband(B) um das Ausgangssignal des ersten Funktionsblocks(12) erzeugt, wobei das Amplituden-Toleranzband(B) so bemessen ist, daß es kleiner ist als die im Ionisationssignal(Uio) immer wiederkehrenden Amplitudenschwankungen, daß das Ausgangssignal des zweiten Funktionsblocks(14) und das die Schwankungen enthaltende Ionisationssignal(Uio) an einen Komparator-Funktionsblock(16) gelegt sind, der dann ein Rücksetzsignal an einen Zeitgeber(17) gibt, wenn eine Amplitudenschwankung des Ionisationssignals(uio) über oder unter das Amplituden-Toleranzband(B) hinausgeht, und daß der Zeitgeber(17), wenn er nicht nach einer voreingestellten Zeitdauer ein Rücksetzsignal erhält, dann das Gasabschaltsignal auslöst. 10
 15
 20
 25
17. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, 30
 daß in der Verbrennungsgas- und/oder Verbrennungsluftzufuhr des Gasbrenners(1) ein Modulator(20) angeordnet ist, dem ein Demodulator(21) für das Ionisationssignal(Uio) zugeordnet ist, der das Gasabschaltsignal auslöst, wenn er das Modulationssignal nicht erkennt. 35
 40
 45
 50
 55

Fig. 3

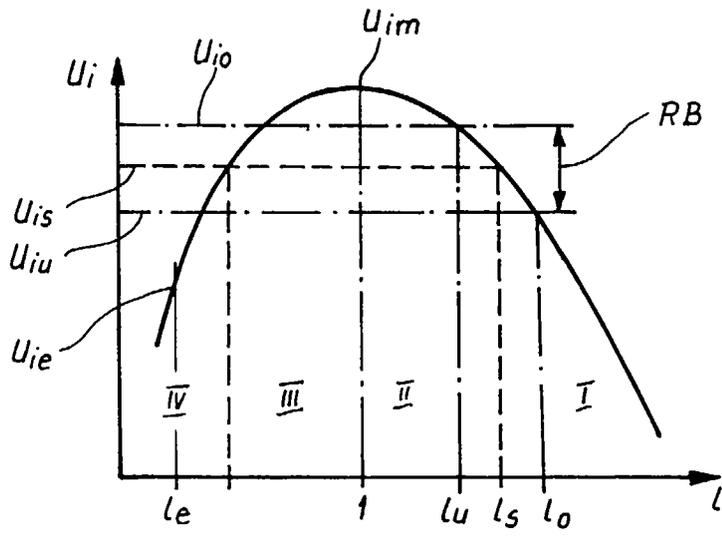


Fig. 4

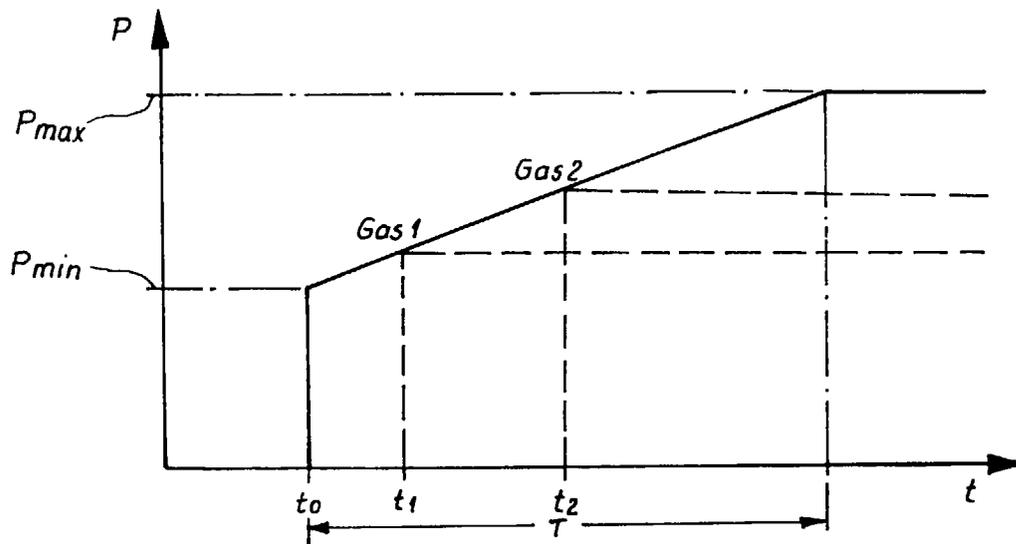


Fig. 5a

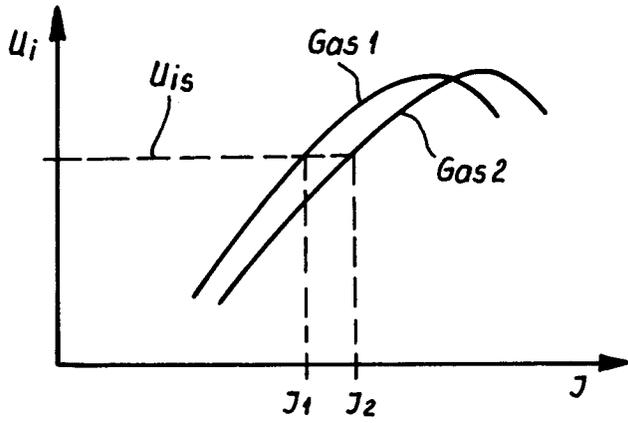


Fig. 5b

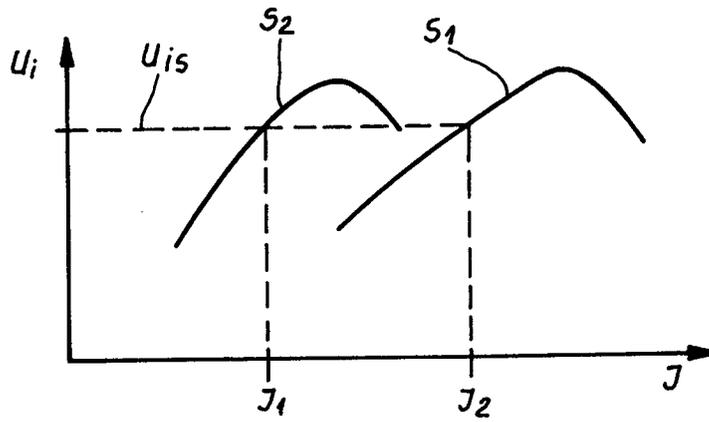


Fig. 6

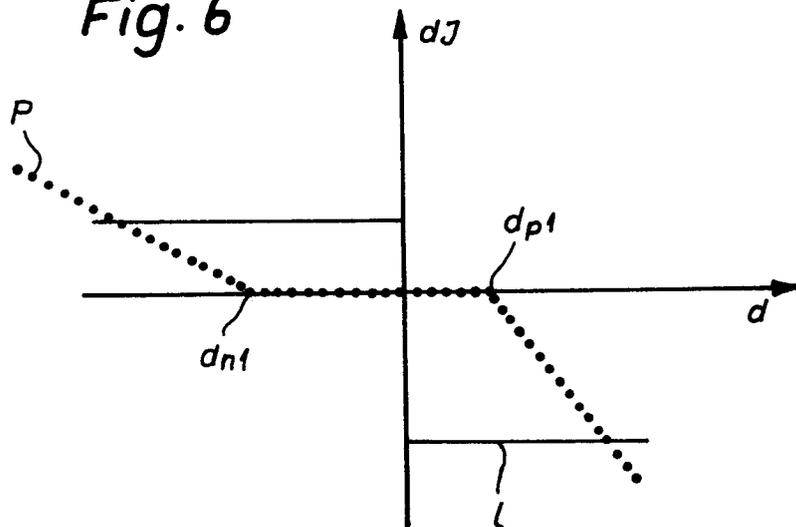


Fig. 7

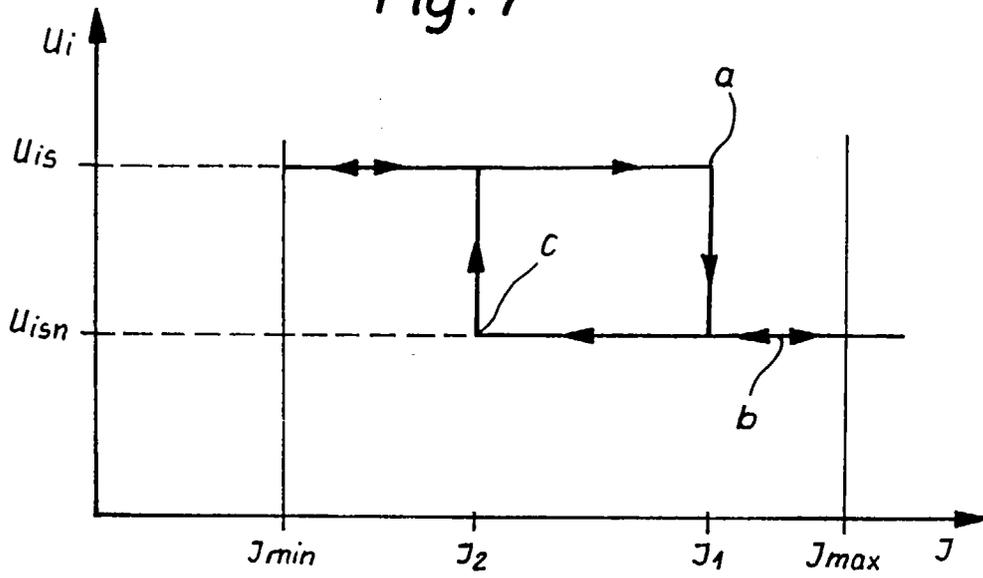


Fig. 8

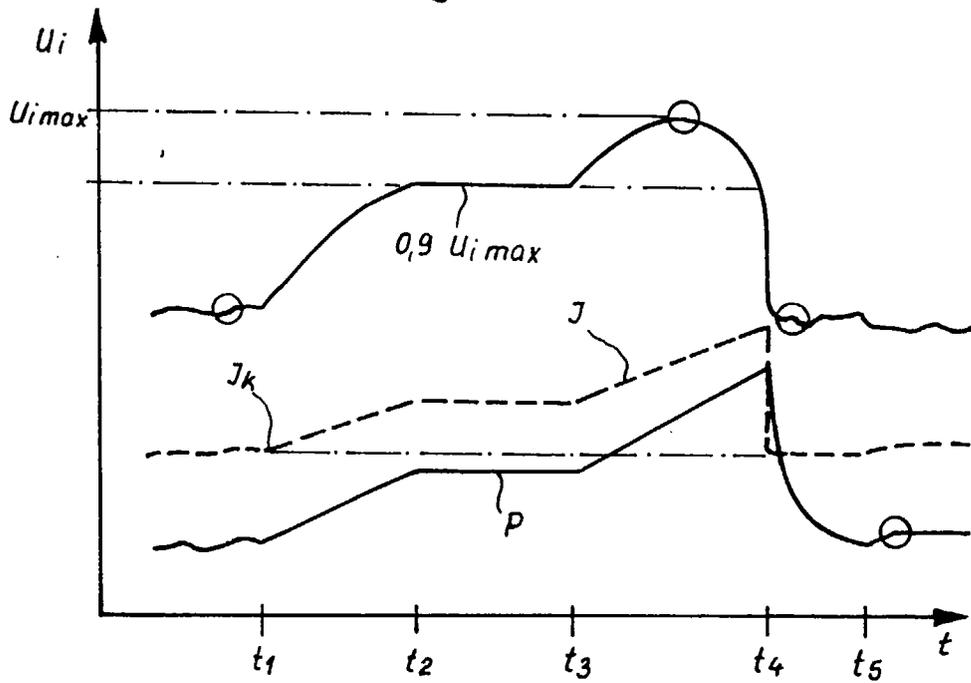


Fig. 10

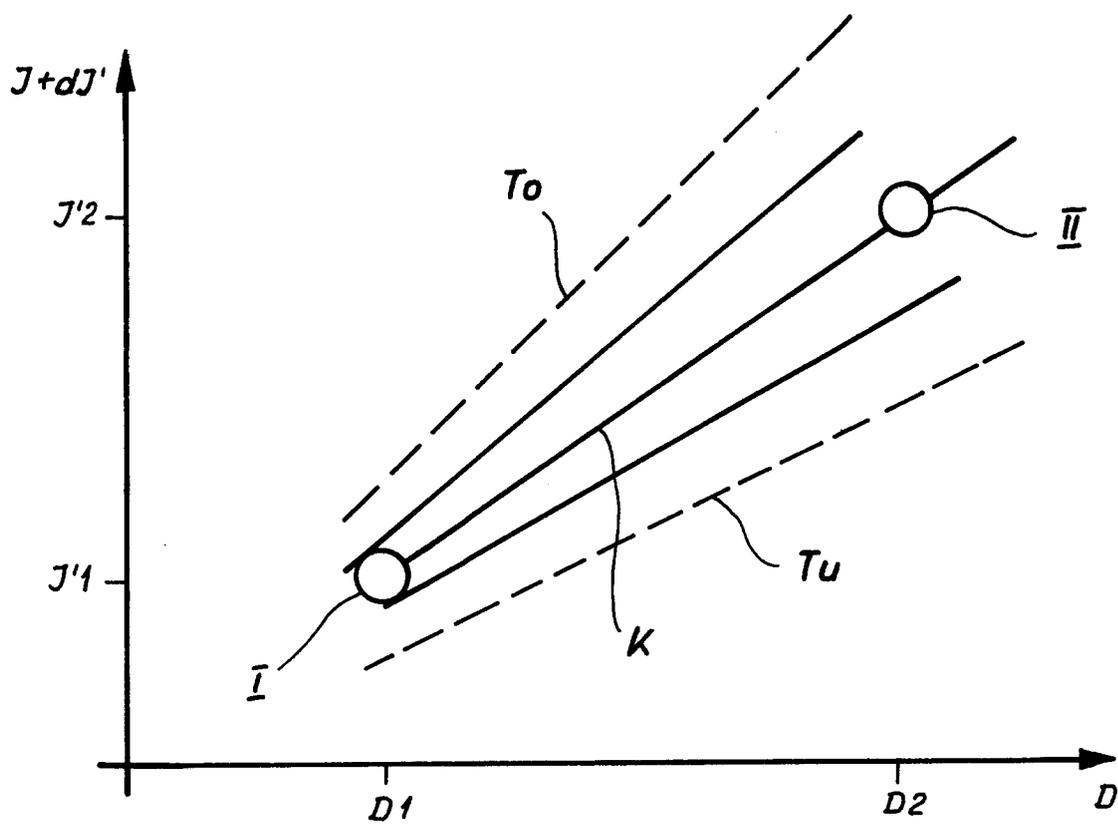


Fig. 11

