



(11)

EP 3 045 816 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
12.12.2018 Patentblatt 2018/50

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

(21) Anmeldenummer: **15151600.2**

(22) Anmeldetag: **19.01.2015**

(54) **EINRICHTUNG ZUR REGELUNG EINER BRENNERANLAGE**

DEVICE FOR THE CONTROL OF A BURNER ASSEMBLY

DISPOSITIF DE COMMANDE D'UNE INSTALLATION DE BRÛLEUR

(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

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.07.2016 Patentblatt 2016/29

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
• **Born, Thomas**
76227 Karlsruhe (DE)

• **Schmiederer, Bernd**
76149 Karlsruhe (DE)

(74) Vertreter: **Maier, Daniel Oliver**
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 1 293 727 EP-A1- 2 177 830
EP-A2- 1 750 058 EP-B1- 2 466 204
US-A- 5 049 063

EP 3 045 816 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf Regelkurven, wie sie im Zusammenhang mit Ionisationselektroden in Brenneranlagen, beispielsweise in Gasbrennern, eingesetzt werden. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Offenbarung auf die Korrektur solcher Regelkurven unter Berücksichtigung der Alterung und/oder Drift eines Sensorsignals.

[0002] In Brenneranlagen lässt sich die Luftzahl während der Verbrennung anhand eines Ionisationsstromes durch eine Ionisationselektrode ermitteln. An die Ionisationselektrode wird zunächst eine Wechsellspannung angelegt. Aufgrund der Gleichrichterwirkung einer Flamme fließt ein Ionisationsstrom als Gleichstrom in nur einer Richtung.

[0003] In Regelkurven für Ionisationselektroden wird der an der Ionisationselektrode erfasste Ionisationsstrom aufgetragen über der Drehzahl des Gebläses eines Gasbrenners. Der Ionisationsstrom wird typisch in Mikroampere gemessen. Die Drehzahl des Gebläses eines Gasbrenners wird typisch in Umdrehungen pro Minute gemessen. Die Drehzahl des Gebläses eines Gasbrenners ist zugleich ein Mass für den Luftvolumenstrom und für die Leistung der Brenneranlage, das heisst für eine Wärmemenge pro Zeit.

[0004] Entlang einer solchen Regelkurve ist eine Vielzahl von Testpunkten aufgetragen. Zunächst können diese Testpunkte im Rahmen von Prüfungen unter Laborbedingungen aufgenommen werden. Die aufgenommenen Werte werden gespeichert und in einer (elektronischen) Regelung berücksichtigt.

[0005] Ionisationselektroden unterliegen im Betrieb einer Alterung. Diese Alterung wird verursacht durch Ablagerungen und/oder Beläge während des Betriebs einer Brenneranlage. Insbesondere kann sich an der Oberfläche einer Ionisationselektrode eine Oxidschicht bilden, deren Dicke sich im Laufe der Betriebsstunden verändert. Als Folge der Alterung einer Ionisationselektrode kommt es zu einer Drift des Ionisationsstromes. Mithin bedarf eine unter Laborbedingungen aufgenommene Regelkurve von Zeit zu Zeit, spätestens nach 1000 bis 3000 Betriebsstunden, einer Korrektur.

[0006] Eine Regeleinrichtung mit Korrektur der Regelkurve einer Ionisationselektrode ist offenbart in EP2466204B1. Die Korrektur der Regelkurve erfolgt dabei in drei Schritten. Zunächst führt die Regeleinrichtung dabei einen Regelbetrieb durch. Anschliessend steuert oder regelt die Regeleinrichtung die Aktoren der Brenneranlage auf ein geändertes Zufuhrverhältnis hin. Insbesondere wird die Drehzahl des Gebläses einer Brenneranlage geändert. Durch die Steuerung der Aktoren stellt die Regeleinrichtung einen Luftvolumenstrom der Brenneranlage ein.

[0007] Das geänderte Zufuhrverhältnis liegt dabei über dem stöchiometrischen Wert der Luftzahl von 1. Vorzugsweise wird die Luftzahl um 0.1 oder um 0.06 auf Werte grösser oder gleich 1.05 reduziert. Aus dem dabei erfassten Ionisationssignal und aus gespeicherten Daten wird in einem dritten Schritt ein Sollwert neu errechnet.

[0008] Die Korrektur der Regelkurve setzt jedoch voraus, dass die während der Dauer des Tests erzeugte Wärme auch an Verbraucher wie Heizung oder Brauchwasser abgeführt werden kann. Ansonsten ist die während des Tests erzeugte Wärmemenge höher als die abgenommene Wärmemenge. In der Folge steigt die Temperatur im System an und der Temperaturregler der Anlage schaltet den Brenner aus. Der Test an einem bestimmten Luftvolumenstrom kann in diesem Fall nicht zu Ende geführt werden.

[0009] Dieses Problem verschärft sich dadurch weiter, dass während eines Testlaufs einige Zeit benötigt wird, um stabile Werte zu erhalten. Erschwerend kommt hinzu, dass sich die Dauer eines Testlaufs im Allgemeinen nicht beliebig verkürzen lässt.

[0010] Das europäische Patent EP2466204B1 ist angemeldet am 16. Dezember 2010 und erteilt am 13. November 2013. EP2466204B1 offenbart und beansprucht eine Regeleinrichtung für eine Brenneranlage.

[0011] Die europäische Patentanmeldung EP1293727A1 ist angemeldet am 13. September 2001. EP1293727A1 lehrt eine Regeleinrichtung für einen Brenner nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0012] Das Patent US5049063A ist am 26. Dezember 1989 angemeldet und am 17. September 1991 erteilt. US5049063A offenbart einen Apparat zur Verbrennungsregelung eines Brenners.

[0013] Gegenstand der vorliegenden Offenbarung ist eine verbesserte Korrektur der Regelkurve einer Ionisationselektrode, welche die vorgenannten Nachteile zumindest teilweise überwindet.

Zusammenfassung

[0014] Der vorliegenden Offenbarung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass sich Brennerbedingungen und damit allfällige Korrekturen einer Regelkurve im Betrieb schleichend ändern. Insbesondere ändern sich die Bedingungen und daraus folgend die fälligen Korrekturen entlang der Regelkurven im Allgemeinen nicht sprunghaft. Dies ermöglicht eine Abschätzung darüber, wie eine Korrektur an einem Testpunkt sich auf benachbarte Werte auswirkt.

[0015] Die genannte Erkenntnis ermöglicht die Korrektur einer Regelkurve während des Betriebs einer Brenneranlage und bei beliebigen Luftvolumenströmen. Die genannte Erkenntnis ermöglicht ebenso die Korrektur einer Regelkurve in einem Kalibrier-Modus oder Wartungs-Modus einer Brenneranlage. Dazu werden in einem ersten Schritt mehrere Testpunkte, das heisst Ionisationsströme gegenüber Gebläsedrehzahlen bzw. Luftvolumenströmen der Brenneranlage, aufgenommen. Dadurch wird erreicht, dass mindestens ein Testpunkt in der Nähe des aktuell benötigten Luftvolumenstromes liegt. Sollte an einem vorliegenden Testpunkt ein Testlauf nicht möglich sein, wird zunächst die für einen benach-

barten Testpunkt ermittelte Korrektur in die Korrektur des vorliegenden Testpunkts hinein gerechnet. Somit wird der so korrigierte vorliegende Testpunkt an benachbarte Testpunkte angeglichen.

[0016] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch eine Regeleinrichtung und/oder durch ein Verfahren entsprechend den unabhängigen Ansprüchen dieser Offenbarung. Bevorzugte Ausführungsformen sind in den abhängigen Ansprüchen wiedergegeben.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0017] Nachfolgend werden Wege zur Ausführung der Erfindung anhand von Figuren beschrieben. Es zeigen:

Fig 1 schematisch eine Brenneranlage mit einer erfindungsgemässen Regeleinrichtung, welche anhand eines Ionisationssignals geregelt wird.

Fig 2 eine Regelkurve aufgenommen unter Laborbedingungen und eine davon abweichende Regelkurve einer gealterten Ionisationselektrode mit unvollständiger Korrektur.

Detaillierte Beschreibung und Wege zur Ausführung der Erfindung

[0018] Die Fig 1 zeigt schematisch eine Brenneranlage, vorzugsweise einen Gasbrenner, mit einer erfindungsgemässen Regeleinrichtung und/oder mit dem erfindungsgemässen Verfahren. Die Regelung arbeitet im Normalbetrieb als Brennstoff-Luft-Verbund-Regelung. Ein Brenner erzeugt eine Flamme (1). Eine Ionisationselektrode (2) erfasst einen Ionisationsstrom. An der Ionisationselektrode (2) liegt typisch eine Wechselspannung im Bereich 110 V ... 240 V an. Der von der Ionisations-Elektrode (2) erfasste Ionisationsstrom bedeutet, dass sich einer an der Ionisationselektrode (2) angelegter Wechselspannung eine Gleichspannung überlagert. Dadurch ergibt sich ein Gleichstrom. Dieser Gleichstrom steigt mit zunehmender Ionisation des Gases im Flammenbereich. Der Gleichstrom sinkt andererseits mit zunehmendem Luftüberschuss der Verbrennung. Zur Weiterverarbeitung des Signals der Ionisationselektrode ist es gängig, ein Tiefpass zu verwenden, sodass aus dem gefilterten Ionisationssignal (4) der Ionisationsstrom entsteht. Die auftretende Gleichspannung hat einen Gleichstrom zur Folge, der typisch im Bereich kleiner 150 Mikroampere und häufig deutlich unterhalb dieses Wertes liegt.

[0019] Eine Vorrichtung zur Trennung von Gleichstrom und Wechselstrom einer Ionisationselektrode ist beispielsweise in EP1154203B1, Fig 1, gezeigt und unter anderem in Abschnitt 12 der Beschreibung erklärt. Auf die relevanten Teile der Offenbarung von EP1154203B1 wird hier Bezug genommen.

[0020] Ionisationselektroden (2) wie hier eingesetzt sind kommerziell erhältlich. Als Material der Ionisationselektroden (2) kommt vielfach KANTHAL®, z.B. APM® oder A-1®, zum Einsatz. Auch Elektroden aus Nikrothal® werden vom Fachmann in Betracht gezogen.

[0021] Der Ionisationsstrom wird durch einen Flammenverstärker (3) verstärkt. Der Flammenverstärker (3) schliesst zudem den elektrischen Stromkreis durch Anschluss des Flammenverstärkers (3) an die Masselektrode des Brenners. Das vom Flammenverstärker (3) verarbeitete Ionisationssignal (4) wird an eine Stelleinrichtung (5) weitergegeben. Die Stelleinrichtung (5) nutzt im Normalbetrieb das Ionisationssignal (4) als Eingangssignal für eine Regelung. Das Ionisationssignal (4) ist vorzugsweise ein analoges elektrisches Signal. Es (4) kann alternativ als digitales Signal oder als digitale Variable zweier Software-Moduleinheiten ausgebildet sein.

[0022] Im Betrieb reagiert die Stelleinrichtung (5) auf ein externes Anforderungssignal (11), welches eine Wärmeleistung vorgibt. Darüber hinaus kann anhand des Anforderungssignals (11) die Regelung ein- und ausgeschaltet werden. Eine Wärmemenge und damit verbunden ein Luftvolumenstrom kann beispielsweise von einem übergeordneten, in Fig 1 nicht eingezeichneten, Temperaturregelkreis angefordert werden. Weiterhin kann eine solche Vorgabe von einem externen Verbraucher und/oder direkt von Hand, beispielsweise anhand eines Potentiometers, vorgegeben werden.

[0023] Es ist üblich, das Anforderungssignal (11) mit Hilfe von in der Stelleinrichtung (5) hinterlegten Daten auf einen der beiden Aktoren (6, 7) abzubilden. In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Anforderungssignal (11) auf Drehzahlsollwerte für ein Gebläse als ersten Aktor (6) abgebildet. Anschliessend werden die Drehzahlsollwerte mit einem von einem Gebläse (6) zurückgegebenen Drehzahlsignal (9) verglichen. Ein in der Stelleinrichtung (5) integrierter Drehzahlregler steuert das Gebläse (6) über ein erstes Stellsignal (8) auf eine dem Anforderungssignal (11) entsprechende Sollfördermenge an Luft (12). In einer speziellen Ausführungsform umfasst die Stelleinrichtung (5) eine Drehzahlregelung, insbesondere eine Drehzahlregelung nach proportionalen, integralen und/oder derivativen Bestandteilen, und gibt ein Stellsignal an das Gebläse (6) weiter. Gemäss einer weiteren Ausführungsform kann das Anforderungssignal (11) direkt auf das erste Stellsignal (8) des Gebläses (6) abgebildet werden. Ferner ist auch die Abbildung des Anforderungssignals (11) auf ein Brennstoffventil als ersten, leistungsführenden Aktor möglich.

[0024] Ein zweiter Aktor (7), bevorzugt ein Brennstoffventil, führt über die Zufuhr an Brennstoff (13) die Luftzahl nach. Dazu bildet die Stelleinrichtung (5) das vorgegebene Anforderungssignal (11), d. h. das Drehzahlrückmeldesignal (9),

auf einen Sollwert des Ionisationssignals (4) ab. Anhand der Differenz zwischen Ionisationssignal (4) und Sollwert des Ionisationssignals (4) wird über eine in der Stelleinrichtung enthaltene Regeleinheit das Brennstoffventil (7) geregelt. Auf diese Weise bewirkt eine Änderung des Ionisationssignals (4) über ein zweites Stellsignal (10) eine Änderung der Stellung des Brennstoffventils (7). Damit ändert sich der Durchfluss an Brennstoff (13). Der Regelkreis wird geschlossen, indem für eine gegebene Luftmenge eine Änderung der Brennstoffmenge eine Änderung des Ionisationsstromes durch die Flamme (1) und durch die Ionisationselektrode (2) bewirkt. Damit verbunden ist eine Änderung des Ionisationssignals (4) so lange, bis dessen Istwert wieder dem vorgegebenen Sollwert gleicht.

[0025] Fig 2 zeigt als durchgezogene Kurve eine Regelkurve (14). In Fig 2 ist aufgetragen der Ionisationsstrom in Mikroampere (15) gegenüber dem Luftvolumenstrom (16). Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform entspricht der Luftvolumenstrom (16) der Drehzahl des Gebläses (6). Eine solche Regelkurve dient der Stelleinrichtung (5) zur Einstellung der Luftzahl für verschiedene Anforderungssignale (11) unter Berücksichtigung des Ionisationssignals (4).

[0026] Mit anderen Worten, die Regeleinrichtung ist ausgebildet, einen Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage unter Berücksichtigung des Ionisationsstromes (15) einzustellen.

[0027] Gängige Brenneranlagen im Sinne dieser Offenbarung weisen Leistungen von einigen 10 kW bis hin zu 100 kW und darüber und die zugehörigen Luftvolumenströme auf. Gängige Drehzahlen des Gebläses liegen im Bereich einiger 1000 bis 10000 Umdrehungen pro Minute.

[0028] Fig 2 zeigt den Ionisationsstrom (15) für verschiedene Luftvolumenströme (16). Die verschiedenen Werte des Ionisationsstromes (15) für verschiedene Luftvolumenströme (16) werden zunächst im Labor (unter Testbedingungen) aufgenommen. Daraus ergibt sich die Regelkurve (14). In Fig 2 sind aufgenommene Wertepaare aus Ionisationsstrom und Luftvolumenstrom anhand gerader, durchgezogener Linien zu einer Regelkurve verbunden. Die Wertepaare sind Stützpunkte der Regelkurve und sind mit Kreuzen X in Fig 2 eingezeichnet.

[0029] Die Aufnahme der Stützpunkte einer Regelkurve findet im Labor vorzugsweise mit einer neuen und/oder wenig gealterten Ionisationselektrode (2) statt.

[0030] Die Gesamtheit dieser Stützpunkte bildet eine Regelkurve wie in Fig 2 gezeigt. Dazu ist die Regeleinrichtung ausgebildet, die Stützpunkte zu einer Regelkurve zusammenzufügen. Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform beinhaltet das Zusammenfügen zu einer Regelkurve auch die nachfolgend offenbarte Interpolation.

[0031] Die Regeleinrichtung umfasst demnach einen Speicher und ist ausgebildet, Paare aus Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage und Ionisationsstrom (15) zu speichern. Bei dem Speicher kann es sich beispielsweise um Arbeitsspeicher (RAM), Flash-Speicher, EPROM Speicher, EEPROM Speicher, Speicher-Register, eine oder mehrere Festplatten, eine oder mehrere Disketten, andere optische Laufwerke oder um jegliches Computer-lesbare Medium handeln. Diese Aufzählung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. In einer bevorzugten Ausführungsform ist der Speicher der Regeleinrichtung nicht-flüchtig.

[0032] Gemäss Fig 2 wird zwischen den aufgenommenen Werten linear interpoliert. In einer weiteren Ausführungsform wird zwischen den aufgenommenen Werten quadratisch interpoliert, d. h. es wird neben einem linearen Term auch ein quadratischer Term und/oder ein Term höherer Ordnung berücksichtigt. Gemäss einer weiteren Ausführungsform wird zwischen den aufgenommenen Werten anhand (kubischer) Splines interpoliert.

[0033] Allgemein schafft die Interpolation zusätzlich zu den aufgenommenen Werten des Ionisationsstromes (15) weitere Werte des Ionisationsstromes (15). Die weiteren Werte des Ionisationsstromes liegen zwischen den aufgenommenen Werten. Sie liegen weiterhin zwischen den entsprechenden eingestellten Luftvolumenströmen (16) der Brenneranlage. Aus der Interpolation ergibt sich der Ionisationsstrom zum Luftvolumenstrom zwischen den aufgenommenen Werten.

[0034] Wie die Stützpunkte der Regelkurve werden die Testpunkte ebenfalls im Labor mit einer neuen und/oder wenig gealterten Ionisationselektrode ermittelt. Dies wird mit Hilfe des Testablaufs wie in EP2466204B1 offenbart durchgeführt. Von diesen Testpunkten sind die I_{CO} -Werte in Fig 2 als Kreise auf der Regelkurve (14) dargestellt. Die I_{BO} -Werte sind als Kreise über der Regelkurve (14) dargestellt. I_{CO} -Wert und I_{BO} -Wert eines Testpunktes liegen auf der gleichen (oder im Wesentlichen gleichen) Gebläsedrehzahl bzw. auf dem gleichen (oder im Wesentlichen gleichen) Luftvolumenstrom. Die I_{CO} -Werte ergeben sich aus der Regelkurve aufgrund der gewählten Luftvolumenströme für die Testpunkte. Sie können entweder mit einem Stützpunkt identisch oder durch Interpolation errechnet sein. Die I_{BO} -Werte ergeben sich aufgrund der gewählten λ -Veränderung der Luftzahl λ an dem jeweiligen Testpunkt.

[0035] Im Labor ist ferner gewährleistet, dass eine angeforderte Wärmemenge bzw. Luftvolumenstrom (16) auch abgenommen wird. Damit ist im Labor der Fall ausgeschlossen, dass die Temperatur im System (zu schnell und/oder zu weit) steigt, weil der Brenner während der Zeitdauer von Testläufen (zur Einstellung der Gebläsedrehzahlen, des Gebläsedrehzahlabstandes und Ermittlung des I_{BO} -wertes je Testpunkt) mehr Wärme erzeugt als abgeführt werden kann. So ist es unter Laborbedingungen möglich, alle (oben erwähnte) Werte für die Testpunkte zu ermitteln.

[0036] Gemäss einer speziellen Ausführungsform werden im Labor 8, 16, 32 oder 64 Stützpunkte für die Regelkurve aufgenommen. Gemäss einer weiteren Ausführungsform werden 5, 10, 15, 20 oder 25 Testpunkte entlang der Regelkurve (14) unter Laborbedingungen aufgenommen. Für den Fall, dass die Regelkurvenpunkte (Stützpunkte) nicht mit den Testpunkten übereinstimmt, wird nach einem der oben genannten Verfahren zwischen den aufgenommenen Stützpunk-

ten der Regelkurve interpoliert, um die I_{CO} -Werte an den Testpunkten zu erhalten.

[0037] Die Ionisationselektrode (2) unterliegt im Betrieb typisch einer Alterung. Infolge der Alterung ändern sich die Charakteristiken der Ionisationselektrode (2). Mit anderen Worten, die Regelkurve einer gealterten Ionisationselektrode (2) weicht von derjenigen (14) einer neuen Ionisationselektrode (2) ab.

[0038] Fig 2 zeigt als gestrichelte Kurve eine abweichende Regelkurve (17). Die abweichende Regelkurve (17) berücksichtigt die Alterung der Ionisationselektrode (2). Die in Form von Kreuzen eingezeichneten Punkte dieser Regelkurve (17), sind die aufgrund der Tests korrigierten Ionisationsstromwerte an den Testpunkten.

[0039] Fig 2 zeigt neben den kreuzförmigen Testpunkten einen speziellen Testpunkt (18). Beim Testpunkt (18) handelt es sich um einen Testpunkt, bei welchem mindestens ein Testlauf abgebrochen werden musste (oder gar nicht gestartet werden konnte). Deshalb ist der Ionisationsstrom dieses Testpunkts (18) zu einem älteren Datum aufgenommen als die Ionisationsströme der anderen Testpunkte der gestrichelten Regelkurve (17).

[0040] In der Praxis ist es durchaus möglich, dass am Testpunkt (18) mehrere Testabläufe gescheitert sind. Dies kann beispielsweise vorkommen, wenn zum Zeitpunkt eines oder mehrerer Tests die angeforderte Wärmemenge bzw. der angeforderte Luftvolumenstrom (16) nicht abgenommen wird. Die Temperatur im System steigt in einem solchen Fall wie Eingangs geschildert und der Testlauf wird abgebrochen.

[0041] Die gestrichelte Regelkurve (17) weicht im Bereich des Testpunkts (18) nach oben ab. So sind die gestrichelte Regelkurve (17) und die im Labor aufgenommene Regelkurve (14) im Bereich des Testpunkts (18) weniger beabstandet als sonst. Daraus lässt sich vermuten, dass die durch jenen Testpunkt (18) verzerrte Regelkurve (17) die gealterte Ionisationselektrode (2) nicht optimal charakterisiert.

[0042] Zunächst kann nun der offensichtlich fehlerbehaftete Testpunkt (18) korrigiert werden basierend auf der Annahme, dass benachbarte Testpunkte sich ähnlich ändern. An einem Testpunkt der Regelkurve sei I_{B0} der aufgenommene Ionisationsstrom während eines Testlaufs unter Laborbedingungen und I_{B1} der aufgenommene Ionisationsstrom während eines ersten Testlaufs nach einigen Stunden Betrieb. Gemäss EP2466204B1 entsprechen die Ionisationsströme I_{B0} und I_{B1} einem im Vergleich zur Regelkurve angefetteten Gemisch, das heisst es ist mehr Brennstoff (13), insbesondere mehr Gas, und weniger Luft (12) vorhanden. Dergleichen lässt sich beispielsweise erreichen, indem bei konstanter Gebläsedrehzahl mehr Brennstoff (13) zugeführt wird.

[0043] Nun sei der Testlauf k an dem fehlerbehafteten Testpunkt (18) gescheitert, sodass kein Ionisationsstrom I_{Bk} vorliegt. Zudem seien am Nachbarkpunkt des Testpunktes (18) der Ionisationsstrom $I_{NachbarBk}$ des k-ten Testlaufs und der entsprechende Laborwert $I_{NaChbarB0}$ bekannt. Der Ionisationsstrom I_{Bk} wird erfindungsgemäss nun aus den Ionisationsströmen $I_{NachbarBk}$ und $I_{NaChbarB0}$ des benachbarten Testpunktes berechnet bzw. abgeschätzt und im folgenden $I_{Bk\uparrow}$ genannt:

$$\frac{1}{I_{Bk\uparrow}} = \frac{1}{I_{NachbarBk}} - \frac{1}{I_{NaChbarB0}} + \frac{1}{I_{B0}}$$

[0044] Die genannte Abschätzung basiert auf der Annahme, dass sich benachbarte Testpunkte (in etwa) gleich stark verschieben. Diese Annahme ist nicht immer eine gute Näherung. Sie ist es insbesondere dann nicht, wenn sich der Testwert von einem Testlauf zum nächsten stark ändert.

[0045] Der Test an einem durch einen Nachbarn abgeschätzten Testpunkt (wie oben z.B. Testpunkt (18)) wird grundsätzlich nachgeholt, sobald die Brennerleistung bzw. der Luftvolumenstrom passt.

[0046] Mit anderen Worten, die erfindungsgemässe Regeleinrichtung ist ausgebildet zur Bildung einer Differenz zwischen dem Kehrwert eines ersten Ionisationsstromes $I_{NachbarBk}$ zu einem ersten Luftvolumenstrom und einem Kehrwert eines zweiten Ionisationsstromes $I_{NaChbarB0}$, der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom $I_{NachbarBk}$ aufgenommen wurde und zum ersten Luftvolumenstrom oder im Wesentlichen zum ersten Luftvolumenstrom gehört.

[0047] $I_{NaChbarB0}$ sei zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom $I_{NachbarBk}$ aufgenommen, indem $I_{NaChbarB0}$ beispielsweise während eines Testlaufs unter Laborbedingungen aufgenommen wurde. Testläufe unter Laborbedingungen finden typisch als Typentests/- Einstellung (=Sollwert-/Parameterermittlung) und/oder Routinetests und/oder als Fabriktests während der Entwicklung oder während der Fertigung eines Geräts statt.

[0048] Die erfindungsgemässe Regeleinrichtung ist weiterhin ausgebildet, als Summe dieser Differenz und des Kehrwertes eines weiteren Ionisationsstromes I_{B0} den Kehrwert und den Wert eines verschobenen Ionisationsstromes $I_{Bk\uparrow}$ zu berechnen, wobei der weitere Ionisationsstrom und der verschobene Ionisationsstrom zu einem zweiten Luftvolumenstrom der Brenneranlage gehören, die von dem ersten Luftvolumenstrom der Brenneranlage verschieden ist.

[0049] Um nicht allein aufgrund dieser Abschätzung zu korrigieren und da $I_{Bk\uparrow}$ nicht unter allen Umgebungsbedingungen identisch mit einem real gemessenen I_{Bk} sein wird, wird $I_{Bk\uparrow}$ mit der Filterkonstante e an den Ionisationsstrom $I_{B(k-1)}$ eines vorangegangenen Testlaufes gefiltert. Man erhält so einen Wert für den gefilterten Ionisationsstrom I_{Bk} .

$$I_{Bk'} = I_{B(k-1)} \cdot e + I_{Bk\uparrow} \cdot (1 - e)$$

5 **[0050]** Dabei bezieht sich der Index k auf den aktuellen Testlauf. Die Ionisationsströme und Luftvolumenströme mit den Indizes 1 bis k - 1 beziehen sich auf zuvor durchgeführte Testläufe bzw. die durch Filterung errechneten Testwerte, d. h. auf historische Tests an diesem Testpunkt. Je nach Ausführungsform sind einzelne dieser historischen Testwerte oder alle historische Testwerte in der Regeleinrichtung hinterlegt.

[0051] Der Wert der Filterkonstanten e kann dabei Werte zwischen 0 und 1, vorzugsweise zwischen 0.2 und 0.8, weiterhin bevorzugt zwischen 0.35 und 0.65 oder 0.5 bis 0.9 annehmen. Die Angleichung erfolgt an einen Testpunkt mit einem gleichen oder mit einem im Wesentlichen gleichen Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage.

10 **[0052]** Der Fachmann erkennt ohne Weiteres, dass die oben genannte Filterung auch anhand reziproker Werte und anhand einer Filterkonstanten e', d. h. gemäss

$$15 \quad \frac{1}{I_{Bk'}} = \frac{1}{I_{B(k-1)}} \cdot e' + \frac{1}{I_{Bk\uparrow}} \cdot (1 - e')$$

in ähnlicher Weise durchgeführt werden kann. Die Filterkonstanten e und e' können voneinander verschieden sein.

20 **[0053]** Mit anderen Worten, die Regeleinrichtung ist ausgebildet, den Kehrwert oder den Wert des verschobenen Ionisationsstromes $I_{Bk\uparrow}$ unter Verwendung einer Filterkonstanten e, e' an den Kehrwert oder Wert eines historischen Ionisationsstromes $I_{B(k-1)}$ zu filtern, der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom $I_{NachbarBk}$ aufgenommen wurde und zum zweiten Luftvolumenstrom oder im Wesentlichen zum zweiten Luftvolumenstrom gehört, sodass als Ergebnis der Filterung ein gefilterter Ionisationsstrom $I_{Bk'}$ und dessen Kehrwert berechnet sind.

25 **[0054]** $I_{B(k-1)}$ sei zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom $I_{NachbarBk}$ aufgenommen, indem $I_{B(k-1)}$ beispielsweise während des Testlaufs im Betrieb mit dem Index k - 1 aufgenommen wurde. Der Testlauf im Betrieb mit dem Index k - 1 geht dabei dem Testlauf im Betrieb mit dem Index k voran. Typische Zeitintervalle zwischen aufeinanderfolgenden Testläufen liegen im Bereich einiger 10 bis einiger 100 Stunden. Es können aber auch nur wenige Stunden oder einige tausend Stunden zwischen aufeinanderfolgenden Testläufen liegen.

30 **[0055]** Hinter jeder dieser Filterungen steckt zunächst eine Markov-Annahme, wonach ein gefilterter Ionisationsstrom $I_{Bk'}$ eines Testpunkts vom Ionisationsstrom $I_{B(k-1)}$ seines unmittelbar vorangegangenen Testpunkts abhängt. Gemäss einer weiteren Ausführungsform hängt der gefilterte Ionisationsstrom $I_{Bk'}$ eines Testpunkts von Ionisationsströmen $I_{B(k-1)}$ und $I_{B(k-2)}$ zweier vorangegangener Testpunkte ab:

$$35 \quad I_{Bk'} = I_{B(k-1)} \cdot e + I_{B(k-2)} \cdot f + I_{Bk\uparrow} \cdot (1 - e - f)$$

40 **[0056]** Entsprechendes gilt für die Filterung anhand reziproker Ionisationsströme. Der Wert der Filterkonstanten f variiert ebenso wie der Wert der Filterkonstanten e zwischen 0 und 1, vorzugsweise zwischen 0.2 und 0.8, weiterhin bevorzugt zwischen 0.35 und 0.65 oder zwischen 0.5 und 0.9. Die Filterkonstanten e und f können je nach Ausführungsform gleich oder verschieden sein. Der Fachmann erkennt ohne Weiteres, dass sich die Filterung von Ionisationsströmen anhand vorangegangener Testpunkte auch auf mehr als zwei Ionisationsströme vorangegangener Testpunkte beziehen kann.

45 **[0057]** Aus dem errechneten Testwert $I_{Bk'}$ wird schliesslich nach dem in EP2466204B1 offenbarten Verfahren der Ionisationsstrom der Regelkurve korrigiert, beispielsweise in Fig 2 der Punkt (18). Dem in EP2466204B1 offenbarten Verfahren liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass sich Ionisationsströme korrigieren lassen wie elektrische (Fehler-)Widerstände. Der korrigierte Ionisationsstrom $I_{Ck'}$ der Regelkurve berechnet sich deshalb aus den reziproken Ionisationsströmen $1/I_{Bk'}$, $1/I_{B0}$ (genau) dieses Testpunkts und aus dem reziproken Ionisationsstrom $1/I_{C0}$ (der ursprünglichen Regelkurve und an diesem Punkt unter Laborbedingungen ermittelt) gemäss

$$50 \quad \frac{1}{I_{Ck'}} = \frac{1}{I_{Bk'}} - \frac{1}{I_{B0}} + \frac{1}{I_{C0}}$$

55 **[0058]** Mit anderen Worten, die Regeleinrichtung ist ausgebildet zur Berechnung einer zweiten Differenz aus einem Kehrwert des gefilterten Ionisationsstromes $I_{Bk'}$ und aus dem Kehrwert des Ionisationsstromes I_{B0} .

[0059] Die Regeleinrichtung ist darüber hinaus ausgebildet diese zweite Differenz zu dem Kehrwert eines dritten Ionisationsstromes I_{C0} zu addieren und daraus einen verschobenen dritten Ionisationsstrom I_{Ck} zu erhalten, wobei der

3 dritte Ionisationsstrom I_{CO} zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom $I_{N-achbarBk}$ aufgenommen wurde und zum zweiten Luftvolumenstrom der Brenneranlage gehört.

5 **[0060]** I_{CO} sei zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom $I_{NachbarBk}$ aufgenommen, indem I_{CO} beispielsweise während eines Testlaufs unter Laborbedingungen aufgenommen wurde. Testläufe unter Laborbedingungen finden typisch als Typentests und/oder Routinetests und/oder als Fabriktests während der Entwicklung oder während der Fertigung eines Geräts statt.

10 **[0061]** Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist dabei jeder einzelne aufgenommene Wert des Ionisationsstromes I_{B0} , ggf I_{B1} und ggf I_{CO} ein (gewichteter) Mittelwert aus mehreren Messwerten des Ionisationsstromes. Gemäss einer besonderen Ausführungsform handelt es sich bei der Gewichtung um ein arithmetisches oder geometrisches Mittel. Gemäss einer weiteren Ausführungsform werden bei der Gewichtung n inverse Ionisationsströme $1/I_{B01}, 1/I_{B02}, 1/I_{B03}, \dots, 1/I_{B0n}$ gemäss

$$15 \quad \frac{n}{I_{B0}} = \frac{1}{I_{B01}} + \frac{1}{I_{B02}} + \frac{1}{I_{B03}} + \dots + \frac{1}{I_{B0n}}$$

zu einem gemittelten Ionisationsstrom I_{B0} gemittelt.

20 **[0062]** Der so ermittelte Ionisationsstrom I_{CK} wird nun der korrigierten Regelkurve zu Grunde gelegt. Im vorliegenden Fall wird beispielsweise der Ionisationsstrom am offensichtlich fehlerbehafteten Testpunkt (18) durch den Ionisationsstrom I_{CK} ersetzt.

[0063] Mit anderen Worten, die Regeleinrichtung ist zusätzlich ausgebildet, den verschobenen dritten Ionisationsstrom als Teil einer korrigierten Regelkurve (17) zu speichern und / oder aus diesem Ionisationsstrom die Korrektur (Abweichung) zu der ursprünglichen Regelkurve zu errechnen und / oder zu speichern.

25 **[0064]** Die Brenneranlage läuft auf Grundlage der korrigierten Regelkurve weiter, bis die Brenneranlage den Leistungsbereich bzw. den Luftvolumenstrom zu Testpunkt (18) wieder einmal ansteuert, das heisst in den Bereich um Testpunkt (18) *moduliert*. Es kann in diesem Fall ein Ionisationsstrom an demselben Testpunkt bestimmt werden, sodass ein tatsächlicher Messwert vorliegt. Die Brenneranlage verwendet dann wieder eine auf Messwerten und nicht (nur) auf gefilterten Schätzwerten basierende Regelkurve. Die Modulation der Brenneranlage in den Bereich um den Testpunkt (18) kann sowohl gezielt beim Start der Brenneranlage erfolgen als auch während des Betriebs.

30 **[0065]** Die vorliegende Korrektur auf Basis einer Filterung der Ionisationsströme an vorangegangene Messwerte kommt nicht während der ersten Betriebsstunden zum Einsatz. Aufgrund der Besonderheit einer vergleichsweise schnellen Alterung der Ionisationselektrode (2) während der ersten Betriebsstunden oder Tage wird eine Angleichung während dieser Zeit unterbunden. Vorzugsweise wird eine Angleichung während einer Betriebszeit von circa drei Tagen unterbunden. Weiterhin bevorzugt wird eine Angleichung während einer anfänglichen Betriebszeit von einer Stunde oder von zwei Stunden oder von fünf Stunden oder von zehn Stunden oder von 20 Stunden oder von einem Tag oder von zwei Tagen oder von 5 Tagen oder von 10 Tagen oder von 20 Tagen unterbunden. Durch das Unterbinden der Angleichung ergeben sich für den Neuzustand abweichende und in der Regel etwas magerere Verbrennungswerte, die jedoch gut toleriert werden können.

35 **[0066]** Gemäss einer weiteren Ausführungsform wird die Korrektur auf Basis einer Angleichung während der ersten Betriebsstunden nicht unterdrückt. Stattdessen wird die vergleichsweise schnelle Alterung der Ionisationselektrode (2) berücksichtigt, indem Testläufe zunächst in kürzeren Zeitabständen durchgeführt werden. Durch Einsatz von Testläufen innerhalb kürzerer Zeitabstände verschieben sich die Testpunkte zwischen den Testläufen weniger stark. Deshalb kann bei von Testläufen innerhalb kürzerer Zeitabstände das genannte Verfahren der Angleichung an Ionisationsströme zu vorangegangenen Messwerten weiterhin zum Einsatz kommen.

40 **[0067]** Gemäss einer weiteren Ausführungsform wird die vergleichsweise schnelle Änderung der Ionisationselektrode (2) durch verkürzte Zeitabstände zwischen Testläufen ermittelt. Dabei erkennt das System die Änderung des Ionisationsstromes zwischen aufeinanderfolgenden Testläufen und verkürzt oder verlängert automatisch die Zeitabstände zwischen Testläufen. Die Verkürzung oder Verlängerung der Zeitabstände zwischen aufeinanderfolgenden Testläufen geschieht dabei in Abhängigkeit der Änderung des Ionisationsstromes (d. h. in Abhängigkeit des Gradienten).

45 **[0068]** Mit anderen Worten, die Regeleinrichtung ist ausgebildet anhand der mindestens einen Ionisationselektrode (2) wiederholt Ionisationsströme (15) aufzunehmen, und die Regeleinrichtung ist ausgebildet zur wiederholten Bildung einer Differenz zwischen dem Kehrwert eines ersten Ionisationsstromes zu einem ersten Luftvolumenstrom (16) und einem Kehrwert eines zweiten Ionisationsstromes, der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom aufgenommen wurde und zu dem ersten Luftvolumenstrom (16) oder im Wesentlichen zum ersten Luftvolumenstrom (16) gehört, wobei die Zeitabstände zwischen Differenzbildungen abhängen von den Differenzen der jeweils aufgenommenen Ionisationsströme.

50 **[0069]** Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform lassen sich anhand der vorgenannten Schritte und/oder Formeln nicht nur Ionisationsströme verschieben und/oder angleichen, die zu einem abgebrochenen Testlauf gehören. Stattdes-

sen lassen sich beliebige Werte von Ionisationsströmen auf einer Regelkurve abschätzen und/oder filtern. Dies schliesst insbesondere solche Werte von Ionisationsströmen ein, die durch Interpolation zwischen Messwerten entstanden sind.

[0070] Gemäss einer weiteren Ausführungsform wird die Korrektur der Regelkurve ausgeführt, indem im Betrieb ausgehend von der aktuellen Brennerleistung der am besten passenden Testpunkt ausgewählt wird. In der Regel ist der am besten passende Testpunkt derjenige Testpunkt, der der aktuellen Brennerleistung bzw. der aktuellen Gebläsedrehzahl bzw. dem aktuellen Luftvolumenstrom am nächsten liegt. An diesem Testpunkt wird dann ein Ionisationsstrom aufgenommen. Die Ionisationsströme an den verbleibenden Testpunkten werden im Anschluss an den Ionisationsstrom zum am besten passenden Testpunkt aufgenommen. Die Ionisationsströme können beispielsweise erst dann aufgenommen werden, wenn die Brennerleistung bzw. die Gebläsedrehzahl bzw. der Luftvolumenstrom in die Nähe des jeweiligen Testpunktes moduliert.

[0071] Mit anderen Worten, die Regeleinrichtung ist vorzugsweise ausgebildet, im Betrieb ausgehend vom aktuellen Luftvolumenstrom 16 der Brenneranlage einen am besten passenden Testpunkt der Regelkurve (14 bzw. 17) auszuwählen und an diesem Testpunkt ein Paar aus Ionisationsstrom 15 und Luftvolumenstrom 16 aufzunehmen. Die Aufnahme von Paaren aus Ionisationsstrom 15 und Luftvolumenstrom 16 an anderen Testpunkten der Regelkurve (14 bzw. 17) wird zeitlich aufgeschoben.

[0072] Teile einer Regeleinrichtung oder eines Verfahrens gemäss der vorliegenden Offenbarung können als Hardware, als Softwaremodul, welches von einer Recheneinheit ausgeführt wird, oder anhand eines Cloud-Rechners, oder anhand einer Kombination der vorgenannten Möglichkeiten realisiert werden. Die Software mag eine Firmware, einen Hardware-Treiber, der innerhalb eines Betriebssystems ausgeführt wird, oder ein Anwendungsprogramm umfassen. Die vorliegende Offenbarung bezieht sich also auch auf ein Rechnerprogramm-Produkt, welches die Merkmale dieser Offenbarung enthält bzw. die erforderlichen Schritte ausführt. Bei Realisierung als Software können die beschriebenen Funktionen gespeichert werden als eine oder mehrere Befehle auf einem Rechner-lesbaren Medium. Einige Beispiele Rechner-lesbarer Medien schliessen Arbeitsspeicher (RAM), magnetischen Arbeitsspeicher (MRAM), ausschliesslich lesbaren Speicher (ROM), Flash-Speicher, elektronisch programmierbares ROM (EPROM), elektronisch programmierbares und löschbares ROM (EEPROM), Register einer Recheneinheit, eine Festplatte, eine auswechselbare Speichereinheit, einen optischen Speicher, oder jegliches geeignete Medium ein, auf welches durch einen Rechner oder durch andere IT-Vorrichtungen und Anwendungen zugegriffen werden kann.

[0073] Das Genannte bezieht sich auf einzelne Ausführungsformen der Offenbarung. Verschiedene Änderungen an den Ausführungsformen können vorgenommen werden ohne von der zu Grunde liegenden Idee abzuweichen und ohne den Rahmen dieser Offenbarung zu verlassen. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung ist definiert über deren Ansprüche. Es können verschiedenste Änderungen vorgenommen werden ohne den Schutzbereich der folgenden Ansprüche zu verlassen.

Bezugsszeichen

[0074]

- 1 Flamme
- 2 Ionisationselektrode
- 3 Flammenverstärker
- 4 Ionisationssignal
- 5 Stelleinrichtung
- 6 erster Aktor
- 7 zweiter Aktor
- 8 erstes Stellsignal
- 9 Drehzahlsignal
- 10 zweites Stellsignal
- 11 Anforderungssignal
- 12 Luft
- 13 Brennstoff
- 14 im Labor unter Testbedingungen aufgenommene Regelkurve
- 15 y-Achse mit Ionisationsstrom
- 16 x-Achse mit Gebläsedrehzahl bzw. Luftvolumenstrom bzw. Brennerleistung/Leistung der Brenneranlage
- 17 Regelkurve unter Berücksichtigung der Alterung der Ionisationselektrode
- 18 Testpunkt mit abgebrochenem Testlauf

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage mit mindestens einem Brenner, und mit mindestens einer Ionisationselektrode (2), die derart angeordnet ist, dass sie im Betrieb der Brenneranlage im Bereich einer Flamme (1) des mindestens einen Brenners liegt,
 5 wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, anhand der mindestens einen Ionisationselektrode (2) einen Ionisationsstrom (15) aufzunehmen,
 wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, einen Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage unter Berücksichtigung des Ionisationsstromes (15) einzustellen,
 10 wobei die Regeleinrichtung einen Speicher umfasst und ausgebildet ist, Paare aus Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage und Ionisationsstrom (15) zu speichern,
 wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist zur Bildung einer Differenz zwischen dem Kehrwert eines ersten Ionisationsstromes ($I_{NachbarBk}$) zu einem ersten Luftvolumenstrom (16) und einem Kehrwert eines zweiten Ionisationsstromes ($I_{Nach-barB0}$), der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom ($I_{NachbarBk}$) aufgenommen wurde und zu dem
 15 ersten Luftvolumenstrom (16) oder im Wesentlichen zum ersten Luftvolumenstrom (16) gehört,
 wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, als Summe dieser Differenz und des Kehrwertes eines weiteren Ionisationsstromes (I_{B0}) den Kehrwert und den Wert eines verschobenen Ionisationsstromes ($I_{Bk\uparrow}$) zu berechnen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung ausgebildet ist, den Kehrwert oder den Wert des verschobenen Ionisationsstromes ($I_{Bk\uparrow}$) unter Verwendung einer Filterkonstanten an den Kehrwert oder den Wert eines historischen Ionisationsstromes zu filtern, der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom ($I_{NachbarBk}$) aufgenommen wurde und zum
 20 zweiten Luftvolumenstrom oder im Wesentlichen zum zweiten Luftvolumenstrom gehört, sodass als Ergebnis der Filterung ein gefilterter Ionisationsstrom und dessen Kehrwert berechnet sind, wobei der weitere Ionisationsstrom (I_{B0}) und der verschobene Ionisationsstrom ($I_{Bk\uparrow}$) zu einem zweiten Luftvolumenstrom der Brenneranlage gehören, der von dem ersten Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage verschieden ist
 25 und dass
 der zweite Ionisationsstrom ($I_{NachbarB0}$) unter Laborbedingungen an einer neuen oder wenig gealterten Ionisationselektrode aufgenommen wurde.
2. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach Anspruch 1, wobei die Regeleinrichtung zusätzlich ausgebildet
 30 ist zur Berechnung einer zweiten Differenz aus einem Kehrwert des gefilterten Ionisationsstromes und aus einem Kehrwert des weiteren Ionisationsstromes (I_{B0}).
3. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach Anspruch 2, wobei die Regeleinrichtung zusätzlich ausgebildet
 35 ist die zweite Differenz zu dem Kehrwert eines dritten Ionisationsstromes zu addieren und daraus einen verschobenen dritten Ionisationsstrom zu erhalten, wobei der dritte Ionisationsstrom zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom ($I_{Nach-barBk}$) aufgenommen wurde und zum zweiten Luftvolumenstrom der Brenneranlage gehört.
4. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach Anspruch 3, wobei die Regeleinrichtung zusätzlich ausgebildet
 40 ist, Paare aus Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage und Ionisationsstrom (15) zu einer Regelkurve (14 bzw. 17) zusammenzufügen und zu speichern.
5. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach Anspruch 4, wobei die Regeleinrichtung zusätzlich ausgebildet
 45 ist, den verschobenen dritten Ionisationsstrom als Teil einer korrigierten Regelkurve (17) zu errechnen und / oder zu speichern und / oder aus diesem Ionisationsstrom die Korrektur, insbesondere die Abweichung, zu der ursprünglichen Regelkurve zu errechnen und / oder zu speichern.
6. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach Anspruch 1, wobei der weitere Ionisationsstrom (I_{B0}) unter
 Laborbedingungen an einer neuen oder wenig gealterten Ionisationselektrode aufgenommen wurde.
7. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach Anspruch 1, wobei der historische Ionisationsstrom zeitlich
 50 nach dem zweiten Ionisationsstrom aufgenommen wurde.
8. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Filterung
 55 des Wertes oder des Kehrwertes des verschobenen Ionisationsstromes ($I_{Bk\uparrow}$) an den Wert oder Kehrwert eines historischen Ionisationsstromes erfolgt, indem der Wert oder Kehrwert des verschobenen Ionisationsstromes ($I_{Bk\uparrow}$) um einen Prozentsatz vermindert wird und der Wert oder der Kehrwert des historischen Ionisationsstromes um denselben Prozentsatz vergrößert wird.

9. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, anhand der mindestens einen Ionisationselektrode (2) einen Ionisationsstrom (15) aufzunehmen und die Aufnahme des Ionisationsstromes (15) mehrere Einzelmessungen von Ionisationsströmen (15) umfasst.
10. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach Anspruch 4 oder 5, wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, im Betrieb ausgehend vom aktuellen Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage einen am besten passenden Testpunkt der Regelkurve (14 bzw. 17) auszuwählen und an diesem Testpunkt ein Paar aus Ionisationsstrom (15) und Luftvolumenstrom (16) aufzunehmen und die Aufnahme von Paaren aus Ionisationsstrom (15) und Luftvolumenstrom (16) an anderen Testpunkten der Regelkurve (14 bzw. 17) zeitlich aufzuschieben.
11. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist zur Bildung einer Differenz zwischen dem Kehrwert eines ersten Ionisationsstromes ($I_{NachbarBk}$) zu einem ersten Luftvolumenstrom (16) und einem Kehrwert eines zweiten Ionisationsstromes ($I_{NachbarB0}$), der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom ($I_{NachbarBk}$) aufgenommen wurde und zu dem ersten Luftvolumenstrom (16) oder im Wesentlichen zum ersten Luftvolumenstrom (16) gehört, und wobei die Bildung der Differenz erstmals nach einer Stunde oder nach zwei Stunden oder nach fünf Stunden oder nach zehn Stunden oder nach 20 Stunden oder nach einem Tag oder nach zwei Tagen oder nach 5 Tagen oder nach 10 Tagen oder nach 20 Tagen erfolgt.
12. Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage nach einem der vorangegangenen Ansprüche, wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist anhand der mindestens einen Ionisationselektrode (2) wiederholt Ionisationsströme (15) aufzunehmen, und die Regeleinrichtung ausgebildet ist zur wiederholten Bildung einer Differenz zwischen dem Kehrwert eines ersten Ionisationsstromes ($I_{NachbarBk}$) zu einem ersten Luftvolumenstrom (16) und einem Kehrwert eines zweiten Ionisationsstromes ($I_{NachbarB0}$), der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom ($I_{NachbarBk}$) aufgenommen wurde und zu dem ersten Luftvolumenstrom (16) oder im Wesentlichen zum ersten Luftvolumenstrom (16) gehört, und wobei die Zeitabstände zwischen Differenzbildungen abhängen von den Differenzen der jeweils aufgenommenen Ionisationsströme.
13. Verfahren zur Regelung einer Brenneranlage mit mindestens einem Brenner, mit mindestens einem Speicher, mit mindestens einer Ionisationselektrode (2), die derart angeordnet ist, dass sie im Betrieb der Brenneranlage im Bereich einer Flamme (1) des mindestens einen Brenners liegt, das Verfahren umfassend die Schritte Aufnahme eines Ionisationsstromes (15) anhand der mindestens einen Ionisationselektrode (2), Einstellung eines Luftvolumenstromes (16) der Brenneranlage unter Berücksichtigung des Ionisationsstromes (15), Speicherung von Paaren aus Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage und Ionisationsstrom (15), Bildung einer Differenz zwischen dem Kehrwert eines ersten Ionisationsstromes ($I_{NachbarBk}$) zu einem ersten Luftvolumenstrom (16) und einem Kehrwert eines zweiten Ionisationsstromes ($I_{NachbarB0}$), der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom ($I_{NachbarBk}$) aufgenommen wurde und zu dem ersten Luftvolumenstrom (16) oder im Wesentlichen zum ersten Luftvolumenstrom (16) gehört, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren zusätzlich umfassend Berechnung des Kehrwertes und des Wertes eines verschobenen Ionisationsstromes ($I_{Bk\uparrow}$) als Summe dieser Differenz und des Kehrwertes eines weiteren Ionisationsstromes (I_{B0}), wobei der weitere Ionisationsstrom (I_{B0}) und der verschobene Ionisationsstrom ($I_{Bk\uparrow}$) zu einem zweiten Luftvolumenstrom der Brenneranlage gehören, der von dem ersten Luftvolumenstrom (16) der Brenneranlage verschieden ist, Filterung des Kehrwertes oder des Wertes des verschobenen Ionisationsstromes ($I_{Bk\uparrow}$) unter Verwendung einer Filterkonstanten an den Kehrwert oder Wert eines historischen Ionisationsstromes, der zeitlich vor dem ersten Ionisationsstrom ($I_{NachbarBk}$) aufgenommen wurde und zum zweiten Luftvolumenstrom oder im Wesentlichen zum zweiten Luftvolumenstrom gehört, sodass als Ergebnis der Filterung ein gefilterter Ionisationsstrom und dessen Kehrwert berechnet sind, wobei das Verfahren zusätzlich umfassend den Schritt Berechnung einer zweiten Differenz aus einem Kehrwert des gefilterten Ionisationsstromes und aus einem Kehrwert des weiteren Ionisationsstromes (I_{B0}).

Claims

1. Device for regulating a burner system with at least one burner, and with at least one ionisation electrode (2), which is disposed so that, when the burner system is operating, it lies in the area of a flame (1) of the at least one burner, wherein the regulation device is embodied, on the basis of the at least one ionisation electrode (2), to record

an ionisation current (15),
 wherein the regulation device is embodied to set an air volume flow rate (16) of the burner system, taking into account the ionisation current (15),
 wherein the regulation device comprises a memory and is embodied to store pairs consisting of air volume flow rate (16) of the burner system and ionisation current (15),
 wherein the regulation device is embodied to form a difference between the reciprocal value of a first ionisation current ($I_{neighborBk}$) and a first air volume flow rate (16) and a reciprocal value of a second ionisation current ($I_{neighborB0}$), which was recorded at a point in time before the first ionisation current ($I_{neighborBk}$) and belongs to the first air volume flow rate (16) or essentially belongs to the first air volume flow rate (16),
 wherein the regulation device is embodied, as the sum of this difference and of the reciprocal value of a further ionisation current (I_{B0}), to calculate the reciprocal value and the value of a displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$),
characterised in that the regulation device is embodied to filter the reciprocal value or the value of the displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$), using a filter constant on the reciprocal value or value of a historical ionisation current which was recorded at a point in time before the first ionisation current ($I_{neighborBk}$) and belongs to the second air volume flow rate or essentially belongs to the second air volume flow rate, so that, as a result of the filtering, a filtered ionisation current and its reciprocal value are calculated, wherein the further ionisation current (I_{B0}) and the displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$) belong to a second air volume flow rate of the burner system, which is different from the first air volume flow rate (16) of the burner system
 and
 the second ionisation current ($I_{neighborB0}$) was recorded under laboratory conditions at a new or minimally aged ionisation electrode.

2. Device for regulating a burner system according to claim 1, wherein the regulation device is additionally embodied to calculate a second difference from a reciprocal value of the filtered ionisation current and from a reciprocal value of the further ionisation current (I_{B0}).
3. Device for regulating a burner system according to claim 2, wherein the regulation device is additionally embodied to add the second difference to the reciprocal value of a third ionisation current and to obtain from said addition a displaced third ionisation current, wherein the third ionisation current was recorded at a point in time before first ionisation current ($I_{neighborBk}$) and belongs to the second air volume flow rate of the burner system.
4. Device for regulating a burner system according to claim 3, wherein the regulation device is additionally embodied, to join together pairs consisting of air volume flow rate (16) of the burner system and ionisation current (15) into a regulating curve (14 or 17) and to store them.
5. Device for regulating a burner system according to claim 4, wherein the regulation device is additionally embodied, to compute and/or to store the displaced third ionisation current as part of a corrected regulating curve (17) and/or to compute and/or to store from this ionisation current, the correction, especially the deviation, from the original regulating curve.
6. Device for regulating a burner system according to claim 1, wherein the further ionisation current (I_{B0}) was recorded under laboratory conditions at a new or minimally aged ionisation electrode.
7. Device for regulating a burner system according to claim 1, wherein the historical ionisation current was recorded at a point in time after the second ionisation current.
8. Device for regulating a burner system according to one of the preceding claims, wherein the value or the reciprocal value of the displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$) are filtered on the value or reciprocal value of a historical ionisation current, in that the value or reciprocal value of the displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$) are reduced by a percentage and the value or the reciprocal value of the historical ionisation current are increased by the same percentage.
9. Device for regulating a burner system according to one of the preceding claims, wherein the regulation device is embodied, on the basis of the at least one ionisation electrode (2), to record an ionisation current (15) and the recording of the ionisation current (15) comprises a number of individual measurements of ionisation currents (15).
10. Device for regulating a burner system according to claim 4 or 5, wherein the regulation device is embodied, during operation, starting from the current air volume flow rate (16) of the burner system, to select a best fitting test point of the regulating curve (14 or 17) and to record at this test point a pair consisting of ionisation current (15) and air

volume flow rate (16) and to defer the recording of pairs consisting of ionisation current (15) and air volume flow rate (16) to other test points or the regulating curve (14 or 17).

- 5 11. Device for regulating a burner system according to one of the preceding claims, wherein the regulation device is embodied to form a difference between the reciprocal value of a first ionisation current ($I_{neighborBk}$) for a first air volume flow rate (16) and a reciprocal value of a second ionisation current ($I_{neighborB0}$), which was recorded at a point in time before the first ionisation current, and belongs to the first air volume flow rate (16) or essentially belongs to the first air volume flow rate (16), and wherein the formation of the difference only occurs for the first time after an hour or after two hours or after five hours or after ten hours or after 20 hours or after one day or after two days
10 or after 5 days or after 10 or after 20 days.
12. Device for regulating a burner system according to one of the preceding claims, wherein the regulation device is embodied, on the basis of the at least one ionisation electrode (2), to repeatedly record ionisation currents (15), and the regulation device is embodied to repeatedly form a difference between the reciprocal value of a first ionisation current ($I_{neighborBk}$) for a first air volume flow rate (16) and a reciprocal value of a second ionisation current ($I_{neighborB0}$) which was recorded at a point in time before the first ionisation current ($I_{neighborBk}$), and belongs to the first air volume flow rate (16) or essentially belongs to the first air volume flow rate (16), and wherein the time intervals between the formation of the differences depend on the differences between the ionisation currents recorded in each case.
- 20 13. Method for regulating a burner system with at least one Brenner, with at least one memory, with at least one ionisation electrode (2), which is disposed such that, during operation of the burner system, it lies in the area of a flame (1) of the at least one burner, the method comprising the steps

Recording of an ionisation current (15) on the basis of the at least one ionisation electrode (2),
25 Setting an air volume flow rate (16) of the burner system, taking into account the ionisation current (15),
Storage of pairs consisting of air volume flow rate (16) of the burner system and ionisation current (15),
Forming a difference between the reciprocal value of a first ionisation current ($I_{neighborBk}$) for a first air volume flow rate (16) and a reciprocal value of a second ionisation current ($I_{neighborB0}$), which was recorded at a point in time before the first ionisation current ($I_{neighborBk}$), and belongs to the first air volume flow rate (16) or essentially
30 belongs to the first air volume flow rate (16), **characterised in that** the method additionally comprises
Calculating the reciprocal value and the value of a displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$) as the sum of this difference and the reciprocal value of a further ionisation current (I_{B0}), wherein the further ionisation current (I_{B0}) and the displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$) belong to a second air volume flow rate of the burner system which is different from the first air volume flow rate (16) of the burner system,
35 Filtering of the reciprocal value or of the value of the displaced ionisation current ($I_{Bk\uparrow}$), using a filter constant on the reciprocal value or value of a historical ionisation current which was recorded at a point in time before the first ionisation current ($I_{neighborBk}$) and belongs to the second air volume flow rate or essentially belongs to the second air volume flow rate, so that, as a result of the filtering, a filtered ionisation current and its reciprocal value are calculated,
40 wherein the method additionally comprises the step of calculating a second difference from a reciprocal value of the filtered ionisation current and from a reciprocal value of the further ionisation current (I_{B0}).

Revendications

- 45 1. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur comportant au moins un brûleur, et au moins une électrode d'ionisation (2) qui est agencée de manière à être située dans la zone d'une flamme (1) du au moins un brûleur lorsque l'installation de brûleur est en fonctionnement, selon lequel :
- 50 le dispositif de régulation est conçu de manière à mesurer un courant d'ionisation (15) au moyen d'au moins une électrode d'ionisation (2),
le dispositif de régulation est conçu de manière à régler un débit volumique d'air (16) en tenant compte du courant d'ionisation (15),
le dispositif de régulation comprend une mémoire et est conçu de manière à enregistrer des couples de débit volumique d'air (16) de l'installation de brûleur et de courant d'ionisation (15),
55 le dispositif de régulation est conçu de manière à former une différence entre la valeur inverse d'un premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) correspondant à un premier débit volumique d'air (16) et une valeur inverse d'un second courant d'ionisation ($I_{NachbarB0}$) qui a été mesuré avant le premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$)

EP 3 045 816 B1

et correspond ou correspond essentiellement au premier débit volumique d'air (16), et le dispositif de régulation est conçu de manière à calculer, en tant que somme de cette différence et de la valeur inverse d'un autre courant d'ionisation (I_{BO}), la valeur inverse et la valeur d'un courant d'ionisation décalé ($I_{BK\gamma}$), **caractérisé en ce que** le dispositif de régulation est conçu de manière à filtrer la valeur inverse ou la valeur du courant d'ionisation décalé ($I_{BK\gamma}$) en utilisant une constante de filtre appliquée à la valeur inverse ou la valeur d'un courant d'ionisation historique, qui a été mesuré avant le premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBK}$) et correspond ou correspond essentiellement au second débit volumique d'air, de telle manière qu'un courant d'ionisation filtré et sa valeur inverse sont calculés en tant que résultat du filtrage, dans lequel l'autre courant d'ionisation (I_{BO}) et le courant d'ionisation décalé ($I_{BK\gamma}$) correspondent à un second débit volumique d'air de l'installation de brûleur qui est différent du premier débit volumique d'air de l'installation de brûleur, et **en ce que** le second courant d'ionisation ($I_{NachbarBO}$) a été mesuré dans des conditions de laboratoire sur une électrode d'ionisation neuve ou peu vieillie.

2. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon la revendication 1, dans lequel le dispositif de régulation est conçu en outre pour calculer une seconde différence entre une valeur inverse du courant d'ionisation filtré et une valeur inverse de l'autre courant d'ionisation (I_{BO}).
3. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon la revendication 2, dans lequel le dispositif de régulation est conçu en outre pour additionner la seconde différence à la valeur inverse d'un troisième courant d'ionisation et pour obtenir à partir de là un troisième courant d'ionisation décalé, le troisième courant d'ionisation ayant été mesuré avant le premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBK}$) et correspondant au second débit volumique d'air de l'installation de brûleur.
4. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon la revendication 3, dans lequel le dispositif de régulation est conçu en outre pour réunir et enregistrer des couples de débit volumique d'air (16) de l'installation de brûleur et de courant d'ionisation (15) afin de former une courbe de régulation (14 ou 17).
5. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon la revendication 4, dans lequel le dispositif de régulation est conçu en outre pour calculer et/ou pour enregistrer le troisième courant d'ionisation décalé sous forme d'une partie d'une courbe de régulation corrigée (17) et/ou pour calculer et/ou enregistrer, à partir de ce courant d'ionisation, la correction, notamment l'écart par rapport à la courbe de régulation initiale.
6. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon la revendication 1, dans lequel l'autre courant d'ionisation (I_{BO}) a été mesuré dans des conditions de laboratoire avec une électrode d'ionisation neuve ou peu vieillie.
7. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon la revendication 1, dans lequel le courant d'ionisation historique a été mesuré après le second courant d'ionisation.
8. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le filtrage de la valeur ou de la valeur inverse du courant d'ionisation décalé ($I_{BK\gamma}$) s'effectue sur la valeur ou la valeur inverse d'un courant d'ionisation historique, en diminuant la valeur ou la valeur inverse du courant d'ionisation décalé ($I_{BK\gamma}$) d'un certain pourcentage et en augmentant la valeur ou la valeur inverse du courant d'ionisation historique du même pourcentage.
9. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de régulation est conçu pour mesurer un courant d'ionisation (15) en se basant sur la au moins une électrode d'ionisation (2) et la mesure du courant d'ionisation (15) comprend plusieurs mesures individuelles des courants d'ionisation (15).
10. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon la revendication 4 ou 5, dans lequel le dispositif de régulation est conçu pour sélectionner, en fonctionnement, en partant du débit volumique d'air instantané (16) de l'installation de brûleur, un point de test le plus approprié de la courbe de régulation (14 ou 17) et pour enregistrer au niveau de ce point de test un couple de courant d'ionisation (15) et de débit volumique d'air (16) et pour différer dans le temps l'enregistrement des couples de courant d'ionisation (15) et de débit volumique d'air (16) à d'autres points d'essai de la courbe de régulation (14 ou 17).
11. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le

dispositif de régulation est conçu pour former une différence entre la valeur inverse d'un premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) correspondant à un premier débit volumique d'air (16) et une valeur inverse d'un second courant d'ionisation ($I_{NachbarB0}$), qui a été mesuré avant le premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) et qui correspond ou correspond essentiellement au premier débit volumique d'air (16), et dans lequel la formation de la différence est effectuée

5

12. Dispositif de régulation d'une installation de brûleur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le dispositif de régulation est conçu de manière à mesurer des courants d'ionisation (15) de façon répétée à partir de la au moins une électrode d'ionisation (2) et le dispositif de régulation est conçu pour former de façon répétée une différence entre la valeur inverse d'un premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) correspondant à un premier débit volumique d'air (16) et une valeur inverse d'un second courant d'ionisation ($I_{NachbarB0}$), qui a été mesuré avant le premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) et qui correspond ou correspond essentiellement au premier débit volumique d'air (16), et dans lequel les intervalles de temps entre les formations de différence sont fonction des différences entre les courants d'ionisation respectivement mesurés.

10

15

13. Procédé de régulation d'une installation de brûleur comportant au moins un brûleur, et au moins une électrode d'ionisation (2) qui est agencée de manière à être située dans la zone d'une flamme (1) du au moins un brûleur lorsque l'installation de brûleur est en fonctionnement, le procédé comprenant les étapes suivantes
- mesure d'un courant d'ionisation (15) à partir de la au moins une électrode d'ionisation (2),
- réglage d'un débit volumique d'air (16) de l'installation de brûleur en tenant compte du courant d'ionisation (15),
- enregistrement de couples de débit volumique d'air (16) de l'installation de brûleur et de courant d'ionisation (15),
- formation d'une différence entre la valeur inverse d'un premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) correspondant à un premier débit volumique d'air (16) et une valeur inverse d'un second courant d'ionisation ($I_{NachbarB0}$), qui a été mesuré avant le premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) et qui correspond ou correspond essentiellement au premier débit volumique d'air (16),

20

25

caractérisé en ce que le procédé comprend en outre les étapes suivantes :

calcul de la valeur inverse et de la valeur d'un courant d'ionisation décalé ($I_{Bk\uparrow}$) en tant que somme de cette différence et de la valeur inverse d'un autre courant d'ionisation (I_{B0}), l'autre courant d'ionisation (I_{B0}) et le courant d'ionisation décalé ($I_{Bk\uparrow}$) correspondant à un second débit volumique d'air de l'installation de brûleur qui est différent du premier débit volumique d'air (16) de l'installation de brûleur,

filtrage de la valeur inverse ou de la valeur du courant d'ionisation décalé ($I_{Bk\uparrow}$) en utilisant une constante de filtre appliquée à la valeur inverse ou la valeur d'un courant d'ionisation historique, qui a été mesuré avant le premier courant d'ionisation ($I_{NachbarBk}$) et qui correspond ou correspond essentiellement au second débit volumique d'air, de telle manière qu'un courant d'ionisation filtré et sa valeur inverse sont calculés en tant que résultats du filtrage,

30

35

le procédé comprenant en outre une étape de calcul d'une seconde différence entre une valeur inverse du courant d'ionisation filtré et une valeur inverse de l'autre courant d'ionisation (I_{B0}).

40

45

50

55

FIG 1

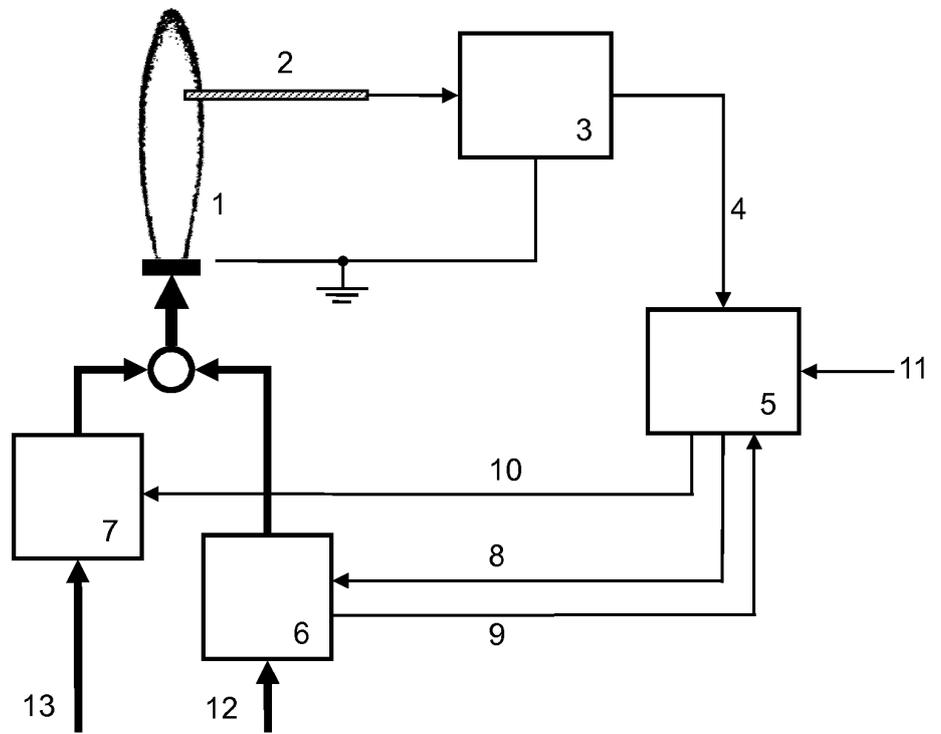
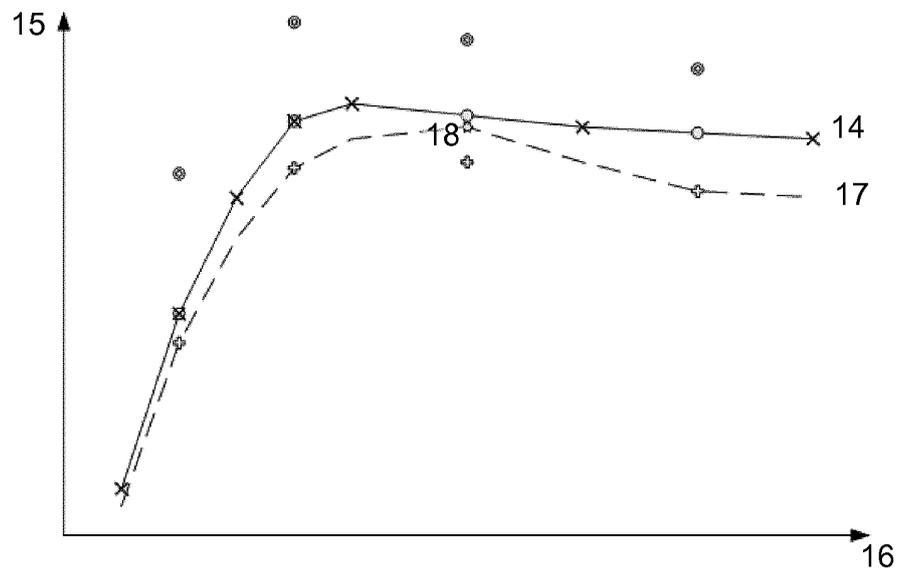


FIG 2



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2466204 B1 [0006] [0010] [0034] [0042] [0057]
- EP 1293727 A1 [0011]
- US 5049063 A [0012]
- EP 1154203 B1 [0019]