



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
03.10.2018 Patentblatt 2018/40

(51) Int Cl.:
F23N 1/02 (2006.01)
F23N 5/24 (2006.01)
F23N 5/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18159377.3**

(22) Anmeldetag: **01.03.2018**

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

(72) Erfinder:
• **Schmiederer, Bernd**
76149 Karlsruhe (DE)
• **Holfelder, Holger**
76571 Gaggenau (DE)
• **Lochschmied, Rainer**
76287 Rheinstetten-Forchheim (DE)

(30) Priorität: **27.03.2017 EP 17163123**

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

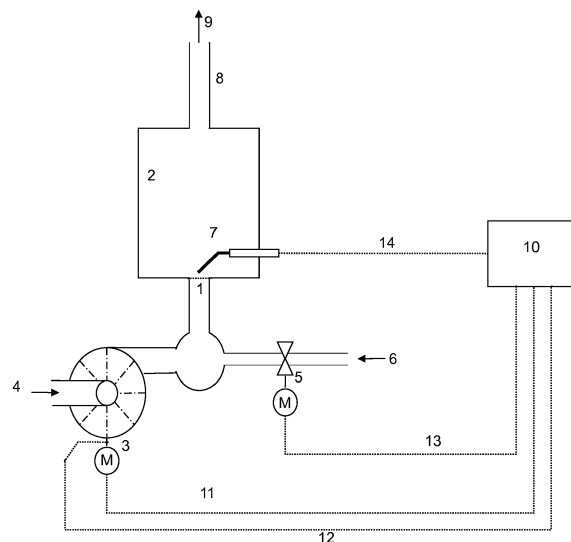
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(54) **ERKENNUNG EINER ABDECKUNG**

(57) Regeleinrichtung zur Regelung einer Brenneranlage in Abhängigkeit von einem Ionisationsstrom-Sollwert, die Brenneranlage umfassend einen Flammenbereich (2) und zumindest eine in einem Flammenbereich (2) des Brenners angeordnete Ionisationselektrode (7) und ein Luft-Stellglied (3) und ein Brennstoff-Stellglied (5), wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von dem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der mindestens einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist,

aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert (24) zu erzeugen und basierend auf dem erhöhten Sollwert ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf einer Auswertung des anhand des erhöhten Sollwerts erzeugten geänderten Brennstoff-Stellsignals (13) festzustellen, ob die Regeleinrichtung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb eines Bereichs für eine stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage regelt.

FIG 1



Beschreibung

Hintergrund

[0001] Die vorliegende Offenbarung befasst sich mit der Erkennung einer Blockierung im Zuluftkanal oder Abgaskanal einer Brennereinrichtung. Insbesondere befasst sich die vorliegende Offenbarung mit Blockierungen in Form von Abdeckungen und mit Brennereinrichtungen zur Verbrennung fossiler Brennstoffe.

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

[0003] In einer Regelsollwertkurve wird der Sollwert für den an der Ionisationselektrode erfassten Ionisationsstrom über der Drehzahl des Gebläses eines Gasbrenners aufgetragen. 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] Wird der Zuluftkanal / Abgaskanal abgedeckt und / oder blockiert, kommt es zu einer deutlichen Verringerung des Luftvolumenstromes. Dabei detektiert die Drehzahl-Erfassung die Änderung des Volumenstroms aufgrund der Zuluftkanal- / Abgaskanal-Änderung praktisch nicht. Wenn kein weiterer Indikator für den Luftvolumenstrom vorhanden ist, wird daher aufgrund der funktionalen Beziehung zwischen Ionisationsstrom Sollwert und Gebläsedrehzahl der Sollwert des Ionisationsstromes nicht angepasst. Damit wird bezüglich des tatsächlichen Luftvolumenstroms mit einem falschen Ionisationsstrom-Sollwert geregelt.

[0005] Insbesondere bei mittleren und kleinen Brennerleistungen erfolgt dadurch typisch eine Verschiebung zu kleineren Werten der Luftzahl λ . Der Grund dafür liegt in der Form der Ionisationsstrom-Kennlinie über der Drehzahl. Bei stärkeren Änderungen des Zuluftkanals / Abgaskanals, insbesondere bei starken Abdeckungen und / oder Blockierungen, kann es in Grenzfällen zu erhöhten CO-Werten kommen.

[0006] Neben der Abdeckung des Zuluftkanals / Abgaskanals gibt es weitere Bedingungen, die in einer vergleichbaren Situation münden können. Darunter fällt unter anderem Abgas in der Zuluft durch fehlerhafte Abgas-Rezirkulation.

[0007] Weiter kann, ähnlich wie durch eine Abdeckung des Zuluftkanals / Abgaskanals, eine Drift des Ionisationssignals die Luftzahl λ so verstellen, dass λ nahe an $\lambda=1$ rückt. Auch dann kann eine kritische Verbrennung mit erhöhten CO-Werten auftreten. Die Drift kann durch Verbiegen der Ionisationselektrode und / oder Belagbil-

dung und / oder Beschädigung der Ionisationselektrode auftreten. Tests, welche diese Drift korrigieren, müssen üblicherweise an bestimmten, festgelegten Drehzahlpunkten durchgeführt werden. Werden diese Punkte nicht erreicht, weil beispielsweise die Wärme nicht abgeführt werden kann, müsste die Brenneranlage abgeschaltet und / oder verriegelt werden. Denn ohne Abschaltung und / oder Verriegelung ist nicht sichergestellt, dass keine kritische Emissionen auftreten.

[0008] Die europäische Patentanmeldung EP3045816A1, Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage, wurde am 19. Januar 2015 angemeldet und am 20. Juli 2016 veröffentlicht. EP3045816A1 offenbart und beansprucht eine Einrichtung zur Regelung einer Brenneranlage, welche die Abschätzung eines Ionisationsstromes selbst dann erlaubt, wenn eine Messung desselben scheitert. Dazu wird eine Abschätzung des Ionisationsstromes zu einem Luftvolumenstrom, der zu einer Brennerleistung gehört, an welcher unter Umständen keine Messung möglich war, vorgenommen.

[0009] 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. Dabei führt eine Regeleinrichtung ein Testverfahren in mehreren Schritten aus. In einem zweiten Schritt werden die Aktoren einer Brennereinrichtung auf ein Zufuhrverhältnis gesteuert, welches einer Luftzahl über dem stöchiometrischen Wert $\lambda=1$ liegt.

[0010] Das europäische Patent EP1293727B1, Regeleinrichtung für einen Brenner und Einstellverfahren, ist erteilt am 23. November 2005. EP1293727B1 beschreibt, wie im geschlossenen Regelkreis der Ionisationsstrom-Sollwert erhöht wird. Als Reaktion wird die Veränderung der Gasventil-Stellung oder eines Äquivalents wie beispielsweise eines Scharparameters gemessen. Mit dem in EP1293727B1 beschriebenen Verfahren kann zwar eine Änderung der Abdeckung ermittelt werden. Allerdings kann dieses Verfahren aufgrund festgelegter Referenzpunkte und aufgrund der Stabilität des Ionisationssignals nur an definierten Brenner-Leistungspunkten angewandt werden. Ausserdem beeinflusst die Exemplar-Streuung der Ventile das Ergebnis deutlich. Dadurch wird die Anwendbarkeit des dort beschriebenen Verfahrens eingeschränkt.

[0011] Die europäische Patentanmeldung EP0806610A2, Verfahren und Einrichtung zum Betrieb eines Gasbrenners, wurde am 9. April 1997 angemeldet und am 12. November 1997 veröffentlicht. EP0806610A2 befasst sich mit dem Abschalten eines Gasbrenners, falls ein Ionisationssignal länger als eine vorgegebene Zeitdauer einen zulässigen Regelbereich verlässt. Der zulässige Regelbereich umfasst dabei einen oberen Maximalwert des Ionisationssignals und einen unteren Grenzwert. Der untere Grenzwert liegt über einem Grenzwert, bei dem die Verbrennung nicht mehr emissionsarm ist.

[0012] Die europäische Patentanmeldung

EP0770824A2, Verfahren und Schaltung zur Regelung eines Gasbrenners, wurde am 1. Oktober 1996 angemeldet und am 2. Mai 1997 veröffentlicht. Nach dem in EP0770824A2 offenbarten Verfahren wird ein Ionisationssignal gemessen und dessen Maximalwert gespeichert. Mit jenem Maximalwert wird ein elektrischer Sollwert einer Regelschaltung nachgestellt. Ziel ist, dass die Regelschaltung auf den gleichen Lambda-Sollwert regelt.

[0013] Gegenstand der vorliegenden Offenbarung ist ein Verfahren und / oder ein Regler zur Detektion von Blockierungen im Zuluftkanal und / oder Abgaskanal, womit die vorgenannten Nachteile zumindest teilweise überwunden werden.

[0014] Weiterer Gegenstand der vorliegenden Offenbarung ist ein Verfahren und / oder ein Regler zur Detektion von Drift des Ionisationssignals aufgrund von Belagbildung und / oder Verbiegen der Ionisationselektrode ohne dass bestimmte, festgelegte Drehzahlen innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne erreicht werden müssen.

Zusammenfassung

[0015] Die vorliegende Offenbarung lehrt ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung mit dem Ziel der Erkennung von Abdeckungen und / oder Blockierungen. Damit einher geht die Vermeidung unerwünschter Emissionen an Kohlenstoffmonoxid (CO-Emissionen). Das Verfahren basiert auf einer technischen Untersuchung der Regelgrenzen eines Ionisationsstrom-Regelkreises, nachdem der Ionisationsstrom-Sollwert gegenüber dem normalen Regelbetrieb verändert wurde. Von einer Abdeckung und / oder Blockierung des Zuluftkanals und / oder Abgaskanals einer Brenneinrichtung wird ausgegangen, wenn der Regelkreis ausserhalb seiner Regelgrenzen arbeitet.

[0016] Weiterhin lehrt die vorliegende Offenbarung ein Verfahren, mit dem unerwünschte Emissionen durch Drift aufgrund von Belagbildung und / oder Verbiegen der Ionisationselektrode aufgedeckt werden. Vorteilhaft kann das Verfahren an jedem Drehzahlpunkt durchgeführt werden, ohne dass spezielle Kennwerte für einzelne Drehzahlpunkte hinterlegt sein müssen.

[0017] Konkret wird dabei zunächst die Drehzahl eines Gebläses im Zuluftkanal und / oder im Abgaskanal einer Brenneinrichtung bestimmt. Aus der Drehzahl des Gebläses wird vorzugsweise unter Verwendung einer Kennlinie ein Sollwert eines Ionisationsstromes einer Ionisationselektrode bestimmt. Der bestimmte Ionisationsstrom-Sollwert wird anschliessend um ein Inkrement erhöht. Daraufhin wird versucht, den Brennstoffaktor der Brenneinrichtung bei konstanter Gebläsedrehzahl unter Verwendung des erhöhten Ionisationsstromes zu regeln. Falls der Regelkreis bei diesem Versuch ausfällt, wird auf eine Verbrennung mit und / oder nahe von unerwünschten Emissionen geschlossen. Eine solche Verbrennung wird beispielsweise aufgrund von Abdeckung

und / oder Blockierung und / oder aufgrund von Belagbildung und / oder Verbiegen verursacht. Entsprechend wird ein Fehler ausgegeben.

[0018] Das beschriebene Verfahren soll hier Prüfung auf stationäre Regelung mit erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert und / oder Prüfung auf stationäre Regelung bezeichnet werden.

[0019] Das genannte Problem Erkennung von Abdeckungen und / oder Blockierungen im Zuluftkanal und / oder im Abgaskanal sowie Erkennen von Drift aufgrund von Belägen und / oder Verbiegen bei beliebigen Drehzahlen wird anhand der Hauptansprüche der vorliegenden Offenbarung angegangen. Besondere Ausführungsformen werden in den abhängigen Ansprüchen behandelt.

[0020] Es ist ein verwandtes Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, wobei als Reaktion auf den Ausfall des Regelkreises die Brenneinrichtung abgeschaltet und / oder verriegelt wird. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Brenneinrichtung durch Schliessen eines Brennstoff-Aktors abgeschaltet und / oder verriegelt wird.

[0021] Es ist ein weiteres verwandtes Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, wobei versucht wird, den Brennstoff-Aktor der Brenneinrichtung bei konstanter Gebläsedrehzahl unter Verwendung des erhöhten Ionisationsstrom-Sollwerts gemäss einer proportionalen und integralen oder gemäss einer proportionalen und integralen und derivativen Regelung zu regeln.

[0022] Es ist auch ein verwandtes Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, wobei vor der Erhöhung des Sollwerts des Ionisationsstromes versucht wird, die Brenneinrichtung so zu regeln, dass Gebläsedrehzahl und Ionisationsstrom innerhalb vorgegebener Grenzen stabil gehalten werden. Falls dies möglich ist, kommt es zu einer Erhöhung des Sollwerts des Ionisationsstromes um ein vorgegebenes Inkrement.

[0023] Es ist auch ein verwandtes Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, wobei vor der Erhöhung des Sollwerts des Ionisationsstromes das Verhalten der Stellung eines Brennstoff-Aktors in Bezug auf die Gebläsedrehzahl auf Veränderungen und / oder Stabilität untersucht wird. Dazu werden die aktuelle Stellung eines Brennstoff-Aktors und eine Drehzahl des Gebläses ermittelt. Aus der Drehzahl des Gebläses wird unter Verwendung einer niederkalorischen Kennlinie eine niederkalorische Stellung des Brennstoff-Aktors bestimmt, welche zu der niederkalorischen Kennlinie gehört. Aus der Drehzahl des Gebläses wird weiterhin unter Verwendung einer hochkalorischen Kennlinie eine hochkalorische Stellung des Brennstoff-Aktors bestimmt, welche zu der hochkalorischen Kenn-

linie gehört. Die aktuelle Stellung wird mit der niederkalorischen Stellung und mit der hochkalorischen Stellung des Brennstoff-Aktors verglichen. Es wird eine relative Lage, vorzugsweise in Prozent, ermittelt, welche die Lage der aktuellen Stellung relativ zur niederkalorischen und zur hochkalorischen Stellung des Brennstoff-Aktors angibt.

[0024] Insbesondere ist vorgesehen, die zeitliche Änderung und / oder zeitliche Schwankung der relativen Lage anhand eines ersten Tiefpassfilters mit einer ersten Zeitkonstanten zu einem ersten Mittelwert zu mitteln. Weiterhin wird zeitliche Schwankung der relativen Lage anhand eines zweiten Tiefpassfilters mit einer zweiten Zeitkonstanten zu einem zweiten Mittelwert gemittelt. Der erste und der zweite Mittelwert werden miteinander verglichen. Falls der erste und der zweite Mittelwert um einen vorgegebenen Schwellwert voneinander abweichen, kommt es zu einer Erhöhung des Sollwerts des Ionisationsstromes um ein vorgegebenes Inkrement.

[0025] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, wobei die Erkennung einer Abdeckung und / oder Blockierung auch dann möglich ist, wenn der Fluidstrom im Zuluftkanal und / oder Abgaskanal anhand einer Gebläsedrehzahl eingestellt und nicht anhand eines Sensors erkannt wird.

[0026] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, wobei mindestens ein Aktor anhand eines Pulsweiten-modulierten Signals gesteuert und / oder geregelt ist.

[0027] Es ist noch ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, wobei mindestens ein Aktor anhand eines Umrichters gesteuert und / oder geregelt ist.

[0028] Es ist ein weiteres verwandtes Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, anhand dessen eine Abdeckung und / oder Blockierung des Zuluftkanals und / oder Abgaskanals während des Betriebs einer Brenneranlage erkannt werden kann. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Anlage zur Erkennung einer Abdeckung und / oder Blockierung nicht ausser Betrieb genommen werden muss.

[0029] Weiterhin lehrt die vorliegende Offenbarung ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung für eine Brenneinrichtung bereitzustellen, bei dem die Regeleinrichtung den einstellbaren Drehzahlbereich in einzelne Bänder unterteilt, wobei eine Prüfung auf stationäre Regelung mit erhöhtem Ionisationsstrom bei irgendeiner Drehzahl innerhalb eines Bandes repräsentativ für Prüfungen auf stationäre Drehzahl bei jeder Drehzahl innerhalb des Bandes ist.

[0030] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Drehzahlband, in dem eine Prüfung auf stationäre Regelung mit erhöhtem Ionisationsstrom erfolgreich durchgeführt wurde, zu markieren und während ei-

nes Betriebs innerhalb eines markierten Bandes keine Prüfung auf stationäre Regelung mehr durchzuführen und / oder bei einem Betrieb innerhalb eines nicht markierten Bandes eine Prüfung auf stationäre Regelung anzufordern und / oder durchzuführen.

[0031] Es ist noch ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung bereitzustellen, wobei in festgelegten Zeitabschnitten die Markierungen oder alle Markierungen gleichzeitig gelöscht / zurückgesetzt werden.

[0032] Es ist ein weiteres Ziel der vorliegenden Offenbarung, ein Verfahren und / oder eine Regeleinrichtung bereitzustellen, wobei eine Prüfung auf stationäre Regelung gestartet wird, wenn andere Methoden der Überwachung einer Drift der Ionisationselektrode eine vorgegebene Zeitdauer nicht durchgeführt werden können, weil die vorgegebenen Drehzahlpunkte nicht erreicht werden können.

[0033] Es ist auch ein Ziel der vorliegenden Offenbarung, eine Brenneinrichtung mit einem Verfahren und / oder mit einer Regeleinrichtung gemäss der vorliegenden Offenbarung bereitzustellen.

Kurze Beschreibung der Figuren

[0034] Verschiedene Details werden dem Fachmann anhand der folgenden detaillierten Beschreibung zugänglich. Die einzelnen Ausführungsformen sind dabei nicht einschränkend. Die Zeichnungen, welche der Beschreibung beigelegt sind, lassen sich wie folgt beschreiben:

FIG 1 zeigt schematisch eine Brenneinrichtung mit Luftzufuhrkanal und Brennstoffzufuhrkanal.

FIG 2 zeigt eine Kennlinie eines Ionisationsstromes über einer Gebläsedrehzahl.

FIG 3 zeigt einen niederkalorischen, einen aktuell verwendeten und einen hochkalorischen Verlauf der Brennstoffzufuhr über der Gebläsedrehzahl.

FIG 4 zeigt den Verlauf eines Ionisationsstrom-Sollwerts über einer Luftzahl bei nicht vorhandener Blockierung.

FIG 5 zeigt den Verlauf eines Ionisationsstrom-Sollwerts über einer Luftzahl bei teilweise vorhandener Blockierung.

FIG 6 zeigt den Verlauf eines Ionisationsstrom-Sollwerts über einer Luftzahl bei fortgeschrittener Blockierung.

FIG 7 zeigt eine Kennlinie eines Ionisationsstromes über einer Gebläsedrehzahl mit segmentierter Unterteilung in Drehzahlbereiche.

Detaillierte Beschreibung

[0035] FIG 1 zeigt ein Blockdiagramm eines Brennersystems bestehend aus Brenner 1 und einem Feuerraum 2 mit Wärmetauscher. Ein motorisch angetriebenes Gebläse 3 fördert die Verbrennungsluft 4 zum Brenner 1 hin. Vor dem Brenner 1 wird der Brennstoff 6, vorzugsweise ein Brenngas, zur Verbrennungsluft zugemischt. Die Menge des zugemischten Brennstoffs 6 wird über ein motorisch verstellbares Brennstoffventil 5 eingestellt. Die Brennstoffmenge wird über das Stellsignal 13 von der Regel-, Steuer- und / oder Überwachungseinheit 10 an das Brennstoffventil 5 übermittelt. Dies kann mit einem Analog-Signal, als Pulsweiten-moduliertes Signal oder aber auch digital, beispielsweise über ein Bussystem erfolgen. Die Luftmenge wird über das Signal 11 von der Regel-, Steuer- und / oder Überwachungseinheit 10 an das Gebläse 3 übermittelt. Der Wert 11 kann gleichermaßen als Analog-Signal, als Pulsweiten-moduliertes Signal oder aber auch digital, zum Beispiel über ein Bussystem übermittelt werden. Das Gebläse stellt dann die Luftmenge gemäss dem übermittelten Signal ein. Es gibt ein Drehzahl-Signal 12, das der Drehzahl des Lüfterrades entspricht, an die Regel-, Steuer und Überwachungseinheit 10 zurück. Grund hierfür ist, dass das Gebläse nicht ausreichend reproduzierbar auf das Steuersignal 11 reagiert, zum Beispiel wegen der Reibung des Lagers vom Lüfterrad aufgrund unterschiedlicher Betriebsbedingungen wie Temperatur und / oder Startverhalten. Daher kann die Luftmenge erst über die Drehzahl 12 von der Regel-, Steuer- und / oder Überwachungseinheit 10 zum Beispiel über einen geschlossenen Drehzahlregelkreis (reproduzierbar) eingestellt werden.

[0036] Mit Hilfe einer Ionisationselektrode 7 wird nicht nur überwacht, ob eine Flamme am Brenner 1 vorhanden ist oder nicht. Es kann auch anhand des Ionisationssignals 14, das mit Hilfe der Elektrode 7 in die Regel-, Steuer- und / oder Überwachungseinheit 10 eingelesen wird, das Brennstoff-Luft-Verhältnis ermittelt werden. Dies geschieht dadurch, dass eine Wechselspannung an die Ionisationselektrode 7 gelegt wird. Gemessen wird dabei der mittlere Gleichstromanteil des Stromes durch die Ionisationselektrode 7.

[0037] Eine Ionisationselektrode 7 erfasst einen Ionisationsstrom. An der Ionisationselektrode 7 liegt typisch eine Wechselspannung im Bereich 110 V ... 240 V an. Durch die Diodenwirkung der Flamme im Stromkreis zwischen der Ionisationselektrode 7 und der Gegenelektrode, üblicherweise dem Brenner 1, fließt durch den Ionisationskreis ein Gleichstrom überlagert mit einem Wechselstrom. 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 der Ionisationsstrom entsteht. Der auftretende Gleichstrom liegt typisch im Bereich kleiner 150 Mikro-

ampere, häufig sogar deutlich unterhalb dieses Wertes.

[0038] 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.

[0039] Ionisationselektroden 7 wie hier eingesetzt sind kommerziell erhältlich. Als Material der Ionisationselektroden 7 kommt vielfach KANTHAL®, z.B. APM® oder A-1®, zum Einsatz. Auch Elektroden aus Nikrothal® werden vom Fachmann in Betracht gezogen.

[0040] Das vom Verbrennungsprozess erzeugte und im Wärmetauscher 2 abgekühlte Abgas 9 wird durch einen Abgaskanal 8 nach aussen geführt, dessen Länge von Anlage zu Anlage unterschiedlich sein kann. Der Abgaskanal 8 kann weiterhin durch äussere Einflüsse ganz oder teilweise verschlossen und / oder blockiert sein. Im Fall eines teilweisen Verschlusses und / oder einer teilweisen Blockierung des Abgaskanals 8 ist ein erster Abschnitt des Abgaskanals 8 offen und ein zweiter Abschnitt des Abgaskanals 8 verschlossen und / oder blockiert. Solche äusseren Einflüsse sind zum Beispiel ein fehlerhaftes Verengen und / oder eine Abdeckung des Abgasweges 8 durch Handwerker, durch Fehlfunktion einer Abgasklappe und / oder ein Vereisen des Abgasweges 8 im Winter. Durch gleiche Ursachen kann der Querschnitt für die Luftzufuhr 4 fehlerhaft verengt sein. Der Zuluftkanal 4 ist somit in der Wirkung dem Abgaskanal 8 zugeordnet. Durch die Verengung im Zuluft- oder Abgasweg 8 wird das gemessene Drehzahl-Signal 12 einem anderen Luftdurchsatz 4 zugeordnet, als dies bei der Einstellung der Kennlinie nach FIG 2 der Fall war.

[0041] In FIG 2 wird der gemessenen Drehzahl 12 über eine Kennlinie 16 ein Ionisationsstrom-Sollwert 15 zugeordnet. Die Drehzahl 12 entspricht dabei einem Luftdurchsatz 4 entsprechend dem Strömungswiderstand des Zuluft- / Abgasweges 8 wie bei der Aufnahme der Kennlinie 16. Änderungen in der Länge, im Querschnitt, Biegungen etc. des Zuluft-Abgasweges 8 innerhalb einer vorgegebenen Toleranz des Strömungswiderstands wirken sich nur geringfügig auf die Zuordnung von Drehzahl 12 zu Luftdurchsatz 4 aus. Somit wird ausreichend genau über eine vorgegebene Drehzahl 12 ein Luftdurchsatz 4 vorgegeben. Über die Kennlinie 16 wird ein Ionisationsstrom-Sollwert eingestellt. Damit wird die Brennstoffmenge 6 über einen geschlossenen Regelkreis so geregelt, dass der gemessene Ionisationsstrom 14 gleich dem vorgegebenen Sollwert aus der Kennlinie 16 ist. Also wird innerhalb der vorgegebenen Toleranzen die Luftmenge der Brennstoffmenge zugeordnet.

[0042] Ändert sich der Strömungswiderstand infolge einer Abdeckung, so kann sich die lineare Zuordnung der Drehzahl 12 zum Luftdurchsatz 4 ändern. Es wird dann für eine vorgegebene Drehzahl 12 nicht mehr der korrekte Luftdurchsatz 4 zur Brennstoffmenge 6, die über Kennlinie 16 und Regelkreis und Ionisationsstrom 14 eingestellt wird, zugeordnet. Dieser Fehler kann so stark

sein, dass die Luftzahl λ näher Richtung $\lambda=1$ rückt. Die Folgen sind schlechte Verbrennungswerte mit hohem CO-Gehalt.

[0043] Mit dem im Folgenden beschriebenen Verfahren wird dieser Zustand aufgedeckt.

[0044] Für die in FIG 2 dargestellte Kennlinie 16 des Ionisationsstrom-Sollwerts 15 über der gemessenen Gebläsedrehzahl 12 ergibt sich über den geschlossenen Regelkreis eine Abhängigkeit des Brennstoffdurchsatzes 6 über der Drehzahl 12. Der geschlossene Regelkreis regelt die Brennstoffmenge 6 derart aus, dass der Ionisationsstrom-Istwert 14 gleich dem Sollwert 15 wird. Der Brennstoffdurchsatz 6 wird durch die Brennstoffventil-Ansteuerung 13 repräsentiert, da Ansteuerung 13 und Brennstoffdurchsatz 6 einander umkehrbar eindeutig zugeordnet werden können. Dies gilt zumindest solange, als dass die Luftmenge konstant gehalten wird. Alternativ könnte der Brennstoffdurchsatz 6 direkt beispielsweise durch eine Strömungsmesseinrichtung ermittelt werden.

[0045] Die Abhängigkeit der Brennstoff-Aktor-Ansteuerung 13 als Mass für den Brennstoffdurchsatz 6 von der Gebläsedrehzahl 12 als Mass für den Luftdurchsatz 4 ist in FIG 3 aufgezeichnet. Da die Kennlinie neben der Ventilcharakteristik von äusseren Gegebenheiten wie Brennstoff und / oder Brennstoff-Eingangsdruck abhängt, sind zunächst zwei Kennlinien 17 und 18 in der Brennersteuerung 10 hinterlegt. Die beiden Kennlinien 17 und 18 entsprechen festen, aber unterschiedlichen äusseren Gegebenheiten. So wurde die Kennlinie 17 beispielsweise mit einem niederkalorischen Brennstoff und / oder einem geringen Brennstoff-Eingangsdruck ermittelt. Kennlinie 18 hingegen wurde mit einem höherkalorischen Brennstoff und / oder einem hohen Brennstoff-Eingangsdruck ermittelt. Die aktuell gültige Kennlinie 19 wird aus der durch die Regeleinrichtung 10 ermittelten aktuellen, stationären Brennstoffstellung 13 bei Gleichheit von Sollwert 15 und Istwert 14 des Ionisationsstromes ermittelt. Alle anderen Kennlinienpunkte der Kennlinie 19 sind dann aus diesem Punkt und den beiden Kennlinien 17 und 18 als mit einem Faktor R gewichteten (geometrischen und / oder arithmetischen) Mittelwert bestimmt. R kann aus dem Positionspunkt 13 des Brennstoffventils bei gegebener Drehzahl 12 und den beiden auf den Kennlinien 17 und 18 liegenden Punkten zur gleichen Drehzahl 12 ermittelt werden. Mit anderen Worten: Bei jeder Drehzahl 12 ist das Verhältnis des Abstandes zwischen den Kennlinien 19 und 17 zum Abstand zwischen den Kennlinien 19 und 18 gleich. Durch diese Massnahme kann die Leistung schnell verändert werden. Man liegt also schon sehr dicht an dem Zielpunkt, ohne dass die Regeleinrichtung 10 bei der Leistungsveränderung stark eingreifen muss.

[0046] Durch Überwachen des Gewichtungsfaktors R kann eine potentielle Abdeckung und / oder Blockierung des Zuluft- / Abgasweges 8 aufgedeckt werden. Bei einer Abdeckung rückt aufgrund der falschen Zuordnung zwischen Drehzahl und Luftdurchsatz die Kennlinie 19 näher an die Kennlinie 17 für niederkalorisches Gas, was sich

durch eine Änderung des Gewichtungsfaktors R bemerkbar macht. Um dies zu erkennen, wird der Gewichtungsfaktor R auf zwei Arten gemittelt. Der Gewichtungsfaktor R wird zum einen über eine Zeit von beispielsweise 10 Sekunden, 15 Sekunden oder 20 Sekunden gemittelt. Der Gewichtungsfaktor R wird zum anderen über eine längere Zeit von beispielsweise 30 Sekunden, 45 Sekunden oder 60 Sekunden gemittelt. Durch die Mittelungen lassen sich Schwankungen im System noch besser dämpfen. Als Mittelung kommen beispielsweise gleitende Mittelwert-Filter und / oder Tiefpass-Filter zum Einsatz.

[0047] Weicht die normalisierte Differenz zwischen kürzerem Mittelwert und längerem Mittelwert um einen vorgegebenen Schwellwert ab, so könnte eine weitgehende, vorzugsweise vollständige oder im Wesentlichen vollständige, Abdeckung und / oder Teilabdeckung aufgetreten sein. Infolge der Teilabdeckung könnte die Verbrennung kritisch werden. Als Schwellwert für die normalisierte Differenz kommt beispielsweise ein Wert von 5 Prozent des geringeren Wertes, oder von 20 Prozent des geringeren Wertes, oder sogar von 100 Prozent des geringeren Wertes in Betracht.

[0048] Es muss dann mit einem gesonderten Testablauf geprüft werden, ob tatsächlich eine Abdeckung und / oder eine Blockierung vorliegt. Die besondere Prüfung ist erforderlich, da auch andere Ursachen für eine Änderung des Gewichtungsfaktors R in Frage kommen, insbesondere eine Änderung des Brennstoffs und / oder des Brennstoff-Eingangsdrucks.

[0049] Der Testablauf auf Abdeckung wird durch FIG 4 verdeutlicht. Darin ist der Ionisationsstrom-Sollwert 15 über der Luftzahl λ 20 dargestellt. Für jede Leistung, repräsentiert durch die Drehzahl 12, ergibt sich eine Kennlinie 21, die vom Brenner- Elektroden-System 1, 7 und dem Zuluft- / Abgasweg 8 bestimmt wird. Befindet man sich im Normalbetrieb, so wird für die aktuell vorgegebene Drehzahl 12 der Sollwertstrom 22 aus der Kennlinie 16 in FIG 2 ermittelt. Über den geschlossenen Ionisations-Regelkreis wird dann der gemessene Ionisationsstrom 14 gleich dem Sollwert 15 eingeregelt. Der Sollwert 15 ist für diese Drehzahl identisch mit Sollwertstrom 22. Über die Kennlinie 21 ergibt sich der gewünschte λ -Wert 23 für den aktuellen Drehzahlwert 12. Bei Durchführung des Tests auf Abdeckung wird die aktuelle Drehzahl 12 festgehalten. Es wird geprüft, ob Drehzahl 12 und Ionisationsstrom 14 stationär auf dem gewünschten Sollwert liegen, damit die Erzeugung einer Testanforderung auf stationäre Regelung nicht durch den Einfluss von schnellen Leistungsänderungen der Brennereinrichtung verfälscht wird. Gemäss einer speziellen Ausführungsform liegt ein ausreichend stationärer Zustand vor, wenn die Drehzahl 12 und der Ionisationsstrom 14 jeweils um weniger als 1 Prozent, bevorzugt weniger als 10 Prozent, weiter bevorzugt um weniger als 50 Prozent, um ihren Mittelwert fluktuieren. Als Mass für die Abweichung um den Mittelwert kommen dabei insbesondere Varianz und Standardabweichung in Betracht. Gemäss einer speziellen Ausführungsform darf über eine vorgegebene Zeit-

dauer, beispielsweise mindestens 2 Sekunden, mindestens 10 Sekunden oder mindestens 20 Sekunden, kein abgetasteter Messwert ausserhalb des Bandes liegen. Alternativ werden Drehzahl-Messwerte 12 in regelmässigen Abständen miteinander verglichen. Ein stationärer Zustand herrscht auch hier, wenn die zuletzt gemessene Drehzahl 12 um weniger als 1 Prozent, weniger als 10 Prozent, oder weiter um weniger als 50 Prozent von dem davor gemessenen Drehzahlwert 12 abweicht. Typische regelmässige Abstände zum Vergleich sind Drehzahlwerte 12 von mindestens 2 Sekunden, mindestens 10 Sekunden oder mindestens 20 Sekunden.

[0050] Erst wenn ein ausreichender stationärer Zustand und / oder Stabilität gegeben ist, wird der nächste Testschritt eingeleitet, bei dem der Ionisationsstrom-Sollwert 15 bei geschlossenem Regelkreis auf einen Wert 24 erhöht wird. Die Erhöhung des Ionisationsstrom-Sollwerts bei geschlossenem Regelkreis auf einen Wert 24 ist beispielsweise eine Erhöhung um 5 Prozent, um 20 Prozent oder um 100 Prozent gemessen an dem zuvor eingeregelter Ionisationsstrom-Sollwert.

[0051] Dabei wird die Drehzahl 12 konstant gehalten. Hat sich wie in FIG 4 die Kennlinie 21 nicht geändert, weil keine Abdeckung vorhanden ist, so wird nach kurzer Zeit der Istwert 14 ebenfalls auf den Sollwert 24 geregelt. Die kurze Zeit ist beispielsweise 3 Sekunden oder 10 Sekunden oder 20 Sekunden. Es ergibt sich gemäss Kennlinie 21 der λ -Wert 25. Der Ionisationsstrom-Regelkreis liefert ein stabiles Ergebnis. Wie man in FIG 4 sieht, ist Wert 23 für diesen Fall noch ausreichend weit vom kritischen λ -Bereich 26 weg, in dem CO-Emissionen auftreten. Der kritische λ -Bereich umfasst beispielsweise Luftzahlen λ kleiner als 1.15, insbesondere kleiner als 1.10, kleiner als 1.05 oder gar kleiner als 1.00.

[0052] Nach Beenden des Tests, wenn der Regelkreis stabil bleibt, wird der Sollwert wieder auf den Betriebswert 22 gesetzt. Nach kurzer Wartezeit zum Einschwingen des Regelkreises wird das Einfrieren der Drehzahl 12 aufgehoben. Die kurze Wartezeit bis zum Einschwingen des Regelkreises ist beispielsweise 1 Sekunde oder 5 Sekunden oder 10 Sekunden. Die Drehzahlvorgabe und damit die Leistungseinstellung kann wieder von übergeordneten Einheiten, zum Beispiel einer Temperaturregelung, vorgenommen werden.

[0053] Wird der Test wie im vorgestellten Fall bestanden, so können in kurzen Zeitabständen von beispielsweise mehr als einer Minute weitere Tests erfolgen. Die weiteren Tests erfolgen solange, bis eine festgelegte Anzahl an Tests, zum Beispiel 5 Tests oder 10 Tests oder 15 Tests, bestanden wurden. Weiterhin kann ein Test auch nach einer Leistungsänderung, das heisst nach einer Brennermodulation, und / oder nach einem Brennerstart angefordert und / oder durchgeführt werden.

[0054] Der Fachmann erkennt weitere Möglichkeiten für eine Testanforderung. So kann beispielsweise ein Test nach einer Drehzahländerung um einen bestimmten Wert angefordert werden, wenn die Drehzahl 12 ausreichend stabil an einem Zustand ist. Ein Test kann eben-

falls zyklisch in bestimmten vorgegebenen Zeitabständen angefordert werden. In einem anderen Fall liegt eine Testanforderung nach vorgegebenen Zeitintervallen zyklisch und / oder nach Drehzahländerungen an. Die genannten Möglichkeiten bieten sich an, wenn etwa ein anderer Regelalgorithmus ohne Gewichtungsfaktor verwendet wird.

[0055] In FIG 5 ist das Verhalten des Testablaufs dargestellt, wenn eine Abdeckung und / oder Blockierung so vorhanden ist, dass gerade noch keine kritischen Verbrennungswerte im Normalbetrieb auftreten. Für diesen Fall ist die vom Brennersystem abhängige Kennlinie 21 verändert und zeigt einen Verlauf wie durch Kennlinie 27 dargestellt.

[0056] Für die gegebene Drehzahl 12 ergibt sich wieder aus Kennlinie 16 aus FIG 2 der gleiche Ionisationsstrom-Sollwert 22. Durch den geänderten Verlauf der Kennlinie 27 gegenüber Kennlinie 21 verschiebt sich der resultierende λ -Wert 28 für den Betriebsfall zu einem kleineren Wert gegenüber dem Wert 23. Wird der oben beschriebene Testablauf durchgeführt, so kann bei Anheben des Ionisationsstrom-Sollwerts 15 bei geschlossenem Regelkreis auf den Wert 24 an der Kennlinie 27 gerade noch ein Punkt gefunden werden. Jener Punkt erlaubt eine stabile Einregelung des Ionisationsstrom-Regelkreises auf Wert 24. Es ergibt sich für den Testfall ein λ -Wert 29, bei dem bereits CO-Emissionen erzeugt werden. Dies ist jedoch nicht kritisch, da dieser Zustand nur sehr kurz dauert, denn nach bestandem Test wird der Ionisationsstrom 15 wieder auf den Betriebswert 22 gesetzt. Weiterhin wird nach bestandem Test die Drehzahl 12 freigegeben. Der Zustand mit CO-Emissionen dauert vorzugsweise weniger als 15 Sekunden, besonders bevorzugt weniger als 10 Sekunden, weiter bevorzugt weniger als 5 Sekunden.

[0057] In FIG 6 ist das Verhalten des Testablaufs dargestellt, wenn eine Abdeckung und / oder Blockierung vorhanden ist, die kritische Verbrennungswerte erzeugt. Im Betriebsfall wird bei stabiler Drehzahl 12 wiederum der Wert 22 des Ionisationsstrom-Sollwerts durch Kennlinie 16 ermittelt. Für die durch Abdeckung des Zuluft- / Abgasweges 8 noch weiter gegenüber der richtigen Kennlinie 21 veränderten Kennlinie 30 ergibt sich für den Betriebsfall ein λ -Wert 31. Der λ -Wert 31 liegt bereits im kritischen Verbrennungsbereich mit zu hohen CO-Emissionen. Wird jetzt der oben beschriebene Testablauf durchgeführt, so kann für den eingestellten Ionisationsstrom-Sollwert 24 kein Punkt auf der Kennlinie 30 gefunden werden. Der Ionisationsstrom-Regelkreis sucht einen entsprechenden Wert, indem er λ durch immer weitere Erhöhung der Brennstoffmenge, insbesondere der Gasmenge, verringert. Der Regelkreis bricht auf. Durch die Abnahme des Ionisationsstromes mit der Luftzahl λ 20 in Kennlinie 30 für $\lambda < 1$ verstärkt sich der Effekt sogar. Das Brennstoffventil 5 kommt an seine maximal mögliche Öffnungsstellung. Es fährt an den Anschlag oder es kommt bereits vorher zu einem Flammenabriss.

[0058] Im vorliegenden Fall gibt der Regelkreis unter

Berücksichtigung eines Sollwerts des Ionisationsstromes ein Signal an ein Brennstoff-Ventil aus. Bei einem Ausfall des Regelkreises findet der Ionisationsstrom-Regelkreis zu einem gegebenen Ionisationsstrom-Sollwert also keine passende Luftzahl λ und keine passende stationäre Stellung des Brennstoff-Ventils mehr. Folglich existiert im kritischen Verbrennungsbereich mindestens ein Sollwert des Ionisationsstromes, für den eine stationäre mathematische Übertragungsfunktion nicht endlich bleibt. Dabei beschreibt die mathematische Übertragungsfunktion die Ausgabe des Regelkreises an das Brennstoff-Ventil als Antwort auf einen endlichen Messwert des Ionisationsstromes. Insbesondere beschreibt die mathematische Übertragungsfunktion die Ausgabe des Regelkreises ohne Berücksichtigung technischer Grenzen für das Ausgabesignal eines elektrischen Regelkreises.

[0059] Stationäre Regelung (einer Verbrennung durch die Brenneranlage) bedeutet, dass bei konstanten (Änderungen der) Eingangsgrößen (in die) der Übertragungsfunktion nach endlicher Zeit und nach Abklingen von Einschwingvorgängen keine Änderung der Ausgangsgröße an das Brennstoff-Stellglied mehr auftritt. Eingangsgrößen sind in diesem Zusammenhang beispielsweise der Ionisationsstrom-Sollwert und / oder externe Störungen. Insgesamt sind im stationären Zustand bei festen Eingangsgrößen wie Ionisationsstrom-Sollwert und / oder Störgrößen alle Systemgrößen auf einem festen, unveränderten Wert. Dies gilt insbesondere für die Ausgangsgröße des Regelkreises an das Brennstoffventil. Solches gilt dementsprechend auch für das Stellsignal 13 an das Brennstoffventil 5.

[0060] Die Übertragungsfunktion ist im Übrigen die Übertragungsfunktion des geschlossenen Regelkreises einschliesslich der Übertragungsfunktion der Regel- und Messstrecke (als Unterfunktionen). Die Messgrösse Ionisationsstrom-Istwert, aber auch die Ventilansteuerung an die Regelstrecke, sind für die Übertragungsfunktion des Regelkreises interne Systemgrößen. Weitere Regelkreis-Funktionen sind der Soll-Istwert-Vergleich und der Regler sowie eventuelle Treiber für die Ventilansteuerung.

[0061] Der Regelkreis ist beispielsweise ein proportionaler / integraler Regelkreis und / oder ein proportionaler / integraler / derivativer Regelkreis.

[0062] Das Aufbrechen des Regelkreises wird detektiert, wenn das Ansteuersignal 13 den Wert für die maximal mögliche Öffnungsstellung des Brennstoffventils 5 überschritten hat. In einigen Fällen ist die maximal mögliche Ansteuerung 13 des Brennstoffventils begrenzt und / oder es wird der Hub der maximalen Öffnung des Brennstoffventils 5 gemessen. Es wird dann ein Aufbrechen des Regelkreises detektiert, wenn eine vorgegebene Zeitdauer überschritten wird, in der sich das Brennstoffventil 5 in seiner Maximalstellung befindet. Eine dritte Möglichkeit der Detektion eines aufgebrochenen Regelkreises besteht darin, das Überschreiten einer Zeitdauer zu detektieren, in der sich das Ionisationsstrom-Ist-Sig-

nal 14 während der Prüfphase mit erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert 24 ausserhalb eines in der Regel-, Steuer- und / oder Überwachungseinheit 10 definierten Bandes um den Ionisationsstrom Sollwert 24 befindet. Gemäss einer weiteren Möglichkeit zur Detektion des Aufbrechens des Regelkreises ist der Flammenabriss während des Tests als Aufbrechen des Regelkreises zu werten.

[0063] Die Differenz zwischen dem Ionisationsstrom-Sollwert im Betriebsfall 22 und dem Ionisationsstrom-Sollwert im Testfall 24 bestimmt denjenigen Punkt, anhand dessen der kritische Bereich 26 definiert wird. Durch diese Differenz wird damit der maximale CO-Wert ohne Sicherheitsabschaltung einschliesslich eines eventuellen Sicherheitsabstands bestimmt. In einer besonders bevorzugten Ausführung wird nur eine Differenz für alle Drehzahlwerte 12 in der Regel-, Steuer- und / oder Überwachungseinheit 10 definiert. Dann ist die Differenz so zu wählen, dass von allen möglichen Gebläsedrehzahlen 12, für eine Abdeckung mit einer zugehörigen Änderung der Kurve 21 der höchste Wert ausgewählt werden muss. Die Gebläsedrehzahlen 12 entsprechend dabei allen möglichen Brenner-Leistungen mit zugehörigen kritischen Bereichen 26.

[0064] Eine weitere mögliche Ausführung besteht darin, für mehrere signifikante Drehzahlen je eine Differenz zu wählen. Für die Drehzahlen wird zwischen diesen signifikanten Drehzahlen anhand der unterschiedlichen Differenzwerte interpoliert. Vorzugsweise wird linear interpoliert. Gemäss einer weiteren Ausführungsform wird anhand sogenannter kubischer Splines interpoliert. Vorteilhafter Weise beinhalten die signifikanten Drehzahlwerte den maximalen und den minimalen Modulationsgrad der Anlage. Der Fachmann erkennt, dass die signifikanten Drehzahlwerte nicht auf die maximalen und minimalen Modulationsgrade beschränkt sind.

[0065] Wird ein Aufbrechen des Regelkreises detektiert, so kann von einer kritischen Verbrennung im Betriebsfall oder einer Verbrennung nahe den kritischen Werten ausgegangen werden. Als Reaktion ist eine Sicherheitsabschaltung des Brennersystems mit anschliessender Störstellung vorgesehen. Damit kann das System gewartet werden.

[0066] Alternativ kann das System mit oder ohne Sicherheitsabschaltung weiter in Betrieb bleiben, wobei dann mehrere Tests kurz nach dem nicht bestandenen Test wiederholt werden. Erst nach einer vorgegebenen Anzahl nicht bestandener Tests und / oder nach einer vorgegebenen relativen Häufigkeit nicht bestandener Tests erfolgt dann eine Störstellung. Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass kurzzeitige Abdeckungen und / oder sehr starke Einflüsse, die eine Abdeckung des Zuluft- / Abgassystems 8 simulieren, das System nicht ausser Funktion bringen. Eine hohe Verfügbarkeit ist damit gewährleistet. Als kurzzeitige Abdeckungen und / oder sehr starke Einflüsse kommen zum Beispiel starker Wind in Betracht.

[0067] Eine weitere Möglichkeit der Reaktion ist die

Verschiebung des Ionisationsstrom-Sollwerts 14 um ein vorgegebenes Inkrement solange, bis der in kurzen Abständen wiederholte Test positiv bestanden wird. Der erhöhten Verfügbarkeit steht hier allerdings eine Zeitdauer des Betriebs während der Testfolge gegenüber, bei der das Gerät kritische Emissionen erzeugen kann. Für potentiell schnell ablaufende Abdeckungen und / oder Blockierungen ist diese Reaktion also weniger präferiert. In diesem Fall sollte bevorzugt eine sehr grosse (deutliche) Korrektur gewählt werden. Es kann auch über andere bekannte Driftkorrekturen an den entsprechenden Drehzahlpunkten die Kennlinie 16 genau korrigiert werden.

[0068] Grundsätzlich können mit dem beschriebenen Testablauf auch andere Fehler aufgedeckt werden, die das Brenner- Elektrodesystem 1, 7 beeinflussen. So kann natürlich auch eine Drift der Ionisationselektrode 7 durch Beläge und / oder Verbiegen aufgedeckt werden. Gegenüber den anderen genannten Verfahren ist eine Korrektur des Ionisationsstrom-Sollwerts 14 eher schwierig und / oder ungenau durchzuführen. Dafür hat das Verfahren den Vorteil, eine rasche Änderung der Kennlinie 21 sofort aufzudecken. Das Verfahren hat weiterhin den Vorteil, dass infolge der Aufdeckung einer raschen Änderung unverzüglich reagiert werden kann. Mithin ergänzen sich die verschiedenen Verfahren.

[0069] Der Test ist repräsentativ um ein bestimmtes Drehzahlband der Drehzahl 12. So ein Gültigkeitsband beträgt typisch ± 300 Umdrehungen pro Minute, ± 400 Umdrehungen pro Minute oder ± 800 Umdrehungen pro Minute je nach Gebläse-Typ. Sobald ein Test angefordert wird, muss daher nach jeder Verstellung der Leistung (Modulation) über die Gebläsedrehzahl 12, die grösser als das vorgegebene Band ist, ein weiterer Test durchgeführt werden. Gleichermassen wird dann nach jeder Inbetriebsetzung ein neuer Test angefordert. Tests werden solange nach Änderung der Drehzahl 12 (Leistungsverstellung) und / oder nach jeder Inbetriebsetzung durchgeführt, bis eine vorgegebene Anzahl an Tests bestanden wird. Gemäss einer speziellen Ausführungsform werden Tests solange durchgeführt, bis ein vorgegebener prozentualer Anteil an Tests bestanden wird. Bevorzugt werden mindestens 50 Prozent, weiter bevorzugt mindestens 80 Prozent, besonders bevorzugt mindestens 95 Prozent der Tests bestanden.

[0070] Es ist daher vorteilhaft, den Drehzahlbereich, in welchem das Brennersystem arbeitet, in feste Bänder aufzuteilen. Dieser Fall ist für die Regel-Sollwert-Kennlinie in FIG 7 dargestellt. Wird ein Testablauf bei einer Drehzahl 12 innerhalb eines Bandes 32 durchgeführt, kann davon ausgegangen werden, dass für alle Drehzahlen 12 im Band 32 dieser Test ausreichend Gültigkeit hat. Mithin liegt man noch ausreichend weit weg von kritischen Verbrennungswerten für alle Drehzahlen 12 im Band. Das Band 32 kann somit als getestet markiert werden. Ein Betrieb im markierten Drehzahlband ist unkritisch, bis zum Beispiel eine ausreichend starke Änderung des Gewichtungsfaktors für das getestete markierte Band 32 festgestellt wird.

[0071] Die Bänder 32 sind also von Vorteil, wenn ein Test angefordert wurde und bestanden wurde. So kann gewährleistet werden, dass Folgetests auch wirklich nur bei einer anderen Drehzahl 12 aus einem anderen Band 32 durchgeführt werden. Die Testfolge wird beendet, wenn die Tests bei ausreichend weit auseinander liegenden Drehzahlen 12 erfolgreich waren.

[0072] Typische Bandbreiten betragen typisch ± 300 Umdrehungen pro Minute, ± 400 Umdrehungen pro Minute oder ± 800 Umdrehungen pro Minute je nach Gebläse-Typ. Der Fachmann erkennt, dass sich die Bänder 32 auch überlappen können, so dass ein Test zwei Bändern 32 zugeordnet werden kann. Man könnte stattdessen auch weniger Bänder und dafür eine höhere Bandbreite festlegen. Durch diese Massnahme kann die Anzahl der Tests reduziert werden. Der Abstand der Drehzahlen 12 für Folgetests wird damit vergrössert.

[0073] Als weitere, wichtige Anwendung kommt der vorgestellte Testablauf innerhalb der definierten Drehzahlbänder 32 zum Tragen, wenn andere Drifttest-Mechanismen nicht angewandt werden können.

[0074] Bekanntermassen muss die Drift eines Brenner-Elektrode-Systems durch Beläge und / oder durch Verbiegen der Ionisationselektrode in regelmässigen Zeit-Intervallen an bestimmten Drehzahlpunkten ermittelt werden. Für die Durchführung muss für den Drifttest der jeweilige festgelegte Drehzahlpunkt erreicht werden. Die Wärme muss dort für eine wenn auch kurze Zeit abgeführt werden. Insbesondere bei sehr kleinen Drehzahlen entsprechend kleinen Brennerleistungen sind solche Tests aufgrund von Windeinflüssen nur schwer durchzuführen. Können die bei grösseren Drehzahlen liegenden Drifttestpunkte nicht erreicht werden, weil die Wärme nicht abgeführt werden kann, muss das System eine Abschaltung durchführen bevor der Drifttestpunkt erreicht wird. Der Drifttest kann also nicht ausgeführt werden.

[0075] Können so ein Drifttest und eine folgende Korrektur des Ionisationsstrom Sollwerts 15 über eine vordefinierte Zeitdauer hinweg nicht durchgeführt werden, so müsste normalerweise das Brennersystem abgeschaltet und verriegelt werden. In einem solchen Fall kann eine Drift aufgrund von Belägen auf der Ionisationselektrode und / oder Verbiegen der Ionisationselektrode nicht mehr ausgeschlossen werden. In der Folge könnten kritische Emissionen auftreten. Durch Ausführen der alternativen, hier offenbarten Tests kann die Verfügbarkeit (deutlich) erhöht werden. Schliesslich können die Tests praktisch bei jeder stabilen Drehzahl 12 durchgeführt werden. Zudem ist die Testdauer ausgesprochen kurz, beispielsweise typisch 5 Sekunden oder 10 Sekunden. Mithin kann die Wärme auf jeden Fall abgeführt werden.

[0076] Ein hier offenbarter Test wird dann angefordert und ausgeführt, wenn die vordefinierte Zeitdauer für eine Drift-Korrektur abgelaufen ist und eine Drift-Korrektur nicht durchgeführt werden konnte. Alle Drehzahlbänder 32 werden zunächst als nicht getestet markiert. Im Band 32, in dem sich aktuell die Drehzahl 12 ausreichend sta-

tionär befindet, wird dann der Test durchgeführt. Dieses Band 32 wird als getestet markiert, wenn der Test erfolgreich war. Bei Erreichen eines anderen Bandes 32 mit ausreichend stationärer Drehzahl 12 wird dann in diesem anderen Band 32 ein Test durchgeführt. Dieses andere Band 32 wird im Falle eines erfolgreichen Testablaufs ebenfalls als getestet markiert. In allen Bändern 32, die als getestet markiert sind, wird kein Test mehr durchgeführt, wenn die Drehzahl 12 eines jener Bänder 32 wieder erreicht. In Bändern 32, die als nicht getestet markiert sind, wird der Test durchgeführt. Das jeweilige Drehzahlband 32 wird nach erfolgreicher Testdurchführung im Anschluss als getestet markiert.

[0077] Dieser Vorgang läuft solange ab, bis eine vorgegebene Zeit abgelaufen ist, in der eine kritische Drift auftreten könnte. Dann werden alle Markierungen zurückgesetzt und die Tests für jedes neue, nicht markierte Band 32 angefordert und durchgeführt.

[0078] Die alternativen Tests werden einschliesslich Rücksetzens der Bändermarkierungen durchgeführt, bis eine Drehzahl 12 erreicht wird, und dort eine Drift-Korrektur gemäss einem bekannten Verfahren erfolgreich durchgeführt wurde.

[0079] Eine Sicherheitsabschaltung mit Störstellung erfolgt nur dann, wenn ein Test nicht bestanden wird, also ein kritischer Zustand aufgetreten ist und / oder aufzutreten droht. Darüber hinaus kann für diesen Fall das jeweilige Drehzahlband 32 als nicht getestet markiert bleiben. Die Tests können mehrfach wiederholt werden, bis nach erfolgter Anzahl nicht bestandener Tests eine Störstellung erzeugt wird. Damit wird die Verfügbarkeit weiter verbessert.

[0080] Gemäss einer weiteren Ausführungsform erfolgt eine Störstellung dann, wenn während der vorgegebenen Zeit gar kein Test durchgeführt wurde, also kein auch nur kurzzeitig stationärer Zustand erreicht wird. Für diesen sehr unwahrscheinlichen Fall empfiehlt sich auch eine Sicherheitsabschaltung mit Störstellung, da die Brennerleistung über einen längeren Zeitraum instabil ist.

[0081] Durch die oben geschilderte Massnahme kann die Verfügbarkeit des Brenner-Systems deutlich erhöht werden. In einer besonders bevorzugten Variante können eine Erhöhung der Verfügbarkeit bei nicht durchführbaren Drifttests und eine Erkennung einer spontanen Abdeckung und / oder spontanen Blockierung miteinander kombiniert werden.

[0082] Ebenfalls ist vorgesehen, die Detektion von Blockierungen und / oder Abdeckungen anhand eines neuronalen Netzes durchzuführen. Das neuronale Netz verfügt dabei über eine Reihe von Eingabe-Neuronen, welche gemeinsam die Eingabeschicht bilden. Die Eingabe-Neuronen werden mit Eingabedaten wie Brennstoffventil-Stellung 13, Ionisationsstrom 14, Gebläsedrehzahl 12 gesetzt. Vorzugsweise werden die Eingabedaten normalisiert, bevor die Eingabe-Neuronen gesetzt werden. Insbesondere ist vorgesehen, die Eingabedaten x jeweils nach einem Verfahren nach Gauss unter Berücksichti-

gung von Mittelwert μ und Standardabweichung σ der jeweiligen Eingabedaten zu normalisieren. Damit ergibt sich ein normalisierter Wert x_{norm} gemäss:

$$x_{\text{norm}} = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

[0083] Das neuronale Netz verfügt weiterhin über mindestens ein Ausgabe-Neuron. Die Gesamtheit der Ausgabe-Neuronen bildet die Ausgabeschicht. In einer speziellen Ausführungsform gibt das mindestens eine Ausgabe-Neuron eine Zahl zwischen 0 und 1 oder zwischen 0% und 100% aus, welche den Grad einer Abdeckung und / oder Blockierung angibt. Das Ausgabe-Neuron der speziellen Ausführungsform lässt sich beispielsweise anhand einer sigmoiden oder einer Tangens Hyperbolicus (tanh) Aktivierungsfunktion verwirklichen.

[0084] In einer vereinfachten Ausführungsform gibt das mindestens eine Ausgabe-Neuron eine Zahl wie beispielsweise 0 oder 1 aus, welche im Fall von 0 angibt, dass keine Abdeckung und / oder Blockierung vorliegt. Im Fall einer Ausgabe von 1 liegt hingegen eine Abdeckung und / oder Blockierung vor. Das Ausgabe-Neuron der vereinfachten Ausführungsform lässt sich beispielsweise anhand einer Stufen-Funktion verwirklichen.

[0085] In einer erweiterten Ausführungsform verfügt das neuronale Netz über mindestens zwei Ausgabe-Neuronen. Darunter entspricht ein erstes Ausgabe-Neuron der speziellen Ausführungsform von oben, das heisst es wird ein Abdeckungsgrad ausgegeben. Ein zweites Ausgabe-Neuron entspricht der genannten vereinfachten Ausführungsform. Es gibt also 0 oder 1 entsprechend keiner Abdeckung oder einer vorhandenen Abdeckung aus.

[0086] Das neuronale Netz verfügt weiterhin über mindestens eine versteckte Schicht an Neuronen. Vorzugsweise verfügt die mindestens eine versteckte Schicht an Neuronen über 7, 8 oder 9 Neuronen. Gemäss einer anderen Ausführungsform verfügt die mindestens eine versteckte Schicht an Neuronen über 3, 4 oder 5 Neuronen. Die Neuronen der versteckten Schicht sind typisch Perzeptron-Neuronen, welche gemäss einer sigmoiden oder einer Tangens Hyperbolicus (tanh) Aktivierungsfunktion arbeiten.

[0087] Idealerweise ist jedes Neuron der mindestens einen versteckten Schicht mit jedem Neuron der Eingabeschicht verbunden. Ebenso ist idealerweise jedes Neuron der mindestens einen versteckten Schicht mit jedem Neuron der Ausgabeschicht verbunden. Zusätzlich kann jedes Neuron über eine Verzerr-Verbindung und / oder über einen Verzerr-Parameter verfügen, welche(r) die Aktivierungsfunktion des jeweiligen Neurons mitbestimmt.

[0088] Die Verbindungen des neuronalen Netzes weisen Gewichtungen auf, welche durch Anlernen des neuronalen Netzes bestimmt werden. In einem speziellen Fall wird das neuronale Netz über Fehlerrückführung an-

gelernt. Dazu wird ein Satz von unter Testbedingungen ermittelten Eingabe- und Ausgabewerten verwendet. Zugleich wird eine Fehlerfunktion definiert. Die Fehlerfunktion wird anschliessend über ein Verfahren wie Fehlerückführung unter den gegebenen Eingabe- und Ausgabewerten minimiert. Gemäss einer weiteren Ausführungsform kommt ein evolutionärer Algorithmus, beispielsweise ein genetischer Algorithmus, zur Minimierung der Fehlerfunktion zum Einsatz.

[0089] Ferner können die Lernverfahren zur Minimierung der Fehlerfunktion untereinander kombiniert werden. So kann beispielsweise anhand eines genetischen Algorithmus ein Satz an Gewichtungen bestimmt werden, welcher nahe am globalen Minimum liegt. Anschliessend wird über Fehlerückführung und / oder über ein Gradientenabstiegsverfahren das globale Minimum der Fehlerfunktion bestimmt. Der kombinierte Einsatz von Lernverfahren weist den Vorteil auf, dass mit grösserer Wahrscheinlichkeit ein globales Minimum und nicht lediglich ein lokales Minimum der Fehlerfunktion ermittelt wird.

[0090] Ferner kann bei der Fehlerfunktion zwischen Fehlern erster und zweiter Art unterschieden werden. So kann das neuronale Netz derart angelernet werden, dass Abdeckungen und / oder Blockierungen mit hoher Wahrscheinlichkeit erkannt werden. Zugleich besteht in diesem Fall die Möglichkeit einer Falschmeldung einer Abdeckung und / oder Blockierung. In einem anderen Fall kann das neuronale Netz durch Wahl einer Fehlerfunktion so angelernet werden, dass ein unterbrechungsfreier Betrieb weitestgehend gewährleistet ist. In jenem Fall kann es vorkommen, dass eine Abdeckung und / oder Blockierung nicht erkannt wird. Es ist für diesen Fall auch möglich, dass eine Abdeckung und / oder Blockierung erst erkannt wird, wenn diese weit fortgeschritten ist.

[0091] Der Fachmann erkennt, dass das hier offenbarte neuronale Netz auch zur Erkennung der Drift einer Ionisationselektrode und / oder anderer Zustände einer Brenneranlage genutzt werden kann.

[0092] Das neuronale Netz lässt sich praktisch auf der Regeleinrichtung 10 implementieren, indem die Struktur des Netzes in der Regeleinrichtung 10 hinterlegt wird. Zur Struktur des Netzes gehören beispielsweise die Anzahl und Art der Neuronen pro Schicht und die Verbindungen zwischen den Neuronen. Zugleich wird ein optimaler Satz an Gewichtungen der Verbindungen hinterlegt. Die Regeleinrichtung lädt zur Bewertung einer vorliegenden Situation des neuronalen Netzes gemäss der hinterlegten Struktur. Weiterhin werden die Gewichtungen der Verbindungen gemäss dem hinterlegten Satz gesetzt. Anschliessend werden die Eingabeparameter wie Brennstoffzufuhr 13, Gebläsedrehzahl 12 und Signal der Ionisationselektrode 14 allenfalls normalisiert und als Eingabe-Werte gesetzt. Durch Aktivierung des neuronalen Netzes erzeugt dieses einen oder mehrere Ausgabewerte, der oder die eine Abdeckung und / oder Blockierung und / oder den Grad derselben angeben.

[0093] Mit dem Ausgabewert oder den Ausgabewerten

wird verfahren wie gehabt. Es können beispielsweise durch die Ausgabewerte Verriegelungen und / oder Fehlermeldungen veranlasst werden. In einer vorteilhaften Ausführungsform wird bei Ausgabe einer Abdeckung und / oder Blockierung durch das neuronale Netz ein zuvor beschriebener Test durch die Regeleinrichtung 10 auf stationären Betrieb durchgeführt.

[0094] 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 einer 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.

[0095] Mit anderen Worten, die vorliegende Offenbarung lehrt eine Regeleinrichtung zur Regelung einer Verbrennung durch eine Brenneranlage in Abhängigkeit von einem Ionisationsstrom-Sollwert, die Brenneranlage umfassend einen Flammenbereich (2) und zumindest eine in einem Flammenbereich (2) der Brenneranlage angeordnete Ionisationselektrode (7) und ein Luft-Stellglied (3), welches ausgebildet ist, eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) zu beeinflussen, und ein Brennstoff-Stellglied (5), welches ausgebildet ist, eine Zufuhrmenge an Brennstoff in Abhängigkeit von einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu beeinflussen,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, Signale (14) von der zumindest einen Ionisationselektrode (7) zu empfangen und zu Ist-Werten eines Ionisationsstromes zu verarbeiten,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, ein erstes Luft-Stellsignal (11) zu erzeugen und an das Luft-Stellglied (3) auszugeben und durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den Ionisationsstrom-Sollwert ein Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben, aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert (24) zu erzeugen

und

bei dem ersten Luft-Stellsignal (11) durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen,

das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) darauf auszuwerten, ob die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage regelt und

basierend auf der Auswertung festzustellen, ob (oder dass) die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb des Regelbereichs für eine stationäre Regelung der Verbrennung durch die Brenneranlage regelt,

wobei die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb des Regelbereichs für eine stationäre Regelung der Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, falls bei konstanten Eingangsgrössen (wie beispielsweise dem erhöhten Sollwert (24) und / oder dem Luft-Stellsignal (11)) und nach Abklingen von Einschwingvorgängen weiterhin zeitliche Änderungen, insbesondere zeitliche Änderungen ausserhalb eines vorgegebenen und in der Regeleinrichtung (10) hinterlegten Bandes, des durch die Regeleinrichtung (10) erzeugten, geänderten Brennstoff-Stellsignals (13) auftreten.

[0096] Die Regeleinrichtung (10) ist vorzugsweise ausgebildet, durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert ein Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, wobei die Regelung umfasst ein Vergleichen der Ist-Werte des Ionisationsstromes mit dem erhöhten Sollwert, das Erzeugen eines Fehlersignals aus dem Vergleichen und das Erzeugen eines Brennstoff-Stellsignals (13) aus dem Fehlersignal. Besonders bevorzugt wird das erzeugte, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) auch an das Brennstoff-Stellglied (5) ausgegeben. Das Luft-Stellglied (3) ist vorzugsweise ausgebildet, eine Zufuhrmenge an Luft zum Flammbereich (2) in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) zu beeinflussen. Das Brennstoff-Stellglied (5) ist vorzugsweise ausgebildet, eine Zufuhrmenge an Brennstoff zum Flammbereich (2) in Abhängigkeit von einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu beeinflussen. Der erhöhte Sollwert (24) ist vorzugsweise ein erhöhter Ionisationsstrom-Sollwert (24). Der vorgegebene Betrag ist vorzugsweise in (einem Speicher) der Regeleinrichtung hinterlegt. Das erste Luft-Stellsignal (11) ist vorzugsweise konstant über der Zeit. Das erste Luft-Stellsignal (11) ist vorzugsweise durch die Regelung auf den erhöhten Sollwert (24) unbeeinflusst. Vorzugsweise ist das Luft-Stellglied (3) ausgebildet, Zufuhrmengen an Luft in Abhängigkeit von Luft-Stellsignalen (11) zu beeinflussen und ein Luftmengen-Signal (12) an die Regeleinrichtung (10) zu melden. Die Einschwingvorgänge klingen vorzugsweise vorzugsweise innerhalb höchstens 5 Sekunden, höchstens 15 Sekunden, höchstens 60 Sekunden oder

höchstens 5 Minuten ab. Der Einschwingvorgang ist abgeklungen, wenn der oszillierende Anteil der Amplituden der Ausgangsgrössen, insbesondere des Brennstoff-Stellsignals (13), auf den 1/e-ten Teil, $e = 2.7173$, abgenommen hat oder aber auf einen noch geringeren Anteil wie kleiner 10% oder sogar 1 % abgenommen hat.

[0097] Der Fachmann erkennt, dass eine Regelung auf einen erhöhten Sollwert (24) auch unter Regelung der Luftzufuhr (11) möglich ist, wobei die Brennstoff-Zufuhr konstant bleibt. Anschliessend wird anhand des Luft-Stellsignals (11) durch Auswertung festgestellt, ob die Regelung in einem Bereich für eine stationäre Regelung der Verbrennung durch die Brenneranlage regelt.

[0098] Die Regeleinrichtung (10) ist vorzugsweise ausgebildet, bei dem ersten Luft-Stellsignal (11) durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, wobei die Regelung umfasst ein Vergleichen der Ist-Werte des Ionisationsstromes mit dem erhöhten Sollwert (24), das Erzeugen eines Fehlersignals aus dem Vergleichen und das Erzeugen eines geänderten Brennstoff-Stellsignals (13) aus dem Fehlersignal.

[0099] Vorzugsweise ist der vorgegebene Betrag mindestens 5 Prozent, mindestens 20 Prozent oder sogar mindestens 100 Prozent des Ionisationsstrom-Sollwerts.

[0100] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, das Luft-Stellsignal (11) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) auszuwerten und auf das Vorliegen eines stationären Zustands zu prüfen, wobei ein stationärer Zustand vorliegt, wenn das Luft-Stellsignal (11) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) innerhalb jeweils vorgegebener Bänder fluktuieren.

[0101] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei das Luft-Stellglied (3) ausgebildet ist, Zufuhrmengen an Luft in Abhängigkeit von Luft-Stellsignalen (11) zu beeinflussen und ein Luftmengen-Signal (12) an die Regeleinrichtung (10) zu melden, und wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, das Luft-Stellsignal (11) und / oder das gemeldete Luftmengen-Signal (12) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) auszuwerten und auf das Vorliegen eines stationären Zustands zu prüfen, wobei ein stationärer Zustand vorliegt, wenn das Luft-Stellsignal (11) und / oder das gemeldete Luftmengen-Signal (12) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) innerhalb jeweils vorgegebener Bänder fluktuieren.

[0102] Die erzeugten Luft-Stellsignale (11) und die Ist-Werte des Ionisationsstromes fluktuieren vorzugsweise innerhalb jeweils vorgegebener Bänder um Abweichungen von höchstens ± 1 Prozent, von höchstens ± 10 Prozent oder sogar von höchstens ± 50 Prozent um die jeweiligen Mittelwerte. Als Mittelwerte kommen beispielsweise arithmetische oder geometrische Mittelwerte in Betracht. Ferner kann es sich um adaptiv gebildete Mittelwerte handeln. Gemäss einer speziellen Ausführungs-

form umfasst die Regeleinrichtung (10) einen (adaptiven) Tiefpass, der die Bildung von Mittelwerten durchführt. Die Mittelwerte werden beispielsweise über mindestens 2 Sekunden, mindestens 10 Sekunden oder mindestens 20 Sekunden gemittelt.

[0103] Als Mass für die Abweichungen sind unter anderem die Abstände der jeweiligen Maximal- und Minimal-Werte vom Mittelwert vorgesehen. Ferner kommen als Abweichungen die Standardabweichung vom Mittelwert und deren Vielfache sowie die Varianz in Betracht.

[0104] In einem alternativen Verfahren werden die erzeugten Luft-Stellsignale (11) und / oder Drehzahl-signale (12) in regelmässigen Abständen miteinander verglichen. Ein stationärer Zustand herrscht auch hier, wenn das zuletzt erzeugte Luft-Stellsignal (11) und / oder Drehzahl-signal (12) um weniger als 1 Prozent, weniger als 10 Prozent, oder weiter um weniger als 50 Prozent von dem zuvor herangezogenen Luftstellsignal (11) und / oder Drehzahl-signal (12) abweicht. Typische regelmässige Abstände für den Vergleich der Luftstellsignale (11) und / oder Drehzahl-signale (12) sind mindestens 2 Sekunden, mindestens 10 Sekunden oder mindestens 20 Sekunden.

[0105] Die Verarbeitung der Signale (14) von der zumindest einen Ionisationselektrode (7) zu Ist-Werten des Ionisationsstromes umfasst vorzugsweise eine Verarbeitung in einem Analog-Digital Wandler. Vorzugsweise umfasst die Regeleinrichtung (10) den Analog-Digital Wandler. Der Fachmann wählt einen Analog-Digital Wandler mit geeigneter Auflösung und Geschwindigkeit.

[0106] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stationär zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben.

[0107] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung festzustellen, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb des Regelbereichs für eine stationäre Regelung der Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, falls das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte Brennstoff-Stellsignal (13) einen vorgegebenen Maximalwert überschreitet.

[0108] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung festzustellen, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb des Regelbereichs für eine stationäre Regelung

der Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, falls das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte Brennstoff-Stellsignal (13) einen vorgegebenen Maximalwert während einer vorgegebenen Zeitdauer überschreitet.

[0109] Der vorgegebene Maximalwert ist vorzugsweise als (auf die Brenneranlage abgestimmter) Wert in der Regeleinrichtung (10) hinterlegt. Die vorgegebene Zeitdauer ist vorzugsweise als (auf die Brenneranlage abgestimmter) Wert in der Regeleinrichtung (10) hinterlegt. Die vorgegebene Zeitdauer beträgt gemäss einer speziellen Ausführungsform weniger als 1 Sekunde, weniger als 10 Sekunden oder weniger als 60 Sekunden.

[0110] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei der vorgegebene Maximalwert einer maximalen Öffnungsstellung des Brennstoff-Stellgliedes (5) entspricht. Die maximale Öffnungsstellung des Brennstoff-Stellgliedes (5) ist vorzugsweise (als Wert) in (einem Speicher) der Regeleinrichtung hinterlegt.

[0111] Dabei ist das Brennstoff-Stellglied (5) verstellbar und / oder in der maximalen Öffnungsstellung des Brennstoff-Stellgliedes (5) lässt sich der Durchsatz (6) an Brennstoff nicht durch Verstellen des Brennstoff-Stellgliedes (5) steigern.

[0112] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stationär zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) zu speichern, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, eine Differenz zu bilden aus dem anhand des erhöhten Sollwerts erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13).

[0113] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, durch Auswertung des anhand des erhöhten Sollwerts erzeugten Brennstoff-Stellsignals (13) zu bestimmen, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwertes (24) ausserhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, falls die gebildete Differenz einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.

[0114] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, einen Wert als Funktion einer Differenz, welche aus dem anhand des erhöhten Sollwerts erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13) gebildet wurde, zu erzeugen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, durch

Auswertung des anhand des erhöhten Sollwerts erzeugten Brennstoff-Stellsignals (13) zu bestimmen, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwertes (24) ausserhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, falls der als Funktion der Differenz erzeugte Wert einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.

[0115] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stationär zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) zu speichern, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, einen Betrag einer Differenz aus dem anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13) zu bilden, und basierend auf der Auswertung festzustellen, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb des Regelbereichs für eine stationäre Regelung der Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, falls der gebildete Betrag einen vorgegebenen Schwellwert über eine gesamte vorgegebene Zeitspanne (fortwährend und / oder andauernd) überschreitet.

[0116] Die gesamte vorgegebene Zeitspanne beträgt gemäss einer speziellen Ausführungsform weniger als 1 Sekunde, weniger als 10 Sekunden oder weniger als 60 Sekunden.

[0117] Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist die oben genannte Funktion die Identitäts-Funktion oder die Betrags-Funktion. Gemäss einer weiteren Ausführungsform ist die Funktion eine zeitliche Ableitung. Gemäss noch einer weiteren Ausführungsform ist die Funktion ein Quotient aus Differenz und Zeit oder ein Quotient aus Betrag der Differenz und Zeit. Als Zeit kommt beispielsweise die Zeitspanne zwischen zwei unmittelbar nacheinander verarbeiteten Ist-Werten des Ionisationsstromes in Betracht. Weiterhin kommt als Zeit beispielsweise die Zeitspanne zwischen zwei unmittelbar nacheinander empfangenen Signalen (14) der Ionisationselektrode (7) in Betracht.

[0118] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch

die Brenneranlage stationär zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) zu speichern, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, einen Betrag einer Differenz aus dem anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13) zu bilden, und basierend auf der Auswertung festzustellen, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb des Regelbereichs für eine stationäre Regelung der Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, falls der gebildete Betrag einen vorgegebenen Schwellwert nach Ablauf einer vorgegebene Zeitspanne weiterhin überschreitet.

[0119] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) eine Kommunikationsschnittstelle zum Versand von Fehlermeldungen aufweist und ausgebildet ist, eine Fehlermeldung zu erzeugen, falls basierend auf der Auswertung festgestellt wird, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwertes (24) ausserhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die erzeugte Fehlermeldung anhand der Kommunikationsschnittstelle zu versenden.

[0120] Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist die Kommunikationsschnittstelle eine drahtlose Schnittstelle und / oder eine Schnittstelle eines CAN-Busses nach ISO 11898-1:2015. Die Schnittstelle ist vorzugsweise kompatibel mit einem Protokoll, vorzugsweise ein Protokoll eines CAN-Busses nach ISO 11898-1:2015. Die Fehlermeldung wird vorzugsweise unter Verwendung des Protokolls versendet.

[0121] Der Versand der Fehlermeldung anhand der Kommunikationsschnittstelle erfolgt beispielsweise an eine Benutzerschnittstelle wie beispielsweise eine grafische Benutzeroberfläche. Der Versand der Fehlermeldung anhand der Kommunikationsschnittstelle kann weiterhin beispielsweise an eine weitere Einheit wie beispielsweise eine weitere Regeleinrichtung (10) und / oder ein mobiles Endgerät erfolgen.

[0122] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, ein abschaltendes Brennstoff-Stellsignal (13) zur Reduktion der Zufuhrmenge an Brennstoff auf null zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben, falls basierend auf der Auswertung festgestellt wird, dass die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwertes (24) ausserhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage regelt.

[0123] Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist das Brennstoff-Stellglied (5) verriegelbar. Die Ausgabe des abschaltenden Brennstoff-Stellsignals (13) an das

Brennstoff-Stellglied (5) bewirkt eine Verriegelung des Brennstoff-Stellgliedes (5). Im verriegelten Zustand kann kein Brennstoff (6) durch das Brennstoff-Stellglied (5) fließen. Die Brenneranlage ist während der Verriegelung in einem sicheren Zustand ohne Verbrennung.

[0124] Gemäss einer speziellen Ausführungsform kann die Brenneranlage und / oder das Brennstoff-Stellglied (5) in Störstellung übergehen. Die oben genannte Ausgabe des abschaltenden Brennstoff-Stellsignals (13) erfolgt an die Brenneranlage, insbesondere an das Brennstoff-Stellglied (5). Sie bewirkt eine Störstellung der Brenneranlage und / oder des Brennstoff-Stellgliedes (5). In Störstellung ist das Brennstoff-Stellglied (5) dauerhaft verriegelt. Die Störstellung und damit die dauerhafte Verriegelung ist (ausschliesslich) über einen manuellen Eingriff, insbesondere eine manuelle Eingabe, aufhebbar.

[0125] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, ein Luft-Stellsignal (11) zu erzeugen, zu speichern und an das Luft-Stellglied (3) auszugeben, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert zu erzeugen und durch Regelung auf den erhöhten Sollwert ein Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben und gleichzeitig oder im Wesentlichen gleichzeitig das gespeicherte Luft-Stellsignal (11) an das Luft-Stellglied (3) auszugeben.

[0126] Gemäss einer speziellen Ausführungsform beinhaltet im Wesentlichen gleichzeitig innerhalb von weniger als 2 Sekunden, bevorzugt innerhalb von weniger als 0.2 Sekunden, weiter bevorzugt innerhalb von weniger als 0.05 Sekunden.

[0127] Gemäss einer bevorzugten Ausführungsform ermöglicht das erzeugte und gespeicherte Luft-Stellsignal (11) eine stationäre Regelung der Verbrennung durch die Brenneranlage.

[0128] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, im Anschluss an die Auswertung einen weiteren Sollwert (24) zu erzeugen, durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den weiteren Sollwert (24) ein weiteres, geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stationär zu regeln, und

das weitere, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben.

[0129] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) einen setzbaren Register-Wert zur Veranlassung einer Prüfung auf stationäre Regelung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) aufweist und ausgebildet ist, Paare aus je einem Luft-Stellsignal

(11) und je einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, aus jedem der erzeugten Paare einen Kennlinien-Wert (19) aus dem Brennstoff-Stellsignal (13) und dem Luft-Stellsignal (11) zu berechnen, sodass zu jedem erzeugten Paar ein berechneter Kennlinien-Wert (19) vorliegt,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die berechneten Kennlinien-Werte (19) anhand einer ersten vorgegebenen Zeitkonstanten zu einem ersten Mittelwert zu mitteln,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die berechneten Kennlinien-Werte (19) anhand einer zweiten vorgegebenen Zeitkonstanten zu einem zweiten Mittelwert zu mitteln,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, eine Differenz aus dem ersten Mittelwert und dem zweiten Mittelwert zu berechnen und die berechnete Differenz mit einem vorgegebenen Schwellwert zu vergleichen, und den Register-Wert zur Veranlassung einer Prüfung auf stationäre Regelung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) zu setzen, falls die berechnete Differenz den vorgegebenen Schwellwert überschreitet.

[0130] Vorzugsweise ist die Regeleinrichtung (10) ausgebildet, aus jedem der erzeugten Paare einen Kennlinien-Wert (19) als Funktion aus dem Brennstoff-Stellsignal (13), aus hinterlegten Kennlinienwerten (17, 18) und dem Luft-Stellsignal (11) zu berechnen, sodass zu jedem erzeugten Paar ein berechneter Kennlinien-Wert (19) vorliegt.

[0131] Vorzugsweise ist die Regeleinrichtung (10) ausgebildet, aus jedem der erzeugten Paare einen Kennlinien-Wert (19) als Quotient aus der Differenz von Brennstoff-Stellsignal (13) und einem mit Hilfe des Luft-Stellsignals (11) bestimmten Wertes einer Kennlinie (17) oder (18) und der Differenz von mit Hilfe des Luft-Stellsignals (11) bestimmten Werten der beiden Kennlinien (17) und (18) zu berechnen, sodass zu jedem erzeugten Paar ein berechneter Kennlinien-Wert (19) vorliegt.

[0132] Vorzugsweise umfasst die Regeleinrichtung einen oder mehrere Tiefpassfilter zur Durchführung der Mittelungen auf den ersten und / oder den zweiten Mittelwert.

[0133] Vorzugsweise sind der erste und / oder der zweite Mittelwert geometrische und / oder arithmetische Mittelwerte.

[0134] Vorzugsweise ist der Schwellwert für eine (normalisierte) Differenz der beiden Mittelwerte 5 Prozent, 20 Prozent oder sogar 100 Prozent. Vorzugsweise ist der Schwellwert als (auf die Brenneranlage abgestimmter Wert) in der Regeleinrichtung (10) hinterlegt.

[0135] Vorzugsweise ist die erste Zeitkonstante 10, 15 oder 20 Sekunden. Vorzugsweise ist die zweite Zeitkonstante verschieden von der ersten Zeitkonstanten und 30, 45 oder 60 Sekunden.

[0136] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei das Luft-Stellglied (3) ausgebildet ist, durch Ein-

stellen einer Drehzahl (12) innerhalb eines einstellbaren Drehzahlbereichs eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) zu beeinflussen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, den einstellbaren Drehzahlbereich in mindestens zwei Drehzahlbänder (32) zu unterteilen, eines der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) auszuwählen, innerhalb des ausgewählten Drehzahlbandes (32) ein zweites Luft-Stellsignal (11) zu erzeugen, aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert (24) zu erzeugen, bei dem zweiten Luft-Stellsignal (11) durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) darauf auszuwerten, ob die Regeleinrichtung (10) unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) ausserhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage regelt, wobei die Regeleinrichtung (10) setzbare Registerwerte für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) aufweist und ausgebildet ist, auf Basis der Auswertung auf stationäre Regelung einer Verbrennung durch die Brenneranlage den Registerwert für das ausgewählte Drehzahlband (32) zu setzen.

[0137] Das zweite Luft-Stellsignal (11) ist vorzugsweise konstant über der Zeit. Das zweite Luft-Stellsignal (11) ist vorzugsweise durch die Regelung auf den erhöhten Sollwert (24) unbeeinflusst. Gemäss einer speziellen Ausführungsform ist das zweite Luft-Stellsignal (11) gleich dem ersten Luft-Stellsignal (11). Mit anderen Worten, es ist einerseits möglich, den Test in einem ersten Drehzahlband (32) zu einem ersten Luftstell-Signal (11) durchzuführen und anschliessend in einem zweiten Drehzahlband (32) zu einem zweiten Luftstell-Signal (11) zu wiederholen. Es ist andererseits möglich, den Test in einem ersten Drehzahlband (32) zu einem ersten Luftstell-Signal (11) durchzuführen und den Registerwert für das Drehzahlband (32) zum ersten Luftstell-Signal (11) zu setzen.

[0138] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) den einstellbaren Drehzahlbereich der Drehzahl (12) in einzelne Drehzahlbänder (32) unterteilt, und wobei eine Prüfung auf stationäre Regelung mit erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert bei einer Drehzahl innerhalb eines Drehzahlbandes (32) ein repräsentatives Ergebnis für alle anderen Drehzahlen (12) liefert in Bezug darauf, ob die aktuelle Luftzahl im Betrieb λ (20) innerhalb oder ausserhalb eines λ -Bereiches (26) liegt.

[0139] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, bei Luft-Stellsignalen (11) innerhalb eines Drehzahlbandes (32), für welches der setzbare Registerwert gesetzt ist, ein erneutes Re-

geln der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) zu unterbinden.

[0140] Vorzugsweise wird der λ -Bereich (26) dadurch definiert, dass bei einem Betrieb innerhalb des λ -Bereichs (26) erhöhte oder kritische Emissionen auftreten.

[0141] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) setzbaren Registerwerte löschar sind und die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, alle der für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) setzbaren Registerwerte zu löschen.

[0142] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin die vorgenannte Regeleinrichtung mit dem in markierbare Drehzahlbänder (32) unterteilten Drehzahlbereich der Drehzahl (12), wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, die Markierungen für jedes Drehzahlband (32) nach einer vorgegebenen Zeitspanne aufzuheben und / oder rückgängig zu machen und / oder zurückzusetzen. Die Regeleinrichtung ist ausgebildet, infolge der aufgehoben und / oder rückgängig gemachten und / oder zurückgesetzten Markierungen für jedes Drehzahlband (32) innerhalb jedes Drehzahlbandes (32) mit aufgehobener und / oder rückgängig gemachter und / oder zurückgesetzter Markierung eine Prüfung auf stationäres Verhalten unter erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert durchzuführen. Typische Werte der vorgegebenen Zeitspanne sind 10 Stunden oder 30 Stunden oder 100 Stunden.

[0143] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin die vorgenannte Regeleinrichtung mit dem in Drehzahlbänder (32) unterteilten Drehzahlbereich der Drehzahl (12),

wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, andere Überwachungs- und / oder Korrekturmechanismen wirksam durchzuführen,

wobei die Regeleinrichtung ausgebildet ist, eine Prüfung auf stationäres Verhalten unter erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert durchzuführen, wenn eine in der Regeleinrichtung (10) hinterlegte vorgegebene zeitlicher Schwellwert seit der wirksamen Durchführung anderer Überwachungs- und / oder Korrekturmechanismen überschritten wird, und

eine Prüfung auf stationäres Verhalten unter erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert zu unterbinden, wenn die anderen Überwachungs- und / oder Korrekturmechanismen wirksam durchgeführt werden können.

[0144] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine Brenneranlage umfassend einen Flammenbereich (2) und zumindest eine in dem Flammenbereich (2) der Brenneranlage angeordnete Ionisationselektrode (7) und ein Luft-Stellglied (3), welches eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) beeinflusst, und ein Brennstoff-Stellglied (5), welches eine Zufuhrmenge an Brennstoff in Abhängigkeit von einem Brennstoff-Stellsignal (13) beeinflusst, die Brenneranlage zusätzlich umfassend eine der vorgenannten Regeleinrichtungen (10), wobei die Regeleinrichtung (10) kommunikativ (11 - 14)

verbunden ist mit der zumindest einen Ionisationselektrode (7), dem Luft-Stellglied (3) und dem Brennstoff-Stellglied (5).

[0145] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine Regeleinrichtung zur Regelung einer Verbrennung durch eine Brenneranlage in Abhängigkeit von einem Ionisationsstrom-Sollwert, die Brenneranlage umfassend einen Flammenbereich (2) und zumindest eine in dem Flammenbereich (2) der Brenneranlage angeordnete Ionisationselektrode (7) und ein Luft-Stellglied (3), welches ausgebildet ist, eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) zu beeinflussen, und ein Brennstoff-Stellglied (5), welches ausgebildet ist, eine Zufuhrmenge an Brennstoff in Abhängigkeit von einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu beeinflussen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, Signale (14) von der zumindest einen Ionisationselektrode (7) zu empfangen und zu Ist-Werten eines Ionisationsstromes zu verarbeiten,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, ein erstes Luft-Stellsignal (11) zu erzeugen und an das Luft-Stellglied (3) auszugeben sowie durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den Ionisationsstrom-Sollwert ein Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben, und aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert (24) zu erzeugen und

bei dem ersten Luft-Stellsignal (11) durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, und

das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) durch Vergleich mit einem vorgegebenen Maximalwert auszuwerten und basierend auf der Auswertung eine Blockierung zu erkennen,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung die Blockierung zu erkennen, falls das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte Brennstoff-Stellsignal (13) den vorgegebenen Maximalwert überschreitet.

[0146] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, das Luft-Stellsignal (11) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) auszuwerten und auf ein Fehlen einer Blockierung zu prüfen, wobei die Blockierung fehlt, wenn das Luft-Stellsignal (11) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) innerhalb jeweils vorgegebener Bänder fluktuieren.

[0147] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Brenneranlage einen Abgasweg umfasst, vorzugsweise einen mit dem Flammenbereich (2) der Brenneranlage in (direkter) Fluidverbindung stehenden Abgasweg, und die Blockierung eine Blockierung des Abgasweges ist.

[0148] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung die Blockierung zu erkennen, falls das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte Brennstoff-Stellsignal (13) den vorgegebenen Maximalwert während einer vorgegebenen Zeitdauer überschreitet.

[0149] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei der vorgegebene Maximalwert einer maximalen Öffnungsstellung des Brennstoff-Stellgliedes (5) entspricht.

[0150] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stabil, das heisst stationär, zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) zu speichern,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, eine Differenz zu bilden aus dem anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13), und wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung des anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignals (13) die Blockierung zu erkennen, falls die gebildete Differenz oder ein als Funktion der gebildeten Differenz erzeugter Wert einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.

[0151] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stabil, das heisst stationär, zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) zu speichern,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, einen Betrag einer Differenz aus dem anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13) zu bilden, und

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung des anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignals (13) die Blockierung zu erkennen, falls der gebildete Betrag einen vorgegebenen Schwellwert über eine gesamte vorgegebene Zeitspanne über-

schreitet.

[0152] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) eine Kommunikationsschnittstelle zum Versand von Fehlermeldungen aufweist und ausgebildet ist, eine Fehlermeldung zu erzeugen, falls basierend auf der Auswertung die Blockierung erkannt wird, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die erzeugte Fehlermeldung anhand der Kommunikationsschnittstelle zu versenden.

[0153] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, ein abschaltendes Brennstoff-Stellsignal (13) zur Reduktion der Zufuhrmenge an Brennstoff auf null zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben, falls basierend auf der Auswertung die Blockierung erkannt wird.

[0154] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, im Anschluss an die Auswertung einen weiteren Sollwert (24) zu erzeugen, durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den weiteren Sollwert (24) ein weiteres, geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stabil zu regeln, und

das weitere, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben.

[0155] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) einen setzbaren Register-Wert zur Veranlassung einer Prüfung auf Vorliegen der Blockierung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) aufweist und ausgebildet ist, Paare aus je einem Luft-Stellsignal (11) und je einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, aus jedem der erzeugten Paare einen Kennlinien-Wert (19) aus dem Brennstoff-Stellsignal (13) und dem Luft-Stellsignal (11) zu berechnen, sodass zu jedem erzeugten Paar ein berechneter Kennlinien-Wert (19) vorliegt,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die berechneten Kennlinien-Werte (19) anhand einer ersten vorgegebenen Zeitkonstanten zu einem ersten Mittelwert zu mitteln,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die berechneten Kennlinien-Werte (19) anhand einer zweiten vorgegebenen Zeitkonstanten zu einem zweiten Mittelwert zu mitteln,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, eine Differenz aus dem ersten Mittelwert und dem zweiten Mittelwert zu berechnen und die berechnete Differenz mit einem vorgegebenen Schwellwert zu vergleichen, und den Register-Wert zur Veranlassung einer Prüfung auf Vorliegen der Blockierung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) zu setzen, falls die berechnete Differenz den vorgegebenen Schwellwert überschreitet.

[0156] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei das Luft-Stellglied (3) ausgebildet ist, durch Einstellen einer Drehzahl (12) innerhalb eines einstellbaren Drehzahlbereichs eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) zu beeinflussen,

wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, den einstellbaren Drehzahlbereich in mindestens zwei Drehzahlbänder (32) zu unterteilen,

10 eines der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) auszuwählen,

innerhalb des ausgewählten Drehzahlbandes (32) ein zweites Luft-Stellsignal (11) zu erzeugen,

15 aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert (24) zu erzeugen,

[0157] bei dem zweiten Luft-Stellsignal (11) durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen,

20 das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) auszuwerten und basierend auf der Auswertung die Blockierung zu erkennen,

25 wobei die Regeleinrichtung (10) setzbare Registerwerte für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) aufweist und ausgebildet ist, auf Basis der erkannten Blockierung den Registerwert für das ausgewählte Drehzahlband (32) zu setzen.

[0158] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, bei Luft-Stellsignalen (11) innerhalb eines Drehzahlbandes (32), für welches der setzbare Registerwert gesetzt ist, ein erneutes Regeln der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) zu unterbinden.

30 **[0159]** Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine der vorgenannten Regeleinrichtungen, wobei die für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) setzbaren Registerwerte löschar sind und die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, alle der für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) setzbaren Registerwerte zu löschen.

[0160] Die vorliegende Offenbarung lehrt weiterhin eine Brenneranlage umfassend einen Flammenbereich (2) und zumindest eine in einem Flammenbereich (2) der Brenneranlage angeordnete Ionisationselektrode (7) und ein Luft-Stellglied (3), welches eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) beeinflusst, und ein Brennstoff-Stellglied (5), welches eine Zufuhrmenge an Brennstoff in Abhängigkeit von einem Brennstoff-Stellsignal (13) beeinflusst, die Brenneranlage zusätzlich umfassend eine der vorgenannten Regeleinrichtungen (10), wobei die Regeleinrichtung (10) kommunikativ (11 - 14) verbunden ist mit der zumindest einen Ionisationselektrode (7), dem Luft-Stellglied (3) und dem Brennstoff-Stellglied (5).

[0161] Das Genannte bezieht sich auf einzelne Aus-

führungsformen 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.

Bezugszeichen

[0162]

1 Brenner	
2 Feuerraum	
3 Gebläse	
4 Luftdurchsatz	
5 Brennstoffventil	
6 Fluidfluss eines brennbaren Fluids (Brennstoffdurchsatz)	20
7 Ionisationselektrode	
8 Abgasweg	
9 abgekühltes Abgas	
10 Regel-, Steuer- und / oder Überwachungseinheit	25
11 Luftdurchsatz-Signal aus 10	
12 Drehzahl-Signal (des Gebläses 3)	
13 Brennstoffdurchsatz-Signal aus 10	
14 Signal aus Ionisationselektrode 7	
15 Ionisationsstrom-Sollwert	30
16 Kennlinie Ionisationsstrom-Sollwert / Drehzahl-Signal	
17 niederkalorische Kennlinie Brennstoffdurchsatz / Drehzahl-Signal	
18 höherkalorische Kennlinie Brennstoffdurchsatz / Drehzahl-Signal	35
19 aktuell gültige Kennlinie Brennstoffdurchsatz / Drehzahl-Signal	
20 Luftzahl λ	
21 Kennlinie Ionisationsstrom-Sollwert / Luftzahl	40
22 Ionisationsstrom-Sollwert für gegebenes Drehzahl-Signal	
23 Luftzahl für aktuellen Ionisationsstrom-Sollwert	
24 bei konstanter Drehzahl erhöhter Ionisationsstrom-Sollwert	45
25 Luftzahl zu erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert	
26 kritischer Bereich der Luftzahl	
27 Kennlinie Ionisationsstrom-Sollwert / Luftzahl bei teilweiser Abdeckung / Blockierung	
28 Luftzahl für aktuellen Ionisationsstrom-Sollwert bei teilweiser Abdeckung / Blockierung	50
29 Luftzahl zu erhöhtem Ionisationsstrom-Sollwert bei teilweiser Abdeckung / Blockierung	
30 Kennlinie Ionisationsstrom-Sollwert / Luftzahl bei fortgeschrittener Abdeckung / Blockierung	55
31 Luftzahl für aktuellen Ionisationsstrom-Sollwert bei fortgeschrittener Abdeckung / Blockierung	
32 Bänder oder einzelnes Band (der Drehzahl 12)	

in die der Drehzahlbereich unterteilt ist

Patentansprüche

1. Regeleinrichtung zur Regelung einer Verbrennung durch eine Brenneranlage in Abhängigkeit von einem Ionisationsstrom-Sollwert, die Brenneranlage umfassend einen Flammenbereich (2) und zumindest eine in dem Flammenbereich (2) der Brenneranlage angeordnete Ionisationselektrode (7) und ein Luft-Stellglied (3), welches ausgebildet ist, eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) zu beeinflussen, und ein Brennstoff-Stellglied (5), welches ausgebildet ist, eine Zufuhrmenge an Brennstoff in Abhängigkeit von einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu beeinflussen; wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, Signale (14) von der zumindest einen Ionisationselektrode (7) zu empfangen und zu Ist-Werten eines Ionisationsstromes zu verarbeiten; wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, ein erstes Luft-Stellsignal (11) zu erzeugen und an das Luft-Stellglied (3) auszugeben sowie durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den Ionisationsstrom-Sollwert ein Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben; und aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert (24) zu erzeugen und bei dem ersten Luft-Stellsignal (11) durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen; und das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) durch Vergleich mit einem vorgegebenen Maximalwert auszuwerten und basierend auf der Auswertung eine Blockierung zu erkennen, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung die Blockierung zu erkennen, falls das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte Brennstoff-Stellsignal (13) den vorgegebenen Maximalwert überschreitet.
2. Die Regeleinrichtung nach Anspruch 1, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, das Luft-Stellsignal (11) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) auszuwerten und auf ein Fehlen einer Blockierung zu prüfen, wobei die Blockierung fehlt, wenn das Luft-Stellsignal (11) und / oder die Ist-Werte des Ionisationsstromes (14) innerhalb jeweils vorgegebener Bänder fluktuieren.
3. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Brenneranlage einen Abgasweg

umfasst, vorzugsweise einen mit dem Flammenbereich (2) der Brenneinrichtung in Fluidverbindung stehenden Abgasweg, und die Blockierung eine Blockierung des Abgasweges ist.

4. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung die Blockierung zu erkennen, falls das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte Brennstoff-Stellsignal (13) den vorgegebenen Maximalwert während einer vorgegebenen Zeitdauer überschreitet. 5
5. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 3 oder 4, wobei der vorgegebene Maximalwert einer maximalen Öffnungsstellung des Brennstoff-Stellgliedes (5) entspricht. 10
6. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stabil zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) zu speichern; 15
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, eine Differenz zu bilden aus dem anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13); und 20
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung des anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignals (13) die Blockierung zu erkennen, falls die gebildete Differenz oder ein als Funktion der gebildeten Differenz erzeugter Wert einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. 25
7. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, in Abhängigkeit von einem zu einem Ist-Wert des Ionisationsstromes verarbeiteten Signal (14) der zumindest einen Ionisationselektrode (7) und in Abhängigkeit vom Ionisationsstrom-Sollwert ein stationäres Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stabil zu regeln, und das so erzeugte stationäre Brennstoff-Stellsignal (13) zu speichern; 30
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, einen Betrag einer Differenz aus dem anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignals (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, falls der gebildete Betrag einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet. 35
8. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Regeleinrichtung (10) eine Kommunikationsschnittstelle zum Versand von Fehlermeldungen aufweist und ausgebildet ist, eine Fehlermeldung zu erzeugen, falls basierend auf der Auswertung die Blockierung erkannt wird; 40
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die erzeugte Fehlermeldung anhand der Kommunikationsschnittstelle zu versenden. 45
9. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, ein abschaltendes Brennstoff-Stellsignal (13) zur Reduktion der Zufuhrmenge an Brennstoff auf null zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben, falls basierend auf der Auswertung die Blockierung erkannt wird. 50
10. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, im Anschluss an die Auswertung einen weiteren Sollwert (24) zu erzeugen; 55
durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den weiteren Sollwert (24) ein weiteres, geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stabil zu regeln; und
das weitere, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben.
11. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Regeleinrichtung (10) einen setzbaren Register-Wert zur Veranlassung einer Prüfung auf Vorliegen der Blockierung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) aufweist und ausgebildet ist, Paare aus je einem Luft-Stellsignal (11) und je einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen; 50
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, aus jedem der erzeugten Paare einen Kennlinien-Wert (19) aus dem Brennstoff-Stellsignal (13) und dem Luft-Stellsignal (11) zu berechnen, sodass zu jedem erzeugten Paar ein berechneter Kennlinien-Wert (19) vorliegt; 55
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die berechneten Kennlinien-Werte (19) anhand einer

höhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignal (13) und dem gespeicherten stationären Brennstoff-Stellsignal (13) zu bilden; und
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, basierend auf der Auswertung des anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugten Brennstoff-Stellsignals (13) die Blockierung zu erkennen, falls der gebildete Betrag einen vorgegebenen Schwellwert über eine gesamte vorgegebene Zeitspanne überschreitet.

8. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Regeleinrichtung (10) eine Kommunikationsschnittstelle zum Versand von Fehlermeldungen aufweist und ausgebildet ist, eine Fehlermeldung zu erzeugen, falls basierend auf der Auswertung die Blockierung erkannt wird; 15
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die erzeugte Fehlermeldung anhand der Kommunikationsschnittstelle zu versenden. 20
9. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, ein abschaltendes Brennstoff-Stellsignal (13) zur Reduktion der Zufuhrmenge an Brennstoff auf null zu erzeugen und an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben, falls basierend auf der Auswertung die Blockierung erkannt wird. 25
10. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, im Anschluss an die Auswertung einen weiteren Sollwert (24) zu erzeugen; 30
durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den weiteren Sollwert (24) ein weiteres, geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen, welches innerhalb eines Regelbereichs für eine stationäre Regelung ermöglicht, eine Verbrennung durch die Brenneranlage stabil zu regeln; und
das weitere, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) an das Brennstoff-Stellglied (5) auszugeben. 35
11. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Regeleinrichtung (10) einen setzbaren Register-Wert zur Veranlassung einer Prüfung auf Vorliegen der Blockierung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) aufweist und ausgebildet ist, Paare aus je einem Luft-Stellsignal (11) und je einem Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen; 40
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, aus jedem der erzeugten Paare einen Kennlinien-Wert (19) aus dem Brennstoff-Stellsignal (13) und dem Luft-Stellsignal (11) zu berechnen, sodass zu jedem erzeugten Paar ein berechneter Kennlinien-Wert (19) vorliegt; 45
wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die berechneten Kennlinien-Werte (19) anhand einer

- ersten vorgegebenen Zeitkonstanten zu einem ersten Mittelwert zu mitteln;
 wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, die berechneten Kennlinien-Werte (19) anhand einer zweiten vorgegebenen Zeitkonstanten zu einem zweiten Mittelwert zu mitteln;
 wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, eine Differenz aus dem ersten Mittelwert und dem zweiten Mittelwert zu berechnen und die berechnete Differenz mit einem vorgegebenen Schwellwert zu vergleichen; und
 den Register-Wert zur Veranlassung einer Prüfung auf Vorliegen der Blockierung unter Verwendung des erhöhten Sollwerts (24) zu setzen, falls die berechnete Differenz den vorgegebenen Schwellwert überschreitet.
12. Die Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
 wobei das Luft-Stellglied (3) ausgebildet ist, durch Einstellen einer Drehzahl (12) innerhalb eines einstellbaren Drehzahlbereichs eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) zu beeinflussen;
 wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, den einstellbaren Drehzahlbereich in mindestens zwei Drehzahlbänder (32) zu unterteilen;
 eines der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) auszuwählen;
 innerhalb des ausgewählten Drehzahlbandes (32) ein zweites Luft-Stellsignal (11) zu erzeugen;
 aus dem Ionisationsstrom-Sollwert einen um einen vorgegebenen Betrag erhöhten Sollwert (24) zu erzeugen;
 bei dem zweiten Luft-Stellsignal (11) durch Regelung der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) ein geändertes Brennstoff-Stellsignal (13) zu erzeugen;
 das anhand des erhöhten Sollwerts (24) erzeugte, geänderte Brennstoff-Stellsignal (13) auszuwerten und basierend auf der Auswertung die Blockierung zu erkennen;
 wobei die Regeleinrichtung (10) setzbare Registerwerte für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) aufweist und ausgebildet ist, auf Basis der erkannten Blockierung den Registerwert für das ausgewählte Drehzahlband (32) zu setzen.
13. Die Regeleinrichtung nach Anspruch 12, wobei die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, bei Luft-Stellsignalen (11) innerhalb eines Drehzahlbandes (32), für welches der setzbare Registerwert gesetzt ist, ein erneutes Regeln der Ist-Werte des Ionisationsstromes auf den erhöhten Sollwert (24) zu unterbinden.
14. Die Regeleinrichtung nach Anspruch 12, wobei die für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32)

setzbaren Registerwerte löschar sind und die Regeleinrichtung (10) ausgebildet ist, alle der für jedes der mindestens zwei Drehzahlbänder (32) setzbaren Registerwerte zu löschen.

15. Brenneranlage umfassend einen Flammenbereich (2) und zumindest eine in einem Flammenbereich (2) der Brenneranlage angeordnete Ionisationselektrode (7) und ein Luft-Stellglied (3), welches eine Zufuhrmenge an Luft in Abhängigkeit von einem Luft-Stellsignal (11) beeinflusst, und ein Brennstoff-Stellglied (5), welches eine Zufuhrmenge an Brennstoff in Abhängigkeit von einem Brennstoff-Stellsignal (13) beeinflusst;
 die Brenneranlage zusätzlich umfassend eine Regeleinrichtung (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 14;
 wobei die Regeleinrichtung (10) kommunikativ (11 - 14) verbunden ist mit der zumindest einen Ionisationselektrode (7), dem Luft-Stellglied (3) und dem Brennstoff-Stellglied (5).

FIG 1

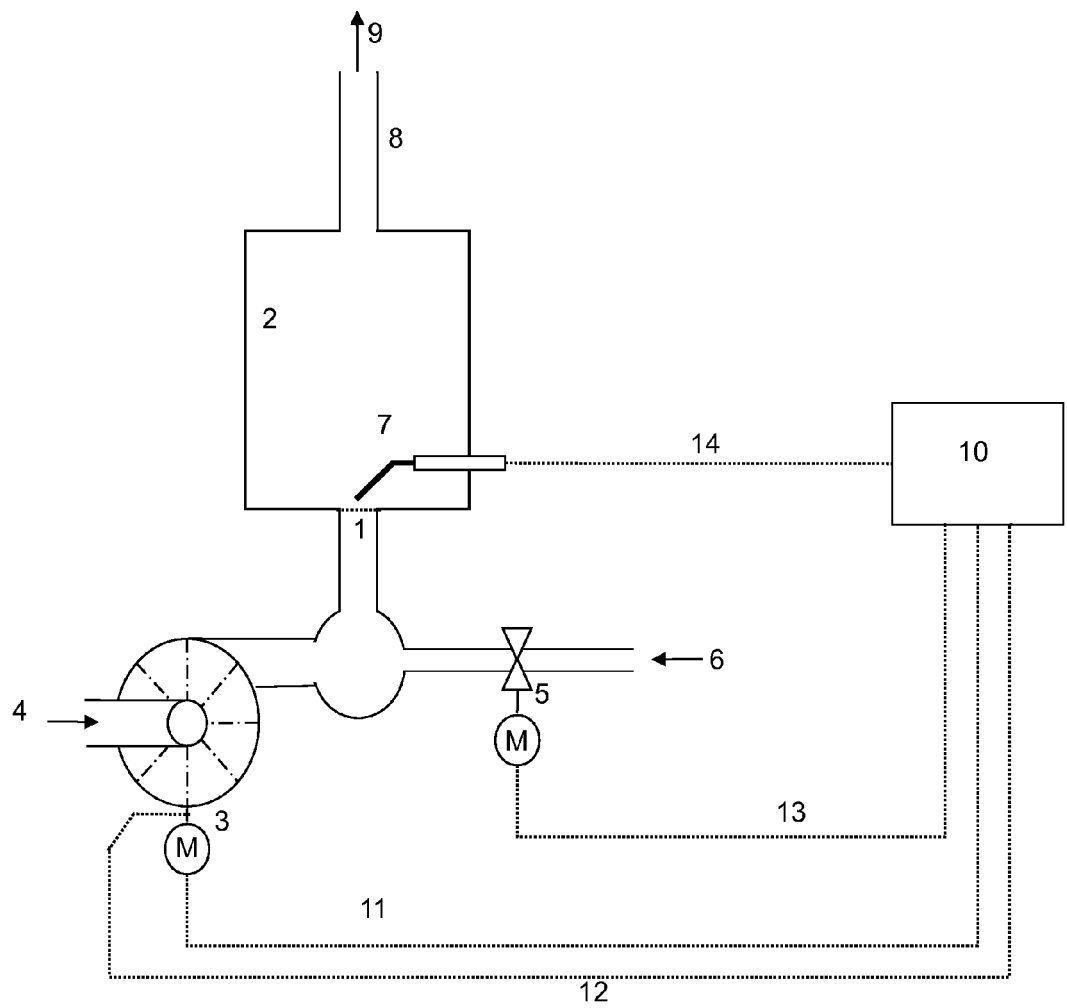


FIG 2

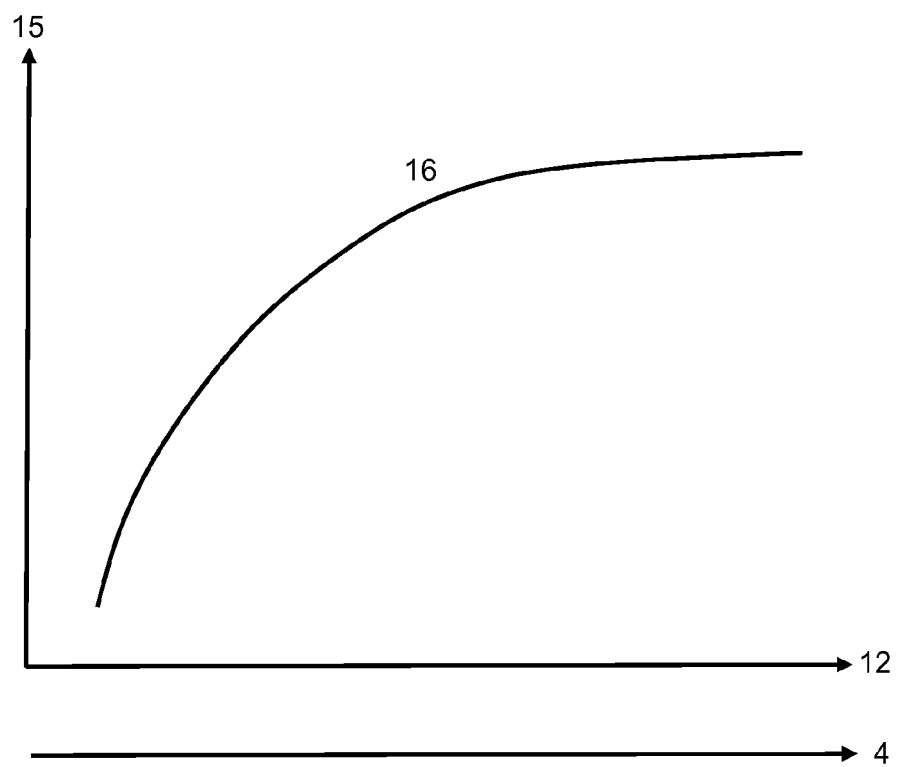


FIG 3

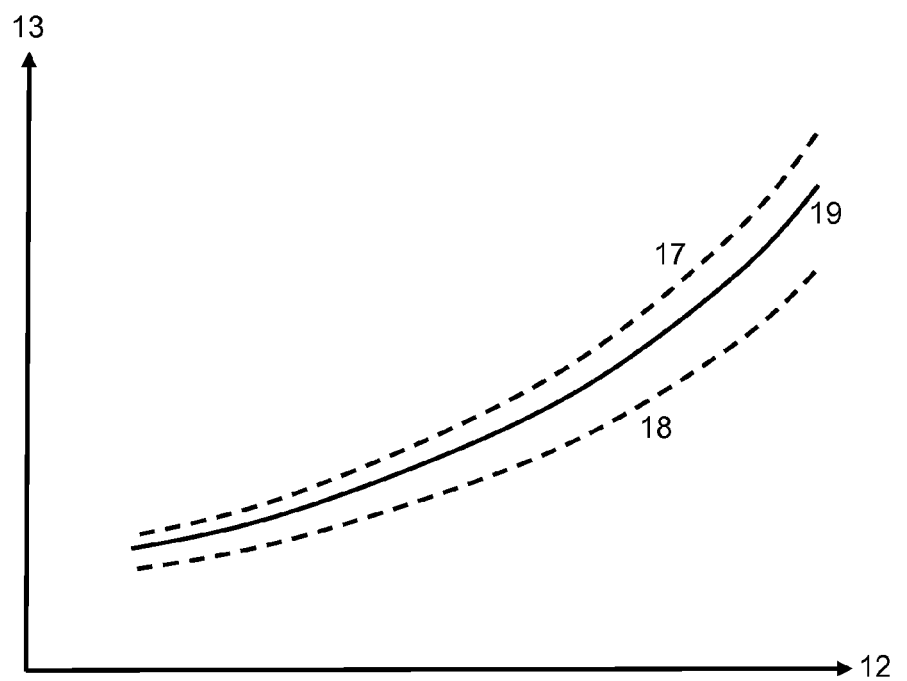


FIG 4

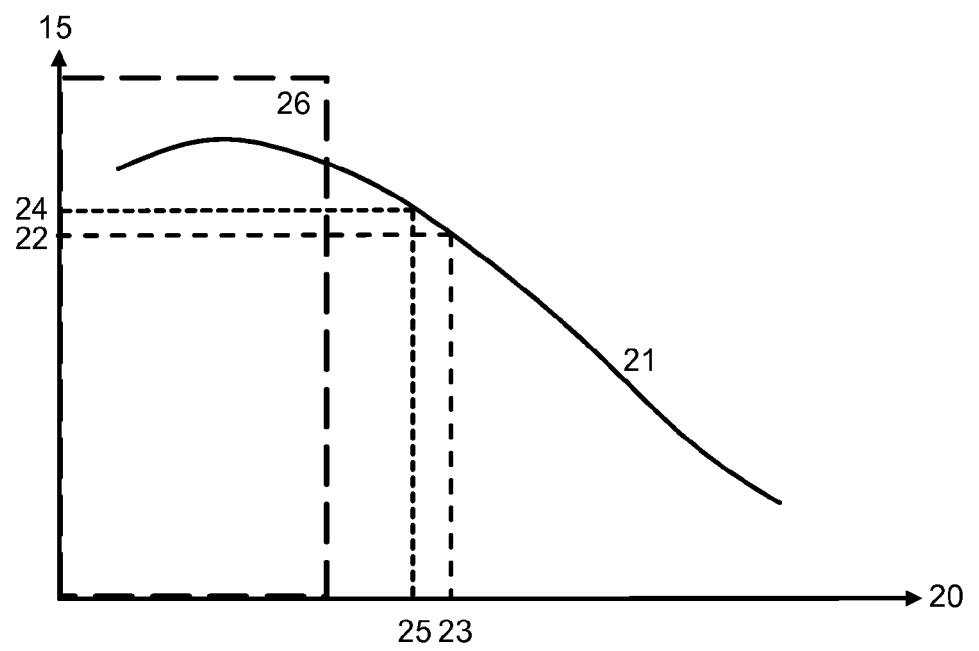


FIG 5

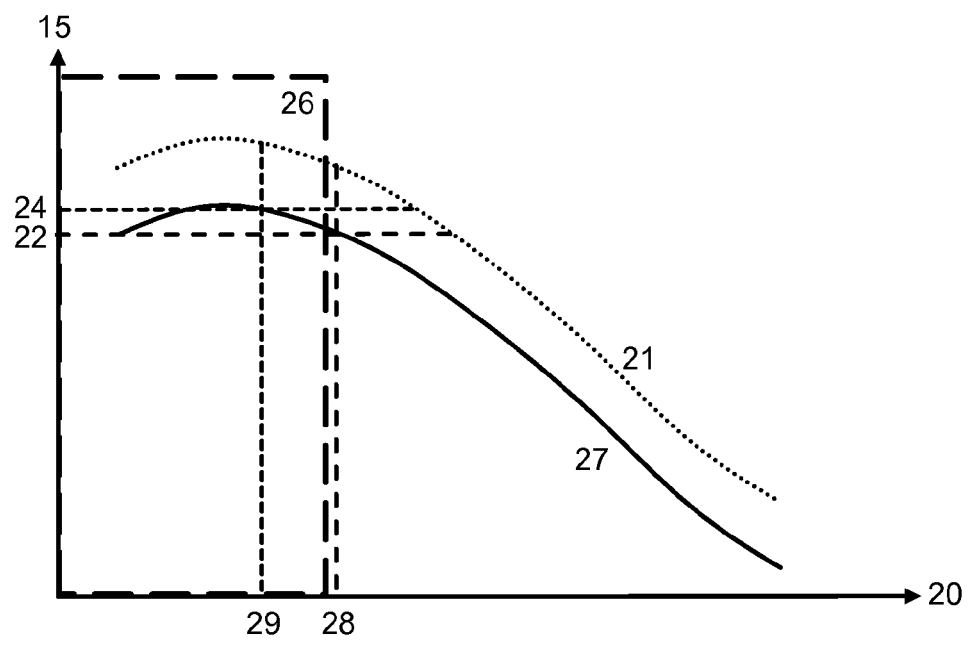


FIG 6

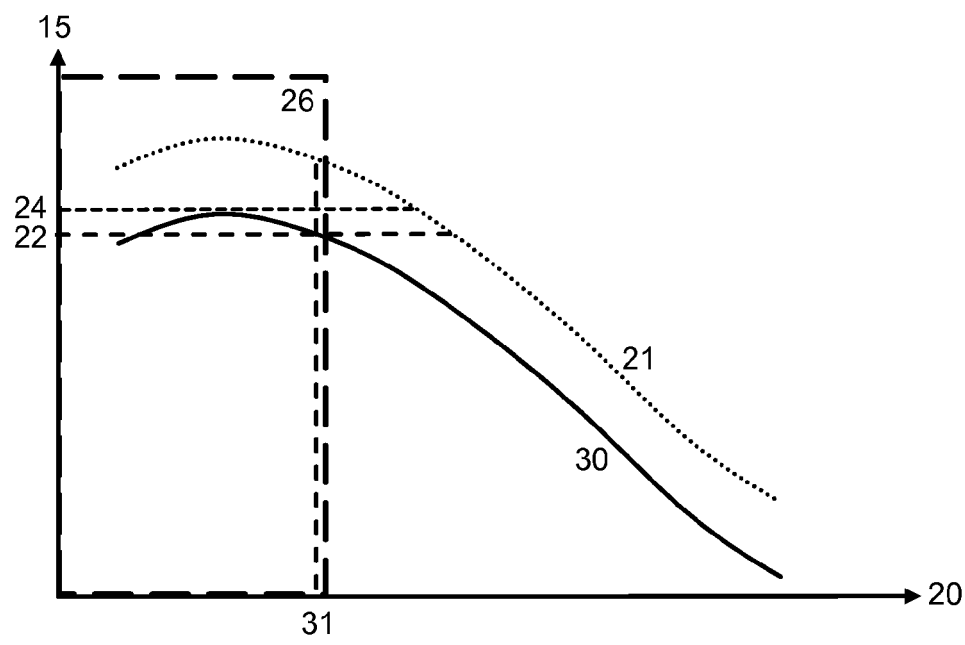
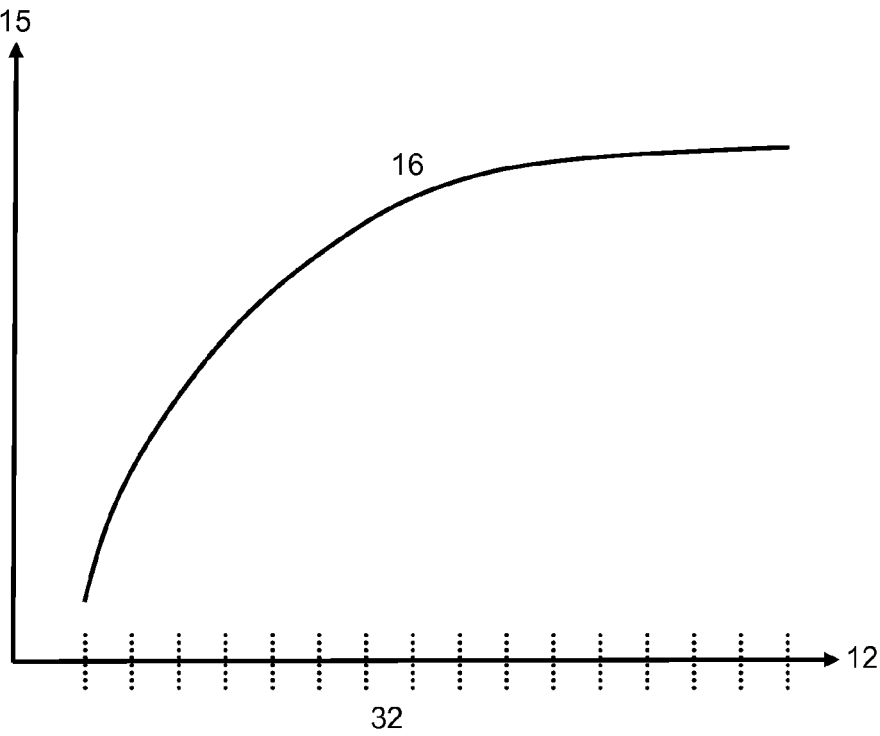


FIG 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 15 9377

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X,D	EP 1 293 727 B1 (SIEMENS SCHWEIZ AG [CH]) 23. November 2005 (2005-11-23) * Spalte 1, Absatz 5 * * Spalte 4, Absatz 29 * * Spalte 9, Absatz 60 - Spalte 12, Absatz 87 * * Abbildungen 2,3 *	1-15	INV. F23N1/02 F23N5/12 F23N5/24
A	EP 1 701 096 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 13. September 2006 (2006-09-13) * Seite 2, Absatz 8 - Absatz 9 * * Seite 4, Absatz 24 - Absatz 27 * * Abbildung 2 *	1	
A	EP 1 750 058 A2 (MERLONI TERMOSANITARI SPA [IT]) 7. Februar 2007 (2007-02-07) * Seite 4, Absatz 24 * * Seite 7, Absatz 42 - Absatz 46 * * Seite 8, Absatz 48 * * Abbildung 8 *	1	
A	GB 2 286 038 A (CARVER & CO [GB]) 2. August 1995 (1995-08-02) * Seite 8, Zeile 6 - Seite 12, Zeile 26 * * Abbildungen 1,2 *	1	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 15. August 2018	Prüfer Gavriliu, Costin
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 18 15 9377

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

15-08-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1293727 B1	23-11-2005	AT 310925 T	15-12-2005
		DE 50108177 D1	29-12-2005
		DK 1293727 T3	06-03-2006
		EP 1293727 A1	19-03-2003
		ES 2253314 T3	01-06-2006
		US 2005037301 A1	17-02-2005
		WO 03023283 A1	20-03-2003
EP 1701096 A1	13-09-2006	KEINE	
EP 1750058 A2	07-02-2007	CN 1975257 A	06-06-2007
		EP 1750058 A2	07-02-2007
		JP 2007040697 A	15-02-2007
GB 2286038 A	02-08-1995	KEINE	

EPO FORM P0461

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

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 3045816 A1 **[0008]**
- EP 2466204 B1 **[0009]**
- EP 1293727 B1 **[0010]**
- EP 0806610 A2 **[0011]**
- EP 0770824 A2 **[0012]**
- EP 1154203 B1 **[0038]**