



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
20.01.2021 Patentblatt 2021/03

(51) Int Cl.:
F23N 1/02 (2006.01) **F23N 5/12 (2006.01)**
F23D 14/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20185284.5**

(22) Anmeldetag: **10.07.2020**

(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

(30) Priorität: **16.07.2019 DE 102019119214**

(71) Anmelder: **Vaillant GmbH**
42859 Remscheid (DE)

(72) Erfinder:
• **Tomczak, Heinz-Jörg**
42327 Wuppertal (DE)
• **Grabe, Jochen**
51688 Wipperfürth (DE)
• **Fischer, Christian**
42899 Remscheid (DE)
• **Richard Fischbuch, Richard**
53844 Troisdorf (DE)

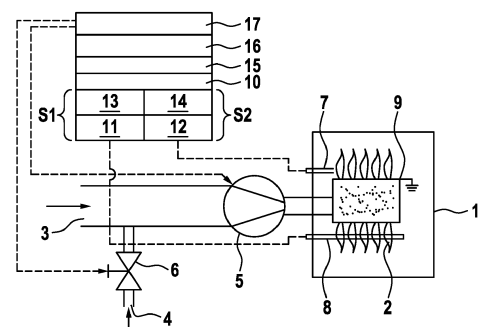
(74) Vertreter: **Popp, Carsten**
Vaillant GmbH
IRP
Berghauser Straße 40
42859 Remscheid (DE)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR NACHKALIBRIERUNG EINES MESSSYSTEMS ZUR REGELUNG EINES BRENNGAS-LUFT-GEMISCHES IN EINEM HEIZGERÄT**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nachkalibrierung von Kalibrierdaten eines ersten Messsystems (S1) zur Messung eines ersten Ionisationssignales in einem Flammenbereich (2) eines mit Verbrennungsluft und Brenngas betriebenen Heizgerätes (1), wobei das erste Messsystem (S1) ein Ionisationssignal (I1) misst, welches aus einem von einer Ionisationselektrode (8) zu einer Gegenelektrode (9) durch den Flammenbereich (2) fließenden ersten Ionenstrom abgeleitet wird, und daraus das Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brenngas (Lambda) bei einer Verbrennung in dem Heizgerät (1) anhand von Kalibrierdaten bestimmt und regelt, wobei das erste Messsystem (S1) zumindest nach vorgebbaren Kriterien oder in vorgebbaren Zeitabständen nachkalibriert wird, und wobei die Nachkalibrierung mittels einer in dem Heizgerät (1) zur Zündung der Verbrennung vorhandenen Zündelektrode (7) erfolgt, die zur Erzeugung eines zweiten Ionisationssignales (I2) betrieben wird. Die Erfindung betrifft auch eine Vorrichtung, insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Brennraum (1), aufweisend eine Luftzufuhr (3) und eine Brenngaszufuhr (4), die von einer Regeleinheit (17) geregelt werden, und mit einem ersten Messsystem (S1), umfassend eine Ionisationselektrode (8), eine Gegenelektrode (9), eine erste Wechselstromquelle (11) und eine erste Auswertelektronik (13) zur Ermittlung eines ersten Ionisationssignales (I1), das der Regeleinheit (17) zuführbar ist,

wobei ein zweites Messsystem (S2) zur Messung eines zweiten Ionisationssignales (I2) vorhanden ist, welches zwischen einer zur Zündung einer Verbrennung vorhandenen Zündelektrode (7) und der Gegenelektrode (9) vom zweiten Messsystem (S2) erzeugbar ist und wobei das erste (S1) und das zweite (S2) System jeweils zur Bestimmung eines Lambda-Wertes eingerichtet sind.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet der Regelung eines Brenngas-Luftgemisches für einen Verbrennungsprozess in einem Heizgerät, insbesondere einem Brennraum in einem Heizgerät zur Warmwasserbereitung oder Beheizung eines Gebäudes. Zur Messung einer Qualität der Verbrennung, die hauptsächlich von dem während der Verbrennung vorliegenden Verhältnis von Luft zu Brenngas (Lambda-Wert, auch Luftzahl genannt) abhängt, wird insbesondere bei vielen Heizgeräten eine Ionisationsmessung in einem Flammenbereich durchgeführt. Solche Messungen sollen eine stabile Regelung über lange Zeiträume ermöglichen, weshalb es erforderlich sein kann, langsame Veränderungen am Messsystem zu erkennen und eine Nachkalibrierung vorzunehmen.

[0002] Nach dem Stand der Technik wird mittels einer Ionisationselektrode der jeweilige Ist-Wert der Ionisation im Flammenbereich ermittelt, der proportional dem gerade vorliegenden Lambda-Wert ist, so dass dieser aus der Ionisationsmessung abgeleitet werden kann. Dabei wird an die Ionisationselektrode eine Wechselspannung angelegt, wobei der bei Vorhandensein von Flammen ionisierte Flammenbereich eine gleichrichtende Wirkung hat, so dass ein Ionisationssignal hauptsächlich jeweils nur während einer Halbwelle des Wechselstromes fließt. Dieser Strom oder ein daraus abgeleitetes proportionales Spannungssignal, im Folgenden Ionisationssignal genannt, werden gemessen und gegebenenfalls nach einer Digitalisierung in einem Analog/Digital-Wandler als Ionisationssignal weiterverarbeitet. Über eine Kalibrierung kann so der Lambda-Wert gemessen und mittels eines Regelkreises auf einen Sollwert geregelt werden. Dabei wird die Zufuhr von Luft und/oder Brenngas durch geeignete Stellglieder verändert, bis der gewünschte Sollwert für Lambda erreicht ist. Im Allgemeinen wird ein Lambda-Wert > 1 (1 entspricht einem stöchiometrischen Verhältnis) angestrebt, z. B. $\text{Lambda} = 1,3$, um sicherzustellen, dass genug Luft für eine saubere Verbrennung im Wesentlichen ohne Erzeugung von Kohlenmonoxid zugeführt wird. Dabei muss Lambda aber so klein bleiben, dass eine stabile Verbrennung gewährleistet ist. Die Regelung kann insbesondere über ein Ventil für die Zufuhr von Brenngas und/oder ein Gebläse für die Zufuhr von Umgebungsluft erfolgen.

[0003] Der grundsätzliche Aufbau solcher Heizgeräte, von Messsystemen zur Ionisationsmessung und zu deren Benutzung zur Regelung sind beispielsweise aus der EP 0 770 824 B1 und der EP 2 466 204 B1 bekannt. Dort ist auch beschrieben, dass sich die Regelgenauigkeit im Laufe der Zeit durch verschiedene Einflüsse verändern kann, insbesondere durch Einflüsse auf den Zustand oder die Form der Ionisationselektrode. Verschiedene Verfahren zu einer Nachkalibrierung bei Bedarf sind angegeben, die aber alle einen relativ hohen Aufwand erfordern und/oder vor allem den Nachteil haben können, dass bei der Nachkalibrierung das Heizgerät zeitweise

bei Lambda-Werten von 1 oder sogar darunter betrieben werden muss, was zu einer vorübergehenden Erzeugung von unerwünschtem Kohlenmonoxid führen kann. Außerdem treten in diesem Bereich sehr hohe Flammtemperaturen auf, was die Ionisationselektrode beim Kalibrieren zusätzlich schädigen kann.

[0004] Aus der EP 2 014 985 B1 ist auch schon eine Regelung bekannt, die betrieben und kalibriert werden kann, ohne die Verbrennung in einen Bereich nahe $\text{Lambda} = 1$ zu verlegen, so dass auch bei einer Kalibrierung wenig Kohlenmonoxid entsteht. Allerdings ist es damit nicht immer möglich, einen optimalen Lambda-Wert einzuhalten.

[0005] Hier will die vorliegende Erfindung Abhilfe schaffen, um eine schnelle mit geringem zusätzlichem apparativem Aufwand durchführbare Methode zur Nachkalibrierung einer vorhandenen Regelung bzw. eine Korrektur einer dieser Regelung zu Grunde liegenden Kalibrierkurve zu ermöglichen.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe dienen ein Verfahren, eine Vorrichtung sowie ein Computerprogrammprodukt gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben. Die Beschreibung, insbesondere im Zusammenhang mit den Figuren, veranschaulicht die Erfindung und gibt weitere Ausführungsbeispiele an.

[0007] Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur Nachkalibrierung von Kalibrierdaten eines ersten Messsystems zur Messung eines ersten Ionisationssignales in einem Flammenbereich eines mit Verbrennungsluft und Brenngas betriebenen Heizgerätes, wobei das erste Messsystem ein Ionisationssignal misst, welches aus einem von einer Ionisationselektrode zu einer Gegenelektrode durch den Flammenbereich fließenden ersten Ionenstrom abgeleitet wird, und daraus das Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brenngas (Lambda) bei einer Verbrennung in dem Heizgerät anhand von Kalibrierdaten bestimmt und regelt, wobei das erste Messsystem zumindest nach vorgebbaren Kriterien oder in vorgebbaren Zeitabständen nachkalibriert wird, und wobei die Nachkalibrierung mittels einer in dem Heizgerät zur Zündung der Verbrennung vorhandenen Zündelektrode erfolgt, die zur Erzeugung eines zweiten Ionisationssignales betrieben wird. Bei manchen Heizgeräten wird ein zweites Ionisationssignal ohnehin gemessen, um das Vorhandensein einer Flamme festzustellen und zu überwachen.

[0008] Unabhängig von dieser an sich bekannten Funktion als Flammenwächter kann ein solches zweites Ionisationssignal im Betrieb auch für andere Aufgaben eingesetzt werden, insbesondere zur Nachkalibrierung von Kalibrierdaten der eigentlichen Regelung. Dies erlaubt es, von Zeit zu Zeit eine Korrektur des ersten Ionisationssignales anhand eines Vergleiches mit dem zweiten Ionisationssignal durchzuführen, ggf. unter Hinzunahme von (gespeicherten) Erfahrungswerten für beide Ionisationssignale und deren zeitlichen Veränderungen.

[0009] In einer bevorzugten Ausführungsform wird die

Zünde­lektrode in einem zweiten Messsystem zur Mes­
sung des zweiten Ionisationssignals betrieben. Auf diese
Weise können nicht nur Veränderungen der Ionisations-
elektrode selbst, sondern auch Änderungen in deren
Elektronik, insbesondere eine Langzeitdrift erkannt und
korrigiert werden. Das zweite Messsystem, welches
auch typischerweise für eine Flammenüberwachung ein-
gesetzt wird, arbeitet nach folgendem Prinzip:

[0010] Zwischen der Zünde­lektrode und Masse wird
eine Wechselspannung ohne Gleichspannungsanteil
aus einer Spannungsquelle mit hoher Ausgangsimpe-
danz angelegt. Durch einen gleichrichtenden Effekt ei-
nes Flammenplasmas bei brennender Flamme fließt ein
Ionisationsstrom während jeder positiven Halbwelle der
Wechselspannung gegen Masse ab. Die Spannungs-
amplitude jeder positiven Halbwelle wird wegen der ho-
hen Ausgangsimpedanz der Spannungsquelle reduziert,
während die negative Halbwelle unverändert erhalten
bleibt. Hierdurch wird der Wechselspannung ein negati-
ver Gleichspannungsanteil aufgeprägt. Die Amplitude
dieses negativen Gleichspannungsanteils wird als Mit-
telwert mittels einer Verstärkerschaltung in ein Span-
nungssignal umgewandelt, das aufgrund seines charak-
teristischen Verlaufs bei gleichbleibender Gaszufuhr und
steigender Luftzufuhr für die hier beschriebenen Zwecke
als zweites Ionisationssignal verwendet werden kann.
Typischerweise wird dieses Signal mittels eines Ana-
log/Digitalwandlers (z.B. in Werte zwischen 0 und 1023)
digitalisiert, so dass es in einem Mikroprozessor weiter-
verarbeitet werden kann.

[0011] Der charakteristische Verlauf des Signals ergibt
sich aus einer Kombination verschiedener Effekte. Ei-
nerseits ist die Ionisation im Flammenbereich am stärk-
sten, wenn die Verbrennung in einem stöchiometrischen
Verhältnis von Verbrennungsgas und Verbrennungsluft
betrieben wird, andererseits entfernen sich die Flammen
bei steigender Gasgeschwindigkeit (größerer Gasmen-
ge pro Zeiteinheit) von den Austrittsöffnungen des Gas-
es, die elektronisch die Masse in dem System bilden,
was den Ionenstrom verringert. Unter Umständen spielt
auch die Temperatur der Flammen und der Zünde­lektrode eine Rolle für den oben erwähnten gleichrichtenden
Effekt. Im Ergebnis ergibt sich ein Verlauf mit einem gut
reproduzierbaren Minimum, welches in der Nähe eines
für einen Dauerbetrieb typischen Lambda-Wertes liegt.

[0012] Bei einer bevorzugten Ausführungsform wird
die Verbrennung in dem Heizgerät in mindestens einen
vom ersten Messsystem vorgebbaren konstanten Zu-
stand der Verbrennung gebracht wird und dann unter
Beibehaltung oder gezielter Veränderung dieses Zustan-
des das zweite Ionisationssignal des zweiten Messsys-
tems gemessen. So erhält man für den gleichen Zustand
zwei Messwerte, die miteinander verglichen werden kön-
nen. Wenn das zweite Ionisationssignal als zuverlässiger
angesehen wird, kann der aus dem ersten Ionisationssi-
gnal errechnete Messwert für zukünftige Messungen mit
einer entsprechenden Korrektur versehen werden. Zu-
mindest aber können Abweichungen der beiden Mes-

sungen festgestellt und daraus Maßnahmen abgeleitet
werden.

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Verbren-
nung nacheinander vom ersten Messsystem in mehrere
unterschiedliche konstante Zustände gebracht und in je-
dem dieser Zustände das zweite Messsystem einge-
schaltet, der zweite Ionisationssignal in diesem Zustand
und/oder bei einer Veränderung dieses Zustandes ge-
messen und eine eventuelle Abweichung vom ersten Io-
nisationssignal festgestellt wird. So lässt sich mit einer
geeigneten Genauigkeit, die von der Zahl und den Ab-
ständen der Zustände (den sogenannten Stützstellen)
abhängt, die Kurve für die Abhängigkeit der Luftzahl vom
ersten Ionisationssignal, also die Kalibrierkurve des er-
sten Messsystems überprüfen und bei Bedarf komplett
korrigieren.

[0014] In einer bevorzugten Ausbildung sind die unter-
schiedlichen konstanten Zustände verschiedene Last-
stufen des Heizgeräts, die durch unterschiedliche kon-
stante Drehzahlen eines Gebläses und/oder unter-
schiedliche konstante Mengen an zugeführtem Brenn-
gas pro Zeiteinheit durch unterschiedliche konstante Ein-
stellungen eines Brenngasventils bestimmt sind.

[0015] In Kombination mit unterschiedlichen Laststu-
fen kann ein ganzes Kennfeld des ersten Messsystems
auf diese Weise nachkalibriert werden, wobei in dem er-
sten und in dem zweiten Messsystem Kalibrierdaten für
die Relation von Ionisationssignal zu dem Verhältnis von
Verbrennungsluft zu Brenngas bei verschiedenen Last-
zuständen gespeichert werden und bei jeder Nachkalib-
rierung ein Vergleich zwischen von beiden Messsys-
temen ermittelten Messwerten erfolgt, wobei das erste
Messsystem bei Abweichungen mit den Daten des zwei-
ten Messsystems nachkalibriert wird.

[0016] Weiter wird eine Vorrichtung, insbesondere ein-
gerichtet zur Durchführung des hier beschriebenen Ver-
fahrens, vorgeschlagen, welche einem Brennraum hat,
mit einer Luftzufuhr und einer Brenngaszufuhr, die von
einer Regeleinheit geregelt werden, und mit einem ersten
Messsystem, umfassend eine Ionisationselektrode, eine
Gegenelektrode, eine erste Wechselspannungsquelle
und eine erste Auswertelektronik zur Ermittlung eines
ersten Ionisationssignales, das der Regeleinheit zuführ-
bar ist, wobei ein zweites Messsystem zur Messung ei-
nes zweiten Ionisationssignales vorhanden ist, welches
zwischen einer zur Zündung einer Verbrennung vorhan-
denen Zünde­lektrode und der Gegenelektrode vom
zweiten Messsystem erzeugbar ist und wobei das erste
und das zweite System jeweils zur Bestimmung eines
Lambda-Wertes eingerichtet sind.

[0017] Bevorzugt ist das zweite Messsystem unabhän-
gig zu dem ersten Messsystem aufgebaut, nämlich in-
dem es keine gemeinsamen Teile außer der Gegenelek-
trode mit diesem aufweist. Das erlaubt es zumindest in
gewissen Grenzen, Fehler auch in der Elektronik des er-
sten Messsystems zu erkennen und zu korrigieren.

[0018] Besonders bevorzugt ist jedoch das zweite
Messsystem diversitär zu dem ersten Messsystem auf-

gebaut, nämlich indem es möglichst wenig oder keine gleichen Bauteile mit diesem aufweist. Durch Verwendung anderer elektronischer Bauteile und/oder eines anderen Aufbaus und/oder eines anderen Messprinzips, können sogar systematische Fehle wie langsame Drift von Verstärkung, von Widerständen oder anderen Komponenten erkannt und ausgeglichen werden.

[0019] In einer bevorzugten Ausbildung ist ein Vergleich vorhanden, dem Messwerte des ersten und des zweiten Messsystems zuführbar sind, und eine Korrekturereinheit dient zur Nachkalibrierung von Kalibrierdaten des ersten Messsystems bei Feststellung von Abweichungen der beiden Messwerte.

[0020] Die Erfindung betrifft auch ein Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass die beschriebene Vorrichtung das hier vorgeschlagene Verfahren ausführt. Moderne Heizgeräte enthalten typischerweise eine elektronische Steuerung, die mindestens einen programmierbaren Mikroprozessor enthält, der durch ein solches Computerprogrammprodukt gesteuert werden kann.

[0021] Ein schematisches Ausführungsbeispiel der Erfindung, auf das diese jedoch nicht beschränkt ist, und die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens werden nun anhand der Zeichnung detailliert erläutert. Es stellen dar:

Fig. 1: schematisch eine erfindungsgemäße Vorrichtung,

Fig. 2: ein Diagramm zur Veranschaulichung des Verlaufs des ersten Ionisationssignales bei einer bestimmten Luftzahl (Lambda) in Abhängigkeit von der Gebläsedrehzahl (normal und gedreht),

Fig. 3: eine schematische Schaltung zur Erzeugung eines Ionisationssignals im zweiten Messsystem S2,

Fig. 4: ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Messvorganges mit dem zweiten Messsystem S2, und

Fig. 5: ein Diagramm zur Veranschaulichung einer korrigierten Kalibrierkurve für das erste Messsystem S1.

[0022] Figur 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel einer hier vorgeschlagenen Vorrichtung. In einem Heizgerät 1 zur Verbrennung eines Brenngases mit Luft bildet sich beim Betrieb ein Flammenbereich 2 aus. Luft gelangt über eine Luftzufuhr 3 und ein Gebläse 5 in den Brennraum 1. Brenngas wird der Luft über eine Brenngaszufuhr 4 und ein Brenngasventil 6 beigemischt. Eine Zündelektrode 7 zündet beim Start des Verbrennungsprozesses das Gemisch und wird danach z. B. als Teil eines Flammenwächters verwendet. Mittels einer Ionisa-

tionselektrode 8 wird ein erstes Ionisationssignal im Flammenbereich 2 gemessen. Dazu dient ein erstes Messsystem S1, von dem die Ionisationselektrode 8 mit einer Wechselspannung aus einer ersten Wechselspannungsquelle beaufschlagt wird, wobei eine erste Auswerteelektronik 13 das entstehenden Ionisationssignal misst und nach gespeicherten Kalibrierdaten (Regelkurve) in einen Lambda-Wert, also ein Mischungsverhältnis von Luft zu Brennstoff umrechnet. Mit diesem Wert als Ist-Wert kann eine Regeleinheit 17 das Gebläse 5 und/oder das Brenngasventil 6 so regeln, dass sich ein gewünschter Sollwert für Lambda einstellt. Die Regelkurve muss, um einen sicheren Langzeitbetrieb zu erreichen, in gewissen Abständen korrigiert werden, wobei die Abstände z. B. nach der Betriebsdauer des Heizgerätes 1 und/oder anderen Parametern gewählt werden können. Dies liegt einerseits daran, dass sich die Ionisationselektrode 8 im Betrieb verändern kann, beispielsweise durch thermische Verbiegungen und/oder eine zunehmende Oxidschicht an der Oberfläche. Auch die Elektronik kann sich verändern, Leider ist es nur schwer möglich, eine absolute Kalibrierung nachträglich und automatisch mit vorhandenen Geräten durchzuführen, weshalb die vorliegende Erfindung als neuen Ansatz zur Nachkalibrierung die Verwendung der Zündelektrode 7 zur Erzeugung eines zweiten Ionisationssignals nutzt. Dazu wird mittels einer Umschalteneinheit 10 ein zweites Messsystem S2 in Betrieb gesetzt, welches eine zweite Wechselspannungsquelle 12 statt einer Zündelektrode auf die Zündelektrode 7 aufgeschaltet (sofern dies nicht zur Flammenüberwachung bereits erfolgt ist), wobei in einer zweiten Auswerteelektronik 13 ein zweites Ionisationssignal gemessen und ausgewertet wird, das ebenfalls einen Ist-Wert für Lambda liefert. Im Idealfall sind beide von den Messsystemen S1 und S2 gelieferten Ist-Werte gleich bzw. sind in einem Verhältnis, welches sich seit der letzten Kalibrierung nicht geändert hat, so dass die Regelkurve im ersten Messsystem S1 unverändert bleiben kann. Falls jedoch in einem Vergleich 15 Abweichungen zwischen den beiden Messwerten bzw. deren Verhältnis festgestellt werden, wird mittels einer Korrekturereinheit 16 ein Korrekturfaktor bestimmt, mit dem die Regelkurve korrigiert wird, so dass die Regeleinheit 17 die weitere Regelung anhand der korrigierten Regelkurve mit dem ersten Messsystem durchführen kann. Es wird davon ausgegangen, dass das zweite Messsystem S2 zuverlässiger misst als das erste Messsystem S1, weshalb S1 auf den Ist-Wert von S2 hin korrigiert wird. Mittels Erfahrungswerten und/oder aus theoretischen Betrachtungen kann man diese Korrektur aber durch einen Dämpfungswert abschwächen, wenn nicht oder nicht sofort die gesamte errechnete Korrektur angewendet werden soll.

[0023] Fig. 2 zeigt in einem Diagramm wie das erste Ionisationssignal (und in ähnlicher Form auch das zweite Ionisationssignal) von der Drehzahl des Gebläses 5 abhängt. Die Drehzahl liegt typischerweise im Bereich zwischen 1000 und 10 000 Umdrehungen pro Minute [rpm]

und man kann bestimmte Drehzahlen als Stützpunkte $i_1, i_2, \dots, i_{10}$ für eine Überprüfung und Nachkalibrierung nutzen. Dabei zeigt die obere Kurve A die Abhängigkeit bei einer neuen Ionisationselektrode 8, während die untere Kurve B die Abhängigkeit für eine gebrauchte und schon etwas gealterte (z. B. oxidierte oder verbogene) Ionisationselektrode 8 veranschaulicht. Bei einer Umrechnung des Ionisationssignals I_1 in einen Lambda-Wert aus der Kalibrierkurve A, würde sich also bei einer gealterten Ionisationselektrode 8 ein falscher Ist-Wert ergeben, der zu einer suboptimalen Regelung führen würde.

[0024] Ein typisches Vorgehen gemäß der Erfindung zur Nachkalibrierung der Regelkurve im ersten Messsystem sei im Folgenden beispielhaft beschrieben, allerdings ist die Erfindung nicht auf dieses spezielle Vorgehen beschränkt, da es viele Möglichkeiten gibt, die Zündelektrode 7 zur Nachkalibrierung einzusetzen. In dem hier gewählten Ausführungsbeispiel arbeitet das Heizgerät zunächst im Normalbetrieb bei einer bestimmten Zufuhr von Brenngas und einer zugehörigen Drehzahl des Gebläses 5, wobei mittels des ersten Messsystems S1 das Ionisationssignal I_1 auf einen für diesen Zustand als Soll-Wert vorgegebenen Wert von z. B. 100 μA [MikroAmpere] geregelt wird, indem die Drehzahl des Gebläses und/oder die Brennstoffzufuhr verstellt werden. Diese Art der Regelung bewirkt bei gültigen Kalibrierdaten (Kennfeld, Regelkurve), dass über einen großen Lastbereich ein gewünschter Lambda-Wert eingehalten wird. Ist jedoch eine bestimmte Zahl von Betriebsstunden des Heizgerätes überschritten oder hat ein Neustart stattgefunden oder liegen sonstige Gründe vor, so kann eine Nachkalibrierung ausgelöst werden. Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel wird eine einfache Regelkurve anhand von sogenannten Stützstellen $i_1, i_2, \dots, i_{10}$ auf der x-Achse (Gebläsedrehzahl) korrigiert, so dass die Werte zwischen den Stützstellen $i_1, i_2, \dots, i_{10}$ bei Bedarf durch Interpolation gewonnen werden können. Für einen Drehzahlbereich zwischen 1000 und 10000 rpm [Umdrehungen/Minute] reichen z. B. maximal 10 Stützstellen in geeigneten Abständen für eine hinreichend genaue Nachkalibrierung, es können aber natürlich mehr oder weniger verwendet werden. Für jede Stützstelle, hier als Beispiel bei 3000 rpm, wird zu einem geeigneten Zeitpunkt, beispielsweise wenn gerade eine Last in der entsprechenden Größenordnung gebraucht wird oder jedenfalls abgenommen werden kann, eine Nachkalibrierung durchgeführt. Dazu wird vom Normalbetrieb, in dem das Messsystem S1 zur Regelung eines konstanten Lambda-Wertes, z. B. $\Lambda = 1,3$, benutzt wird und diesen für die betreffende Drehzahl auch gemäß der gültigen Kalibrierkurve exakt als Ist-Wert einregelt, auf das Verfahren zur Nachkalibrierung geschaltet, wenn eine Bedingung zur Nachkalibrierung erfüllt ist. In diesem Fall wird die Gaszufuhr für den ganzen Zeitraum der Nachkalibrierung konstant gehalten und zunächst auch die Gebläsedrehzahl. Dann wird vom ersten Messsystem S1 auf das zweite Messsystem S2 umgeschaltet. Dieses ermittelt zu Beginn der Nachkalibrierung ein mittels der

Zündelektrode 7 ermitteltes zweites Ionisationssignal I_2 . Geht man davon aus, dass durch Veränderungen im Messsystem S1 nicht mehr der gewünschte Lambda-Wert genau erreicht wird, so kann man dies nun mit Hilfe des Messsystems S2 feststellen und korrigieren. Dazu wird die Gaszufuhr unverändert gelassen, während die Gebläsedrehzahl definiert abgesenkt wird, bis sicher ein Wert unterhalb des gewünschten Lambda-Wertes erreicht ist, der aber immer noch deutlich oberhalb eines stöchiometrischen Verhältnisses von Luft zu Brenngas liegt, so dass kaum Kohlenmonoxid bei diesem Vorgang erzeugt wird und auch keine übermäßig erhöhte Flammtemperatur herrscht (siehe Punkt "1" in Fig. 4). Von diesem Lambda-Wert ausgehend wird die Drehzahl des Gebläses 5 erhöht, bis das zweite Ionisationssignal durch einen starken Anstieg ein Abheben der Flamme vom Brenner 9 detektiert (siehe Punkt "2" in Fig. 4). Von diesem Punkt aus wird nun die Drehzahl des Gebläses 5 wieder abgesenkt, wobei das Ionisationssignal beobachtet wird, um die genaue Lage des (absoluten) Minimums des Ionisationssignals zu bestimmen und den Sollwert auf dem Minimum oder dessen Nähe einzuregeln (siehe Punkt "3" in Fig. 4). In diesem Punkt wird nun überprüft, ob die tatsächlich vorliegende Drehzahl des Gebläses 5 mit einer erwarteten übereinstimmt, beispielsweise ungefähr 6.000 rpm.

[0025] Regelungstechnisch ist es einfacher einen Wert in einer Flanke nahe eines Minimums als Sollwert zu nutzen (hier insbesondere in der Flanke hin zum fetteren Gemisch, also zwischen Punkt "1" und "3" in Fig. 4), weil dann bei einer (positiven oder negativen) Änderung des Istwertes klar ist, in welcher Richtung eine Korrektur erfolgen muss. In jedem Fall lässt sich so ein gewünschter Lambda-Wert nahe 1,4 einregeln, ohne dass bei dem Vorgang Kohlenmonoxid erzeugt wird.

[0026] Mit der so gefundenen Drehzahl kann jetzt die ursprüngliche Drehzahl, die aus der Regelung resultiert, verglichen und deren Kalibrierung jedenfalls in diesem Punkt (Stützstelle) der Kalibrierkurve korrigiert werden. Dies kann in anderen Lastzuständen (Stützstellen) zu geeigneten Zeiten ebenfalls durchgeführt werden, so dass auch dort die Kalibrierung entsprechend korrigiert werden kann.

[0027] Zur Festlegung der erforderlichen Korrektur betrachtet man z. B. das Verhältnis von I_2/I_1 . Man erhöht beispielsweise die Gebläsedrehzahl (bei einer Erhöhung steigt die Luftzahl und reduziert das Risiko einer unbeabsichtigten Emission von Kohlenmonoxid) bis das Verhältnis von I_2/I_1 sich um 5 Prozentpunkte erhöht hat und stellt fest, bei welcher Gebläsedrehzahl diese Erhöhung erreicht wird, wobei Anfangsdrehzahl (hier 3000 rpm) und Enddrehzahl (hier z. B. 4000 rpm) ins Verhältnis gesetzt (Ergebnis 0,75) und mit einem früher gespeicherten Referenzwert (z. B. 0,7) verglichen werden kann. Der Referenzwert im Verhältnis zum neu gemessenen Verhältnis liefert einen Korrekturfaktor (hier $0,7/0,75 = 0,93$), mit dem der ursprüngliche Wert der Kalibrierkurve (100 μA) an dieser Stützstelle korrigiert werden muss, woraus

sich der neue nachkalibrierte Wert der Kalibrierkurve ergibt (93,3 μ A). Falls man eine einzige Nachkalibrierung nicht sofort vollständig auf eine Kalibrierkurve anwenden will, kann noch ein sogenannter Dämpfungsfaktor zwischen 0 und 1 vorgesehen werden. Jede Nachkalibrierung wirkt sich dann nur entsprechend geringer auf die Kalibrierkurve aus, wodurch nachteilige Auswirkungen von eventuellen Fehlern beim Nachkalibrieren eben auch gedämpft werden und sich erst im Laufe von mehreren Nachkalibrierungen eine richtige neue Kalibrierkurve ergibt.

[0028] Fig. 3 zeigt schematisch eine Schaltung, wie sie für das Messsystem S2 eingesetzt werden kann. Eine zweite Wechselspannungsquelle 12 mit einem hohen Ausgangswiderstand 18 liefert zunächst eine Wechselspannung ohne Gleichspannungsanteil an die Zündelektrode 7 und die Gegenelektrode 9 (Masse). Beim Auftreten einer Flamme zwischen den beiden (hier als Ersatzschaltbild 19 dargestellt) fällt die Spannung wegen der Gleichrichterwirkung der Flamme (im Ersatzschaltbild als Diode dargestellt) nur in einer Halbwelle ab, so dass am Eingang der zweiten Auswerteelektronik 14 (Verstärker und Umwandler) eine Wechselspannung mit einem negativen Gleichspannungsanteil anliegt, die in der Auswerteelektronik 14 zu dem zweiten Ionisationssignal wird und in einem Analog/Digitalwandler 20 umgewandelt und dann weiter verarbeitet werden kann.

[0029] Fig. 4 veranschaulicht qualitativ, was bei dem Vorgang der Nachkalibrierung mittels des zweiten Messsystems S2 geschieht. In dem gezeigten Diagramm ist das zweite Ionisationssignal I2 auf der Y-Achse (in digitalisierter Form z. B. als Zahl zwischen 0 und 1023) gegen die Gebläsedrehzahl auf der X-Achse bei konstanter Gaszufuhr aufgetragen. Das entstehende charakteristische Diagramm zeigt einen fast konstanten Anfangsbereich, einen Abfall zu einem Minimum (Punkt "3") und darauf folgend einen Anstieg. Erfahrungswerte haben gezeigt, dass das Minimum in etwa bei einem üblicherweise gewünschten Lambda-Wert von 1,3 bis 1,4 liegt, der konstante Bereich links davon, z. B. bei Punkt "1" aber noch weit von Lambda = 1 entfernt ist. In dem Anstieg etwa bei Punkt "2" beginnt die Ablösung der Flamme, die dann mit steigender Luftzufuhr instabil werden kann. Zwischen den Punkten "1" und "2" kann jedoch die Luftzufuhr ohne Erzeugung von Kohlenmonoxid oder Instabilitäten variiert werden, um das Minimum bei Punkt "3" zu finden und zur Nachkalibrierung zu nutzen. Statt der Gebläsedrehzahl könnte als Einheit auf der X-Achse wegen des beschriebenen Zusammenhanges auch der Lambda-Wert benutzt werden.

[0030] Fig. 5 zeigt das Ergebnis der Nachkalibrierung für eine Stützstelle bei einer Gebläsedrehzahl von 3000 rpm. Durch die Nachkalibrierung an dieser Stützstelle wird der gewünschte konstante Lambda-Wert von 1,3 nicht mehr bei einem Ionisationssignal von 100 μ A erreicht, sondern schon bei einem Ionisationssignal von 93,3 μ A. Dieser Wert ist nach der Nachkalibrierung daher der neue Sollwert an dieser Stelle mit entsprechender

Anpassung der Werte in der Umgebung dieser Gebläsedrehzahl. Bei einer Nachkalibrierung an mehreren Stützstellen ergibt sich eine neue Kalibrierkurve für den gewünschten Lambda-Wert, der in Fig. 2 dargestellten Drift des Messsystems S1 Rechnung trägt.

[0031] Die vorliegende Erfindung erlaubt es, ohne Veränderungen an einem Heizgerät selbst nur durch zusätzliche Elektronik eine zuverlässige Nachkalibrierung eines existierenden üblichen Regelsystems einzurichten, indem die Zündelektrode auch zur Erzeugung eines zweiten Ionisationssignales im Flammenbereich eingesetzt wird, mit dem eine eventuelle Langzeitdrift des existierenden Regelsystems in vorgebbaren Abständen korrigiert werden kann. Ein zweites Ionisationssignal wird ohnehin in vielen Anwendungsfällen zur Flammenüberwachung eingesetzt, so dass nur wenige elektronische Zusatzkomponenten erforderlich sind, dieses auch zur Nachkalibrierung des üblichen Regelsystems einzusetzen, insbesondere zur Korrektur einer Langzeitdrift.

Bezugszeichenliste

[0032]

1	Heizgerät
2	Flammenbereich
3	Luftzufuhr
4	Brenngaszufuhr
5	Gebläse
6	Brenngasventil
7	Zündelektrode
8	Ionisationselektrode
9	Brenner / Gegenelektrode
10	Umschalteinheit
11	erste Wechselspannungsquelle
12	zweite Wechselspannungsquelle
13	erste Auswerteelektronik
14	zweite Auswerteelektronik
15	Vergleicher
16	Korrekturereinheit
17	Regeleinheit
18	Ausgangswiderstand
19	Ersatzschaltbild einer Flamme
20	Analog/Digitalwandler
S1	erstes Messsystem
S2	zweites Messsystem
I1	erstes Ionisationssignal
I2	zweites Ionisationssignal
A	Kalibrierkurve neue Ionisationselektrode
B	Kalibrierkurve gebrauchte Ionisationselektrode

Patentansprüche

1. Verfahren zur Nachkalibrierung von Kalibrierdaten eines ersten Messsystems (S1) zur Messung eines ersten Ionisationssignales in einem Flammenbereich (2) eines mit Verbrennungsluft und Brenngas

- betriebsenen Heizgerätes (1), wobei das erste Messsystem (S1) ein Ionisationssignal (I1) misst, welches aus einem von einer Ionisationselektrode (8) zu einer Gegenelektrode (9) durch den Flammenbereich (2) fließenden ersten Ionenstrom abgeleitet wird, und daraus das Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brenngas (Lambda) bei einer Verbrennung in dem Heizgerät (1) anhand von Kalibrierdaten bestimmt und regelt, wobei das erste Messsystem (S1) zumindest nach vorgebbaren Kriterien oder in vorgebbaren Zeitabständen nachkalibriert wird, und wobei die Nachkalibrierung mittels einer in dem Heizgerät (1) zur Zündung der Verbrennung vorhandenen Zündelektrode (7) erfolgt, die zur Erzeugung eines zweiten Ionisationssignales (I2) betrieben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Zündelektrode (7) in einem zweiten Messsystem (S2) betrieben wird zur Messung des zweiten Ionisationssignals (I2).
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Verbrennung in dem Heizgerät (1) in mindestens einen vom ersten Messsystem (S1) vorgebbaren konstanten Zustand der Verbrennung gebracht wird und dann unter Beibehaltung oder gezielter Veränderung dieses Zustandes das zweite Ionisationssignal (I2) des zweiten Messsystems (S2) gemessen wird.
 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Verbrennung nacheinander mittels des ersten Messsystems (S1) in mehrere unterschiedliche konstante Zustände gebracht und in jedem dieser Zustände das zweite Ionisationssignal (I2) zumindest in diesem Zustand oder bei einer Veränderung dieses Zustandes gemessen wird.
 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei unterschiedliche konstante Zustände verschiedene Laststufen des Heizgerätes (1) sind, die zumindest durch unterschiedliche konstante Drehzahlen eines Gebläses (5) oder durch unterschiedliche konstante Mengen an zugeführtem Brenngas pro Zeiteinheit durch unterschiedliche konstante Einstellungen eines Brenngasventils (6) bestimmt sind.
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach Herstellung eines konstanten Zustandes das Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brenngas (Lambda) zunächst um einen vorgebbaren Wert reduziert und dann kontinuierlich oder schrittweise erhöht wird, um den Verlauf des zweiten Ionisationssignals (I2) in Abhängigkeit vom Lambda-Wert aufzuzeichnen und vorgebbare charakteristische Punkte dieses Verlaufes aufzufinden.
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in dem ersten (S1) und in dem zweiten (S2) Messsystem Kalibrierdaten für die Relation von Ionisationssignal (I1 bzw. I2) zu dem Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brenngas bei verschiedenen Lastzuständen gespeichert werden und bei jeder Nachkalibrierung ein Vergleich zwischen von beiden Messsystemen (S1, S2) ermittelten Messwerten erfolgt, wobei das erste Messsystem (S1) bei Abweichungen mit den Daten des zweiten Messsystems (S2) nachkalibriert wird.
 8. Vorrichtung mit einem Brennraum (1), aufweisend eine Luftzufuhr (3) und eine Brenngaszufuhr (4), die von einer Regeleinheit (17) geregelt werden, und mit einem ersten Messsystem (S1), umfassend eine Ionisationselektrode (8), eine Gegenelektrode (9), eine erste Wechselstromquelle (11) und eine erste Auswertelektronik (13) zur Ermittlung eines ersten Ionisationssignales (I1), das der Regeleinheit (17) zuführbar ist, wobei ein zweites Messsystem (S2) zur Messung eines zweiten Ionisationssignales (I2) vorhanden ist, welches zwischen einer zur Zündung einer Verbrennung vorhandenen Zündelektrode (7) und der Gegenelektrode (9) vom zweiten Messsystem (S2) erzeugbar ist und wobei das erste (S1) und das zweite (S2) System jeweils zur Bestimmung eines Lambda-Wertes eingerichtet sind.
 9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei das zweite Messsystem (S2) unabhängig zu dem ersten Messsystem (S1) aufgebaut ist, nämlich keine gemeinsamen Teile außer der Gegenelektrode (9) mit diesem aufweist.
 10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 oder 9, wobei das zweite Messsystem (S2) diversitär zu dem ersten Messsystem (S1) aufgebaut ist, nämlich möglichst wenig oder keine gleichen Bauteile mit diesem aufweist und/oder nach einem anderen Prinzip arbeitet.
 11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei ein Vergleicher (15) vorhanden ist, dem auf einen vorgebbaren Lambda-Wert bezogene Messwerte des ersten (S1) und des zweiten (S2) Messsystems zuführbar sind, und eine Korrektureinheit (16) zur Nachkalibrierung von Kalibrierdaten des ersten Messsystems (S1) bei Feststellung von Abweichungen der beiden Messwerte.
 12. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass die Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 11 das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausführt.

Fig. 1

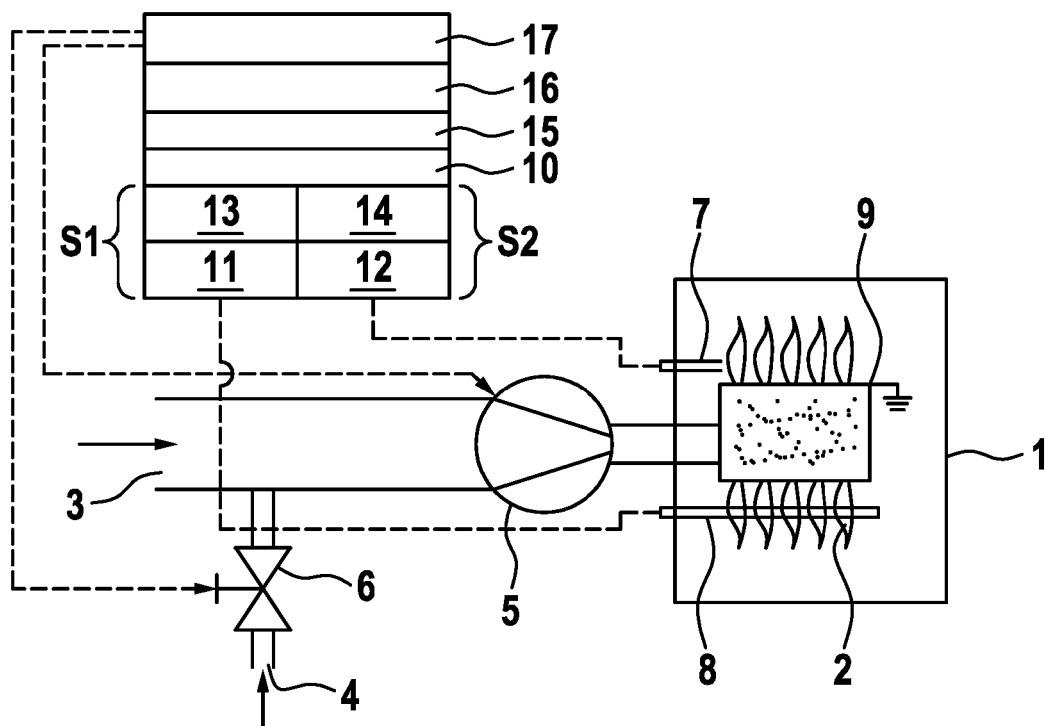
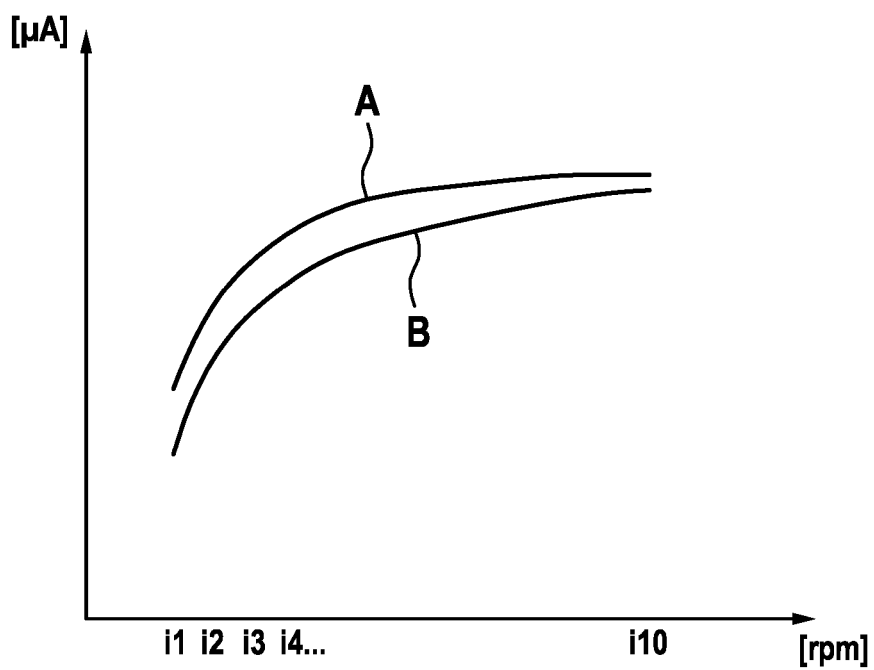
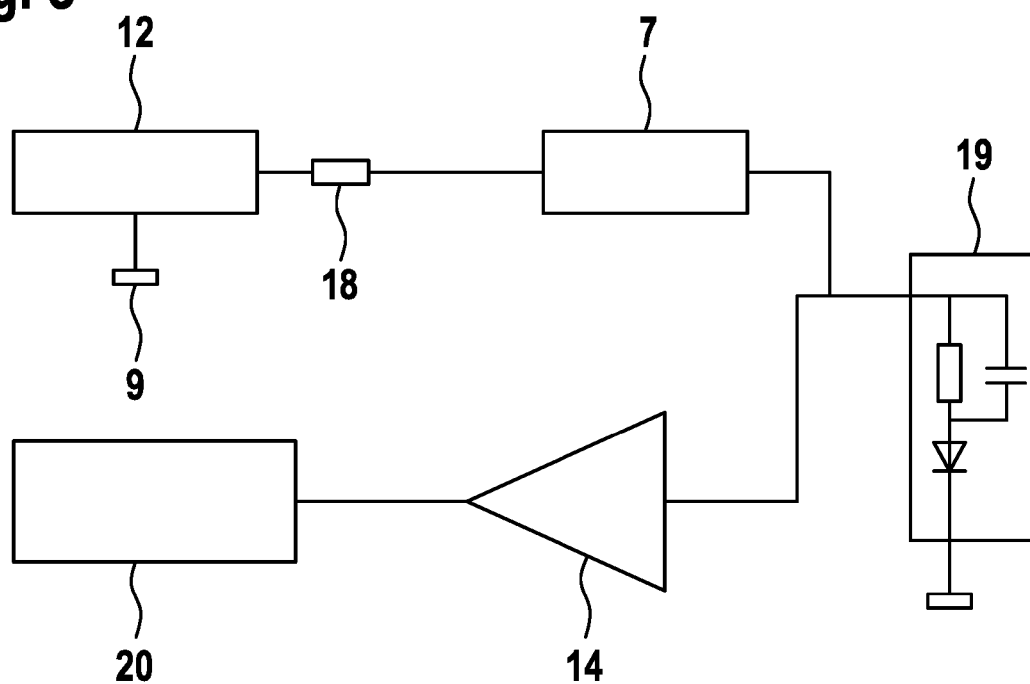
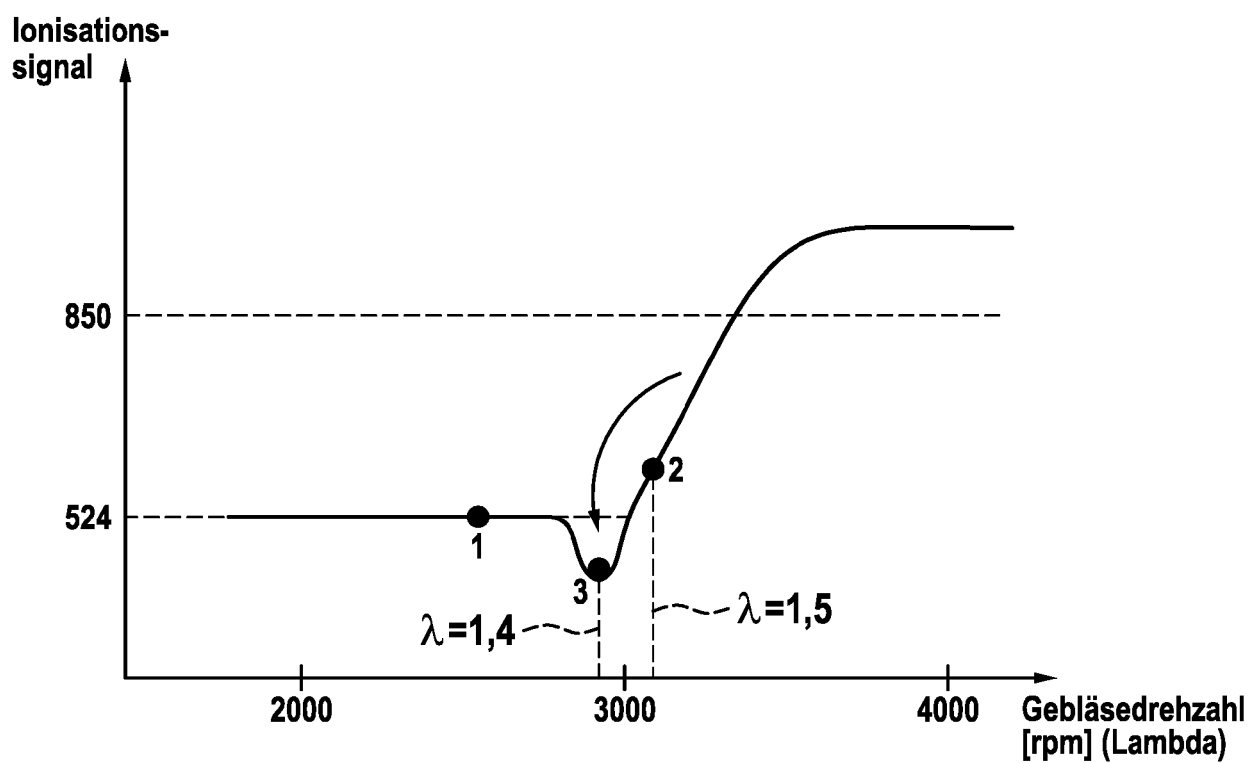


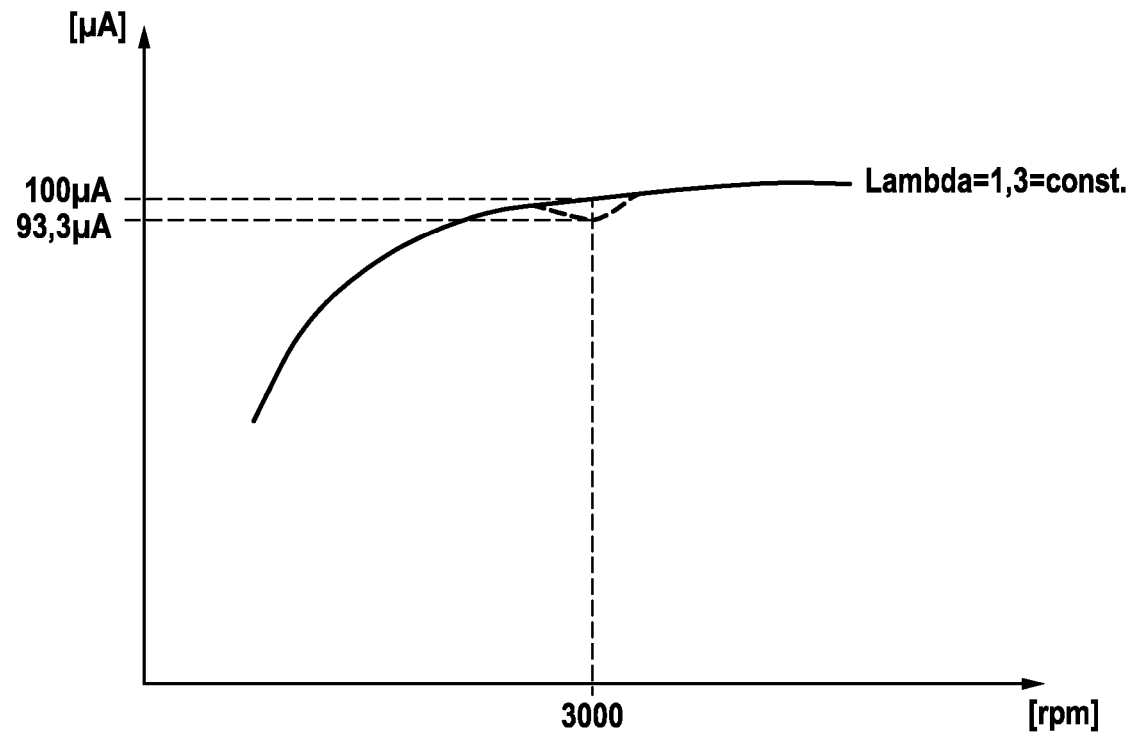
Fig. 2



Vaillant GmbH

Fig. 3**Fig. 4**

Vaillant GmbH

Fig. 5**Vaillant GmbH**



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 20 18 5284

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)
Y A	EP 1 750 058 A2 (MERLONI TERMOSANITARI SPA [IT]) 7. Februar 2007 (2007-02-07) * Absatz [0002]; Abbildungen 1-10 * * Absätze [0014], [0015], [0017] - [0019] * * Absatz [0026] - Absatz [0029] * * Absätze [0037], [0039] * * Absätze [0042] - [0044], [0046], [0047] *	1-6,8,9,12 7,10,11	INV. F23N1/02 F23N5/12 F23D14/02
Y	DE 21 03 189 A1 (PAG) 21. Oktober 1971 (1971-10-21) * Seite 1, Zeile 1 - Seite 2, Zeile 9; Abbildung 1 * * Seite 3, Zeile 18 - Seite 4, Zeile 4 *	1-6,8,9,12	
E	EP 3 690 318 A2 (VAILLANT GMBH [DE]) 5. August 2020 (2020-08-05) * Absatz [0001]; Abbildung 1 * * Absatz [0010] - Absatz [0015] * * Absatz [0024] - Absatz [0026] *	8,9	
A	JP S60 57125 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2. April 1985 (1985-04-02) * das ganze Dokument *	1,8,12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23D F23N
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
München		23. Oktober 2020	
		Prüfer	
		Hauck, Gunther	
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			

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 20 18 5284

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.

23-10-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1750058 A2	07-02-2007	CN 1975257 A	06-06-2007
		EP 1750058 A2	07-02-2007
		JP 2007040697 A	15-02-2007
DE 2103189 A1	21-10-1971	CH 520898 A	31-03-1972
		DE 2103189 A1	21-10-1971
		FR 2083920 A5	17-12-1971
EP 3690318 A2	05-08-2020	KEINE	
JP S6057125 A	02-04-1985	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 0770824 B1 [0003]
- EP 2466204 B1 [0003]
- EP 2014985 B1 [0004]