



(11)

EP 4 141 322 A1

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
01.03.2023 Patentblatt 2023/09

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F23N 5/08 (2006.01)**      **F23N 5/10 (2006.01)**  
**F23N 5/12 (2006.01)**      **F23N 5/24 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: 22189846.3

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F23D 14/02; F23N 5/082; F23N 5/102; F23N 5/123;**  
**F23N 5/242; F23C 2900/9901**

(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: 12.08.2021 DE 102021121027

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

(72) Erfinder: **Grabe, Jochen**  
**51688 Wipperfürth (DE)**

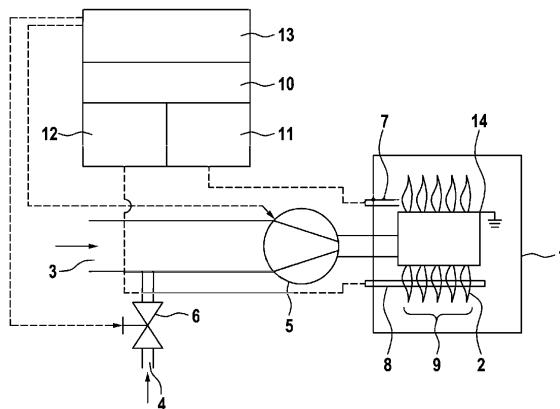
(74) Vertreter: **Popp, Carsten**  
**Vaillant GmbH**  
**IR-IP**  
**Berghauser Straße 40**  
**42859 Remscheid (DE)**

(54) **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUM SICHEREN BETREIBEN UND REGELN EINES VERBRENNUNGSPROZESSES IN EINEM HEIZGERÄT FÜR DIE VERBRENNUNG VON WASSERSTOFF**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum sicheren Betreiben und Regeln eines Verbrennungsprozesses in einem Verbrennungsraum (1) eines Heizgerätes, wobei Wasserstoff mit Luft verbrannt wird, wobei weiter zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen (2) und gegebenenfalls zur Regelung des Verhältnisses von Luft zu Brenngas eine nicht auf Ionisationsmessung basierende Primär-Sensorik (7,11) eingesetzt wird und wobei sekundär eine Ionisationsmessung (8,12) in einem Flammenbereich (9) im Verbrennungsraum (1) durchgeführt wird, deren Ionisationssignal bei einer Störung eines Primär-Sensors (7) und/oder einer zugehörigen primären Sensorelektronik (11) eine Fehlererkennung und/oder eine Notlaufregelung ermög-

licht. Dazu ist insbesondere eine Auswerteelektronik (10) vorhanden ist, die dazu eingerichtet ist, bei einer von einer Regelungselektronik (13) angestrebten Leistungserhöhung des Heizgerätes über eine Mindestleistung zu prüfen, ob ein Ionisationssignal auftritt, so dass bei einem Fehlen dieses Signals auf ein Erlöschen der Flammen (2) trotz fälschlicher Erkennung von Flammen (2) durch die Primär-Sensorik (7,11) und damit einen Fehler in der Primär-Sensorik (7,11) geschlossen werden kann. Die vorliegende Erfindung ermöglicht einen sicheren Betrieb von mit Wasserstoff betreibbaren Heizgeräten und mindert gleichzeitig die Risiken einer fehlerhaften primären Sensorik (7,11) bei hoher Verfügbarkeit durch einen Notlaufbetrieb mit Ionisationsmessung (8,12).

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum sicheren Betreiben und Regeln eines Verbrennungsprozesses in einem Heizgerät, welches mit reinem Wasserstoff oder einem Brenngas mit mehr als 90 % [Prozent] Wasserstoffanteil, vorzugsweise mehr als 97%, betreibbar ist.

**[0002]** Wasserstoff als Brenngas oder als Beimischung zu Brenngasen wird immer wichtiger, und es werden große Anstrengen unternommen, neue oder auch existierende Heizgeräte für einen Betrieb damit zu erüchtigen. Dabei geht es nicht nur um große Anlagen, sondern auch um Wandgeräte zur Erwärmung von Wasser und generell um Heizgeräte für die Beheizung von Gebäuden und/oder die Bereitstellung von warmem Wasser. Wasserstoff unterscheidet sich bei seiner Verbrennung in mehreren Punkten von bisher verwendeten Brenngasen, insbesondere ist eine Wasserstoffflamme für das menschliche Auge fast unsichtbar und es werden andere Messsysteme benötigt als bei Heizgeräten für Brennstoffe aus Kohlenwasserstoffen. In Heizgeräten werden bisher im Allgemeinen einfache und robuste Sensoren für Ionisation, Temperatur, Licht- oder Wärme-Strahlung, Druck, Volumenstrom und dergleichen eingesetzt, um die Heizgeräte zu regeln und deren sicheren Betrieb zu gewährleisten. Mit bisher üblicher Sensorik lassen sich jedoch bei Verwendung von Wasserstoff als Brenngas manche Messungen nicht zuverlässig durchführen. Eine wichtige Funktion ist das Feststellen des Vorhandenseins einer stabilen Flamme (ein sogenannter Flammenwächter), eine andere die Einstellung eines für eine stabile und umweltschonende Verbrennung geeigneten Verhältnisses von Verbrennungsluft zu Brenngas (Lambda-Wert).

**[0003]** Bei Heizgeräten nach dem Stand der Technik werden häufig Ionisationsmessgeräte eingesetzt, und zwar sowohl zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen als auch zur Regelung des Verbrennungsprozesses. Dazu ist es z. B. aus der DE 39 37 290 A1 bekannt, die elektrische Leitfähigkeit eines Flammenbereiches in einem Verbrennungsraum zu messen und das Mischungsverhältnis von Verbrennungsluft zu Brenngas so einzuregeln, dass die elektrische Leitfähigkeit innerhalb eines bestimmten Sollbereiches bzw. auf einem bestimmten Sollwert bleibt. Eine entsprechende Regeleinrichtung für einen Brenner mit einer Ionisationselektrode ist z. B. aus der EP 1 154 202 A2 bekannt. In Anlehnung an in der Plasmaphysik verwendeten Langmuir-Sonde stellt die Messung der Leitfähigkeit mittels einer Ionisationselektrode ebenfalls eine Langmuir-Sonde dar. Diese Mess-Methode ist invasiv, was bedeutet, dass die Verbrennung durch das Einbringen einer Elektrode beeinflusst wird. Verbrennungsprozesse mit Wasserstoff als Brenngas haben jedoch in ihren Flammen eine viel geringere Ionisierung, so dass oft (jedenfalls bei kleiner Leistung und/oder hohem Lambda im Betrieb eines Heizgerätes) kein für die Überwachung oder Regelung ge-

eignetes Ionisationssignal gemessen werden kann. Es werden daher alternative Messverfahren eingesetzt, insbesondere solche, die auf der Messung ultravioletter Strahlung des Verbrennungsprozesses basieren oder solche, die auf Temperaturmessungen beruhen.

**[0004]** Eine Verwendung von optischen Sensoren unter Benutzung von optischen Filtern ist für eine spezielle Anwendung bei Heizgeräten, die mit wasserstoffhaltigem Brenngas betrieben werden, schon beispielsweise aus der EP 3 663 648 A1 bekannt. Auch aus der EP 2 223 016 B1 sind optische Messsysteme in Heizgeräten bekannt, wobei sich diese beiden Dokumente hauptsächlich mit der Beobachtung der Strahlung von Flammen beschäftigen, also mit Strahlungsemisionen im Verbrennungsraum.

**[0005]** Wegen der hohen Temperaturen und starken Emissionen im Bereich von Flammen sind bekannte Messverfahren und eine Auswertung solcher Messungen mit einem gewissen Aufwand verbunden, weil bei sicherheitsrelevanten Funktionen möglichst keine Fehler auftreten sollten. Je komplexer ein Messsystem ist, desto größer ist im Allgemeinen jedoch die Fehleranfälligkeit. Für Sicherheitsfunktionen, wie die eines Flammenwächters, wird daher angestrebt oder sogar vorgeschrieben, dass Fehler in den Messsystemen schnell erkannt und geeignete Sicherheitsmaßnahmen eingeleitet werden. Wenn ein Erlöschen der Flammen oder das Ausbleiben einer Zündung eines zuströmenden brennbaren Gemisches aus Wasserstoff und Luft in einem Verbrennungsraum nicht erkannt werden, kann es zu gefährlichen Ansammlungen oder dem Ausströmen von brennbarem oder sogar explosivem Gemisch kommen, was unbedingt vermieden werden muss. Besonders kritisch sind daher Situationen, in denen ein Flammenwächter fälschlich das Vorhandensein von Flammen anzeigt, die in Wirklichkeit nicht vorhanden sind. Dies soll schnellstmöglich erkannt werden, damit geeignete Maßnahmen eingeleitet werden können.

**[0006]** Es ist daher Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung bereitzustellen, die die eingangs genannten Probleme wenigstens teilweise lösen und insbesondere eine sichere Überwachung und Regelung eines Verbrennungsprozesses in einem Heizgerät für die Verbrennung von Wasserstoff ermöglichen, wobei sichergestellt werden soll, dass Fehler bei einer Flammenüberwachung, insbesondere das fälschliche Feststellen von nicht vorhandenen Flammen, schnell festgestellt und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können. Auch ein sicherer Notbetrieb selbst bei Ausfall eines Messsystems soll ermöglicht werden. Auch die Schaffung eines entsprechenden Computerprogrammproduktes ist Aufgabe der Erfindung.

**[0007]** Diese Aufgaben werden durch ein Verfahren und eine Anordnung, sowie ein Computerprogrammprodukt gemäß den unabhängigen Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen angegeben. Ausführungsformen und Vorteile werden auch in der nach-

folgenden Beschreibung angegeben, insbesondere auch im Zusammenhang mit den Figuren.

**[0008]** Zur Lösung der Aufgabe trägt ein Verfahren zum sicheren Betreiben und Regeln eines Verbrennungsprozesses in einem Verbrennungsraum eines Heizgerätes bei, wobei Wasserstoff oder ein mehr als 90 %, insbesondere mehr als 97%, Wasserstoff enthaltenden Brenngas mit Luft verbrannt wird. Zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen und gegebenenfalls beispielsweise auch zur Regelung des Verhältnisses von Luft zu Brenngas wird eine nicht auf Ionisationsmessung basierende Primär-Sensorik eingesetzt. Weiter wird sekundär (bedarfsgerecht und/oder zusätzlich) eine Ionisationsmessung in einem Flammenbereich im Verbrennungsraum durchgeführt, deren Ionisationssignal bei einer Störung eines Primär-Sensors und/oder einer zugehörigen primären Sensorelektronik eine Fehlererkennung und/oder eine Notlaufregelung ermöglicht bzw. auslöst.

**[0009]** Wie oben erwähnt sind Ionisationsmessgeräte bewährte Systeme, die nur bei Wasserstoff als Brennstoff und bei geringer Leistung und/oder hohem Lambda eines Heizgerätes wegen zu weniger Ladungsträger in den dann kleinen Flammen nicht eingesetzt werden. Bei größerer Leistung und ausreichend niedrigem Lambda messen sie hingegen zuverlässig. Wenn eine primäre Sensorik fälschlich das Vorhandensein von Flammen signalisiert, obwohl diese erloschen sind oder nicht gezündet haben, versucht eine typische Regelungselektronik eines Heizgerätes, die Leistung zu erhöhen, weil nicht die in dieser Situation erwartete Temperaturerhöhung eintritt. Eine solche Leistungserhöhung (Modulation) des Verbrennungsprozesses kann aber auch aus anderen Gründen erfolgen und ein völlig fehlerfreier Vorgang sein. Hier kann eine (zusätzliche) Ionisationsmessung durchgeführt werden, um beide Arten von Leistungserhöhung zu unterscheiden. Oberhalb einer gewissen bzw. vorgegebenen Mindestleistung sind nämlich im Flammenbereich genügend Ladungsträger für eine zuverlässige Ionisationsmessung vorhanden. Es kann dann, wie bei bekannten Verbrennungsprozessen üblich, ein Ionisationsstrom gemessen und daraus nach bekannten Verfahren ein zuverlässig interpretierbares Ionisationssignal gewonnen werden. Tritt ein solches Signal oberhalb einer gewissen Mindestleistung nicht auf, ist dies ein Anzeichen für nicht vorhandene Flammen (und damit für einen Fehler bzw. eine Fehlinterpretation der Messergebnisse der primären Sensorik, die dies nicht festgestellt hat). So kann schnell und sicher eine Abschaltung des Heizgerätes und eine Fehlermeldung ausgelöst werden.

**[0010]** Bevorzugt basiert die Primär-Sensorik auf der Messung von ultravioletter Strahlung im oder am Verbrennungsraum, was in allen Leistungsbereichen ein zuverlässiges Messverfahren ist.

**[0011]** Alternativ basiert die Primär-Sensorik auf der Messung von Temperaturen im oder am Verbrennungsraum, wodurch auch das Vorhandensein von Flammen in beliebigen Leistungsbereichen festgestellt und eine

Regelung des Verbrennungsprozesses durchgeführt werden kann. Je nach Ausführungsform werden dazu ein oder mehrere Temperaturfühler eingesetzt.

**[0012]** Da die Ionisationsmessung im Betrieb unterhalb einer Mindestleistung des Heizgerätes nicht immer ein für eine Regelung verwertbares Ionisationssignal liefert, wird dieses in einer bevorzugten Ausführungsform nicht berücksichtigt oder verworfen, aber bei höherer Leistung verwertet, mit dem bei Ausfall bzw. einer Fehlinterpretation der Primär-Sensorik festgestellt wird, ob weiterhin Flammen vorhanden sind, und mit dem bei Bedarf auch eine Notlaufregelung in einem Leistungsbereich oberhalb der Mindestleistung durchgeführt wird. Das Ionisationsmessgerät läuft bevorzugt immer, wird jedoch nur oberhalb einer bestimmten Mindestleistung eingesetzt, um die primäre Sensorik zu überprüfen. Ist diese defekt, so kann mit dem Ionisationsmessgerät immer noch eine Flammenüberwachung und eine Regelung durchgeführt werden, ggf. allerdings nur bei Leistungen oberhalb der Mindestleistung (Notlaufbetrieb).

**[0013]** Besonders bei einem Erlöschen der Flammen, aber fälschlich von der Primär-Sensorik erkannten Flammen, versucht eine typische Regelung fälschlich, die Leistung des Heizgerätes zu erhöhen, ohne dass jedoch oberhalb einer Mindestleistung ein verwertbares Ionisationssignal feststellbar ist, so dass das Erlöschen der Flammen aus dem Ausbleiben dieses Signals geschlossen und Sicherheitsmaßnahmen eingeleitet werden können. Diese Ausführungsform ist besonders wichtig, um Sicherheitsbestimmungen einhalten und einen Wiederaufstart des Heizgerätes mit defekter Primär-Sensorik verhindern zu können.

**[0014]** Bevorzugt wird nach einem Feststellen eines fälschlichen Flammensignals der Primär-Sensorik, diese nicht mehr bei einem Neustart des Heizgerätes in einem Notlaufbetrieb berücksichtigt, sondern das Heizgerät bei Bedarf nur noch in einem Leistungsbereich betrieben, in dem die sekundäre Ionisationsmessung zum Feststellen von Flammen und zur Regelung einsetzbar ist, wobei die Ionisationsmessung die primäre Sensorik ersetzt. So ist ein eingeschränkter, aber sicherer Notlaufbetrieb möglich, bis eine Wartung der Primär-Sensorik erfolgen kann.

**[0015]** Zur Lösung der Aufgabe trägt auch eine Anordnung bei zum sicheren Betreiben und Regeln eines Verbrennungsprozesses in einem Verbrennungsraum eines Heizgerätes zur Verbrennung von Wasserstoff oder einem mehr als 90 % Wasserstoff enthaltenden Brenngas mit Luft, wobei zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen und zur Regelung des Verhältnisses von Luft zu Brenngas eine nicht auf Ionisationsmessung basierende Primär-Sensorik vorhanden ist und wobei ein sekundäres Ionisationsmessgerät zur Messung einer Ionisation in einem Flammenbereich im Verbrennungsraum vorhanden ist, dessen Ionisationssignal bei einer Störung eines Primär-Sensors und/oder einer zugehörigen primären Sensorelektronik eine Fehlererkennung und/oder eine Notlaufregelung ermöglicht.

**[0016]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist dazu

eine Auswertelektronik vorhanden (kann auch in eine Regelungselektronik integriert sein), die dazu eingerichtet ist, bei einer von einer Regelung angestrebten Leistungserhöhung des Heizgerätes über eine Mindestleistung zu prüfen, ob ein Ionisationssignal auftritt, so dass bei einem Fehlen dieses Signals auf ein Erlöschen der Flammen trotz fälschlicher Erkennung von Flammen durch die Primär-Sensorik und damit einen Fehler in der Primär-Sensorik geschlossen werden kann.

**[0017]** Insbesondere ist die Auswertelektronik eingerichtet, nach Erkennen eines Fehlers in der Primär-Sensorik das Heizgerät abzuschalten, eine Fehlermeldung auszulösen und/oder eine Umschaltung vorzunehmen, so dass das Heizgerät (für einen festgelegten Zeitraum) nur noch in einem für Ionisationsmessungen geeigneten Leistungsbereich betreibbar ist und dabei das Ionisationsmessgerät zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen und zur Regelung des Verbrennungsprozesses eingesetzt wird.

**[0018]** Ein weiterer Aspekt betrifft auch ein Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bewirken, dass die beschriebene Anordnung das beschriebene Verfahren ausführt. Die Auswertung der von den Sensoren gemessenen Daten und deren weitere Verwendung im Heizgerät benötigen ein Programm und Daten für die Steuerung und Regelung des Heizgerätes, wobei beides gelegentlich aktualisiert werden muss.

**[0019]** Die Erläuterungen zum Verfahren können zur näheren Charakterisierung der Anordnung herangezogen werden, und umgekehrt. Die Anordnung kann auch so eingerichtet sein, dass damit das Verfahren durchgeführt wird.

**[0020]** Ein schematisches Ausführungsbeispiel der Erfindung, auf das diese jedoch nicht beschränkt ist, und die Funktionsweise des Verfahrens werden nun anhand der Zeichnung näher erläutert. Es stellt dar:

Fig. 1: ein Heizgerät mit primärer und sekundärer Sensorik.

**[0021]** Fig. 1 zeigt schematisch Teile eines Heizgerätes, insbesondere einen Verbrennungsraum 1 mit einem darin angeordneten Brenner 14. Dem Brenner 14 wird beim Betrieb über eine Luftzufuhr 3 mit einem Gebläse 5 Luft zugeführt, der über eine Brenngaszufuhr 4 mittels eines Brenngasventils 6 Brenngas, hier im Wesentlichen Wasserstoff, beigemischt wird. Ein entstehendes Gemisch verbrennt unter Bildung von Flammen 2 in einem Flammenbereich 9 im Wesentlichen zu Wasser(dampf).

**[0022]** Für einen sicheren Verbrennungsprozess ist es sehr wichtig, das Vorhandensein von Flammen 2 bzw. deren Erlöschen schnell erkennen zu können. Diese Funktion eines Flammenwächters dient vor allem dazu, das Brenngasventil 6 schnell schließen zu können, wenn die Flammen 2 nicht zünden bzw. erlöschen. Dadurch kann eine Ansammlung oder der Austritt von unverbranntem Gemisch auf ein Minimum reduziert werden. In vielen herkömmlichen Heizgeräten für kohlenstoffhaltige

Brennstoffe werden als Flammenwächter seit langem erfolgreich Ionisationsmessgeräte eingesetzt. Flammen 2 bei der Verbrennung von Wasserstoff enthalten jedoch nur sehr wenige Ladungsträger, so dass bei kleinen Flammen 2 (geringer Leistung des Heizgerätes) keine zuverlässigen Ionisationsmessungen durchgeführt werden können.

**[0023]** Aus diesem Grund werden andere primäre Sensoren 7 als Flammenwächter eingesetzt, insbesondere UV-Sensoren (zur Messung von ultravioletter Strahlung aus dem Flammenbereich 9) oder Temperatursensoren (zur Messung der Wärmeentwicklung des Verbrennungsprozesses). Mit einem primären Sensor 7 wird gegebenenfalls auch der Verbrennungsprozess geregelt, insbesondere das Verhältnis (Lambda) von Luft zu Brenngas eingestellt. Beide Funktionen sind so wichtig, dass ein Ausfall des primären Sensors 7 oder seiner zugehörigen primären Sensorelektronik 11 schnellstmöglich erkannt, insbesondere auch ein Wiederstart des Heizgerätes bei defekter primärer Sensorik 7, 11 verhindert werden muss.

**[0024]** Besonders kritisch ist eine Situation, bei der die primäre Sensorik 7, 11 Flammen 2 fälschlich feststellt, obwohl diese nicht vorhanden sind. Besonders für diesen Fall kann die vorliegende Erfindung nützlich sein. Sind während eines Verbrennungsprozesses die Flammen 2 erloschen, während die primäre Sensorik noch fälschlich Flammen 2 feststellt, so wird keine Wärme mehr erzeugt, aber das Brenngasventil 6 (noch) nicht geschlossen. Eine typische Regelungselektronik 13 wird aber feststellen, dass nicht genug Wärme erzeugt wird, und daraufhin die Leistung erhöhen. Eine solche Leistungserhöhung (Modulation) des Verbrennungsprozesses kann aber auch aus anderen Gründen erfolgen und ein völlig fehlerfreier Vorgang sein. Hier kann eine Ionisationsmessung eingesetzt werden, um beide Arten von Leistungserhöhung zu unterscheiden. Oberhalb einer gewissen Mindestleistung sind nämlich im Flammenbereich 9 genügend Ladungsträger für eine zuverlässige Ionisationsmessung vorhanden. Es kann dann, wie bei bekannten Verbrennungsprozessen üblich, ein Ionisationsstrom gemessen und daraus nach bekannten Verfahren ein zuverlässig interpretierbares Ionisationssignal gewonnen werden.

Zu diesem Zweck ist im Flammenbereich 9 eine Ionisationselektrode 8 angeordnet, deren Signal von einer Ionisationsmesselektronik 12 verarbeitet und von einer Auswertelektronik 10 ausgewertet wird. Erkennt die Ionisationsmessung 8, 12 bei einer Leistungserhöhung ein Signal, so handelt es sich um eine fehlerfreie (gewollte) Leistungserhöhung (Modulation). Gibt es jedoch kein Signal, so kann nur ein Fehler vorliegen, und das Brenngasventil 6 muss sofort geschlossen werden, um Ausströmen von unverbranntem Luft-Brenngas-Gemisch zu vermeiden. Es gibt dann typischerweise eine Fehlermeldung oder sogar eine Verriegelung des Gerätes bis zu einer Wartung durch Fachpersonal. Diese Funktionen werden von der Auswertelektronik 10 durchgeführt, wobei diese auch in eine Regelungselektronik 13 integriert

sein kann.

**[0025]** Allerdings ist es bei Heizgeräten oft wünschenswert, dass auch bei Störungen ein Notbetrieb weitergeführt werden kann, der allerdings auch sicher durchführbar sein muss. Diese Möglichkeit bietet sich hier zusätzlich durch die Ionisationsmessung 8, 12, wenn der Betrieb auf Leistungen eingeschränkt wird, bei denen die Ionisationsmessung 8, 12 funktioniert, also auf Leistungen oberhalb der Mindestleistung für Ionisationsmessungen. Erkennt die Auswertelektronik 10, dass die primäre Sensorik 7,11 fehlerhaft arbeitet (eben weil bei Leistungserhöhung kein Ionisationssignal auftritt), so schaltet sie die primäre Sensorik 7, 11 ab und nutzt die Ionisationsmessung 8, 12 für zukünftige Flammenüberwachung und Regelung, bis eine Wartung des Gerätes erfolgt ist. Dazu muss durch die Regelungselektronik 13 gesteuert werden, dass nur Leistungsbereiche erlaubt sind, in denen die Ionisationsmessung 8, 12 funktioniert, was zwar eine Einschränkung des Betriebs bedeutet, aber keinen Verlust an Sicherheit und Verfügbarkeit.

**[0026]** Die vorliegende Erfindung ermöglicht einen sicheren Betrieb von mit Wasserstoff betreibbaren Heizgeräten und mindert gleichzeitig die Risiken einer fehlerhaften primären Sensorik 7, 11 bei hoher Verfügbarkeit durch einen Notlaufbetrieb mit Ionisationsmessung 8, 12.

#### Bezugszeichenliste

#### [0027]

- 1 Verbrennungsraum (eines Heizgerätes)
- 2 Flammen
- 3 Luftzufuhr
- 4 Brenngaszufuhr
- 5 Gebläse
- 6 Brenngasventil
- 7 Primärer Sensor (UV-Sensor, Temperatursensor)
- 8 Ionisationselektrode
- 9 Flammenbereich
- 10 Auswertelektronik
- 11 Primäre Sensorelektronik
- 12 Ionisationsmesselektronik
- 13 Regelungselektronik
- 14 Brenner

#### Patentansprüche

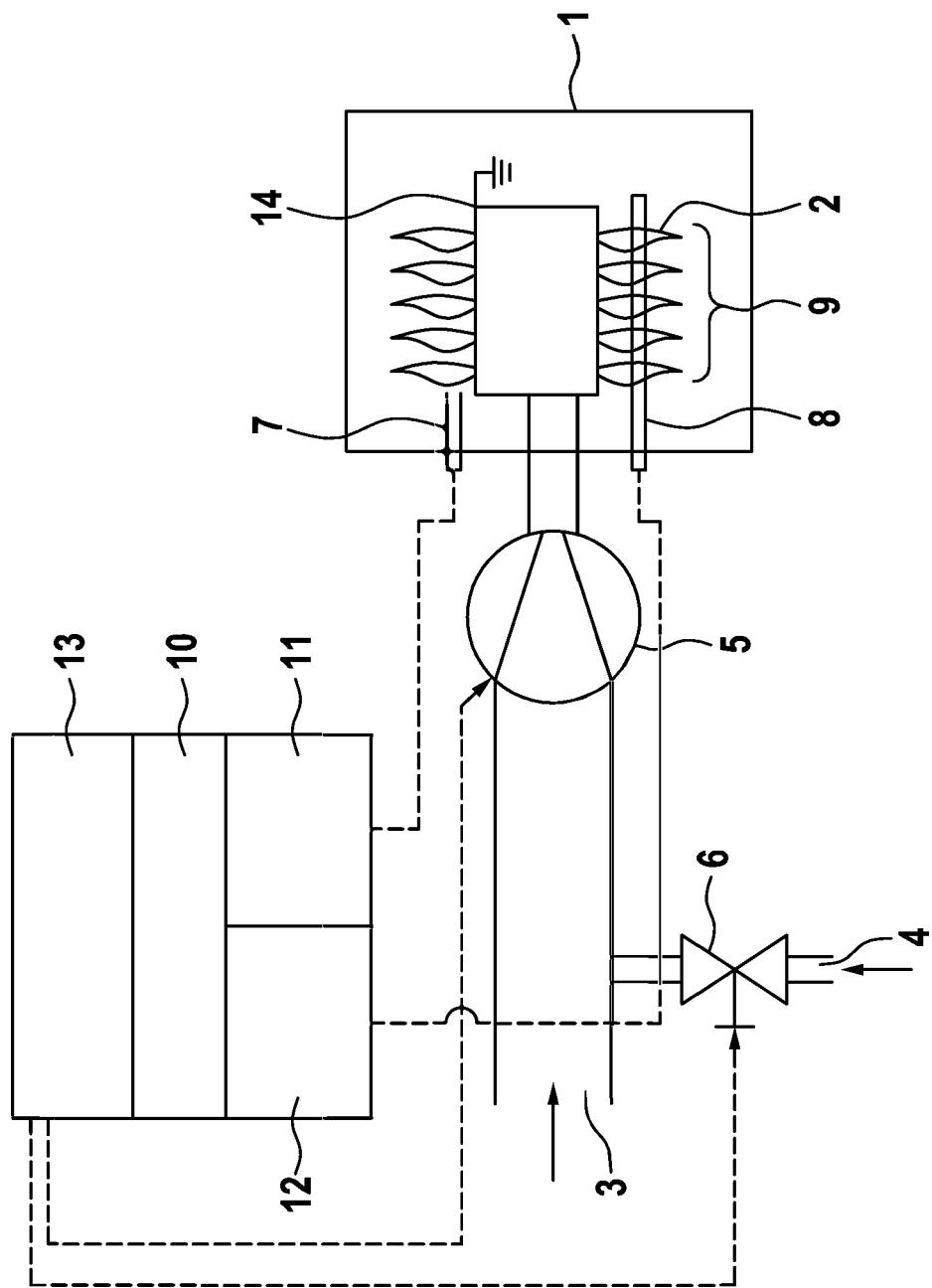
1. Verfahren zum sicheren Betreiben und Regeln eines Verbrennungsprozesses in einem Verbrennungsraum (1) eines Heizgerätes, wobei Wasserstoff oder ein mehr als 90 % Wasserstoff enthaltendes Brenngas mit Luft verbrannt wird, wobei weiter zumindest zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen (2) eine nicht auf Ionisationsmessung basierende Primär-Sensorik (7,11) eingesetzt wird und wobei sekundär eine Ionisationsmessung (8, 12) in einem Flammenbereich (9) im Verbrennungsraum (1)

durchgeführt wird, deren Ionisationssignal bei einer Störung eines Primär-Sensors (7) und/oder einer zu gehörigen primären Sensorelektronik (11) einen Fehler erkennt und/oder eine Notlaufregelung einleitet.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Primär-Sensorik (7, 11) ultraviolette Strahlung im oder am Verbrennungsraum (1) erfasst.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Primär-Sensorik (7, 11) Temperaturen im oder am Verbrennungsraum (1) erfasst.
- 15 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die nicht auf Ionisationsmessung basierende Primär-Sensorik (7, 11) auch zur Regelung des Verhältnisses von Luft zu Brenngas eingesetzt wird.
- 20 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ionisationsmessung (8, 12) durchgeführt wird, um zwei Arten von Leistungserhöhung voneinander zu unterscheiden.
- 25 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Ionisationsmessung (8, 12) im Betrieb unterhalb einer Mindestleistung des Heizgerätes nicht immer ein für eine Regelung verwertbares Signal liefert, so dass dieses verworfen wird, aber bei höherer Leistung ein Ionisationssignal misst, mit dem bei Ausfall der Primär-Sensorik (7, 11) festgestellt wird, ob weiterhin Flammen (2) vorhanden sind, und mit dem bei Bedarf auch eine Notlaufregelung in einem Leistungsbereich oberhalb der Mindestleistung durchgeführt wird.
- 30 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei bei einem Erlöschen der Flammen (2), aber fälschlich von der Primär-Sensorik (7, 11) Flammen (2) erkannt und deshalb von einer Regelungselektronik (13) die Leistung des Heizgerätes erhöht wird, und oberhalb einer Mindestleistung kein verwertbares Ionisationssignal festgestellt wird, auf das Erlöschen der Flammen (2) aus dem Ausbleiben dieses Ionisationssignals geschlossen und eine Sicherheitsmaßnahme eingeleitet wird.
- 35 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei nach einem Feststellen eines fälschlichen Flammensignals der Primär-Sensorik (7, 11), diese nicht mehr bei einem Neustart des Heizgerätes in einem Notlaufbetrieb berücksichtigt wird, sondern das Heizgerät bei Bedarf nur noch in einem Leistungsbereich betrieben wird, in dem die sekundäre Ionisationsmessung (8, 12) zum Feststellen von Flammen (2) und zur Regelung einsetzbar ist, wobei die Ionisationsmessung (8, 12) die primäre Sensorik
- 40
- 45
- 50
- 55

(7, 11) ersetzt.

9. Anordnung zum sicheren Betreiben und Regeln eines Verbrennungsprozesses in einem Verbrennungsraum (1) eines Heizgerätes zur Verbrennung von Wasserstoff oder einem mehr als 90 % Wasserstoff enthaltenden Brenngas mit Luft, wobei zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen (2) und zur Regelung des Verhältnisses von Luft zu Brenngas eine nicht auf Ionisationsmessung basierende Primär-Sensorik (7, 11) vorhanden ist und wobei ein sekundäres Ionisationsmessgerät (8, 12) zur Messung einer Ionisation in einem Flammenbereich (9) im Verbrennungsraum (1) vorhanden ist, dessen Ionsignal bei einer Störung eines Primär-Sensors (7) und/oder einer zugehörigen primären Sensorslektronik (11) eine Fehlererkennung und/oder eine Notlaufregelung ermöglicht. 5
10. Anordnung nach Anspruch 9, wobei eine Auswertelektronik (10) vorhanden ist, die dazu eingerichtet ist, bei einer von einer Regelungselektronik (13) angestrebten Leistungserhöhung des Heizgerätes über eine Mindestleistung zu prüfen, ob ein Ionisationssignal auftritt, so dass bei einem Fehlen dieses Signals auf ein Erlöschen der Flammen (2) trotz fälschlicher Erkennung von Flammen (2) durch die Primär-Sensorik (7, 11) und damit einen Fehler in der Primär-Sensorik (7, 11) geschlossen werden kann. 20 25 30
11. Anordnung nach Anspruch 10, wobei die Auswertelektronik (10) eingerichtet ist, nach Erkennen eines Fehlers in der Primär-Sensorik (7, 11) das Heizgerät abzuschalten, eine Fehlermeldung auszulösen und/oder eine Umschaltung vorzunehmen, so dass das Heizgerät nur noch in einem für Ionisationsmessungen geeigneten Leistungsbereich betreibbar ist und dabei das Ionisationsmessgerät (8, 12) zur Erkennung des Vorhandenseins von Flammen (2) und zur Regelung des Verbrennungsprozesses eingesetzt wird. 35 40
12. Computerprogrammprodukt, umfassend Befehle, die bewirken, dass die Anordnung nach einem der Ansprüche 9 bis 11 das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausführt. 45



**Fig. 1**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 18 9846

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	Y	EP 3 663 646 A1 (SIEMENS AG [DE]) 10. Juni 2020 (2020-06-10) * Absätze [0001], [0007] – [0008], [0011] – [0015]; Abbildungen 1–4 * * Absatz [0017] – Absatz [0021] * * Absatz [0025] – Absatz [0026] * * Absatz [0034] – Absatz [0036] * * Absätze [0040], [0044] * -----	1–4, 8, 9, 12	INV. F23N5/08 F23N5/10 F23N5/12 F23N5/24
15	Y	EP 3 825 623 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 26. Mai 2021 (2021-05-26) * Absätze [0001], [0002]; Abbildung 2 * * Absatz [0006] – Absatz [0010] * * Absätze [0012] – [0016] * * Absatz [0022] – Absatz [0025] * * Absatz [0031] – Absatz [0034] * -----	1–4, 8, 12	
20	Y, D	EP 3 663 648 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 10. Juni 2020 (2020-06-10) * Absätze [0001], [0002]; Abbildung 1 * * Absätze [0006], [0013], [0014], [0016], [0017] * * Absatz [0024], [0025] * * Absatz [0027] – Absatz [0038] * -----	9, 12	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
25				F23D F23C F23N
30				
35				
40				
45				
50	2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)	Recherchenort <b>München</b>	Abschlußdatum der Recherche <b>20. Januar 2023</b>	Prüfer <b>Hauck, Gunther</b>
		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		
		X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
		Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist	
		A : technologischer Hintergrund	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	
		O : nichtschriftliche Offenbarung	L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument	
		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

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

EP 22 18 9846

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente 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.

20-01-2023

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	<b>EP 3663646</b> <b>A1</b> <b>10-06-2020</b>	<b>CN</b> <b>111288484 A</b> <b>EP</b> <b>3663646 A1</b> <b>ES</b> <b>2885902 T3</b> <b>HU</b> <b>E055228 T2</b> <b>PL</b> <b>3663646 T3</b> <b>RU</b> <b>2727815 C1</b> <b>US</b> <b>2020182463 A1</b>		<b>16-06-2020</b> <b>10-06-2020</b> <b>15-12-2021</b> <b>29-11-2021</b> <b>27-09-2021</b> <b>24-07-2020</b> <b>11-06-2020</b>	
20	<b>EP 3825623</b> <b>A1</b> <b>26-05-2021</b>	<b>DE</b> <b>102019131310 A1</b> <b>EP</b> <b>3825623 A1</b>		<b>20-05-2021</b> <b>26-05-2021</b>	
25	<b>EP 3663648</b> <b>A1</b> <b>10-06-2020</b>	<b>CN</b> <b>111271729 A</b> <b>EP</b> <b>3663648 A1</b> <b>ES</b> <b>2929188 T3</b>		<b>12-06-2020</b> <b>10-06-2020</b> <b>25-11-2022</b>	
30					
35					
40					
45					
50					
55					

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**

- DE 3937290 A1 [0003]
- EP 1154202 A2 [0003]
- EP 3663648 A1 [0004]
- EP 2223016 B1 [0004]