



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**12.10.2022 Patentblatt 2022/41**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F23N 5/02<sup>(2006.01)</sup> F23D 14/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **22162920.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F23N 5/022; F23D 14/02; F23C 2900/9901;  
F23N 2225/16**

(22) Anmeldetag: **18.03.2022**

(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**

- **Wohlfeil, Arnold**  
**42799 Leichlingen (DE)**
- **Grabe, Jochen**  
**51688 Wipperfürth (DE)**
- **Staab, Fabian**  
**42283 Wuppertal (DE)**
- **Hopf, Matthias**  
**42855 Remscheid (DE)**
- **Schumacher, Michael**  
**51688 Wipperfürth (DE)**

(30) Priorität: **30.03.2021 DE 102021108014**

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

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

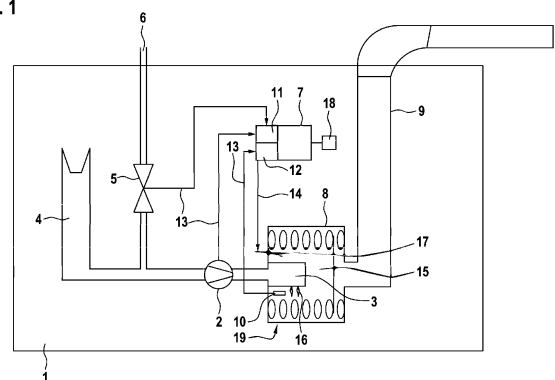
(72) Erfinder:  
• **Oerder, Bodo**  
**42897 Remscheid (DE)**

(54) **VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR BEOBACHTUNG VON FLAMMEN IN EINEM VERBRENNUNGSRAUM EINES HEIZGERÄTES, DAS MIT WASSERSTOFF ODER WASSERSTOFFHALTIGEM BRENNGAS BETREIBBAR IST**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zum Beobachten oder Überwachen von Flammen (16) in einem Verbrennungsraum (15) eines Heizgerätes (1), welches mit Wasserstoff oder einem wasserstoffhaltigen Brenngas betrieben wird, wobei eine Temperatur (TM) an mindestens einer Messstelle (19) in oder an dem Verbrennungsraum (15) gemessen wird, wobei außerdem die Temperatur (TB) an der Messstelle (19) anhand eines mathematischen Modells (11) aus anderen an dem Heizgerät (1) gemessenen oder vorgegebenen physikalischen Betriebsdaten (PB) berechnet wird, wobei das mathematische Modell (11) physikalische Eigenschaften des Verbrennungsraumes (15) und für die Verbrennung wesentliche Parameter berücksichtigt, nämlich die Wärmekapazität wesentlicher Bauteile des Verbrennungsraumes (15) sowie die Wärmeleitung und Wärmeübergangszahlen von verwendeten Materialien und eines verwendeten Temperatursensors (10) und wobei die gemessene Temperatur (TM) und/oder deren zeitliches Verhalten (TM') mit der berechneten (TB, TB') verglichen und bei Abweichungen oberhalb eines Schwellwertes auf ein Zünden oder ein Erlöschen der Flammen (16) geschlossen wird. Die Erfindung erlaubt es, bei einem breiten Spektrum an Betriebszuständen eines Heizgerätes (1) mit einem Temperatursensor (10) eine zuverlässige Überwachung des Vorhandenseins

von Flammen (16) im Verbrennungsraum (15) zu verwirklichen.

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Beobachtung von Flammen in einem Verbrennungsraum eines Heizgerätes, das mit Wasserstoff und/oder einem wasserstoffhaltigen Brenngas betreibbar ist. Wasserstoff als Brenngas oder als Beimischung zu Brenngasen wird immer wichtiger, und es werden große Anstrengungen unternommen, neue oder auch existierende Heizgeräte für einen Betrieb damit zu ertüchtigen. 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.

**[0002]** Wasserstoff unterscheidet sich bei seiner Verbrennung in mehreren Punkten von bisher verwendeten Brenngasen, insbesondere ist eine Wasserstoffflamme für das menschliche Auge fast unsichtbar, strahlt weniger Wärme ab als mit kohlenstoffhaltigen Brennstoffen erzeugte Flammen, und es werden andere Messsysteme benötigt als bei Heizgeräten für Brennstoffe aus Kohlenwasserstoffen. Die vorliegende Erfindung ist daher besonders, aber nicht nur geeignet für Heizgeräte, die mit reinem Wasserstoff oder mit Brenngas, das zu mehr als 50%, insbesondere mehr als 97% aus Wasserstoff besteht, betrieben werden.

**[0003]** In Heizgeräten werden bisher im Allgemeinen einfache und robuste Sensoren für 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 Aufgabe 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).

**[0004]** Als Ersatz für bisher häufig verwendete Ionisationsmessungen, die bei Wasserstoff als oder im Brenngas nicht oder weniger zuverlässig funktionieren, wurden schon Temperaturmessungen im oder am Verbrennungsraum vorgeschlagen, da sich beim Zünden und Erlöschen von Flammen charakteristische Temperaturänderungen zeigen. Ein Flammenwächter und/oder eine Regelung der Verbrennung in einem Verbrennungsraum können daher grundsätzlich auch mit Temperaturmessungen durchgeführt werden. Wird das Vorhandensein einer Flamme in einem Verbrennungsraum mittels mindestens eines Temperatursensors überwacht, wird dessen Messwert kontinuierlich oder quasikontinuierlich an eine Steuer- und Regeleinheit weitergeleitet, wobei die Steuer- und Regeleinheit den Messwert und sein zeitliches Verhalten überwacht und mit vorgebbaren Sollbereichen vergleicht, und bei Abweichungen von einem der Sollbereiche die Brenngaszufuhr beendet.

**[0005]** Es können hierfür in der Steuer- und Regelein-

heit Kalibrierdaten oder Kennfelder gespeichert sein oder verfügbar gemacht werden, mit denen Messwerte und deren zeitliche Ableitungen verglichen werden können.

5 **[0006]** Zündet eine Flamme ordnungsgemäß, so wird von dem Temperatursensor ein Anstieg der Temperatur gemessen. Erlischt die Flamme, so wird ein Abfall der Temperatur gemessen. Überschreitet die Temperaturabsenkung pro Zeiteinheit einen vorher z. B. experimentell ermittelten Wert, so wird dies als Erlöschen der Flamme durch die Auswerte- und Regeleinheit interpretiert und das Brenngasventil geschlossen. Bei der Zündung des Brenners wird umgekehrt verfahren. Kommt es nach der Zündung zu keinem schnellen Temperaturanstieg an dem Temperatursensor, so kann auf eine Fehlzündung geschlossen werden. Steigt die Temperatur mit der erwarteten Geschwindigkeit, so wird der Zündvorgang als erfolgreich gewertet. Durch die Temperaturüberwachung kann sichergestellt werden, dass Wasserstoff verbrannt wird. Dies gilt insbesondere immer dann, wenn die Temperatur im Verbrennungsraum  $> 833 \text{ K}$  [Kelvin] (Selbstzündungstemperatur von Wasserstoff in Luft) und das Luftverhältnis  $> 1$  (Lambda-Wert  $> 1$ ) ist. Das Verbrennungsluftverhältnis (Lambda) setzt die tatsächlich zur Verfügung stehende Luftmasse ins Verhältnis zur mindestens notwendigen Luftmasse, die für eine stöchiometrisch vollständige Verbrennung theoretisch benötigt wird. Durch die Temperaturüberwachung mit der Funktion eines Flammenwächters kann also sichergestellt werden, dass eine Verbrennung stattfindet bzw. eine Abschaltung erfolgt, falls die Flamme erlischt.

30 **[0007]** Die beschriebenen Auswertungen erfordern allerdings eine gewisse Begrenzung des Anwendungsbereiches, in dem die Messwerte sicher interpretierbar sind, was den Einsatz dieser Technologie bei sicherheitsrelevanten Funktionen einschränken kann. Es ist nämlich nicht immer möglich, insbesondere bei sich ändernden Betriebsbedingungen (Modulation der Leistung, Abnahme unterschiedlicher Wärmemengen pro Zeiteinheit, Wiederstart nach einer Abschaltung etc.) des Heizgerätes, Temperaturen und/oder deren Änderungen eindeutig zu interpretieren. So kann z. B. eine schnelle Reduzierung der Leistung oder eine schnelle Zunahme der Wärmeabfuhr durch einen Wärmetauscher fälschlich als Erlöschen der Flammen angesehen werden, was eine sofortige Abschaltung auslösen würde.

40 **[0008]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, die mit Bezug auf den Stand der Technik geschilderten Probleme wenigstens teilweise zu lösen. Insbesondere sollen ein Verfahren und eine Anordnung geschaffen werden, mit denen sich bei unterschiedlichen oder sich ändernden Betriebsbedingungen zuverlässig das Zünden und/oder das Erlöschen von Flammen in einem Verbrennungsraum eines Heizgerätes erkennen lässt.

55 **[0009]** Zur Lösung dieser Aufgabe dienen ein Verfahren und eine Anordnung sowie ein Computerprogrammprodukt gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfin-

dung sind in den jeweiligen abhängigen Ansprüchen angegeben. Die Beschreibung, insbesondere im Zusammenhang mit der Zeichnung, veranschaulicht die Erfindung und gibt weitere Ausführungsbeispiele an.

**[0010]** Hierzu trägt ein Verfahren bei zum Beobachten oder Überwachen von Flammen in einem Verbrennungsraum eines Heizgerätes, welches mit Wasserstoff oder einem wasserstoffhaltigen Brenngas betrieben wird, wobei eine Temperatur an mindestens einer Messstelle in oder an dem Verbrennungsraum gemessen wird, wobei außerdem die Temperatur an der Messstelle anhand eines mathematischen Modells aus anderen an dem Heizgerät gemessenen oder vorgegebenen physikalischen Betriebsdaten berechnet wird und wobei die gemessene Temperatur und/oder deren zeitliches Verhalten mit der berechneten verglichen und bei Abweichungen oberhalb eines Schwellwertes auf ein Zünden oder ein Erlöschen der Flammen geschlossen wird.

**[0011]** Statt charakteristische Verläufe einer gemessenen absoluten Temperatur oder von deren zeitlichem Verhalten zu identifizieren, berechnet das mathematische Modell eine theoretische Temperatur und/oder einen theoretischen Temperaturverlauf, die gemessen werden müssten, wenn alle Systeme ordnungsgemäß funktionieren. Mit diesen werden dann die tatsächlich gemessenen Daten verglichen. Dies erlaubt (sofern das mathematische Modell gut genug ist und ihm genügend Informationen zur Verfügung stehen, was bei modernen Heizgeräten typischerweise der Fall ist) ggf. unter anderem eine Entscheidung, ob Flammen gezündet oder erloschen sind, unter praktisch allen Betriebsbedingungen und mit großer Zuverlässigkeit. So lässt sich ein robuster Flammenwächter für einen weiten Modulationsbereich der Leistung des Heizgerätes und viele unterschiedliche Betriebssituationen realisieren. Außerdem erlaubt das Modell eine Kontrolle oder Plausibilitätsprüfung von Messgeräten und Signalwegen. Dies bedeutet einen zusätzlichen Sicherheitsgewinn, weil frühzeitig erkannt werden kann, wenn einzelne Sensoren ausfallen, drifteten oder falsche Messwerte liefern. Abweichungen zwischen Modell und real gemessenen physikalischen Größen, die bei ähnlichen Betriebsbedingungen vorher nicht aufgetreten sind, können Hinweise auf Fehler liefern.

**[0012]** Das mathematische Modell berücksichtigt dabei die physikalischen Eigenschaften des Verbrennungsraumes und für die Verbrennung wesentliche Parameter. Der Verbrennungsraum, allgemeiner auch als Warmzelle bezeichnet, lässt sich wegen einer gewissen Symmetrie und Homogenität mit relativ wenigen Parametern schon gut beschreiben, wodurch die Temperatur als Funktion dieser Parameter abgebildet werden kann.

**[0013]** Dazu werden die Wärmekapazität wesentlicher Bauteile des Verbrennungsraumes (oder eine integrale Betrachtung davon), die Wärmeleitung und Wärmeübergangszahlen von verwendeten Materialien und eines verwendeten Temperaturmesssystems als physikalische Eigenschaften berücksichtigt. Wird dem Verbrennungsraum Wärme durch Verbrennung zugeführt, so

heißt sich dieser auf, wobei jedoch nicht nur der gasförmige Inhalt des Verbrennungsraumes, sondern auch die Wärmeaufnahme von Wänden, insbesondere eines dort integrierten Wärmetauschers, und anderer Bauteile berücksichtigt werden. Deren Wärmekapazität und die Schnelligkeit, mit der Wärme in diese Bauteile übergeht (abhängig von Wärmeübergangszahlen), werden von dem Modell berücksichtigt. Auch die Eigenschaften eines Temperatursensors selbst sollten Beachtung finden, da ein Temperatursensor träge sein und verzögert auf Temperaturänderungen reagieren kann. Alle Eigenschaften des Verbrennungsraumes sind praktisch konstant, so dass das Verhalten des Verbrennungsraumes bei Wärmezufuhr oder -abfuhr durch gespeicherte Kennfelder (gerechnet und/oder Erfahrungswerte) oder wenige Parameter beschrieben werden kann.

**[0014]** Auch werden bevorzugt von dem mathematischen Modell die Massenströme an Luft und Brenngas, die aus diesen Massenströmen durch Verbrennung erzielbare Energiemenge pro Zeiteinheit und die Umgebungstemperatur als für die Verbrennung wesentliche Betriebsdaten berücksichtigt. Bei einem modernen Heizgerät stehen viele Daten zur Verfügung, von denen für das Modell benötigte genutzt werden können. Im Ergebnis benötigt das Modell die Information, wieviel Luft mit welcher Temperatur und wieviel Brenngas mit welcher Temperatur dem Verbrennungsraum jeweils pro Zeiteinheit zugeführt wird. Die Drehzahl eines Gebläses und die Öffnung eines Brenngasventils können beispielsweise geeignete Parameter für die jeweiligen Massenströme sein. Aus der Art des Brenngases und unter der Voraussetzung einer vollständigen Verbrennung kann dann die pro Zeiteinheit dem Verbrennungsraum zugeführte (Wärme-)Energie berechnet werden. Ein geeigneter Algorithmus kann die zu erwartende Temperatur (insbesondere an der Messstelle) als Funktion der zugeführten Parameter angeben.

**[0015]** Danach wird bevorzugt die Differenz aus gemessener Temperatur und ohne Verbrennungsenergie berechneter Temperatur oder die Differenz von deren zeitlichem Verhalten ab dem Start des Heizgerätes gebildet und bei Überschreiten eines ersten Schwellwertes wird auf das Zünden von Flammen und Freisetzung von Verbrennungsenergie geschlossen. Da das Modell zwar die Information erhalten könnte, dass eine Zündung ausgelöst wurde, aber nicht berechnen kann, ob auch tatsächlich Flammen gebildet werden, berechnet das Modell beim Start des Heizgerätes die Temperatur ohne Zufuhr von Verbrennungsenergie. Die tatsächliche Temperatur muss dieser so lange entsprechen, wie keine Flammen gezündet wurden. Ist dies zu lange der Fall, so wird die Brenngaszufuhr gestoppt und evtl. der Startvorgang wiederholt oder eine Störmeldung abgegeben. Steigt die gemessene Temperatur aber auf charakteristische Weise über die berechnete, so ist dies ein sicherer Hinweis auf die korrekte Zündung von Flammen, so dass der Betrieb fortgesetzt (und das Modell auf Berechnung mit Verbrennungsenergie umgeschaltet werden) kann. Auch

der umgekehrte Weg ist natürlich möglich, nämlich immer mit Verbrennungsenergie zu rechnen und zu erkennen, ob sich die gemessene Temperatur schnell genug auf den gerechneten Wert erhöht.

**[0016]** Entsprechend wird bevorzugt ab dem Zünden von Flammen die Differenz aus gemessener Temperatur und mit Verbrennungsenergie berechneter Temperatur oder die Differenz deren zeitlichem Verhalten nach dem Startvorgang des Heizgerätes gebildet und bei Unterschreiten eines zweiten vorgebbaren Schwellwertes auf Erlöschen von Flammen und Wegfall von Verbrennungsenergie geschlossen.

**[0017]** Zur Lösung der Aufgabe trägt auch eine Anordnung zum Beobachten oder Überwachen von Flammen in einem Verbrennungsraum eines Heizgerätes bei, welches mit Wasserstoff oder einem wasserstoffhaltigen Brenngas betreibbar ist, wobei mindestens ein Temperatursensor an oder in dem Verbrennungsraum vorhanden ist, der mit einer Steuer- und Regeleinheit verbunden ist, wobei in der Steuer- und Regeleinheit ein mathematisches Modell des Verbrennungsraumes mit Temperatursensor nachgebildet ist, wobei dem Modell Betriebsdaten des Heizgerätes und in der Steuer- und Regeleinheit gespeicherte physikalische Größen des Verbrennungsraumes und des Temperatursensors zuführbar sind, wobei das mathematische Modell physikalische Eigenschaften des Verbrennungsraumes und für die Verbrennung wesentliche Parameter berücksichtigt, nämlich die Wärmekapazität wesentlicher Bauteile des Verbrennungsraumes sowie die Wärmeleitung und Wärmeübergangszahlen von verwendeten Materialien und eines verwendeten Temperatursensors und wobei eine Bewertungslogik vorhanden ist, die eingerichtet ist, aus einer vom mathematischen Modell berechneten Temperatur und/oder deren zeitlichem Verhalten und einer vom Temperatursensor gemessenen Temperatur bzw. deren zeitlichem Verhalten zu ermitteln, ob eine Zündung und/oder ein Erlöschen der Flammen stattgefunden hat. Die Bewertungslogik kann auch komplexere Aufgaben als die reine Differenzbildung von Temperaturen übernehmen, z. B. zeitliche Ableitungen der Temperaturen bilden und vergleichen oder das Vergleichen von charakteristischen Mustern des Temperaturverlaufes jeweils aus berechneten und gemessenen Temperaturen. Jedenfalls aber ist die Bewertung zuverlässiger als die Bewertung einer nur gemessenen absoluten Temperatur bzw. deren zeitlichem Verhalten.

**[0018]** Insbesondere sind dem mathematischen Modell mindestens eine Gebläsedrehzahl, ein Massenstrom an Brenngas und eine Umgebungstemperatur als für die Verbrennung wesentliche physikalische Betriebsdaten zuführbar. Es können auch andere Messgrößen zugeführt werden, die die gleiche Information (Massenströme an Luft und Brenngas, Umgebungstemperatur) durch Umrechnung liefern können.

**[0019]** Außerdem sind dem mathematischen Modell bevorzugt mindestens die Daten über eine Wärmekapazität des Verbrennungsraumes und über eine Trägheit

des Temperatursensors zuführbar. Das Modell kann auch rekursiv arbeiten, indem es in kurzen Zeitabständen z. B. die Temperaturen an verschiedenen Stellen des Verbrennungsraumes berechnet und für die nächste Berechnung diese Temperaturen als Ausgangswert nimmt.

**[0020]** In einer besonderen Ausführungsform sind der Bewertungslogik die gemessene Temperatur und die berechnete Temperatur zuführbar, und die Bewertungslogik ist für die Funktion eines Flammenwächters eingerichtet, indem bei Ausbleiben einer erwarteten Zündung oder einem Erlöschen der Flammen eine Abschaltung eines Brenngasventils und/oder eine Störmeldung auslösbar ist.

**[0021]** Ein weiterer Aspekt betrifft auch ein Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bewirken, dass die beschriebene Anordnung das beschriebene Verfahren ausführt. Die Auswertung der vom Sensor gemessenen Daten, deren weitere Verwendung im Heizgerät und das mathematische Modell sowie die Bewertungslogik benötigen ein Programm und Daten, um die Funktion als Flammenwächter durchführen zu können, wobei beides gelegentlich aktualisiert werden muss.

**[0022]** 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.

**[0023]** 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 stellen dar:

Fig. 1: ein Heizgerät mit Temperatursensor und Steuer- und Regeleinheit und

Fig. 2: den schematischen Aufbau einer Steuer- und Regeleinheit mit mathematischem Modell und Bewertungslogik.

**[0024]** Fig. 1 zeigt schematisch ein für den Betrieb mit Wasserstoff als Brenngas oder mit wasserstoffhaltigem Brenngas ausgelegtes Heizgerät 1. Das Heizgerät 1 weist ein Gebläse 2 auf, welches einen Brenner 3 mit Luft von einer Luftzufuhr 4 versorgt. Über ein Brenngasventil 5 wird Brenngas (hier Wasserstoff oder ein vorwiegend aus Wasserstoff bestehendes Brenngasgemisch) aus einer Brenngasversorgung 6 der Luft beigemischt. Eine Steuer- und Regeleinheit 7 steht über Datenleitungen 13 mit dem Gebläse 2 und dem Brenngasventil 5 in Verbindung, so dass ein für eine Zündung und/oder einen Dauerbetrieb geeignetes Gemisch erzeugt und die dafür vorgenommenen Einstellungen (z. B. Drehzahl des Gebläses 2 und Öffnung des Brenngasventils 5) rückgemeldet werden können. Bei der Verbrennung dieses Gemisches in einem Verbrennungsraum 15 entstehen Flammen 16, deren Wirkung (und damit dessen Vorhandensein) anhand von mindestens einem Temperatursensor 10 an einer Messstelle 19 beobachtet wird. Der Tem-

peratursensor 10 ist ebenfalls über eine Datenleitung 13 mit der Steuer- und Regeleinheit 7 verbunden. Der Verbrennungsraum 15 ist von einem Gehäuse 8 umgeben, in dem sich hier nur angedeutete Wärmetauscherflächen befinden. Entstehende Verbrennungsgase werden über eine Abgasanlage 9 an die Umgebung abgeleitet. Zum Zünden der Verbrennung ist eine Zündeinrichtung 17 vorhanden, die mittels einer Zündleitung 14 mit der Steuer- und Regeleinheit 7 verbunden ist. Eine Anzeige 18 (die bei einer Fernwartung auch an anderer Stelle sein kann) liefert Informationen über den Zustand des Heizgerätes 1.

**[0025]** Da eine zuverlässige Aussage über das Vorhandensein von Flammen 16 allein aufgrund der Messwerte des Temperatursensors 10 nicht unter allen Betriebsbedingungen möglich ist, weist die Steuer- und Regeleinheit 7, wie in Fig. 2 vergrößert dargestellt, ein mathematisches Modell 11 auf, in dem (mittels eines geeigneten Algorithmus) eine Temperatur TB berechnet wird, die sich (theoretisch) unter Berücksichtigung von physikalischen Betriebsdaten PB am Temperatursensor 10 ergeben müsste. Mit dieser wird die tatsächlich gemessene Temperatur TM in einer Bewertungslogik 12 verglichen und bei starken Abweichungen auf ein Zünden bzw. Erlöschen der Flammen 16 geschlossen. Die Bewertungslogik 12 kann auch detailliertere Informationen verarbeiten und das zeitliche Verhalten TM' der gemessenen Temperatur mit dem der berechneten Temperatur TB' oder das Auftreten charakteristischer Muster in beiden vergleichen und daraus auf das Vorhandensein oder Erlöschen von Flammen 16 schließen. Wird ein Ausbleiben einer Zündung oder das Erlöschen von Flammen 16 erkannt, kann eine Störmeldung S ausgegeben werden, beispielsweise auf der Anzeige 18. Außerdem kann mit einem Signal "Flamme vorhanden ja/nein" die sicherheitsrelevante Funktion eines Flammenwächters erfüllt werden.

**[0026]** Die vorliegende Erfindung erlaubt es, bei einem breiten Spektrum an Betriebszuständen eines Heizgerätes 1 mit einem Temperatursensor 10 eine zuverlässige Überwachung des Vorhandenseins von Flammen 16 im Verbrennungsraum 15 zu verwirklichen.

#### Bezugszeichenliste

#### [0027]

- |    |                          |
|----|--------------------------|
| 1  | Heizgerät                |
| 2  | Gebläse                  |
| 3  | Brenner                  |
| 4  | Luftzufuhr               |
| 5  | Brenngasventil           |
| 6  | Brenngasversorgung       |
| 7  | Steuer- und Regeleinheit |
| 8  | Gehäuse                  |
| 9  | Abgasanlage              |
| 10 | Temperatursensor         |
| 11 | Mathematisches Modell    |

- |    |                                                     |
|----|-----------------------------------------------------|
| 12 | Bewertungslogik                                     |
| 13 | Datenleitungen                                      |
| 14 | Zündleitung                                         |
| 15 | Verbrennungsraum                                    |
| 16 | Flammen                                             |
| 17 | Zündeinrichtung                                     |
| 18 | Anzeige                                             |
| 19 | Messstelle                                          |
| 10 | PB physikalische Betriebsdaten                      |
|    | TM gemessene Temperatur                             |
|    | TM' zeitliches Verhalten der gemessenen Temperatur  |
|    | TB berechnete Temperatur                            |
| 15 | TB' zeitliches Verhalten der berechneten Temperatur |
| S  | Störmeldung                                         |

#### Patentansprüche

- |    |                                                      |
|----|------------------------------------------------------|
| 20 | 1. Verfahren zum Beobachten oder Überwachen von      |
|    | Flammen (16) in einem Verbrennungsraum (15) ei-      |
|    | nes Heizgerätes (1), welches mit Wasserstoff oder    |
|    | einem wasserstoffhaltigen Brenngas betrieben wird,   |
| 25 | wobei eine Temperatur (TM) an mindestens einer       |
|    | Messstelle (19) in oder an dem Verbrennungsraum      |
|    | (15) gemessen wird, wobei außerdem die Tempe-        |
|    | ratur (TB) an der Messstelle (19) anhand eines ma-   |
| 30 | thematischen Modells (11) aus anderen an dem         |
|    | Heizgerät (1) gemessenen oder vorgegebenen phy-      |
|    | sikalischen Betriebsdaten (PB) berechnet wird, und   |
|    | wobei die gemessene Temperatur (TM) und/oder         |
|    | deren zeitliches Verhalten (TM') mit der berechneten |
| 35 | (TB, TB') verglichen und bei Abweichungen ober-      |
|    | halb eines Schwellwertes auf ein Zünden oder ein     |
|    | Erlöschen der Flammen (16) geschlossen wird und      |
|    | wobei das mathematische Modell (11) physikalische    |
|    | Eigenschaften des Verbrennungsraumes (15) und        |
| 40 | für die Verbrennung wesentliche Parameter berück-    |
|    | sichtigt, nämlich die Wärmekapazität wesentlicher    |
|    | Bauteile des Verbrennungsraumes (15) sowie die       |
|    | Wärmeleitung und Wärmeübergangszahlen von            |
|    | verwendeten Materialien und eines verwendeten        |
| 45 | Temperatursensors (10).                              |
|    | 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei Massenströme     |
|    | an Luft und Brenngas, die aus diesen Massenströ-     |
|    | men durch Verbrennung erzielbare Energiemenge        |
| 50 | pro Zeiteinheit und eine Umgebungstemperatur als     |
|    | für die Verbrennung wesentliche Parameter berück-    |
|    | sichtigt werden.                                     |
|    | 3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wo-  |
| 55 | bei die Differenz aus gemessener Temperatur (TM)     |
|    | und ohne Verbrennungsenergie berechneter Tem-        |
|    | peratur (TB) oder von deren zeitlichem Verhalten     |
|    | (TM', TB') ab einem Start des Heizgerätes (1) gebil- |
|    | det und bei Überschreiten eines ersten Schwellwer-   |

tes auf das Zünden von Flammen (16) und Freisetzung von Verbrennungsenergie geschlossen wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ab dem Zünden von Flammen (16) die Differenz aus gemessener Temperatur (TM) und mit Verbrennungsenergie berechneter Temperatur (TB) oder deren zeitlichem Verhalten (TM', TB') ab einem Start des Heizgerätes (1) gebildet und bei Unterschreiten eines zweiten vorgebbaren Schwellwertes auf Erlöschen von Flammen (16) und Wegfall von Verbrennungsenergie geschlossen wird. 5  
10
5. Anordnung zum Beobachten oder Überwachen von Flammen (16) in einem Verbrennungsraum (15) eines Heizgerätes (1), welches mit Wasserstoff oder einem wasserstoffhaltigen Brenngas betreibbar ist, wobei mindestens ein Temperatursensor (10) an oder in dem Verbrennungsraum (15) vorhanden ist, der mit einer Steuer- und Regeleinheit (7) verbunden ist, wobei in der Steuer- und Regeleinheit (7) ein mathematisches Modell (11) des Verbrennungsraumes (15) mit Temperatursensor (10) nachgebildet ist, wobei dem Modell (11) physikalische Betriebsdaten (PB) des Heizgerätes (1) und in der Steuer- und Regeleinheit (7) gespeicherte physikalische Größen des Verbrennungsraumes (15), nämlich die Wärmekapazität wesentlicher Bauteile des Verbrennungsraumes (15) sowie die Wärmeleitung und Wärmeübergangszahlen von verwendeten Materialien und des verwendeten Temperatursensors (10) zuführbar sind und wobei eine Bewertungslogik (12) vorhanden ist, die eingerichtet ist, aus einer vom mathematischen Modell (11) berechneten Temperatur (TB) und/oder deren zeitlichem Verhalten (TB') und einer vom Temperatursensor (10) gemessenen Temperatur (TM) bzw. deren zeitlichem Verhalten (TM') zu ermitteln, ob eine Zündung und/oder ein Erlöschen der Flammen (16) stattgefunden hat. 15  
20  
25  
30  
35  
40
6. Anordnung nach Anspruch 5, wobei dem mathematischen Modell (11) mindestens eine Gebläsedrehzahl, ein Massenstrom an Brenngas und eine Umgebungstemperatur als für die Verbrennung wesentliche physikalische Betriebsdaten zuführbar sind. 45
7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, wobei dem mathematischen Modell (11) mindestens Daten über eine Wärmekapazität des Verbrennungsraumes (15) und über eine Trägheit des Temperatursensors (10) zuführbar sind. 50
8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei der Bewertungslogik (12) die gemessene Temperatur (TM) und die berechnete Temperatur (TB) zuführbar sind und die Bewertungslogik (12) für die Funktion eines Flammenwächters eingerichtet ist, indem bei Ausbleiben einer erwarteten Zündung 55

oder einem Erlöschen der Flammen (16) eine Abschaltung eines Brenngasventils (5) auslösbar ist.

9. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bewirken, dass die Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8 das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ausführt.

Fig. 1

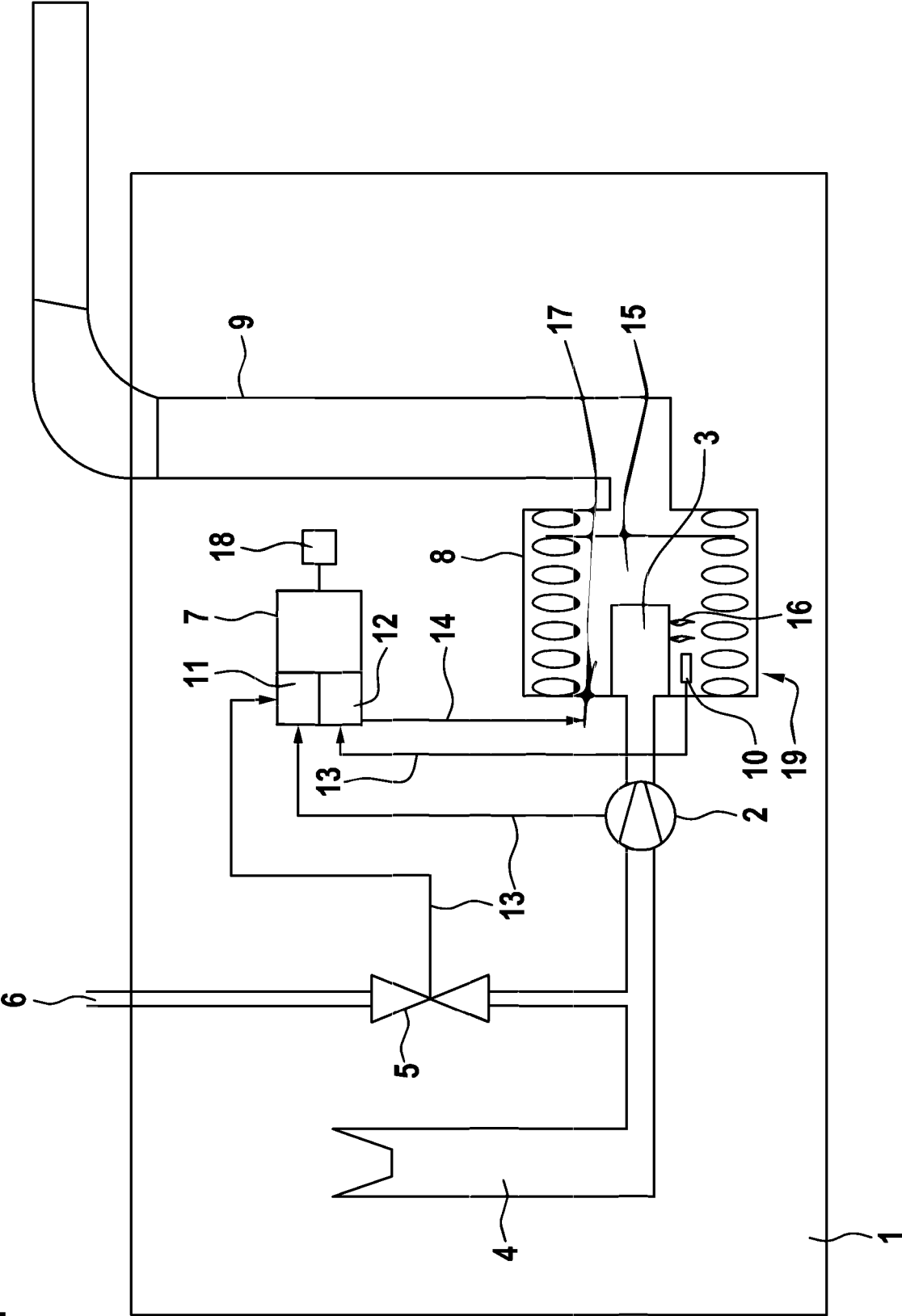
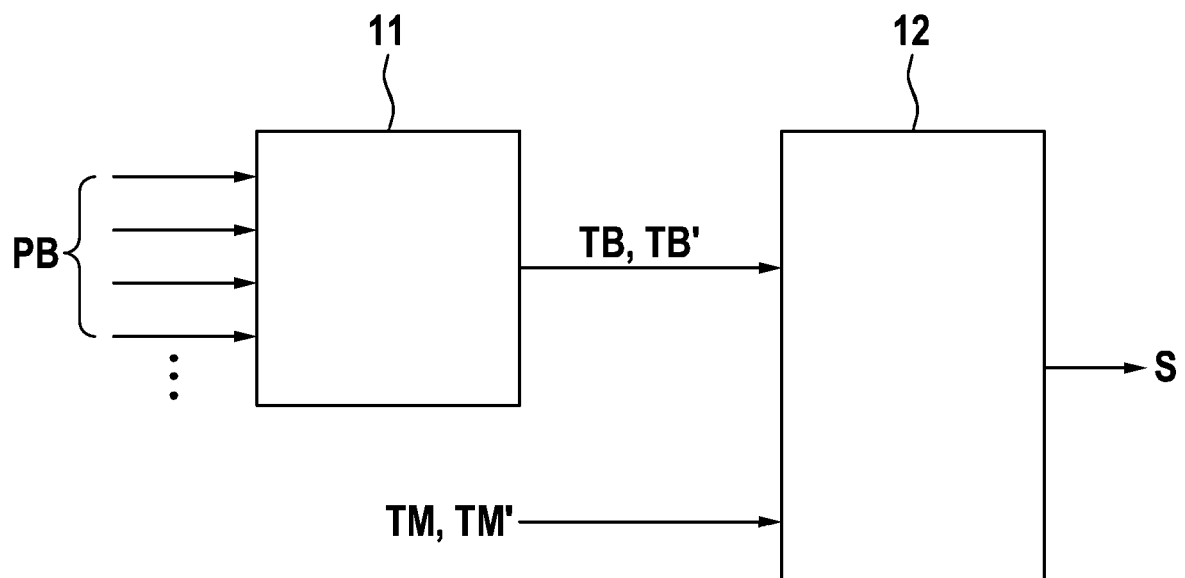


Fig. 2







## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 2920

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                                                                                                                      | Betrifft Anspruch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)                          |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                        | DE 10 2012 220526 B3 (EBERSPAECHER CLIMATE CONTROL SYS GMBH & CO KG [DE])<br>23. Januar 2014 (2014-01-23)<br>* Seite 2, Absatz 1 – Seite 3, Absatz 8 *<br>* Seite 3, Absatz 13 – Seite 6, Absatz 32 *<br>* Abbildung 1 * | 1, 5, 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | INV.<br>F23N5/02<br>F23D14/02                               |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                        | WO 2020/079445 A1 (WORGAS BURNERS LTD [GB]) 23. April 2020 (2020-04-23)<br>* Seite 8, Zeile 19 – Seite 9, Zeile 17 *<br>* Abbildungen 1-3 *                                                                              | 1, 5, 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                             |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)<br><br>F23N<br>F23C<br>F23D |
| Recherchenort<br><b>München</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                          | Abschlußdatum der Recherche<br><b>25. August 2022</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Prüfer<br><b>Gavriliu, Costin</b>                           |
| KATEGORIE DER GENANNTE DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur |                                                                                                                                                                                                                          | T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>.....<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                             |

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

EP 22 16 2920

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

25-08-2022

| 10 | Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
|    | <b>DE 102012220526 B3</b>                           | <b>23-01-2014</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| 15 | <b>WO 2020079445 A1</b>                             | <b>23-04-2020</b>             | <b>EP 3856447 A1</b>              | <b>04-08-2021</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>US 2021348755 A1</b>           | <b>11-11-2021</b>             |
|    |                                                     |                               | <b>WO 2020079445 A1</b>           | <b>23-04-2020</b>             |
| 20 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 25 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 30 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 35 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 40 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 45 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 50 |                                                     |                               |                                   |                               |
| 55 |                                                     |                               |                                   |                               |

EPO FORM P0461

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