



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
11.09.2024 Patentblatt 2024/37

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23C 6/02 (2006.01) F23D 14/14 (2006.01)
F23D 14/82 (2006.01) F23N 1/02 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 24161385.0

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 1/022; F23C 6/02; F23D 14/145; F23D 14/82;
F23C 2900/9901; F23N 2237/02; F23N 2237/10

(22)

Anmeldetag: 05.03.2024

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(71)

Anmelder: Vaillant GmbH
42859 Remscheid NRW (DE)

(72)

Erfinder: Lemagnen, Thomas
44360 St Etienne de M (FR)

(74)

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

(30)

Priorität: 09.03.2023 DE 102023105827

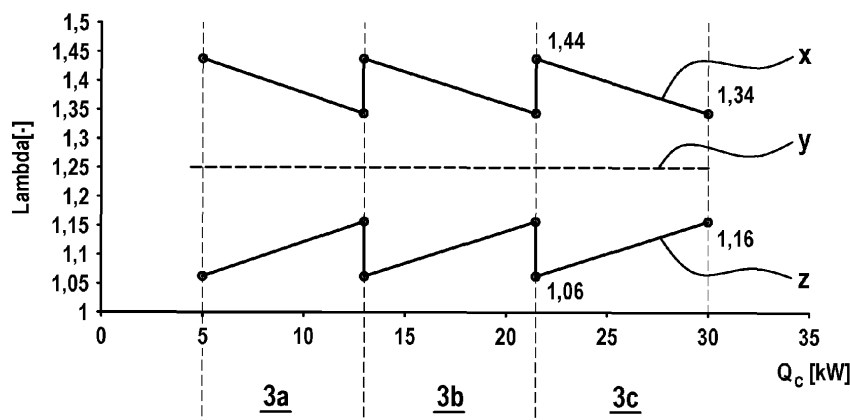
(54)

VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES VARIABLEN BRENNERS, BRENNER UND COMPUTERPROGRAMM

(57) Verfahren zum Betrieb eines Brenners (1) eines Gasheizgerätes (2), wobei der Brenner (1) eine variabel einstellbare Brennerfläche (3) aufweist, und das Gasheizgerät (2) mit jeder der Brennerflächen (3) mit einer minimalen Leistung (P_{min}) und einer maximalen Leistung (P_{max}) betreibbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Brennerflächen (3) eine Strömungsbarriere, angeordnet in bzw. anschließend der Brenngasgemischleitung (10), in Nachbarschaft der Brennerfläche (3), im Verbrennungsraum des Brenners (1) und/oder der Abgasleitung (15), zugeordnet ist und jede der Brennerflächen (3) mit einem Leistungsbereich von zumin-

dest 2 kW betreibbar ist, wobei mindestens einer der nachfolgend genannten Parameter zur Aktivierung und/oder Deaktivierung einer Brennerfläche (3) herangezogen wird: Massenstrom und/oder Volumenstrom von Brenngas und/oder Verbrennungsluft, Druckparameter einer Brenngaszufuhr und/oder einer Verbrennungsluftzufuhr, Verbrennungsparameter, Einstellung von Strömungseinstellgeräten (5, 4) für das Brenngas und/oder die Verbrennungsluft und/oder ein Luft-Brenngas-Gemisches. Weiter werden ein Brenner (1) und ein Computerprogramm offenbart.

Fig. 5



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft insbesondere Verfahren zum Betrieb eines variablen Brenners mit einem Wasserstoff-haltigen Brenngas, einen dafür geeigneten Brenner und ein Computerprogramm.

[0002] Die Verbrennung von Wasserstoff in Heizgeräten für die breite Öffentlichkeit steht am Anfang ihrer Entwicklung. Bei der Konstruktion eines Wasserstoffheizmoduls muss insbesondere die Geschwindigkeit der Wasserstoffflamme berücksichtigt werden, die etwa siebenmal so schnell ist wie die von Erdgas (NG). Diese Eigenschaft führt zu erheblichen Unterschieden in der Brennerkonstruktion und im Betrieb im Vergleich zu erdgasbetriebenen Heizgräten.

[0003] Um dieser physikalischen Eigenschaft Rechnung zu tragen, wird der typische Betrieb eines mit Wasserstoff betriebenen Heizgeräts vor allem im Teillastbereich durchgeführt, wobei das Luft-Gas-Verhältnis, d.h. das "Lambda", erhöht werden muss, was möglicherweise zu einer Regelkurve führt, die bei Teillast ein höheres Lambda aufweist als bei Nennlast. Diese Betriebsweise wird mit einem Brenner mit fester Geometrie und einem einzigen Gas-Luft-Gemischkanal durchgeführt, d.h. es gibt während der Verbrennung keine baulich unterschiedlichen Konfigurationen des Brenners bei Teillast und Nennlast, mit Ausnahme der Durchflussmenge an Gas-Luft-Gemisch. Die Verwendung eines solchen Brenners und eines solchen Betriebsmanagements kann mehrere Nachteile mit sich bringen.

[0004] Eine Möglichkeit, das Lambda-Management eines mit Wasserstoff betriebenen Heizgeräts ähnlich wie bei den bekannten erdgasbetriebenen Heizgeräten anzuführen, könnte der Einsatz einer variablen Brenner-Geometrie sein, d. h. eines komplexeren Brenners. Ein solches Konzept geht beispielsweise aus der DE 197 28 965 A1 hervor. Dort wird ein vormischender Gebläse-brenner vorgeschlagen, dessen Brennerplatte mit einem teilweise absperzbaren Gasmischzuführraum ausgeführt ist, so dass die Brennerplatte nur teilweise aktiv ist. Damit ist ermöglicht, dass die im Betrieb verbleibenden Bereiche des Brenners mit der der vollen Leistung entsprechenden Flächenleistung betrieben wird und somit der Brennerbetrieb stabil bleibt.

[0005] Auch die US 2013/0294192 A1 zeigt ein Konzept für einen Brenner mit zwei Brennerflächen. Es wird vorgeschlagen, voneinander getrennt die Gaszufuhr und die Luftzufuhr einer Brennerfläche zur Aktivierung bzw. Deaktivierung derselben zu öffnen bzw. zu schließen.

[0006] Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass sich diese Konzepte bei einer Wasserstoffverbrennung praktisch nicht im Teillastbetrieb mit dem bei Nennlast üblichen Lambda umzusetzen ist. Denn selbst bei verbesserter Brennerkühlung wird der Brenner bei Teillast zu heiß, um eine Verbrennung bei konstantem Lambda aufrechtzuerhalten. Dies ist auf die oben erwähnte Eigenschaft der Flammengeschwindigkeit sowie auf zusätzliche Eigenschaften der Wasserstoffflamme (in den

meisten Fällen kürzer und näher am Brenner im Vergleich zur Erdgasanwendung) zurückzuführen.

[0007] Es besteht also der Wunsch nach einem effizienten, robusten Verbrennungsprozess bei einem Heizgerät, dass mit Wasserstoff betrieben wird, insbesondere auch bei Teillast.

[0008] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, die mit Bezug auf den Stand der Technik geschilderten Probleme zu lindern und/oder dem vorstehend genannten Wunsch einen geeigneten Lösungsansatz zu bieten. Insbesondere soll ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners eines Gasheizgerätes mit wasserstoffhaltigem Brenngas angegeben werden, dass in weiten Bereichen moduliert werden kann. Dabei soll ein stabiler Verbrennungsprozess einstellbar sein, der insbesondere auch schonender für den Brenner des Gasheizgerätes ist.

[0009] Hierzu trägt ein Verfahren zum Betrieb eines Brenners eines Gasheizgerätes bei, wobei der Brenner eine variabel einstellbare Brennerfläche aufweist, und das Gasheizgerät mit jeder der Brennerflächen mit einer minimalen Leistung (P_{min}) und einer maximalen Leistung (P_{max}) betreibbar ist. Jeder der Brennerflächen ist eine Strömungsbarriere zugeordnet, die in bzw. anschließend der Brenngasgemischleitung, in Nachbarschaft der Brennerfläche, im Verbrennungsraum des Brenners und/oder in der Abgasleitung angeordnet ist. Jede der Brennerflächen ist mit einem Leistungsbereich von zumindest 2 kW [Kilowatt] betreibbar. Mindestens einer der nachfolgend genannten Parameter wird dabei zur Aktivierung und/oder Deaktivierung einer Brennerfläche herangezogen: Massenstrom und/oder Volumenstrom von Brenngas und/oder Verbrennungsluft, Verbrennungsparameter, Druckparameter einer Brenngaszufuhr und/oder einer Verbrennungsluftzufuhr, Einstellung von Strömungseinstellgeräten für das Brenngas und/oder die Verbrennungsluft und/oder ein Luft-Brenngas-Gemisches.

[0010] Bei dem Gasheizgerät handelt es sich insbesondere um eines, das eingerichtet für die Verbrennung eines Wasserstoff-haltigen Brenngases ist, insbesondere mit einem Anteil Wasserstoff oberhalb 95%. Hinsichtlich des Aufbaus des Gasheizgerätes können verschiedene Konfigurationen eingesetzt werden, wie zum Beispiel:

- wandhängende Heizkessel, insbesondere Brennerheizkessel,
- Kombikessel mit einfachem oder doppeltem Anschluss für Zentralheizung und/oder Warmwasserbereitung,
- Heizgeräte mit einer einzelnen Abgasanlage oder einer Mehrfachbelegung.

[0011] Dem Heizgerät ist üblicherweise eine Luftleitung (auch Verbrennungsluftzufuhr genannt) und eine Brenngasleitung (auch Brenngaszufuhr genannt) zugeordnet, wobei ein Massen- bzw. Volumenstrom der Luft und/oder des Brenngases einstellbar ist. Luft und Brenn-

gas werden zumindest teilweise stromauf des Brenners (gezielt) gemischt. Zur Förderung (insbesondere Ansaugung) der Luft kann ein Gebläse eingesetzt werden. Zur Zugabe des Brenngases zum Luftstrom kann ein (regelbares) Brenngasventil eingesetzt werden. Es ist möglich, dass die Zusammenführung von Luft und Brenngas stromab oder (bevorzugt) stromauf eines Gebläses erfolgt. Im letzteren Fall fördert das Gebläse ein Luft-Brenngas-Gemisch hin zum Brenner, bevorzugt auf der Druckseite. Es sind jedoch auch Ausführungen möglich, bei denen das Gebläse in der Abgasanlage des Heizgerätes positioniert ist und damit das Luft-Brenngas-Gemisch durch den Brenner ansaugt.

[0012] Für den Brenner können verschiedene Brennergeometrien realisiert sein, wie zum Beispiel ein flacher / ebener Brenner, ein zylindrischer Brenner, ein halbkugelförmiger Brenner oder ähnliches. Dem Brenner kann mindestens eine Flammensperre zugeordnet sein. Der Brenner kann in ein so genanntes Wärmemodul (mit einem Wärmetauscher) integriert sein oder ihm kann ein Wärmetauscher zugeordnet sein. Es ist möglich, dem Brenner ein vollständig oder teilweise vorgemischtes Luft-Brenngas-Gemisch zuzuführen.

[0013] Der Brenner hat eine variabel einstellbare Brennerfläche. Damit ist insbesondere gemeint, dass die Brennerfläche vollständig oder teilweise von einem Luft-Brenngas-Gemisch angeströmt werden kann und sich dann (nur) in den jeweils angeströmtten Bereichen der Brennerfläche eine Flamme ausbildet. Dort, wo Luft-Brenngas-Gemisch durch die Brennerfläche strömt bzw. wo sich eine Flamme ausbildet, ist die Brennerfläche aktiv. Dort, wo kein Luft-Brenngas-Gemisch durch die Brennerfläche strömt bzw. wo sich keine Flamme ausbildet, ist die Brennerfläche inaktiv.

[0014] Es ist möglich, dass die Brennerfläche in (flächenmäßig) gleichgroße Teil-Brennerflächen unterteilt ist, dies ist aber nicht zwingenden, sondern zumindest ein Teil der Teil-Brennerflächen können größer und/oder kleinere Teil-Brennerflächen bilden. Dabei ist eine (maximale) Brennerfläche in mehrere, bevorzugt mindestens drei, vier, fünf oder sechs, Teil-Brennerflächen unterteilt bzw. unterteilbar. Es ist möglich, dass eine Teil-Brennerfläche nicht deaktivierbar ist und alle anderen deaktivierbar und aktivierbar sind. Es ist möglich, dass alle Teil-Brennerflächen deaktivierbar und aktivierbar sind.

[0015] Der Brennerfläche sind lokale Strömungsbarrieren zugeordnet sind, insbesondere jeweils eine für jede zu aktivierende bzw. deaktivierende Teil-Brennerfläche. Die Strömungsbarrieren können insbesondere kontrolliert in zwei (End-)Stellungen überführt werden, z. B. einer OFFEN-Stellung und einer GESCHLOSSEN-Stellung, wobei in einer OFFEN-Stellung das Luft-Brenngas-Gemisch die Strömungsbarriere (und damit die zugeordnete Teil-Brennerfläche) durchströmen und in einer GESCHLOSSEN-Stellung das Luft-Brenngas-Gemisch die Strömungsbarriere (und damit die zugeordnete Teil-Brennerfläche) blockieren, insbesondere vollständig blockieren, kann. Die Strömungsbarriere sind im bzw. an-

schließend der Brenngasgemischleitung, in Nachbarschaft der Brennerfläche, im Verbrennungsraum des Brenners und/oder der Abgasleitung vorgesehen. Die Stellungen der Strömungsbarriere kann durch Verschieben und/oder Verschwenken der Strömungsbarriere einstellbar sein. Es ist möglich, dass die Strömungsbarriere einen Teil der Brennerfläche (undurchdringbar) abdecken und/oder das Luft-Brenngas-Gemisch von einem (deaktivierten) Teil der Brennerfläche ablenken, z.B. hin zu einer anderen (aktivierten) Teil-Brennerfläche. Die Strömungsbarrieren können insbesondere pneumatisch, mechanisch und/oder elektrisch betätigbar bzw. verstellbar sein.

[0016] Das Heizgerät bzw. der Brenner kann insbesondere so ausgeführt sein, wie in der DE 197 28 965 A1 beschrieben, so dass insbesondere auf die dortigen Ausführungsvarianten vollständig Bezug genommen werden kann, insbesondere hinsichtlich der Ausführung und/oder Anordnung der Strömungsbarrieren (Klappen, Trennwände, Injektoren / Gasdüsen, Schieber, Blenden, etc.).

[0017] Jeder der (Teil-)Brennerflächen ist mit einem Leistungsbereich von (mindestens) 2,0 kW betreibbar. Ein Modulationsbereich beschreibt das Verhältnis zwischen der Teillast (Pmin) und der Nennlast (Pmax) und bedeutet, dass bei einem Modulationsbereich von 1 : 5 eine Nennlast vorliegt, die fünf Mal höher ist als seine Teillast (= 20%). Insbesondere ist das Heizgerät eingerichtet, zumindest mit einem Modulationsbereich von 1 : 5 (effizient) ein Wärmemodul bzw. zugeordnete Wärmetauscher zu betreiben. Die Nennlast beschreibt die maximal im Dauerbetrieb vom Heizkessel abgegebene Nutzwärmeleistung. Für diese ist der Brenner bei Nennbedingungen ausgelegt. Gebräuchlich ist die Angabe in der Einheit Kilowatt. Diese Leistung steht also tatsächlich zur Verfügung. Verluste durch die Umwandlung von einer Energieform in die andere sind bereits berücksichtigt. Zur Einstellung der Teillast kann insbesondere der Massen- bzw. Volumenstrom von Brenngas reduziert werden.

[0018] Zur (automatischen) Aktivierung und/oder Deaktivierung einer (Teil-)Brennerfläche wird mindestens einer der nachfolgend näher beschriebenen Parameter herangezogen.

- Ein Massenstrom Brenngas und/oder Verbrennungsluft bzw. eines Gemisches aus Brenngas und Verbrennungsluft; dieser kann gemessen und/oder berechnet werden.
- Ein Volumenstrom von Brenngas und/oder Verbrennungsluft bzw. eines Gemisches aus Brenngas und Verbrennungsluft, dieser kann gemessen und/oder berechnet werden.
- Ein Verbrennungsparameter, wie insbesondere zumindest einer ausgewählt aus der folgenden Gruppe: eine Flammentemperatur, eine Brennertemperatur, eine Strömungsgeschwindigkeit des Brenngas-Luft-Gemisches im Bereich der Brennerfläche, eine Flammengeschwindigkeit, eine Flammengüte,

eine Flammenabstand zur Brennerfläche, ein Wärmestrom im Bereich des Wärmemoduls bzw. des Wärmetauschers.

- Ein Druckparameter, insbesondere im Bereich einer Venturi-Anordnung an/in der Brenngaszufuhr und/oder an/in der Verbrennungsluftzufuhr.
- Eine Einstellung von Strömungseinstellgeräten für das Brenngas und/oder die Verbrennungsluft und/oder ein Luft-Brenngas-Gemisches, also z.B. eine Drehzahl eines Gebläses und/oder eine Ventilstellung eines Brenngasventils; diese können beispielsweise sensorisch oder elektronisch abgefragt werden.

[0019] Zumindest einer der Parameter wird demnach insbesondere (permanent) während des Betriebes des Brenners bzw. des Gasheizgerätes überwacht / abgefragt. Der aktuelle Werte des mindestens einen Parameters kann mit gespeicherten Richtwerten und/oder anderen Werten der Parameter verglichen werden. Das Ergebnis des Vergleichs kann bewertet werden, so dass (automatisch) eine Entscheidung getroffen werden kann, ob die Brennerfläche vergrößert oder verkleinert bzw. beibehalten wird.

[0020] Das Aktivierungs- bzw. Deaktivierungssignal kann von einem Sensor und/oder von einem Aktor kommen. Es kann sich beispielsweise um Folgendes handeln: einen Massendurchflusssensor (MFS), der entweder den Luftstrom, den Gasstrom oder den Gemischstrom misst; ein Temperatursensor, wie ein Thermoelement oder ein sogenannter Hot Surface Ignitor (HSI), der die Flammentemperatur misst; ein Gebläse; ein Gasvolumendurchflussmesser; ein Gasventil.

[0021] Wird nur ein Signal/Parameter ausgewertet, so kann ein Schwellenwert in der Speicherplatine einer Regel- und Steuereinheit gespeichert und das Aktivieren/Deaktivieren der (Teil-)Brennerfläche auslösen. Bei Verwendung eines MFS könnte beispielsweise ein Luftmassenstromwert verwendet werden. Durch die Verwendung von zwei oder mehr Signalen/Parametern lassen sich die Toleranzen des Systems verringern und genauere Ergebnisse erzielen. So würde beispielsweise die Verwendung eines MFS und eines Temperatursensors jeweils Informationen über die Wärmezufuhr und das Lambda eines Betriebspunktes bereitstellen, wobei bevorzugt diverse Schwellenwerte, insbesondere in Tabellenform, zum Vergleich bereitgestellt werden können, vorteilhaft genutzt werden.

[0022] Bei der Verwendung von zwei oder mehr Signalen/Parametern besteht zudem eine weitreichendere Möglichkeit, ein intelligenteres System einzurichten, dass beispielsweise die Differenz zwischen der Gemisch-Einströmgeschwindigkeit und der Flammengeschwindigkeit bestimmt bzw. ableitet. Die Differenz dieser Geschwindigkeiten könnte dann mit einer (vorgegebenen bzw. gespeicherten) Mindestschwelle verglichen werden, die nicht überschritten werden darf und das Aktivieren/Deaktivieren der (Teil-)Brennerfläche auslösen

würde.

[0023] Die Regelung des Lambdawertes für jede der einstellbaren Brennerflächen erfolgt bevorzugt in einem Bereich, der durch eine Lambdauntergrenze bei minimaler Leistung ($Lu(min)$), eine Lambdauntergrenze bei maximaler Leistung ($Lu(max)$), sowie eine Lambdauntergrenze bei minimaler Leistung ($Lo(min)$) und eine Lambdaobergrenze bei maximaler Leistung ($Lo(max)$) begrenzt ist. Dabei soll insbesondere stets gelten: $Lu(min) < Lu(max) < Lo(max) < Lo(min)$, bzw. insbesondere $Lu(min) < Lu(max) < L_{nominal} < Lo(max) < Lo(min)$. Um eine optimale Leistung bei der Wasserstoffverbrennung zu erzielen, soll das Lambda über den gesamten Modulations- bzw. Leistungsbereich recht stabil bleiben. Aus diesem Grund wird hier eine Art Lambda-Hüllkurve angegeben, die jeweils eine (zulässige) Lambdaobergrenze bei maximaler Leistung und eine jeweils eine (zulässige) Lambdauntergrenze bei maximaler Leistung, und analog dazu eine (zulässige) Lambdaobergrenze bei minimaler Leistung und eine entsprechende (zulässige) Lambdauntergrenze bei minimaler Leistung beschreibt. Die Definition des Lambda-Bereichs, in dem der Betrieb möglich ist, wird unter Berücksichtigung des Gasheizgerätes bzw. des Brenners festgelegt. Er kann insbesondere von der Nennwärmezufuhr, der Teillast-Wärmezufuhr, einer Anzahl der einstellbaren Teil-Brennerflächen; einem vorgegebenen Nennlambda (bei Nennwärmezufuhr) abhängig bzw. ausgewählt sein.

[0024] Hier wird vorgeschlagen, für jede (Teil-)Brennerfläche den Leistungsbereich zu betrachten, wobei bei Teillast (P_{min}) ein Lambda-Bereich von $Lu(min)$ und $Lo(min)$ vorliegt und bei Nennlast (P_{max}) ein Lambda-Bereich von $Lu(max)$ und $Lo(max)$. Insbesondere ist der $Lu(min)$ der kleinste Lambda-Wert einer unteren Lambda-Kurve über den Leistungsbereich und $Lo(max)$ der kleinste Lambda-Wert einer oberen Lambda-Kurve über den Leistungsbereich. Untere Lambda-Kurve und obere Lambda-Kurve umhüllen insbesondere zulässigen Lambdawerte um ein vorgegebenes Nominal-Lambda. Es ist möglich, dass der untere Lambda-Wert (Lu) von $P(min)$ zu $P(max)$ ansteigt, insbesondere linear ansteigt. Es ist möglich, dass der obere Lambda-Wert (Lo) von $P(min)$ zu $P(max)$ abfällt, insbesondere linear abfällt. Es ist möglich, dass der Abstand von oberem Lambda-Wert (Lo) zu unterem Lambda-Wert (Lu) über den Leistungsbereich sich von $P(min)$ zu $P(max)$ verkleinert. Untere Lambda-Kurve und obere Lambda-Kurve können über den Leistungsbereich (bzw. Modulationsbereich) zueinander spiegelsymmetrisch zu einer Geraden durch den Nominal-Lambda ausgebildet sein.

[0025] Für jede der einstellbaren Brennerfläche kann die gleiche Lambdauntergrenze (Lu) und Lambdaobergrenze (Lo) vorgegeben sein. Das heißt mit anderen Worten insbesondere, dass unabhängig vom Umfang der aktivierten bzw. deaktivierten (Teil-)Brennerfläche(n) über den Leistungsbereich dieselben Wert von Lambdauntergrenzen ($Lu(min)$ und $Lu(max)$) und Lambdaobergrenzen ($Lo(min)$ und $Lo(max)$) eingehalten wird.

[0026] Betrachtet wird nun zunächst die Einrichtung bei maximaler Leistung: Die Lambdaobergrenze $Lo(max)$ entspricht insbesondere folgender Vorgabe: nominales $\Lambda \times (1,0 + SK)$, wobei SK im Bereich von 0,05 bis 0,01, bevorzugt im Bereich von 0,07 bis 0,08, liegt. SK (hier als Stabilitätskoeffizient bezeichnet) liegt insbesondere bei 7,5 %. Die Lambdauntergrenze $Lu(max)$ entspricht insbesondere der folgenden Vorgabe: nominales $\Lambda \times (1,0 - SK)$. Wenn das Gebläse schnell läuft, also die Situation $P(max)$ vorliegt, soll der Stabilitätskoeffizient angewandt werden, um die systembedingte Drehzahl-Regel-Toleranzen zu berücksichtigen, die in dieser Situation üblicherweise geringer sind als bei niedrigen Drehzahlen. Daher kann der Wert für SK relativ klein gehalten werden, so dass im Fall $P(max)$ ein relativ kleines Lambdafenster vorgegeben sein kann.

[0027] Betrachtet wird nun die Einrichtung bei minimaler Leistung (Teillast): Die Lambdauntergrenze $Lu(min)$ entspricht insbesondere folgender Vorgabe: nominales $\Lambda \times (1,0 - VK)$, wobei VK im Bereich von 0,1 bis 0,2, bevorzugt im Bereich von 0,12 bis 0,17, liegt. VK (hier als Variabilitätskoeffizient bezeichnet) liegt insbesondere bei 15 %. Die Lambdaobergrenze $Lo(min)$ entspricht insbesondere der folgenden Vorgabe: nominales $\Lambda \times (1,0 + VK)$. Wenn das Gebläse langsam läuft, also die Situation $P(min)$ vorliegt, soll der Variabilitätskoeffizient angewandt werden, um die systembedingte Drehzahl-Regel-Toleranzen zu berücksichtigen, die in dieser Situation größer sind als bei höheren Drehzahlen. Daher kann der Wert für VK mindestens um den Faktor 1,2, insbesondere 2 und maximal um den Faktor 2,7 größer gewählt werden als der Wert für SK. Somit wird im Fall $P(min)$ ein größeres Lambdafenster vorgegeben als bei $P(max)$.

[0028] Ganz besonders bevorzugt beträgt die Lambdaobergrenze über den gesamten Modulationsbereich nicht mehr als 1,80, insbesondere nicht mehr als 1,65, insbesondere nicht mehr als 1,50 und besonders bevorzugt nicht mehr als 1,45. Ganz besonders bevorzugt beträgt die Lambdauntergrenze über den gesamten Modulations- bzw. Leistungsbereich nicht weniger als 1,00.

[0029] Bevorzugt können mindestens drei unterschiedliche Brennerflächen eingestellt werden, wobei der Leistungsbereich für jede der Brennerflächen mindestens 7 kW [Kilowatt] beträgt. Das bedeutet z. B., dass bei Aktivierung einer (Teil-)Brennerfläche ca. 7 kW Wärmeleistung maximal/nominal erreichbar ist, bei Aktivierung zweier (Teil-)Brennerflächen ca. 14 kW Wärmeleistung und bei Aktivierung der gesamten Brennerfläche ca. 21 kW Wärmeleistung. Es ist möglich, dass die Wärmeleistung einer (Teil-)Brennerfläche (jeweils) um einen Faktor größer als 7 kW ist, z.B. um einen Faktor 2, oder sogar 2,5, oder sogar 3,0.

[0030] Es kann vorgesehen sein, dass mindestens ein Grenzwert und/oder ein Toleranzbereich bereitgestellt ist, der mit einem der ermittelten Parameter zur Aktivierung und/oder Deaktivierung einer Brennerfläche verglichen wird, und dass bei Erreichen des Grenzwertes oder

Verlassen des Toleranzbereichs einer der Brennerflächen automatisch aktiviert oder deaktiviert wird. Die Grenzwerte und/oder Toleranzbereiche für einen oder mehrere Parameter können elektronisch gespeichert und abrufbar sein. Grenzwert und/oder Toleranzbereich kann starr (z. B. geräteabhängig) vorgegeben sein. Es ist möglich, dass Grenzwert und/oder Toleranzbereich variabel sind, beispielsweise im Betrieb des Gasheizgerätes (eigenständig oder manuell) anpassbar sind.

[0031] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Brenner eines Gasheizgerätes vorgeschlagen, wobei der Brenner eine variabel einstellbare Brennerfläche aufweist und Mittel, die so angepasst sind, dass sie die Schritte des hier offenbarten Verfahrens ausführen. Zur weiteren Charakterisierung von Brenner, Gasheizgerät und/oder den Mitteln kann vollumfänglich auf die Erläuterungen zum Verfahren zurückgegriffen werden, und umgekehrt. Insbesondere ist möglich, dass ein Gasheizgerät mit einem Brenner vorliegt, das eine Regel- und Steuereinheit umfasst, die eingerichtet ist, den Betrieb des Brenners gemäß dem hier offenbarten Verfahren durchzuführen. Die Regel- und Steuereinheit kann eine Recheneinheit, eine Speichereinheit, einen Signal- bzw. Datenvergleicher, etc. umfassen, die entsprechend eingerichtet sind. Es können Sensoren, Schalter, etc. vorgesehen sein, die im Rahmen des Verfahrens betätigt bzw. ausgelesen werden.

[0032] Weiter wird ein Computerprogramm vorgeschlagen, umfassend Befehle, die bewirken, dass der hier angegebene Brenner die Schritte des hier offenbarten Verfahrens ausführt. Es kann ein Computerlesbares Medium vorgesehen sein, auf dem das Computerprogramm gespeichert ist.

[0033] Mit den hier vorgeschlagenen Vorrichtungen und Verfahren lassen sich eine Vielzahl von Vorteilen erreichen.

[0034] Der Brenner mit variabler Geometrie bietet die Möglichkeit, die Druckverluste anzupassen. Durch die Erhöhung des Modulationssollwerts (MSP) sinkt der Druckabfall des Brenners, so dass das Gebläse weniger stark bzw. kleiner dimensioniert sein kann, um die Nennlast zu erreichen, als bei einem Brenner mit fester Geometrie. Die Verwendung eines weniger leistungsstarken Gebläses (oder eines anderen Geräts, das die Strömung in Bewegung setzt) bietet auch die Möglichkeit, den Geräuschpegel des Geräts zu senken, insbesondere bei Betrieb mit Nennlast.

[0035] Es ist möglich, ein pneumatisches Gasventil bei dem Wärmemodul einzusetzen. Zunächst kann eine Drosseleinstellung vorgenommen werden, um den Gasdurchsatz bei Nennlast einzustellen. Als nächstes wird ein Referenzdruckpunkt von der Komponente gelesen und zur Einstellung der Gasströmung verwendet. Diese Einstellung sollte nicht vor Ort geändert werden. Schließlich wird ein Druck-Offset, der ebenfalls in die Gasflusseinstellung einfließt, zur genauen Einstellung des Lambdawertes bei Teillast verwendet. Diese Einstellung sollte im Feld nicht geändert werden. Der Betrieb

eines Wasserstoffkessels mit einem pneumatischen Gasventil und mit einem Brenner mit fester Geometrie ist möglich, bringt aber die Notwendigkeit mit sich, den Druck-Offset (Werkseinstellung) auf einen sehr niedrigen Wert einzustellen, wie z.B. -30 Pascal. Dies ist in bestimmten Situationen mit Nachteilen verbunden, die vermieden werden können, wenn die Lambda-Regelkurve über den Modulationsbereich des Geräts flach bleibt.

[0036] Mit dieser Methode zum Betrieb des Brenners und des Wärmemoduls wird der Abstand zur Flammenrückschlagsgrenze weggeschoben, wodurch die Sicherheit im Betrieb erhöht wird.

[0037] Bei einem Brenner mit fester Geometrie muss die Lambda-Regelkurve bei Teillast stark ansteigen, um einen Flammenrückschlag zu vermeiden, d.h. das Brenngas-Luft-Gemisch muss bei Teillast magerer sein. Allerdings können die Emissionen von unverbranntem Wasserstoff-Gas bei Lambda-Werten über 2,5 und höher mit dem mageren werdenden Gemisch hoch werden. Diese Emissionen sollten vermieden werden. Darüber hinaus ist die Flammenstabilität gefährdet, wenn ein Wasserstoffbrenner mit mageren Gemischen betrieben wird; dies kann zu Verbrennungsgeräuschen oder zum Flammenverlust führen. Die Verwendung eines Brenners mit variabler Geometrie ermöglicht es, auf einem niedrigeren Lambda-Niveau zu bleiben und folglich die beiden vorstehend erwähnten Probleme zu vermeiden.

[0038] Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand von Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren schematisch und beispielhaft sind, insbesondere die Erfindung nicht beschränkten sollen. Es stellen dar:

- Fig. 1: eine Ausführungsform eines Heizgerätes mit variablem Brenner;
- Fig. 2: Beispiele für Regelkurven bei Brennern mit fester und variabler Brennerfläche;
- Fig. 3: Wirkungsgradkurven für Wasserstoff in Abhängigkeit von der Abgastemperatur und für verschiedene Lambda-Werte;
- Fig. 4: Drehzahlkurven für Brenner mit fester und variabler Brennerfläche
- Fig. 5: ein Beispiel für eine Lambda-Hüllkurve.

[0039] Fig. 1 zeigt einen Brenner 1 eines Gasheizgerätes 2, wobei der Brenner 1 eine variabel einstellbare Brennerfläche 3 aufweist. Das Gasheizgerät 2 ist mit jeder der Brennerflächen 3 mit einer minimalen Leistung (P_{min}) und einer maximalen Leistung (P_{max}) betreibbar, wobei jede der Brennerflächen 3 mit einem Leistungsbereich von zumindest 2,0 kW [Kilowatt] betreibbar ist.

[0040] Beginnend von oben ist eine Luftleitung 11 schematisch dargestellt, die mit einem Massenstromsensor Luft 6 ausgeführt sein kann und mit der Luft aus der Umgebung des Gasheizgerätes 2 angesaugt und dem Brenner 1 zugeführt werden kann. In die Luftleitung 11 mündet eine Brenngasleitung 12, über die insbesondere Wasserstoff oder ein wasserstoffhaltiges Brenngas

in die Luft eingeleitet werden kann. In der Brenngasleitung 12 sind ein kontrollierbares Brenngasventil 5 und ggf. ein Massenstromsensor Brenngas 7 vorgesehen. Das Brenngas-Luft-Gemisch wird durch eine Brenngasgemischleitung 10 hin zum Brenner 1 gefördert. Dazu trägt ein Gebläse 4 in der Brenngasgemischleitung 10 bei.

[0041] Stromab des Gebläses 4, insbesondere im Brenner 1, ist ein Einströmbereich 16 hin zur Brennerfläche 3 vorgesehen. Dieser ist in mehrere Teil-Einströmbereiche (16a, 16b, 16c, 16d, 16e) unterteilt, beispielsweise durch Trennwände, die die Teil-Einströmbereiche (16a, 16b, 16c, 16d, 16e) voneinander abgrenzt. In den Teil-Einströmbereichen (16a, 16b, 16c, 16d, 16e) können gleiche oder ähnliche Strömungsbarrieren, hier als schwenkbares Stellglied 17 mit einer Klappe, vorgesehen sein. Mit den Stellgliedern 17 können die Teil-Einströmbereiche (16a, 16b, 16c, 16d, 16e) geöffnet und/oder geschlossen werden.

[0042] Je nach Stellung der Stellglieder 17 wird durch das Gebläse 4 und über die (offenen) Teil-Einströmbereiche (16a, 16b, 16c, 16d, 16e) ein vorgemischtes Brenngas-Luft-Gemisch zur (hier flach ausgeführten) Brennerfläche 3 geführt. Jedem Teil-Einströmbereich (16a, 16b, 16c, 16d, 16e) ist ein Abschnitt der Brennerfläche 3 zugeordnet, so dass eine Mehrzahl von Teil-Brennerflächen (3a, 3b, 3c, 3d, 3e) gebildet sind. Die Teil-Brennerflächen, bei denen die zugehörigen Teil-Einströmbereiche geöffnet sind, sind aktiv bzw. dort findet eine Verbrennung bzw. Flammenausbildung statt. Die Teil-Brennerflächen, bei denen die zugehörigen Teil-Einströmbereiche geschlossen sind, sind inaktiv / deaktiviert bzw. dort findet keine Verbrennung bzw. Flammenausbildung statt. Die fünf Teil-Brennerflächen (3a, 3b, 3c, 3d, 3e) können so eingestellt sein, dass der Leistungsbereich für jede der Teil-Brennerflächen (3a, 3b, 3c, 3d, 3e) ca. 7 kW beträgt. Die Flamme bzw. Umgebungsparmeter darum können mit einem Flammensensor 9 beobachtet werden.

[0043] Das unter der Brennerfläche 3 mit einer oder mehreren Flammen verbrennende Brenngas-Luft-Gemisch entwickelt Wärme, die an einem stromabwärtigen Wärmetauscher 14 abgegeben werden kann. Das resultierende Abgas kann über eine Abgasleitung 15 abströmen.

[0044] Weiter ist schematisch eine Regel- und Steuereinheit 13 vorgesehen, die insbesondere mit einer Auswahl oder aller nachfolgender Komponenten in Verbindung steht, wobei die Regel- und Steuereinheit 13 insbesondere Signale, Messwerte und/oder Steuersignale empfangen, versenden und/oder verarbeiten kann: Massenstromsensor Luft 6, Brenngasventil 5, Gebläse 4, Massenstromsensor Brenngas 7, Volumenstromsensor Luft-Brenngas-Gemisch 8, Stellglied(er) 17, Flammensensor 9.

[0045] Die Vorrichtung ist so eingerichtet, dass mindestens einer der nachfolgend genannten Parameter zur Aktivierung und/oder Deaktivierung einer (Teil-)Brenner-

fläche 3 herangezogen wird: Massenstrom und/oder Volumenstrom von Brenngas und/oder Verbrennungsluft (mittels der Sensoren 6, 7, 8), ein Drucksignal an der Brenngaszufuhr und/oder an der Verbrennungsluftzufuhr (z. B. mit Hilfe einer Venturi-Anordnung an/in der Luftleitung 12 und/oder Brenngasleitung 11), Verbrennungsparameter (mittels des Flammensensors 9), Einstellung von Strömungseinstellgeräten (Brenngasventil 5, Gebläse 4) für das Brenngas und/oder die Verbrennungsluft und/oder ein Luft-Brenngas-Gemisches. Insbesondere kann mindestens ein Grenzwert und/oder ein Toleranzbereich über die Regel- und Steuereinheit 13 bereitgestellt sein, der mit einem der ermittelten Parameter zur Aktivierung und/oder Deaktivierung einer (Teil-)Brennerfläche 3 verglichen wird. Wird der Grenzwertes erreicht oder der Toleranzbereich verlassen, kann eine der (Teil-)Brennerflächen 3 automatisch aktiviert oder deaktiviert werden.

[0046] Fig. 2 zeigt ein Beispiel für mögliche Regelkurven für einen Brenner 1 mit fester also nicht variabler Geometrie bzw. Brennerfläche (Kurve mit "3" gekennzeichnet) und einen Brenner 1 mit variabler Geometrie bzw. drei Teil-Brennerflächen 3a, 3b, 3c. Das Diagramm zeigt das Luft-Brenngas-Verhältnis, d.h. "Lambda", über die Wärmezufuhr Q_c [kW]. Beim Brenner 1 mit fester Geometrie wird der signifikante Anstieg von Lambda bei Teillast durch die oben genannten Zwänge bestimmt. Dies kann mit einem Brenner 1 mit variabel einstellbare Brennerfläche 3 unabhängiger eingestellt werden. Ergänzend macht Fig. 3 klar, dass der Wirkungsgrad η bzw. der Nettowirkungsgrad E mit zunehmendem Lambda abnimmt (verglichen bei einer vorbestimmten Abgastemperatur und hier beispielhaft bis zu einem Maximum von 68°C). Folglich kann eine Wirkungsgradsteigerung bei Verwendung eines Brenners 1 mit variabler Brennerfläche 3 erreicht werden. Das Aktivierung und/oder Deaktivierung einer Brennerfläche 3 kann insbesondere basierend auf einen festgestellten und/oder zu erwartenden Wirkungsgrad erfolgen.

[0047] Fig. 4 veranschaulicht beispielhaft die Geschwindigkeiten des Brenngas-Luft-Gemisches und der Flamme bei einem konstanten Lambda von 1,3. In diesem Beispiel ist die Brennerfläche 3 mit einer Vielzahl von durchströmbaren Löchern versehen. Die Flammengeschwindigkeit im Falle von Wasserstoff hängt hauptsächlich von zwei Einflussgrößen ab, nämlich der Temperatur des Brenngas-Luft-Gemisches vor der Flamme und dem Lambda-Wert. Die Flammengeschwindigkeit, die durch die (horizontale) Linie c in Fig. 4 dargestellt ist, wurde bei konstantem Lambda (1,3) und konstanter Temperatur (hier ca. 560°C) abgeleitet. Die ansteigende Linie a stellt die Geschwindigkeit des Brenngas-Luft-Gemisches bei einem Brenner 1 mit fester bzw. nicht variabel einstellbarer Brennerfläche 3 dar. Bei Teillast (kleines Q_c , Abschnitte unterhalb der Linie c) kann die Geschwindigkeit des Brenngas-Luft-Gemisches soweit abfallen, dass diese niedriger als die (beim Wasserstoff sehr hohe) Flammengeschwindigkeit (Linie c) ist, und es

kommt zu einem Flammenrückschlag. Die (gezackte) Kurve b stellt die Geschwindigkeit des Brenngas-Luft-Gemisches bei Verwendung einer Komponente mit drei Teil-Brennerflächen 3a, 3b, 3c dar. In diesem Beispiel bietet der Brenner 1 einen ersten Querschnitt von 250 mm² bis 12 kW (Teil-Brennerfläche 3a), einen Querschnitt von 600 mm² bis 24 kW (mit zusätzlicher Teil-Brennerfläche 3b), einen Querschnitt von 1200 mm² Querschnitt über 24kW (mit zusätzlicher Teil-Brennerfläche 3c). Mit einem solchen Brenner 1 kann die Geschwindigkeit des Brenngas-Luft-Gemisches über den gesamten Modulationsbereich oberhalb der Flammengeschwindigkeit (Linie c) gehalten werden, insbesondere einschließlich einer z. B. (mindestens) 10%-igen Sicherheitsschwelle (Linie d). Das Aktivierung und/oder Deaktivierung einer Brennerfläche 3 kann insbesondere basierend auf einer festgestellten oder zu erwartenden Geschwindigkeit des Brenngas-Luft-Gemisches und/oder der Flamme erfolgen.

[0048] Fig. 5 veranschaulicht beispielhaft eine so genannte Lambda-Hüllkurve für einen Brenner 1 mit drei Teil-Brennerflächen 3a, 3b, 3c. Um möglichst optimale Leistungen bei der Wasserstoffverbrennung zu erzielen, soll das Lambda über den gesamten Modulationsbereich weitgehend stabil bleiben. Deshalb soll eine im Folgenden näher beschriebene Lambda-Hüllkurve einbezogen werden.

[0049] Die Definition des Lambda-Bereichs, in dem der Betrieb erfolgen soll, ist für jedes Heizgerät abzustimmen. Er hängt von diesen Parametern ab: Nennwärmezufuhr; Teillast-Wärmezufuhr; Anzahl der Teilbrenner; Nennlambda (bei Nennwärmezufuhr). Zusätzlich zu diesen Parametern werden zwei konstante Koeffizienten, die im Rahmen der der Erfindung zugrundeliegenden Arbeiten bestimmt bzw. angepasst wurden, für den "minimalen" und "maximalen" Betrieb der (Teil-)Brennerflächen eingeführt: ein Stabilitätskoeffizient (SK) von bevorzugt ca. 7,5% und ein Variabilitätskoeffizient (VK) von bevorzugt ca. 15%. Wenn das Gebläse schnell läuft, muss der Stabilitätskoeffizient SK angewandt werden, um die systembedingten Toleranzen zu berücksichtigen. Bei diesem Wert sind insbesondere die relativen Drehzahlabweichungen geringer als bei niedrigen Drehzahlen. Wenn der Ventilator mit niedriger Drehzahl läuft, soll der Variabilitätskoeffizient VK für größere Toleranzen angewandt werden.

[0050] Ein Beispiel für diese Vorgabe ist in Fig. 5 veranschaulicht, die eine obere Lambdakurve (Linie x) und eine untere Lambdakurve (Linie z) über den Leistungsbereich (Q_c) veranschaulicht. Bei diesem Gasheizgerät 2 hat das Lambda bei 30 kW (Nennlast) den (nominalen) Wert 1,25 (Linie y). Bei jeder maximalen Teilbrennerlast ist die maximale/minimale Lambda-Abweichung gegenüber dem Nenn-Lambda der Stabilitätskoeffizient. In Fig. 5 zum Beispiel beträgt bei 13 kW (Teil-Brennerfläche 3a), 21,5 kW (Teil-Brennerfläche 3a + 3b) und 30 kW (Teil-Brennerfläche 3a + 3b + 3c) der der maximal zulässige Lambda-Wert $1,25 \times (1,00 + 0,075) = 1,34$ (= Lambdao-

bergrenze bei maximaler Leistung ($Lo(max)$). Bei jeder minimalen Teilbrennerlast ist die maximale/minimale Lambda-Abweichung gegenüber dem Nenn-Lambda der Variabilitätskoeffizient. In Fig. 5 beträgt beispielsweise bei 5 kW (Teil-Brennerfläche 3a), 13 kW (Teil-Brennerfläche 3a + 3b) und 21,5 kW (Teil-Brennerfläche 3a + 3b + 3c) der minimale zulässige Lambda-Wert $1,25 \times (1,00 - 0,15) = 1,06$ (Lambdauntergrenze bei minimaler Leistung ($Lu(min)$)).

Bezugszeichenliste

[0051]

- | | |
|----|--|
| 1 | Brenner |
| 2 | Gasheizgerät |
| 3 | Brennerfläche |
| 4 | Gebläse |
| 5 | Brenngasventil |
| 6 | Massenstromsensor Luft |
| 7 | Massenstromsensor Brenngas |
| 8 | Volumenstromsensor Luft-Brenngas-Gemisch |
| 9 | Flammensensor |
| 10 | Brenngasgemischleitung |
| 11 | Luftleitung |
| 12 | Brenngasleitung |
| 13 | Regel- und Steuereinheit |
| 14 | Wärmetauscher |
| 15 | Abgasleitung |
| 16 | Einströmraum |
| 17 | Stellglied |

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Brenners (1) eines Gasheizgerätes (2), wobei der Brenner (1) eine variabel einstellbare Brennerfläche (3) aufweist, und das Gasheizgerät (2) mit jeder der Brennerflächen (3) mit einer minimalen Leistung (P_{min}) und einer maximalen Leistung (P_{max}) betreibbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder der Brennerflächen (3) eine Strömungsbarriere, angeordnet in bzw. anschließend der Brenngasgemischleitung (10), in Nachbarschaft der Brennerfläche (3), im Verbrennungsraum des Brenners (1) und/oder der Abgasleitung (15), zugeordnet ist und jede der Brennerflächen (3) mit einem Leistungsbereich von zumindest 2,0 kW betreibbar ist, wobei mindestens einer der nachfolgend genannten Parameter zur Aktivierung und/oder Deaktivierung einer Brennerfläche (3) herangezogen wird: Massenstrom und/oder Volumenstrom von Brenngas und/oder Verbrennungsluft, Druckparameter einer Brenngaszufuhr und/oder einer Verbrennungsluftzufuhr, Verbrennungsparameter, Einstellung von Strömungseinstellgeräten (5, 4) für das Brenngas und/oder die Verbrennungsluft und/oder ein Luft-Brenngas-Gemisches.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Regelung des Lambdawertes für jede der einstellbaren Brennerflächen (3) in einem Bereich erfolgt, der durch eine Lambdauntergrenze (Lu) und einer Lambdaobergrenze (Lo) begrenzt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jede der einstellbaren Brennerflächen (3) gleiche Lambdauntergrenzen (Lu) und Lambdaobergrenzen (Lo) vorgegeben sind.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lambdaobergrenze bei maximaler Leistung ($Lo(max)$) folgender Vorgabe entspricht: nominales Lambda $\times (1,0 + SK)$, wobei SK im Bereich von 0,05 bis 0,01 liegt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** SK im Bereich von 0,07 bis 0,08 liegt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lambdauntergrenze bei minimaler Leistung ($Lu(min)$) folgender Vorgabe entspricht: nominales Lambda $\times (1,0 - VK)$, wobei VK im Bereich von 0,1 bis 0,2 liegt.
7. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** VK im Bereich von 0,12 bis 0,17 liegt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens drei unterschiedliche Brennerflächen (3) eingestellt werden, wobei der Leistungsbereich für jede der Brennerflächen (3) mindestens 7 kW beträgt.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Grenzwert und/oder ein Toleranzbereich bereitgestellt ist, der mit einem der ermittelten Parameter zur Aktivierung und/oder Deaktivierung einer Brennerfläche (3) verglichen wird, und bei Erreichen des Grenzwertes oder Verlassen des Toleranzbereichs einer der Brennerflächen (3) automatisch aktiviert oder deaktiviert wird.
10. Brenner (1) eines Gasheizgerätes (2), wobei der Brenner (1) eine variabel einstellbare Brennerfläche (3) aufweist und Mittel, die so angepasst sind, dass sie die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausführen.
11. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bewirken, dass der Brenner (1) des Anspruchs 10 die Schritte des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausführt.

Fig. 1

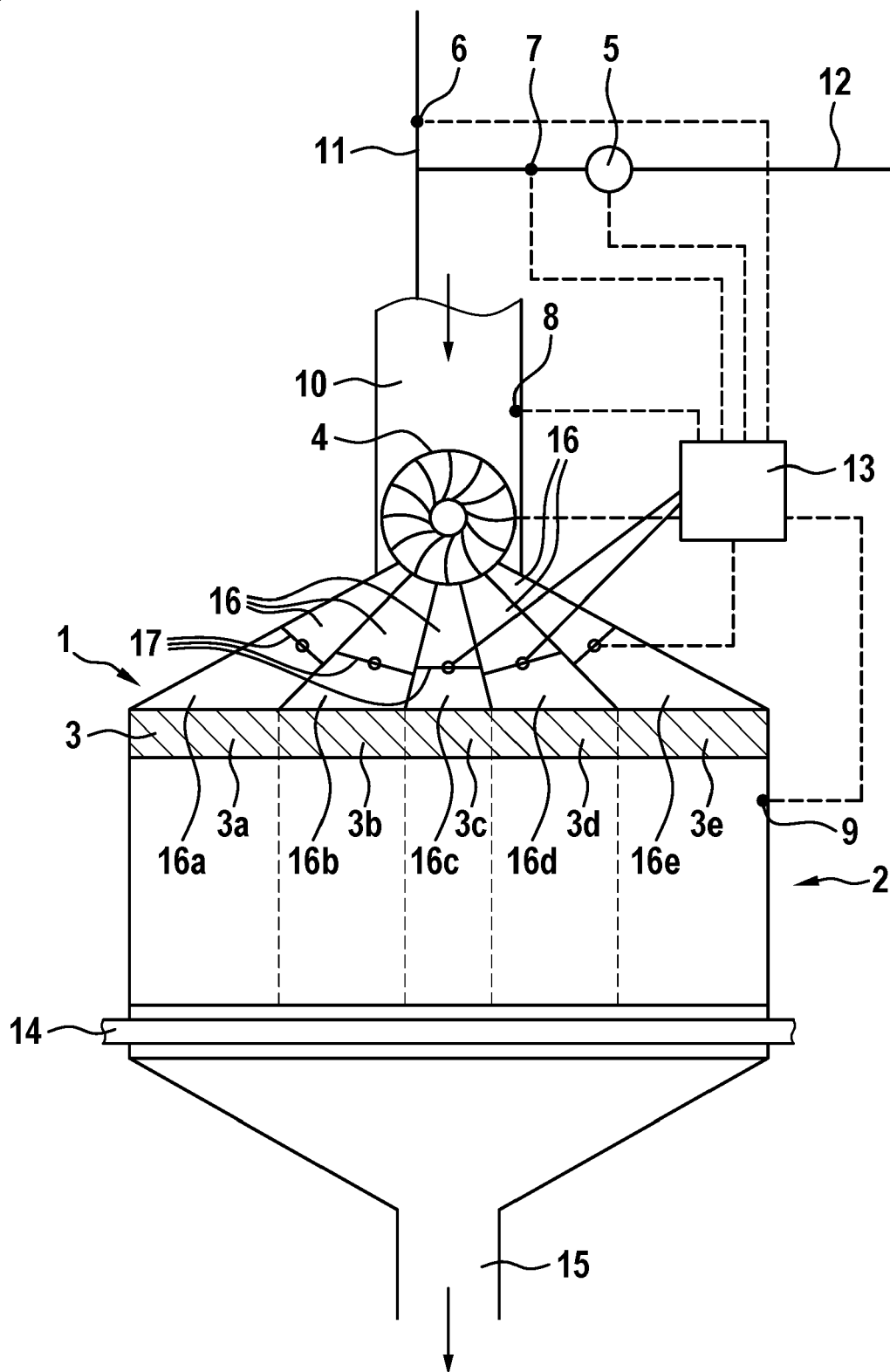


Fig. 2

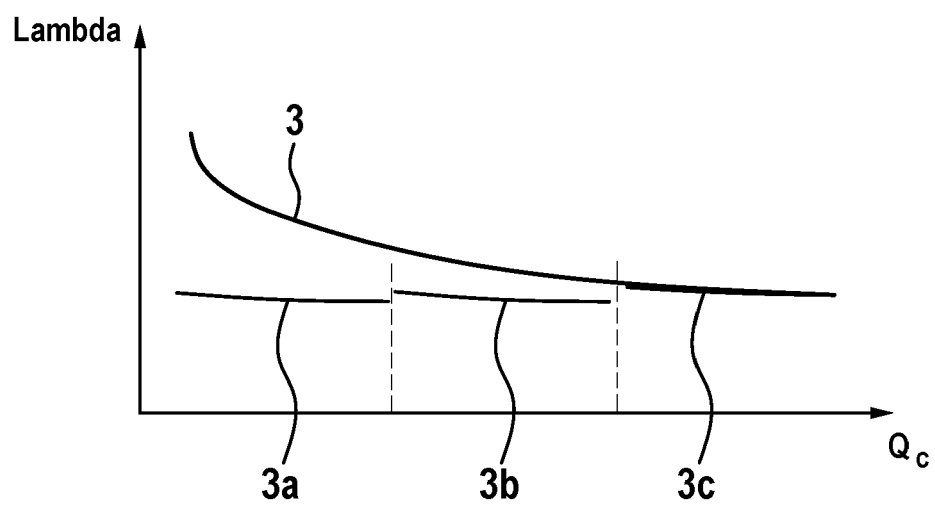


Fig. 3

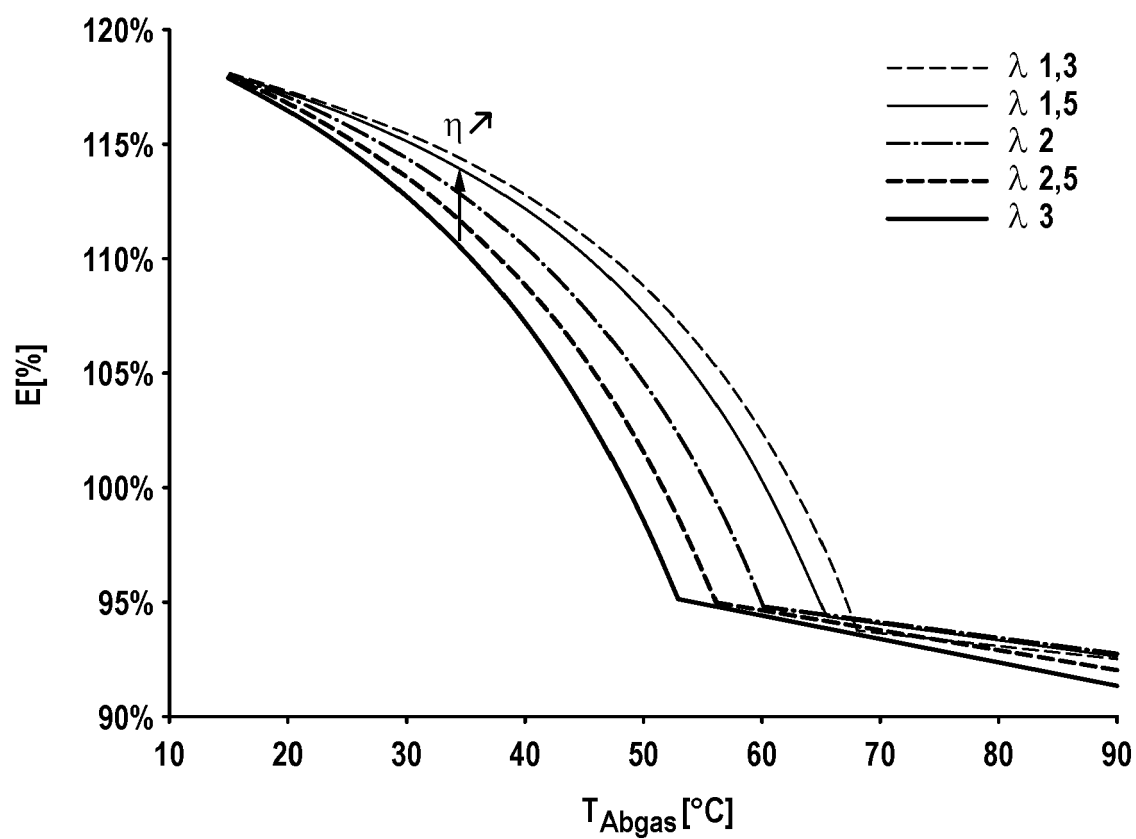


Fig. 4

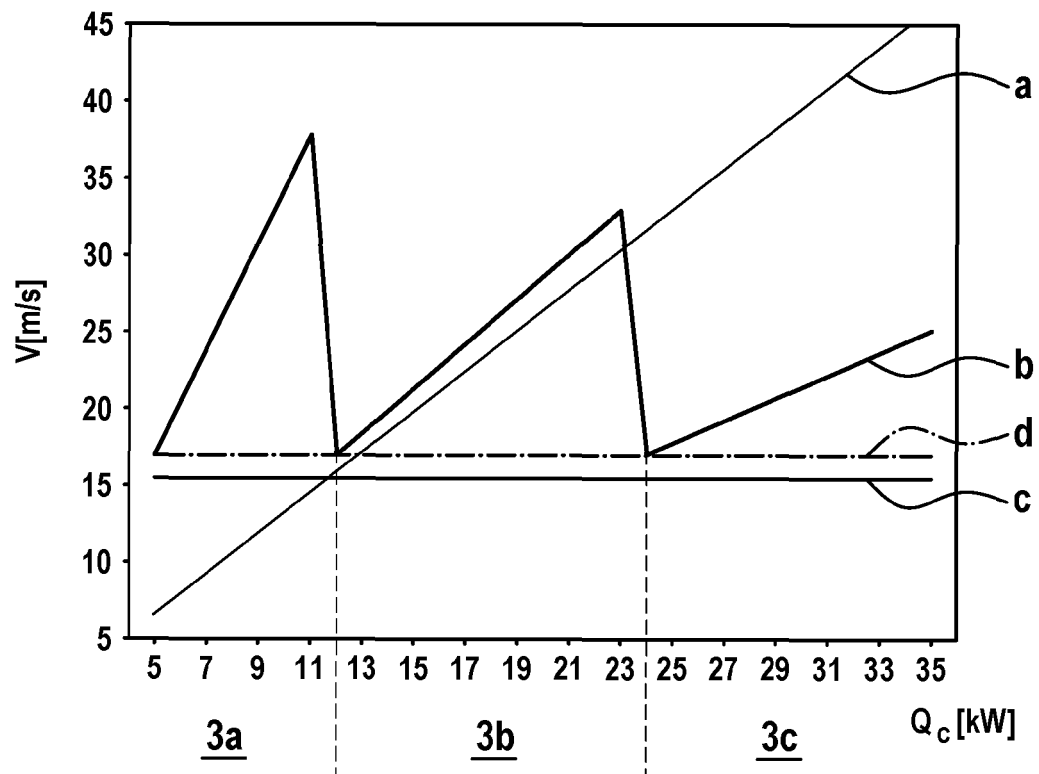
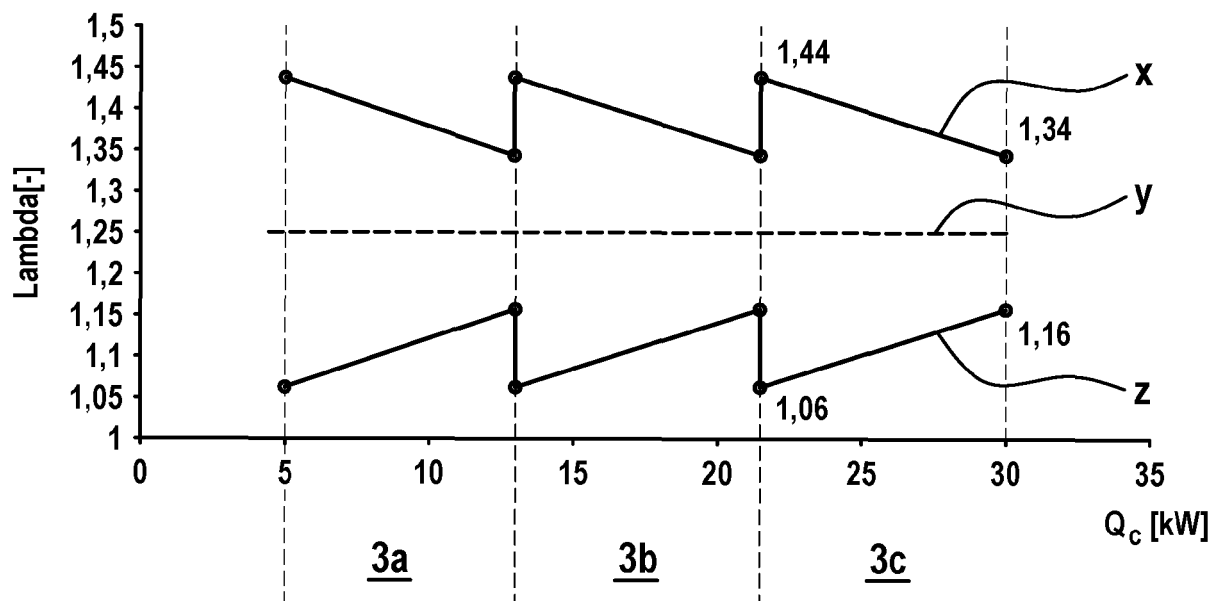


Fig. 5



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 19728965 A1 [0004] [0016]
- US 20130294192 A1 [0005]