

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.06.2024 Patentblatt 2024/25

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23N 5/18^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **23214165.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 5/184; F23N 2227/02

(22) Anmeldetag: **05.12.2023**

(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:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:

- **Autermann, Andre**
42859 Remscheid (DE)
- **Reinert, Andreas**
58455 Witten (DE)

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

(30) Priorität: 14.12.2022 DE 102022133191

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

(54) **VERFAHREN ZUR INBETRIEBNAHME EINES HEIZGERÄTES, COMPUTERPROGRAMM, REGEL- UND STEUERGERÄT UND HEIZGERÄT**

(57) Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Inbetriebnahme eines Heizgerätes (1), aufweisend eine Fördereinrichtung (2) zum Fördern eines Verbrennungsgemisches aus Brenngas und Verbrennungsluft zu einem Brenner (3) und ein Gasventil (5) zum Steuern einer Durchflussmenge Brenngas, wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst:

a) Erfassen eines dem Brenner (3) zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ (17) vor einem Öffnen des Gasventils (5) des Heizgerätes (1) zu einem Zeitpunkt t_0 ,

b) Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $V_{Air}(t)$ (17) nach dem Öffnen des Gasventils (5) zu einem Zeitpunkt t .

c) Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)},$$

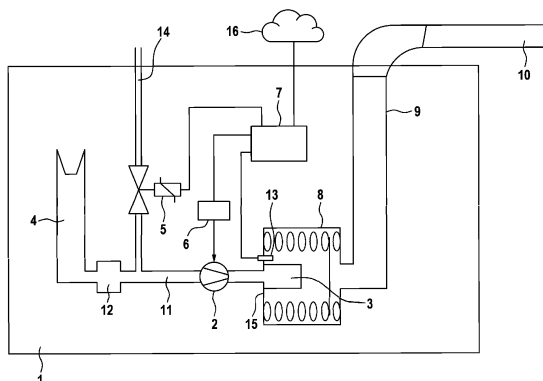
und

d) Ermitteln eines virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ mittels

$$\lambda_V(t) = \frac{R(t)}{A \times (1 - R(t))},$$

wobei der Faktor A eine Mindestluftmenge der Verbrennung des Brenngases darstellt.

Fig. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Inbetriebnahme eines Heizgerätes, ein Computerprogramm, ein Regel- und Steuergerät und ein Heizgerät.

[0002] Bei einer Inbetriebnahme eines Heizgerätes können kritische Zustände eintreten. Beispiele für derartige kritische Zustände können eine harte Zündung, eine Verpuffung oder ein Flammenrückschlag, also eine Flammenausbreitung während eines Start- bzw. Zündvorganges vom Brenner in eine Zuführung des Gemisches aus Brenngas und Verbrennungsluft, sein. Hierbei können Schäden am Heizgerät auftreten. Bei der Verwendung von Wasserstoff als Brenngas ist die Wahrscheinlichkeit eines Auftretens derartiger kritischer Zustände erheblich größer, da aufgrund einer deutlich höheren Flammgeschwindigkeit, der Flüchtigkeit und der geringen Dichte von Wasserstoff ein erheblich schlechteres Wiederholverhalten bei einem Startvorgang gegeben ist. Hierbei sind eine verspätete Zündung und eine zu hohe Gasleistung besonders kritisch. Dabei kann in der Regel ein erster Start eines kalten Heizgerätes (Kaltstart) besonders schwierig sein.

[0003] Zur Vermeidung derartiger kritischer Zustände wird in der EP 3 992 529 A1 vorgeschlagen, eine Pilotflamme mit einer eigenen Brennstoff-Versorgung zum Zünden eines Haupt-Brenners einzusetzen, dessen Funktion mittels eines Sensors überwacht werden kann und der zudem derart angeordnet ist, dass ein Erlöschen der Pilotflamme durch am Hauptbrenner austretende Luft nicht auftreten kann. Eine derartige Ausgestaltung ist jedoch mit hohem Aufwand verbunden.

[0004] Um ein sichereres Zünden eines Heizgerätes zu ermöglichen, wird in der DE 10 2019 121 973 A1 vorgeschlagen, ein Katalysatormaterial im Heizgerät, insbesondere dem Gas-Luft-Gemischstrom, anzuordnen. Das Katalysatormaterial kann dabei aufgrund seiner Eigenschaften die notwendige Aktivierungsenergie zum Starten der Verbrennung ohne zusätzliche thermische Energie, wie einem Zündfunken oder einer Pilotflamme, aufbringen. Auch diese Lösung ist mit hohem Aufwand und Kosten verbunden.

[0005] In der DE 10 2019 131 346 A1 wird ein Verfahren zur Bestimmung einer Brennstoffart vorgeschlagen, das während einer Inbetriebnahme eines Heizgerätes durchgeführt werden kann. Hierzu kann ein Parameter erfasst werden, der einen Rückschluss auf den Luftstrom erlaubt, der dem Heizgerät zugeführt wird. Der erfasste Parameter kann mit einem Referenzwert verglichen werden, um die Brennstoffart zu bestimmen. Das oben beschriebene schlechte Wiederholverhalten einer Inbetriebnahme bei der Verwendung von Wasserstoff als Brennstoff kann dieses Verfahren nicht mindern.

[0006] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Inbetriebnahme eines Heizgerätes, ein Computerprogramm, ein Regel- und Steuergerät und ein Heizgerät vorzuschlagen, die die geschilderten Probleme des Standes der Technik zumindest

teilweise überwinden. Insbesondere soll die Erfindung eine sichere Inbetriebnahme eines Heizgerätes ermöglichen, insbesondere eines mit Wasserstoff betriebenen Heizgerätes.

[0007] Zudem soll das Verfahren dazu geeignet sein, zumindest teilweise, automatisiert durchgeführt zu werden und möglichst geringe bauliche Veränderungen gegenüber einem Heizgerät nach dem Stand der Technik erfordern.

[0008] Diese Aufgaben werden gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der hier vorgeschlagenen Lösung sind in den unabhängigen Patentansprüchen angegeben. Es wird darauf hingewiesen, dass die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführten Merkmale in beliebiger, technologisch sinnvoller, Weise miteinander kombiniert werden können und weitere Ausgestaltungen der Erfindung definieren. Darüber hinaus werden die in den Patentansprüchen angegebenen Merkmale in der Beschreibung näher präzisiert und erläutert, wobei weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung dargestellt werden.

[0009] Hierzu trägt ein Verfahren zur Inbetriebnahme eines Heizgerätes (1), aufweisend eine Fördereinrichtung (2) zum Fördern eines Verbrennungsgemisches aus Brenngas und Verbrennungsluft zu einem Brenner (3) und ein Gasventil (5) zum Steuern einer Durchflussmenge Brenngas, wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst:

- a) Erfassen eines dem Brenner (3) zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ (17) vor einem Öffnen des Gasventils (5) des Heizgerätes (1) zu einem Zeitpunkt t_0 ,
- b) Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ (17) nach dem Öffnen des Gasventils (5) zu einem Zeitpunkt t ,
- c) Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)},$$

und

- d) Ermitteln eines virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$ mittels

$$\lambda_v(t) = \frac{R(t)}{A \times (1 - R(t))},$$

wobei der Faktor A eine Mindestluftmenge der Verbrennung des Brenngases darstellt.

[0010] Die Schritte a), b), c) und d) können dabei mindestens einmal in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden. Insbesondere können die Schritte b) bis

c) oder d) während einer Inbetriebnahme permanent (dauerhaft wiederholend) oder in regelmäßigen zeitlichen Abständen durchgeführt werden. Das Verfahren dient insbesondere einer sicheren Inbetriebnahme bzw. Zündung eines Heizgerätes, insbesondere eines, mit Wasserstoff oder einem Wasserstoff enthaltenden Gemisch als Brennstoff betriebenen, Heizgerätes. Insbesondere kann das Verfahren während einer Inbetriebnahme im Vorfeld eines Zündvorganges ausgeführt werden, um kritische Zustände zu vermeiden.

[0011] Das Heizgerät kann zumindest einen Wärmeerzeuger, insbesondere einen Gas-Brennwertkessel, umfassen, der durch Verbrennung eines Brennstoffes Wärmeenergie freisetzt und über mindestens einen Wärmetauscher auf einen Heizkreis übertragen kann, wobei Verbraucher des Heizkreises über einen Vorlauf und einen Rücklauf an das Heizgerät anschließbar sind. Die bei der Verbrennung entstehenden Abgase können über einem Abgaskanal des Heizgerätes einer Abgasanlage zugeführt werden. Im Heizgerät kann im Heizkreislauf eine Umwälzpumpe dazu eingerichtet sein, ein Wärmeträgermedium (Heizungswasser) umzuwälzen, wobei über einen HeizungsVorlauf erwärmtes Wärmeträgermedium Verbrauchern, wie Konvektoren oder Flächenheizungen, zugeführt und über einen HeizungsRücklauf zum Wärmeerzeuger bzw. dem mindestens einen Wärmetauscher rückgeführt werden kann.

[0012] Hierzu kann das Heizgerät eine Fördereinrichtung, insbesondere ein Gebläse, aufweisen, das ein Gemisch aus Verbrennungsluft und Brennstoff (Wasserstoff) einem, in einer Brennkammer angeordneten, Brenner des Heizgerätes zuführen kann. Verbrennungsluft kann dabei den von der Fördereinrichtung geförderten Luftstrom bezeichnen, unabhängig davon, ob diese tatsächlich einer Verbrennung zugeführt wird oder, wie beispielsweise im Rahmen einer Inbetriebnahme, beim Anfahren der Fördereinrichtung oder bei Spülvorgängen gefördert wird. Die Fördereinrichtung kann dabei eine Leistungsregelung umfassen, insbesondere einen Drehzahlregler. Das Heizgerät kann dabei einen pneumatischen Gas-Luftverbund bilden, bei dem einem Massestrom Verbrennungsluft entsprechend einem Unterdruck (Steuerdruck) einer Drosselstelle, wie einer Venturidüse, ein über eine Gaszuführung bereitgestellter Massestrom Brenngas zugesetzt wird, so dass sich ein vordefiniertes (vorgegebenes) Verbrennungsluftverhältnis (Luftzahl, Lambda) einstellen kann. Das Heizgerät kann alternativ einen elektronischen Gas-Luftverbund aufweisen, bei dem anhand eines Signals einer Flammenüberwachung ein Rückschluss auf die Flammen und das Verbrennungsluftverhältnis (auch als Lambda oder Luftzahl bezeichnet) erfolgen kann, so dass eine Regelung desselben ermöglicht wird. Das Heizgerät kann insbesondere zur Verbrennung von Wasserstoff als Brennstoff oder einem (Brennstoff)Gemisch enthaltend Wasserstoff eingerichtet sein. Das Gemisch kann dabei einen Gehalt von mindestens 80% oder mindestens 90% Wasserstoff aufweisen.

[0013] Zudem kann das Heizgerät eine Flammenüberwachung aufweisen. Häufig kommt hierzu eine Ionisationselektrode zum Einsatz, die einen Ionisationsstrom der Flamme zum Feststellen derselben nutzen kann. Dieses Prinzip ist jedoch bei einer Wasserstofflamme, nicht robust einsetzbar, da bei der Verbrennung von Wasserstoff erheblich weniger freie Ladungsträger entstehen. Häufig kommen daher bei mit Wasserstoff betriebenen Heizgeräten andere Verfahren, wie beispielsweise ein Erfassen der von der Flamme emittierten elektromagnetischen Strahlung, insbesondere Infrarot- (IR-) und/ oder UV-(Ultraviolett-) Strahlung oder ein Erfassen der Flammentemperatur zum Einsatz. Ein Signal einer Flammenüberwachung kann dabei das Vorhandensein einer Flamme anzeigen, sowie ein Rückschluss auf ein Verbrennungsluftverhältnis der Flamme ermöglichen.

[0014] Eine Inbetriebnahme eines Heizgerätes kann dabei wie folgt ablaufen. Zunächst kann, beispielsweise ein Regel- und Steuergerät des Heizgerätes, eine Fördereinrichtung, die zumeist als Gebläse ausgeführt ist, auf eine vorgegebene Startleistung bzw. Startdrehzahl, anfahren. Nach dem Erreichen der vorgegebenen Startleistung bzw. Startdrehzahl kann sich eine Spülphase mit einer vorgegebenen Zeitdauer anschließen, in der sich der Massestrom Verbrennungsluft im Strömungsweg stabilisieren kann. Bei der vorgegebenen Startleistung bzw. Startdrehzahl stellt sich ein Startmassestrom Verbrennungsluft $\dot{m}_{Air}(t_0)$ ein. Nunmehr kann eine für die Startleistung bzw. Startdrehzahl vorgegebene Durchflussmenge Brennstoff (Startmassestrom oder Startvolumenstrom Brennstoff) zugeführt werden, indem ein Gasventil auf eine entsprechende Öffnungsposition gefahren wird. Mit zunehmendem Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ kann der Volumenstrom Verbrennungsluft im Verlauf der Zeit t kontinuierlich abnehmen und umgekehrt proportional der zugeführte Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ zunehmen, bis sich ein vorgegebenes Verbrennungsluftverhältnis λ einstellt, und ein Zündvorgang eingeleitet werden kann. Der beschriebene Vorgang einer Inbetriebnahme eines Heizgerätes kann insbesondere durch ein Regel- und Steuergerät eines Heizgerätes durchgeführt werden.

[0015] Gemäß Schritt a) kann ein Erfassen eines dem Brenner zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ zu einem Zeitpunkt t_0 vor dem Öffnen eines Gasventils des Heizgerätes erfolgen. Der zugeführte Volumenstrom Verbrennungsluft entspricht dabei insbesondere dem bei der Startleistung bzw. der Startdrehzahl der Fördereinrichtung geförderten Volumenstrom Verbrennungsluft. Der Volumenstrom Verbrennungsluft kann in diesem Zusammenhang auch als Fördervolumenstrom der Fördereinrichtung verstanden werden.

[0016] Insbesondere kann der erfasste Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ auf einem elektronischen Daten-Speicher, beispielsweise einem Speicher des Regel- und Steuergerätes, hinterlegt werden.

[0017] Gemäß Schritt b) kann ein Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ während des Öff-

nens bzw. nach dem Öffnen des Gasventils zu einem Zeitpunkt t , erfolgen. Der Zeitpunkt t kann eine vorgegebene Periode nach dem Zeitpunkt t_0 liegen. Insbesondere kann das Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ kontinuierlich bzw. über eine vorgegebene Erfassungsperiode durchgeführt werden, wobei die Erfassungsperiode zumindest teilweise parallel dem Öffnungsvorgang des Gasventils und/oder dem vollständig geöffneten Gasventil liegt.

[0018] Gemäß einer Ausgestaltung kann ein Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ und/oder des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ mittels eines Durchflusssensors (eines Massestrom- oder Volumenstromsensors) erfolgen, der in einer Zuführung Verbrennungsluft des Heizgerätes, beispielsweise in einem Schalldämpfer einer Zuführung Verbrennungsluft, angeordnet sein kann bzw. ist.

[0019] In diesem Zusammenhang wird angemerkt, dass ein (gasförmiger) Volumenstrom auf einfache Art und Weise in einen Massestrom überführbar ist und umgekehrt. Hierzu kann näherungsweise eine Multiplikation mit einem Umrechnungsfaktor erfolgen oder eine präzise Umrechnung in Kenntnis von Zustandsparametern des zu erfassenden Gasstromes, insbesondere der Dichte, Temperatur und des Druckes. Eine Bezugnahme im Rahmen dieses Dokumentes auf einen Massestrom kann somit immer auch als Bezugnahme auf einen Volumenstrom verstanden werden und umgekehrt.

[0020] Gemäß Schritt c) kann ein Verhältnis $R(t)$ bestimmt werden:

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)}.$$

Das Verhältnis wird aus dem Umstand abgeleitet, dass der, bei konstanter Drehzahl von der Fördereinrichtung geförderte Volumenstrom konstant ist (dichteunabhängig) und der Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}(t)$ somit mittels

$$\dot{V}_{Gas}(t) = \dot{V}_{Air}(t_0) - \dot{V}_{Air}(t)$$

hergeleitet werden kann.

[0021] Anhand des in Schritt c) ermittelten Verhältnisses $R(t)$ kann ein Rückschluss auf das Verbrennungsluftverhältnis zum Zeitpunkt t erfolgen. Hierzu kann das ermittelte $R(t)$ beispielsweise mit einem vorgegebenen Referenzbereich von $R(t)$ verglichen und die Verbrennung zum Zeitpunkt t bewertet werden.

[0022] Gemäß einem Schritt d) kann ein Berechnen eines virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ mittels

$$\lambda_V(t) = \frac{R(t)}{A \times (1 - R(t))}$$

erfolgen.

[0023] Gemäß einer Ausgestaltung kann in einem Schritt

e) ein Bewerten des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$

erfolgen.

[0024] Der Faktor A stellt dabei den Mindestluftbedarf der Verbrennung des Brenngases, auch als stöchiometrischer Luftbedarf bezeichnet, also das benötigte Volumen Verbrennungsluft für die Verbrennung von einem Kubikmeter Brenngas, mit der Annahme, dass die Verbrennungsluft einen Sauerstoffanteil von 21 Prozent [%] hat. In Kenntnis einer chemischen Zusammensetzung des Brennstoffes könnte der Mindestluftbedarf A somit berechnet werden. Beispielsweise beträgt der Faktor A (der Mindestluftbedarf der Verbrennung) für Wasserstoff (100%iges) 2,381, für (100%iges) Methan 9,52, für (100%iges) Propan 23,8 und für (100%iges) Butan 31. Der Faktor A (der Mindestluftbedarf) kann hierfür beispielsweise auf einem Speicher des Regel- und Steuergerätes des Heizgerätes hinterlegt sein, beispielsweise ein Mittelwert für die Gase einer Gasfamilie.

[0025] Alternativ könnte der Mindestluftbedarf A auch ermittelt werden, beispielsweise aus einer Inbetriebnahmeprozedur und/oder auch mit Hilfe anderer Regelkreise des Heizgerätes. Hierzu kann beispielsweise ein Lambdaregelkreis eines Heizgerätes genutzt werden, der im Betrieb das Verbrennungsluftverhältnis des Heizgerätes unabhängig von der Gasart regeln kann. So kann nach

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{mAir}(t_0)}{\dot{V}_{Air}(t)}$$

einem Schließen des Gasventils mit

$$\lambda_V(t) = \frac{R(t)}{A \times (1 - R(t))}$$

und der Mindestluftbedarf A in Kenntnis des Verbrennungsluftverhältnisses im Betrieb bestimmt werden.

[0026] Eine alternative Möglichkeit könnte darin bestehen, das Verbrennungsluftverhältnis von einem nicht zündfähigen Bereich zu mindern (den Anteil Brennstoff im Verbrennungsgemisch somit zu erhöhen) bis eine erfolgreiche Zündung stattfindet und somit ein $R(t)$ für das magerste zündfähige Gemisch ermitteln. In Kenntnis einer Lambdagrenze des Gerätes für die Zündung (also des maximalen Lambdas (Verbrennungsluftverhältnisses) mit dem eine Zündung möglich ist) könnte der Mindestluftbedarf A mit dem ermittelten $R(t)$ berechnet werden.

[0027] Gemäß einer Ausgestaltung könnte in einem Schritt e) ein Bewerten des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ erfolgen. Das Bewerten erfolgt dabei insbesondere im Hinblick auf ein Feststellen einer kritischen Inbetriebnahme und nutzt hierfür das virtuellen

Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ und/ oder einen Gradienten des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$. Der Gradient $G(t)$ des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ kann der durch eine mathematische Ableitung ermittelte Anstieg des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ sein.

[0028] Gemäß einer Ausgestaltung könnte bei dem Bewerten gemäß Schritt e) der Umstand einbezogen werden, dass ein zu niedriges virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ möglicherweise eintretende kritischen Zustände des Heizgerätes anzeigen kann. Somit könnte ein Abbruch eines Zündvorganges bei einem zu niedrigen virtuellen Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ in Erwägung gezogen werden. Demgegenüber kann ein zu hohes virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ kaum zu kritischen Zuständen führen und ein Abbruch aus Sicherheitsgründen muss nicht erfolgen, der Zündversuch kann bis zu einer Beendigung (durch ein Ende der Sicherheitszeit oder einer Flammenbildung) fortgeführt werden.

[0029] Gemäß einer Ausgestaltung kann bei einem Schließen des Gasventils eine Plausibilisierung des Verhältnisses $R(t)$ und / oder des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ erfolgen. Hierzu können folgende Schritte durchgeführt werden:

a1) Erfassen eines dem Brenner (3) zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_{p0})$ vor dem Schließen des Gasventils des Heizgerätes zu einem Zeitpunkt t_{p0} .

b1) Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ (17) nach dem Schließen des Gasventils zu einem Zeitpunkt t ,

c1) Ermitteln eines Verhältnisses $RP(t)$ mit

$$RP(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t_{p0})}{\dot{V}_{Air}(t)}$$

- Ein Schließen des Gasventils kann hierbei insbesondere durch einen beschriebenen Abbruch des Zündvorganges, durch ein Ende der Sicherheitszeit für den Zündvorgang oder auch durch eine betriebsbedingte Brennerabschaltung (beispielsweise mangels Wärmebedarf) initiiert sein.

[0030] Gemäß einer weiterführenden Ausgestaltung kann in einem Schritt d1) in Analogie zu Schritt d) ein virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_{VP}(t)$ aus $RP(t)$ ermittelt werden.

[0031] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann ein Vergleichen des Verhältnisse $R(t)$ und $RP(t)$ und/ oder der virtuellen Verbrennungsluftverhältnisse $\lambda_V(t)$ und $\lambda_{VP}(t)$ und ein Bewerten der Vergleichsergebnisse erfolgen.

[0032] Gemäß einer Ausgestaltung kann im Rahmen der Durchführung des Schrittes e) ein Vergleichen des in Schritt d) bestimmten virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ oder des Gradienten $G(t)$ mit einem (jeweiligen) Referenzbereich erfolgen. Ein Verlassen des

Referenzbereiches kann dabei einen kritischen Zustand bei der Inbetriebnahme, insbesondere ein kritisches Verbrennungsluftverhältnis λ anzeigen. Der Referenzbereich kann dabei durch einen oberen und einen unteren Grenzwert definiert sein, wobei ein virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ größer dem oberen Grenzwert und/ oder kleiner dem unteren Grenzwert einen möglicherweise kritischen Zustand bei der Inbetriebnahme, insbesondere in Verbindung mit einer verzögerten Zündung, anzeigen kann. Demgegenüber bedeutet ein zu niedriges Verbrennungsluftverhältnis eine geringere Flammengeschwindigkeit und eine geringere Leistung und kann damit zu einer verlangsamen oder auch keiner Flammenbildung bei einem Zündvorgang führen. Dabei kann der Referenzbereich auch ein Grenzwert sein, dessen unter- oder überschreiten einen kritischen Zustand anzeigen kann. Hierbei kann insbesondere ein Unterschreiten des Grenzwertes kritisch sein, da dieses ein niedriges λ und somit einen hohen Anteil Brennstoff im Verbrennungsgemisch (fettes Gemisch) anzeigen kann.

[0033] Gemäß einer Ausgestaltung können Referenzbereich und/ oder Grenzwert im Vorfeld an einem Referenzheizgerät in (Labor-)Versuchen ermittelt worden sein und auf einem Speicher des Heizgerätes, insbesondere eines Regel- und Steuergerätes des Heizgerätes hinterlegt sein.

[0034] Gemäß einer Ausgestaltung kann bei einem Feststellen des Verlassens des Referenzbereiches und/ oder einem Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes durch das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ und/ oder das Verhältnis $R(t)$ in Schritt e) der Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ angepasst werden.

[0035] Gemäß einer Ausgestaltung kann bei einem Feststellen des Verlassens des Referenzbereiches und/ oder einem Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes durch das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ und/ oder das Verhältnis $R(t)$ in Schritt e), insbesondere bei einem virtuellen Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ unterhalb eines Referenzbereiches oder Grenzwertes, der Zündvorgang abgebrochen werden. Bei einem damit verbundenen Schließen des Gasventils könnten die Schritte a1), b1) und c1) durchgeführt werden und das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ bzw. das Verhältnis $R(t)$ plausibilisiert werden. Anschließend könnte ein erneuter Versuch einer Inbetriebnahme mit einem angepassten Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ erfolgen, bei dem insbesondere ein hier vorgeschlagenes Verfahren erneut durchgeführt werden kann.

[0036] Wie beschrieben ist für die Bestimmung von $R(t)$ bzw. des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ eine möglichst konstante Drehzahl der Fördereinrichtung maßgeblich. Allerdings kann beim Öffnen oder Schließen des Gasventils eine kurzzeitige Drehzahlabweichung auftreten. Gemäß einer Ausgestaltung kann diese Drehzahlabweichung kompensiert werden, indem zusätzlich die Drehzahl n der Fördereinrichtung zum Zeitpunkt t_0 und zum Zeitpunkt t erfasst wird und ein kompensierter

Volumenstrom

$\dot{V}_{Ai \text{ komp}}(t) = \dot{V}_{Air} \times \frac{n(t0)}{n(t)}$ berechnet wird. Der kompensierte Volumenstrom kann dann zur Berechnung des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses herangezogen werden.

[0037] Gemäß einer Ausgestaltung kann, insbesondere bei einem erneuten Versuch einer Inbetriebnahme, der zugeführte Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ entsprechend der Abweichung des ermittelten $R(t)$ von einem Soll- $R(t)$ bzw. der Abweichung des ermittelten virtuellen Verbrennungsluftverhältnis von einem Soll-Verbrennungsluftverhältnis angepasst werden. In Abhängigkeit der Abweichung sind hierbei verschiedene Fallgestaltungen vorstellbar:

- bei einer unplausibel großen Abweichung (virtuelles Verbrennungsluftverhältnis deutlich größer/ kleiner als Soll-Verbrennungsluftverhältnis) kann eine Reset-Fahrt des Schrittmotors des Gasventils sinnvoll sein,
- bei einem virtuellen Verbrennungsluftverhältnis deutlich unterhalb des Soll-Verbrennungsluftverhältnis, also einem deutlich zu fetten Verbrennungsgemisch, kann eine entsprechend große Korrektur erfolgen, die das Verbrennungsluftverhältnis möglichst wieder in einen mageren Bereich verschieben kann, und
- bei einer größeren Abweichung des virtuellen Verbrennungsluftverhältnis in Richtung mager kann in kleinen Schritten der zugeführte Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ erhöht werden. Durch eine Erhöhung in kleinen Schritten kann dabei das Risiko eines Sprunges in einen fetten Bereich gemindert werden. Auch könnte eine Erhöhung des zugeführten Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ von einer Plausibilisierung des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses abhängig gemacht werden.

[0038] Gemäß einer Ausgestaltung kann der Ablauf des Zündvorganges an die Abweichung des ermittelten $R(t)$ von einem Soll- $R(t)$ bzw. die Abweichung des ermittelten virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses von einem Soll-Verbrennungsluftverhältnis angepasst werden. Die Anpassung des Ablaufes des Zündvorganges kann insbesondere die Sicherheitszeit und die Zündleistung (Intensität der Zündung) betreffen. Beispielsweise kann bei einem Verbrennungsluftverhältnis kleiner eins, die Sicherheitszeit verkürzt werden. Beispielsweise kann bei einem Verbrennungsluftverhältnis von 0,7 die Sicherheitszeit auch mit dem Faktor 0,7 verkürzt werden.

[0039] Alternativ oder kumulativ kann auch ein Leistungsfaktor bestimmt werden, der für die Anpassung des Ablaufes des Zündvorganges genutzt werden kann. Der

Leistungsfaktor kann aus
$$\frac{Q_{Soll}}{Q_{\lambda_{virt}}} = \frac{1+A \times \lambda_{virt}}{1+A \times \lambda_{Soll}}$$
 be-

stimmt werden. Aus dem Leistungsfaktor kann sich ein Verkürzungsfaktor für die Sicherheitszeit ermittelt werden, wobei einer gleichbleibenden Energiemenge pro Zündversuch für die Verkürzung maßgeblich sein kann. Auch kann aus dem Leistungsfaktor eine notwendige Leistungsänderung für einen nachfolgenden Zündversuch ermittelt werden.

[0040] Gemäß einer weiterführenden Ausgestaltung kann bei einem Erreichen einer vorgegebenen maximalen Anzahl von Versuchen einer Inbetriebnahme des Heizgerätes bei denen ein Verlassen des Referenzbereiches bzw. ein Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes festgestellt wurde, die Inbetriebnahme des Heizgerätes abgebrochen werden. Regelmäßig wird die vorgegebene maximale Anzahl von Versuchen einer Inbetriebnahme in einem Bereich von 2 bis 10 Versuchen, insbesondere von 4 bis 6 Versuchen liegen. Häufig beschränken hierbei länderspezifische Regelungen oder Normen die Anzahl der Versuche einer Inbetriebnahme.

[0041] Gemäß einer Ausgestaltung kann nach erfolgloser Durchführung der maximalen Anzahl von Versuchen einer Inbetriebnahme das Heizgerät (automatisiert) in einen Fehlerzustand verbracht werden, der aus Sicherheitsgründen nur von einer gerätekundigen Person, wie einem Servicetechniker, beendet werden kann.

[0042] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann in einem Schritt f) eine Information das Erreichen der maximalen Anzahl an Versuchen einer Inbetriebnahme über eine (externe oder ins Heizgerät integrierte) Anzeigeeinrichtung angezeigt und/ oder ein Netzwerk, insbesondere dem Internet, zum Abruf bereitgestellt und/ oder als Nachricht versandt werden. Beispielsweise kann die Information auf einem Appliance Interface des Heizgerätes oder auch auf einem Netzwerkspeicher (Cloud) zum Abruf bereitgestellt werden. Vorteilhaft kann so beispielsweise einem Nutzer/ Betreiber des Heizgerätes und/ oder einem Fachbetrieb eine Information über einen Fehler bei der Inbetriebnahme durch eine Nachricht übermittelt werden und der Fachbetrieb kann einen Termin zur Wartung und/ oder Reparatur entsprechend planen und durchführen. Insbesondere kann so eine schnelle Beendigung eines Fehlerzustandes des Heizgerätes herbeigeführt werden.

[0043] Ein vorgeschlagenes Verfahren ermittelt somit rechnerisch ein virtuelles Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$, das eine Einschätzung und Bewertung des dem Brenner zugeführten Verbrennungsgemisches ermöglicht. Insofern ist ein hier vorgeschlagenes Verfahren auch sehr gut als redundantes Verfahren zur Überprüfung/ Überwachung vorhandener Regelungsmechanismen geeignet.

[0044] Nach einem weiteren Aspekt wird auch ein Computerprogramm vorgeschlagen, welches zur (zumindest teilweisen) Durchführung eines hier vorgestellten Verfahrens eingerichtet ist. Dies betrifft mit anderen Worten insbesondere ein Computerprogramm (-produkt), umfassend Befehle, die bei der Ausführung des Programms durch einen Computer, diesen veranlassen,

ein hier vorgeschlagenes Verfahren auszuführen. Das Computerprogramm kann insbesondere auf einem Regel- und Steuergerät des Heizgerätes durchgeführt werden.

[0045] Nach einem weiteren Aspekt wird auch ein maschinenlesbares Speichermedium vorgeschlagen, auf dem das Computerprogramm gespeichert ist.

[0046] Regelmäßig handelt es sich bei dem maschinenlesbaren Speichermedium um einen computerlesbaren Datenträger.

[0047] Nach einem weiteren Aspekt wird auch ein Regel- und Steuergerät für ein Heizgerät vorgeschlagen, eingerichtet zur Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens. Das Regel- und Steuergerät kann hierzu beispielsweise einen Prozessor aufweisen, und/ oder über diesen verfügen. In diesem Zusammenhang kann der Prozessor beispielsweise das auf einem Speicher (des Regel- und Steuergeräts) hinterlegte Verfahren ausführen. Das Regel- und Steuergerät kann hierfür insbesondere mit einer Fördereinrichtung und einer Flammenüberwachung elektrisch verbunden sein. Zudem können auf einem Speicher des Regel- und Steuergerätes im Rahmen der Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens erfasste oder benötigte Daten hinterlegt werden, beispielsweise ein in Schritt a) erfasster zugeführter Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$, ein in Schritt b) erfasster Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$, ein in Schritt c) bestimmtes Verhältnis $R(t)$ und virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda V(t)$, ein Referenzbereich und/ oder Grenzwert und/ oder die Anzahl der bereits erfolgten Versuche einer Inbetriebnahme bzw. die vorgegebene maximale Anzahl an Inbetriebnahmen.

[0048] Nach einem weiteren Aspekt wird auch ein Heizgerät vorgeschlagen, aufweisend ein hier vorgeschlagenes Regel- und Steuergerät. Bei dem Heizgerät kann es sich um ein Gasheizgerät, insbesondere um ein wasserstoffbetriebenes Gasheizgerät, handeln. Das Gasheizgerät kann einen Brenner und eine Fördereinrichtung aufweisen, mit der ein Gemisch aus Brennstoff (Wasserstoff) und Verbrennungsluft dem Brenner zugeführt werden kann.

[0049] Die im Zusammenhang mit dem Verfahren erörterten Details, Merkmale und vorteilhaften Ausgestaltungen können entsprechend auch bei dem hier vorgestellten Computerprogramm, dem Regel- und Steuergerät und dem Heizgerät auftreten und umgekehrt. Insoweit wird auf die dortigen Ausführungen zur näheren Charakterisierung der Merkmale vollumfänglich Bezug genommen.

[0050] Hier wird somit ein Verfahren zum Betreiben eines Heizgerätes, ein Computerprogramm, ein Regel- und Steuergerät und ein Heizgerät angegeben, welche die mit Bezug auf den Stand der Technik geschilderten Probleme zumindest teilweise lösen. Insbesondere tragen das Verfahren zum Betreiben eines Heizgerätes, das Computerprogramm, das Regel- und Steuergerät, das Heizgerät sowie die Verwendung zumindest dazu bei,

eine sichere Inbetriebnahme bzw. einen sicheren Zündvorgang eines Heizgerätes, insbesondere bei einem wasserstoffbetriebenen Heizgerät, zu ermöglichen. Weiter vorteilhaft ist ein hier vorgeschlagenes Verfahren vollständig computerimplementiert durchführbar und erfordert somit keine baulichen Änderungen an einem Heizgerät.

[0051] Insbesondere vorteilhaft kann das Verfahren im Vorfeld eines Zündvorganges durchgeführt werden, und helfen, mögliche kritische Zustände bereits während eines Zündvorganges zu erkennen. Dies ermöglicht einen Abbruch der Inbetriebnahme eines Zündvorganges und kann somit die Betriebssicherheit erheblich erhöhen.

[0052] Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der beiliegenden Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Erfindung durch die angeführten Ausführungsbeispiele nicht beschränkt werden soll. Insbesondere ist es, soweit nicht explizit anders dargestellt, auch möglich, Teilaspekte der in den Figuren erläuterten Sachverhalte zu extrahieren und mit anderen Bestandteilen und Erkenntnissen aus der vorliegenden Beschreibung zu kombinieren. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Es zeigen:

Fig. 1: einen Ablauf eines hier vorgeschlagenen Verfahrens,

Fig. 2: ein hier vorgeschlagenes Heizgerät, und

Fig. 3: Parameterverläufe, die sich bei der Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens einstellen können.

[0053] Fig. 1 zeigt beispielhaft und schematisch einen Ablauf eines hier vorgeschlagenen Verfahrens. Die mit Blöcken 110, 120 130 und 140 dargestellte Durchführung der Schritte a), b), c) und d) kann bei einem regulären Verfahrensablauf mindestens einmal in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden, wobei die Schritte b) bis d) des Verfahrens insbesondere kontinuierlich, bzw. mit kurzen zeitlichen Abständen (1/10 bis 1/1000 Sekunde) wiederholt werden. Das Verfahren dient einer Steigerung der Sicherheit eines, insbesondere mit Wasserstoff oder mit einem wasserstoffhaltigen Gemisch als Brennstoff betriebenen, Heizgerätes 1 bei einer Inbetriebnahme.

[0054] Fig. 2 zeigt beispielhaft und schematisch ein hier vorgeschlagenes Heizgerät 1. Dieses kann einen in einer Brennkammer 8 angeordneten Brenner 3 umfassen. Über eine Zuführung Verbrennungsluft 4, in der ein Massenstromsensor 12 angeordnet sein kann, kann ein Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}$ durch eine Fördereinrichtung 2, insbesondere als Gebläse ausgebildet, angesaugt werden. Ein durch den Massestromsensor (12) erfasster Massestrom Verbrennungsluft $\dot{m}_{Air}$ kann einfach in einen Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}$ überführt werden. Die Fördereinrichtung 2 kann mit einem Drehzahlregler 6 verbunden sein, der mittels eines puls-

weitenmodulierten (PWM-) Signals eine Drehzahl n der Fördereinrichtung 2 regeln kann. Ein Gasventil 5 kann dem angesaugten Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}$ einen Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ aus einer Gaszuführung 14 zusetzen und ein Sicherheitsventil sowie ein Gasregelventil zur Steuerung des zuzusetzenden Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ umfassen. Das erzeugte Verbrennungsgemisch aus Brenngas und Verbrennungsluft kann über einen Gemischkanal 11 zum Brenner 3 strömen. Der Brenner 3 kann eine Zylinderform aufweisen, die mit einer Grundfläche an einer Brennertür 15 derart befestigt sein kann, dass Verbrennungsgemisch aus dem Gemischkanal 11 in den Brenner 3 strömen kann. Die Verbrennungsprodukte können nach der Verbrennung über ein Abgasrohr 9 des Heizgerätes und eine Abgasanlage 10 nach Außen abgeleitet werden.

[0055] Das hier vorgeschlagenen Heizgerät 1 kann insbesondere zur Verbrennung von Wasserstoff eingerichtet sein. Zudem kann das Heizgerät 1 an/ bzw. in der Brennertür 15 eine (Vorrichtung zur) Flammenüberwachung 13 aufweisen, die hier als Sensor für von der Flamme emittierte UV- (Ultraviolett-) Strahlung ausgebildet sein kann.

[0056] Ein Regel- und Steuergerät 7 kann zur Regelung des Heizgerätes 1 eingerichtet sein. Hierfür kann dieses beispielsweise mit dem Drehzahlregler 6, der Fördereinrichtung 2, dem Gasventil 5, der Flammenüberwachung 13, dem Massestromsensor 12 und einem Netzwerk 16 (Internet) elektrisch verbunden sein. Das Regel- und Steuergerät 7 kann zur Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens eingerichtet sein.

[0057] Die Fig. 3 und 4 zeigen Parameterverläufe, die sich bei Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens einstellen können. Es wird ein Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ 17 und ein Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}(t)$ 18 in Abhängigkeit der Zeit t während einer Inbetriebnahme des Heizgerätes 1 gezeigt. Anfänglich wurde eine Startleistung bzw. Startdrehzahl der Fördereinrichtung 2 angefahren, wodurch sich ein konstanter Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ 21 einstellen kann.

[0058] In Block 110 gemäß Schritt a) kann der dem Brenner zugeführte Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ 21 vor dem Öffnen eines Gasventils 5 zu einem ersten Zeitpunkt t_0 19 erfasst werden und beispielsweise auf einem Speicher des Regel- und Steuergerätes 7 hinterlegt werden.

[0059] Im Anschluss an den ersten Zeitpunkt t_0 19 erfolgt eine Öffnung des Gasventils 5, wobei das Gasregelventil auf eine Öffnungsposition fährt, die einem, dem Startvolumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ 21 entsprechenden Startvolumenstrom Brenngas 22 entspricht.

[0060] In Block 120 gemäß Schritt b) kann nun insbesondere kontinuierlich der Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ 21 erfasst werden. Durch das Öffnen des Gasventils 5 steigt der Volumenstrom Brenngas 18 auf den Startvolumenstrom Brenngas 22 an, wobei gleichzeitig der Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$

17 um den Betrag des Volumenstromes Brenngas 18 abnimmt, so dass bei konstanter Drehzahl der Fördereinrichtung (2) ein zu jedem Zeitpunkt der Bildung des Verbrennungsgemisches konstanter Volumenstrom Verbrennungsgemisch resultiert.

[0061] In Block 130 kann gemäß einem Schritt c) ein Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit wurden, und

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)} \quad \text{Anhand der Verhältnisse } R(t) \text{ kann das Verbrennungsluftverhältnis des Verbrennungsgemisches eingeschätzt werden.}$$

[0062] In Block 140 kann gemäß einem Schritt d) ein Berechnen eines virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ mittels

$$\lambda_V(t) = \frac{R(t)}{A \times (1 - R(t))}$$

erfolgen.

[0063] In Block 150 kann gemäß eines optionalen Schritts e) das, in Block 140 (Schritt d)) bestimmte, virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ bewertet werden. Insbesondere kann das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ mit einem Grenzwert verglichen werden. Vorliegend wurde der Grenzwert zu einem zweiten Zeitpunkt 20 vom virtuellen Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ unterschritten, was ein zu geringes virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ und damit einen zu hohen Anteil Brenngas im Verbrennungsgemisch anzeigen kann, der mit einem hohen Risiko von Problemen bei der Zündung, beispielsweise einem Flammenrückschlag, einhergehen kann. Aufgrund des Unterschreitens des Grenzwertes wird zu dem zweiten Zeitpunkt 20 der Versuch der Inbetriebnahme abgebrochen und das Gasventil 5 geschlossen, wodurch der Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}(t)$ 18 auf null zurück geht und der Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ 17 wieder auf den Volumenstrom Verbrennungsluft 21 ansteigen kann.

[0064] Bei dem Schließen des Gasventils (5) bei dem Abbruch des Versuches der Inbetriebnahme des Heizgerätes (1) kann (optional) eine Plausibilisierung des Verhältnisses $R(t)$ und/ oder des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ erfolgen, mittels einer Durchführung des folgenden Schritte:

a1) Erfassen eines dem Brenner (3) zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ (17) vor dem Schließen des Gasventils (5) des Heizgerätes (1) zu einem Zeitpunkt t_{p0} ,

b1) Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ (17) nach dem Schließen des Gasventils (5) zu einem Zeitpunkt t ,

c1) Ermitteln eines Verhältnisses $RP(t)$ mit

$$RP(t) = \frac{\dot{V}_{m_{Air}}(t_{P0})}{\dot{V}_{Air}(t)}.$$

[0065] Gemäß einem hier vorgeschlagenen Verfahren kann nunmehr ein erneuter Versuch einer Inbetriebnahme erfolgen, wobei der zugeführte Volumenstrom Brenngas 22 angepasst werden kann.

[0066] Vorsorglich sei angemerkt, dass die hier verwendeten Zahlwörter ("erste", "zweite", ...) vorrangig (nur) zur Unterscheidung von mehreren gleichartigen Gegenständen, Größen oder Prozessen dienen, also insbesondere keine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge dieser Gegenstände, Größen oder Prozesse zueinander zwingend vorgeben. Sollte eine Abhängigkeit und/oder Reihenfolge erforderlich sein, ist dies hier explizit angegeben oder es ergibt sich offensichtlich für den Fachmann beim Studium der konkret beschriebenen Ausgestaltung. Soweit ein Bauteil mehrfach vorkommen kann ("mindestens ein"), kann die Beschreibung zu einem dieser Bauteile für alle oder ein Teil der Mehrzahl dieser Bauteile gleichermaßen gelten, dies ist aber nicht zwingend.

Bezugszeichenliste

[0067]

- 1 Heizgerät
- 2 Fördereinrichtung
- 3 Brenner
- 4 Zuführung Verbrennungsluft
- 5 Gasventil
- 6 Drehzahlregler
- 7 Regel- und Steuergerät
- 8 Brennkammer
- 9 Abgasrohr
- 10 Abgasanlage
- 11 Gemischkanal
- 12 Massestromsensor
- 13 Flammenüberwachung
- 14 Gaszuführung
- 15 Brenntür
- 16 Netzwerk
- 17 Volumenstrom Verbrennungsluft
- 18 Volumenstrom Brenngas
- 19 erster Zeitpunkt
- 20 zweiter Zeitpunkt
- 21 Volumenstrom Verbrennungsluft vor dem Öffnen des Gasventils
- 22 Volumenstrom Brenngas vor dem Öffnen des Gasventils

Patentansprüche

1. Verfahren zur Inbetriebnahme eines Heizgerätes (1), aufweisend eine Fördereinrichtung (2) zum Fördern eines Verbrennungsgemisches aus Brenngas und Verbrennungsluft zu einem Brenner (3) und ein Gasventil (5) zum Steuern einer Durchflussmenge Brenngas, wobei das Verfahren zumindest die folgenden Schritte umfasst:

- a) Erfassen eines dem Brenner (3) zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ (17) vor einem Öffnen des Gasventils (5) des Heizgerätes (1) zu einem Zeitpunkt t_0 ,
- b) Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ (17) nach dem Öffnen des Gasventils (5) zu einem Zeitpunkt t ,
- c) Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)},$$

und

- d) Ermitteln eines virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$ mittels

$$\lambda_v(t) = \frac{R(t)}{A \times (1 - R(t))},$$

wobei der Faktor A eine Mindestluftmenge der Verbrennung des Brenngases darstellt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in einem Schritt e) ein Bewerten des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$ erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei in den Schritten a) und b) ein Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ bzw. $\dot{V}_{Air}(t)$ anhand eines Massestromsensors (12) erfasst wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das Verhältnis $R(t)$, das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_v(t)$ und/ oder ein Gradient $G(t)$ des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$ in Schritt e) mit einem vorgegebenen Referenzbereich verglichen wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Verhältnis $R(t)$, das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_v(t)$ und/ oder ein Gradient $G(t)$ des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$ in Schritt d) mit einem vorgegebenen Grenzwert verglichen wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche

che, wobei bei einem Schließen des Gasventils (5) eine Plausibilisierung des Verhältnisses $R(t)$ und / oder des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$ erfolgt indem folgende Schritte durchgeführt werden:

5

- a1) Erfassen eines dem Brenner (3) zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ (17) vor dem Schließen des Gasventils (5) des Heizgerätes (1) zu einem Zeitpunkt t_{p0} ,
- b1) Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ (17) nach dem Schließen des Gasventils (5) zu einem Zeitpunkt t ,
- c1) Ermitteln eines Verhältnisses $RP(t)$ mit

10

15

$$RP(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t_{p0})}{\dot{V}_{Air}(t)}.$$

20

7. Verfahren nach Anspruch 4 bis 6, wobei bei einem Verlassen des Referenzbereiches oder einem Unter- oder Überschreiten des Grenzwertes durch das Verhältnis $R(t)$ und/ oder das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_v(t)$ der Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ (18) angepasst wird und/ oder die Inbetriebnahme des Heizgerätes (1) abgebrochen wird. 25
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei nach einer erfolglosen oder abgebrochenen Inbetriebnahme des Heizgerätes (1) bei einer folgenden Inbetriebnahme der Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ (18) angepasst wird. 30
35
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei bei einem Erreichen einer vorgegebenen maximalen Anzahl von Inbetriebnahmen bei denen in Schritt d) bei einem Verlassen des Referenzbereiches oder einem Unter- oder Überschreiten des Grenzwertes durch das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_v(t)$ festgestellt wird in einem Schritt f) eine Information hierzu angezeigt, über ein Netzwerk (16) zum Abruf bereitgestellt oder als Nachricht versandt und/ oder das Heizgerät (1) in einen Fehlerzustand verbracht wird, in dem eine erneute Inbetriebnahme blockiert wird. 40
45
10. Regel- und Steuergerät (7) eingerichtet, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen. 50
11. Heizgerät (1), umfassend eine Fördereinrichtung (2) und einen Massestromsensor (12) zum Erfassen eines zugeführten Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ (17) sowie Mittel, die so angepasst sind, dass sie ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführen. 55
12. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bewir-

ken, dass ein Heizgerät (1) nach Anspruch 11 die Verfahrensschritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausführt.

Fig. 1

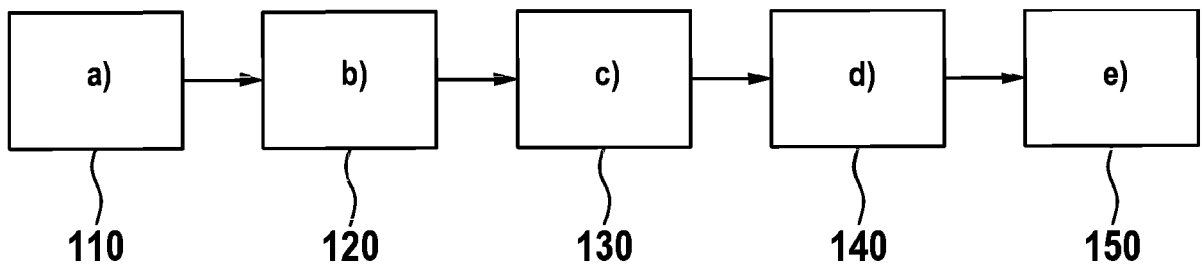


Fig. 2

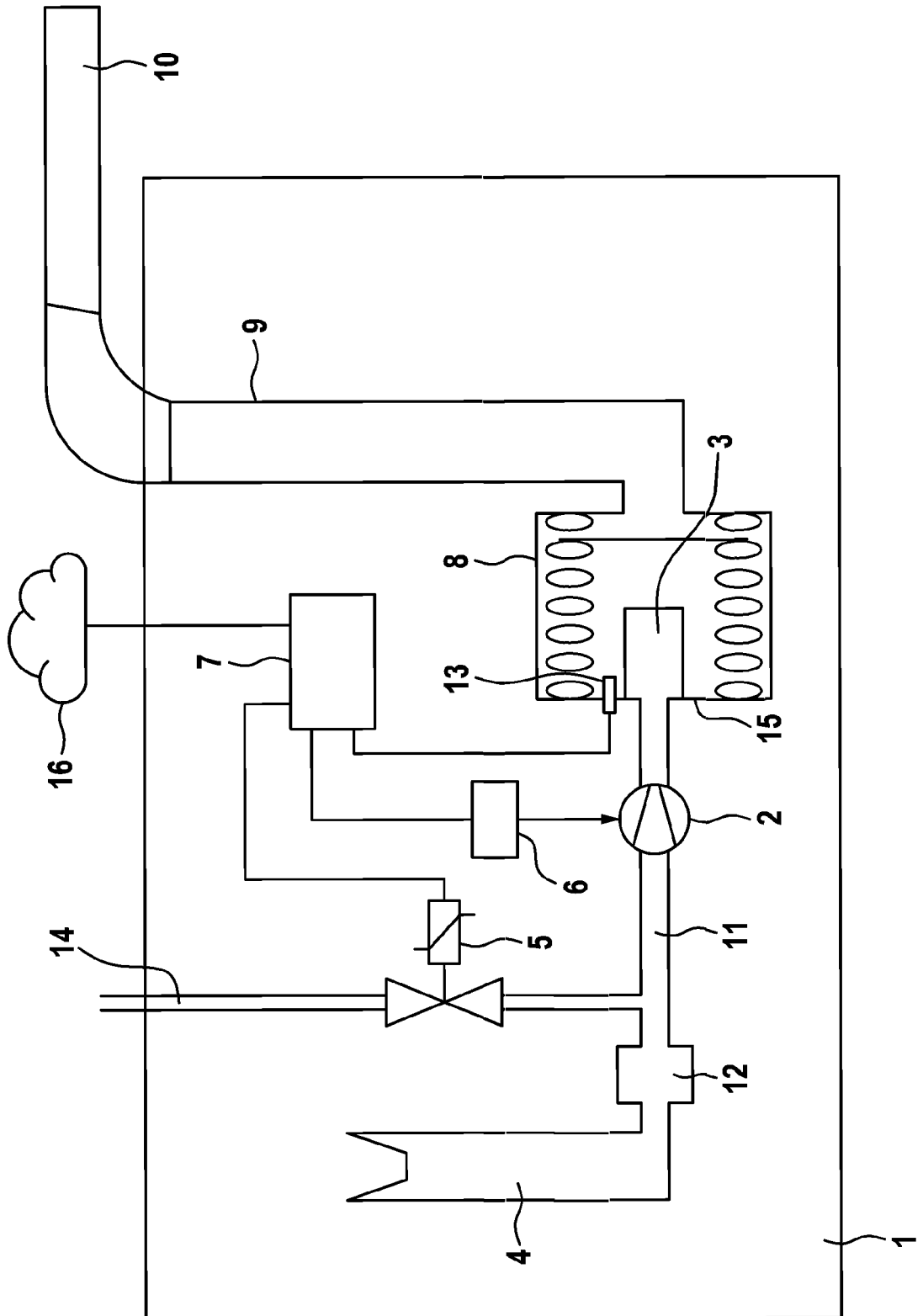
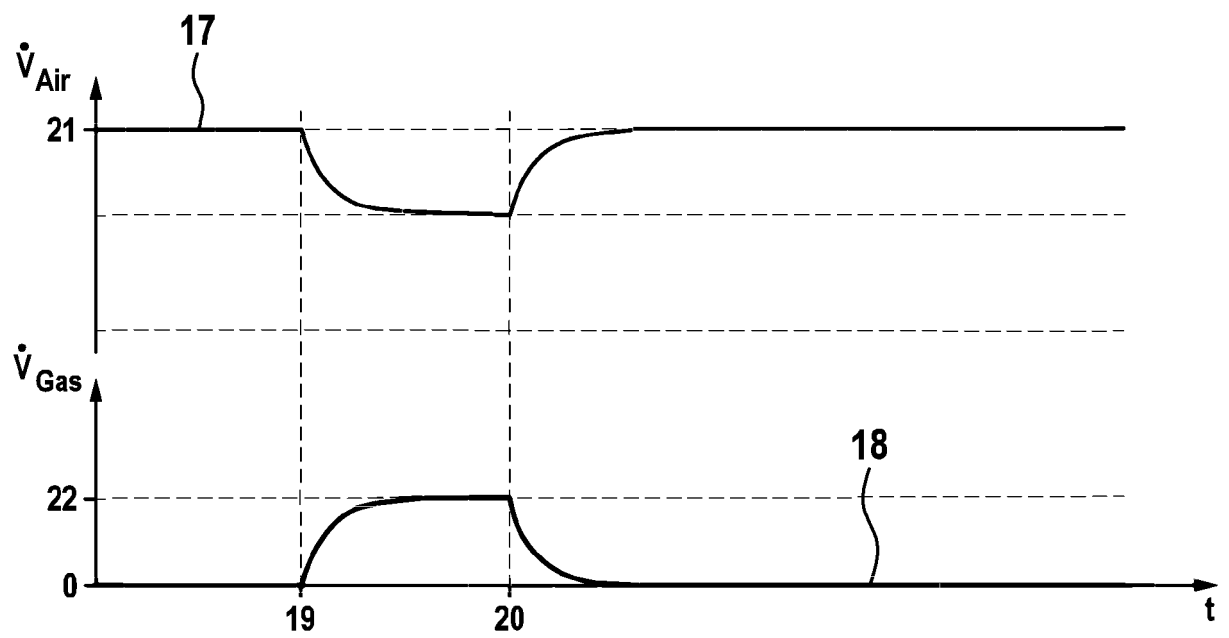


Fig. 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 21 4165

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 2019 131346 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 20. Mai 2021 (2021-05-20) * Absatz [0002] - Absatz [0046]; Abbildungen 1-3 *	1-12	INV. F23N5/18
A	DE 10 2020 108198 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 30. September 2021 (2021-09-30) * das ganze Dokument *	1-12	
A	US 2022/390104 A1 (FOLKERS GEERT [NL] ET AL) 8. Dezember 2022 (2022-12-08) * das ganze Dokument *	1-12	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 17. April 2024	Prüfer Theis, Gilbert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.****EP 23 21 4165**

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.

17-04-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102019131346 A1	20-05-2021	KEINE	

15	DE 102020108198 A1	30-09-2021	KEINE	

	US 2022390104 A1	08-12-2022	CN 114616423 A	10-06-2022
			EP 4048948 A1	31-08-2022
			JP 2022553756 A	26-12-2022
			KR 20220083808 A	20-06-2022
20			NL 2024101 B1	19-07-2021
			US 2022390104 A1	08-12-2022
			WO 2021078949 A1	29-04-2021

25				
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

- EP 3992529 A1 [0003]
- DE 102019121973 A1 [0004]
- DE 102019131346 A1 [0005]