



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
28.08.2024 Patentblatt 2024/35
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23N 1/00 (2006.01) F23N 5/18 (2006.01)
F23N 5/24 (2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 24158995.1
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 1/002; F23N 5/184; F23N 5/242
- (22)

Anmeldetag: 22.02.2024

- (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
- (72)

Erfinder:
• Autermann, Andre
42859 Remscheid (DE)
• Nettingsmeier, Tim
42369 Wuppertal (DE)
• Hahn, Marco
42117 Wuppertal (DE)
• Reinert, Andreas
58455 Witten (DE)
- (30)

Priorität: 23.02.2023 DE 102023104431
- (71)

Anmelder: Vaillant GmbH
42859 Remscheid NRW (DE)
- (74)

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

(54)

VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES HEIZGERÄTES, COMPUTERPROGRAMM, REGEL- UND STEUERGERÄT UND HEIZGERÄT

(57) Vorgeschlagen wird ein Verfahren zum Betreiben 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 $\dot{V}_{Air}(t_0)$ Verbrennungsluft (17) zu einem Zeitpunkt t_0 (18),
- b) Öffnen oder Schließen des Gasventils (5),
- c) Erfassen des Volumenstromes $\dot{V}_{Air}(t)$ Verbrennungsluft zu einem Zeitpunkt t (19) nach dem Öffnen oder Schließen des Gasventils (5) in Schritt b),
- d) Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

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

- , wenn das Gasventil (5) in Schritt b) geöffnet wurde und mit

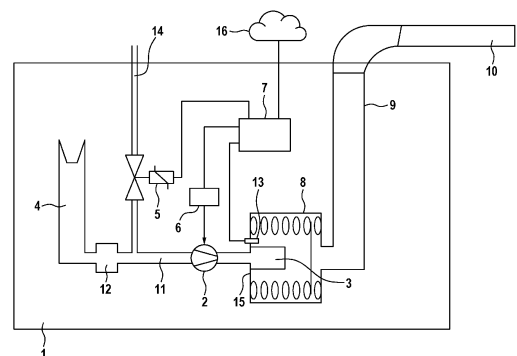
$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t_0)}{\dot{V}_{Air}(t)}$$

- , wenn das Gasventil (5) in Schritt b) geschlossen wurde.

Das Verfahren ermöglicht ein Überprüfen/ Verifizieren eines, von der Verbrennungsregelung angenommenen und eingestellten Verbrennungsluftverhältnisses. Optional kann eine Anpassung des Verbrennungsluftver-

hältnisses erfolgen. Zudem wird ein Heizgerät (1), ein Regel- und Steuergerät (7) und ein Computerprogramm vorgeschlagen.

Fig. 2



Beschreibung

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

[0002] Bei dem Betreiben eines Heizgerätes wird in der Regel einem Massestrom Verbrennungsluft ein, einem vorgegebenen Verbrennungsluftverhältnis entsprechenden, Massestrom Brenngas zugesetzt und einem Brenner zugeführt. Auf ein aktuelles Verbrennungsluftverhältnis kann dabei anhand eines erfassten Parameters der Verbrennung rückgeschlossen werden. Häufig ist der Parameter ein Ionisationsstrom der Verbrennung, der anhand einer Ionisationselektrode erfasst werden kann. Die Messung des Ionisationsstromes als Regelgröße für die Verbrennungsregelung kann jedoch mit Wasserstoff als Brennstoff nicht robust durchgeführt werden.

[0003] Bei Heizgeräten mit Wasserstoff als Brennstoff werden daher andere Verbrennungsparameter für eine Regelung der Verbrennung erfasst, insbesondere eine Temperatur der Flamme und/ oder optische Parameter, beispielsweise die von der Flamme emittierte UV- (Ultraviolett-) Strahlung. Die Sensoren können jedoch einem Sensordrift unterliegen, also einer schleichenden Änderung des Sensorsignals. Der Sensordrift kann beispielsweise durch Alterungseffekte, wie Oxidation ausgelöst werden. Bei einer Nutzung des Signals als Regelgröße der Verbrennungsregelung kann dies zu einer schleichenden Änderung des (von der Regelung eingestellten) Verbrennungsluftverhältnisses führen, womit kritische Zustände des Heizgerätes, beispielsweise ein Flammrückschlag, einhergehen können. Zudem kann die Energieeffizienz der Verbrennung bei einer Verschiebung des Verbrennungsluftverhältnisses sinken oder sogar unverbrannter Brennstoff ins Abgas gelangen. Nicht zuletzt können auch geometrische Toleranzen beteiligter Komponenten des Heizgerätes oder auch Umwelteffekte, wie Wind oder eine Abgasrezirkulation zu einer Verschiebung des Verbrennungsluftverhältnisses führen.

[0004] Zur Lösung wird in der EP 3 985 306 A1 vorgeschlagen, einer Mess- und Auswerteeinheit den Messwert eines im Verbrennungsraum angeordneten Temperatursensors zu übermitteln, die den Messwert und sein zeitliches Verhalten überwachen soll. Zudem können zwei redundante Sensoren vorhanden sein, um die Betriebssicherheit zu erhöhen. Nachteilig kann die vorgeschlagene Lösung einen Sensordrift kaum erkennen, bzw. von anderen Effekten, die eine Verschiebung des Messwertes zur Folge haben, unterscheiden.

[0005] Hiervon ausgehend ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben 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 einen sicheren Betrieb eines Heizgerätes ermöglichen, insbesondere eines mit Wasserstoff betriebenen Heizgerätes.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] Hierzu trägt ein Verfahren zum Betreiben eines Heizgerätes bei. Das Heizgerät weist dabei eine Fördereinrichtung zum Fördern eines Verbrennungsgemisches aus Brenngas und Verbrennungsluft zu einem Brenner und ein Gasventil zum Steuern einer Durchflussmenge Brenngas auf. Das Verfahren umfasst zumindest die folgenden Schritte:

- a) Erfassen eines dem Brenner zugeführten Volumenstromes $\dot{V}_{Air}(t_0)$ Verbrennungsluft zu einem Zeitpunkt t_0 ,
- b) Öffnen oder Schließen des Gasventils,
- c) Erfassen des Volumenstromes $\dot{V}_{Air}(t)$ Verbrennungsluft zu einem Zeitpunkt t nach dem Öffnen oder Schließen des Gasventils in Schritt b),
- d) Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)}, \text{ wenn das Gasventil in Schritt b) geöffnet wurde und mit}$$

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t_0)}{\dot{V}_{Air}(t)}, \text{ wenn das Gasventil in Schritt b) geschlossen wurde.}$$

[0009] Die Schritte a), b), c) und d) können dabei mindestens einmal in der angegebenen Reihenfolge durchgeführt werden. Insbesondere können die Schritte a) bis d) in regelmäßigen zeitlichen Abständen während des Betriebs des Heizgerätes durchgeführt werden. Alternativ oder kumulativ kann eine Durchführung des Verfahrens auch bedarfsgerecht oder durch Ereignisse ausgelöst erfolgen, beispielsweise wenn Betriebsdaten des Heizgerätes auf eine Verschiebung des Verbrennungsluftverhältnisses hinweisen. Das Verfahren dient insbesondere einem dauerhaft sicheren Betrieb eines Heizgerätes, insbesondere eines, mit Wasserstoff oder einem Wasserstoff enthaltenden Gemisch als Brennstoff betriebenen, Heizgerätes.

[0010] Das Heizgerät kann zumindest einen Wärme-

zeuger, 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 einen 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.

[0011] 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 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.

[0012] 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 Wasserstoffflamme, 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.

[0013] 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 Startvolumenstrom Verbrennungsluft 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 $\dot{V}_{\text{Gas}}$ kann der Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{\text{Air}}(t)$ im Verlauf der Zeit t kontinuierlich abnehmen und umgekehrt proportional der zugeführte Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{\text{Gas}}(t)$ 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.

[0014] Gemäß Schritt a) kann ein a) Erfassen eines dem Brenner zugeführten Volumenstromes $\dot{V}_{\text{Air}}(t_0)$ Verbrennungsluft zu einem Zeitpunkt t_0 erfolgen. Der Zeitpunkt t_0 kann einen Zeitpunkt während des Betriebs des Heizgerätes darstellen, in dem dieses mit einem von der Regelung angenommenen Verbrennungsluftverhältnis betrieben wird. Das angenommene Verbrennungsluftverhältnis kann durch die Verbrennungsregelung anhand eines Verbrennungsparameters, insbesondere eines Signals eines Temperatursensors zum Erfassen einer Flammentemperatur oder eines optischen Sensors, zum Erfassen von der Flamme emittierter optischer Strahlung (insbesondere UV-Strahlung) und eines vorgegebenen Zusammenhangs zwischen Verbrennungsparameter und Verbrennungsluftverhältnis eingestellt werden.

[0015] Alternativ kann zum Zeitpunkt t_0 das Heizgerät auch einen Volumenstrom Verbrennungsluft fördern und das Gasventil geschlossen sein. Dies kann beispielsweise bei einem Neustart des Brennerbetriebes im Anschluss an eine Unterbrechung zur Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens sein.

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

[0017] Gemäß Schritt b) kann nunmehr ein Öffnen oder Schließen des Gasventils erfolgen. Bei dem Öffnen kann das Gasventil auf eine vorgegebene Öffnungsweite geöffnet werden, die ein (von der Verbrennungsregelung angenommenes) Verbrennungsluftverhältnis einstellen kann. Bei einem Schließen des Gasventils kann dieses vollständig geschlossen werden, so dass lediglich der von der Fördereinrichtung geförderte Volumenstrom Verbrennungsluft dem Brenner zugeführt wird.

[0018] Gemäß einem Schritt c) kann ein Erfassen des Volumenstromes Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ nach dem Öffnen oder Schließen des Gasventils zu einem Zeitpunkt t , erfolgen. Der Zeitpunkt t kann in einer vorgegebenen 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.

[0019] 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.

[0020] Gemäß einer Ausgestaltung kann nach einem der vorangehenden Ansprüche, kann in den Schritten a) und c) auf den Volumenstrom $\dot{V}_{Air}(t_0)$ bzw. $\dot{V}_{Air}(t)$ anhand der Drehzahl n der Fördereinrichtung rückgeschlossen werden. Insbesondere kann hierzu die Drehzahl konstant gehalten bzw. geregelt werden. Beispielsweise kann während eines Betriebs zum Zeitpunkt t_0 die Soll-drehzahl konstant gehalten und ausgeregelt werden, ein $\dot{V}_{Air}(t_0)$ stellt sich ein und kann erfasst werden. Anschließend kann das Gasventil geschlossen bzw. geöffnet werden. Die Drehzahl der Fördereinrichtung bleibt konstant und es kann ein geänderter Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$ erfasst werden. Anhand von $\dot{V}_{Air}(t_0)$ und $\dot{V}_{Air}(t)$ kann nunmehr $R(t)$ bestimmt werden.

[0021] 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.

[0022] Gemäß Schritt d) ein Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)}, \text{ wenn das Gasventil in Schritt}$$

b) geöffnet wurde, und mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t_0)}{\dot{V}_{Air}(t)}, \text{ wenn das Gasventil in Schritt}$$

b) geschlossen wurde, erfolgen.

[0023] Das Verhältnis wird aus dem Umstand abgeleitet, dass der, bei konstanter Drehzahl von der Fördereinrichtung geförderte Volumenstrom konstant ist (dicht-eunabhängig) und der Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}(t)$ somit mittels

$$\dot{V}_{Gas}(t) = \dot{V}_{Air}(t_0) - \dot{V}_{Air}(t) \text{ bei einem Öffnen des Gasventils bzw.}$$

$$\dot{V}_{Gas}(t) = \dot{V}_{Air}(t) - \dot{V}_{Air}(t_0) \text{ bei einem Schließen des Gasventils}$$

hergeleitet werden kann.

[0024] Anhand des in Schritt d) ermittelten Verhältnisses $R(t)$ kann ein Rückschluss auf das Verbrennungsluftverhältnis zum Zeitpunkt t bzw. t_0 erfolgen. Insbesondere kann beim Schließen des Gasventils auf das Verbrennungsluftverhältnis vor dem Schließen und beim Öffnen des Gasventils auf das Verbrennungsluftverhältnis nach dem Öffnen rückgeschlossen werden. Hierzu kann das ermittelte $R(t)$ beispielsweise mit einem vorgegebenen Referenzbereich von $R(t)$ verglichen und die Verbrennung zum Zeitpunkt t bewertet werden.

[0025] Gemäß einer Ausgestaltung kann in einem Schritt

e) ein Berechnen eines virtuellen Verbrennungsluftver-

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

hältnisses $\lambda_V(t)$ mittels

[0026] 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.

[0027] 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 Lambda-Regelkreis eines Heizgerätes genutzt werden, der im Betrieb das Verbrennungsluftverhältnis des Heizgerätes unabhängig von der Gasart regeln kann. So kann nach

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

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.

[0028] Eine alternative Möglichkeit zur Bestimmung des Mindestluftbedarfs A könnte darin bestehen, das Verbrennungsluftverhältnis von einem nichtzündfähigen 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.

[0029] Gemäß einer Ausgestaltung könnte in Schritt e) ein Bewerten des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ erfolgen. Das Bewerten erfolgt dabei insbesondere im Hinblick auf ein Feststellen einer Abweichung des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ von dem von der Verbrennungsregelung anhand des Verbrennungsparameters angenommenen (eingestellten) Verbrennungsluftverhältnisses.

[0030] 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.

[0031] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann für die Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens der Brennerbetrieb unterbrochen werden und R(t) sowohl beim damit verbundenen Schließen und Öffnen des Gasventils ermittelt werden. Anschließend können die beiden ermittelten R(t) (beim Schließen und Öffnen des Gasventils) und/ oder daraus abgeleitete virtuelle Verbrennungsluftverhältnisse $\lambda_V(t)$ (beim Schließen und Öffnen des Gasventils) verglichen werden 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 Betriebszustand, 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 Betriebszustand anzeigen kann. 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] 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

$$\dot{V}_{Air_{Komp}}(t) = \dot{V}_{Air} \times \frac{n(t_0)}{n(t)}$$

berechnet wird. Der kompensierte Volumenstrom kann dann zur Berechnung des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses herangezogen werden.

[0036] Gemäß einer Ausgestaltung kann 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 der zugeführte Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Gas}$ in kleinen Schritten erhöht werden. Durch eine Erhöhung in

kleinen Schritten kann dabei das Risiko eines Sprunges in einen fetten Bereich gemindert werden.

[0037] 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 $R(t)$ das Heizgerät (automatisiert) in einen Fehlerzustand verbracht werden, in dem eine Inbetriebnahme blockiert ist und der aus Sicherheitsgründen nur von einer gerätekundigen Person, wie einem Servicetechniker, beendet werden kann.

[0038] Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann eine Information über das Feststellen des Verlassens des Referenzbereiches und/oder einem Über- oder Unterschreiten des Grenzwertes durch das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ und/oder das Verhältnis $R(t)$ 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 die festgestellte Abweichung 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.

[0039] Ein vorgeschlagenes Verfahren ermittelt somit rechnerisch ein virtuelles Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$, das eine Einschätzung und Bewertung des dem Brenner zugeführten Verbrennungsgemisches ermöglicht.

[0040] 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.

[0041] Nach einem weiteren Aspekt wird auch ein maschinenlesbares Speichermedium vorgeschlagen, auf dem das Computerprogramm gespeichert ist.

[0042] Regelmäßig handelt es sich bei dem maschinenlesbaren Speichermedium um einen computerlesbaren Datenträger.

[0043] 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 c) erfasster Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t)$, ein in Schritt d) bestimmtes Verhältnis $R(t)$ und virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$, ein Referenzbereich und/oder Grenzwert.

[0044] 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. Gemäß einer Ausgestaltung kann das Heizgerät einen Durchflusssensor zum Erfassen des zugeführten Masse- oder Volumenstromes Verbrennungsluft umfassen.

[0045] 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.

[0046] 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, einen sicheren Betrieb eines Heizgerätes, insbesondere bei einem wasserstoffbetriebenen Heizgerät, zu ermöglichen. Weiter vorteilhaft ist ein hier vorgeschlagenes Verfahren vollständig computerimplementiert durchführbar und erfordert keine baulichen Änderungen an einem Heizgerät, sondern ist zumeist mit der vorhandenen Sensorik des Heizgerätes durchführbar.

[0047] Insbesondere vorteilhaft kann das Verfahren während des Betriebs des Heizgerätes, beispielsweise im Rahmen einer Unterbrechung des Brennerbetriebs durchgeführt werden, und helfen, mögliche kritische Zustände frühzeitig zu erkennen, bevor diese zu Schäden am Heizgerät führen können. Gegebenenfalls kann das Heizgerät hierzu bei einem Feststellen eines möglicher-

weise kritischen Zustandes automatisiert außer Betrieb genommen werden.

[0048] 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.

[0049] 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. Das Verfahren dient einer Steigerung der Betriebssicherheit eines, insbesondere mit Wasserstoff oder mit einem wasserstoffhaltigen Gemisch als Brennstoff betriebenen, Heizgerätes 1. Insbesondere kann das angegebene Verfahren während es Betriebes des Heizgerätes 1 durchgeführt werden, um ein von der Verbrennungsregelung des Heizgerätes 1 angenommenes Verbrennungsluftverhältnis zu verifizieren/ überprüfen und gegebenenfalls zu korrigieren.

[0050] 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 Durchflusssensor 12 angeordnet sein kann, kann ein Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}$ durch eine Fördereinrichtung 2, insbesondere als Gebläse ausgebildet, angesaugt werden.

[0051] Die Fördereinrichtung 2 kann mit einem Drehzahlregler 6 verbunden sein, der mittels eines pulsweitenmodulierten (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 Brenntür 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.

[0052] Das hier vorgeschlagenen Heizgerät 1 kann insbesondere zur Verbrennung von Wasserstoff eingerichtet sein. Zudem kann das Heizgerät 1 an/ bzw. in der Brenntür 15 eine (Vorrichtung zur) Flammenüberwachung 13 aufweisen, die hier als Sensor für von der Flamme emittierte UV- (Ultraviolett-) Strahlung ausgebildet sein kann.

[0053] 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 Durchflusssensor 12 und einem Netzwerk 16 (Internet) elektrisch verbunden sein. Das Regel- und Steuergerät 7 kann zur Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens eingerichtet sein.

[0054] Die Fig. 3 und 4 zeigen Parameterverläufe, die sich bei Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens einstellen können. Fig. 3 zeigt beispielhaft den Verlauf 20 der Drehzahl n der Fördereinrichtung 2 und einen analogen Verlauf 21 einer Öffnungsposition P_{GV} des Gasventils 5 über die Zeit t . Erkennbar wird im Rahmen des Schrittes b) einer Durchführung eines hier vorgeschlagenen Verfahrens das Gasventil 5 zum Zeitpunkt $t=6$ Sekunden geschlossen und somit die Öffnungsposition P_{GV} des Gasventils 5 auf 0 gesetzt. Der erste Zeitpunkt 18 t_0 kann unmittelbar vor dem Schließen des Gasventils 5 erfasst werden. Zudem kann

[0055] Fig. 4 zeigt analog zu dem in Fig. 3 gegebenen Diagramm einen sich einstellenden Verlauf des Volumenstromes $\dot{V}$ Verbrennungsluft 17. Vor dem Schließen des Gasventils 5 zum Zeitpunkt $t=6$ Sekunden nimmt der Volumenstromes $\dot{V}$ Verbrennungsluft einen ersten Wert 22 an, der $\dot{V}_{Air}(t_0)$ entspricht. Mit dem Schließen des Gasventils 5 steigt dieser zum zweiten Zeitpunkt 19 auf einen zweiten Wert 23 $\dot{V}_{Air}(t)$ an. Basierend auf der Änderung des Volumenstromes $\dot{V}$ kann gemäß einem hier vorgeschlagenen Verfahren der Volumenstrom Brenngas $\dot{V}_{Air}(t_0)$ zum Zeitpunkt t_0 bestimmt und auf ein virtuelles Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_v(t)$ rückgeschlossen werden.

[0056] In Block 110 gemäß Schritt a) kann der dem Brenner zugeführte Volumenstrom Verbrennungsluft $\dot{V}_{Air}(t_0)$ 17 einem ersten Zeitpunkt 18 t_0 erfasst werden und beispielsweise auf einem Speicher des Regel- und Steuergerätes 7 hinterlegt werden.

[0057] In Block 120 kann gemäß einem Schritt b) ein Öffnen oder Schließen des Gasventils 5 erfolgen. Dies kann durch eine Ansteuerung des Gasventils 5 durch das Regel- und Steuergerät 7 erfolgen.

[0058] In Block 130 gemäß Schritt c) kann der Volumenstrom Verbrennungsluft 17 zum zweiten Zeitpunkt $\dot{V}_{Air}(t)$ erfasst werden. Der erfasste Volumenstrom $\dot{V}_{Air}(t)$ kann auf einem Speicher, beispielsweise des Regel- und

Steuergerätes 7 hinterlegt werden.

[0059] In Block 140 kann gemäß einem Schritt d) ein Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)}, \text{ wenn das Gasventil 5 in Schritt b) (Block 120) geöffnet wurde und mit}$$

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t_0)}{\dot{V}_{Air}(t)}, \text{ wenn das Gasventil 5 in Schritt b) (Block 120) geschlossen wurde.}$$

Das ermittelte Verhältnis $R(t)$ kann gleichfalls auf einem Speicher, beispielsweise des Regel- und Steuergerätes 7, hinterlegt werden.

[0060] In Block 150 kann gemäß einem optionalen Schritt d) ein Berechnen eines virtuellen Verbrennungs-

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

folgen.

[0061] Nunmehr kann das in Schritt d) bestimmte virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ und/ oder das in Schritt c) bestimmte Verhältnis $R(t)$ in Block 150 gemäß Schritt e) bewertet werden. Hierzu kann das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_V(t)$ und/ oder das Verhältnis $R(t)$ mit einem Grenzwert oder einem Grenzbereich verglichen werden. Sollte eine Abweichung des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ von dem, von der Verbrennungsregelung angenommenen, Verbrennungsluftverhältnis festgestellt werden, kann eine Korrektur des Verbrennungsluftverhältnisses erfolgen, beispielsweise durch eine Anpassung des Volumenstromes Brenngas.

[0062] 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

[0063]

- 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 Durchflusssensor
- 13 Flammenüberwachung
- 14 Gaszuführung
- 15 Brenntür
- 16 Netzwerk
- 17 Volumenstrom Verbrennungsluft
- 18 erster Zeitpunkt t_0
- 19 zweiter Zeitpunkt t
- 20 Drehzahlverlauf
- 21 Verlauf Öffnungsposition Gasventil P_{GV}
- 22 erster Wert
- 23 zweiter Wert

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben 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 $\dot{V}_{Air}(t_0)$ Verbrennungsluft (17) zu einem Zeitpunkt t_0 (18),
- b) Öffnen oder Schließen des Gasventils (5),
- c) Erfassen des Volumenstromes $\dot{V}_{Air}(t)$ Verbrennungsluft (17) zu einem Zeitpunkt t (19) nach dem Öffnen oder Schließen des Gasventils in Schritt b),
- d) Ermitteln eines Verhältnisses $R(t)$ mit

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t)}{\dot{V}_{Air}(t_0)}, \text{ wenn das Gasventil (5) in Schritt b) geöffnet wurde und mit}$$

$$R(t) = \frac{\dot{V}_{Air}(t_0)}{\dot{V}_{Air}(t)}, \text{ wenn das Gasventil (5) in Schritt b) geschlossen wurde.}$$

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in Schritt e) ein Berechnen eines virtuellen Verbrennungsluftver-

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

folgt, wobei der Faktor A eine Mindestluftmenge der Verbrennung des Brenngases darstellt, und ein Bewerten des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_V(t)$ erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei in den Schritten a) und c) der Volumenstrom $\dot{V}_{Air}(t_0)$ bzw. $\dot{V}_{Air}(t)$ anhand eines Durchflusssensors (12) erfasst wird. 5
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in den Schritten a) und c) auf den Volumenstrom $\dot{V}_{Air}(t_0)$ bzw. $\dot{V}_{Air}(t)$ anhand der Drehzahl n der Fördereinrichtung (2) rückgeschlossen wird. 10
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Betrieb des Brenners (3) unterbrochen wird und eine Durchführung des Verfahrens sowohl bei dem damit verbundenen Schließen als auch dem Öffnen des Gasventils (5) durchgeführt wird. 15
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei bei einem Bewerten des Verhältnisses $R(t)$ und/ oder des virtuellen Verbrennungsluftverhältnisses $\lambda_v(t)$ in Schritt e) mit einem vorgegebenen Referenzbereich und/ oder einem Grenzwert verglichen wird. 20
7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei bei einem Verlassen des Referenzbereiches oder einem Unter- oder Überschreiten des Grenzwertes durch das Verhältnis $R(t)$ und/ oder das virtuelle Verbrennungsluftverhältnis $\lambda_v(t)$ wenigstens eine der folgenden Aktionen ausgeführt wird: 25
 - Anpassen des Volumenstromes Brenngas $\dot{V}_{Gas}$,
 - außer Betrieb nehmen des Heizgeräts (1),
 - Verbringen des Heizgeräts (1) in einen Fehlerzustand, in dem eine erneute Inbetriebnahme blockiert ist,
 - Anzeigen, Bereitstellen und/ oder Versenden einer Information hierzu. 30
8. Regel- und Steuergerät (7) eingerichtet, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 auszuführen. 40
9. Heizgerät (1), umfassend eine Fördereinrichtung (2) und einen Durchflusssensor (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 7 ausführen. 45
10. Computerprogramm, umfassend Befehle, die bewirken, dass ein Heizgerät (1) nach Anspruch 9 die Verfahrensschritte eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausführt. 50

55

Fig. 1

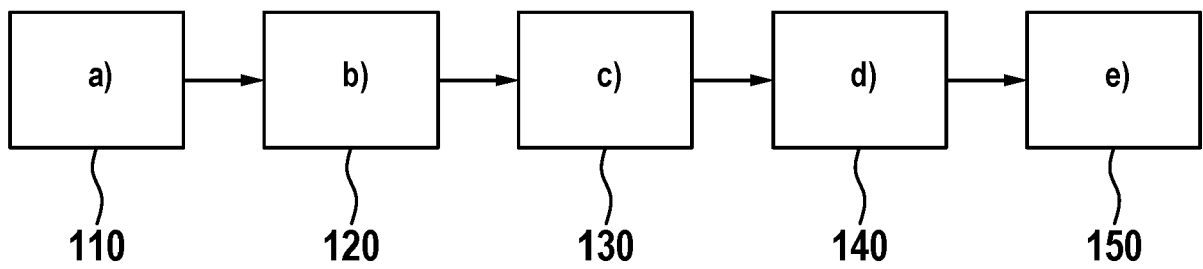


Fig. 2

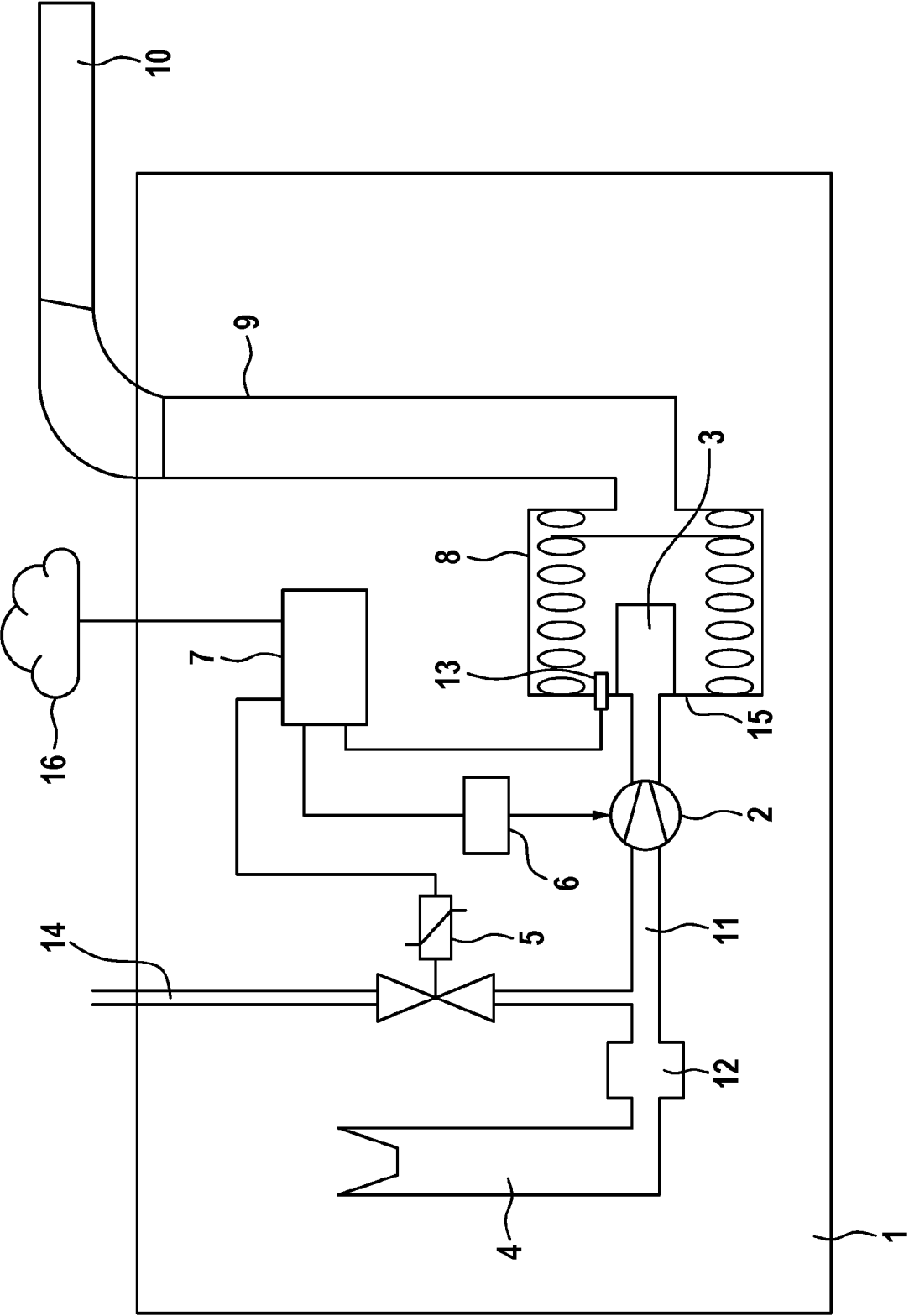


Fig. 3

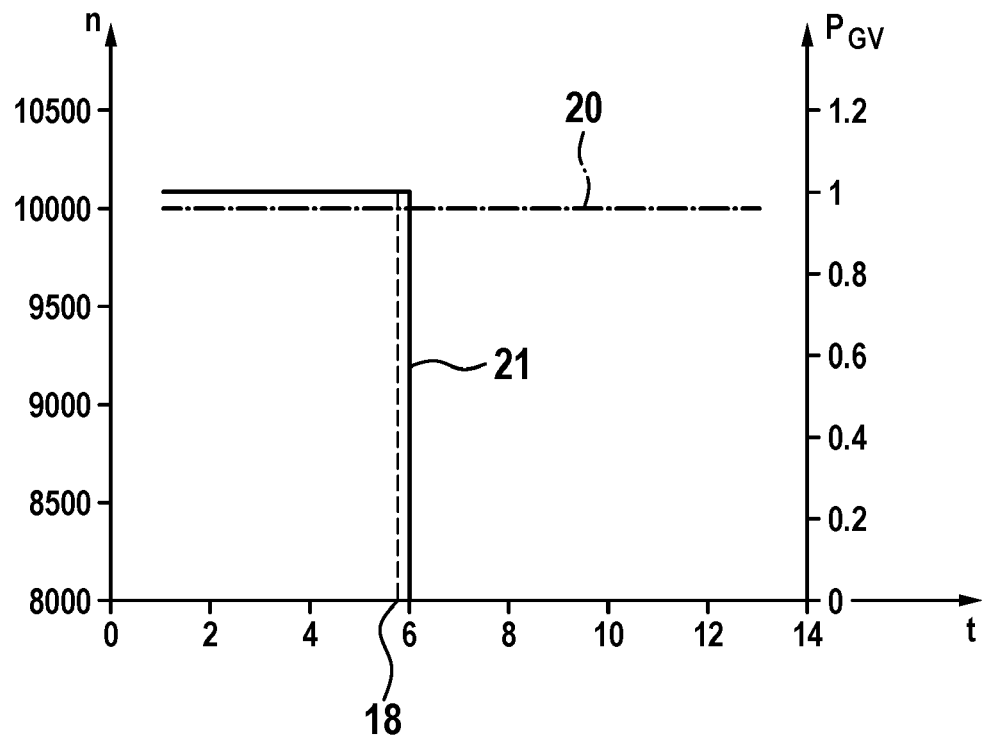
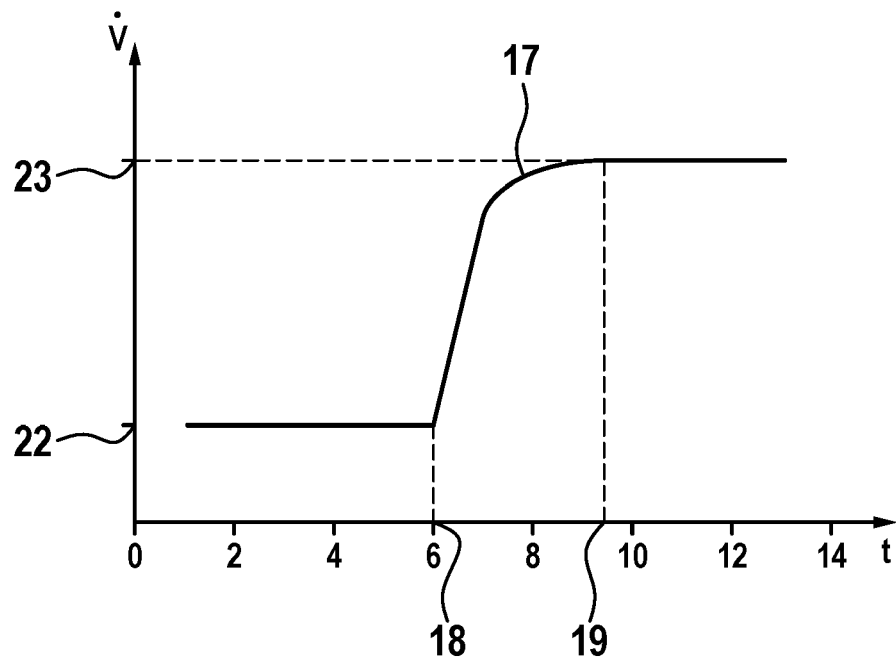


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 15 8995

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	EP 3 396 248 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 31. Oktober 2018 (2018-10-31) * das ganze Dokument *	1-10	INV. F23N1/00 F23N5/18 F23N5/24
A	EP 1 717 514 A1 (ALDE INTERNAT SYSTEMS AB [SE]) 2. November 2006 (2006-11-02) * das ganze Dokument *	1-10	
A	DE 101 40 388 C2 (WEBASTO THERMOSYSTEME GMBH [DE]) 9. Oktober 2003 (2003-10-09) * das ganze Dokument *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		14. Juni 2024	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 24 15 8995

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.

14-06-2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	EP 3396248 A1	31-10-2018	KEINE	

15	EP 1717514 A1	02-11-2006	KEINE	

	DE 10140388 C2	09-10-2003	KEINE	

20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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

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 3985306 A1 **[0004]**