



(11) **EP 3 290 796 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2018 Patentblatt 2018/10

(51) Int Cl.:
F23N 1/00 (2006.01) F23N 5/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **17185688.3**

(22) Anmeldetag: **10.08.2017**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
• **Snijder, Ab**
8051 JH Hattem (NL)
• **Koudijs, Jan**
3771 CC Barneveld (NL)
• **Westra, Jan**
8181 MG Heerde (NL)

(30) Priorität: **02.09.2016 DE 102016216613**
10.03.2017 DE 102017204012

(54) **VERFAHREN ZUR KONTROLLE EINES BRENNSTOFF-LUFT-VERHÄLTNISSIS IN EINEM HEIZSYSTEM SOWIE EINE STEUEREINHEIT UND EIN HEIZSYSTEM**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem. Es wird vorgeschlagen, dass das Verfahren die folgenden Schritte umfasst:

- Erzeugen einer vorübergehenden, zeitlichen Fluidzufuhränderung (60) einer Fluidzufuhrkenngroße (62),
- Versuch, ein relatives Signalmaximum (80) einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung (60) korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngroße zu ermitteln,
- Feststellung eines Fehlzustandes, falls das relative Si-

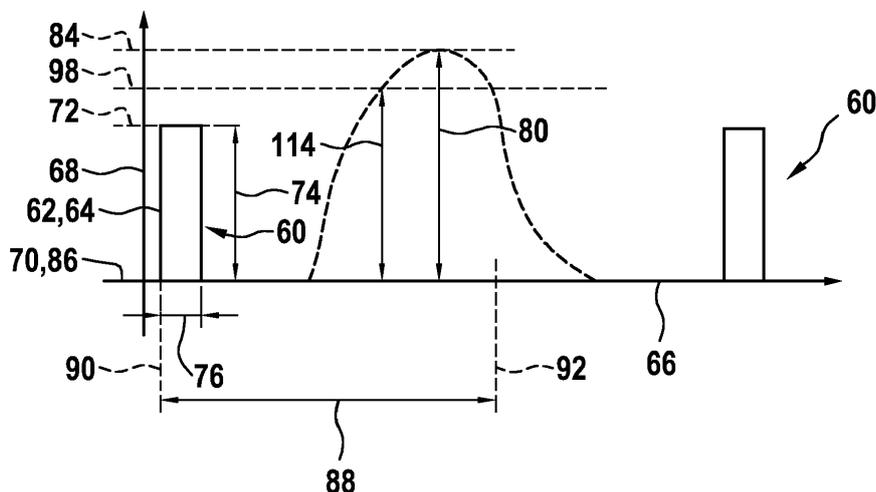
gnalmaximum (80) eine Signaluntergrenze (98) unterschreitet, falls ein relatives Signalmaximum (80) ermittelt wurde,

- Kalibrieren des Heizsystems, falls ein Fehlzustand festgestellt wird

und dass die Fluidzufuhränderung (60) abhängig von einem Brennerleistungsparameter gewählt wird.

Die Erfindung betrifft auch eine Steuereinheit, die zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist sowie ein Heizsystem mit der erfindungsgemäßen Steuereinheit.

Fig. 3



EP 3 290 796 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem. Die Erfindung betrifft auch eine Steuereinheit, die zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens ausgebildet ist sowie ein Heizsystem mit der erfindungsgemäßen Steuereinheit.

Stand der Technik

[0002] Um eine optimale Verbrennung zu gewährleisten, ist es bei dem Betrieb von Gasbrennern notwendig, das richtige Brennstoff-Luft-Verhältnis sicherzustellen. Dazu muss die korrekte Funktionsweise der für die Bestimmung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses eingesetzten Sensorik gewährleistet sein. Aus dem Stand der Technik sind Gasbrenner bekannt, welche dazu Verfahren zur Kalibrierung der entsprechenden Sensorik ausführen. In solchen Kalibrierverfahren wird der Gasbrenner weitgehend über seinen gesamten Leistungsbereich gefahren. Das hat den Nachteil, dass während einer solchen Kalibrierung verstärkt Schadstoffe ausgestoßen werden können. Die Dauer einer solchen Kalibrierung liegt im Bereich von mehreren Sekunden bis hin zu Minuten. Das hat den zusätzlichen Nachteil, dass in dieser Zeit der Gasbrenner für den normalen Betrieb nicht zur Verfügung steht.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile

[0003] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kontrolle und Regelung eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem, welches die folgenden Schritte umfasst:

- Erzeugen einer vorübergehenden, zeitlichen Fluidzufuhränderung einer Fluidzufuhrkenngroße,
- Versuch, ein relatives Signalmaximum einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße zu ermitteln,
- Feststellung eines Fehlzustandes, falls das relative Signalmaximum eine Signaluntergrenze unterschreitet, falls ein relatives Signalmaximum ermittelt wurde,
- Kalibrieren des Heizsystems, falls ein Fehlzustand festgestellt wird,

und dadurch gekennzeichnet ist, dass die Fluidzufuhränderung abhängig von einem Brennerleistungsparameter gewählt wird, hat den Vorteil, dass das tatsächliche Brennstoff-Luft-Verhältnis weitestgehend ohne zusätzliche Emissionen überprüft wird. Das Brennstoff-Luft-Verhältnis wird auch als Lambdawert bezeichnet. Nur bei einer Abweichung vom vorgesehenen Brennstoff-Luft-

Verhältnis wird das Heizsystem geregelt. Auf diese Weise wird der Schadstoffausstoß minimiert. Das erfindungsgemäße Verfahren hat den zusätzlichen Vorteil, dass es während des normalen Betriebs des Heizsystems ausgeführt werden kann. Das Verfahren stellt nur einen kurzzeitigen Eingriff in die Regelung des Heizsystems dar, bei dem nur kleine Fluidzufuhränderungen vorgenommen werden im Vergleich zu möglichen gesamten Fluidzufuhränderungen im Betrieb des Heizsystems. Dass die Fluidzufuhränderung abhängig von einem Brennerleistungsparameter gewählt wird, hat den Vorteil, dass die im Allgemeinen von einer Brennerleistung abhängende Korrelation zwischen der mindestens einen Verbrennungskenngröße und dem Brennstoff-Luft-Verhältnis berücksichtigt wird. Auf diese Weise wird eine präzise und besonders zuverlässige Feststellung eines Fehlzustandes ermöglicht.

[0004] Dabei ist unter "Heizsystem" mindestens ein Gerät zur Erzeugung von Wärmeenergie zu verstehen, insbesondere ein Heizgerät bzw. Heizbrenner, insbesondere zur Verwendung in einer Gebäudeheizung und/oder zur Warmwassererzeugung, bevorzugt durch das Verbrennen von einem gasförmigen oder flüssigen Brennstoff. Ein Heizsystem kann auch aus mehreren solchen Geräten zur Erzeugung von Wärmeenergie sowie weiteren, den Heizbetrieb unterstützenden Vorrichtungen, wie etwa Warmwasser- und Brennstoffspeichern, bestehen.

[0005] Unter einer "Fluidzufuhrkenngroße" soll insbesondere eine skalare Kenngröße verstanden werden, welche insbesondere mit zumindest einem, insbesondere einer Brenneinheit des Heizsystems zugeführten, Fluid, insbesondere einem Verbrennungsluftstrom, einem Brennstoffstrom und/oder einem Gemischstrom, insbesondere aus einer Verbrennungsluft und dem Brennstoff, korreliert ist. Vorteilhaft kann, insbesondere durch eine Steuer- und/oder Regeleinheit des Heizsystems, wenigstens anhand der Fluidzufuhrkenngroße auf einen Volumenstrom und/oder einen Massenstrom des zumindest einen Fluids geschlossen werden und/oder der Volumenstrom und/oder der Massenstrom des zumindest einen Fluids ermittelt werden. Ein Beispiel für eine Fluidzufuhrkenngroße ist die Angabe einer Öffnungsweite eines Brennstoffventils. Unter einer "vorübergehenden, zeitlichen Fluidzufuhränderung" soll eine zeitlich beschränkte Variation der Fluidzufuhrkenngroße verstanden werden, sodass diese von einem weitestgehend konstanten Wert der Fluidzufuhrkenngroße vor Beginn der Fluidzufuhränderung abweicht. Bevorzugt wird die Fluidzufuhrkenngroße über den Zeitraum der Fluidzufuhränderung zunächst vergrößert oder verkleinert und anschließend auf den weitestgehend konstanten Wert der Fluidzufuhrkenngroße vor Beginn der Fluidzufuhränderung geregelt. Bevorzugt ist die Zeitdauer der Fluidzufuhränderung pulsartig und kurz gegenüber den im üblichen Betrieb des Heizsystems auftretenden vorgesehenen zeitlichen Variationen der Fluidzufuhrkenngroße.

[0006] Dabei ist unter einem "Puls", einer "pulsartigen Änderung" oder einem "pulsförmigen Signal" ein Verlauf einer Kenngröße zu verstehen, welche von einem ersten Wert innerhalb einer beschränkten Zeitspanne auf mindestens einen zweiten, vom ersten Wert verschiedenen Wert, gebracht wird. Ein "Puls" wird manchmal auch als "Impuls" bezeichnet, insbesondere in der Elektrotechnik.

[0007] Unter einer "Verbrennungskenngröße" soll insbesondere eine skalare Kenngröße verstanden werden, welche insbesondere mit einer Verbrennung, insbesondere des Gemischs, insbesondere aus der Verbrennungsluft und dem Brennstoff, korreliert ist. Ein Beispiel für eine Verbrennungskenngröße ist ein Ionisationsstrom, welcher an einer Flamme des Heizsystems gemessen wird. Vorteilhaft kann, insbesondere durch die Steuer- und/oder Regeleinheit des Heizsystems, wenigstens anhand der Verbrennungskenngröße auf ein Vorhandensein und/oder eine Güte der Verbrennung geschlossen werden und/oder das Vorhandensein und/oder die Güte der Verbrennung ermittelt werden. Vorteilhaft entspricht die Verbrennungskenngröße zumindest einem oder genau einem, die Verbrennung abbildenden und/oder charakterisierenden Messwert bzw. kann die Verbrennungskenngröße einem solchen Messwert eindeutig zugeordnet werden. Beispiele für einen die Verbrennung abbildenden und/oder charakterisierenden Messwert sind ein Verbrennungssignal, insbesondere einer Lichtintensität, ein Schadstoffausstoß, eine Temperatur und/oder vorteilhaft ein Ionisationssignal. Unter einem "relativen Signalmaximum" ist die maximale Amplitude der Verbrennungskenngröße in einem mit der zeitlichen Änderung der Fluidzufuhrkenngröße korrelierten Zeitraum abzüglich der weitestgehend konstanten Amplitude der Verbrennungskenngröße vor diesem Zeitraum bzw. der Amplitude der Verbrennungskenngröße zu Beginn dieses Zeitraums zu verstehen. Das relative Signalmaximum ist insbesondere ein Maß für die Änderung der Verbrennungskenngröße aufgrund der Fluidzufuhränderung.

[0008] Unter "Fehlzustand" ist ein Zustand des Heizsystemsgemeint, in dem der Betrieb nicht im vorgesehenen Rahmen möglich ist. Dazu gehören Defekte und Störungen sowie ein nicht optimaler Betrieb. Beispiele für Störungen und Defekte sind ein nicht voll funktionsfähiges Gebläse oder plötzlich eintretende oder langsam fortschreitende Verstopfungen im Strömungsweg einer Brennstoff-Luft-Mischung. Ursachen für solche Verstopfungen sind zum Beispiel Wind, Verschmutzungen, Ablagerungen oder Korrosion. Beispiele für einen nicht optimalen Betrieb sind eine Über- oder Unterbelastung des Heizsystems oder eine nicht optimale Verbrennung in einem Brennraum des Heizsystems, beispielsweise durch falsch eingestellte Betriebsparameter und/oder eine falsch eingestellte Sensorik zur Bestimmung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses.

[0009] Unter einem "Versuch", ein relatives Signalmaximum einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Ver-

brennungskenngröße zu ermitteln, soll ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem ein relatives Signalmaximum einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße gemessen bzw. festgestellt wird. Abhängig vom Ergebnis bzw. Wert des relativen Signalmaximums können im weiteren Verlauf des Verfahrens optional unterschiedliche folgende Schritte ausgewählt werden, falls das notwendig und/oder erwünscht ist.

[0010] Unter "Kalibrieren des Heizsystems" ist das einmalige oder wiederholte, insbesondere periodische Einstellen von Betriebsparametern des Heizsystems gemeint, so dass das Heizsystem die spezifizierte und/oder angeforderte Leistung im vollen Umfang stets erfüllen kann, insbesondere unter veränderlichen inneren und äußeren Bedingungen, insbesondere bei Verschleißprozessen und wechselnden Rand- und Umweltbedingungen. Dabei sind unter "Betriebsparameter" Parameter zu verstehen, die von der Steuerung des Heizsystems zum Steuern und Überwachen von im Heizsystem ablaufenden Prozessen verwendet werden. Beispiele für "Betriebsparameter" sind eine Gebläsedrehzahl bzw. eine Gebläsedrehzahlkennlinie oder eine Flammenionisationskennlinie. Somit ist unter "Kalibrieren des Heizsystems" insbesondere ein Kalibrierungsprozess zu verstehen bei welchem die Sensorik zur Messung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses neu eingestellt wird.

[0011] Unter "Brennerleistungsparameter" soll insbesondere eine skalare Kenngröße verstanden werden, welche mit einer Leistung, insbesondere Heizleistung, des Heizsystems korreliert ist. Vorteilhaft kann, insbesondere durch die Steuer- und/oder Regeleinheit des Heizsystems, wenigstens anhand des Brennerleistungsparameters die Leistung, insbesondere Heizleistung, des Heizsystems ermittelt werden. Vorteilhaft entspricht der Brennerleistungsparameter mindestens einem oder genau einem, die Leistung abbildenden Messwert bzw. kann einem solchen Messwert eindeutig zugeordnet werden. Ein solcher Messwert kann beispielsweise eine Temperatur, eine Luftdurchflussmenge, ein Gebläsesteuersignal oder eine Gebläsedrehzahl sein.

[0012] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Merkmale sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens nach dem Hauptanspruch möglich.

[0013] Dadurch, dass ein Fehlzustand festgestellt wird, falls kein relatives Signalmaximum ermittelt wurde, wird das Verfahren besonders zuverlässig. Auf diese Weise werden insbesondere Fehlfunktion und/oder Defekte bei der Detektion der zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße zeitnah berücksichtigt.

[0014] Wird die Signaluntergrenze abhängig von dem Brennerleistungsparameter gewählt, so wird an einer weiteren Stelle des Verfahrens die Korrelation zwischen der mindestens einen Verbrennungskenngröße und dem Brennstoff-Luft-Verhältnis berücksichtigt. Auf diese Weise wird eine Detektion eines Fehlzustands weiter ver-

bessert. Insgesamt verbessert sich so die Zuverlässigkeit des Verfahrens.

[0015] Wird in einem zusätzlichen Schritt eine vorübergehende zeitliche zusätzliche Fluidzufuhränderung erzeugt, wobei diese zusätzliche Fluidzufuhränderung der Fluidzufuhränderung weitgehend entgegengesetzt ist, hat dies den Vorteil, dass die durch die Fluidzufuhränderung verursachte minimale Erhöhung der Brennerleistung und Schadstoffemissionen ausgeglichen wird.

[0016] Dabei ist unter einer "weitgehend entgegengesetzten zusätzlichen Fluidzufuhränderung" eine Fluidzufuhränderung zu verstehen, bei welcher die Fluidzufuhrkenngroße zeitlich so variiert wird, dass die durch die Fluidzufuhränderung verursachte Änderung einer mittleren Fluidzufuhrate ausgeglichen wird. Auf diese Weise entspricht eine im zeitlichen Mittel über den Zeitraum der Fluidzufuhränderung und der zusätzlichen Fluidzufuhränderung zugeführte Fluidmenge weitgehend einer mittleren zugeführten Fluidmenge in einem gleich langen Zeitraum während des vorgesehenen Betriebs der Heizanlage ohne Änderungen der Fluidzufuhrate kurz vor der Durchführung der Fluidzufuhränderungen. Wird beispielsweise die Fluidzufuhränderung durch einen weitgehend rechteckigen Puls mit einer bestimmten positiven relativen Signalthöhe und einer bestimmten Signalbreite realisiert, so wird die zusätzliche Fluidzufuhränderung durch einen weitgehend rechteckigen Puls mit einer weitgehend gleichen Signalbreite und einer relativen Signalthöhe umgesetzt, welche vom Betrag weitgehend der relativen Signalthöhe des ersten weitgehend rechteckigen Pulses der Fluidzufuhränderung entspricht und negativ ist. Dabei ist unter "weitgehend rechteckige Form der Fluidzufuhränderung" ein zeitlicher Verlauf der Fluidzufuhrkenngroße zu verstehen, bei dem die Fluidzufuhrkenngroße zunächst einen Normalwert aufweist. Anschließend wird die Fluidzufuhrkenngroße schnell auf einen weitgehend konstanten Maximalzufuhrwert erhöht. Danach wird die Fluidzufuhrkenngroße schnell auf den Normalwert gesenkt. Dieser zeitliche Verlauf der Fluidzufuhrkenngroße hat in guter Näherung die Form einer Rechteckfunktion. Ein solcher zeitlicher Verlauf der Fluidzufuhrkenngroße wird üblicherweise als Rechtecksignal bezeichnet.

[0017] Entspricht die Fluidzufuhrkenngroße einem Steuersignal zum Dosieren eines Brennstoffs und/oder der Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft, wird auf diese Weise keine Vermessung des Brennstoffs und oder der Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft bzw. eines Durchflusses dieser Fluide benötigt. Das vereinfacht das Verfahren und macht es robust gegenüber Fehlfunktionen.

[0018] Wird die mindestens eine Verbrennungskenngröße durch eine Ionisationsstrommessung an einer Flamme des Heizsystems bestimmt, ist das besonders vorteilhaft, da zwischen dem Ionisationsstrom an einer Flamme und dem Brennstoff-Luft-Verhältnis ein funktionaler Zusammenhang besteht, welcher besonders güns-

tig auswertbar ist.

[0019] Das Verfahren wird weiter verbessert, wenn der Brennerleistungsparameter eine Gebläsedrehzahl ist oder von dieser abhängt und/oder ein Massenfluss einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft ist oder von diesem abhängt und/oder ein Volumenfluss einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft ist oder von diesem abhängt und/oder eine Laufzeit einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft ist oder von dieser abhängt. Die Gebläsedrehzahl lässt sich einfach und zuverlässig bestimmen und liefert eine gute Abschätzung der Brennerleistung. Ein Massenfluss und/oder ein Volumenfluss einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft erlauben eine besonders präzise Abschätzung der Brennerleistung. Eine Laufzeit einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft lässt sich besonders einfach und kostengünstig bestimmen.

[0020] Weist die zeitliche Fluidzufuhränderung eine zumindest weitgehend rechteckige Form auf, hat das den Vorteil, dass die zeitliche Änderung von der mindestens einen Verbrennungskenngröße besonders einfach detektiert werden kann. Auf diese Weise wird die Zuverlässigkeit des Verfahrens weiter gesteigert. Dabei ist unter "weitgehend rechteckige Form der Fluidzufuhränderung" ein zeitlicher Verlauf der Fluidzufuhrkenngroße zu verstehen, bei dem die Fluidzufuhrkenngroße zunächst einen Normalwert aufweist. Anschließend wird die Fluidzufuhrkenngroße schnell auf einen weitgehend konstanten Maximalzufuhrwert erhöht. Danach wird die Fluidzufuhrkenngroße schnell auf den Normalwert gesenkt. Dieser zeitliche Verlauf der Fluidzufuhrkenngroße hat in guter Näherung die Form einer Rechteckfunktion. Ein solcher zeitlicher Verlauf der Fluidzufuhrkenngroße wird üblicherweise als Rechtecksignal bezeichnet.

[0021] Die Verwendung einer Steuereinheit für ein Heizsystem, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, das erfindungsgemäße Verfahren zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem auszuführen, hat den Vorteil, dass durch das weitgehende Verhindern einer falschen Einstellung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses die Haltbarkeit des Heizsystems erhöht wird, Fehlfunktionen vermieden werden und somit die Sicherheit erhöht wird. Zusätzlich wird durch das Vermeiden von unnötigen Kalibriervorgängen der Verschleiß des Heizsystems gesenkt.

[0022] Ein Heizsystem mit einer erfindungsgemäßen Steuereinheit, mit einem Dosierer für einen Brennstoff und/oder für Verbrennungsluft und/oder für eine Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft, sowie mit einer Ionisationssonde an einer Flamme und mit einem Gebläse mit variierbarer Gebläsedrehzahl hat den Vorteil, dass im Betrieb des Heizsystems eine falsche Einstellung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses weitgehend verhindert wird. Auf diese Weise werden unvorher-

gesehene, starke Belastungen des Heizsystems durch beispielsweise zu hohe Brenntemperaturen und/oder zu hohe Gebläsedrehzahlen und/oder zu hohe Rußemissionen und/oder zu starke Vibrationen vermieden. Das ermöglicht eine kostengünstige Herstellung des Heizsystems. Zusätzlich wird auf der Brennstoffverbrauch gesenkt und die Lebensdauer des Heizsystems erhöht bzw. das Zeitintervall zwischen den erforderlichen Inspektionsintervallen gesenkt.

[0023] Weist das Heizsystem mindestens einen Dosierer für einen Brennstoff und/oder für Verbrennungsluft und/oder für eine Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft auf, ist damit eine zeitliche Änderung einer Fluidzufuhrkenngröße besonders einfach erzeugbar.

[0024] Dabei soll unter einem "Dosierer" insbesondere eine, insbesondere elektrische und/oder elektronische, Einheit, insbesondere Aktoreinheit, vorteilhaft Stelleinheit, verstanden werden, welche dazu vorgesehen ist, das zumindest eine Fluid, insbesondere den Verbrennungsluftstrom, den Brennstoffstrom und/oder den Gemischstrom, insbesondere aus der Verbrennungsluft und dem Brennstoff, zu beeinflussen. Insbesondere ist der zumindest eine Dosierer dazu vorgesehen, einen Volumenstrom und/oder einen Massenstrom, insbesondere der Verbrennungsluft und/oder des Brennstoffs, einzustellen, zu regulieren und/oder zu fördern. Der Dosierer für Verbrennungsluft kann dabei vorteilhaft als, insbesondere drehzahlvariabler, Ventilator und/oder vorzugsweise als, insbesondere drehzahlvariables, Gebläse ausgebildet sein. Der Dosierer für Brennstoff kann vorteilhaft als, insbesondere durchsatzvariable, Brennstoffpumpe und/oder vorzugsweise als, insbesondere durchsatzvariables, Brennstoffventil ausgebildet sein. Insbesondere sind der Dosierer für Verbrennungsluft und/oder der Dosierer für Brennstoff dazu vorgesehen, eine Heizleistung der Heizgerätevorrichtung zu modulieren.

[0025] Weist das Heizsystem eine Ionisationssonde an der Flamme des Heizgeräts auf, ist damit ein besonders günstiger und zuverlässiger Sensor zur Messung einer Verbrennungsscangröße realisiert. Ionisationsdetektoren werden üblicherweise in Heizgeräten zur Flammendetektion eingesetzt.

[0026] Weist das Heizsystem ein Gebläse mit variierbarer Gebläsedrehzahl auf, ist auf diese Weise ein einfaches und robustes Mittel zur Einstellung und Bestimmung der Leistung des Heizgeräts realisiert.

Zeichnungen

[0027] In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem, der erfindungsgemäßen Steuereinheit und des erfindungsgemäßen Heizsystems dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine schematische Darstellung des erfin-

dungsgemäßen Heizsystems mit der erfindungsgemäßen Steuereinheit,

Figur 2 das erfindungsgemäße Verfahren zum Regeln und/oder Kalibrieren eines Heizsystems,

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Fluidzufuhränderung und einer zeitlichen Änderung von einer Verbrennungskenngröße,

Figur 4 schematische Darstellungen von zeitlichen Änderungen von einer Verbrennungskenngröße bei unterschiedlichen Messungen,

Figur 5 eine schematische Darstellung einer Abhängigkeit des Ionisationsstroms vom Brennstoff-Luft-Verhältnis und

Figur 6 eine Variante des Verfahrens zum Regeln und/oder Kalibrieren eines Heizsystems.

Beschreibung

[0028] In den verschiedenen Ausführungsvarianten erhalten gleiche Teile bzw. Schritte die gleichen Bezugszahlen.

[0029] In Figur 1 ist ein Heizgerät 10 schematisch dargestellt, das im Ausführungsbeispiel auf einem Speicher 12 angeordnet ist. Das Heizgerät 10 weist ein Gehäuse 14 auf, das je nach Ausstattungsgrad unterschiedliche Komponenten aufnimmt.

[0030] Als wesentliche Komponenten befinden sich eine Wärmезelle 16, eine Steuereinheit 18, eine oder mehrere Pumpen 20 sowie Verrohrungen 22, Kabel oder Busleitungen 24 und Haltemittel 26 im Heizgerät 10. Auch bei den einzelnen Komponenten hängt deren Anzahl und Komplexität vom Ausstattungsgrad des Heizgeräts 10 ab.

[0031] Die Wärmезelle 16 weist einen Brenner 28, einen Wärmetauscher 30, ein Gebläse 32, ein Dosierer 34 sowie ein Zuluftsystem 36, ein Abgassystem 38 und, wenn die Wärmезelle 16 in Betrieb ist, eine Flamme 40 auf. In die Flamme 40 ragt eine Ionisationssonde 42. Der Dosierer 34 ist als Brennstoffventil 44 ausgebildet. Eine Gebläsedrehzahl 79 des Gebläses 32 ist variabel einstellbar. Das Heizgerät 10 und der Speicher 12 bilden zusammen ein Heizsystem 46. Die Steuereinheit 18 weist einen Datenspeicher 48, eine Recheneinheit 50 und eine Kommunikationsschnittstelle 52 auf. Über die Kommunikationsschnittstelle 52 sind die Komponenten des Heizsystems 46 ansteuerbar. Die Kommunikationsschnittstelle 52 ermöglicht einen Datenaustausch mit externen Geräten. Externe Geräte sind beispielsweise Steuergeräte, Thermostate und/oder Geräte mit Computerfunktionalität, beispielsweise Smartphones.

[0032] Figur 1 zeigt ein Heizsystem 46 mit einer Steuereinheit 18. In alternativen Ausführungsformen befindet sich die Steuereinheit 18 außerhalb des Gehäuses 14 des Heizgeräts 10. Die externe Steuereinheit 18 ist in besonderen Varianten als Raumregler für das Heizsystem 46 ausgeführt. In bevorzugten Ausführungsformen ist die Steuereinheit 18 mobil. Die externe Steuereinheit 18 weist eine Kommunikationsverbindung zum Heizge-

rät 10 und/oder anderen Komponenten des Heizsystems 46 auf. Die Kommunikationsverbindung kann kabelgebunden und/oder kabellos sein, bevorzugt eine Funkverbindung, besonders bevorzugt über WLAN, Z-Wave, Bluetooth und/oder ZigBee. Die Steuereinheit 18 kann in weiteren Varianten aus mehreren Komponenten bestehen, insbesondere nicht physisch verbundenen Komponenten. In besonderen Varianten können zumindest eine oder mehrere Komponenten der Steuereinheit 18 teilweise oder ganz in der Form von Software vorliegen, die auf internen oder externen Geräten, insbesondere auf mobilen Recheneinheiten, beispielsweise Smartphones und Tablets, oder Servern, insbesondere einer Cloud, ausgeführt wird. Die Kommunikationsverbindungen sind dann entsprechende Softwareschnittstellen.

[0033] In Figur 2 ist das erfindungsgemäße Verfahren 54 zur Kontrolle und Regelung eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56 in einem Heizsystem 46 abgebildet. Im Ausführungsbeispiel wird in einem Schritt 58 eine zeitliche Fluidzufuhränderung 60 einer Fluidzufuhrkenngroße 62 erzeugt. Im Ausführungsbeispiel ist die Fluidzufuhrkenngroße 62 eine vorgesehene Öffnungsweite 64 des Dosierers 34. Die Öffnungsweite 64 ist eine Prozentangabe, wobei eine Öffnungsweite 64 von 0 % einem vollständig geschlossenen Brennstoffventil 44 entspricht und eine Öffnungsweite 64 von 100 % ein vollständig geöffnetes Brennstoffventil 44 beschreibt. In der Steuereinheit 18 ist ein Zusammenhang zwischen der Öffnungsweite 64 und einem dafür nötigen Steuersignal hinterlegt. Die vorgesehene Öffnungsweite 64 wird durch eine Auswahl des Steuersignals und Übertragung dieses Steuersignals an das Brennstoffventil 44 durch die Steuereinheit 18 realisiert. Die Öffnungsweite 64 beschreibt eine Anforderung, welche an das Brennstoffventil 44 übermittelt wird.

[0034] Die Fluidzufuhränderung 60 ist in Figur 3 abgebildet. Die erste Abszissenachse 66 stellt eine Zeit dar. Auf der Ordinatenachse 68 ist die Fluidzufuhrkenngroße 62 dargestellt. Die Fluidzufuhränderung 60 verläuft in einem weitgehend rechteckförmigen Puls. Zunächst hat die Fluidzufuhrkenngroße 62 einen Normalzufuhrwert 70. Anschließend wird die Öffnungsweite 64 so schnell wie möglich auf einen Maximalzufuhrwert 72 erhöht. Danach wird die Öffnungsweite 64 so schnell wie möglich auf den Normalzufuhrwert 70 gesenkt. Eine in Figur 3 abgebildete Pulshöhe 74 beträgt 15 %. Eine in Figur 3 abgebildete Pulsbreite 76 beträgt 120 ms.

[0035] Im Ausführungsbeispiel ist die Fluidzufuhränderung 60 abhängig von einem Brennerleistungsparameter 77. Der Brennerleistungsparameter 77 ist eine Gebläsedrehzahl 79. Die Gebläsedrehzahl 79 ist ein von der Steuereinheit 18 bestimmter Kennwert, welcher ein Gebläsesteuersignal bestimmt. Das Gebläsesteuersignal wird von der Steuereinheit 18 an das Gebläse 32 gesendet und bestimmt eine Drehzahl des Gebläses 32. Die Pulshöhe 74 steigt linear mit der Gebläsedrehzahl 79 an. Zwischen einer minimalen Gebläsedrehzahl und einer maximalen Gebläsedrehzahl nimmt die Pulshöhe

74 Werte in einem Intervall zwischen 10 % und 20 % an. Die Pulsbreite 76 steigt linear mit der Gebläsedrehzahl 79 an. Zwischen einer minimalen Gebläsedrehzahl und einer maximalen Gebläsedrehzahl nimmt die Pulsbreite 76 Werte in einem Intervall zwischen 50 ms und 200 ms an.

[0036] In einem folgenden Schritt 75 (siehe Figur 2) wird versucht, ein relatives Signalmaximum 80 einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung 60 korrelierten zeitlichen Änderung von einer Verbrennungskenngroße 78 zu ermitteln. Die Verbrennungskenngroße 78 ist im Ausführungsbeispiel ein Ionisationsstrom 82. Der Ionisationsstrom 82 wird von der Ionisationssonde 42 an der Flamme 40 ermittelt und an die Steuereinheit 18 übermittelt. Nach der Fluidzufuhränderung 60 weist der zeitliche Verlauf des Ionisationsstroms 82 das relative Signalmaximum 80 auf. Das relative Signalmaximum 80 wird aus der Differenz zwischen dem absoluten Signalmaximum 84 und dem Ionisationsstromnormalwert 86 bestimmt (siehe Figur 3). Der Ionisationsstromnormalwert 86 wird im Ausführungsbeispiel bestimmt, in dem über die Pulsbreite 76 gemessene mittlere Ionisationsstrom 82 ermittelt wird. Im Ausführungsbeispiel wird das relative Signalmaximum 80 bestimmt, in dem der Ionisationsstrom 82 über eine Ermittlungszeit gemessen wird. Der innerhalb der Ermittlungszeit auftretende größte Wert des Ionisationsstroms 82 wird als absolutes Signalmaximum 84 gewählt. Die Ermittlungszeit hat die Länge einer in der Steuereinheit 18 hinterlegte Zeitschwelle 88. Die Ermittlungszeit beginnt an einem ersten Zeitpunkt 90 zu laufen und endet an einem zweiten Zeitpunkt 92 (siehe Figur 3). Im Ausführungsbeispiel beträgt die Zeitschwelle 88 2 Sekunden. In Varianten wird eine Zeitschwelle 88 zwischen 1 Sekunde und 5 Sekunden gewählt.

[0037] Konnte in Schritt 75 ein relatives Signalmaximum 80 ermittelt werden, wird das Verfahren mit Pfad C fortgesetzt (siehe Figur 2). In einem weiteren Schritt 94 wird ein Fehlzustand 96 festgestellt, falls das relative Signalmaximum 80 eine Signaluntergrenze 98 unterschreitet. Die Signaluntergrenze 98 ist eine in der Steuereinheit 18 hinterlegte Konstante. Die Steuereinheit 18 vergleicht das relative Signalmaximum 80 mit der Signaluntergrenze 98. Ist das relative Signalmaximum 80 kleiner als die Signaluntergrenze 98, wird ein Fehlzustand 96 festgestellt in dem eine Fehlervariable auf den Wert 1 gesetzt wird. Das Verfahren 54 wird auf dem Pfad A fortgesetzt (siehe Figur 2). Ist das relative Signalmaximum 80 größer-gleich als die Signaluntergrenze 98, wird die Fehlervariable auf den Wert 0 gesetzt und die Iteration des Verfahrens 54 beendet (Pfad B in Figur 2).

[0038] Wird das Verfahren 54 auf dem Pfad A fortgesetzt, wird ein Schritt 100 durchgeführt. Im Schritt 100 wird das Heizsystem 46 kalibriert. Dabei wird das Heizsystem 46 in einem besonderen Betriebsmodus gefahren, in welchem die Sensorik und Analytik, insbesondere die Ionisationssonde 42 und die auf dem Ionisationsstrom 82 beruhenden, in der Steuereinheit 18 hinterleg-

ten Kennlinien neu eingestellt und abgestimmt werden. Auf diese Weise wird die Ermittlung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56 präzisiert. Falls nötig, wird beim Kalibrieren des Heizsystems 46 im Schritt 100 das Heizsystem 46 bzw. die auf dem Heizsystem 46 laufenden Prozesse und/oder Verfahren zumindest teilweise neu initialisiert oder neu gestartet.

[0039] Wird in Schritt 75 kein relatives Signalmaximum 80 ermittelt, wird das Verfahren auf dem Pfad D fortgesetzt (siehe Figur 2). In einem Schritt 101 wird ein Fehlzustand 96 festgestellt. Die Fehlvariable wird auf den Wert 1 gesetzt. Das Verfahren 54 wird mit Schritt 100 fortgesetzt und das Heizsystem 46 kalibriert.

[0040] Das Verfahren 54 wird im Ausführungsbeispiel periodisch wiederholt. Figur 3 zeigt eine der Änderung der Verbrennungskenngröße 78 folgende Fluidzufuhränderung 60, welche zur nächsten Iteration des Verfahrens 54 gehört. Ein Zeitabstand zwischen den Iterationen des Heizsystems 46 und von den äußeren Bedingungen gewählt. Im Ausführungsbeispiel beträgt der Zeitabstand zwischen 1 Sekunde und 20 Sekunden, bevorzugt 2 Sekunden. Im Ausführungsbeispiel wird in der Steuereinheit 18 ein Fehlzustandszähler gespeichert. Der Fehlzustandszähler ist eine Variable, welche die Zahl der festgestellten Fehlzustände 96 in einem bestimmten Zeitintervall speichert. Überschreitet der Fehlzustandszähler eine in der Steuereinheit 18 hinterlegte kritische Fehlzustandsgrenze, so wird das Heizsystem 46 aus Sicherheitsgründen heruntergefahren. Der Fehlzustandszähler wird nach der Durchführung des Verfahrens 54 ohne Feststellung eines Fehlzustandes 96 gesenkt. Im Ausführungsbeispiel wird das Heizsystem 46 nach sieben unmittelbar hintereinander folgenden Feststellungen eines Fehlzustandes 96 heruntergefahren.

[0041] Die Figuren 4 und 5 illustrieren das Funktionsprinzip des Verfahrens 54. In Figur 4 ist auf einer zweiten Abszissenachse 67 eine Zeit dargestellt. Auf der Ordinatennachse 68 ist der Ionisationsstrom 82 aufgetragen. Die Graphen des Ionisationsstroms 82 zeigen jeweils zeitliche Änderungen des Ionisationsstroms 82 welche aufgrund einer zeitlichen Fluidzufuhränderung 60 bei verschiedenen Messungen 102, 104, 106, 108 und 110 auftreten. Die Messungen sind bei einer konstanten Gebläsedrehzahl 79 durchgeführt. Jede der Messungen ist bei einem jeweils unterschiedlichen Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 durchgeführt (markiert in Figur 5). Das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 berechnet sich aus einer Luftmenge geteilt durch eine Brennstoffmenge.

[0042] Figur 5 illustriert den Zusammenhang zwischen dem Ionisationsstrom 82 und dem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 bei einer konstanten Gebläsedrehzahl 79. Auf der Ordinatennachse 68 ist der Ionisationsstrom 82 aufgetragen. Auf einer dritten Abszissenachse 69 ist das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 dargestellt. Der Verlauf des Ionisationsstroms 82 weist ein Ionisationsstrommaximum 112 bei einem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 von 1 auf (Messung 104). Bei einer Vergrößerung oder Ver-

kleinerung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56 ausgehend vom Ionisationsstrommaximum 112 nimmt der Ionisationsstrom 82 ab, wobei sich der Betrag der Steigung stetig vergrößert. Bevorzugt wird das Heizsystem 46 mit einem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 von 1.3 (Messung 108), also mit einem Luftüberschuss betrieben. Das Verfahren 54 stellt sicher, dass das Heizsystem 46 mit Luftüberschuss betrieben wird. Ist das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 kleiner als 1 oder befindet sich das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 zu nahe am Wert 1, so wird ein Fehlzustand 96 festgestellt.

[0043] Aufgrund der Fluidzufuhränderung 60 wird kurzzeitig das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 gesenkt. Hat das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 den Wert 0.85 (Messung 102), so bewirkt die Fluidzufuhränderung 60 ein Absinken des Ionisationsstroms 82 (siehe Figur 4). Damit ist das relative Signalmaximum 80 weitgehend 0. Die Signaluntergrenze 98 wird unterschritten und ein Fehlzustand 96 festgestellt. Hat das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 den Wert eins (Messung 104), so bewirkt die Fluidzufuhränderung 60 ein schwaches Absinken des Ionisationsstroms 82, da in diesem Bereich die Steigung des Graphen des Ionisationsstroms 82 ungefähr 0 ist und sich nur schwach ändert. In Messung 106 hat das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 den Wert 1.15. Es liegt ein Luftüberschuss vor, welcher nicht ausreichend groß ist. Die Fluidzufuhränderung 60 bewirkt ein Ansteigen des Ionisationsstroms 82. Das relative Signalmaximum 80 liegt unter der Signaluntergrenze 98, da der Betrag der Steigung des Graphen des Ionisationsstroms 82 im Bereich des Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56 der Messung 106 zu gering ist. In den Messungen 108 und 110 beträgt das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 1.3 bzw. 1.45. Der Luftüberschuss ist jeweils ausreichend. Der Betrag der Steigung des Graphen des Ionisationsstroms 82 ist in den Bereichen der Messungen 108 und 110 ausreichend groß. Die Fluidzufuhränderung 60 bewirkt jeweils ein Ansteigen des Ionisationsstroms 82. Das relative Signalmaximum 80 ist jeweils größer als die Signaluntergrenze 98. Bei den Messungen 108 und 110 wird kein Fehlzustand 96 festgestellt.

[0044] Im Ausführungsbeispiel wird das relative Signalmaximum 80 zwischen dem ersten Zeitpunkt 90 und dem zweiten Zeitpunkt 92 bestimmt. Die Zeitschwelle 88 ist mithilfe von Labortests so gewählt, dass unter allen Betriebszuständen und Randbedingungen, insbesondere bei allen Gebläsedrehzahlen 79 die Position des Maximums des Ionisationsstroms 82 stets zwischen dem ersten Zeitpunkt 90 und dem zweiten Zeitpunkt 92 liegt. In alternativen Varianten mit einer kleineren Zeitschwelle 88 kann das Maximum des Ionisationsstroms 82 nach dem zweiten Zeitpunkt 92 auftreten. Das im Schritt 75 ermittelte relative Signalmaximum 80 ist dann gegebenenfalls kleiner als das tatsächliche Maximum des Ionisationsstroms 82, insbesondere bei einer niedrigen Leistung des Heizsystems 46 bzw. bei niedrigen Gebläsedrehzahlen 79. Das wird in bevorzugten Varianten durch eine entsprechende Anpassung, insbesondere Absen-

kung der Signaluntergrenze 98, insbesondere abhängig vom Brennerleistungsparameter 77, berücksichtigt.

[0045] In alternativen Ausführungsformen wird die zeitliche Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße 78 ermittelt, in dem das Auftreten eines Pulses im zeitlichen Verlauf der mindestens einen Verbrennungskenngröße 78 detektiert wird. Das relative Signalmaximum 80 wird als maximaler Wert des detektierten Pulses bestimmt. Dazu wird im Schritt 75 von der Steuereinheit 18 überprüft, ob nach der Fluidzufuhränderung 60 die Verbrennungskenngröße 78 über ein Signalrauschen hinaus ansteigt. Das relative Signalmaximum 80 ist die maximale Verbrennungskenngröße 78 im Zeitbereich, in dem die Verbrennungskenngröße 78 über ein Signalrauschen hinaus ansteigt. In bevorzugten Varianten wird die Detektion des Pulses im zeitlichen Verlauf der mindestens einen Verbrennungskenngröße 78 beendet, falls die Ermittlungszeit die Zeitschwelle 88 überschreitet und kein Puls detektiert werden konnte. Dann kann kein relatives Signalmaximum 80 ermittelt werden und das Verfahren 54 wird auf dem Pfad D fortgesetzt.

[0046] In weiteren Ausführungsformen wird der Schritt 75 beendet, sobald die gemessene Verbrennungskenngröße 78 die Signaluntergrenze 98 überschreitet. Dann wird der Wert des relativen Signalmaximums 80 anhand der zuletzt gemessenen, die Signaluntergrenze 98 überschreitenden Verbrennungskenngröße 78 festgelegt. Das Verfahren wird dann mit dem Pfad C fortgesetzt. Erreicht im Schritt 75 die gemessene Verbrennungskenngröße 78 nicht die Signaluntergrenze 98 innerhalb der Zeitschwelle 88, wird das Verfahren mit dem Pfad C fortgesetzt. Diese Ausführungsformen haben den Vorteil, dass die benötigte Ermittlungszeit minimiert wird.

[0047] In besonderen Ausführungen ist die Zeitschwelle 88 eine Funktion des Brennerleistungsparameter 77. Bevorzugt vergrößerte sich die Zeitschwelle 88 bei einer Verkleinerung der Leistung des Heizsystems 46.

[0048] Im Ausführungsbeispiel wird die Signaluntergrenze 98 abhängig von der Gebläsedrehzahl 79 gewählt. Dazu wird von der Steuereinheit 18 eine relative Signaluntergrenze 114 bestimmt (siehe Figur 3). Die relative Signaluntergrenze 114 ist proportional zur negativen Gebläsedrehzahl 79. Auf diese Weise wird das bei niedrigen Gebläsedrehzahlen 79 höhere Signalrauschen des Ionisationsstroms 82 berücksichtigt. Im Ausführungsbeispiel liegt die relative Signaluntergrenze 114 bei $1 \mu\text{A}$ für die maximale Gebläsedrehzahl 79 und bei $10 \mu\text{A}$ für die minimale Gebläsedrehzahl 79. Typischerweise wird im Regelbetrieb eine relative Signaluntergrenze 114 zwischen $3 \mu\text{A}$ und $7 \mu\text{A}$ gewählt. Die Signaluntergrenze 98 wird aus der Summe von der relativen Signaluntergrenze 114 und dem Ionisationsstromnormalwert 86 ermittelt. Der Ionisationsstromnormalwert 86 nimmt im regulären Betrieb des Heizsystems 46 Werte zwischen $10 \mu\text{A}$ und $100 \mu\text{A}$, insbesondere zwischen $30 \mu\text{A}$ und $60 \mu\text{A}$ an. In alternativen Ausführungsformen richtet sich die Wahl der Abhängigkeit der Signaluntergrenze 98 von der Gebläsedrehzahl 79 bzw. vom Bren-

nerleistungsparameter 77 an den technischen Eigenschaften des Heizsystems 46, insbesondere an der Abhängigkeit des Signalrauschens des Ionisationsstroms 82 bzw. der Verbrennungskenngröße 78 vom Brennerleistungsparameter 77. In bevorzugten Varianten ist die relative Signaluntergrenze 114 konstant. In weiteren Varianten ist die relative Signaluntergrenze proportional zum Brennerleistungsparameter 77. In besonders bevorzugten Varianten ist die funktionale Abhängigkeit der relativen Signaluntergrenze 114 vom Brennerleistungsparameter 77 weitgehend proportional zur funktionalen Abhängigkeit einer Stärke des Signalrauschens des Ionisationsstroms 82 vom Brennerleistungsparameter 77.

[0049] In alternativen Ausführungsformen wird in einem zusätzlichen Schritt 116 eine zusätzliche Fluidzufuhränderung 118 erzeugt. Die zusätzliche Fluidzufuhränderung 118 ist der Fluidzufuhränderung 60 weitgehend entgegengesetzt. Auf diese Weise entspricht die mittlere Fluidzufuhrkenngröße 62 über einen Zeitraum der Fluidzufuhränderung 60 und der zusätzlichen Fluidzufuhränderung 118 weitgehend dem Normalzufuhrwert 70. In bevorzugten Ausführungsformen gleicht der Graph des zeitlichen Verlaufes der Fluidzufuhrkenngröße 62 der zusätzlichen Fluidzufuhränderung 118 dem am Normalzufuhrwert 70 gespiegelten und zeitlich verschobenen Graphen des zeitlichen Verlaufes der Fluidzufuhrkenngröße 62 der Fluidzufuhränderung 60. Dabei kann der Schritt 116 an einer beliebigen Stelle im Verfahren 54 ausgeführt werden. In Figur 6 ist eine Variante abgebildet, bei welcher der Schritt 116 nach dem Schritt 75 und vor dem Schritt 94 auf dem Pfad C bzw. nach dem Schritt 75 und vor dem Schritt 101 auf dem Pfad D ausgeführt wird. In bevorzugten Ausführungsformen ist der Schritt 116 so positioniert, dass die zusätzliche Fluidzufuhränderung 118 die mit der Fluidzufuhränderung 60 korrelierten Änderung der Verbrennungskenngröße 78 nicht beeinflusst. Bevorzugt wird Schritt 116 nach dem Schritt 58 ausgeführt, besonders bevorzugt nach dem Schritt 75.

[0050] Im Ausführungsbeispiel ist die Fluidzufuhrkenngröße 62 eine Öffnungsweite 64 des Brennstoffventils 44. Anhand der vorgesehenen Öffnungsweite 64 wird von der Steuereinheit 18 ein Steuersignal an das Brennstoffventil 44 ermittelt und übermittelt. In alternativen Ausführungsformen ist die Fluidzufuhrkenngröße 62 ein Steuersignal an das Brennstoffventil 44 bzw. ein vom Steuersignal ableitbarer skalarer Wert. In weiteren Varianten entspricht die Fluidzufuhrkenngröße 62 einem Steuersignal zum Dosieren einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und einer Verbrennungsluft. Dabei setzt sich das durch die Steuereinheit 18 gesendete Steuersignal aus mindestens einem Steuerbefehl an mindestens einen Dosierer 34 zusammen. Der mindestens eine Dosierer 34 ist mindestens ein Brennstoffventil 44 und/oder mindestens ein Gebläse 32. In alternativen Ausführungsformen wird ein Dosierungswert des Dosierers 34 gemessen und als Fluidzufuhrkenngröße 62 verwendet. Dabei ist unter "Dosie-

rungswert" ein Kennwert zu verstehen, der den Zustand des Dosierers 34 beschreibt und der Rückschlüsse auf die durch den Dosierer 34 zugeführte und/oder durchgelassene Stoffmenge erlaubt. Ein Beispiel für ein Dosierungswert ist eine gemessene Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 und/oder ein gemessener Brennstofffluss.

[0051] Im Ausführungsbeispiel ist die Verbrennungskenngröße 78 ein Ionisationsstrom 82. Der Ionisationsstrom 82 wird durch eine Ionisationsstrommessung an einer Flamme 40 des Heizsystems 46 bestimmt. Der Ionisationsstrom 82 wird durch die Ionisationssonde 42 ermittelt und an die Steuereinheit 18 übermittelt. In weiteren Ausführungsformen ist die Verbrennungskenngröße 78 eine Lichtintensität, ein Lambda-Wert, ein Schadstoffausstoß und/oder eine Temperatur. Dabei wird die Lichtintensität an der Flamme 40 durch eine Fotodiode ermittelt. Der Lambda-Wert wird mit einer Lambda-Sonde in einem Abgas gemessen. Das Abgassystem 38 weist die Lambda Sonde auf. Der Schadstoffausstoß wird durch eine Sensorvorrichtung ermittelt, welche sich an der Flamme 40 und/oder im Abgassystem 38 befindet. Die Temperatur wird durch ein Kontaktthermometer und/oder ein berührungslos arbeitendes Thermometer, insbesondere ein Pyrometer bestimmt. Dabei kann sich das Thermometer im Abgassystem 38 befinden und/oder die Flamme 40 vermessen.

[0052] Im Ausführungsbeispiel ist der Brennerleistungsparameter 77 die Gebläsedrehzahl 79. Die Gebläsedrehzahl 79 ist ein von der Steuereinheit 18 bestimmter Kennwert, welcher ein Gebläsesteuersignal bestimmt. In alternativen Ausführungsformen ist der Brennerleistungsparameter 77 eine gemessene Gebläsedrehzahl und/oder eine Temperatur und oder eine Luftdurchflussmenge und/oder eine Durchflussmenge des Luft-Brennstoff-Gemisches. Dabei kann die Luftdurchflussmenge bzw. die Durchflussmenge des Luft-Brennstoff-Gemisches als ein Volumenfluss oder als ein Massenfluss bestimmt werden. In weiteren Ausführungsformen ist der Brennerleistungsparameter 77 eine Laufzeit einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft. In besonderen Varianten wird eine Laufzeit als Zeitdifferenz zwischen der Fluidzufuhränderung 60 und der mit der Fluidzufuhränderung 60 korrelierten zeitlichen Änderung der Verbrennungskenngröße 78 bestimmt. Die Laufzeit entspricht der Zeit, welche die Mischung aus Brennstoff und Verbrennungsluft benötigt, um von dem Brennstoffventil 44 zur Ionisationssonde 42 zu gelangen. Die Laufzeit ist ein Maß für die Durchflussmenge des Luft-Brennstoff-Gemisches. Diese Parameter können auch in Kombination eingesetzt werden. Dabei kann die Temperatur im Abgassystem 38 und/oder von der Flamme 40 bestimmt werden.

[0053] Im Ausführungsbeispiel hat die Fluidzufuhränderung 60 eine weitgehend rechteckige Form. In alternativen Ausführungsformen hat die Fluidzufuhränderung 60 weitgehend die Form einer Rampe und/oder weitgehend eine Dreiecksform und/oder weitgehend die Form

eines Sinus und/oder weitgehend eine Gaußform. Die aus der Fluidzufuhränderung 60 resultierende Änderung einer Konzentration des Brennstoffs im Brenner 28 hat im Allgemeinen eine andere Form als die Fluidzufuhränderung 60. Im Ausführungsbeispiel hängt die Fluidzufuhränderung 60 vom Brennerleistungsparameter 77 ab. Die Pulshöhe 74 und Pulsbreite 76 hängen jeweils linear von der Gebläsedrehzahl 79 ab. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das Heizsystem 46 durch die Fluidzufuhränderung 60 nicht zu stark in seinem Regelbetrieb gestört wird. In alternativen Ausführungen weist die Fluidzufuhränderung 60 einen funktionalen Zusammenhang zum Brennerleistungsparameter 77 auf. Der funktionale Zusammenhang ist so gewählt, dass eine gute Detektion des relativen Signalmaximums 80 unter der Berücksichtigung der technischen Eigenschaften des Heizsystems 46 möglich ist. Treten beispielsweise bei bestimmten Gebläsedrehzahlen 79 Resonanzen auf, welche das Signalrauschen des Ionisationsstroms 82 vergrößern, so wird bei diesen Gebläsedrehzahlen 79 die Fluidzufuhränderung 60 erhöht.

Patentansprüche

1. Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46), welches die folgenden Schritte umfasst:
 - Erzeugen einer vorübergehenden, zeitlichen Fluidzufuhränderung (60) einer Fluidzufuhrkenngröße (62),
 - Versuch, ein relatives Signalmaximum (80) einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung (60) korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße (78) zu ermitteln,
 - Feststellung eines Fehlzustandes (96), falls das relative Signalmaximum (80) eine Signaluntergrenze (98) unterschreitet, falls ein relatives Signalmaximum (80) ermittelt wurde,
 - Kalibrieren des Heizsystems (46), falls ein Fehlzustand (96) festgestellt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass die Fluidzufuhränderung (60) abhängig von einem Brennerleistungsparameter (77) gewählt wird.
2. Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Fehlzustand (96) festgestellt wird, falls kein relatives Signalmaximum (80) ermittelt wurde.
3. Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Signaluntergrenze (98)

abhängig von dem Brennerleistungsparameter (77) gewählt wird.

4. Verfahren (54) zur Kontrolle und eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem zusätzlichen Schritt eine vorübergehende zeitliche zusätzliche Fluidzufuhränderung (118) erzeugt wird, wobei diese zusätzliche Fluidzufuhränderung (118) der Fluidzufuhränderung (60) weitgehend entgegengesetzt ist. 5
5. Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fluidzufuhrkenngröße (62) einem Steuersignal zum Dosieren eines Brennstoffs und/oder einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft entspricht. 10 20
6. Verfahren (54) zur Kontrolle und eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Verbrennungskenngröße (78) durch eine Ionisationsstrommessung an einer Flamme (40) des Heizsystems (46) bestimmt wird. 25 30
7. Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennerleistungsparameter (77) eine Gebläsedrehzahl (79) ist oder von dieser abhängt und/oder ein Massenfluss einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft ist oder von diesem abhängt und/oder ein Volumenfluss einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft ist oder von diesem abhängt und/oder einer Laufzeit einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft ist oder von dieser abhängt. 35 40 45
8. Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**, dass die zeitliche Fluidzufuhränderung (60) eine zumindest weitgehend rechteckige Form aufweist. 50
9. Steuereinheit (18) für ein Heizsystem (46), wobei die Steuereinheit (18) dazu eingerichtet ist, dass ein Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausführbar 55

ist.

10. Heizsystem (46) mit einer Steuereinheit (18) nach Anspruch 9, mit mindestens einem Dosierer (34) für einen Brennstoff und/oder für Verbrennungsluft und/oder für eine Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft, sowie mit einer Ionisationssonde (42) an einer Flamme (40) und mit einem Gebläse (32) mit variierbarer Gebläsedrehzahl (79).

Fig. 4

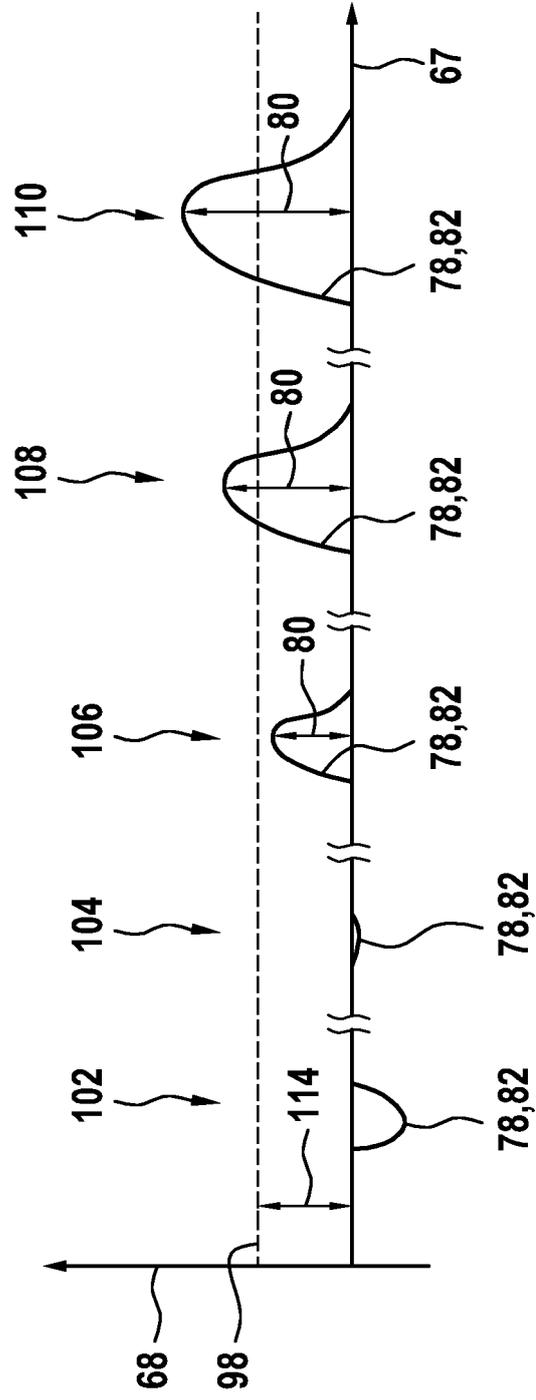


Fig. 5

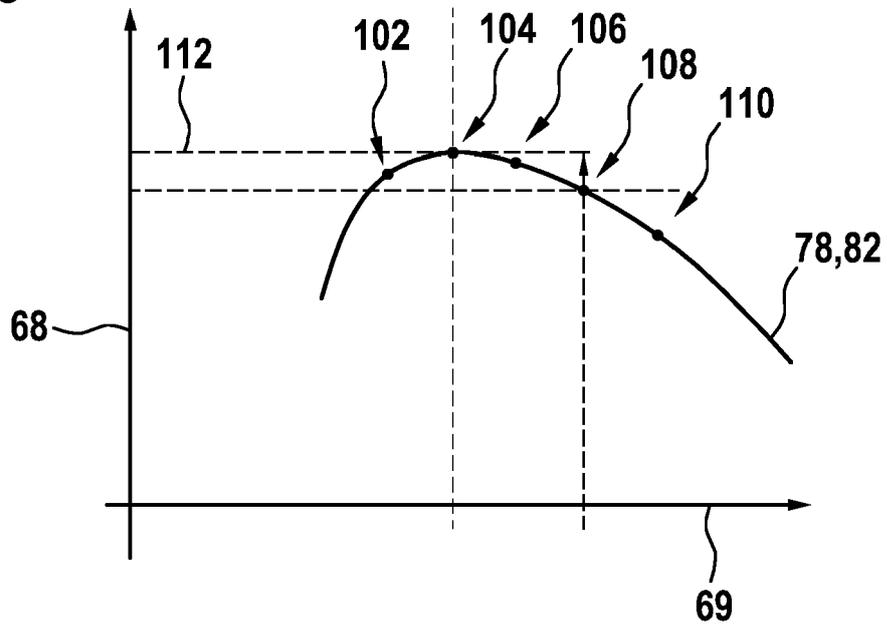
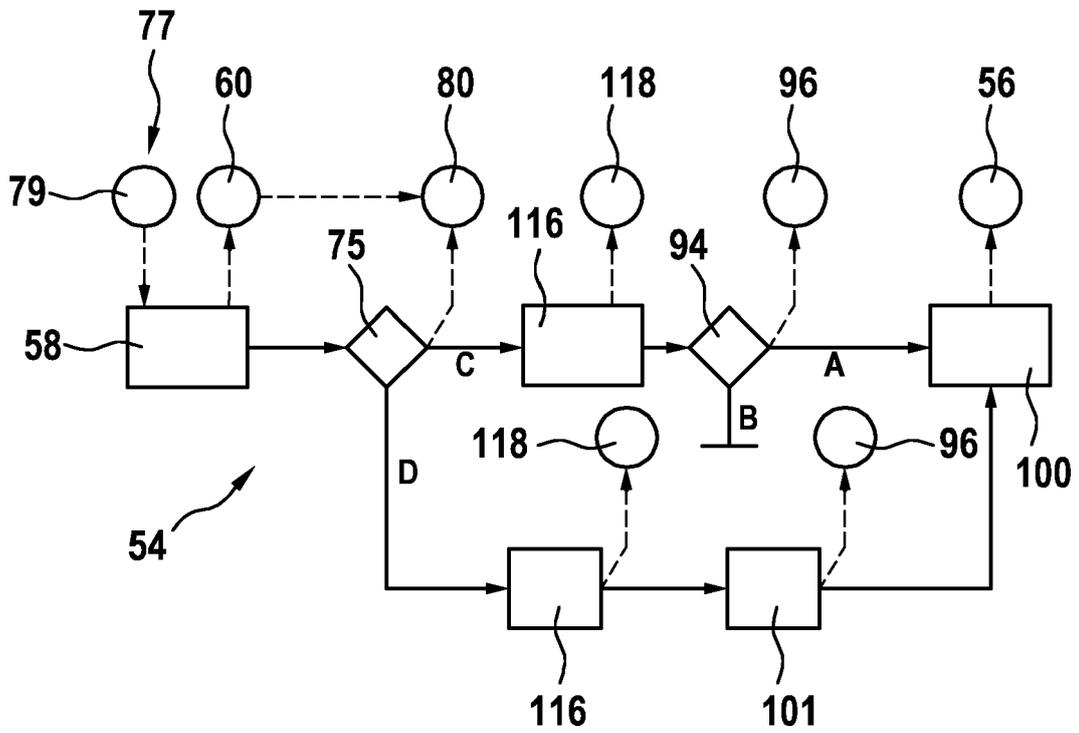


Fig. 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 17 18 5688

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2010 055567 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. Juni 2012 (2012-06-21) * Absätze [0011], [0016], [0018], [0021], [0023], [0028], [0029], [0036]; Abbildungen 1-4 *	1-3,5-10	INV. F23N1/00 F23N5/12
A	DE 10 2004 004065 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 12. August 2004 (2004-08-12) * Absätze [0017], [0018], [0021]; Abbildungen 1,2 *	1,2	
A	EP 1 923 635 A2 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. Mai 2008 (2008-05-21) * Spalte 2, Zeile 44 - Zeile 50 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. Januar 2018	Prüfer Harder, Sebastian
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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 17 18 5688

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

17-01-2018

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102010055567 A1	21-06-2012	CN 103443547 A DE 102010055567 A1 EP 2655971 A2 WO 2012084819 A2	11-12-2013 21-06-2012 30-10-2013 28-06-2012
20	DE 102004004065 A1	12-08-2004	DE 102004004065 A1 EP 1479984 A1	12-08-2004 24-11-2004
25	EP 1923635 A2	21-05-2008	DE 102006053992 A1 EP 1923635 A2	21-05-2008 21-05-2008
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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