



(10) **DE 10 2017 204 012 A1** 2018.03.08

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 204 012.2**

(22) Anmeldetag: **10.03.2017**

(43) Offenlegungstag: **08.03.2018**

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

(66) Innere Priorität:

10 2016 216 613.1 02.09.2016

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Snijder, Ab, Hattem, NL; Koudijs, Jan, Barneveld, NL; Westra, Jan, 8181 MG Heerde, NL

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	198 31 648	A1
DE	10 2010 055 567	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

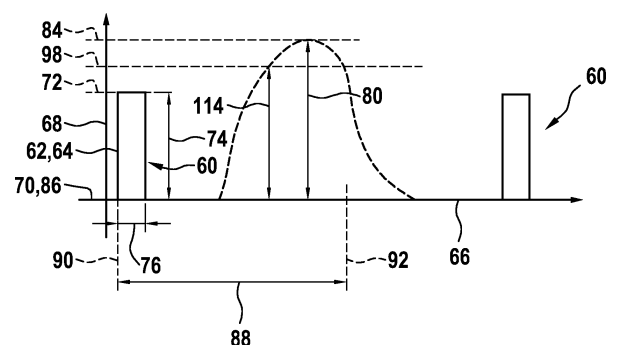
(54) Bezeichnung: **Verfahren zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem sowie eine Steuereinheit und ein Heizsystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46). Es wird vorgeschlagen, dass das Verfahren (54) 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 (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

und dass die Fluidzufuhränderung (60) abhängig von einem Brennerleistungsparameter (77) gewählt wird.

Die Erfindung betrifft auch eine Steuereinheit (18), die zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens (54) ausgebildet ist sowie ein Heizsystem (46) mit der erfindungsgemäßen Steuereinheit (18).



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 Kalibrierungsverfahren 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 Verbrennungskenngroße 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 Schadstoff-

ausstoß 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 Verbrennungskenngroße 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 Kenngroße 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 „Verbrennungskenngroße“ 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 Verbrennungskenngroße 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 Verbrennungskenngroße 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 Verbrennungskenngroße zumindest einem oder genau einem, die Verbrennung abbildenden und/oder charakterisierenden Messwert bzw. kann die Verbrennungskenngroße 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 Verbrennungskenngroße in einem mit der zeitlichen Änderung der Fluidzufuhrkenngroße korrelierten Zeitraum abzüglich der weitestgehend konstanten Amplitude der Verbrennungskenngroße vor diesem Zeitraum bzw. der Amplitude der Verbrennungskenngroße zu Beginn dieses Zeitraums zu verstehen. Das relative Signalmaximum ist insbesondere ein Maß für die Änderung der Verbrennungskenngroße aufgrund der Fluidzufuhränderung.

[0008] Unter „Fehlzustand“ ist ein Zustand des Heizsystems gemeint, in dem der Betrieb nicht im vorgesehen 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 Verbrennungskenngroße zu ermitteln, soll ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem ein relatives Signalmaximum einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngroße 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 Flammionisationskennlinie. 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 verbessert. 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 Fluidzufuhrkenngröße zeitlich so variiert wird, dass die durch die Fluidzufuhränderung verursachte Änderung einer mittleren Fluidzufuhr rate 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 Fluidzufuhr rate 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 Fluidzufuhrkenngröße zu verstehen, bei dem die Fluidzufuhrkenngröße zunächst einen Normalwert aufweist. Anschließend wird die Fluidzufuhrkenngröße schnell auf einen weitgehend konstanten Maximalzufuhrwert erhöht. Danach wird die Fluidzufuhrkenngröße schnell auf den Normalwert gesenkt. Dieser zeitliche Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße hat in guter Näherung die Form einer Rechteckfunktion. Ein solcher zeitlicher

Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße wird üblicherweise als Rechtecksignal bezeichnet.

[0017] Entspricht die Fluidzufuhrkenngröße 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 günstig 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 Fluidzufuhrkenngröße zu verstehen, bei dem die Fluidzufuhrkenngröße zunächst einen Normalwert aufweist. Anschließend wird die Fluidzufuhrkenngröße schnell auf einen weitgehend konstanten Maximalzufuhrwert erhöht. Danach wird die Fluidzufuhrkenngröße schnell auf den Normalwert gesenkt. Dieser zeitliche Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße hat in guter Näherung die Form einer Rechteckfunktion. Ein sol-

cher zeitlicher Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße 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 unvorhergesehene, 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 vor-

teilhaft 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

[0028] Fig. 1 eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Heizsystems mit der erfindungsgemäßen Steuereinheit,

[0029] Fig. 2 das erfindungsgemäße Verfahren zum Regeln und/oder Kalibrieren eines Heizsystems,

[0030] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer Fluidzufuhränderung und einer zeitlichen Änderung von einer Verbrennungskenngröße,

[0031] Fig. 4 schematische Darstellungen von zeitlichen Änderungen von einer Verbrennungskenngröße bei unterschiedlichen Messungen,

[0032] Fig. 5 eine schematische Darstellung einer Abhängigkeit des Ionisationsstroms vom Brennstoff-Luft-Verhältnis und

[0033] Fig. 6 eine Variante des Verfahrens zum Regeln und/oder Kalibrieren eines Heizsystems.

Beschreibung

[0034] In den verschiedenen Ausführungsvarianten erhalten gleiche Teile bzw. Schritte die gleichen Bezugszahlen.

[0035] In Fig. 1 ist ein Heizgerät 10 schematisch dargestellt, das im Ausführungsbeispiel auf einem Spei-

cher **12** angeordnet ist. Das Heizgerät **10** weist ein Gehäuse **14** auf, das je nach Ausstattungsgrad unterschiedliche Komponenten aufnimmt.

[0036] Als wesentliche Komponenten befinden sich eine Wärmezelle **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.

[0037] Die Wärmezelle **16** weist einen Brenner **28**, einen Wärmetauscher **30**, ein Gebläse **32**, ein Dosiergerät **34** sowie ein Zuluftsystem **36**, ein Abgassystem **38** und, wenn die Wärmezelle **16** in Betrieb ist, eine Flamme **40** auf. In die Flamme **40** ragt eine Ionisationssonde **42**. Der Dosiergerät **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.

[0038] Fig. 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 Heizgerät **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.

[0039] In Fig. 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 Fluidzufuhrkenngröße **62** erzeugt. Im Ausführungsbeispiel ist die Fluidzufuhrkenngröße **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.

[0040] Die Fluidzufuhränderung **60** ist in Fig. 3 abgebildet. Die erste Abszissenachse **66** stellt eine Zeit dar. Auf der Ordinatenachse **68** ist die Fluidzufuhrkenngröße **62** dargestellt. Die Fluidzufuhränderung **60** verläuft in einem weitgehend rechteckförmigen Puls. Zunächst hat die Fluidzufuhrkenngröße **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 Fig. 3 abgebildete Pulshöhe **74** beträgt 15 %. Eine in Fig. 3 abgebildete Pulsbreite **76** beträgt 120 ms.

[0041] 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.

[0042] In einem folgenden Schritt **75** (siehe Fig. 2) wird versucht, ein relatives Signalmaximum **80** einer mit der zeitlichen Fluidzufuhränderung **60** korrelierten zeitlichen Änderung von einer Verbrennungskenngröße **78** zu ermitteln. Die Verbrennungskenngröße **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 Fluid-

zufuhränderung **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 **Fig. 3**). Der Ionisationsstromnormalwert **86** wird im Ausführungsbeispiel bestimmt, in dem der 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 **Fig. 3**). Im Ausführungsbeispiel beträgt die Zeitschwelle **88** 2 Sekunden. In Varianten wird eine Zeitschwelle **88** zwischen 1 Sekunde und 5 Sekunden gewählt.

[0043] Konnte in Schritt **75** ein relatives Signalmaximum **80** ermittelt werden, wird das Verfahren mit Pfad C fortgesetzt (siehe **Fig. 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 **Fig. 2**). Ist das relative Signalmaximum **80** größer als die Signaluntergrenze **98**, wird die Fehlervariable auf den Wert 0 gesetzt und die Iteration des Verfahrens **54** beendet (Pfad B in **Fig. 2**).

[0044] 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** hinterlegten 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.

[0045] Wird in Schritt **75** kein relatives Signalmaximum **80** ermittelt, wird das Verfahren auf dem Pfad D fortgesetzt (siehe **Fig. 2**). In einem Schritt **101** wird

ein Fehlzustand **96** festgestellt. Die Fehlervariable wird auf den Wert 1 gesetzt. Das Verfahren **54** wird mit Schritt **100** fortgesetzt und das Heizsystem **46** kalibriert.

[0046] Das Verfahren **54** wird im Ausführungsbeispiel periodisch wiederholt. **Fig. 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 Verfahrens **54** wird abhängig vom Betriebszustand 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.

[0047] Die **Fig. 4** und **Fig. 5** illustrieren das Funktionsprinzip des Verfahrens **54**. In **Fig. 4** ist auf einer zweiten Abszissenachse **67** eine Zeit dargestellt. Auf der Ordinatenachse **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 **Fig. 5**). Das Brennstoff-Luft-Verhältnis **56** berechnet sich aus einer Luftmenge geteilt durch eine Brennstoffmenge.

[0048] **Fig. 5** illustriert den Zusammenhang zwischen dem Ionisationsstrom **82** und dem Brennstoff-Luft-Verhältnis **56** bei einer konstanten Gebläsedrehzahl **79**. Auf der Ordinatenachse **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 Verkleinerung 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 ei-

nem 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.

[0049] 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 **Fig. 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.

[0050] 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 Absenkung der Signaluntergrenze **98**, insbeson-

dere abhängig vom Brennerleistungsparameter **77**, berücksichtigt.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] 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**.

[0054] Im Ausführungsbeispiel wird die Signaluntergrenze **98** abhängig von der Gebläsedrehzahl **79** gewählt. Dazu wird von der Steuereinheit **18** eine relative Signaluntergrenze **114** bestimmt (siehe **Fig. 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 μA für die maximale Gebläsedrehzahl **79** und bei 10 μA für die minimale Gebläsedrehzahl **79**. Typischerweise wird im Regelbetrieb eine relative Signaluntergrenze **114** zwischen 3 μA und 7 μA 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 μA und 100 μA , insbesondere zwischen 30 μA und 60 μA an. In alternativen Ausführungsformen richtet sich die Wahl der Abhängigkeit der Signaluntergrenze **98** von der Gebläsedrehzahl **79** bzw. vom Brennerleistungsparameter **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**.

[0055] 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 **Fig. 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**.

[0056] 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 „Dosierungswert“ 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.

[0057] 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.

[0058] 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 ent-

spricht 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.

[0059] 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. 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.

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.

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.

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.

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 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).

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

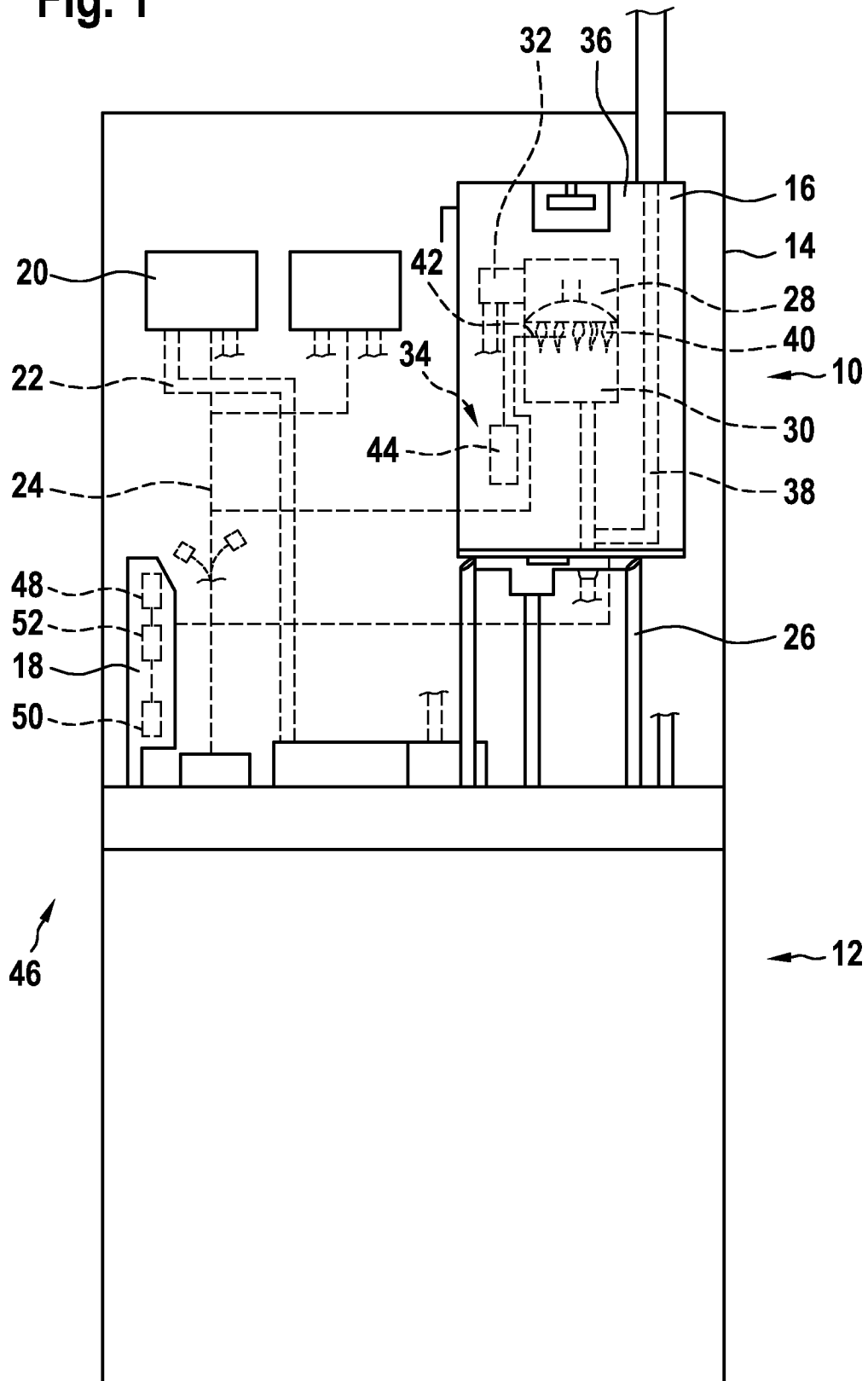


Fig. 2

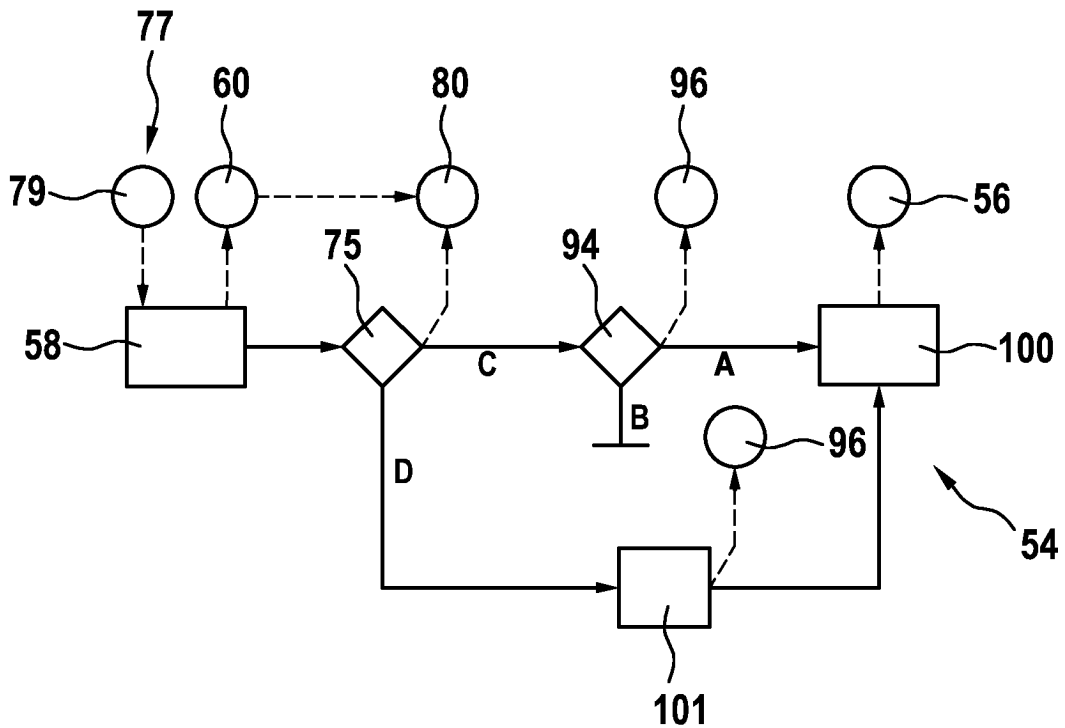


Fig. 3

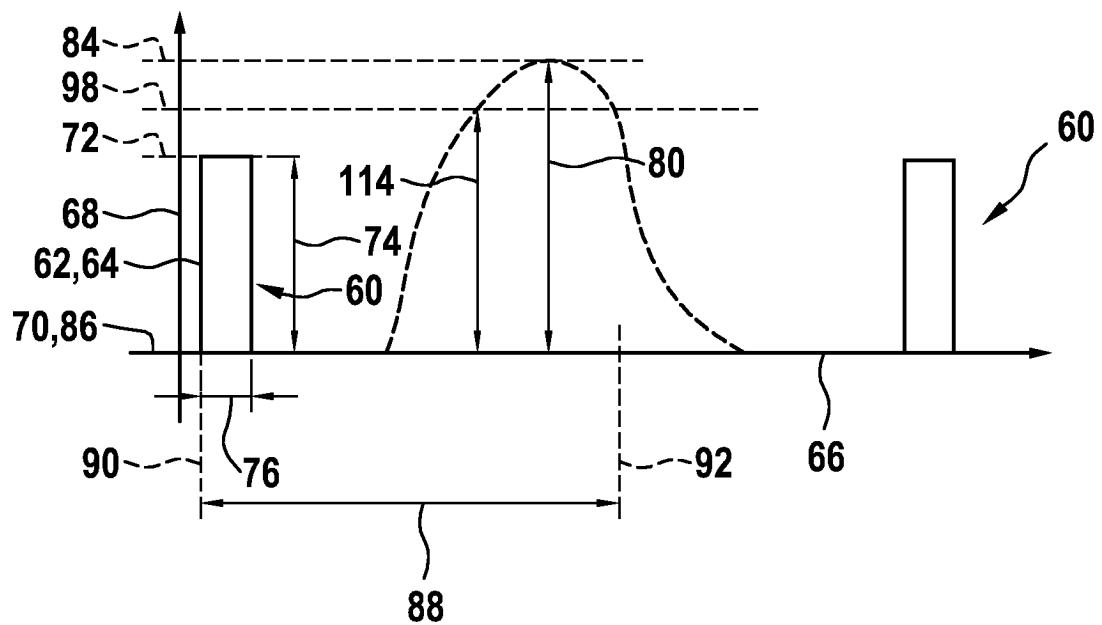


Fig. 4

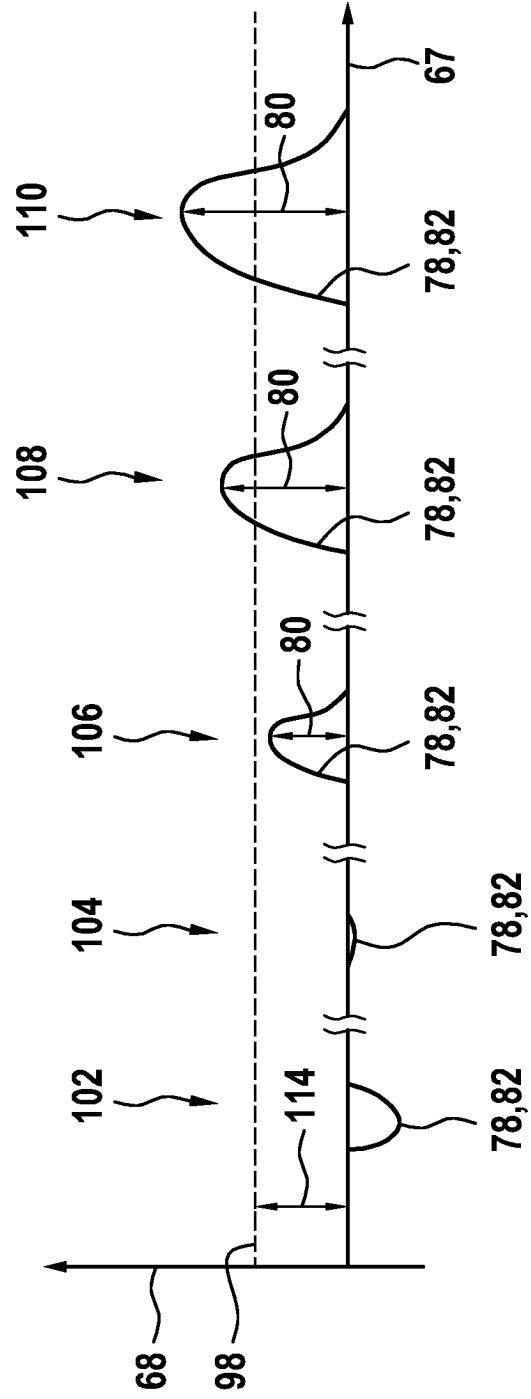


Fig. 5

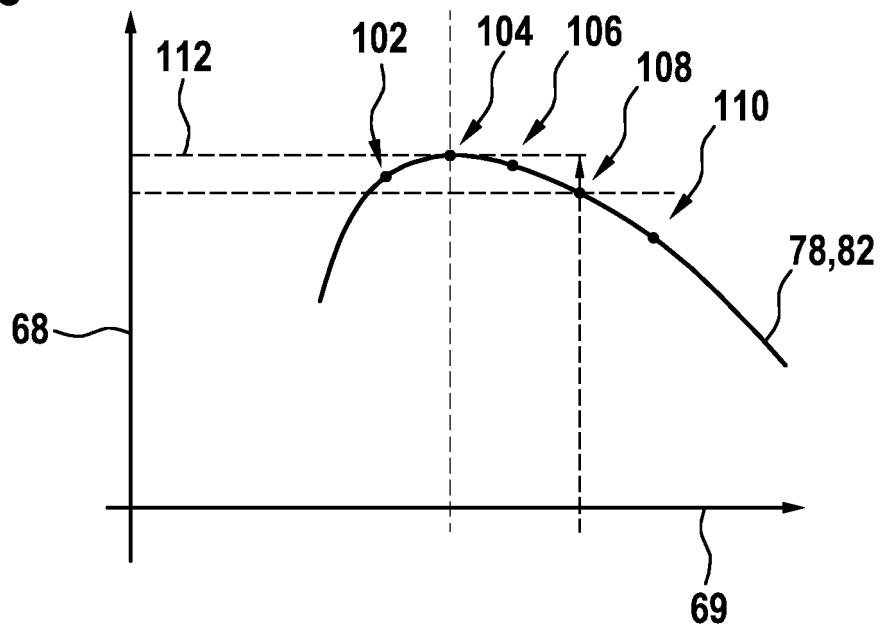


Fig. 6

