



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.03.2018 Patentblatt 2018/10**

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

(21) Anmeldenummer: **17187664.2**

(22) Anmeldetag: **24.08.2017**

(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:  
• **Koudijs, Jan**  
**3771 CC Barneveld (NL)**  
• **Leerkes, Danny**  
**7391 HN Twello (NL)**  
• **Westra, Jan**  
**8181 MG Heerde (NL)**  
• **Jaspers, Bram**  
**7683 WC Den Ham (NL)**  
• **Reijke, Sjoerd**  
**7425 SH Deventer (NL)**

(30) Priorität: **02.09.2016 DE 102016216630**  
**02.09.2016 DE 102016216613**  
**02.09.2016 DE 102016216625**  
**10.03.2017 DE 102017204009**

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem, welches die folgenden Schritte umfasst:

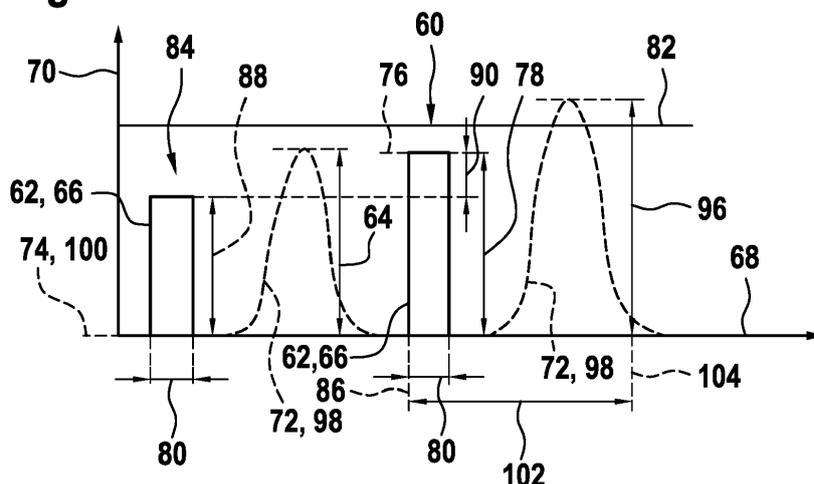
- Erzeugen einer vorübergehenden, zeitlichen neuen Fluidzufuhränderung (60) einer Fluidzufuhrkenngroße (62) in Abhängigkeit von einem letzten Signalmaximum (64),
- Ermitteln eines neuen Signalmaximum (96) einer mit der zeitlichen neuen Fluidzufuhränderung (60) korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbren-

nungskenngröße (98),

- Erhöhen einer Fehlervariable, falls das neue Signalmaximum (96) eine Signaluntergrenze (82) unterschreitet,
- Ausführen einer Fehlerreaktion, insbesondere Kalibrieren und/oder Herunterfahren des Heizsystems, in Abhängigkeit von der Fehlervariable.

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

**Fig. 3**



## 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]** Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte:

- Erzeugen einer vorübergehenden, zeitlichen neuen Fluidzufuhränderung einer Fluidzufuhrkenngroße in Abhängigkeit von einem letzten Signalmaximum,
- Ermitteln eines neuen Signalmaximum einer mit der zeitlichen neuen Fluidzufuhränderung korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße,
- Erhöhen einer Fehlervariable, falls das neue Signalmaximum eine Signaluntergrenze unterschreitet,
- Ausführen einer Fehlerreaktion, insbesondere Kalibrieren und/oder Herunterfahren des Heizsystems, in Abhängigkeit von der Fehlervariablen.

**[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 Fluidzufuhränderung ist mit einer kurzzeitigen Erhöhung einer pro Zeiteinheit zur Brenneinheit zugeführten Fluidmenge verbunden. 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 zeitlicher 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]** Das Verfahren ist dazu vorgesehen, wiederholt ausgeführt zu werden, insbesondere periodisch. Unter einer "neuen Fluidzufuhränderung" soll eine Fluidzufuhränderung verstanden werden, die in der aktuellen Iteration des Verfahrens erzeugt wird. Eine "letzte Fluidzufuhränderung" soll eine Fluidzufuhränderung aus wenigstens einer davor durchgeführten Iteration des Verfahrens bezeichnen, bevorzugt aus einer unmittelbar davor durchgeführten Iteration des Verfahrens.

**[0008]** 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.

**[0009]** Unter einem "Signalmaximum" ist die maximale Amplitude der Verbrennungskenngröße in einem mit der zeitlichen Änderung der Fluidzufuhrkenngröße korrelierten Zeitraum zu verstehen. Ein Signalmaximum kann die maximale Amplitude eines Pulses der Verbrennungskenngröße sein. Das Signalmaximum ist insbesondere ein Maß für die Änderung der Verbrennungskenngröße aufgrund der Fluidzuführänderung. Dabei kann unter einem Signalmaximum ein "absolutes Signalmaximum" verstanden werden, welches den Wert der Verbrennungskenngröße am Maximum annimmt. Unter einem Signalmaximum kann ein "relatives Signalmaximum" verstanden werden, welches eine Höhe des Maximums bezüglich eines Normalwerts der Verbrennungskenngröße beschreibt. Beispielsweise kann ein relatives Signalmaximum gleich dem absoluten Signalmaximum abzüglich eines weitestgehend konstanten Werts der Verbrennungskenngröße vor einem mit der zeitlichen Änderung der Fluidzufuhrkenngröße korrelierten Zeitraum bzw. der Wert der Verbrennungskenngröße zu Beginn dieses Zeitraums sein. Unter einem "neuen Signalmaximum" soll ein Signalmaximum verstanden werden, das in der aktuellen Iteration des Verfahrens ermittelt wird. Ein "letztes Signalmaximum" soll ein Signalmaximum aus wenigstens einer davor durchgeführten Iteration des Verfahrens bezeichnen, bevorzugt aus einer unmittelbar davor durchgeführten Iteration des Verfahrens.

**[0010]** Unter "Ermitteln" eines neuen Signalmaximums einer mit der zeitlichen neuen Fluidzuführänderung korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße, soll ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem ein Signalmaximum einer mit der zeitlichen Fluidzuführänderung korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße gemessen bzw. festgestellt wird. Dabei können auch Methoden der Datenverarbeitung bzw. Datenauswertung vorgesehen sein. Abhängig vom Ergebnis bzw. Wert des Signalmaximums können im weiteren Verlauf des Verfahrens optional unterschiedliche folgende Schritte ausgewählt werden, falls das notwendig und/oder erwünscht ist.

**[0011]** Unter einer "Fehlerreaktion" soll eine Maßnahme verstanden werden, mit welcher auf einen Fehlzustand des Heizsystems reagiert wird, so dass zumindest potentieller Schaden am Heizgeräts, seinen Benutzern und seiner Umgebung so weit wie möglich vermieden wird. Bevorzugt wird durch die Fehlerreaktion der Fehlzustand zumindest teilweise korrigiert und/oder behoben wird. Eine Fehlerreaktion kann beispielsweise ein Ausschalten des Heizgeräts sein oder die Durchführung eines Verfahrens, insbesondere einer Kalibrierung des Heizsystems. 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 bzw. unvorteilhafter 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.

**[0012]** Unter "Kalibrieren des Heizsystems" ist das einmalige oder wiederholte, insbesondere periodische Einstellen von Betriebsparametern des Heizsystems gemeint, so dass das Heizsystem die spezifizierten 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.

**[0013]** Das Verfahren 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 eine Fehlerreaktion ausgeführt, in welcher beispielsweise das Heizsystem kalibriert wird. Auf diese Weise wird der Schadstoffausstoß reduziert. Das 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 Fluidzuführänderungen vorgenommen werden im Vergleich zu möglichen gesamten

Fluidzufuhränderungen im Betrieb des Heizsystems. Dass die Fluidzufuhränderung abhängig von einem letzten Signalmaximum erzeugt wird, hat den Vorteil, dass die Fluidzufuhränderung weitgehend mit einer optimalen Größe bzw. Stärke gewählt wird. Auf diese Weise wird die Zuverlässigkeit des Verfahrens erhöht und mit der Fluidzufuhränderung verbundenen Emissionen minimiert.

**[0014]** Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Merkmale sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens nach dem Hauptanspruch möglich.

**[0015]** Wird bzw. werden die neue Fluidzufuhränderung und/oder die Signaluntergrenze abhängig von einem Brennerleistungsparameter gewählt, hat das 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 die Entscheidung, ob die Fehlervariable berücksichtigt wird und ob möglicherweise eine Fehlerreaktion ausgeführt wird besonders präzise und zuverlässig.

**[0016]** Unter "Brennerleistungsparameter" soll insbesondere eine Kenngröße verstanden werden, welche mit der Leistung, insbesondere einer 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.

**[0017]** In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird die neue Fluidzufuhränderung im Vergleich zu einer letzten Fluidzufuhränderung erhöht, falls das letzte Signalmaximum die Signaluntergrenze unterschreitet und/oder die neue Fluidzufuhränderung im Vergleich zu der letzten Fluidzufuhränderung gesenkt, falls das letzte Signalmaximum die Signaluntergrenze nicht unterschreitet. Auf diese Weise kann die Größe der neuen Fluidzufuhränderung bzw. die Größe der mit ihr verbundenen Änderung der pro Zeiteinheit zur Brenneinheit transportierten Fluidmenge optimiert werden. Das neue Signalmaximum benötigt eine neue Fluidzufuhränderung von einer bestimmten Mindestgröße, um einen korrekten, zur Kontrolle des Brennstoff-Luft-Verhältnis benötigten Wert anzunehmen. Diese Mindestgröße hängt von Betriebsparametern und weiteren inneren und äußeren Bedingungen ab. Übersteigt die Fluidzufuhränderung die Mindestgröße deutlich, wird unnötigerweise eine größere Fluidmenge, beispielsweise Brennstoff, transportiert. Überschreitet das letzte Signalmaximum die Signaluntergrenze, ist die letzte Fluidzufuhränderung wahrscheinlich zu groß. Überschreitet das letzte Signalmaximum die Signaluntergrenze nicht, ist die letzte Flu-

idzufuhränderung wahrscheinlich zu klein oder es kann ein Fehlzustand vorliegen. Ist beispielsweise das Brennstoff-Luft-Verhältnis zu niedrig, wird sich das neue Signalmaximum auch durch eine sukzessive Erhöhung der neuen Fluidzufuhränderung nicht der Signaluntergrenze annähern. Es ist im Verfahren vorgesehen, dass zu viele hintereinander folgende Unterschreitungen der Signaluntergrenze durch das neue Signalmaximum, beispielsweise charakterisiert durch einen genügend hohen Wert der Fehlervariable oder einem genügend schnellem Wachstum der Fehlervariable, zum Ausführen einer Fehlerreaktion führen. Auf diese Weise ist eine maximale Größe der neuen Fluidzufuhränderung beschränkt.

**[0018]** In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist eine Zufuhrerhöhung der neuen Fluidzufuhränderung bei einer Unterschreitung der Signaluntergrenze durch das letzte Signalmaximum vom Betrag weitgehend doppelt so groß wie eine Zufuhrsenkung der neuen Fluidzufuhränderung bei einer Nichtunterschreitung der Signaluntergrenze durch das letzte Signalmaximum. Dabei ist unter einer "Zufuhrerhöhung" bzw. "Zufuhrsenkung" ein Maß für die Erhöhung bzw. Senkung der neuen Fluidzufuhränderung im Vergleich zur letzten Fluidzufuhränderung zu verstehen. Beispielsweise kann die Zufuhränderung ein Höhenunterschied sein, um den ein die Fluidzufuhränderung darstellender Puls im zeitlichen Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße verändert wird. In dieser Ausführungsform wird die Größe der neuen Fluidzufuhränderung besonders günstig optimiert.

**[0019]** 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.

**[0020]** 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.

**[0021]** Das Verfahren wird weiter verbessert, wenn der Brennerleistungsparameter eine Gebläsedrehzahl ist oder von dieser abhängt. Die Gebläsedrehzahl lässt sich einfach und zuverlässig bestimmen und liefert eine gute Abschätzung der Brennerleistung.

**[0022]** Weist die neue 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 solcher zeitlicher Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße wird üblicherweise als Rechtecksignal bezeichnet.

**[0023]** 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.

**[0024]** 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.

**[0025]** 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.

**[0026]** 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, insbe-

sondere 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.

**[0027]** Weist das Heizsystem eine Ionisationssonde an der Flamme des Heizgeräts auf, ist damit ein besonders günstiger und zuverlässiger Sensor zur Messung einer Verbrennungskenngröße realisiert. Ionisationsdetektoren werden üblicherweise in Heizgeräten zur Flammendetektion eingesetzt.

**[0028]** 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

**[0029]** In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele des Verfahrens zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem gemäß der vorliegenden Erfindung, der Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung und des Heizsystems gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine schematische Darstellung des Heizsystems gemäß der vorliegenden Erfindung mit der Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung, Figur 2 das Verfahren zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses in einem Heizsystem gemäß der vorliegenden Erfindung, Figur 3 eine schematische Darstellung einer Fluidzufuhränderung und einer zeitlichen Änderung von einer Verbrennungskenngröße, Figur 4 eine schematische Darstellung einer Abhängigkeit des Ionisationsstroms vom Brennstoff-Luft-Verhältnis und Figur 5 eine schematische Darstellung von Fluidzufuhränderungen und entsprechenden zeitlichen Änderungen der Verbrennungskenngröße für mehrere nacheinander folgende Iterationen des erfindungsgemäßen Verfahrens.

## Beschreibung

**[0030]** In den verschiedenen Ausführungsvarianten erhalten gleiche Teile bzw. Schritte die gleichen Bezugszahlen.

**[0031]** 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.

**[0032]** 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.

**[0033]** Die Wärmezelle 16 weist einen Brenner 28, einen Wärmetauscher 30, ein Gebläse 32, ein Dosierer 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 Dosierer 34 ist als Brennstoffventil 44 ausgebildet. Eine Gebläsedrehzahl 112 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.

**[0034]** 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 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.

**[0035]** In Figur 2 ist das erfindungsgemäße Verfahren 54 zur Kontrolle und Regelung eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56 in einem Heizsystem 46 abgebildet. Das Verfahren 54 wird im Ausführungsbeispiel periodisch wiederholt. Figur 2 zeigt eine Iteration des Verfahrens 54 und einen ersten Schritt der darauf folgenden Iteration (gestricheltes Rechteck). Im Ausführungsbeispiel wird in einem Schritt 58 eine zeitliche neue Fluidzufuhränderung 60 einer Fluidzufuhrkenngröße 62 erzeugt. Die neue Fluidzufuhränderung 60 wird in Abhängigkeit von einem letzten Signalmaximum 64 gewählt. Im Ausführungsbeispiel

ist die Fluidzufuhrkenngröße 62 eine vorgesehene Öffnungsweite 66 des Dosierers 34. Die Öffnungsweite 66 ist eine Prozentangabe, wobei eine Öffnungsweite 66 von 0 % einem vollständig geschlossenen Brennstoffventil 44 entspricht und eine Öffnungsweite 66 von 100 % ein vollständig geöffnetes Brennstoffventil 44 beschreibt. In der Steuereinheit 18 ist ein Zusammenhang zwischen der Öffnungsweite 66 und einem dafür nötigen Steuersignal hinterlegt. Die vorgesehene Öffnungsweite 66 wird durch eine Auswahl des Steuersignals und Übertragung dieses Steuersignals an das Brennstoffventil 44 durch die Steuereinheit umgesetzt. Die Öffnungsweite 66 beschreibt eine Anforderung, welche an das Brennstoffventil 44 übermittelt wird.

**[0036]** Die neue Fluidzufuhränderung 60 ist in Figur 3 abgebildet. Die erste Abszissenachse 68 stellt eine Zeit dar. Auf der Ordinatenachse 70 sind die Fluidzufuhrkenngröße 62 und ein Ionisationsstrom 72 dargestellt. Die neue Fluidzufuhränderung 60 verläuft in einem weitgehend rechteckförmigen Puls. Zunächst hat die Fluidzufuhrkenngröße 62 einen Normalwert 74. Anschließend wird die Öffnungsweite 66 zu einem ersten Zeitpunkt 86 so schnell wie möglich auf einen Maximalzufuhrwert 76 erhöht. Danach wird die Öffnungsweite 66 so schnell wie möglich auf den Normalwert 74 gesenkt. Eine in Figur 3 abgebildete neue Pulshöhe 78 beträgt 16 %. Eine in Figur 3 abgebildete Pulsbreite 80 beträgt 120 ms.

**[0037]** Im Ausführungsbeispiel ist die Fluidzufuhränderung 60 vom letzten Signalmaximum 64 abhängig. Das letzte Signalmaximum 64 wird jeweils in der davorliegenden Iteration des Verfahrens 54 ermittelt. Das letzte Signalmaximum 64 beschreibt ein Maximum des Ionisationsstroms 72 in der davorliegenden Iteration des Verfahrens 54 abzüglich des Ionisationsstromnormalwerts 100 (siehe Figur 3 und Beschreibung unten). Im Ausführungsbeispiel ist das letzte Signalmaximum 64 ein relativer Wert des Ionisationsstroms 72. Die Steuereinheit 18 vergleicht das letzte Signalmaximum 64 mit einer Signaluntergrenze 82. Die Signaluntergrenze 82 ist im Ausführungsbeispiel eine in der Steuereinheit 18 hinterlegte positive Konstante. Im Ausführungsbeispiel hat die Signaluntergrenze 82 den Wert  $7 \mu\text{A}$ . In Varianten des Ausführungsbeispiels hat die Signaluntergrenze 82 einen Wert zwischen  $1 \mu\text{A}$  und  $20 \mu\text{A}$ , bevorzugt  $5 \mu\text{A}$  und  $10 \mu\text{A}$ . Ist das letzte Signalmaximum 64 kleiner als die Signaluntergrenze 82, so wird die neue Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zu einer letzten Fluidzufuhränderung 84 erhöht. Die letzte Fluidzufuhränderung 84 ist eine Fluidzufuhränderung aus der davorliegenden Iteration des Verfahrens 54 (siehe Figur 3). Im Ausführungsbeispiel verläuft die letzte Fluidzufuhränderung 84 in einem weitgehend rechteckförmigen Puls mit der Pulsbreite 80 und einer letzten Pulshöhe 88. In der in Figur 3 abgebildeten Iteration ist das letzte Signalmaximum 64 kleiner als die Signaluntergrenze 82. Die neue Fluidzufuhränderung 60 wird im Vergleich zur letzten Fluidzufuhränderung 84 um eine Zufuhrerhöhung 90 erhöht. Die Zufuhrerhöhung 90 ist im Ausführungsbeispiel eine in der

Steuereinheit 18 hinterlegte Konstante und hat den Wert einer Fluidzufuhrkenngroße 62 bzw. einer Öffnungsweite 66. Im Ausführungsbeispiel hat die Zufuhrerhöhung 90 einen Wert von 4 %. Die letzte Pulshöhe 88 hat einen Wert von 12 %. Die neue Pulshöhe 78 für die neue Fluidzufuhränderung 60 wird aus der Summe der letzten Pulshöhe 88 und der Zufuhrerhöhung 90 ermittelt.

**[0038]** Ist das letzte Signalmaximum 64 nicht kleiner als die Signaluntergrenze 82, so wird die neue Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zu der letzten Fluidzufuhränderung 84 gesenkt. In der Steuereinheit 18 ist eine Zufuhrenkung 92 gespeichert (siehe Figur 2). Im Ausführungsbeispiel ist die Zufuhrenkung 92 eine Konstante mit dem Wert 2 %. Ist das letzte Signalmaximum nicht kleiner als die Signaluntergrenze 82, wird die neue Pulshöhe 78 durch Subtraktion der Zufuhrenkung 92 von der letzten Pulshöhe 88 ermittelt.

**[0039]** In einem folgenden Schritt 94 wird ein neues Signalmaximum 96 ermittelt (siehe Figur 2). Das neue Signalmaximum 96 ist ein Signalmaximum einer mit der neuen Fluidzufuhränderung 60 korrelierten zeitlichen Änderung einer Verbrennungskenngroße 98. Die Verbrennungskenngroße 98 ist im Ausführungsbeispiel der Ionisationsstrom 72. Der Ionisationsstrom 82 wird von der Ionisationssonde 42 an der Flamme 40 ermittelt und an die Steuereinheit 18 übermittelt. Nach der neuen Fluidzufuhränderung 60 weist der zeitliche Verlauf des Ionisationsstroms 72 das neue Signalmaximum 96 auf (siehe Figur 3 und Erläuterung unten). Im Ausführungsbeispiel ist das neue Signalmaximum 96 ein Wert des Ionisationsstroms 72 relativ zum Ionisationsstromnormalwert 100. Der Ionisationsstromnormalwert 100 beschreibt einen durchschnittlichen, weitgehend konstanten Wert des Ionisationsstroms 72, welcher nicht durch eine Fluidzufuhränderung unmittelbar beeinflusst wurde. Im Ausführungsbeispiel bzw. seinen Varianten wird der Ionisationsstromnormalwert 100 bestimmt, in dem der über die Pulsbreite 80 gemessene mittlere Ionisationsstrom 72 ermittelt wird. In weiteren Varianten wird der Ionisationsstromnormalwert 100 als der Wert des Ionisationsstroms 72 zum ersten Zeitpunkt 86 bestimmt. Typische Werte des Ionisationsstromnormalwertes 100 im Betrieb des Heizsystems 46 liegen zwischen zehn  $\mu\text{A}$  und 100  $\mu\text{A}$ , insbesondere zwischen 30  $\mu\text{A}$  und 60  $\mu\text{A}$ .

**[0040]** Im Ausführungsbeispiel wird das neue Signalmaximum 96 bestimmt, in dem der Ionisationsstrom 72 über eine Ermittlungszeit gemessen und in der Steuereinheit 18 gespeichert wird. Der innerhalb der Ermittlungszeit auftretende größte Wert des Ionisationsstroms 72 wird abzüglich des Ionisationsstromnormalwerts 100 als neues Signalmaximum 96 gewählt. Die Ermittlungszeit hat die Länge einer in der Steuereinheit 18 hinterlegten Zeitschwelle 102. Die Ermittlungszeit beginnt am ersten Zeitpunkt 86 zu laufen und endet an einem zweiten Zeitpunkt 104 (siehe Figur 3). Im Ausführungsbeispiel beträgt die Zeitschwelle 102 2 Sekunden. In Varianten wird eine Zeitschwelle 102 zwischen 1 Sekunde und 7 Sekunden gewählt.

**[0041]** In einem weiteren Schritt 106 (siehe Figur 2) wird eine Fehlervariable 108 erhöht, falls das neue Signalmaximum 96 die Signaluntergrenze 82 unterschreitet. Die Fehlervariable 108 ist ein in der Steuereinheit 18 gespeicherter Wert. Im Ausführungsbeispiel hat die Fehlervariable 108 einen ganzzahligen Wert. Die Fehlervariable 108 wird im Ausführungsbeispiel von Iteration zu Iteration des Verfahrens 54 weitergeführt wird. Hat die Fehlervariable 108 am Ende des letzten Schrittes einer Iteration einen bestimmten Wert, so hat die Fehlervariable 108 am Anfang des ersten Schrittes der nächsten Iteration den gleichen Wert. Die Steuereinheit 18 vergleicht das neue Signalmaximum 96 mit der Signaluntergrenze 82. Ist das neue Signalmaximum 96 kleiner als die Signaluntergrenze 82, wird die Fehlervariable 108 um 1 erhöht. Ist das neue Signalmaximum 96 größer als die Signaluntergrenze 82, wird die Fehlervariable 108 auf den Wert 0 gesetzt.

**[0042]** In einem optionalen nächsten Schritt wird eine Fehlerreaktion 110 ausgeführt. Das Ausführen der Fehlerreaktion 110 und die Art der Fehlerreaktion 110 sind abhängig von der Fehlervariable 108. Hat die Fehlervariable 108 im Ausführungsbeispiel einen Wert kleiner als 4, wird keine Fehlerreaktion 110 ausgeführt. Die vorliegende Iteration des Verfahrens 54 wird beendet und die nächste Iteration ausgeführt. Hat die Fehlervariable 108 den Wert 4, wird als Fehlerreaktion 110 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 in der Steuereinheit 18 hinterlegten Kennlinien, welche einen Sollwert zur Regelung der Öffnungsweite 66 mit dem Ionisationsstrom 72 als Regelgröße bestimmen, neu eingestellt und abgestimmt werden. Auf diese Weise wird die Ermittlung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56 verbessert. Falls nötig, wird beim Kalibrieren des Heizsystems 46 als Fehlerreaktion 110 das Heizsystem 46 bzw. die durch das Heizsystem 46 durchgeführten Prozesse und/oder Verfahren zumindest teilweise neu initialisiert oder neu gestartet.

**[0043]** Hat die Fehlervariable 108 den Wert 5, wird als Fehlerreaktion 110 das Heizsystem 46 heruntergefahren. Varianten des Ausführungsbeispiels können die kritischen Wert der Fehlervariable 108 für das Ausführen einer Kalibrierung und/oder des Herunterfahrens des Heizsystems 46 beliebige andere Werte haben. Bevorzugt wird bei einer ausreichend kleinen Fehlervariable 108 keine Fehlerreaktion 110 ausgeführt. Das ermöglicht ein Pendeln bzw. Oszillieren der neuen Pulshöhe 78 bzw. der Größe der neuen Fluidzufuhränderung 60 um einen optimalen Wert. Zusätzlich können auf diese Weise zufällige Schwankungen des Ionisationsstroms 72 und/oder Veränderungen des Ionisationsstroms 72 aufgrund von Schwankungen von inneren und äußeren Bedingungen, welche im Rahmen eines normalen, vorgesehenen Betriebes üblicherweise auftreten und insbesondere keine Korrektur durch eine Fehlerreaktion 110 benötigen, berücksichtigt werden. Bevorzugt wird zu-

nächst eine Kalibrierung des Heizsystems 46 durchgeführt, bevor das Heizsystem 46 heruntergefahren wird.

**[0044]** In der darauf folgenden Iteration wird das neue Signalmaximum 96 aus der vorliegenden Iteration zum letzten Signalmaximum 64. Die neue Fluidzufuhränderung 60 aus der vorliegenden Iteration wird zur letzten Fluidzufuhränderung 84 in der darauf folgenden Iteration. Dazu werden im Ausführungsbeispiel die in der Steuereinheit 18 gespeicherten Werte des neuen Signalmaximum 96 und der neuen Fluidzufuhränderung 60 bzw. der neuen Pulshöhe 78 vor der Ausführung eines Schrittes 58 der darauf folgenden Iteration (in Figur 2 als gestricheltes Rechteck abgebildet) als letztes Signalmaximum 64 und als letzte Fluidzufuhränderung 84 bzw. als letzte Pulshöhe 88 durch die Steuereinheit 18 abgespeichert.

**[0045]** Figur 4 illustriert das Funktionsprinzip des Verfahrens 54. Figur 4 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Ionisationsstrom 72 und dem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 bei einer konstanten Gebläsedrehzahl 112 (siehe Figur 2). Die Gebläsedrehzahl 112 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 Gebietes 32. Die Gebläsedrehzahl 112 ist ein Maß für eine Leistung des Heizsystems 46. Auf der Ordinatenachse 70 ist der Ionisationsstrom 72 aufgetragen. Auf einer zweiten Abszissenachse 114 ist das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 dargestellt. Der Verlauf des Ionisationsstroms 72 weist ein Ionisationsstrommaximum 116 bei einem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 von 1 auf. Bei einer Vergrößerung oder Verkleinerung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56 ausgehend vom Ionisationsstrommaximum 116 nimmt der Ionisationsstrom 72 ab, wobei sich der Betrag der Steigung stetig vergrößert. Bevorzugt wird das Heizsystem 46 mit einem Luftüberschuss betrieben, also mit einem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 größer als 1, bevorzugt mit einem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 zwischen 1.2 und 1.4, besonders bevorzugt mit einem Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 von 1.3. Das Verfahren 54 stellt sicher, dass das Heizsystem 46 mit einem ausreichend hohem Luftüberschuss betrieben wird.

**[0046]** Aufgrund der neuen Fluidzufuhränderung 60 wird kurzzeitig das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 gesenkt. Hat das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 einen Wert kleiner-gleich 1, so bewirkt die Fluidzufuhränderung 60 ein Absinken des Ionisationsstroms 72 (siehe Figur 4). Damit ist das neue Signalmaximum 96 weitgehend 0, insbesondere unabhängig von der Größe der neuen Fluidzufuhränderung 60. Die Signaluntergrenze 82 wird unterschritten und die Fehlervariable 108 erhöht. Falls erforderlich, wird eine Fehlerreaktion 110 ausgeführt.

**[0047]** Liegt ein Luftüberschuss vor, welcher nicht ausreichend groß ist, ist das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 größer als 1 aber nahe an 1. Die Fluidzufuhränderung 60 bewirkt ein Ansteigen des Ionisationsstroms 72. Das neue Signalmaximum 96 liegt dann unter der Signalun-

tergrenze 82, da der Betrag der Steigung des Graphen des Ionisationsstroms 72 im Bereich des Ionisationsstrommaximums 116 gering ist bzw. der Ionisationsstrom 72 einen flachen Verlauf hat (siehe Figur 4). Aus diesem Grund bewirkt auch eine Vergrößerung der neuen Fluidzufuhränderung 60 bzw. der neuen Pulshöhe 78 keine ausreichende Vergrößerung des neuen Signalmaximum 96. Die Fehlervariable 108 wird erhöht und schließlich eine Fehlerreaktion 110 ausgeführt.

**[0048]** Ist der Luftüberschuss ausreichend groß, also das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 ausreichend größer als 1, bewirkt die neue Fluidzufuhränderung 60 ein stärkeres Ansteigen des Ionisationsstroms 72, da dort der Betrag der Steigung des Graphen des Ionisationsstroms 72 ausreichend groß ist. Das neue Signalmaximum 96 ist dann größer als die Signaluntergrenze 82, falls die neue Fluidzufuhränderung 60 groß genug ist. Ist die neue Fluidzufuhränderung 60 zu klein, kann das neue Signalmaximum 96 die Signaluntergrenze 82 unterschreiten. In diesem Fall bewirkt die neue Fluidzufuhränderung 60 trotz des starken Anstiegs des Ionisationsstroms 72 nur eine kleine Veränderung des Brennstoff-Luft-Verhältnisses 56, sodass sich auch der Ionisationsstrom 72 nur gering ändert. Die Fehlervariable 108 wird erhöht, was in der nächsten Iteration des Verfahrens 54 zu einer Vergrößerung der neuen Pulshöhe 78 führt. Auf diese Weise wird in der nächsten Iteration oder in einer der danach folgenden Iterationen eine ausreichende Größe der neuen Fluidzufuhränderung 60 erreicht, sodass das neue Signalmaximum 96 die Signaluntergrenze 82 nicht unterschreitet. Im Ausführungsbeispiel wird die Fehlervariable 108 auf 0 zurückgesetzt, da ein ausreichend hohes Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 ermittelt wurde.

**[0049]** Figur 5 zeigt schematisch zwölf aufeinanderfolgende Iterationen des Verfahrens 54. Die erste Abszissenachse 68 stellt eine Zeit dar. Auf der Ordinatenachse 70 sind die Fluidzufuhrkenngröße 62 und der Ionisationsstrom 72 dargestellt. Die jeweils neuen Fluidzufuhränderungen 60 und damit verbundenen Änderungen des Ionisationsstroms 72 sind schematisch als vertikale Linien dargestellt und zeigen jeweils die neue Pulshöhe 78 und jeweils das neue Signalmaximum 96 im Vergleich zur Signaluntergrenze 82. Bei der ersten Iteration 118 ist das neue Signalmaximum 96 deutlich größer als die Signaluntergrenze 82. Damit ist in dieser Iteration nachgewiesen, dass ein ausreichend hohes Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 vorliegt. Die neue Fluidzufuhränderung 60 der ersten Iteration 118 ist jedoch höher als nötig. Durch das Verfahren 54 wird die Größe der neuen Fluidzufuhränderung 60 bzw. der neuen Pulshöhe 78 optimiert. Da das neue Signalmaximum 96 jeweils die Signaluntergrenze 82 überschreitet, wird in den darauf folgenden Iterationen die neue Pulshöhe 78 jeweils um die Zufuhrenkung 92 gesenkt, sodass auch das neue Signalmaximum 96 sinkt. In einer fünften Iteration 120 unterschreitet erstmals das neue Signalmaximum 96 die Signaluntergrenze 82. In der folgenden sechsten Iteration 122 wird die neue Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zur

letzten Fluidzufuhränderung 84 um die Zufuhrerhöhung 90 erhöht. Das neue Signalmaximum 96 übersteigt die Signaluntergrenze 82. Im Ausführungsbeispiel ist der Betrag der Zufuhrerhöhung 90 doppelt so groß wie der Betrag der Zufuhrsenkung 92. Aus diesem Grund muss die neue Fluidzufuhränderung 60 in den zwei darauf folgenden Iterationen gesenkt werden, bis das neue Signalmaximum 96 in der achten Iteration 124 die Signaluntergrenze 82 unterschreitet.

**[0050]** Diese Sequenz aus drei Iterationen, von der sechsten Iteration 122 bis zur achten Iteration 124, welche zwei Überschreitungen und eine Unterschreitung der Signaluntergrenze 82 durch das neue Signalmaximum 96 aufweist, wiederholt sich nun periodisch, solange sich keine äußeren und/oder inneren Bedingungen ändern. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass ein ausreichend hohes Brennstoff-Luft-Verhältnisse 56 festgestellt wird, falls ein solches vorliegt, und dass die dafür notwendige neue Fluidzufuhränderung 60 nicht zu groß ist.

**[0051]** In Varianten des Ausführungsbeispiels wird in Schritt 58 der Wert der Fehlervariable 108 überprüft. Hat die Fehlervariable 108 den Wert 0, wird die neue Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zur letzten Fluidzufuhränderung 84 gesenkt. Hat die Fehlervariable 108 einen Wert größer als 0, wird die neue Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zur letzten Fluidzufuhränderung 84 erhöht. Auf diese Weise wird die Abhängigkeit der neuen Fluidzufuhränderung 60 vom letzten Signalmaximum 64 auf eine Überprüfung des neuen Signalmaximums 96 aus der vorhergehenden Iteration des Verfahrens 54 im vorhergehenden Schritt 106 zurückgeführt. Das ist besonders vorteilhaft, wenn die Iterationen des Verfahrens 54 ausreichend schnell hintereinander ablaufen, insbesondere wenn ein erneuter Vergleich des letzten Signalmaximum 64 mit der Signaluntergrenze 82 in Schritt 58 zum weitgehend gleichen Ergebnis führen würde wie ein Vergleich des neuen Signalmaximum 96 mit der Signaluntergrenze 82 im vorhergehenden Schritt 106.

**[0052]** In alternativen Ausführungsformen wird die Fehlervariable 108 im Schritt 106 erhöht, falls das neue Signalmaximum 96 die Signaluntergrenze 82 unterschreitet, und sonst konstant gelassen. Im Schritt 110 und, falls notwendig, in Schritt 58 wird jeweils überprüft, ob und/oder wie stark sich die Fehlervariable 108 im Vergleich zur letzten Iterationen verändert hat. In weiteren Ausführungsformen wird im Schritt 106 die Fehlervariable 108 um einen beliebigen anderen Wert als 1 erhöht. In solchen Ausführungsformen sind die entsprechenden Grenzwerte für die Fehlervariable 108 zum Bestimmen einer jeweiligen Fehlerreaktion 110 entsprechend angepasst. Es ist denkbar, dass eine Höhe der Erhöhung der Fehlervariablen 108 von einem Maß für eine Abweichung des neuen Signalmaximum 96 von der Signaluntergrenze 82 abhängt.

**[0053]** In weiteren Ausführungsformen hängen die neue Fluidzufuhränderung 60 und/oder die Signaluntergrenze 82 von einem Brennerleistungsparameter 126 ab, beispielsweise von der Gebläsedrehzahl 112. In be-

vorzugten Ausführungsformen hängt die Pulsbreite 80 vom Brennerleistungsparameter 126 ab. In besonders bevorzugten Ausführungsformen steigt die Pulsbreite 80 linear mit der Gebläsedrehzahl 112 an. Zwischen einer minimalen Gebläsedrehzahl und einer maximalen Gebläsedrehzahl nimmt die Pulsbreite 80 Werte in einem Intervall zwischen 50 ms und 200 ms an. In weiteren Varianten hängt die neue Pulshöhe 78 zumindest teilweise vom Brennerleistungsparameter 126 ab. Beispielsweise kann in Schritt 58 zunächst eine vorläufige Pulshöhe abhängig von der Gebläsedrehzahl 112 ermittelt werden. In besonderen Ausführungsformen steigt die vorläufige Pulshöhe linear mit der Gebläsedrehzahl 112 an. Zwischen einer minimalen Gebläsedrehzahl und einer maximalen Gebläsedrehzahl nimmt die vorläufige Pulshöhe Werte in einem Intervall zwischen 5 % und 25 % an, bevorzugt zwischen 10 % und 20 %. Die neue Pulshöhe 78 wird aus der vorläufigen Pulshöhe in Abhängigkeit vom letzten Signalmaximum 64 ermittelt. Es ist beispielsweise denkbar, dass die Steuereinheit 18 durch einen Vergleich des letzten Signalmaximums 64 mit der Signaluntergrenze 82 einen Wert ermittelt, welcher zur Ermittlung der neuen Pulshöhe 78 auf die vorläufige Pulshöhe addiert bzw. von dieser subtrahiert wird. Es ist auch denkbar, dass die Steuereinheit 18 durch einen Vergleich des letzten Signalmaximum 64 mit der Signaluntergrenze 82 einen Faktor, insbesondere größer oder kleiner als eins, ermittelt, welcher zur Ermittlung der neuen Pulshöhe 78 mit der vorläufigen Pulshöhe multipliziert wird. Weiterhin ist es denkbar, dass die Steuereinheit 18 in Abhängigkeit vom Brennerleistungsparameter 126 und dem letzten Signalmaximum 64 die neue Fluidzufuhränderung 60 bzw. die neue Pulshöhe 78 und die Pulsbreite 80 ermittelt. Beispielsweise kann in der Steuereinheit 18 eine Fluidzufuhränderungsfunktion hinterlegt sein, welche dem letzten Signalmaximum 64 und der Gebläsedrehzahl 112 bzw. dem Brennerleistungsparameter 126 als Eingabeparameter die neue Fluidzufuhränderung 60 bzw. die neue Pulshöhe 78 und Pulsbreite 80 zuordnet. Die Fluidzufuhränderungsfunktion kann in Laborversuchen experimentell bestimmt werden. Die Fluidzufuhränderungsfunktion kann in der Form eines Kennfeldes bzw. einer Tabelle vorliegen, welche die Wertebereiche der Gebläsedrehzahl 112 bzw. des Brennerleistungsparameter 126 und der neuen Pulshöhe 78 wenigstens in Intervalle unterteilt und diesen Intervallen die passende neue Fluidzufuhränderung 60 zuordnet. Die Fluidzufuhränderungsfunktion kann auch eine analytische, insbesondere rationale Funktion sein. Es ist denkbar, dass die Fluidzufuhränderungsfunktion auf einem selbst lernenden bzw. intelligenten Algorithmus basiert, beispielsweise auf einem künstlichen neuronalen Netzwerk.

**[0054]** Im Ausführungsbeispiel hat die Signaluntergrenze 82 einen konstanten Wert. In alternativen Ausführungsformen ist es denkbar, dass die Signaluntergrenze vom Brennerleistungsparameter 126 abhängt. In besonderen Ausführungsformen wird die Signalunter-

grenze 82 abhängig von der Gebläsedrehzahl 112 gewählt. Beispielsweise kann die Signaluntergrenze 82 proportional zur negativen Gebläsedrehzahl 112 gewählt werden. Auf diese Weise wird ein bei niedrigen Gebläsedrehzahl 112 höheres Signalrauschen des Ionisationsstroms 72 berücksichtigt. Die Signaluntergrenze 82 kann zwischen einer maximalen Gebläsedrehzahl und einer minimalen Gebläsedrehzahl Werte zwischen 1  $\mu$ A und 10  $\mu$ A annehmen. Typischerweise wird in einem Regelbetrieb eine Signaluntergrenze 82 zwischen 3  $\mu$ A und 7  $\mu$ A gewählt. In alternativen Ausführungsformen richtet sich die Wahl der Abhängigkeit der Signaluntergrenze 82 von der Gebläsedrehzahl 112 bzw. vom Brennerleistungsparameter 126 an den technischen Eigenschaften des Heizsystems 46, insbesondere an einer Abhängigkeit des Signalrauschen des Ionisationsstrom 72 bzw. der Verbrennungskenngröße 98 von der Gebläsedrehzahl 112 bzw. dem Brennerleistungsparameter 126. Beispielsweise ist es denkbar, dass bei bestimmten Gebläsedrehzahlen 112 Resonanzen auftreten, welche das Signalrauschen des Ionisationsstroms 72 vergrößern.

**[0055]** Im Ausführungsbeispiel wird das neue Signalmaximum 96 als ein relativer Wert des Ionisationsstroms 72 bezüglich des Ionisationsstromnormalwertes 100 ermittelt. In alternativen Ausführungsformen kann das neue Signalmaximum 96 ein Absolutwert des Ionisationsstroms 72 sein. Insbesondere in solchen Fällen ist es denkbar, dass die Signaluntergrenze 82 in Abhängigkeit vom Ionisationsstromnormalwert 100 ermittelt wird. Beispielsweise kann in der Steuereinheit 18 ein Schwellenwert gespeichert sein, aus welcher in Summe mit dem Ionisationsstromnormalwert 100 die Signaluntergrenze 82 ermittelt wird. In solchen Ausführungsformen wird die Signaluntergrenze 82 in jeder Iteration des Verfahrens 54 und, falls notwendig, in einzelnen Schritten des Verfahrens 54 neu bestimmt. Der Schwellenwert kann von einem oder mehreren Betriebsparametern abhängen, insbesondere von einem Brennerleistungsparameter 126, insbesondere von der Gebläsedrehzahl 112. In Varianten dieser Ausführungsform wird die Signaluntergrenze 82 ermittelt, indem der Ionisationsstromnormalwert 100 mit dem Schwellenwert multipliziert wird. In solchen Ausführungsformen hat der Schwellenwert einen Wert größer als 1, bevorzugt zwischen 1.01 und 1.2, besonders bevorzugt zwischen 1.05 und 1.1. In weiteren Ausführungen wird die Signaluntergrenze in Abhängigkeit von dem aktuellen Sollwert für den Ionisationsstrom 72 ermittelt. Der Sollwert wird in Abhängigkeit von dem gewünschten Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 und der Gebläsedrehzahl 112 aus in der Steuereinheit 18 hinterlegten Kennlinien abgeleitet (siehe Beschreibung der Fehlerreaktion 110 oben). Die Signaluntergrenze 82 kann ermittelt werden, in dem der Sollwert mit einem Schwellenwert multipliziert wird bzw. auf einen Schwellenwert addiert wird.

**[0056]** In weiteren Ausführungsformen kann in der Steuereinheit 18 eine Signaluntergrenzefunktion hinterlegt sein, welche dem Ionisationsstromnormalwert 100

und/oder dem Sollwert und/oder der Gebläsedrehzahl 112 als Eingabeparameter die Signaluntergrenze 82 zuordnet. Die Signaluntergrenzefunktion kann in Laborversuchen experimentell bestimmt werden. Die Signaluntergrenzefunktion kann in der Form eines Kennfeldes bzw. einer Tabelle vorliegen, welche den Wertebereich bzw. die Wertebereiche Ionisationsstromnormalwert 100 und/oder dem Sollwert und/oder der Gebläsedrehzahl 112 wenigstens in Intervalle unterteilt und diesen Intervallen die passende Signaluntergrenze 82 zuordnet. Die Signaluntergrenzefunktion kann auch eine analytische, insbesondere rationale Funktion sein. Es ist denkbar, dass die Signaluntergrenzefunktion auf einem selbst lernenden bzw. intelligenten Algorithmus basiert, beispielsweise auf einem künstlichen neuronalen Netzwerk.

**[0057]** Im Ausführungsbeispiel wird die Erhöhung bzw. Senkung der neuen Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zur letzten Fluidzufuhränderung 84 durch das Erhöhen bzw. Senken der neuen Pulshöhe 78 im Vergleich zur letzten Pulshöhe 88 umgesetzt. In Varianten wird die neue Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zu der letzten Fluidzufuhränderung 84 erhöht bzw. gesenkt, in dem eine neue Pulsbreite im Vergleich zu einer letzten Pulsbreite erhöht bzw. gesenkt wird. Es ist denkbar, dass andere, die neue Fluidzufuhränderung 60 charakterisierende Parameter verändert werden, um die neue Fluidzufuhränderung 60 zu erhöhen bzw. zu senken. Beispielsweise kann in Ausführungsformen, in denen die neue Fluidzufuhränderung 60 die Form einer Rampe hat, eine Steigung der Rampe vergrößert oder verkleinert werden. Es ist auch denkbar, dass mehrere unterschiedliche, die neue Fluidzufuhränderung 60 charakterisierende Parameter variiert werden, beispielsweise die neue Pulshöhe 78 und eine neue Pulsbreite.

**[0058]** Im Ausführungsbeispiel hat die Zufuhrerhöhung 90 den konstanten Wert 4 % und die Zufuhrsenkung 92 den konstanten Wert 2 %. In Varianten haben die Zufuhrerhöhung 90 und/oder die Zufuhrsenkung 92 andere Werte, welche insbesondere an die technischen Eigenschaften des Heizsystems 46 angepasst sein können. In weiteren Ausführungsformen wird die neue Fluidzufuhränderung 60 durch eine relative bzw. prozentuale Erhöhung bzw. Senkung der letzten Fluidzufuhränderung 84 ermittelt. In solchen Ausführungsformen kann die neue Pulshöhe 78 durch eine prozentuale Erhöhung bzw. Senkung der letzten Pulshöhe 88 ermittelt werden. Beispielsweise kann die Zufuhrerhöhung 90 den Wert 1.2 und die Zufuhrsenkung 92 den Wert 0.8 haben. Die neue Pulshöhe 78 wird als Produkt der letzten Pulshöhe 88 mit der Zufuhrerhöhung 90 ermittelt, falls das letzte Signalmaximum 64 die Signaluntergrenze 82 unterschreitet. Die neue Pulshöhe 78 wird als Produkt der letzten Pulshöhe 88 mit der Zufuhrsenkung 92 ermittelt, falls das letzte Signalmaximum 64 die Signaluntergrenze 82 nicht unterschreitet. Diese Ausführungsformen haben den Vorteil, dass eine besonders große neue Fluidzufuhränderung 60 bei einer starken Überschreitung der Signaluntergrenze 82 durch das letzte Signalmaximum 64

schnell gesenkt wird.

**[0059]** In besonderen Ausführungsformen hängt die Zufuhrerhöhung 90 und/oder die Zufuhrwirkung 92 von Betriebsparametern des Heizsystems 46 ab, insbesondere vom Brennerleistungsparameter 126, besonders bevorzugt von der Gebläsedrehzahl 112. Auf diese Weise kann beispielsweise bei Änderungen des Betriebszustandes oder einer geänderten Leistungsanforderung an das Heizsystem 46 schnell bzw. mit wenigen Iterationen des Verfahrens 54 eine neue weitgehend optimale neue Fluidzufuhränderung 60 ermittelt werden.

**[0060]** In weiteren Ausführungsformen ist die Erhöhung bzw. Senkung der neuen Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zu einer letzten Fluidzufuhränderung 84 abhängig davon, wie stark sich das letzte Signalmaximum 64 von der Signaluntergrenze 82 unterscheidet. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Größe der Erhöhung bzw. Senkung der neuen Fluidzufuhränderung 60 im Vergleich zu einer letzten Fluidzufuhränderung 84 umso größer ist, je größer der Betrag der Differenz zwischen dem letzten Signalmaximum 64 und der Signaluntergrenze 82 ist. Auf diese Weise können starke Abweichungen des letzten Signalmaximums 64 von der Signaluntergrenze 82 schnell bzw. mit wenigen Iterationen des Verfahrens 54 korrigiert werden. Kleine Abweichungen des letzten Signalmaximums 64 von der Signaluntergrenze 82 erlauben eine präzise Optimierung der neuen Fluidzufuhränderung 60 durch kleine Änderungen der neuen Fluidzufuhränderung 60. Beispielsweise kann die Zufuhrerhöhung 90 und/oder die Zufuhrsenkung 92 linear vom Betrag der Differenz zwischen dem letzten Signalmaximum 64 und der Signaluntergrenze 82 abhängen. In solchen Ausführungsformen tritt der vorteilhafte Fall ein, in dem die neue Fluidzufuhränderung 60 der letzten Fluidzufuhränderung 84 weitgehend gleicht, wenn das letzte Signalmaximum 64 der Signaluntergrenze 82 weitgehend gleicht.

**[0061]** In weiteren Ausführungsformen sind in der Steuereinheit 18 eine minimale neue Fluidzufuhränderung und eine maximale neue Fluidzufuhränderung gespeichert. Im Schritt 58 dieser Ausführungsformen wird eine neue Fluidzufuhränderung 60, welche die minimale neue Fluidzufuhränderung nicht unterschreitet und die maximale neue Fluidzufuhränderung nicht überschreitet. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die neue Fluidzufuhränderung 60 groß genug ist, um das Brennstoff-Luft-Verhältnis 56 kontrollieren zu können, und dass die neue Fluidzufuhränderung 60 nicht zu groß ist.

**[0062]** Im Ausführungsbeispiel ist die Zufuhrerhöhung 90 weitgehend doppelt so groß wie die Zufuhrsenkung 92. In Varianten des Ausführungsbeispiels ist es vorteilhaft, wenn die Zufuhrerhöhung 90 vom Betrag größer ist als die Zufuhrsenkung 92. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass über eine mehrere Iterationen des Verfahrens 54 umfassende Zeitspanne, in der weitestgehend gleiche Betriebsbedingungen vorliegen und das neue Signalmaximum 96 sich so nahe wie durch das Verfahren 54 möglich an der Signaluntergrenze 82 befindet, die

Fehlervariable 108 seltener erhöht werden muss als nicht erhöht werden muss. In bevorzugten Ausführungsformen ist die Zufuhrerhöhung 90 vom Betrag um einen Faktor, welcher zwischen 1 und 10, bevorzugt zwischen 2 und 8, besonders bevorzugt zwischen 4 und 6 liegt, größer als die Zufuhrsenkung 92.

**[0063]** Im Ausführungsbeispiel ist das letzte Signalmaximum 64 ein Signalmaximum der unmittelbar davor folgenden Iteration des Verfahrens 54 (siehe Figur 3). In alternativen Ausführungsformen ist das letzte Signalmaximums 64 ein Signalmaximum, welches in einer 2 bis 6, bevorzugt 3 oder 4 zurückliegenden Iterationen des Verfahrens 54. Es ist auch denkbar, dass das letzte Signalmaximum 64 mehrere Signalmaxima aus davor vorliegenden Iterationen berücksichtigt, beispielsweise ein durchschnittliches Signalmaximum der letzten 2 bis 3 Iterationen des Verfahrens 54. In einer besonderen Variante ist die Zufuhrerhöhung 90 vom Betrag um einen Faktor 4 größer als die Zufuhrsenkung 92 und das letzte Signalmaximum 64 ist das Signalmaximum der vorletzten Iteration des Verfahrens 54. In dieser Variante folgt stabilisiert sich das Verfahren 54 bei sich vier wiederholenden Iterationen solange sich keine äußeren und/oder inneren Bedingungen ändern. Es wiederholen sich jeweils zwei Überschreitungen und zwei Unterschreitungen der Signaluntergrenze 82 durch das jeweils neue Signalmaximum 96.

**[0064]** Im Ausführungsbeispiel ist die Fluidzufuhrkenngröße 62 eine gewünschte bzw. vorgesehene Öffnungsweite 66 des Brennstoffventils 44. Anhand der vorgesehenen Öffnungsweite 66 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.

**[0065]** Im Ausführungsbeispiel ist die Verbrennungskenngröße 98 ein Ionisationsstrom 72. Der Ionisationsstrom 72 wird durch eine Ionisationsstrommessung an einer Flamme 40 des Heizsystems 46 bestimmt. Der Ionisationsstrom 72 wird durch die Ionisationssonde 42 er-

mittelt und an die Steuereinheit 18 übermittelt. In weiteren Ausführungsformen ist die Verbrennungskenngröße 98 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.

**[0066]** Im Ausführungsbeispiel ist der Brennerleistungsparameter 126 die Gebläsedrehzahl 112. Die Gebläsedrehzahl 112 ist ein von der Steuereinheit 18 bestimmter Kennwert, welcher ein Gebläsesteuersignal bestimmt. In alternativen Ausführungsformen ist der Brennerleistungsparameter 126 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 126 eine Laufzeit einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft. Ein Massenfluss und/oder ein Volumenfluss einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft erlauben eine besonders präzise Abschätzung der Brennerleistung.

In besonderen Varianten wird eine Laufzeit als Zeitdifferenz zwischen der neuen Fluidzufuhränderung 60 und der mit der neuen Fluidzufuhränderung 60 korrelierten zeitlichen Änderung der Verbrennungskenngröße 98 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 eine Durchflussmenge des Luft-Brennstoff-Gemisches. Eine Laufzeit einer Verbrennungsluft und/oder einer Mischung aus einem Brennstoff und Verbrennungsluft lässt sich besonders einfach und kostengünstig bestimmen. Diese Parameter können auch in Kombination eingesetzt werden um einen Brennerleistungsparameter 126 zu bestimmen bzw. zu definieren. Dabei kann die Temperatur im Abgassystem 38 und/oder von der Flamme 40 bestimmt werden.

**[0067]** Im Ausführungsbeispiel hat die neue Fluidzufuhränderung 60 eine weitgehend rechteckige Form. In alternativen Ausführungsformen hat die neue Fluidzufuhränderung 60 weitgehend die Form einer Rampe und/oder weitgehend eine Dreiecksform und/oder weitgehend die Form eines Sinus und/oder weitgehend eine Gaußform und/oder weitgehend die Form eines Dirac-

Pulses. Dabei ist unter einem "Dirac-Puls" eine Fluidzufuhränderung zu verstehen, bei der die Fluidzufuhrkenngröße 62 vom Normalwert 74 so schnell wie möglich auf dem Maximalzufuhrwert 76 erhöht wird und anschließend so schnell wie möglich auf den Normalwert 74 gesenkt wird. In besonderen Ausführungsformen bestimmt die Fluidzufuhränderungsfunktion eine Form der neuen Fluidzufuhränderung 60. Die Fluidzufuhränderungsfunktion ordnet zumindest dem letzten Signalmaximum 64 und dem Brennerleistungsparameter 126 und optional weiteren Betriebsparametern die neue Fluidzufuhränderung 60 zu. Auf diese Weise kann insbesondere für jeden Betriebszustand eine optimierte Form der neuen Fluidzufuhränderung 60 gewählt werden. Beispielsweise ist es möglich, dass in geringen Leistungsbereichen ein Dirac-Puls als neue Fluidzufuhränderung 60 besonders vorteilhaft ist, beispielsweise weil so das Heizsystem 46 nicht zu stark in seinem Regelbetrieb gestört wird, während in größeren Leistungsbereichen eine rechteckige Form günstiger ist, weil die Ermittlung des neuen Signalmaximums vereinfacht wird.

#### Patentansprüche

1. Verfahren (54) zur Kontrolle eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses (56) in einem Heizsystem (46), welches die folgenden Schritte umfasst:
  - Erzeugen (58) einer vorübergehenden, zeitlichen neuen Fluidzufuhränderung (60) einer Fluidzufuhrkenngröße (62) in Abhängigkeit von einem letzten Signalmaximum (64),
  - Ermitteln (94) eines neuen Signalmaximum (96) einer mit der zeitlichen neuen Fluidzufuhränderung (60) korrelierten zeitlichen Änderung von mindestens einer Verbrennungskenngröße (98),
  - Erhöhen (106) einer Fehlervariable (108), falls das neue Signalmaximum (96) eine Signaluntergrenze (82) unterschreitet,
  - Ausführen einer Fehlerreaktion (110), insbesondere Kalibrieren und/oder Herunterfahren des Heizsystems (46), in Abhängigkeit von der Fehlervariable (108).
2. Verfahren (54) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die neue Fluidzufuhränderung (60) und/oder die Signaluntergrenze (82) abhängig von einem Brennerleistungsparameter (126) gewählt wird bzw. werden.
3. Verfahren (54) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die neue Fluidzufuhränderung (60) im Vergleich zu einer letzten Fluidzufuhränderung (84) erhöht wird, falls das letzte Signalmaximum (64) die Signaluntergrenze (82) unterschreitet und/oder dass die neue Fluidzu-

fuhränderung (60) im Vergleich zu der letzten Fluidzufuhränderung (84) gesenkt wird, falls das letzte Signalmaximum (64) die Signaluntergrenze (82) nicht unterschreitet.

5

4. Verfahren (54) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Zufuhrerhöhung (90) der neuen Fluidzufuhränderung (60) bei einer Unterschreitung der Signaluntergrenze (82) durch das letzte Signalmaximum (64) vom Betrag weitgehend doppelt so groß ist wie eine Zufuhrsenkung (92) der neuen Fluidzufuhränderung (60) bei einer Nichtunterschreitung der Signaluntergrenze (82) durch das letzte Signalmaximum (64). 10
5. Verfahren (54) 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. 15 20
6. Verfahren (54) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine Verbrennungskenngröße (98) durch eine Ionisationsstrommessung an einer Flamme (40) des Heizsystems (46) bestimmt wird. 25
7. Verfahren (54) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Brennerleistungsparameter (126) eine Gebläsedrehzahl (112) ist oder von dieser abhängt. 30
8. Verfahren (54) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die neue Fluidzufuhränderung (60) eine zumindest weitgehend rechteckige Form aufweist. 35
9. Steuereinheit (18) für ein Heizsystem (46), wobei die Steuereinheit (18) dazu eingerichtet ist, dass ein Verfahren (54) nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausführbar ist. 40
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 (112). 45 50

55

Fig. 1

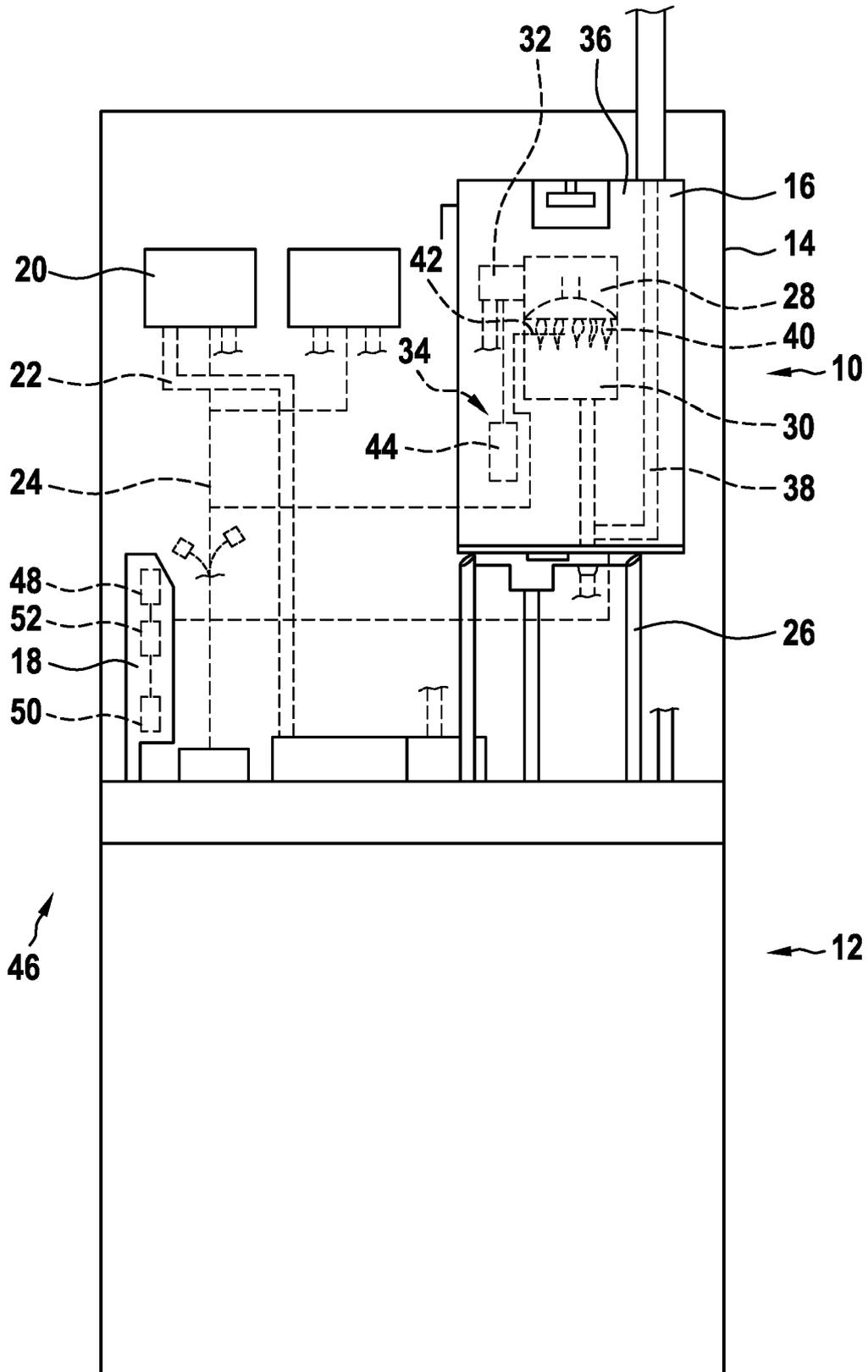
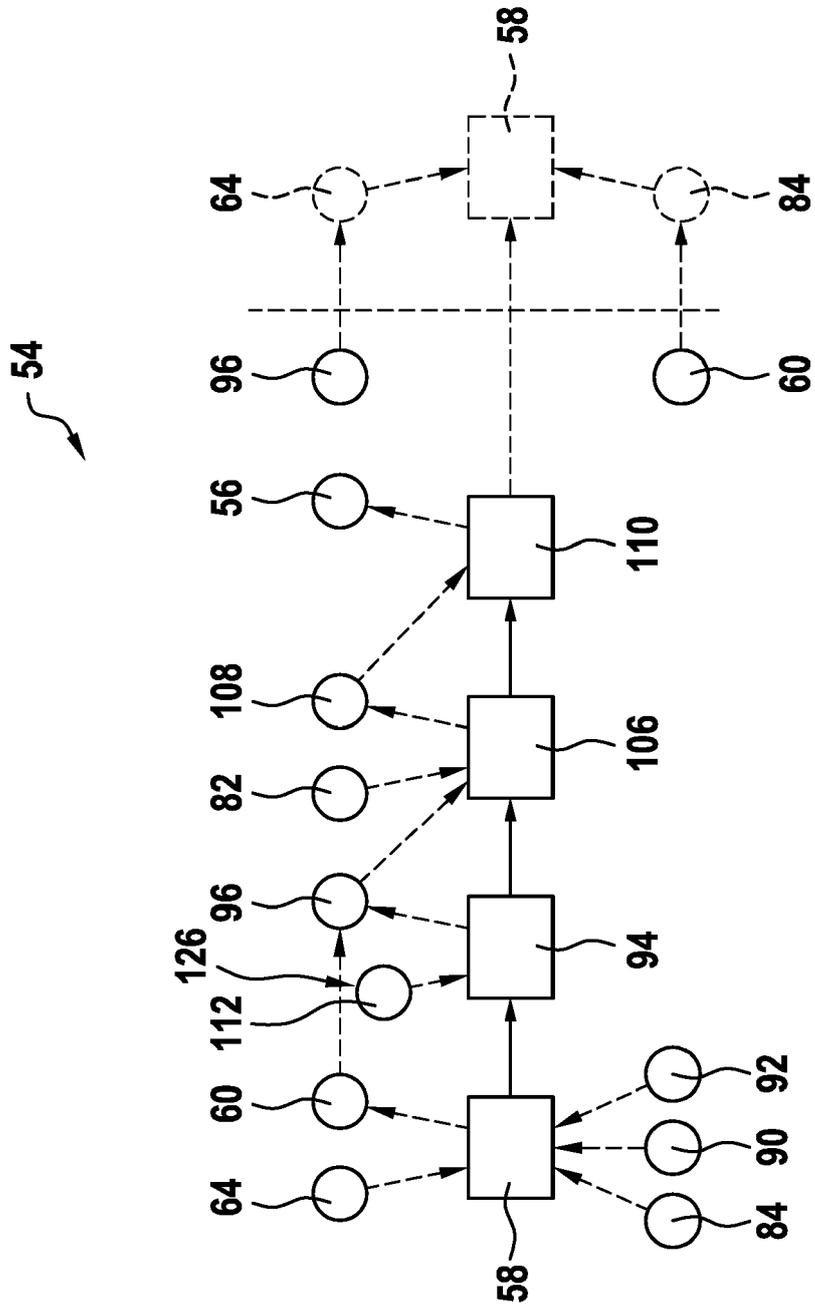
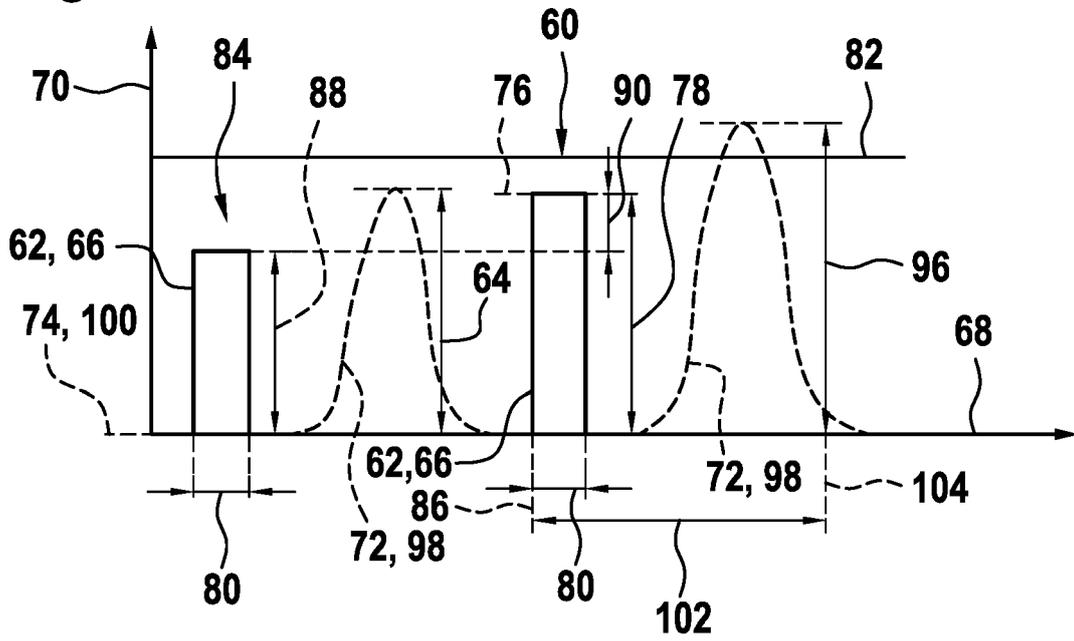


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

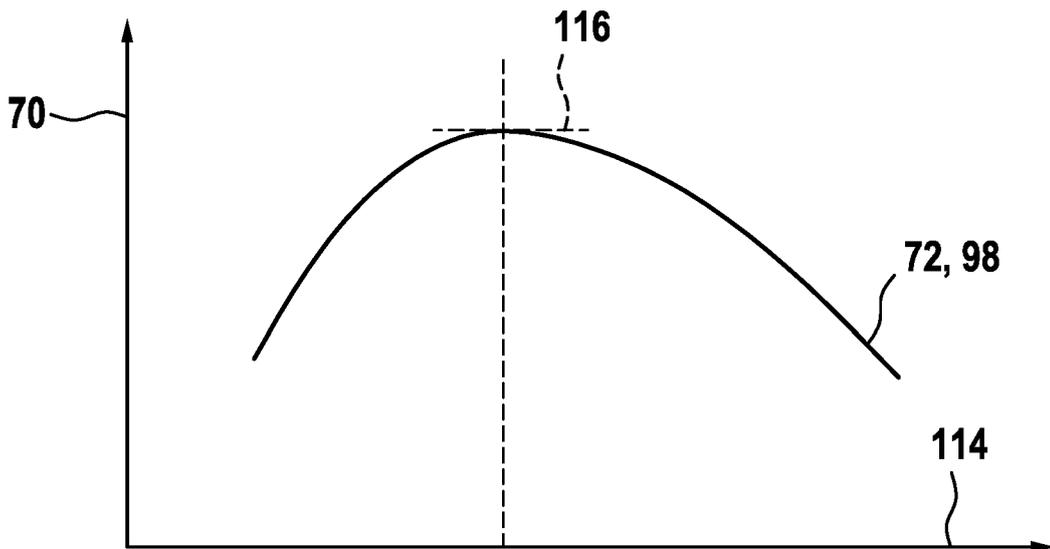
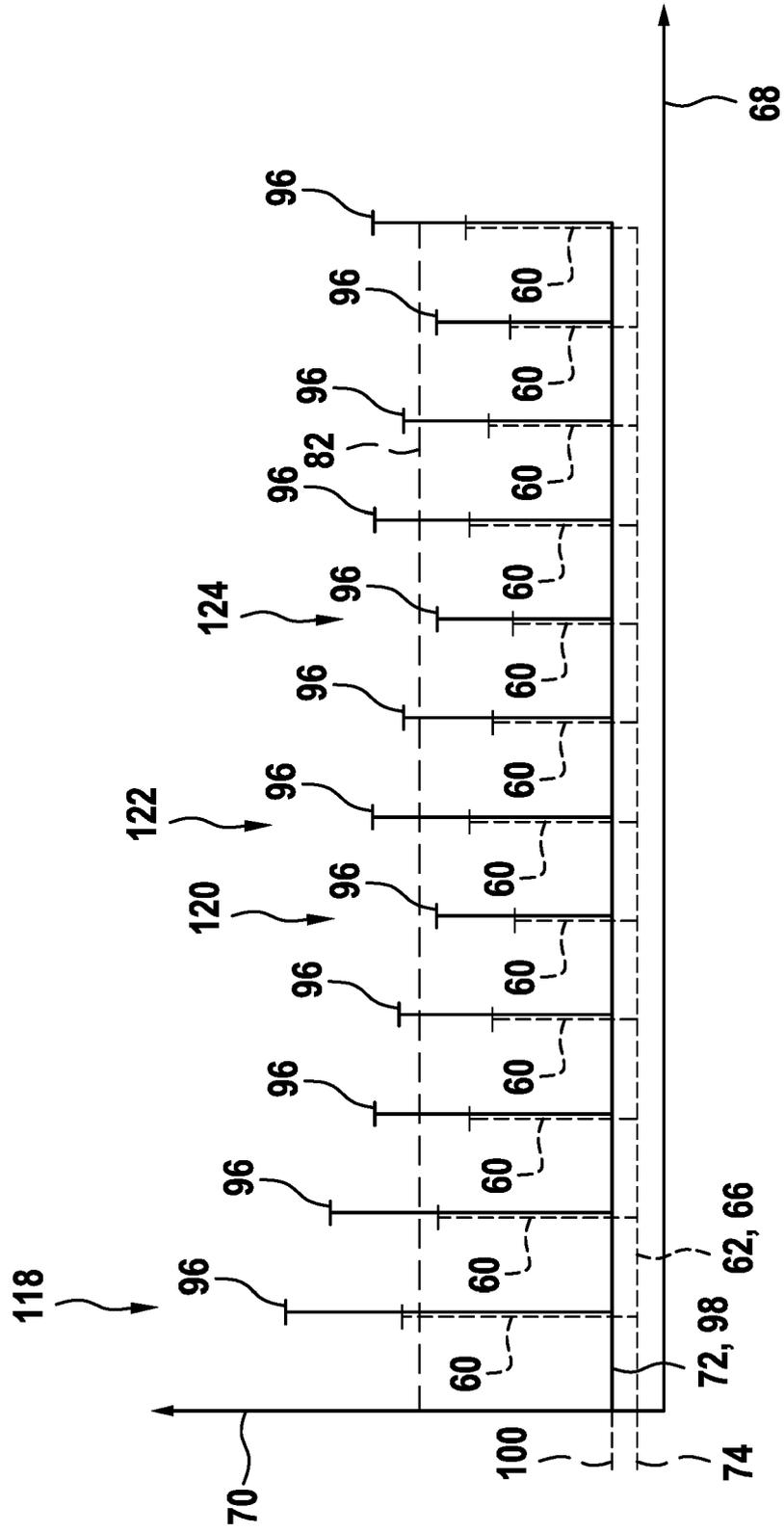


Fig. 5





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 17 18 7664

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)
Y	DE 10 2010 055567 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. Juni 2012 (2012-06-21) * Absätze [0018], [0019], [0021], [0024], [0026]; Abbildungen 1, 4 *	1,2,5-10	INV. F23N5/12
Y	DE 10 2004 004065 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 12. August 2004 (2004-08-12) * Absätze [0017], [0018], [0021]; Abbildung 1 *	1,2,5-10	
A	EP 2 014 985 A2 (VAILLANT GMBH [DE]) 14. Januar 2009 (2009-01-14) * Absätze [0016], [0017]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2 *	1	
A	DE 103 00 602 A1 (VAILLANT GMBH [DE]) 31. Juli 2003 (2003-07-31) * Absatz [0033]; Abbildung 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 5. 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 7664

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.

05-01-2018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010055567 A1	21-06-2012	CN 103443547 A	11-12-2013
		DE 102010055567 A1	21-06-2012
		EP 2655971 A2	30-10-2013
		WO 2012084819 A2	28-06-2012
-----			
DE 102004004065 A1	12-08-2004	DE 102004004065 A1	12-08-2004
		EP 1479984 A1	24-11-2004
-----			
EP 2014985 A2	14-01-2009	AT 505442 A1	15-01-2009
		DE 102008031979 A1	15-01-2009
		DK 2014985 T3	24-07-2017
		EP 2014985 A2	14-01-2009
		ES 2629770 T3	14-08-2017
		HR P20170996 T1	15-12-2017
		PL 2014985 T3	29-09-2017
		PT 2014985 T	13-07-2017
-----			
DE 10300602 A1	31-07-2003	KEINE	
-----			

EPO FORM P0461

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