(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 301 365 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
19.01.2022 Patentblatt 2022/03

(21) Anmeldenummer: **17187737.6**

(22) Anmeldetag: **24.08.2017**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23N 5/12 *(2006.01)* ***F23N 5/24*** *(2006.01)*
F23N 5/18 *(2006.01)*

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 5/123; F23N 5/18; F23N 5/242;
F23N 2221/10; F23N 2227/18; F23N 2227/20;
F23N 2233/08

(54) **VERFAHREN ZUM STEUERN EINES ZÜNDBETRIEBS EINES HEIZSYSTEMS SOWIE EINE STEUEREINHEIT UND EIN HEIZSYSTEM**

METHOD FOR CONTROLLING AN IGNITION OF A HEATING SYSTEM, CONTROL UNIT AND HEATING SYSTEM

PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UN ALLUMAGE D'UN SYSTÈME DE CHAUFFAGE, UNITÉ DE COMMANDE ET SYSTÈME DE CHAUFFAGE

(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

(30) Priorität: **02.09.2016 DE 102016216630**
02.09.2016 DE 102016216613
02.09.2016 DE 102016216625
10.03.2017 DE 102017204025

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.04.2018 Patentblatt 2018/14

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **Smith, Lean**
  8171 KC Vaassen (NL)
- **Leerkes, Danny**
  7391 HN Twello (NL)
- **Jaspers, Bram**
  7683 WC Den Ham (NL)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 241 810
EP-A2- 2 706 300
DE-A1-102013 214 610

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 301 365 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern eines Zündbetriebs eines Heizsystems. Die Erfindung betrifft auch eine Steuereinheit, die zum Ausführen des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung ausgebildet ist sowie ein Heizsystem mit der Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung.

Stand der Technik

[0002] Im Stand der Technik sind Verfahren zum Brennerstart eines Heizgeräts bekannt. Eine Brennstoffmenge in einem Brennstoff-Luft-Gemisch wird so lange langsam erhöht, bis sich ein zündfähiges Gemisch ergibt, so dass eine Zündung erfolgen kann. Die Steigung der linearen Brennstoffzufuhrerhöhung wird vor dem Betrieb eingestellt und bleibt dann im Wesentlichen konstant. Das hat den Nachteil, dass ein Zeitpunkt der Zündung erheblich variieren kann. Eine zu frühe Zündung führt zu unerwünschten Druckstößen und einem lauten Zündgeräusch. Durch eine zu späte Zündung wird eine angeforderte Heizleistung erst später verfügbar.

[0003] EP2706300 beschreibt ein Verfahren zum Steuern eines Zündbetriebs eines Heizsystems.

Offenbarung der Erfindung

Vorteile

[0004] Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Steuern eines Zündbetriebs eines Heizsystems gemäß Anspruch 1.

[0005] Unter "Heizsystem" ist 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.

[0006] Unter "Zündbetrieb" ist eine Betriebsphase des Heizsystems zu verstehen, in der der Brennstoff entzündet wird. Bevorzugt wird ein Brennstoff-Luft-Gemisch in einem Brenner entzündet. Insbesondere wird im Zündbetrieb eine Brennstoffzufuhr und, falls notwendig, eine Luftzufuhr gesteuert bzw. geregelt. Der Zündbetrieb ist eine wesentliche Betriebsphase eines Einschaltvorgangs des Heizsystems. Vorteilhaft wird der Zündbetrieb beendet, sobald das Heizsystem wie gewünscht betrieben werden kann, insbesondere in einem Regelbetrieb.

[0007] Unter einem "Betriebskennwert" soll eine Kenngröße verstanden werden, welche mit einer Qualität eines im Heizsystem verwendeten Brennstoffs korreliert ist und/oder mit einer Leistungsanforderung an das Heizsystem korreliert ist. Der Betriebswert kann mittelbar oder unmittelbar von einem die Qualität des Brennstoffs beschreibenden Parameter und/oder von einem mittelbar oder unmittelbar die Leistungsanforderung beschreibenden Parameter abhängen. Der Betriebskennwert kann mit dem Heizwert und/oder Brennwert eines Brennstoffs korreliert sein. Beispielsweise kann eine ermittelte Dichte des Brennstoffs ein Betriebskennwert sein. Es ist auch denkbar, dass ein bestimmter Betriebsparameter, beispielsweise ein Ionisationsstrom, und/oder eine Zeitentwicklung des Betriebsparameters bei bestimmten, vorgegebenen Bedingungen, ein Betriebskennwert ist bzw. sind. Unter einem "Betriebskennwert" kann insbesondere eine Kenngröße verstanden werden, welche insbesondere mit dem Brennstofftyp, insbesondere einem tatsächlichen, einem aktuell verwendeten und/oder einem einer Brennereinheit des Heizsystems zugeführten Brennstofftyp, korreliert ist. Dabei soll unter einem "Brennstofftyp" insbesondere eine Art und/oder eine Zusammensetzung des Brennstoffs verstanden werden. Besonders bevorzugt kann der Brennstofftyp einer Gasfamilie, wie beispielsweise einer zweiten Gasfamilie, insbesondere Erdgas, und/oder einer dritten Gasfamilie, insbesondere Flüssiggas, entsprechen. Alternativ und/oder zusätzlich kann der Brennstofftyp insbesondere auch Brennstoffen derselben Gasfamilie und/oder Brennstoffen innerhalb einer Gasfamilie, wie beispielsweise Brennstoffen unterschiedlicher Herkunft und/oder unterschiedlicher Chargen, entsprechen, welche sich insbesondere zumindest teilweise in einer Zusammensetzung unterscheiden können. Der Betriebskennwert kann auch mit einer Leistungsanforderung an das Heizsystem zusammenhängen. Beispielsweise kann das Heizsystem mit einer Leistungsanforderung gestartet werden, beispielsweise mit der Leistungsanforderung, Brauchwasser mit einer Temperatur von 45° C zu liefern. Die Leistungsanforderung kann beispielsweise aus einer Benutzereingabe oder aus einem Zeitschaltplan folgen, beispielsweise für einen Heizungsschaltplan. Der Betriebskennwert bzw. die Leistungsanforderung kann den Wert eines Brennerleistungsparameters haben und/oder mit dem Brennerleistungsparameter korreliert sein.

[0008] 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.

[0009] Das Verfahren gemäß des Hauptanspruchs hat den Vorteil, dass der Zündbetrieb schnell und sicher durchgeführt werden kann. Durch das mittelbare oder

unmittelbare Berücksichtigen der Qualität des Brennstoffs und/oder der Leistungsanforderung werden zu frühe oder zu späte Zündungen vermieden. Die Betriebssicherheit und der Betriebskomfort werden erhöht.

[0010] Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Merkmale sind vorteilhafte Weiterbildungen des Verfahrens gemäß des Hauptanspruchs möglich.

[0011] Der Betriebskennwert wird in einem vorherigen Heizbetrieb ermittelt, das hat den Vorteil, dass auf diese Weise in einem vor dem Zündbetrieb stattfindenden Betrieb vorliegende Bedingungen erfasst werden können. Das ermöglicht eine besonders präzise Anpassung des Zündbetriebs an die relevanten Einflussgrößen. Insbesondere können auf diese Weise Eigenschaften des aktuell im Heizsystem verwendeten Brennstoffs ermittelt werden. Das Verfahren ist dazu vorgesehen, wiederholt ausgeführt zu werden. Unter einem "vorherigen Heizbetrieb" soll eine Betriebsphase des Heizsystems, insbesondere eine Betriebsphase, in der eine Heizleistung erbracht wird, verstanden werden, die zeitlich vor dem Zündbetrieb liegen. In diesem Sinne ist ein "vorheriger Zündbetrieb" ein Zündbetrieb aus einer vorherigen Iteration des Verfahrens, bevorzugt aus der letzten Iteration des Verfahrens. Unter einem vorherigen Kennwert ist ein Kennwert zu verstehen, der zeitlich vor dem Zündbetrieb erfasst bzw. ermittelt wurde, bevorzugt in einem vorherigen Zündbetrieb.

[0012] Wird ein erster Brennerleistungsparameter in Abhängigkeit vom Betriebskennwert ermittelt, kann auf diese Weise die Leistungsanforderung besonders schnell erfüllt werden. Das steigert weiter den Betriebskomfort und den Bedienkomfort.

[0013] Das Verfahren wird weiter verbessert, wenn im Zündbetrieb der erste Brennerleistungsparameter weitgehend einer Startleistung gleicht, wobei die Startleistung aus einem Startleistungsbereich, insbesondere einem Startleistungsintervall, so gewählt wird, dass die Startleistung so nahe wie möglich an einer bzw. der Leistungsanforderung liegt. Der Startleistungsbereich kann so gewählt werden, dass der Zündbetrieb besonders leise und sicher ist.

[0014] Wird im Zündbetrieb eine Fluidzufuhrkenngröße zunächst auf einen Startwert gebracht wird und anschließend erhöht, bevorzugt linear mit einem Steigungswert, bis ein Zündwert der Fluidzufuhrkenngröße erreicht ist, an dem sich eine Flamme im Heizsystem entzündet, hat das den Vorteil, dass ein besonders geräuscharmes und sicheres Zünden möglich ist. Der Startwert wird bevorzugt unter dem Zündwert gewählt, also so, dass mit der Fluidzufuhrkenngröße als Startwert noch kein zündfähiges Brennstoff-Luft-Gemisch vorliegt. Durch das Erhöhen des der Fluidzufuhrkenngröße wird der Zündwert erreicht. Das hat den Vorteil, dass eine laute Zündung vermieden wird. Laute Zündungen treten auf, wenn der Startwert den Zündwert übersteigt.

[0015] Unter einer "Fluidzufuhrkenngröße" soll insbesondere eine skalare Kenngröße verstanden werden, welche insbesondere mit zumindest einem, insbesondere einer Brennereinheit 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 Fluidzufuhrkenngröße 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 Fluidzufuhrkenngröße ist die Angabe einer Öffnungsweite eines Brennstoffventils.

[0016] Hängen der Steigungswert und/oder der Startwert vom Betriebskennwert ab, ist das eine besonders einfache und robuste Möglichkeit, den Betriebskennwert im Zündbetrieb zu berücksichtigen.

[0017] Das Verfahren wird weiter verbessert, wenn der Betriebskennwert in Abhängigkeit von einem bzw. dem Startwert der Fluidzufuhrkenngröße im Zündbetrieb und/oder in Abhängigkeit von einem vorherigen Startwert in einem vorherigen Zündbetrieb ermittelt wird. Wird der Startwert beispielsweise in einem Regelprozess ermittelt, insbesondere zum Annähern des Startwerts an den Zündwert, kann in Abhängigkeit vom Startwert die Qualität des Brennstoffs ermittelt werden.

[0018] Wird ein bzw. der Startwert in Abhängigkeit von einem vorherigen Zündwert einer bzw. der Fluidzufuhrkenngröße in einem bzw. dem vorherigen Zündbetrieb ermittelt, ist eine Annäherung des Startwerts an den Zündwert besonders einfach möglich. Auf diese Weise kann der Zündbetrieb verkürzt werden. Der Betriebskomfort bzw. Bedienkomfort wird so erhöht.

[0019] Wird der Betriebskennwert in Abhängigkeit von einer Verbrennungskenngröße, beispielsweise einem Ionisationsstrom, ermittelt, ist eine besonders präzise Ermittlung der Qualität des Brennstoffs möglich. 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 vor-

teilhaft ein Ionisationssignal.

[0020] Wird der Betriebskennwert in Abhängigkeit eines zeitlichen Verlaufs der Verbrennungskenngröße nach einer Änderung der Fluidzufuhrkenngröße und/oder eines ersten Brennerleistungsparameters ermittelt, wird die Präzision der Ermittlung der Qualität des Brennstoffs weiter erhöht. Bei einer Änderung der Fluidzufuhrkenngröße und/oder des ersten Brennerleistungsparameters kann der zeitliche Verlauf der Verbrennungskenngröße besonders stark von der Qualität des Brennstoffs sein.

[0021] Das Verfahren wird weiter verbessert, wenn eine vorübergehende, zeitliche Fluidzufuhränderung der Fluidzufuhrkenngröße erzeugt wird und der Betriebskennwert in Abhängigkeit von einer mit der Fluidzufuhränderung korrelierten zeitlichen Verbrennungskenngrößenänderung der Verbrennungskenngröße ermittelt wird. Unter einer "vorübergehenden, zeitlichen Fluidzufuhränderung" soll eine zeitlich beschränkte Variation der Fluidzufuhrkenngröße verstanden werden, sodass diese von einem weitestgehend konstanten Wert der Fluidzufuhrkenngröße vor Beginn der Fluidzufuhränderung abweicht. Bevorzugt wird die Fluidzufuhrkenngröße über den Zeitraum der Fluidzufuhränderung zunächst vergrößert oder verkleinert und anschließend auf den weitestgehend konstanten Wert der Fluidzufuhrkenngröße vor Beginn der Fluidzufuhränderung geregelt. Bevorzugt ist die Fluidzufuhränderung ist mit einer kurzzeitigen Erhöhung einer pro Zeiteinheit zur Brennereinheit zugeführten Fluidmenge verbunden. Bevorzugt ist die Zeitdauer der Fluidzufuhränderung pulsartig und kurz gegenüber den im üblichen Betrieb des Heizsystems auftretenden vorgesehenen zeitlichen Variationen der Fluidzufuhrkenngröße. Aus einer Verbrennungskenngrößenänderung kann es möglich sein, den Heizwert und/oder Brennwert des Brennstoffs zu ermitteln.

[0022] 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.

[0023] In einer weiteren vorteilhaften Ausführung wird der Betriebskennwert in Abhängigkeit eines zeitlichen Verlaufs der Fluidzufuhrkenngröße ermittelt, wobei das Heizsystem nach einem vorherigen Zündbetrieb in einem Closed-Loop-Modus betrieben wurde. Unter "Closed-Loop-Modus" soll ein Regelprozess verstanden werden, bei dem ein erster Betriebsparameter, welcher bevorzugt einem Stellsignal an eine Komponente des Heizsystems entspricht, beispielsweise zum Regeln einer Brennstoffzufuhr, so eingestellt wird, dass ein zweiter Betriebsparameter weitgehend den Wert eines Sollbetriebsparameters annimmt. Bevorzugt wird der erste Betriebsparameter iterativ angepasst. Besonders bevorzugt wird der erste Betriebsparameter in Abhängigkeit von einer Abweichung des zweiten Betriebsparameters vom Sollbetriebsparameter eingestellt. Bevorzugt wird das Heizsystem in einem Closed-Loop-Modus betrieben, wenn ein Brennerleistungsparameter weitgehend konstant ist oder sich ausreichend langsam bzw. gering ändert. Dabei sind unter "Betriebsparameter" Parameter zu verstehen, die von einer Steuereinheit des Heizsystems zum Steuern und/oder Überwachen und/oder Regeln und/oder Kalibrieren von im Heizsystem ablaufenden Prozessen verwendet werden. Beispiele für "Betriebsparameter" sind die Gebläsedrehzahl, ein Ionisationsstrom an einer Flamme des Heizsystems oder eine gewünschte Öffnungsweite eines Brennstoffregelventils.

[0024] Der Closed-Loop-Modus wird vorteilhaft nach dem vorherigen Zündbetrieb betrieben. Im Closed-Loop-Modus kann die Fluidzufuhrkenngröße mittelbar oder unmittelbar eingestellt werden. Daraus kann ein Betriebskennwert abgeleitet werden, aus welchem eine besonders präzise Information über die Qualität des Brennstoffs ableitbar ist.

[0025] Wird die Fluidzufuhrkenngröße im einem vorherigen Zündbetrieb auf einen vorherigen Zündwert gestellt, anschließend im Closed-Loop-Modus auf einen Regelwert geregelt und der Betriebskennwert aus einem Vergleich zwischen dem vorherigen Zündwert und dem Regelwert ermittelt wird, insbesondere durch einen Größenvergleich, ist das eine besonders einfache und robuste Methode, den Betriebskennwert zu bestimmen.

[0026] Wird der Betriebskennwert in Abhängigkeit eines zeitlichen Verlaufs eines zweiten Brennerleistungsparameters bei einem weitgehend konstanten ersten Brennerleistungsparameter und nach einer Änderung der Fluidzufuhrkenngröße ermittelt, hat das den Vorteil, dass der Betriebskennwert besonders einfach und günstig bestimmt werden kann. Mittel zum Bestimmen eines ersten Brennerleistungsparameters und/oder eines zweiten Brennerleistungsparameters sind in Heizgeräten üblicherweise vorhanden und müssen nicht nachgerüstet werden.

[0027] Ist der erste Brennerleistungsparameter eine erfasste Gebläsedrehzahl, welche durch einen Regelkreis durch ein Einstellen des zweiten Brennerleistungsparameters konstant gehalten wird und der Betriebskennwert in Abhängigkeit einer Brennerleistungsparameteränderung des zweiten Brennerleistungsparameters ermittelt wird, wobei die Brennerleistungsparameteränderung mit einer vorübergehenden Fluidzufuhränderung korreliert ist, wird das Ermitteln eines Betriebskennwerts, welcher mit einer Dichte des Brennstoffs korreliert ist, ermöglicht. Durch die Fluidzufuhränderung wird beispielsweise ein durch ein Gebläse zu transportierender Brennstoffstrom erhöht bzw. ein Brennstoffanteil in einem Brennstoff-Luft-Gemisch-Strom erhöht. Bei einer konstanten Gebläsedrehzahl benötigt das Gebläse dann eine höhere Leistung, falls der Brennstoff eine höhere Dichte hat als Luft.

[0028] Ist die Fluidzufuhrkenngröße ein Ventilsteuersignal für ein Brennstoffventil und/oder eine bzw. die Ver-

brennungskenngröße ein Ionisationsstrom und/oder ein bzw. der zweite Brennerleistungsparameter eine Gebläsedrehzahl, so ist das Verfahren besonders zuverlässig. Insbesondere ist ein besonders stabiler Closed-Loop-Modus möglich. Insbesondere ist ein effizienter Zündbetrieb möglich.

[0029] Ist die Fluidzufuhrkenngröße ein Ventilsteuersignal für ein Brennstoffventil, hat das den zusätzlichen Vorteil, dass auf diese Weise eine besonders zuverlässige und präzise Einstellung einer Fluidzufuhr bzw. eines Brennstoff-Luft-Verhältnisses möglich ist.

[0030] Ist die Verbrennungskenngröße ein Ionisationsstrom, hat das den Vorteil, dass der Ionisationstrom einen funktionalen und besonders günstig auswertbaren Zusammenhang zum Brennstoff-Luft-Verhältnis hat. Das erlaubt eine genaue und sichere Regelung und/oder Steuerung des Heizsystems in Hinsicht auf die Verbrennungsqualität bzw. auf Emissionen. Ein "Ionisationsstrom" wird durch eine Ionisationsstrommessung an einer Flamme des Heizsystems bestimmt.

[0031] Eine Gebläsedrehzahl ist ein besonders einfach erfassbares und verlässliches Maß für eine Leistung des Heizsystems.

[0032] Die Verwendung einer Steuereinheit für ein Heizsystem, wobei die Steuereinheit dazu eingerichtet ist, das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung auszuführen, hat den Vorteil, dass durch das Heizsystem selbst unter sich ändernden inneren und/oder äußeren Bedingungen zuverlässig betrieben werden kann. Das ermöglicht es, das Heizsystem weitgehend ohne Nutzereingriffe zu betreiben. Das erhöht den Bedienkomfort sowie die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Heizsystems.

[0033] Ein Heizsystem mit einer Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung, mit mindestens einem Brennstoffventil für einen Brennstoff, mit einer Ionisationssonde an einer Flamme und mit einem Gebläse mit variierbarer Gebläsedrehzahl hat den Vorteil, dass ein bequemer, sicherer und wartungsarmer Betrieb des Heizsystems ermöglicht wird.

Zeichnungen

[0034] In den Zeichnungen sind Ausführungsbeispiele des Verfahrens zum Steuern eines Zündbetriebs eines Heizsystems gemäß der vorliegenden Erfindung, sowie eine Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung und ein Heizsystem gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 eine schematische Darstellung des Heizsystem mit einer Steuereinheit,

Figur 2 eine Abfolge unterschiedlicher Betriebsphasen des Heizsystems, aufweisend einen Zündbetrieb,

Figur 3 einen Zeitverlauf eines ersten Brennerleistungsparameters in unterschiedlichen Zündbetrieben,

Figuren 4, 5 und 8 einen Zeitverlauf einer Fluidzufuhrkenngröße und einer Verbrennungskenngröße bei einem Zündbetrieb und unterschiedlichen Varianten des Verfahrens,

Figur 6 einen Zeitverlauf eines Startwerts der Fluidzufuhrkenngröße bei Zündbetrieben mit unterschiedlichen Brennstoffen,

Figur 7 einen Zeitverlauf der Fluidzufuhrkenngröße bei Zündbetrieben mit unterschiedlichen Brennstoffen,

9 einen Zeitverlauf einer Fluidzufuhrkenngröße und einer Verbrennungskenngröße bei einem Heizbetrieb und

Figur 10 einen Zeitverlauf der Fluidzufuhrkenngröße und eines zweiten Brennerleistungsparameters in einem Heizbetrieb.

Beschreibung

[0035] In den verschiedenen Ausführungsvarianten erhalten gleiche Teile die gleichen Bezugszahlen.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] 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 54 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.

[0039] 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.

[0040] Figur 2 illustriert eine Abfolge unterschiedlicher Betriebsphasen des Heizsystems 46. Einem Zündbetrieb 56 gehen ein Herunterfahren 58 des Brenners 28, ein Closed-Loop-Modus 60 und ein vorheriger Zündbetrieb 62 voraus. Das Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung wird beim Zündbetrieb 56 und vorherigen Zündbetrieb 62 eingesetzt.

[0041] Das Verfahren bzw. Zündbetrieb 56 wird durch ein Erfassen einer Leistungsanforderung 64 an das Heizsystem 46 gestartet. Im Ausführungsbeispiel ist die Leistungsanforderung eine gewünschte Heizleistung, welche von einem Raumregler an das Heizsystem 46 gesendet wird. Die gewünschte Heizleistung wird durch eine Zahl charakterisiert, welche eine gewünschte Leistung in kW beschreibt. Im Ausführungsbeispiel wird aus dieser Zahl die Leistungsanforderung 64 ermittelt. Dazu wird der gewünschten Heizleistung eine dafür nötige Gebläsedrehzahl 54 ermittelt. Die Steuereinheit 18 weist eine Gebläsedrehzahlkennlinie auf, welche der gewünschten Heizleistung die benötigte Gebläsedrehzahl 54 zuordnet. Die Leistungsanforderung 64 hat den Wert der benötigten Gebläsedrehzahl 54. Die Werte der Gebläsedrehzahl 54 beschreiben die Anzahl der Umdrehungen pro Minute eines Laufrads des Gebläses 32. Die Leistungsanforderung 64 ist ein Betriebskennwert 66. Die Gebläsedrehzahlkennlinie wird im Labor ermittelt, wobei die technischen Eigenschaften des Heizsystems 46 berücksichtigt werden.

[0042] Im Ausführungsbeispiel wird die Heizleistung mithilfe eines ersten Brennerleistungsparameters 68 eines zweiten Brennerleistungsparameters 70 eingestellt. Der erste Brennerleistungsparameter 68 ist eine erfasste Gebläsedrehzahl 54 des Gebläses 32. Das Gebläse 32 weist eine Hall-Sonde auf, welches die Anzahl der Umdrehungen des Laufrads des Gebläses 32 pro Minute erfasst. Aus einem Signal der Hallsonde wird der erste Brennerleistungsparameter 68 ermittelt. Der zweite Brennerleistungsparameter 70 ist ein Gebläsesteuersignal 71. Das Gebläsesteuersignal 71 ist ein pwm-Signal, welches von der Steuereinheit 18 an das Gebläse 32 gesendet wird. Der zweite Brennerleistungsparameter 70 entspricht einer dem Gebläse 32 zur Verfügung gestellten Leistung. Eine gewünschte Gebläsedrehzahl 54 wird durch einen Regelkreis eingestellt, bei dem der zweite Brennerleistungsparameter 70 so variiert wird, dass der erste Brennerleistungsparameter 68 den Wert der gewünschten Gebläsedrehzahl 54 annimmt.

[0043] Im Zündbetrieb 56 wird die Leistungsanforderung 64 mit einem Startleistungsbereich 72 verglichen. Der Startleistungsbereich 72 ist eine Menge von möglichen Startleistungen 74, bei denen ein besonders vorteilhafter Zündbetrieb 56 möglich ist. Insbesondere ist mit einer Startleistung 74 auf dem Startleistungsbereich 72 ein leiser und sicherer Zündbetrieb 56 möglich. Die Startleistung 74 so aus dem Startleistungsbereich 72 gewählt, dass sie so nahe wie möglich an der Leistungsanforderung 64 liegt.

[0044] Im Ausführungsbeispiel ist der Startleistungsbereich 72 ein Startleistungsintervall 76. Das Startleistungsintervall 76 weist eine minimale Startleistung 78 und eine maximale Startleistung 80 auf. Liegt die Leistungsanforderung 64 innerhalb des Startleistungsintervalls 76, wird als Startleistung 74 die Leistungsanforderung 64 gewählt. Im Zündbetrieb 56 wird die gewünschte Gebläsedrehzahl 54 bzw. der erste Brennerleistungsparameter 68 so schnell wie möglich auf die Leistungsanforderung 64 gestellt.

[0045] Ist die Leistungsanforderung 64 größer als die maximale 80 Startleistung, wird als Startleistung 74 die maximale Startleistung 80 gewählt. Ist die Leistungsanforderung 64 kleiner als die minimale Startleistung 78, wird als Startleistung 74 die minimale Startleistung 78 gewählt. Im Zündbetrieb 56 wird die gewünschte Gebläsedrehzahl 54 bzw. der erste Brennerleistungsparameter 68 so schnell wie möglich auf die Leistungsanforderung 64 gestellt. Nach einer Zündung des Brennstoff-Luft-Gemischs wird die gewünschte Gebläsedrehzahl 54 bzw. der erste Brennerleistungsparameter 68 auf die Leistungsanforderung 64 moduliert. Die Änderung der gewünschten Gebläsedrehzahl 54 bzw. des ersten Brennerleistungsparameter 68 von der Startleistung 74 auf die Leistungsanforderung 64 wird dabei so durchgeführt, dass das Heizsystem 46 leise und sicher betrieben werden kann.

[0046] Figur 3 illustriert einen zeitlichen Verlauf des ersten Brennerleistungsparameters 68 für drei unterschiedliche Zündbetriebe 56a, 56b, 56c mit jeweils unterschiedlichen Leistungsanforderungen 64. Eine erste Abszissenachse 82 zeigt eine Zeit. Die erste Abszissenachse 82 ist an zwei Stellen unterbrochen und zeigt Zeitabschnitte, in denen ein Zündbetrieb 56a, 56c oder 56c durchgeführt wird. Auf einer ersten Ordinatenachse 84 ist der erste Brennerleistungsparameter 68 dargestellt. Im Zündbetrieb 56a liegt die Leistungsanforderung 64 Startleistungsintervall 76. Im Zündbetrieb 56b liegt die Leistungsanforderung 64 über der maximalen Startleistung 80. Der erste Brennerleistungsparameter 68 wird zunächst so schnell wie möglich auf die maximale Startleistung 80 erhöht. Der erste Brennerleistungsparameter 68 wird solange konstant gehalten, bis eine Zündung er-

folgt ist. Im Ausführungsbeispiel wird eine Zündung mithilfe der Ionisationssonde 42 erfasst (siehe unten). Anschließend wird der erste Brennerleistungsparameter 68 mit einer linearen Rampe auf den Wert der Leistungsanforderung 64 gestellt. Im Ausführungsbeispiel wird das Heizsystem 46 dabei im Closed-Loop-Modus 60 (siehe unten) betrieben, um bei der Verbrennung entstehende Emissionen zu minimieren. Der erste Brennerleistungsparameter 68 wird daher mit einer solchen Geschwindigkeit erhöht, dass ein stabiler Closed-Loop-Modus 60 möglich ist. In alternativen Varianten ist es möglich, dass der erste Brennerleistungsparameter 68 mithilfe eines in der Steuereinheit 18 hinterlegten zeitlichen Verlaufs gewählt wird. Beispielsweise ist es denkbar, dass in der Steuereinheit 18 ein Zusammenhang bzw. eine Kennlinie hinterlegt ist, welche der Leistungsanforderung 64 eine passende Steigung für eine Erhöhung bzw. Senkung des Brennerleistungsparameters 68 nach der Zündung zuordnet. Im Zündbetrieb 56c liegt die Leistungsanforderung 64 unter der minimalen Startleistung 78. Der erste Brennerleistungsparameter 68 zunächst so schnell wie möglich auf die minimale Startleistung 78 erhöht. Nach der Zündung wird der erste Brennerleistungsparameter 68 mit einer linearen Rampe auf den Wert der Leistungsanforderung 64 gesenkt.

[0047] Im Ausführungsbeispiel ist der Startleistungsbereich 72 ein Startleistungsintervall 76. In alternativen Ausführungsformen ist der Startleistungsbereich 72 eine Menge von diskreten Leistungspunkten und/oder wenigstens einem Leistungsintervall. Insbesondere ist es denkbar, dass der Startleistungsbereich 72 eine erste Startleistung und eine zweite Startleistung aufweist. Die Wahl des Startleistungsbereichs 72 richtet sich an den technischen Eigenschaften des Heizsystems 46 und ist so gewählt, dass das Heizsystem 46 stets wie gewünscht betrieben werden kann. Insbesondere ist der Startleistungsbereich 72 so gewählt dass das Heizsystem 46 mit einem leisen und sicheren Zündbetrieb 56 betrieben werden kann. Vorteilhaft wird der Startleistungsbereich 72 in Labortests festgelegt und in der Steuereinheit 18 hinterlegt. Es ist auch denkbar, dass der Startleistungsbereich 72 im Betrieb des Heizsystems 46 aktualisiert wird. Beispielsweise kann der Zündbetrieb 56 in einer speziellen Betriebsphase kalibriert werden, und der Startleistungsbereich 72, falls notwendig, aktualisiert werden.

[0048] Im Zündbetrieb 56 wird im Ausführungsbeispiel das Brennstoffventil 44 aufgedreht, sobald der erste Brennerleistungsparameter 68 weitgehend den Wert der Startleistung 74 erreicht hat. Figur 4 zeigt den zeitlichen Verlauf eines Ventilsteuersignals 86. Eine zweite Abszissenachse 88 bildet eine Zeit ab. Eine zweite Ordinatenachse 90 zeigt das Ventilsteuersignal 86 und einen Ionisationsstrom 92.

[0049] Das Ventilsteuersignal 86 ist ein Steuersignal, welches an das Brennstoffventil 44 gesendet wird und eine gewünschte Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 beschreibt. Das Ventilsteuersignal 86 kann durch eine Angabe der gewünschten Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 charakterisiert werden. Die gewünschte Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 wird im Ausführungsbeispiel mit einer Prozentangabe zwischen 0 % und 100 % beschrieben, wobei eine Öffnungsweite von 0 % einem vollständig geschlossenen Brennstoffventil 44 entspricht und eine Öffnungsweite von 100 % einem vollständig geöffneten Brennstoffventil 44 entspricht. Mit "erhöhen bzw. senken des Ventilsteuersignals 86" ist gemeint, dass das Ventilsteuersignal 86 so geändert wird, dass die gewünschte Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 im Vergleich zur einer letzten gewünschten Öffnungsweite des Brennstoffventils 44 erhöht bzw. gesenkt wird. Das Ventilsteuersignal 86 ist eine Fluidzufuhrkenngröße 94.

[0050] Der Ionisationsstrom 92 ist ein von der Ionisationssonde 42 an der Flamme 40 des Brenners 28 gemessener elektrischer Strom. Der Ionisationsstrom 92 ist eine Verbrennungskenngröße 96. Der erfasste Ionisationsstrom 92 wird von der Steuereinheit 18 empfangen. Im Ausführungsbeispiel wird der Ionisationsstrom 92 weitgehend kontinuierlich erfasst. Der Ionisationsstrom 92 wird zumindest abschnittsweise als eine Funktion der Zeit in der Steuereinheit 18 gespeichert.

[0051] Zunächst wird die Fluidzufuhrkenngröße 94 so schnell wie möglich auf einen Startwert 98 gebracht. In Figur 4 beträgt beträgt der Startwert 98 30 %. Der Startwert 98 wird bei einer Inbetriebnahme bzw. bei einem ersten Zündbetrieb 56 in Abhängigkeit des ersten Brennerleistungsparameters 68 bzw. in Abhängigkeit der Startleistung 74 ermittelt. In der Steuereinheit 18 ist eine Startwertkennlinie hinterlegt, welche dem ersten Brennerleistungsparameter 68 den Startwert 98 zuordnet. Der Startwert 98 wird dabei so gewählt, dass bei den vorliegenden Brennerleistungsparameter 68 ein nicht zündfähiges Brennstoff-Luft-Gemisch entsteht. Die Startwertkennlinie wurde empirisch in Laborversuchen ermittelt. Bei späteren Zündbetrieben 56 wird der Startwert 98 anhand von vorherigen Zündbetrieb 62 ermittelt (siehe unten).

[0052] Anschließend wird die Fluidzufuhrkenngröße 94 linear mit einem Steigungswert 100 erhöht. Figur vier beträgt der Steigungswert 100 15 % pro Sekunde. Der Steigungswert 100 wird in Abhängigkeit vom Betriebskennwert 66 ermittelt, wobei der Betriebskennwert 66 vor dem Zündbetrieb 56 erfasst wird. Bei der Inbetriebnahme bzw. beim ersten Zündbetrieb 56 wird der Betriebskennwert 66 in Abhängigkeit des ersten Brennerleistungsparameters 68 bzw. in Abhängigkeit der Startleistung 74 ermittelt. In der Steuereinheit 18 ist eine erste Steigungswertkennlinie hinterlegt, welche dem ersten Brennerleistungsparameter 68 den Steigungswert 100 zuordnet. Der Steigungswert 100 wird dabei so gewählt, dass unter typischen inneren und äußeren Bedingungen das Brennstoff-Luft-Gemisch nicht zu schnell zündet. Die erste Steigungswertkennlinie wurde empirisch in Laborversuchen ermittelt. Bei späteren Zündbetrieben 56 wird der Steigungswert 100 anhand von einem vorherigen Heizbetrieb 102 ermittelt. Ein vorheriger Heizbetrieb 102 kann

einen vorherigen Zündbetrieb 62 und/oder einen Closed-Loop-Modus 60 und/oder ein Herunterfahren 58 umfassen (siehe Figur 2). Im Vergleich zu einem aus dem vorherigen Heizbetrieb 102 ermittelten Steigungswert 100 ist ein aus der ersten Steigungswertkennlinie ermittelter Steigungswert 100 kleiner.

[0053] Die lineare Erhöhung der Fluidzufuhrkenngröße 94 wird bei einem Zündwert 104 gestoppt. Die Steuereinheit 18 überprüft den zeitlichen Verlauf der Verbrennungskenngröße 96. Sobald das Brennstoff-Luft-Gemisch zündet, liegt ein Ionisationsstrom 92 vor. Figur 4 zeigt den zeitlichen Verlauf des Ionisationsstroms 92 bzw. der Verbrennungskenngröße 96. Vor der Zündung hat der Ionisationsstrom 92 den Wert 0, es liegt kein Ionisationsstrom 92 vor. Bei der Zündung steigt der Ionisationsstrom 92 schnell an und erreicht zu einem ersten Zeitpunkt 106 ein Maximum. Anschließend fällt der Ionisationsstrom 92 ab und stabilisiert sich bei einem gewissen Wert. Die Steuereinheit ermittelt im Zündbetrieb 56 das Maximum des Ionisationsstrom 92 bzw. ersten Zeitpunkt 106. Sobald der erste Zeitpunkt 106 vorliegt, wird die lineare Erhöhung der Fluidzufuhrkenngröße 94 gestoppt. Der zum ersten Zeitpunkt vorliegende Wert der Fluidzufuhrkenngröße 94 ist der Zündwert 104. Anschließend wird die Fluidzufuhrkenngröße 94 weitgehend konstant auf dem Zündwert 104 gehalten. Im Ausführungsbeispiel beträgt der Zündwert 104 60 %. Der Zündwert 104 hängt im Allgemeinen von äußeren und inneren Bedingungen des Heizsystems ab. Insbesondere kann der Zündwert 104 einer Qualität eines im Heizsystem 46 verwendeten Brennstoffs und oder von der Leistungsanforderung 64 bzw. dem ersten Brennerleistungsparameter 68 abhängen.

[0054] Im Ausführungsbeispiel wird der Startwert 98 in Abhängigkeit von einem vorherigen Zündwert 108 ermittelt. Der vorherige Zündwert 108 wird in dem vorherigen Zündbetrieb 62 ermittelt. Figur 5 zeigt im zeitlichen Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße 94 und der Verbrennungskenngröße 96 bei einem vorherigen Zündbetrieb 62 und einem Zündbetrieb 56. Nach dem vorherigen Zündbetrieb 62 wird der vorherige Zündwert 108 mit einem vorherigen Startwert 110 verglichen. Weicht ein Betrag einer Differenz zwischen dem vorherigen Zündwert 108 und dem vorherigen Startwert 110 zu stark von einem Sicherheitsabstand 112 ab, wird der Startwert 98 Zündbetrieb 56 verändert. Der Sicherheitsabstand 112 ist ein in der Steuereinheit 18 hinterlegter kennen Wert welcher vom ersten Brennerleistungsparameter 68 abhängt. Der Sicherheitsabstand 112 als Funktion vom ersten Brennerleistungsparameter 68 wurde empirisch in Labortests ermittelt. Der Sicherheitsabstand 112 gewährleistet eine leise und sichere Zündung. In Figur fünf beträgt der Sicherheitsabstand 112 10 %. Unterscheidet sich der Betrag der Differenz zwischen dem vorherigen Zündwert 108 und dem vorherigen Startwert 110 um mehr als 4 % vom Sicherheitsabstand 112, wird im Zündbetrieb 56 der Startwert 98 im Vergleich zum vom vorherigen Startwert 110 verändert. Ist der Betrag der Differenz zwischen dem vorherigen Zündwert 108 und dem vorherigen Startwert 110 größer als der Sicherheitsabstand 112, wird der Startwert 98 aus der Summe vom vorherigen Startwert 110 und einem Veränderungsschritt 114 ermittelt. Ist der Betrag der Differenz zwischen dem vorherigen Zündwert 108 und dem vorherigen Startwert 110 kleiner als der Sicherheitsabstand 112, wird der Startwert 98 ermittelt in dem vom vorherigen Startwert 110 der Veränderungsschritt 114 abgezogen wird. Im Ausführungsbeispiel hängt der Veränderungsschritt 114 vom ersten Brennerleistungsparameter 68 ab. In Figur 5 beträgt der Veränderungsschritt 114 5 %. Auf diese Weise wird bei Wiederholung des Verfahrens der Startwert 98 iterativ so eingestellt, dass ein Abstand zwischen dem Startwert 98 und dem Zündwert 104 weitgehend dem Sicherheitsabstand 112 gleicht.

[0055] In alternativen Ausführungsformen wird ein erster Zeitabstand 116 zwischen einem zweiten Zeitpunkt 118 und einem dritten Zeitpunkt 120 mit einer gewünschten, in der Steuereinheit 18 hinterlegten Zünddauer 122 verglichen. In einer Variante des Ausführungsbeispiels beträgt die gewünschte Zünddauer 122 2 Sekunden. In weiteren Varianten beträgt die gewünschte Zünddauer 122 zwischen 0.1 Sekunden und 10 Sekunden, bevorzugt zwischen 1 Sekunde und 5 Sekunden. In weiteren Ausführungsformen hängt die Zünddauer 112 vom ersten Brennerleistungsparameter 68 ab. Die Zünddauer 112 ist empirisch so ermittelt, dass eine schnelle, leise und sichere Zündung gewährleistet ist. Ist der erste Zeitabstand 116 um wenigstens eine vorgegebene Schwelle kürzer als die Zünddauer 112, wird der Startwert 98 ermittelt, in dem vom vorherigen Startwert 110 ein Veränderungsschritt 114 abgezogen wird. Ist der erste Zeitabstand 116. wenigstens eine vorgegebene Schwelle länger als die hinter 112, wird der Startwert 98 ermittelt, indem auf den vorherigen Startwert 110 der Veränderungsschritt 114 addiert wird. Auf diese Weise wird der Startwert 98 iterativ so eingestellt dass der erste Zeitabstand 116 weitgehend der gewünschten Zünddauer 122 entspricht.

[0056] Figur 6 zeigt eine Zeitentwicklung des Startwert 98 bei drei unterschiedlichen Betriebsphasen 124a, 124b und 124c. Auf einer dritten Abszissenachse 126 ist eine Zeit aufgetragen. Auf einer dritten Ordinatenachse 127 ist der Startwert 98 gezeigt. In den drei unterschiedlichen Betriebsphasen 124 wird das Heizsystem 46 mit einem konstanten ersten Betriebsparameter 68 von 3000 betrieben. In jeder der drei unterschiedlichen Betriebsphasen 124 wurde das Heizsystem 46 mehrfach im Zündbetrieb 56 betrieben. In jeder der drei unterschiedlichen Betriebsphasen 124 wurde das Heizsystem 46 mit einem unterschiedlichen Brennstoff betrieben. Ansonsten liegen in jeder Betriebsphase Betriebsphase bei den einzelnen Zündbetrieb 56 weitgehend Konstante innere und äußere Bedingungen vor. Aus diesem Grund stabilisiert sich der in Abhängigkeit vom vorherigen Zündwert 108 ermittelte Startwert 98 bei einem festen Wert. In der Betriebsphase 124a ist der Brennstoff einen Brennerprüf-

gas G25. Ein erster Startwert 98a beträgt 43 %. In der Betriebsphase 124b ist der Brennstoff ein Brennerprüfgas G271. Das Brennerprüfgas G271 ist magerer als das Brennerprüfgas G25. Das Brennerprüfgas G271 hat einen geringeren Heizwert als das Brennerprüfgas G25. Ein zweiter Startwert 98b beträgt 48 %. In der Betriebsphase 124c ist der Brennstoff ein Brennerprüfgas G21. Das Brennerprüfgas G21 ist fetter als das Brennerprüfgas G25. Das Brennerprüfgas G21 hat einen größeren Heizwert als das Brennerprüfgas G25. Ein dritter Startwert 98c beträgt 38 %.

[0057] Ein mithilfe des vorherigen Zündwert 108 ermittelter Startwert 98 hängt von der Qualität des Brennstoffs ab. Im Ausführungsbeispiel hat der Brennstoff einen umso geringeren Heizwert, je größer der Startwert 98 ist. Der Startwert 98 kann als Betriebskennwert 66 eingesetzt werden. Es ist denkbar, dass eine Differenz aus dem vorherigen Zündwert 108 und dem vorherigen Startwert 110 als Betriebskennwert 66 eingesetzt wird, insbesondere unter Berücksichtigung des Sicherheitsabstandes 112. Es ist auch denkbar, dass ein erster Zeitabstand 116 als Betriebskennwert 66 eingesetzt wird, insbesondere unter Berücksichtigung der gewünschten Zünddauer 112.

[0058] Im Ausführungsbeispiel wird der Steigungswert 100 in Abhängigkeit vom Startwert 98 gewählt. Der Startwert 98 wird mit dem vorherigen Startwert 110 verglichen. Die Differenz zwischen dem Startwert 98 und dem vorherigen Startwert 110 ist ein Betriebskennwert 66. Im Ausführungsbeispiel wird der Steigungswert 100 in Abhängigkeit von einem Betrag einer Differenz zwischen dem vorherigen Startwert 110 und dem Startwert 98 ermittelt. In der Steuereinheit 18 ist ein linearer Zusammenhang hinterlegt, welcher den Betrag der Differenz zwischen dem vorherigen Startwert 110 und dem Startwert 98 eine Steigungswertänderung zuordnet. Beträgt der Betrag der Differenz zwischen dem vorherigen Startwert 110 und dem Startwert 98 0, wird dem eine Steigungswertänderung von 0 zugeordnet. Beträgt der Betrag der Differenz zwischen den vorherigen Startwert 110 und dem Startwert 98 1 %, so wird dem eine Steigungswertänderung von 0.5 % pro Sekunde zugeordnet. Je größer der Betrag der Differenz zwischen dem vorherigen Startwert 110 und dem Startwert 98, umso größer die Steigungswertänderung. Ist der Startwert 98 größer als der vorherige Startwert 110, wird der Steigungswert 100 ermittelt, in dem auf einen vorherigen Steigungswert 128 die Steigungswertänderung addiert wird. Ist der Startwert 98 kleiner als der vorherige Startwert 110, wird der Steigungswert 100 ermittelt, in dem vom vorherigen Steigungswert 128 die Steigungswertänderung subtrahiert wird.

[0059] In Varianten wird ein beliebiger anderer funktionaler Zusammenhang verwendet, welcher der Differenz zwischen dem vorherigen Startwert 110 und dem Startwert 98 die Steigungswertänderung zuordnet. Die Art des funktionalen Zusammenhangs richtet sich nach den technischen Eigenschaften des Heizsystems 46. Bevorzugt wird der funktionale Zusammenhang empirisch in Labortests ermittelt.

[0060] In weiteren Varianten der Ausführungsform ist in der Steuereinheit 18 eine zweite Steigungswertkennlinie hinterlegt. Die zweite Steigungswertkennlinie ordnet dem Startwert 110 den Steigungswert 100 zu. Die zweite Steigungswertkennlinie wird bevorzugt in Laborversuchen empirisch ermittelt.

[0061] Figur 7 zeigt den zeitlichen Verlauf des Ventilsteuersignals 86 bei drei unterschiedlichen Zündbetrieben 56d, 56e und 56f. Im Zündbetrieb 56d ist der Brennstoff das Brennerprüfgas G25. Der Steigungswert 100 beträgt 7.5 % pro Sekunde. Im Zündbetrieb 56e ist der Brennstoff das Brennerprüfgas G271. Der Steigungswert 100 beträgt 10 % pro Sekunde. Im Zündbetrieb 56f ist der Brennstoff das Brennerprüfgas G21. Der Steigungswert 100 beträgt 5 % pro Sekunde.

[0062] In weiteren Ausführungsformen wird der Betriebskennwert 66 in Abhängigkeit von einem zeitlichen Verlauf der Fluidzufuhrkenngröße 94 ermittelt. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird die Fluidzufuhrkenngröße 94 in einem vorherigen Zündbetrieb 102 zunächst auf einen vorherigen Zündwert 108 eingestellt. Anschließend wird das Heizsystem 46 in einem Closed-Loop-Modus 60 betrieben. Im Closed-Loop-Modus 60 wird die Fluidzufuhrkenngröße 94 auf einen Regelwert 130 geregelt. In der bevorzugten Ausführungsform wird der Betriebskennwert 66 ermittelt, indem der vorherige Zündwert 108 vom Regelwert 130 subtrahiert wird.

[0063] Im Closed-Loop-Modus 60 wird die Gebläsedrehzahl 54 bzw. der erste Brennerleistungsparameter 68 weitgehend konstant gehalten. Das Ventilsteuersignal 86 wird so eingestellt, dass der Ionisationsstrom 92 weitgehend den Wert einer Sollionisation annimmt. Im Closed-Loop-Modus 60 wird der erfasste Ionisationsstrom 92 weitgehend kontinuierlich mit der Sollionisation verglichen. In alternativen Ausführungsformen wird der aktuelle Ionisationsstrom 92 in Zeitintervallen mit der Sollionisation verglichen, bevorzugt periodisch. Bevorzugt sind die Zeitintervalle kurz gegenüber für eine Regelung und/oder Steuerung des Heizsystems 46 typischen Zeitskalen, beispielsweise zwischen 10 ms und 10.000 ms, insbesondere zwischen 100 ms und 1000 ms. Die Sollionisation hängt von der Gebläsedrehzahl 54 ab. In der bevorzugten Ausführungsform wird die benötigte Sollionisation abhängig von der Gebläsedrehzahl 54 durch eine in der Steuereinheit 18 hinterlegte Sollionisationkennlinie ermittelt. Die Sollionisationskennlinie wird durch Laborversuche ermittelt und an die Anforderungen des Heizsystems 46 angepasst. Es ist denkbar, dass die Sollionisationkennlinie bzw. die Sollionisation durch besondere Verfahren im Betrieb des Heizsystems 46 ermittelt wird, insbesondere durch Verfahren zum Kalibrieren des Heizsystems 46. Die Sollionisation ist eine Sollverbrennungskenngröße.

[0064] Ist der aktuell erfasste Ionisationsstrom 92 kleiner als die Sollionisation, wird im Ausführungsbeispiel

das Ventilsteuersignal 86 erhöht. Ist der aktuelle Ionisationsstrom 92 größer als die Sollionisation, wird das Ventilsteuersignal 86 gesenkt. Im Ausführungsbeispiel wird das Ventilsteuersignal 86 umso stärker erhöht bzw. gesenkt, je größer die Abweichung des aktuellen Ionisationsstroms 92 von der Sollionisation ist. In der Steuereinheit 18 ist ein linearer Zusammenhang hinterlegt, welche einer Differenz des Ionisationsstroms 92 zur Sollionisation eine Änderung des Ventilsteuersignals 86 zuordnet. Ist ein Betrag der Differenz des Ionisationsstroms 92 zur Sollionisation kleiner als eine Ionisationsschwelle, wird das Ventilsteuersignal 86 nicht verändert. Die Ionisationsschwelle ist ein in der Steuereinheit 18 hinterlegter Wert zur Berücksichtigung von Messungenauigkeiten bzw. eines Signalrauschen des erfassten Ionisationsstroms 92. Im Ausführungsbeispiel hängt die Ionisationsschwelle vom ersten Brennerleistungsparameter 68 ab.

[0065] In Varianten der bevorzugten Ausführungsform hat der in der Steuereinheit 18 hinterlegte Zusammenhang zwischen der Differenz des Ionisationsstrom 92 zur Sollionisation und der Änderung des Ventilsteuersignals 86 die Form einer beliebigen, monoton steigenden Funktion, insbesondere linear und/oder quadratisch und/oder exponentiell und/oder einer Potenzfunktion. In bevorzugten Ausführungsformen wird die Fluidzufuhrkenngröße 94 umso stärker verändert und/oder erhöht bzw. gesenkt, je größer die Abweichung der aktuelle erfassten Verbrennungskenngröße 96 von der Sollverbrennungskenngröße ist.

[0066] Durch eine Veränderung des Ventilsteuersignals 86 ändert sich ein Brennstoff-Luft-Verhältnis in einer dem Brenner 28 zugeführten Brennstoff-Luft-Mischung. Der erfasste Ionisationsstrom 92 ändert sich in Abhängigkeit von der Veränderung des Ventilsteuersignals 86. Auf diese Weise kann das Ventilsteuersignal 86 iterativ so verändert werden, dass der erfasste Ionisationsstrom 92 weitgehend der Sollionisation gleicht. Das eingestellte Ventilsteuersignal 86, bei dem der erfasste Ionisationsstrom 96 weitgehend der Sollionisation gleicht, wird von der Steuereinheit 18 als Regelwert 130 erfasst.

[0067] Figur 8 illustriert die besonders bevorzugte Ausführungsform. Figur 8 zeigt den zeitlichen Verlauf des Ionisationsstrom 92 und des Ventilsteuersignals 86. Zunächst findet ein vorheriger Zündbetrieb 62 statt. Nach der Zündung wird ab einem vierten Zeitpunkt 132 der Closed-Loop-Modus 60 gestartet. Das Ventilsteuersignal wird vom vorherigen Zündwert 108 auf den Regelwert 130 herunter geregelt. Ist der Regelwert 130 niedriger als der vorherige Zündwert 108, deutet das darauf hin, dass der Brennstoff einen höheren Heizwert hat, als angenommen. Ist der Regelwert 130 niedriger als der vorherige Zündwert 108, deutet das darauf hin, dass der vorherige Steigungswert 128 zu hoch ist. Ist der Regelwert 130 höher als der vorherige Zündwert 108, deutet das darauf hin, dass der Brennstoff einen geringeren Heizwert hat, als angenommen. Ist der Regelwert 130 höher als der vorherige Zündwert 108, deutet das darauf hin, dass der vorherige Steigung wird 128 zu niedrig ist.

[0068] Zur Bestimmung des Steigungswerts 100 für den Zündbetrieb 56 wird der Betriebskennwert 66 als Differenz zwischen dem vorherigen Zündwert 108 und dem Regelwert 130 bestimmt. Die Steuereinheit überprüft, ob der Betrag des Betriebskennwerts 66 größer ist als eine Kennwertschwelle. Die Kennwertschwelle ist ein in der Steuereinheit 18 hinterlegter, vom ersten Brennerleistungsparameter 68 abhängiger Kennwert. Mithilfe der Kennwertschwelle werden Messungenauigkeiten bzw. Messfehler und übliche Schwankungen des Ventilsteuersignals 86 berücksichtigt. Überschreitet der Betriebskennwert 66 die Kennwertschwelle nicht, wird der vorherige Steigungswert 128 als Steigungswert 100 verwendet. Überschreitet der Betriebskennwert 66 die Kennwertschwelle, wird der vorherige Steigungswert 128 neu berechnet. Der Steigungswert 100 wird mit einer analytischen Berechnungsmethode durch die Steuereinheit 18 so gewählt, dass die Fluidzufuhrkenngröße 86, ausgehend vom Startwert 98 nach der gewünschten Zünddauer 122 den Regelwert 130 annimmt (siehe Figur 8). Auf diese Weise wird ein Steigungswert 100 ermittelt der kleiner ist als der vorherige Steigungswert 128, falls der Regelwert 130 kleiner ist als der vorherige Zündwert 108. Ist der Regelwert 130 größer als der vorherige Zündwert 108, so wird ein Steigungswert 100 ermittelt, der größer ist als der vorherige Steigungswert 128.

[0069] In alternativen Ausführungsformen ist es denkbar, dass in der Steuereinheit 18 ein Zusammenhang hinterlegt ist der dem Betriebskennwert 66 den Steigungswert 100 bzw. die Steigungswertänderung zuordnet. Insbesondere ist ein linearer Zusammenhang denkbar, welcher den Betriebskennwert 66 eine Steigungswertänderung zuordnet. Der Betriebskennwert 66 kann berechnet werden, in dem vom Regelwert 130 der vorherige Zündwert 108 subtrahiert wird. Beträgt der Betriebskennwert 66 0, wird dem eine Steigungswertänderung von 0 zugeordnet. Beträgt der Betriebskennwert 66 1 %, so wird dem eine Steigungswertänderung von 0.5 % pro Sekunde zugeordnet. Je größer der Betriebskennwert 66, umso größer die Steigungswertänderung. Der Steigungswert 100 wird ermittelt, indem auf den vorherigen Steigungswert 128 die Steigungswertänderung addiert wird. Ist der Regelwert 130 kleiner als der vorherige Zündwert 108, so ist der Betriebskennwert 66 negativ. Der Steigungswert 100 wird im Vergleich zum vorherigen Steigungswert 128 verkleinert. Ist der Regelwert 130 größer als der vorherige Zündwert 108, so ist der Betriebskennwert 66 positiv. Der Steigungswert 100 wird im Vergleich zum vorherigen Steigungswert 128 vergrößert. In weiteren Ausführungsformen können beliebige andere funktionale Zusammenhänge zwischen dem Betriebskennwert 66 dem Steigungswert 100 verwendet werden. Die Art des funktionalen Zusammenhangs richtet sich nach den technischen Eigenschaften des Heizsystems 46.

[0070] In weiteren Varianten wird im vorherigen Heizbetrieb 102 eine vorübergehende zeitliche Fluidzufuhränderung 134 der Fluidzufuhrkenngröße 94 erzeugt

und der Betriebskennwert 66 in Abhängigkeit von einer mit der Fluidzufuhränderung 134 korrelierten zeitlichen Verbrennungskenngrößenänderung 136 der Verbrennungskenngröße 96 ermittelt. Diese Varianten werden bevorzugt bei einem weitgehend konstanten ersten Brennerleistungsparameter 68 durchgeführt.

[0071] Figur 9 illustriert eine Fluidzufuhränderung 134 des Ventilsteuersignals 86 und eine Verbrennungskenngrößenänderung 136 des Ionisationsstroms 92 während eines Closed-Loop-Modus 60. Bei der Fluidzufuhränderung 134 wird das weitgehend konstante Ventilsteuersignal 86 so schnell wie möglich um eine Pulshöhe 138 erhöht und nach einer Pulsbreite 140 so schnell wie möglich wieder auf einen Ausgangswert des Ventilsteuersignals 86 gesenkt. Die Pulshöhe 138 wird in Abhängigkeit des ersten Brennerleistungsparameters 68 gewählt. In Figur 9 beträgt die Pulshöhe 138 5 %. In Abhängigkeit vom ersten Brennerleistungsparameter 68 kann die Pulshöhe 138 Werte zwischen 0.5 % und 20 % annehmen. Die Pulsbreite 140 beträgt in Figur 9 40 ms. In alternativen Ausführungsformen hat die Pulsbreite 140 Werte zwischen 1 ms und 2000 ms, insbesondere zwischen 10 ms und 200 ms, bevorzugt 100 ms.

[0072] Die Fluidzufuhränderung 134 hat die Verbrennungskenngrößenänderung 136 zur Folge. Die Verbrennungskenngrößenänderung 136 ist mit einem Heizwert des Brennstoffs korreliert. Je größer der Heizwert des Brennstoffs, umso kleiner eine erste Signalhöhe 142 bzw. erste Signalfläche 144 der Verbrennungskenngrößenänderung 136. Je größer der Heizwert des Brennstoffs, umso geringer sollte der Steigungswert 100 sein. In Varianten des Verfahrens ist der Betriebskennwert 66 eine erste Signalhöhe 142 und/oder eine erste Signalfläche 144 der Verbrennungskenngrößenänderung 136. Auf diese Weise kann der Steigungswert 100 auf den Heizwert des Brennstoffs angepasst werden. Die Steuereinheit 18 weist einen Zusammenhang auf, der dem Betriebskennwert 66 den Steigungswert 100 bzw. die Steigungswertänderung zuordnet. Bevorzugt ist der Steigungswert 100 bzw. Steigungswertänderung umso kleiner, je größer der Betriebskennwert 66 ist.

[0073] Die Verbrennungskenngrößenänderung 136 hängt auch von der Stärke der Fluidzufuhränderung 134 ab. In bevorzugten Ausführungsformen ist der Betriebskennwert 66 die erste Signalhöhe 142 geteilt durch die Pulshöhe 138. In weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist der Betriebskennwert 66 die erste Signalfläche 144 geteilt durch eine Pulsfläche 146.

[0074] In weiteren Varianten, in welchem das Heizsystem 46 dazu vorgesehen ist mit einer endlichen Anzahl von unterschiedlichen Brennstoffsorten betrieben zu werden, insbesondere mit zwei unterschiedlichen Brennstoffsorten, weist die Steuereinheit 18 unterschiedliche Sätze von Betriebsparametern auf, welche jeweils für den Betrieb mit einer Brennstoffsorte vorgesehen sind. Wird das Heizsystem 46 mit einem bestimmten Satz an Betriebsparametern betrieben und eine Fluidzufuhrkenngröße 94 und/oder ein erster Brennerleistungsparameter 68 variiert, so wird sich die Verbrennungskenngröße 96 in Abhängigkeit davon, ob der Satz an Betriebsparametern zum verwendeten Brennstoffs passt, unterschiedlich verhalten. Aus dem Verhalten der Verbrennungskenngröße 96 sind Rückschlüsse auf die verwendete Brennstoffsorte möglich. Insbesondere bei zwei unterschiedlichen Brennstoffsorten lässt sich auf diese Weise die Brennstoffsorte schnell und zuverlässig bestimmen. In solchen Varianten kann der Betriebskennwert 66 ein Steigungswert 100 sein, welcher in Abhängigkeit von der Brennstoffsorte in der Steuereinheit 18 hinterlegt ist.

[0075] In weiteren Varianten wird der erste Brennerleistungsparameter 68 in einem vorherigen Heizbetrieb 102 konstant gehalten. Es wird eine vorübergehende Fluidzufuhränderung 134 erzeugt und eine Brennerleistungsparameteränderung 148 erfasst. In bevorzugten Varianten ist der erste Brennerleistungsparameter 68 die erfasste Gebläsedrehzahl 54 und der zweite Brennerleistungsparameter 70 ein pwm-Signal, welches von der Steuereinheit 18 an das Gebläse 32 gesendet wird. Der zweite Brennerleistungsparameter 70 entspricht der dem Gebläse 32 zur Verfügung gestellten Leistung. Durch die Fluidzufuhränderung 134 wird kurzzeitig ein Brennstoffanteil in einem durch das Gebläse 32 transportierten Brennstoff-Luft-Gemisch erhöht. Ist eine Massendichte des Brennstoffs größer als die Massendichte von Luft, so erhöht sich kurzzeitig der Massenfluss durch das Gebläse 32. Um den ersten Brennerleistungsparameter 68 konstant zu halten, benötigt das Gebläse 32 kurzzeitig eine höhere Leistung. Der zweite Brennerleistungsparameter 70 steigt kurzzeitig an, was Brennerleistungsparameteränderung 148 mit einer positiven zweiten Signalhöhe 150 zur Folge hat. Figur 10 zeigt eine Fluidzufuhränderung 134 und eine positive Brennerleistungsparameteränderung 148. Auf einer vierten Abszissenachse 154 ist eine Zeit dargestellt. Auf einer vierten Ordinatenachse 156 ist das Ventilsteuersignal 86 und der zweite Brennerleistungsparameter 70 abgebildet.

[0076] Ist die Massendichte des Brennstoffs geringer als die Massendichte von Luft, so sinkt kurzzeitig der Massenfluss durch das Gebläse 32. Das Gebläse 32 benötigt kurzzeitig eine geringere Leistung. Der zweite Brennerleistungsparameter 70 fällt kurzzeitig ab. Das hat eine negative zweite Signalhöhe 150 der Brennerleistungsparameteränderung 148 zur Folge.

[0077] Die zweite Signalhöhe 150 bzw. eine zweite Signalfläche 152 (siehe Figur 10) sind mit der Massendichte des Brennstoffs korreliert. Die Massendichte des Brennstoffs erlaubt Rückschlüsse auf eine Brennstoffsorte und/oder auf einen Heizwert des Brennstoffs. In solchen Varianten des Verfahrens ist der Betriebskennwert 66 eine zweite Signalhöhe 150 und/oder eine zweite Signalfläche 152 der Brennerleistungsparameteränderung 148. Auf diese Weise kann der Steigungswert 100 auf die Massendichte und/oder mittelbar oder unmittelbar auf den Heizwert des Brennstoffs angepasst werden. Die Steuereinheit 18 weist einen Zusammen-

hang auf, der dem Betriebskennwert 66 den Steigungswert 100 bzw. die Steigungswertänderung zuordnet. Bevorzugt ist der Steigungswert 100 bzw. Steigungswertänderung umso kleiner, je größer der Betriebskennwert 66 ist.

[0078] Die Brennerleistungsparameteränderung 148 hängt auch von der Stärke der Fluidzufuhränderung 134 ab. In bevorzugten Ausführungsformen ist der Betriebskennwert 66 die zweite Signalhöhe 150 geteilt durch die Pulshöhe 138. In weiteren bevorzugten Ausführungsformen ist der Betriebskennwert 66 die zweite Signalfläche 152 geteilt durch eine Pulsfläche 146.

[0079] In den oben dargestellten Ausführungsformen sind unterschiedliche Methoden zur Ermittlung des Betriebskennwert 66 dargestellt. Es ist denkbar, dass in besonderen Ausführungsformen mehrere unterschiedliche Methoden verwendet werden. Auf diese Weise ist es möglich, unterschiedlich ermittelte Betriebskennwert 66 miteinander zu vergleichen. Aus einem Vergleich unterschiedlich ermittelter Betriebskennwert 66 können Rückschlüsse auf einem Betriebszustand des Heizsystems 46 geschlossen werden. Es ist auch denkbar, dass unterschiedlich ermittelte Betriebskennwert 66 zur Überprüfung des Betriebskennwert 66 verwendet werden. Auf diese Weise lässt sich der Zündbetrieb 56 besonders präzise und zuverlässig steuern.

[0080] Im Ausführungsbeispiel und anderen Ausführungsformen wird abhängig vom Betriebskennwert 66 der Steigungswert 100 eingestellt. In Varianten ist es denkbar, dass der Startwert 98 in Abhängigkeit vom Betriebskennwert 66 gewählt wird. Wird beispielsweise der Steigungswert 100 in Abhängigkeit von einem Betriebskennwert 66, der aus einer einer Differenz zwischen einem vorherigen Zündwert 108 und einen Regelwert 130 ermittelt wird (siehe Figur 8), bestimmt, ist es denkbar, dass auch der Startwert 98 in Abhängigkeit vom Betriebskennwert 66 abhängt. Beispielsweise kann eine Änderung des Startwerts 98 im Vergleich zu einem vorherigen Startwert 110 proportional zum Betriebskennwert 66 sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Zündbetriebs (56) eines Heizsystems (46), wobei ein vor dem Zündbetrieb (56) erfasster Betriebskennwert (66) berücksichtigt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betriebskennwert (66) in einem vorherigen Heizbetrieb (102) ermittelt wird, wobei der Betriebskennwert (66) dazu geeignet ist, eine Qualität eines im Heizsystem (46) verwendeten Brennstoffs zu ermitteln, insbesondere einen Heizwert des Brennstoffs und/oder eine Brennstoffsorte des Brennstoffs, und/oder der Betriebskennwert (66) dazu geeignet ist, eine Leistungsanforderung (64) an das Heizsystem (46) zu ermitteln.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zündbetrieb (56) ein erster Brennerleistungsparameter (68) in Abhängigkeit vom Betriebskennwert (66) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zündbetrieb (56) der erste Brennerleistungsparameter (68) weitgehend einer Startleistung (74) gleicht, wobei die Startleistung (74) aus einem Startleistungsbereich (72), insbesondere einem Startleistungsintervall (76), so gewählt wird, dass die Startleistung (74) so nahe wie möglich an einer bzw. der Leistungsanforderung (64) liegt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Zündbetrieb (56) eine Fluidzufuhrkenngröße (94) zunächst auf einen Startwert (98) gebracht wird und anschließend erhöht wird, bevorzugt linear mit einem Steigungswert (100), bis ein Zündwert (104) der Fluidzufuhrkenngröße (94) erreicht ist, an dem sich eine Flamme (40) im Heizsystem (46) entzündet.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steigungswert (100) und/oder der Startwert (98) vom Betriebskennwert (66) abhängt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betriebskennwert (66) in Abhängigkeit von einem bzw. dem Startwert (98) der Fluidzufuhrkenngröße (94) im Zündbetrieb (56) und/oder in Abhängigkeit von einem vorherigen Startwert (98) in einem vorherigen Zündbetrieb (62) ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein bzw. der Startwert (98) in Abhängigkeit von einem vorherigen Zündwert (108) einer bzw. der Fluidzufuhrkenngröße (94) in einem bzw. dem vorherigen Zündbetrieb (62) ermittelt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betriebskennwert (66) in Abhängigkeit von einer Verbrennungskenngröße (96), beispielsweise einem Ionisationsstrom (92), ermittelt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betriebskennwert (66) in Abhängigkeit eines zeitlichen Verlaufs der Verbrennungskenngröße (96) nach einer Änderung der Fluidzufuhrkenngröße (94) und/oder eines ersten Brennerleistungsparameters (68) ermittelt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine vorübergehende, zeitliche Flu-

idzufuhränderung (134) der Fluidzufuhrkenngröße (94) erzeugt wird und der Betriebskennwert (66) in Abhängigkeit von einer mit der Fluidzufuhränderung (134) korrelierten zeitlichen Verbrennungskenngrößenänderung (136) der Verbrennungskenngröße (96) ermittelt wird.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betriebskennwert (66) in Abhängigkeit eines zeitlichen Verlaufs der Fluidzufuhrkenngröße (94) ermittelt wird, wobei das Heizsystem (46) nach einem vorherigen Zündbetrieb (62) in einem Closed-Loop-Modus (60) betrieben wurde.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fluidzufuhrkenngröße im einem vorherigen Zündbetrieb (62) auf einen vorherigen Zündwert (108) gestellt wird, anschließend im Closed-Loop-Modus (60) auf einen Regelwert (130) geregelt wird und der Betriebskennwert (66) aus einem Vergleich zwischen dem vorherigen Zündwert (108) und dem Regelwert (130) ermittelt wird, insbesondere einem Größenvergleich.

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betriebskennwert (66) in Abhängigkeit eines zeitlichen Verlaufs eines zweiten Brennerleistungsparameters (70) bei einem weitgehend konstanten ersten Brennerleistungsparameter (68) und nach einer Änderung der Fluidzufuhrkenngröße (94) ermittelt wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Brennerleistungsparameter (68) eine erfasste Gebläsedrehzahl (54) ist, welche durch einen Regelkreis durch ein Einstellen des zweiten Brennerleistungsparameters (70) konstant gehalten wird und der Betriebskennwert (66) in Abhängigkeit einer Brennerleistungsparameteränderung (148) des zweiten Brennerleistungsparameters (70) ermittelt wird, wobei die Brennerleistungsparameteränderung (148) mit einer vorübergehenden Fluidzufuhränderung (134) korreliert ist.

15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine bzw. die Fluidzufuhrkenngröße (94) ein Ventilsteuersignal (86) für ein Brennstoffventil (44) ist und/oder eine bzw. die Verbrennungskenngröße (96) ein Ionisationsstrom (92) ist und/oder ein bzw. der zweite Brennerleistungsparameter (70) ein Gebläsesteuersignal (71) ist.

16. Steuereinheit (18) für ein Heizsystem (46), wobei die Steuereinheit (18) dazu eingerichtet ist, dass ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausführbar ist.

17. Heizsystem (46) mit einer Steuereinheit (18) nach Anspruch 16, mit mindestens einem Brennstoffventil (44) für einen Brennstoff, mit einer Ionisationssonde (42) an einer Flamme (40) und mit einem Gebläse (32) mit variierbarer Gebläsedrehzahl (54).

Revendications

1. Procédé de commande d'un processus d'allumage (56) d'un système de chauffage (46), dans lequel une grandeur caractéristique de fonctionnement (66) détectée avant le processus d'allumage (56) est prise en compte,
caractérisé en ce que la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée dans un processus de chauffage antérieur (102), la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) étant adaptée pour déterminer une qualité d'un combustible utilisé dans le système de chauffage (46), en particulier une valeur calorifique du combustible et/ou un type de combustible du combustible, et/ou la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) étant adaptée pour déterminer une demande de puissance (64) pour le système de chauffage (46).

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** dans le processus d'allumage (56), un premier paramètre de puissance de brûleur (68) est déterminé en fonction de la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) .

3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** dans le processus d'allumage (56), le premier paramètre de puissance de brûleur (68) est largement égal à une puissance de démarrage (74), la puissance de démarrage (74) étant sélectionnée dans une plage de puissance de démarrage (72), en particulier un intervalle de puissance de démarrage (76), de telle sorte que la puissance de démarrage est aussi proche que possible d'une ou de la demande de puissance (64).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** dans le processus d'allumage (56), une grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94) est d'abord amenée à une valeur de démarrage (98) et est ensuite augmentée, de préférence de façon linéaire avec une valeur d'augmentation (100), jusqu'à ce qu'une valeur d'allumage (104) de la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94) à laquelle une flamme (40) s'allume dans le système de chauffage (46) soit atteinte.

5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la valeur d'augmentation (100) et/ou la valeur de démarrage (98) dépend(ent) de la grandeur ca-

ractéristique de fonctionnement (66).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée en fonction d'une ou de la valeur de démarrage (98) de la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94) dans le processus d'allumage (56) et/ou en fonction d'une valeur de démarrage précédente (98) dans un processus d'allumage précédent (62).

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une ou la valeur de démarrage (98) est déterminée en fonction d'une valeur d'allumage précédente (108) d'une ou de la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94) dans un ou le processus d'allumage précédent (62).

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée en fonction d'une grandeur caractéristique de combustion (96), par exemple d'un courant d'ionisation (92).

9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée en fonction d'une courbe de temps de la grandeur caractéristique de combustion (96) après une variation de la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94) et/ou d'un premier paramètre de puissance de brûleur (68).

10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'**une variation d'arrivée de fluide (134) temporelle provisoire de la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94) est générée, et la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée en fonction d'une variation de grandeur caractéristique de combustion (136) de la grandeur caractéristique de combustion (96), corrélée dans le temps avec la variation d'arrivée de fluide (134).

11. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée en fonction d'une courbe de temps de la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94), le système de chauffage (46) ayant fonctionné en boucle fermée (60) après un processus d'allumage précédent (62).

12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide est réglée sur une valeur d'allumage précédente (108) dans un processus d'allumage précédent (62), est ensuite réglée sur une valeur de régulation (130) en boucle fermée (60), et la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée à partir d'une comparaison entre la valeur d'allumage précédente (108) et la valeur de régulation (130), en particulier à partir d'une comparaison de grandeurs.

13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée en fonction d'une courbe de temps d'un deuxième paramètre de puissance de brûleur (70) avec un premier paramètre de puissance de brûleur (68) largement constant et après une variation de la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94).

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** le premier paramètre de puissance de brûleur (68) est une vitesse de rotation de soufflante détectée (54) qui est maintenue constante par une boucle d'asservissement par un réglage du deuxième paramètre de puissance de brûleur (70), et la grandeur caractéristique de fonctionnement (66) est déterminée en fonction d'une variation de paramètre de puissance de brûleur (148) du deuxième paramètre de puissance de brûleur (70), la variation de paramètre de puissance de brûleur (148) étant corrélée avec une variation d'arrivée de fluide provisoire (134).

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**une ou la grandeur caractéristique d'arrivée de fluide (94) est un signal de commande de soupape (86) pour une soupape de combustible (44), et/ou une ou la grandeur caractéristique de combustion (96) est un courant d'ionisation (92), et/ou un ou le deuxième paramètre de puissance de brûleur (70) est un signal de commande de soufflante (71).

16. Unité de commande (18) pour un système de chauffage (46), l'unité de commande (18) étant aménagée pour permettre l'exécution d'un procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

17. Système de chauffage (46) comprenant une unité de commande (18) selon la revendication 16, comprenant au moins une soupape de combustible (44) pour un combustible, une sonde d'ionisation (42) au niveau d'une flamme (40) et une vitesse de rotation de soufflante (54) variable par une soufflante (32).

Claims

1. Method for controlling an ignition operation (56) of a heating system (46), an operating parameter (66) recorded before the ignition operation (56) being taken into account, **characterized in that** the operating parameter (66) is determined in a previous heating operation (102), wherein the operating parameter

(66) is suitable for determining a quality of a fuel used in the heating system (46), in particular a calorific value of the fuel and/or a fuel type of the fuel, and/or the operating parameter (66) is suitable for determining an output requirement (64) for the heating system (46).

2. Method according to Claim 1, **characterized in that**, in the ignition operation (56), a first burner output parameter (68) is determined as a function of the operating parameter (66).

3. Method according to Claim 2, **characterized in that**, in the ignition operation (56), the first burner output parameter (68) largely equates to a starting output (74), wherein the starting output (74) is selected from a starting output range (72), in particular a starting output interval (76), such that the starting output (74) is as close as possible to an or the output requirement (64) .

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that**, in the ignition operation (56), a fluid supply characteristic value (94) is firstly brought to a starting value (98) and is then increased, preferably linearly with a slope value (100), until an ignition value (104) of the fluid supply characteristic value (94) is reached, at which a flame (40) in the heating system (46) ignites.

5. Method according to Claim 4, **characterized in that** the slope value (100) and/or the starting value (98) depend(s) on the operating parameter (66).

6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operating parameter (66) is determined as a function of a or the starting value (98) of the fluid supply characteristic value (94) in the ignition operation (56) and/or as a function of a previous starting value (98) in a previous ignition operation (62).

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a or the starting value (98) is determined as a function of a previous ignition value (100) of a or the fluid supply characteristic value (94) in a or the previous ignition operation (62).

8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operating parameter (66) is determined as a function of a combustion characteristic value (96), for example an ionization current (92).

9. Method according to Claim 8, **characterized in that** the operating parameter (66) is determined as a function of a time profile of the combustion characteristic value (96) after a change in the fluid supply characteristic value (94) and/or a first burner output parameter (68).

10. Method according to Claim 9, **characterized in that** a temporary fluid supply change (134) over time in the fluid supply characteristic value (94) is generated, and the operating parameter (66) is determined as a function of a combustion characteristic value change (136) over time in the combustion characteristic value (96) that is correlated with the fluid supply change (134).

11. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operating parameter (66) is determined as a function of a time profile of the fluid supply characteristic value (94), the heating system (46) having been operated in a closed-loop mode (60) after a previous ignition operation (62).

12. Method according to Claim 11, **characterized in that** the fluid supply characteristic value is set to a previous ignition value (108) in a previous ignition operation (62), is then regulated to a control value (130) in the closed-loop mode (60), and the operating parameter (66) is determined from a comparison between the previous ignition value (108) and the control value (130), in particular a magnitude comparison.

13. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operating parameter (66) is determined as a function of a time profile of a second burner output parameter (70) with a largely constant first burner output parameter (68) and following a change in the fluid supply characteristic value (94).

14. Method according to Claim 13, **characterized in that** the first burner output parameter (68) is a recorded fan rotational speed (54), which is kept constant by a control loop by adjusting the second burner output parameter (70), and the operating parameter (66) is determined as a function of a burner output parameter change (148) in the second burner output parameter (70), wherein the burner output parameter change (148) is correlated with a temporary fluid supply change (134).

15. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a or the fluid supply characteristic value (94) is a valve control signal (86) for a fuel valve (44) and/or a or the combustion characteristic value (96) is an ionization current (92) and/or a or the second burner output parameter (70) is a fan control signal (71).

16. Control unit (18) for a heating system (46), wherein the control unit (18) is set up in such a way that a method according to one of the preceding claims can

be carried out.

17. Heating system (46) having a control unit (18) according to Claim 16, having at least one fuel valve (44) for a fuel, having an ionization probe (42) on a flame (40) and having a fan (32) with a variable fan rotational speed (54).

Fig. 1

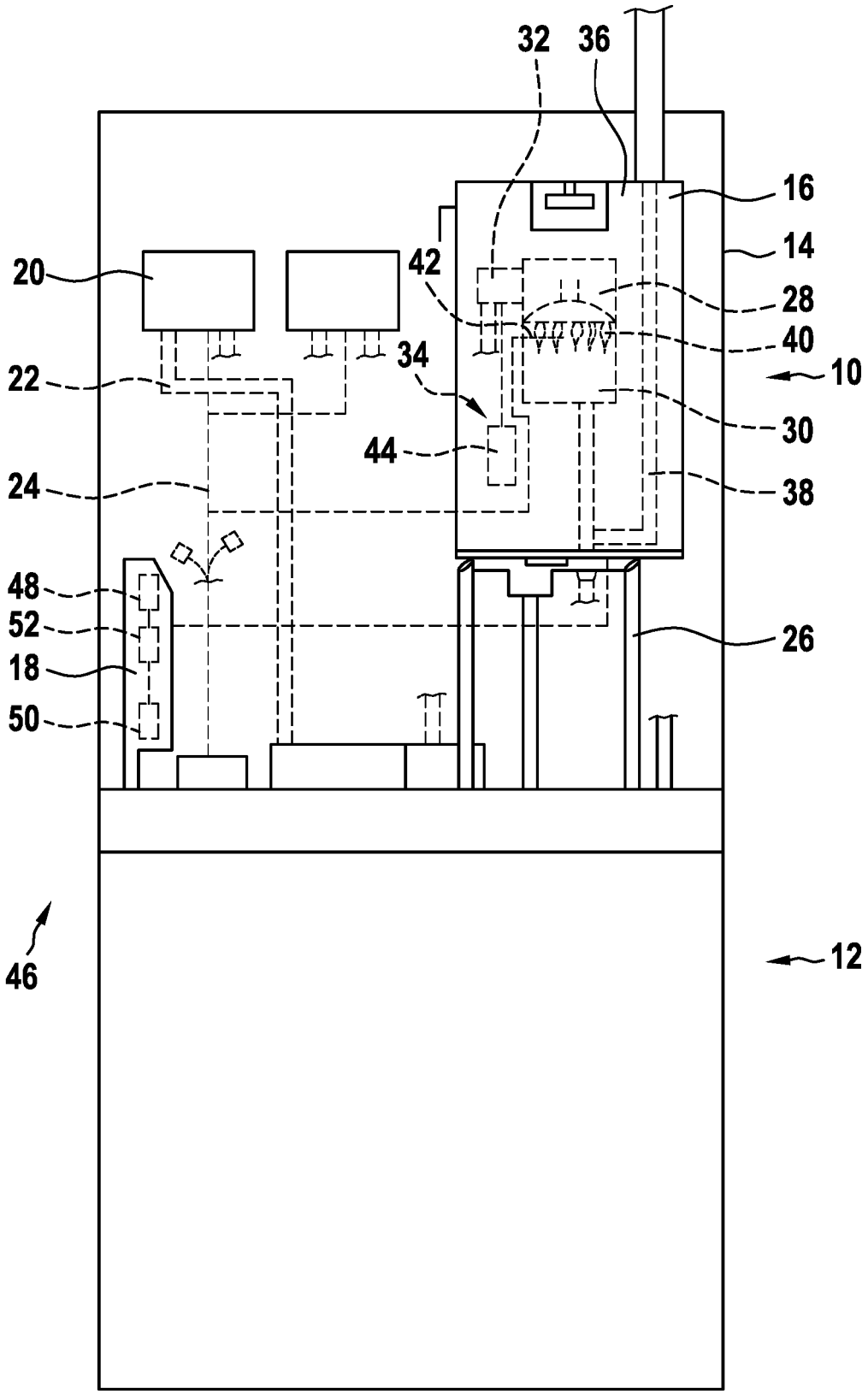


Fig. 2

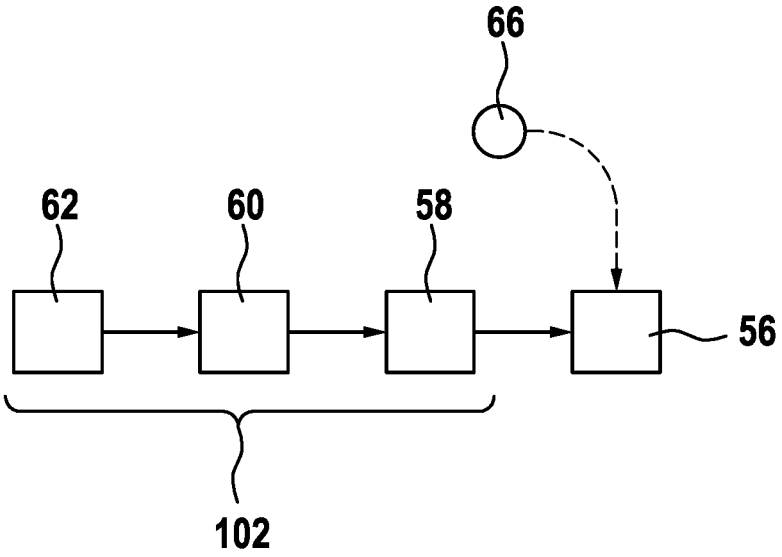

66
62
60
58
56
102

Fig. 3

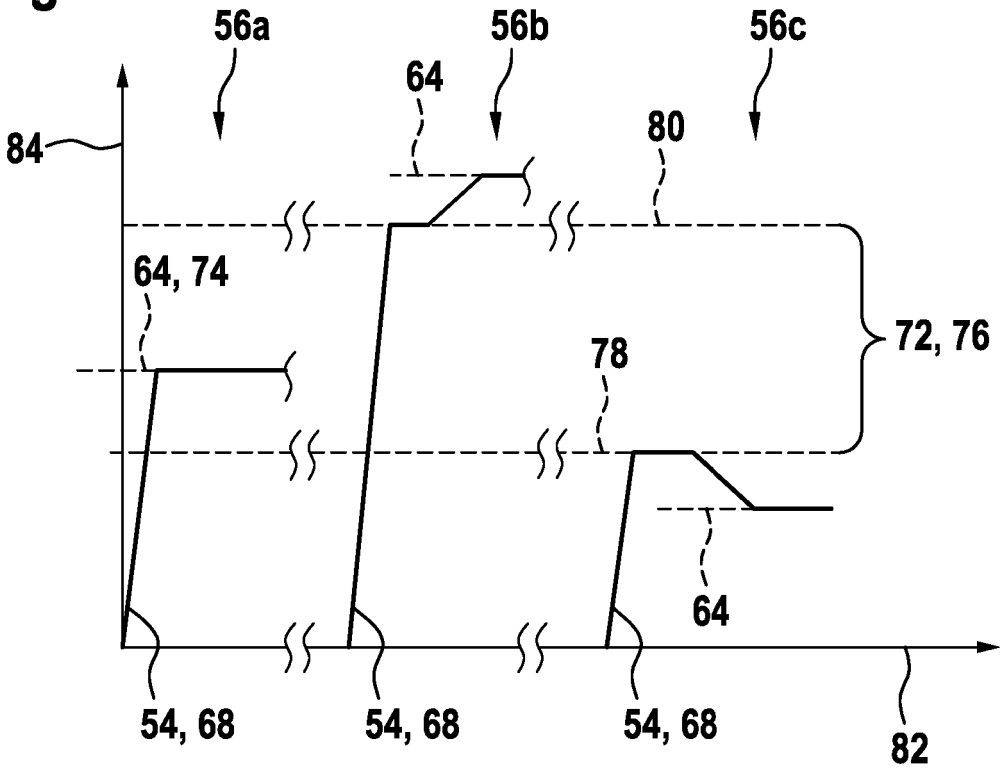

56a
56b
56c
64
84
80
64, 74
72, 76
78
64
54, 68
54, 68
54, 68
82

Fig. 4

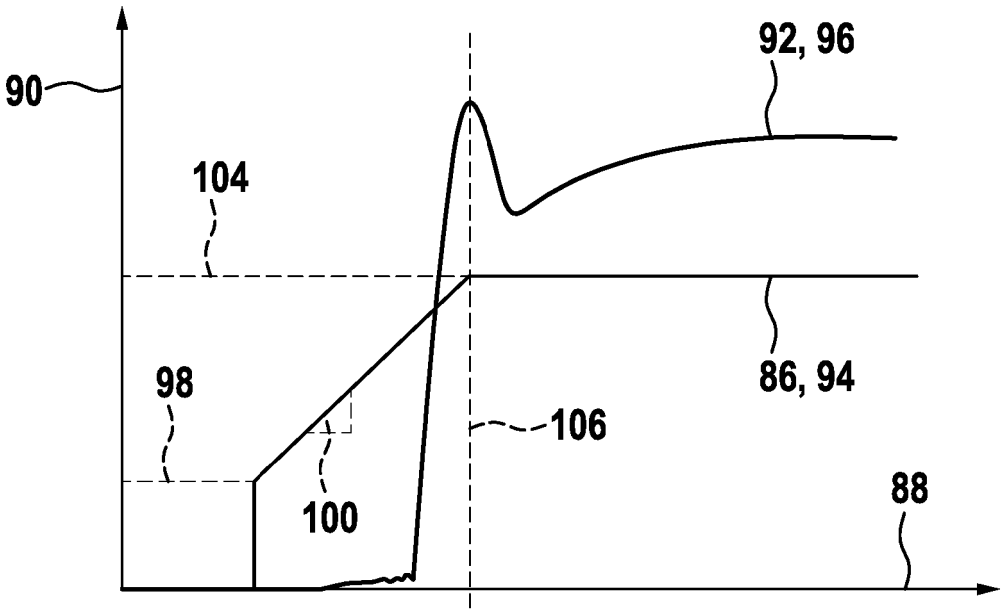

90
92, 96
104
86, 94
98
106
100
88

Fig. 5

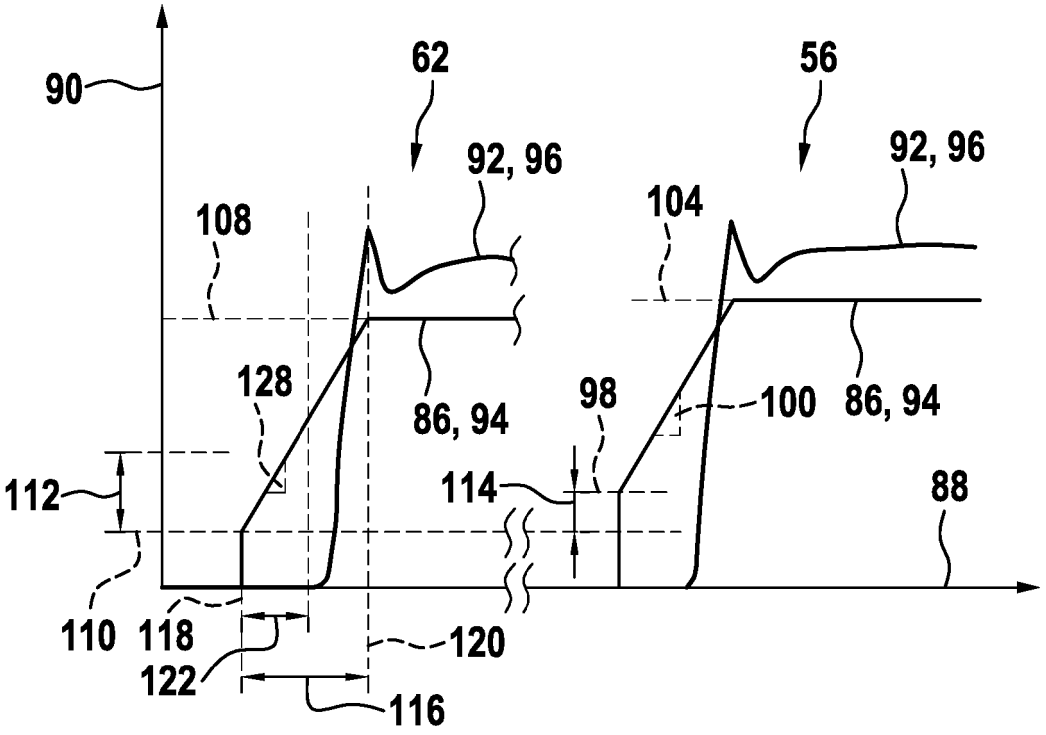

90
62
56
92, 96
92, 96
108
104
128
86, 94
98
100
86, 94
112
114
88
110
118
120
122
116

Fig. 6

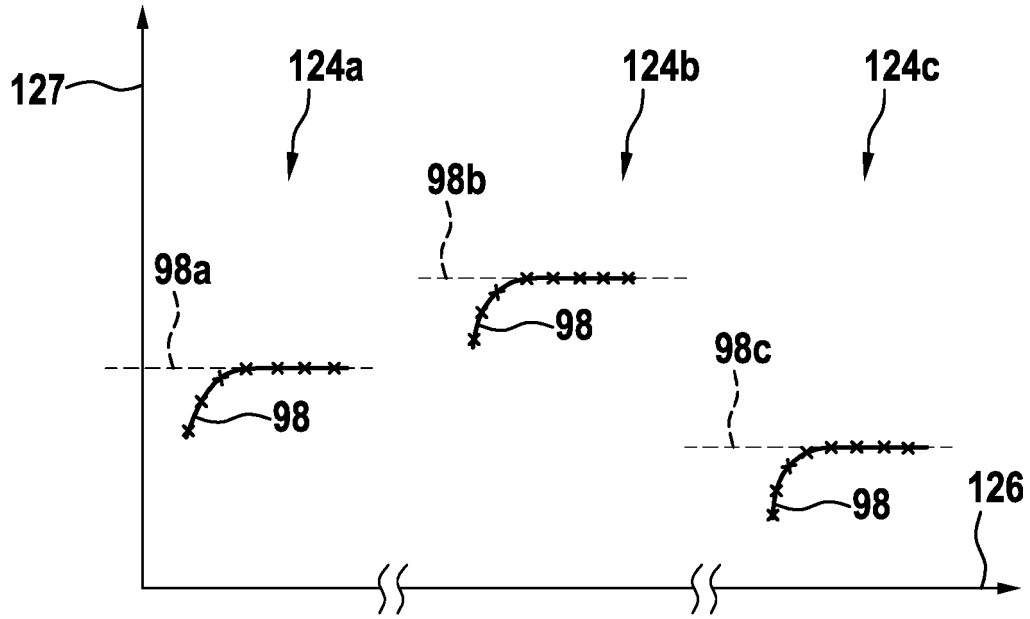

127
124a
124b
124c
98b
98a
98
98
98c
98
126

Fig. 7

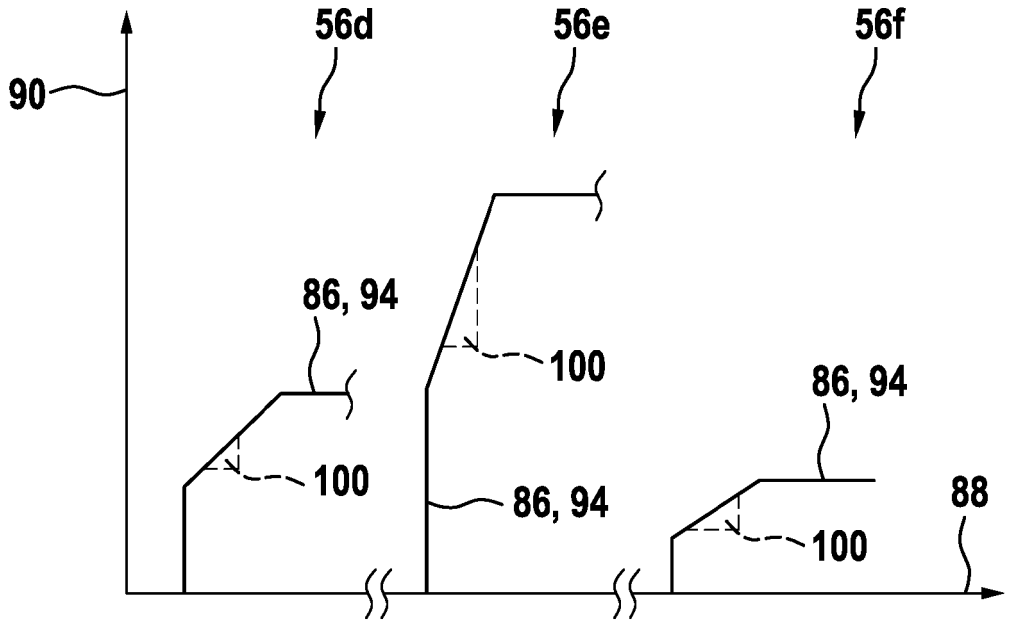

90
56d
56e
56f
86, 94
100
100
86, 94
86, 94
100
88

Fig. 8

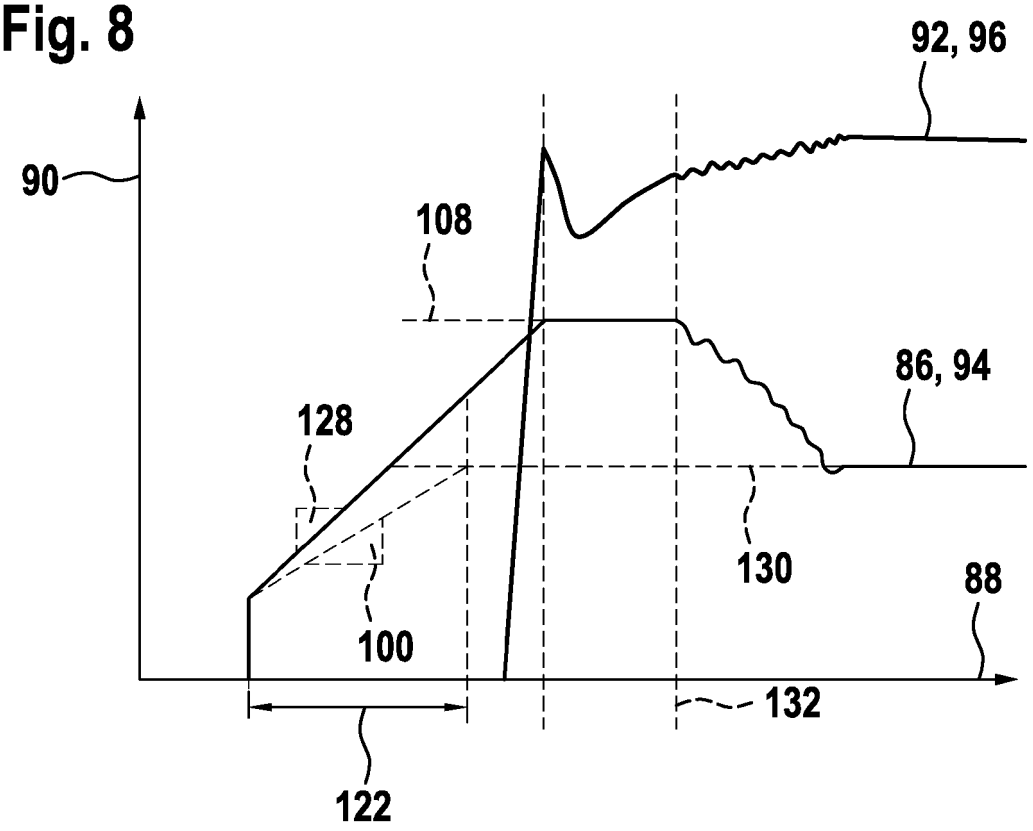

92, 96
90
108
86, 94
128
130
88
100
132
122

Fig. 9

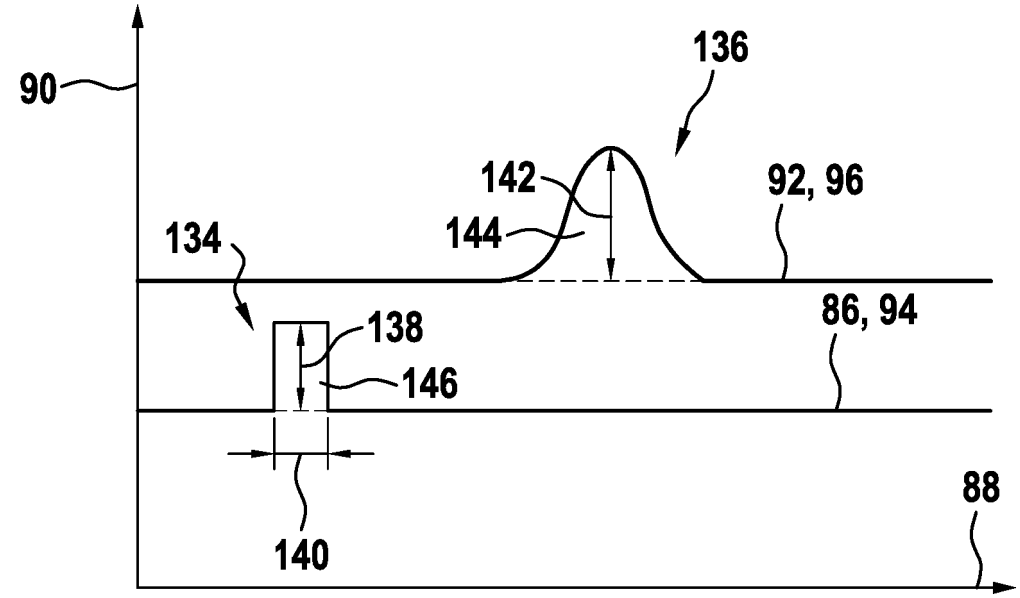
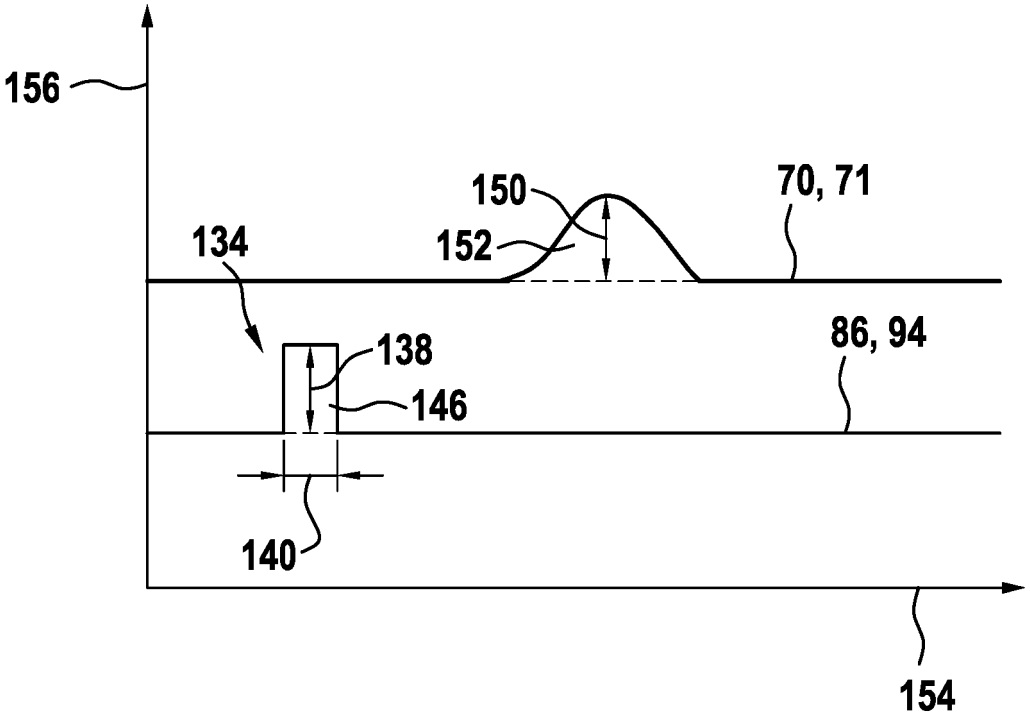

136
90
142
92, 96
144
134
86, 94
138
146
88
140

Fig. 10



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2706300 A **[0003]**