



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43)

Veröffentlichungstag:
16.04.2025 Patentblatt 2025/16

(51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23N 1/00 (2006.01) F23N 5/12 (2006.01)

(21)

Anmeldenummer: 24205130.8

(52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 5/123; F23N 1/002; F23N 2229/08;
F23N 2241/04

(22)

Anmeldetag: 08.10.2024

(84)

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

- Antao, Romulo
3810-059 Aveiro (PT)
- Gaspar, Rafael
3045-020 Povia S.Martinho do Bispo, Coimbra
(PT)
- Ferreira, Luis Terra
3860-087 Avanca (PT)
- Guilherme, David Carvalho
3810-376 Aveiro (PT)
- Oliveira, Nuno
3850-577 Branca (PT)

(30)

Priorität: 12.10.2023 PT 2023118977

(71)

Anmelder: Bosch Termotecnologia S.A.
3800-533 Aveiro (PT)

(72)

Erfinder:

- Vieira, Ricardo Jorge de Sousa
4470-526 Maia (PT)

(74)

Vertreter: Bee, Joachim
Robert Bosch GmbH, C/IPE
P.O. Box 30 02 20
70442 Stuttgart (DE)

(54)

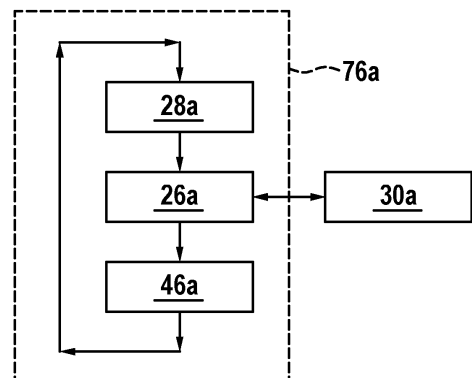
VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG UND/ODER ANWENDUNG DER BETRIEBSLEISTUNG EINER VERBRENNERVORRICHTUNG

(57) Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung (10), insbesondere Warmwasserbereitervorrichtung, welche zumindest eine Verbrennereinheit (12), zumindest eine Gaszuführungseinheit (14) und zumindest eine Steuerungs- und Regelungseinheit (16) aufweist, mit zumindest einem Betriebsschritt (18), in welchem ein gasförmiges Medium über die Gaszuführungseinheit (14) der Verbrennereinheit (12) zugeführt wird, mit zumindest einem Messschritt (28), in dem mittels einer Sensoreinheit (22) der Verbrennervorrichtung (10) ein Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit (12) erzeugten Flamme als Ionisationssignal gemessen wird, welcher einen Rückschluss auf einen Ionenstrom erlaubt, wobei in dem zumindest einen Betriebsschritt (18) mittels einer Ventileinheit (24) der Gaszuführeinheit (14) ein Gasfluss in die Verbrennervorrichtung (10) reguliert wird und wobei in dem zumindest einen Betriebsschritt (18) die Steuerungs- und Regelungseinheit (16) der Verbrennervorrichtung (10) die Ventileinheit (24) ansteuert und/oder zumindest einen Auswertungsschritt (26) durchführt.

Es wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Auswertungsschritt (26) die Betriebsleistung über die Stabilität des elektrischen Ionisationsstroms ermittelt wird, wobei die Sensoreinheit dazu eingerichtet ist, einen zumindest im Wesentlichen proportional zu einer Flam-

menintensität der Flamme, insbesondere einer Ionenbildungsrate in der Flamme, ausgebildeten, Ionisationsstrom zu ermitteln.

Fig. 3



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Es ist bereits ein Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung, insbesondere Warmwasserbereitervorrichtung, welche zumindest eine Verbrennereinheit, zumindest eine Gaszuführungseinheit und zumindest eine Steuerungs- und Regelungseinheit aufweist, mit zumindest einem Betriebsschritt, in welchem ein gasförmiges Medium über die Gaszuführungseinheit der Verbrennereinheit zugeführt wird, mit zumindest einem Messschritt, in dem mittels einer Sensoreinheit der Verbrennervorrichtung ein Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit erzeugten Flamme als Ionisationssignal gemessen wird, welcher einen Rückschluss auf einen Ionenstrom erlaubt, wobei in dem zumindest einen Betriebsschritt mittels einer Ventileinheit der Gaszuführungseinheit ein Gasfluss in die Verbrennervorrichtung reguliert wird und wobei in dem zumindest einen Betriebsschritt die Steuerungs- und Regelungseinheit der Verbrennervorrichtung die Ventileinheit ansteuert und/oder zumindest einen Auswertungsschritt durchführt, vorgeschlagen worden.

Offenbarung der Erfindung

[0002] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung, insbesondere Warmwasserbereitervorrichtung, welche zumindest eine Verbrennereinheit, zumindest eine Gaszuführungseinheit und zumindest Steuerungs- und Regelungseinheit aufweist, mit zumindest einem Betriebsschritt, in welchem ein gasförmiges Medium über die Gaszuführungseinheit der Verbrennereinheit zugeführt wird, mit zumindest einem Messschritt, in dem mittels einer Sensoreinheit der Verbrennervorrichtung ein Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit erzeugten Flamme als Ionisationssignal gemessen wird, welcher einen Rückschluss auf einen Ionenstrom erlaubt, wobei in dem zumindest einen Betriebsschritt mittels einer Ventileinheit der Gaszuführungseinheit ein Gasfluss in die Verbrennervorrichtung reguliert wird und wobei in dem zumindest einen Betriebsschritt die Steuerungs- und Regelungseinheit der Verbrennervorrichtung die Ventileinheit ansteuert und/oder zumindest einen Auswertungsschritt durchführt.

[0003] Es wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Auswertungsschritt die Betriebsleistung über die Stabilität des elektrischen Ionisationsstroms ermittelt wird.

[0004] Unter einer "Verbrennervorrichtung", insbesondere Warmwasserbereitervorrichtung, soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Vorrichtung verstanden werden, welche dazu eingerichtet ist, mittels eines Verbrennungsprozesses thermische Energie zu erzeugen und an ein anderes Medium weiterzugeben. Vorzugsweise wird die thermische Energie an ein flüssiges

Medium übertragen. Besonders bevorzugt wird die thermische Energie in ein Wasser übertragen. Insbesondere wird von der Verbrennervorrichtung das Wasser erwärmt. Besonders bevorzugt ist die Verbrennervorrichtung als ein Durchlauferhitzer und/oder Boiler ausgebildet. Vorzugsweise wird dem Wasser von der Verbrennervorrichtung, insbesondere einer Verbrennereinheit der Verbrennervorrichtung, eine thermische Energie zugeführt. Ferner ist denkbar, dass die Verbrennervorrichtung eine thermische Energie an ein Zwischenmedium weitergibt, und infolge das Zwischenmedium die thermische Energie, insbesondere mit einem Verlustwert, dem Wasser zuführt. Vorzugsweise wird mittels einer Verbrennereinheit der Verbrennervorrichtung eine Flamme erzeugt. Als Brennstoff dient dabei insbesondere ein gasförmiges Medium. Vorzugsweise werden alle Konstruktionsparameter, beispielsweise, Druckverteilung am Gaseingang, Gasqualität, Umgebungsbedingungen, relative Feuchtigkeit und Höhe, vor einem Betriebsschritt festgelegt, um die Mindestleistung für alle hergestellten Geräte zu gewährleisten.

[0005] Unter einer "Verbrennereinheit" soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit der Verbrennervorrichtung verstanden werden, welche dazu eingerichtet ist, direkt eine thermische Energie zu erzeugen. Vorzugsweise wird mittels der Verbrennereinheit eine Flamme erzeugt. Vorzugsweise wird die thermische Energie durch eine Flamme erzeugt. Vorzugsweise wird die thermische Energie von der Flamme bereitgestellt. Vorzugsweise wird die Flamme durch die Zugabe eines Brennstoffes durch die Verbrennereinheit erzeugt. Vorzugsweise ist der Brennstoff durch ein gasförmiges Medium ausgebildet und/oder aufrecht erhalten. Vorzugsweise ist der Brennstoff als ein Brenngas, insbesondere als ein Brenngas, ausgebildet. Beispielsweise könnte die Flamme durch die Oxidation von Brennstoff, insbesondere Erdgas und/oder Wasserstoff und/oder Methan, erzeugt werden. Alternativ ist jeder andere, einem Fachmann als sinnvoll erscheinende Brennstoff zur Erzeugung einer Flamme mittels einer Oxidation denkbar. Vorzugsweise wird der Brennstoff in der Verbrennereinheit der Verbrennervorrichtung eingebracht. Vorzugsweise wird der Brennstoff, beispielsweise von einer Pumpe, unter Druck in die Verbrennereinheit eingespritzt. Vorzugsweise weist die Verbrennereinheit zumindest ein Brennelement auf. Vorzugsweise wird in einem Betriebsschritt eine Flamme durch zumindest ein Brennelement erzeugt. Vorzugsweise ist das Brennelement dazu eingerichtet, aus einem Brennstoff eine Flamme zu erzeugen.

[0006] Unter einer "Gaszuführungseinheit" soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit verstanden werden, die in einem Betriebsschritt ein gasförmiges Medium in eine Verbrennereinheit zuführt. Vorzugsweise ist die Gaszuführungseinheit gasdicht ausgebildet. Vorzugsweise weist die Gaszuführungseinheit zumindest ein Gasreservoir auf, welches zu einer Aufnahme eines Prozessgases eingerichtet ist. Alternativ ist

eine Gaszuführungseinheit ohne Gasreservoirelement denkbar, wobei das gasförmige Medium von einer fest installierten Gaszufuhr zugeleitet wird. Insbesondere ist das zumindest eine Gasreservoirelement beabstandet von dem Verbrennungsbereich angeordnet. Vorzugsweise weist die Gaszuführungseinheit ein Leitungselement auf, welches zu einer Leitung des gasförmigen Mediums zu zumindest einer Verbrennereinheit eingerichtet ist. Vorzugsweise ist das Leitungselement dazu eingerichtet, ein gasförmiges Medium koordiniert in eine Verbrennereinheit zuzuführen. Vorzugsweise bildet das Leitungselement mit dem Gasreservoirelement eine Koppelstelle aus. Vorzugsweise bildet das Leitungselement mit der Verbrennereinheit eine Koppelstelle aus. Vorzugsweise weist das Leitungselement senkrecht zu einer Hauptstreckungsrichtung des Leitungselements einen kreisrunden Querschnitt auf. Unter einer "Hauptstreckungsrichtung" eines Objekts soll dabei insbesondere eine Richtung verstanden werden, welche parallel zu einer längsten Kante eines kleinsten geometrischen Quaders verläuft, welcher das Objekt gerade noch vollständig umschließt

[0007] Unter einer "Steuerungs- und Regelungseinheit" soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit mit zumindest einer Steuerelektronik verstanden werden. Unter einer "Stuerelektronik" soll insbesondere eine Einheit mit einer Prozessoreinheit und mit einer Speichereinheit sowie mit einem in der Speichereinheit gespeicherten Betriebsprogramm verstanden werden. Vorzugsweise ist die Steuerungs- und Regelungseinheit dazu eingerichtet, einen Auswertungsschritt und einen Anpassungsschritt durchzuführen. Vorzugsweise ist die Steuerungs- und Regeleinheit dazu eingerichtet, eine Ventileinheit anzusteuern und zu regulieren. Insbesondere werden die in einem Messschritt durch die Sensoreinheit ermittelten Ionenparameter in einem Auswertungsschritt durch die Steuerungs- und Regelungseinheit verarbeitet. Die Steuerungs- und Regeleinheit ist dazu eingerichtet, in einem Auswertungsschritt aus einem Ionenparameter eine Stabilität des Ionenparameters zu ermitteln.

[0008] Unter einem "Betriebsschritt" soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem ein Verbrennungsprozess durch die Verbrennervorrichtung, insbesondere die Verbrennereinheit, durchgeführt wird. Besonders bevorzugt wird in einem Betriebsschritt ein Medium, insbesondere Wasser, von einer Verbrennervorrichtung durch einen Verbrennungsprozess erwärmt. Der Betriebsschritt entspricht insbesondere einem regulären Betrieb der Verbrennervorrichtung. Vorzugsweise wird in einem Betriebsschritt eine thermische Energie durch die Verbrennereinheit erzeugt. Vorzugsweise wird in einem Betriebsschritt ein gasförmiges Medium an der Verbrennereinheit entzündet, sodass eine Flamme entsteht. Vorzugsweise wird in einem Betriebsschritt durch das Erzeugen einer Flamme mittels der Verbrennereinheit eine thermische Energie generiert. Vorzugsweise wird mithilfe der erzeug-

ten thermischen Energie ein Medium, insbesondere Wasser, erwärmt. Vorzugsweise wird in einem Betriebsschritt ein Medium, insbesondere Wasser, auf eine Solltemperatur erwärmt. Insbesondere ist denkbar, dass bei einem Erreichen der Solltemperatur der Betriebsschritt beendet und/oder die Betriebsleistung innerhalb eines Betriebsschritts reduziert wird. Besonders bevorzugt ist das Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung dazu eingerichtet, in einem Betriebsschritt bei einer niedrigen Leistung eingesetzt zu werden. Vorzugsweise ist das Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung dazu eingerichtet, in einem Betriebsschritt eine Betriebsleistung zu ermitteln und infolge automatisch die Betriebsleistung auf eine minimale Betriebsleistung zu kalibrieren. Unter einer "Betriebsleistung" soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Leistung verstanden werden, welche in einem Betriebsschritt durch eine Verbrennung des gasförmigen Mediums in einer Verbrennereinheit erzeugt wird. Insbesondere kann die Betriebsleistung über einen Ionisationsstrom definiert werden. Ferner ist denkbar, dass die Betriebsleistung über eine Temperatur definiert ist. Alternativ ist jede, einem Fachmann als sinnvoll erscheinende Definition der Betriebsleistung denkbar.

[0009] Unter einem "Messschritt" soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem durch eine Sensoreinheit ein Prozessparameter der durch die Verbrennereinheit erzeugten Flamme ermittelt wird. Vorzugsweise wird in einem Messschritt mittels einer Sensoreinheit der Verbrennervorrichtung ein Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit erzeugten Flamme als Ionisationssignal gemessen, welcher einen Rückschluss auf einen Ionenstrom erlaubt. Besonders bevorzugt wird in einem Messschritt mittels der Sensoreinheit ein Ionisationsstrom ermittelt. Insbesondere wird der in einem Messschritt ermittelte Ionisationsstrom an die Steuerungs- und Regelungseinheit übermittelt.

[0010] Unter einer "Sensoreinheit" soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit verstanden werden, die dazu vorgesehen ist, zumindest eine Kenngröße und/oder eine physikalische Eigenschaft aufzunehmen, wobei die Aufnahme aktiv, wie insbesondere durch Erzeugen und Aussenden eines elektrischen Messsignals, und/oder passiv, wie insbesondere durch eine Erfassung von Eigenschaftsänderungen eines Sensorbauteils, stattfinden kann. Es sind verschiedene, dem Fachmann als sinnvoll erscheinende Sensoreinheiten denkbar. Vorzugsweise ist die Sensoreinheit dazu eingerichtet, einen Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit erzeugten Flamme als Ionisationssignal zu messen, welcher einen Rückschluss auf einen Ionenstrom erlaubt. Vorzugsweise ist die Sensoreinheit, als eine Ionisationselektrode ausgebildet. Vorzugsweise wird in einem Messschritt mittels der Sensoreinheit ein Ionisationsstrom ermittelt. Vorzugsweise ist die Sensoreinheit dazu eingerichtet, einen, vorzugsweise zumin-

dest im Wesentlichen proportional zu einer Flammenintensität der Flamme, insbesondere einer Ionenbildungsrate in der Flamme, ausgebildeten, Ionisationsstrom zu ermitteln. Vorzugsweise weist die Sensoreinheit zumindest einen Messbereich auf. Vorzugsweise ist der Messbereich dazu eingerichtet, einen elektrischen Strom zu erzeugen, welcher zumindest im Wesentlichen proportional zu der Flammenintensität ausgebildet ist. Vorzugsweise ist der Messbereich senkrecht zu einer Haupterstreckungsrichtung der Brennelemente ausgerichtet. Unter einer "Haupterstreckungsrichtung" eines Objekts soll dabei insbesondere eine Richtung verstanden werden, welche parallel zu einer längsten Kante eines kleinsten geometrischen Quaders verläuft, welcher das Objekt gerade noch vollständig umschließt.

[0011] Unter einer "Ventileinheit" soll in diesem Zusammenhang insbesondere eine Einheit verstanden werden, welche dazu eingerichtet ist, einen Gasfluss in die Verbrennervorrichtung zu regulieren. Vorzugsweise ist die Ventileinheit in einem Leitungselement der Gaszuführeinheit ausgebildet. Vorzugsweise steuert die Ventileinheit einen Gasdurchfluss durch eine Querschnittsveränderung des Leitungselement. Insbesondere ist es denkbar, dass ein Ventilelement zwischen einem Leitungselement und einer Verbrennereinheit als Verbindungselement ausgebildet ist. Vorzugsweise wird ein Querschnitt senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung des Leitungselements verändert. Vorzugsweise wird in einem Betriebsschritt die Ventileinheit automatisch über eine Steuerungs- und Regelungseinheit angesteuert. Insbesondere ist es denkbar, dass die Ventileinheit manuell bedient wird. Alternativ ist es denkbar, dass die Ventileinheit zusätzlich eine manuelle Regelung ermöglicht.

[0012] Unter einem "Auswertungsschritt" soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem die durch die Sensoreinheit ermittelten Prozessparameter verarbeitet werden. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt der durch die Sensoreinheit ermittelte Ionisationsstrom verarbeitet. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt die Stabilität eines Ionisationsstroms ermittelt. Insbesondere wird in einem Auswertungsschritt ein unabhängiger Wert eines Ionisationsparameters definiert, welcher unabhängig von allen Parametern, die Einfluss auf die elektrische Stromstärke besitzen, ist. Insbesondere sind beispielsweise die Spannungstoleranzen bei der Ionisationsanregung, alle Konstruktionsparameter, die Position der Sensoreinheit, insbesondere des Ionisationssensors, relativ zur Flamme Parameter, welche die Flamme beeinflussen. Besonders bevorzugt ist der ermittelte Wert zumindest im Wesentlichen vollständig unabhängig von jeglichem Parameter der Verbrennervorrichtung.

[0013] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung können vorteilhafte Eigenschaften hinsichtlich einer Anpassung auf die minimale Betriebs-

leistung erreicht werden. Insbesondere können vorteilhafte Eigenschaften hinsichtlich einer Ermittlung der Betriebsleistung erreicht werden. Insbesondere kann bei der Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung eine standardmäßige Verbrennervorrichtung, insbesondere Warmwasserbereitervorrichtung, genutzt werden. Dadurch kann insbesondere eine vorteilhaft preiswerte Durchführung des Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung bereitgestellt werden. Insbesondere kann durch die Bewertung der Betriebsleistung über die Stabilität der Betriebsleistung eine vorteilhafte Ermittlung der Betriebsleistung unabhängig von den Konstruktions- und/oder Prozessparametern des Verbrennungsprozesses der Verbrennereinheit bereitgestellt werden. Es kann insbesondere vorteilhaft der minimale Betriebsbereich erweitert werden zu einer Anpassung und Ermittlung mit einem Verfahren des Stands der Technik.

[0014] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einen Auswertungsschritt anhand der Ermittlung der Betriebsleistung, insbesondere in einem Bereich einer geringen Betriebsleistung, eine Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals erfolgt. Unter einer "Metrik" soll in diesem Zusammenhang eine Größe verstanden werden, die unempfindlich gegenüber Parametern ist, die die elektrische Stromstärke beeinflussen. Dazu gehören beispielsweise Spannungstoleranzen des elektronischen Steuergeräts (ECU) für den Erregertreiber der Ionisationselektrode, die Position des Ionisationssensors relativ zur Flamme und die Gasqualität. Unter einem Bereich einer geringen Betriebsleistung soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Betriebszustand einer Verbrennervorrichtung verstanden werden, in dem die Vorrichtung nur eine reduzierte Leistung erbringt. In diesem Bereich weist die Verbrennervorrichtung insbesondere einen niedrigeren Brennstoffverbrauch sowie eine verminderte Wärme- oder Energieabgabe auf. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt die Verbrennungsstabilität in einem geringen Bereich der Betriebsleistung bewertet. Vorzugsweise wird in dem zumindest einen Auswertungsschritt die Verbrennungsstabilität in einem geringen Bereich der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung mit einem offenen Abgas bewertet. Unter einem "offenen Abgas" soll in diesem Zusammenhang verstanden werden, dass die Verbrennungsluft direkt aus dem Aufstellraum entnommen wird und die Abgase nicht hermetisch vom Raum getrennt sind. Bei solchen Geräten wird die Luftzufuhr und Abgasabführung nicht durch Ventilatoren geregelt; sie sind frei von mechanischer Unterstützung und nutzen den natürlichen Schornsteinzug für die Verbrennungsluftzufuhr und Abgasableitung. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt der Verbrennungs-Ionisationsstrom kontinuierlich überwacht, um die Verbrennungsstabilität zu beurteilen. Besonders bevorzugt wird in dem Auswertungsschritt der Verbrennungs-Ionisationsstrom kontinuierlich in einem Bereich der geringen Betriebs-

leistung überwacht, um die Verbrennungsstabilität zu beurteilen. Vorzugsweise korreliert die Stabilität direkt mit der Verbrennungsstabilität. Vorzugsweise kann in einem Auswertungsschritt ein Flame-Lift-Phänomen der Verbrennung anhand der Verbrennungsstabilität abgebildet werden. Unter einem "Flame-Lift-Phänomen" (Flammenabhebung) soll in diesem Zusammenhang insbesondere das Phänomen verstanden werden, bei dem sich eine Flamme von dem Brennerelement abhebt und den direkten Kontakt zur Brenneröffnung verliert. Dies tritt auf, wenn die Geschwindigkeit des ausströmenden Gas-Luft-Gemisches die Brenngeschwindigkeit der Flamme überschreitet. Infolgedessen kann die Flamme nicht mehr stabil am Brenner gehalten werden und "schwebt" über dem Brennerelement. Das Flame-Lift-Phänomen kann zu Instabilitäten im Verbrennungsprozess führen, die Effizienz vermindern und Sicherheitsrisiken erhöhen. Vorzugsweise kann der Messschritt und der Auswertungsschritt über den gesamten Modulationsbereich der Verbrennervorrichtung durchgeführt werden. Bevorzugt wird der Messschritt und der Auswertungsschritt in einem Bereich, insbesondere Modulationsbereich, einer geringen Betriebsleistung der Verbrennervorrichtung durchgeführt. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt die Verbrennervorrichtung durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals indirekt konditioniert. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt anhand der Beurteilung der Verbrennungsstabilität das Auftreten des Flame-Lift-Phänomens (Flammenabhebung) analysiert, um Bereiche mit schlechter Verbrennung zu identifizieren. Unter einer "schlechten Verbrennung" soll insbesondere ein instabiler Brennerbetriebsbereich verstanden werden, in dem beispielsweise das Flame-Lift-Phänomen auftritt. Eine schlechte Verbrennung zeichnet sich durch ineffiziente oder unvollständige Verbrennung des Brennstoffs aus, was zu erhöhten Emissionen, Energieverlusten und potenziellen Sicherheitsrisiken führen kann. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt eine Ionisationsmessung in einem konstanten Betriebsbereich beurteilt. Vorzugsweise ist in dem konstanten Betriebsbereich ein kurzes Zeitfenster, in dem der Ionisationsstrom gemessen wird, ohne dass Parameter der Verbrennervorrichtung verändert werden. Vorzugsweise findet in einem Auswertungsschritt keine Beurteilung von unterschiedlichen Modulationsbereichen statt. Bevorzugt wird in dem Auswertungsschritt eine aktuelle Betriebsleistung der Verbrennervorrichtung in einem Betriebsschritt beurteilt. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt durch eine Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals eine minimale Betriebsleistung der Verbrennervorrichtung ermittelt. Dadurch kann insbesondere ein vorteilhafter Betrieb der Verbrennervorrichtung erreicht werden. Es kann insbesondere vorteilhaft ein Modulationsbereich erweitert werden, was der Verbrennervorrichtung ermöglicht, unter einer größeren Bandbreite an Betriebsbedin-

gungen, beispielsweise bei niedrigem Wasserdurchfluss oder hoher Wassereintrittstemperatur, thermostatisch zu arbeiten.

[0015] Ferner wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einen Auswertungsschritt die normalisierte Varianz des Ionisationsstroms ermittelt wird, um den Stabilitätsindikator unabhängig von der absoluten Höhe des Ionisationsstroms zu definieren. In dem Auswertungsschritt wird vorzugsweise durch die Ermittlung der normierten Varianz des Ionisationsstroms ein Stabilitätsindikator für die Verbrennungsstabilität definiert, der unabhängig von Änderungen der Parameter der Verbrennervorrichtung ist. Bevorzugt wird in dem Auswertungsschritt durch die Ermittlung der normierten Varianz des Ionisationsstroms ein Stabilitätsindikator für die Verbrennungsstabilität definiert, der unabhängig von seiner relativen Amplitudenänderung während eines kurzen Zeitfensters ist, in dem die Betriebsleistung konstant bleibt. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt ein Messschritt ausgewertet, in dem eine relative Kennzahl verwendet wird, die über ein kleines Zeitfenster ausgewertet wird. Insbesondere erfolgt in dem zumindest einen Messschritt eine Messung eines absoluten Ionisationsstroms in einem definierten zeitlichen Abstand von vorzugsweise maximal 50 ms, besonders bevorzugt maximal 40 ms, besonders bevorzugt maximal 30 ms und vorzugsweise mindestens 2 ms. Dadurch kann insbesondere eine vorteilhafte Bewertung der Verbrennungsstabilität unabhängig von anderen Einflussfaktoren auf den Ionisationsstrom bereitgestellt werden.

[0016] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Auswertungsschritt die normalisierte Varianz des Ionisationsstroms als Indikator für die Stabilität eingesetzt wird. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt mittels der normierten Varianz des Ionisationsstroms die Stabilität des Ionisationsstroms bewertet. Vorzugsweise ist die Normierung dazu eingerichtet, in einem Auswertungsschritt den Ionisationsstrom unabhängig von Einflussfaktoren zu definieren. Insbesondere sind beispielsweise die Spannungstoleranzen bei der Ionisationsanregung, alle Konstruktionsparameter, die Position der Sensoreinheit, insbesondere des Ionisationssensors, relativ zur Flamme Einflussfaktoren, welche den Ionisationsstrom, indirekt über die Flamme beeinflussen, unabhängig von jeglichem Parameter der Verbrennervorrichtung. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt über die Varianz der Stabilität des Ionisationsstroms eine Betriebsleistung bewertet. Vorzugsweise werden in einem Auswertungsschritt Datenpunkte normiert. Alternativ ist es denkbar, dass in einem Auswertungsschritt eine Normierung aus einer Grafik bzw. aus einem Diagramm durchgeführt wird. Vorzugsweise werden in einem Auswertungsschritt Datenpunkte mittels eines Normierungswertes normiert. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt ein aus dem Messschritt ermittelter Wert, beispielsweise, Mindestwert, Maximalwert, Mittelwert, Summe und/oder Median, als Normierungswert genutzt. Alternativ ist in einem Auswer-

tungsschritt ein benutzerdefinierter Wert als Normierungswert denkbar. Besonders bevorzugt wird der Normierungswert in einem Auswertungsschritt mittels eines Mittelwerts aus dem Messschritt ermittelt. Vorzugsweise werden die Datenpunkte durch den Normierungswert geteilt. Dadurch kann insbesondere eine vorteilhafte Bewertung der Betriebsleistung unabhängig von anderen Einflussfaktoren auf den Ionisationsstrom bereitgestellt werden. Es kann insbesondere vorteilhaft eine Bewertung der minimalen Betriebsleistung bereitgestellt werden.

[0017] Ferner wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einen Auswertungsschritt die Verbrennungsstabilität durch die Stabilität des dimensionslosen oder normierten elektrischen Ionisationsstroms bewertet wird. Unter "dimensionslos" soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Ionisationsstrom verstanden werden, der durch Division mit einer geeigneten Referenzgröße auf eine einheitslose Größe skaliert wurde. Vorzugsweise soll unter einem dimensionslosen Ionisationsstrom ein Strom verstanden werden, der durch eine charakteristische Stromgröße geteilt wurde, um eine reine Zahl ohne physikalische Dimension zu erhalten. Vorzugsweise wird der dimensionslose Ionisationsstrom in einem Auswertungsschritt ermittelt. Unter "normiert" soll in diesem Zusammenhang insbesondere verstanden werden, dass der Ionisationsstrom auf einen bestimmten Referenzwert oder eine Normgröße bezogen wurde, um ihn in Relation zu setzen und die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Messungen oder Systemen zu ermöglichen. Vorzugsweise kann normiert auch normalisiert bedeuten. Vorzugsweise wird der normierte Ionisationsstrom durch Division des gemessenen Stroms durch einen maximalen oder charakteristischen Stromwert erhalten. Vorzugsweise wird die Normierung des Ionisationsstroms in einem Auswertungsschritt durchgeführt. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt die Verbrennungsstabilität durch die Stabilität des dimensionslosen oder normierten elektrischen Ionisationsstroms in einem beliebigen Betriebsbereich, insbesondere Betriebspunkt, der Verbrennervorrichtung bewertet. Vorzugsweise wird in dem Auswertungsschritt die Verbrennungsstabilität an jedem beliebigen Betriebspunkt für einen vordefinierten Zeitraum ausgewertet und das dynamische Verhalten bewertet, wobei die Größenvariation über verschiedene Betriebspunkte hinweg unberücksichtigt bleibt. Dadurch kann insbesondere vorteilhaft eine Aussage über die Verbrennungsstabilität gegeben werden. Es kann insbesondere vorteilhaft eine Verbrennungsstabilität bei einer variablen Betriebsleistung, bevorzugt einer minimalen Betriebsleistung bewertet werden.

[0018] Ferner wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Messschritt eine Messung eines absoluten Ionisationsstroms in einem definierten zeitlichen Abstand erfolgt. Vorzugsweise erfolgt in einem Messschritt eine Messung eines absoluten Ionisationsstroms in einem konstanten definierten zeitlichen Abstand. Alternativ ist auch eine Messung eines absoluten Ionisationsst-

roms in einem variablen definierten zeitlichen Abstand denkbar. Ferner ist denkbar, dass in zumindest einem Messschritt eine automatische Anpassung des zeitlichen Abstands zwischen zwei Messungen eines absoluten Ionisationsstroms mittels der Steuerungs- und Regelungseinheit erfolgt. Insbesondere erfolgt in dem zumindest einem Messschritt eine Messung eines absoluten Ionisationsstroms in einem definierten zeitlichen Abstand von vorzugsweise maximal 50 ms, besonders bevorzugt maximal 40 ms, besonders bevorzugt maximal 30 ms und vorzugsweise mindestens 2 ms. Besonders bevorzugt erfolgt in dem zumindest einem Messschritt eine Messung eines absoluten Ionisationsstroms in einem definierten zeitlichen Abstand von 20 ms. Insbesondere ist jeder einem Fachmann als sinnvoll erscheinende zeitliche Abstand zwischen zwei Messungen eines absoluten Ionisationsstroms in einem Messschritt denkbar. Ferner ist denkbar, dass mehrere Messschritte in Folge durchgeführt werden. Dadurch kann insbesondere eine vorteilhafte Repräsentativität der Probennahme bereitgestellt werden.

[0019] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einen Auswertungsschritt die absoluten Werte auf einen Mittelwert des Ionisationsstroms innerhalb eines definierten Zeitfensters normiert werden. Vorzugsweise wird der Normierungswert in einem Auswertungsschritt mittels eines Mittelwerts eines Datensatzes aus dem Messschritt ermittelt. Vorzugsweise wird der Datensatz des Ionisationsstroms innerhalb eines definierten Zeitfensters ermittelt. Insbesondere soll unter einem "definierten Zeitfenster" ein Zeitfenster von vorzugsweise maximal 10s, bevorzugt zumindest 5s, besonders bevorzugt maximal 3s und vorzugsweise mindestens 1s verstanden werden. Besonders bevorzugt soll unter einem definierten Zeitfenster, ein Zeitfenster zwischen 2s bis 3s verstanden werden. Vorzugsweise werden in einem Auswertungsschritt mittels einer Formel alle innerhalb eines Zeitfensters liegenden Datenpunkte auf den Mittelwert normiert und die Varianz berechnet. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt die mathematische Formel der empirischen Varianz durch die Normierung auf den Mittelwert ergänzt. Vorzugsweise weist die mathematische Formel die Summe jedes Werts der Ionisationsstrommessung im Datensatz (x_i), den Mittelwert des Ionisationsstroms im Datensatz (\bar{x}) und die Anzahl der Messungen im Datensatz (N) auf.

$$IonStability_{Metric} = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \right)^2}{N}$$

[0020] Alternativ ist denkbar, dass die Varianz, die Standardabweichung und die Normierung in einem Einzelschritt erfolgen. Dadurch kann insbesondere vorteilhaft eine Aussage über die Ionisationsstabilität gegeben werden. Es kann insbesondere vorteilhaft die Betriebsleistung bewertet werden.

[0021] Ferner wird vorgeschlagen, dass in dem zumin-

dest einem Auswertungsschritt ein Echtzeit-Histogramm der normalisierten Werte erstellt wird. Vorzugsweise wird in einem Auswertungsschritt ein Echtzeit-Histogramm des normalisierten Werts des Ionisationsstroms erstellt. Vorzugsweise weist das Histogramm eine Abszisse und eine Ordinate auf. Vorzugsweise ist der normalisierte Wert des Ionisationsstroms auf der Abszisse und die CO-Emission auf der Ordinate aufgetragen. Alternativ ist auch jede andere, einem Fachmann als sinnvoll erscheinende Auftragung des normalisierten Wertes des Ionisationsstroms denkbar. Alternativ ist denkbar, dass die Auftragung in einer zeitlichen Verzögerung durchgeführt wird. Insbesondere ist eine zeitliche Verzögerung von vorzugsweise maximal 1s, bevorzugt 0,5s und besonders bevorzugt 0,1s denkbar. Dadurch kann insbesondere vorteilhaft eine Auswirkung auf einen Betriebsschritt mittels der Ionisationsstabilität grafisch dargestellt werden.

[0022] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Auswertungsschritt die Standardabweichung der Daten des Histogramms berechnet wird. Vorzugsweise erfolgt eine Berechnung der Standardabweichung von allen Daten des Histogramms. Alternativ ist es auch denkbar, dass in einem Auswertungsschritt eine Standardabweichung eines zeitlichen Bereichs berechnet wird. Ferner ist denkbar, dass in einem Auswertungsschritt mehrere Standardabweichungen von mehreren zeitlichen nachfolgenden Bereichen berechnet werden. Ferner wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Auswertungsschritt die Varianz der Daten des Histogramms berechnet wird. Vorzugsweise wird die Varianz der Daten des Histogramms über die Standardabweichung berechnet. Vorzugsweise wird für die Berechnung der Varianz die Standardabweichung ins Quadrat gesetzt. Vorzugsweise wird die Standardabweichung eines zeitlich definierten Mittelwertes zur Berechnung der Varianz genutzt. Vorzugsweise wird eine empirische Varianz ermittelt. Alternativ wird die Varianz über die Summe der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom arithmetischen Mittel durch die Anzahl der Messwerte dividiert berechnet. Unter einer "Varianz" soll in diesem Zusammenhang ein Streuungsmaß, welches die Verteilung von Werten um den Mittelwert kennzeichnet, verstanden werden. Dadurch kann insbesondere vorteilhaft eine Aussage über die Ionisationsstabilität gegeben werden. Es kann insbesondere vorteilhaft die Betriebsleistung bewertet werden.

[0023] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Anpassungsschritt eine Anpassung des Gasdurchflusses mittels der Ventileinheit erfolgt, sodass die Messung des normalisierten Wertes der Varianz des Ionisationsstroms mit einem Sollwert übereinstimmt. Unter einem "Anpassungsschritt" soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem mittels der durch die Sensoreinheit ermittelten und weiterverarbeiteten Prozessparameter über die Ventileinheit ein Gasdurchfluss reguliert und angepasst wird. Unter einem "Sollwert" soll in

diesem Zusammenhang ein Wert verstanden werden, welcher allgemein den angestrebten Wert eines quantitativen Merkmales eines Systems darstellt, von dem der tatsächliche Istwert so wenig wie möglich abweichen soll. Vorzugsweise wird der Sollwert von einem anderen System vorgegeben. Vorzugsweise ist der Istwert gleich der Sollwert. Vorzugsweise wird in einem Anpassungsschritt bei einem niedrigeren, in einem Messschritt gemessenen, normalisierten Wert der Ionisationsstromvarianz als der Sollwert der Gasfluss in die Verbrennereinheit reduziert. Vorzugsweise wird in einem Anpassungsschritt bei einem höheren, in einem Messschritt gemessenen, normalisierten Wert der Ionisationsstromvarianz als der Sollwert der Gasfluss erhöht. Vorzugsweise wird in einem Anpassungsschritt keine Änderung des Gasflusses vorgenommen, wenn der Istwert gleich dem Sollwert ist. Vorzugsweise wird in einem Anpassungsschritt der Gasfluss automatisch mittels der Steuerungs- und Regelungseinheit durch die Ventileinheit reguliert. Insbesondere ist denkbar, dass der Anpassungsschritt parallel zu einem Betriebsschritt erfolgt. Insbesondere ist es denkbar, dass der Sollwert einen Zahlenbereich darstellt, wobei jeder Zahlenwert in diesem Zahlenbereich als zulässig gewertet wird. Alternativ ist es denkbar, dass der Sollwert eine Toleranz aufweist, in welcher ein in einem Messschritt gemessener Wert als zulässig bewertet wird. Vorzugsweise wird in einem Anpassungsschritt eine Toleranz von vorzugsweise maximal 10 %, bevorzugt maximal 5% und besonders bevorzugt maximal 3% von einem Sollwert als zulässig bewertet. Dadurch können insbesondere vorteilhafte vereinfachte Eigenschaften hinsichtlich einer präzisen Auswertung sowie einer Ressourcennutzung in einem minimalen Betriebszustand bereitgestellt werden.

[0024] Ferner wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einen Anpassungsschritt eine minimale Betriebsleistung durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität kalibriert wird. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt eine minimale Betriebsleistung durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals kalibriert. Unter einer "minimalen Betriebsleistung" soll insbesondere die geringstmögliche Leistung verstanden werden, bei der eine Verbrennervorrichtung stabil, sicher und effizient betrieben werden kann, ohne die Qualität der Verbrennung oder die Betriebssicherheit zu beeinträchtigen. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt die minimale Betriebsleistung kalibriert, bei der die Verbrennungsvorrichtung frei von einem Flame-Lift-Phänomen (Flammenabhebung) ist. Vorzugsweise wird anhand der in dem Auswertungsschritt ermittelten Betriebsleistung mit einer konstanten Verbrennungsstabilität eine minimale Betriebsleistung festgelegt. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt eine minimale Betriebsleistung abhängig von der in dem Auswertungsschritt ermittelten minimalen Betriebsleistung kalibriert. Dadurch können insbesondere vorteilhafte Eigenschaften hinsichtlich der CO-Emissionen der Verbrennervorrichtung

ermöglicht werden. Es können insbesondere vorteilhafte Eigenschaften hinsichtlich eines Betriebs der Verbrennervorrichtung ermöglicht werden.

[0025] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einen Anpassungsschritt ein Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität eingeschränkt wird. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt ein Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung durch die Kalibrierung der minimalen Betriebsleistung eingeschränkt. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt ein Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung eingeschränkt, in dem die minimale Betriebsleistung erhöht oder verringert wird. Vorzugsweise wird durch den in dem Anpassungsschritt eingeschränkten Betriebsbereich der Verbrennervorrichtung ein Betrieb der Verbrennervorrichtung in einem instabilen Verbrennungsbereich vermieden. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt der Gasfluss als Betätigungssperipherie genutzt, um einen Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung einzuschränken. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt über die Einstellung des Gasflusses ein inhärenter Stellschritt genutzt, der es ermöglicht, die Verbrennung zu stabilisieren. Vorzugsweise wird in dem Anpassungsschritt ein Betriebsbereich durch die Einschränkung des Betriebsbereichs der Brennvorrichtung verhindert, in dem die Flamme instabil ist und indirekt zu höheren Betriebs-emissionen führt. Dadurch kann insbesondere ein vorteilhafter Betrieb der Verbrennervorrichtung erreicht werden. Es kann insbesondere vorteilhaft ein Betriebsbereich erweitert werden, was der Verbrennervorrichtung ermöglicht, unter einer größeren Bandbreite an Betriebsbedingungen, beispielsweise bei niedrigem Wasserdurchfluss oder hoher Wassereintrittstemperatur, thermostatisch zu arbeiten. Es können insbesondere vorteilhafte Eigenschaften der Low-NOx-Brennertechnologie genutzt werden, da konstruktionsbedingte Einschränkungen, die bei geringer Wärmezufuhr zu einer instabilen und sauberen Verbrennung führen, vermieden werden. Es können insbesondere vorteilhafte Eigenschaften in Bezug auf eine stabile und effiziente Verbrennung erzielt werden, indem Bedingungen vermieden werden, unter denen die Verbrennervorrichtung mit einer instabilen Verbrennung arbeitet. Dies führt auch zu einer Reduktion der CO-Emissionen, da die Verbrennungsstabilität gewährleistet wird.

[0026] Ferner wird vorgeschlagen, dass in dem zumindest einem Entwicklungsschritt der Sollwert definiert wird. Vorzugsweise ist der Sollwert als absoluter Wert einer normalisierten Varianz des Ionisationsstroms definiert. Alternativ ist auch eine Definition des Sollwerts als relativer Wert denkbar. Unter einem "Entwicklungsschritt" soll in diesem Zusammenhang insbesondere ein Verfahrensschritt verstanden werden, in welchem ein Sollwert einer Verbrennervorrichtung definiert wird. Vorzugsweise wird der Sollwert für einen Typ der Verbrennervorrichtung definiert. Vorzugsweise wird der Sollwert in einem Entwicklungsschritt vor einem Betrieb in

einer Entwicklungsphase der Verbrennervorrichtung ermittelt. Vorzugsweise wird der Sollwert in einem Entwicklungsschritt vor einem Betrieb in einer Entwicklungsphase der Verbrennervorrichtung experimentell ermittelt. Alternativ ist es denkbar, dass der Sollwert in einem Entwicklungsschritt vor einem Betrieb in einer Entwicklungsphase der Verbrennervorrichtung rechnerisch ermittelt wird. Dadurch können insbesondere vorteilhafte vereinfachte Eigenschaften hinsichtlich einer präzisen Auswertung sowie einer Ressourcennutzung in einem minimalen Betriebszustand bereitgestellt werden.

[0027] Des Weiteren schlägt die Erfindung eine Verbrennervorrichtung, insbesondere Warmwasserbereitervorrichtung, zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens vor. Vorzugsweise weist die Brenneinheit der Verbrennervorrichtung zumindest eine Brennelement auf. Vorzugsweise wird eine Flamme über dem Brennelement durch das Brennelement erzeugt. Vorzugsweise weist die Verbrennervorrichtung zumindest eine Sensoreinheit auf. Ferner weist die Verbrennervorrichtung mehrere Sensoreinheiten auf. Vorzugsweise ist die Sensoreinheit beabstandet von dem Brennelement der Brenneinheit angeordnet. Vorzugsweise ist eine Sensoreinheit dazu eingerichtet, zumindest zwei Brennelemente in einem Messschritt zu messen. Vorzugsweise verläuft die zumindest eine Sensoreinheit senkrecht zu einer Haupterstreckungsrichtung der Brennelemente. Unter einer "Haupterstreckungsrichtung" eines Objekts soll dabei insbesondere eine Richtung verstanden werden, welche parallel zu einer längsten Kante eines kleinsten geometrischen Quaders verläuft, welcher das Objekt gerade noch vollständig umschließt. Alternativ sind die Brennelemente auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Sensoreinheit angeordnet. Vorzugsweise weist die Sensoreinheit einen runden Querschnitt auf. Vorzugsweise wird in einem Messschritt eine Messung mit der vollständigen Sensoreinheit durchgeführt. Alternativ könnte auch nur ein Teilbereich der Sensoreinheit den Messbereich ausbilden. Vorzugsweise ist der Messbereich der Sensoreinheit in einem Randbereich der Flamme und/oder an dem Brennelement außermittig angeordnet. Vorzugsweise kontaktiert der Messbereich der Sensoreinheit in zumindest einem Betriebsschritt die im Randbereich angeordnete Flamme. Vorzugsweise ist der Messbereich der Sensoreinheit kontaktfrei und beabstandet zu der Brenneinheit, vorzugsweise den Brennelementen der Brenneinheit, angeordnet. Vorzugsweise weist die Sensoreinheit zumindest eine Halteeinheit auf, welche die Sensoreinheit, insbesondere elektrisch und/oder thermisch von der Brenneinheit entkoppelt, an der Brenneinheit fixiert. Dadurch kann insbesondere eine vorteilhafte Verbrennervorrichtung zu Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung bereitgestellt werden.

[0028] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der minimalen Betriebsleis-

tung einer Verbrennervorrichtung soll hierbei nicht auf die oben beschriebene Anwendung und Ausführungsform beschränkt sein. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der minimalen Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung zu einer Erfüllung einer hierin beschriebenen Funktionsweise eine von einer hierin genannten Anzahl von einzelnen Elementen, Bauteilen und Einheiten sowie Verfahrensschritten abweichende Anzahl aufweisen. Zudem sollen bei den in dieser Offenbarung angegebenen Wertebereichen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als offenbart und als beliebig einsetzbar gelten.

Zeichnung

[0029] Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

[0030] Es zeigen:

- Fig. 1 eine Verbrennervorrichtung zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 2 einen schematischen Aufbau erfindungsgemäßer Verbrennervorrichtung,
- Fig. 3 ein schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung,
- Fig. 4 ein Ursache-Wirkung-Beziehungsdiagramm der Leistungsaufnahme, CO-Emission und der Ionisation-Stromstabilität in einer schematischen Darstellung,
- Fig. 5 ein alternatives schematisches Ablaufdiagramm eines Betriebsablaufs der Verbrennungsvorrichtung, bei dem eine instabile Verbrennung entsteht und deren Auswirkungen dargestellt werden und
- Fig. 6 ein alternatives schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

[0031] Fig. 1 zeigt eine Verbrennervorrichtung 10a zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens. Die Verbrennervorrichtung 10a weist eine Verbrennereinheit 12a auf. Die thermische Energie wird an ein flüssiges Medium übertragen. Besonders bevorzugt wird die thermische Energie in ein Wasser übertragen. Die Verbrennervorrichtung 10a ist als ein Durchlauferhitzer un-

d/oder Boiler ausgebildet. Dem Wasser wird von der Verbrennervorrichtung 10a, insbesondere von einer Verbrennereinheit 12a der Verbrennervorrichtung 10a, eine thermische Energie zugeführt. Ferner ist denkbar, dass die Verbrennervorrichtung 10a eine thermische Energie an ein Zwischenmedium weitergibt, und infolge des Zwischenmediums die thermische Energie mit einem Verlustwert dem Wasser zuführt. Mittels der Verbrennereinheit 12a der Verbrennervorrichtung 10a wird eine Flamme erzeugt. Alle Konstruktionsparameter, beispielsweise, Druckverteilung am Gaseingang, Gasqualität, Umgebungsbedingungen, relative Feuchtigkeit und Höhe, werden vor einem Betriebsschritt festgelegt, um die Mindestleistung für alle hergestellten Geräte zu gewährleisten.

[0032] Die Verbrennereinheit 12a der Verbrennervorrichtung 10a weist zumindest ein Brennelement 32a auf. Eine Flamme wird über dem Brennelement 32a durch das Brennelement 32a erzeugt. Mittels der Verbrennereinheit 12a wird eine Flamme erzeugt. Die thermische Energie wird durch eine Flamme erzeugt. Die thermische Energie wird von der Flamme bereitgestellt. Die Flamme wird durch die Zugabe eines Brennstoffes durch die Verbrennereinheit 12a erzeugt. Der Brennstoff ist durch ein gasförmiges Medium ausgebildet. Der Brennstoff ist als ein Brennfluid, insbesondere als ein Brenngas, ausgebildet. Beispielsweise könnte die Flamme durch die Oxidation von Brennstoff, insbesondere Erdgas und/oder Wasserstoff und/oder Methan, erzeugt werden. Alternativ ist jeder andere, einem Fachmann als sinnvoll erscheinende Brennstoff zur Erzeugung einer Flamme mittels einer Oxidation denkbar. Vorzugsweise wird der Brennstoff in der Verbrennereinheit 12a der Verbrennervorrichtung 10a eingebracht. Der Brennstoff wird, beispielsweise von einer Pumpe, unter Druck in die Verbrennereinheit 12a eingespritzt. In einem Betriebsschritt 18a wird eine Flamme durch zumindest ein Brennelement 32a erzeugt. Das Brennelement 32a ist dazu eingerichtet, aus einem Brennstoff eine Flamme zu erzeugen.

[0033] Die Verbrennervorrichtung 10a weist zumindest eine Sensoreinheit 22a auf. Ferner weist die Verbrennervorrichtung 10a mehrere Sensoreinheiten 22a auf. Die Sensoreinheit 22a ist beabstandet von dem Brennelement 32a der Verbrennereinheit 12a angeordnet. Die Sensoreinheit 22a ist dazu eingerichtet, zumindest zwei Brennelemente 32a in einem Messschritt 28a zu messen. Die zumindest eine Sensoreinheit 22a verläuft senkrecht zu einer Haupterstreckungsrichtung der Brennelemente 32a. Alternativ sind die Brennelemente 32a auf zwei gegenüberliegenden Seiten der Sensoreinheit 22a angeordnet. Die Sensoreinheit 22a weist einen runden Querschnitt auf. In einem Messschritt 28a wird eine Messung mit der vollständigen Sensoreinheit 22a durchgeführt. Die Sensoreinheit 22a weist zumindest einen Messbereich 34a auf. Der Messbereich 34a ist dazu eingerichtet, einen elektrischen Strom zu erzeugen, welcher zumindest im Wesentlichen proportional zu der Flammenintensität ausgebildet ist. Der

Messbereich 34a ist senkrecht zu einer Haupterstreckungsrichtung der Brennelemente 32a ausgerichtet. Alternativ könnte auch nur ein Teilbereich der Sensoreinheit 22a den Messbereich 34a ausbilden. Der Messbereich 34a der Sensoreinheit 22a ist in einem Randbereich der Flamme und/oder an dem Brennelement 32a außermittig angeordnet. Vorzugsweise kontaktiert der Messbereich 34a der Sensoreinheit 22a in zumindest einem Betriebsschritt 18a die im Randbereich angeordnete Flamme. Der Messbereich 34a der Sensoreinheit 22a ist kontaktfrei und beabstandet zu der Verbrennereinheit 12a insbesondere den Brennelementen 32a der Verbrennereinheit 12a, angeordnet. Die Sensoreinheit 22a weist zumindest eine Halteeinheit 36a auf, welche die Sensoreinheit 22a, insbesondere elektrisch und/oder thermisch von der Verbrennereinheit 12a entkoppelt, an der Verbrennervorrichtung 12a fixiert. Die Sensoreinheit 22a ist als eine Ionisationselektrode ausgebildet. In einem Messschritt 28a wird mittels der Sensoreinheit 22a ein Ionisationsstrom ermittelt. Die Sensoreinheit 22a ist dazu eingerichtet, einen, vorzugsweise zumindest im Wesentlichen proportional zu einer Flammenintensität der Flamme, insbesondere einer Ionenbildungsrate in der Flamme, ausgebildeten, Ionisationsstrom zu ermitteln.

[0034] Fig. 2 zeigt einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Verbrennervorrichtung 10a. Die Verbrennervorrichtung 10a weist eine Steuerungs- und Regelungseinheit 16a auf. Die Sensoreinheit 22a misst in einem Messschritt 28a einen Ionenparameter und gibt ihn an die Steuerungs- und Regelungseinheit 16a weiter. Mittels einer Steuerungs- und Regelungseinheit 16a werden die Abläufe der Verbrennervorrichtung 10a reguliert und überwacht. Die Steuerungs- und Regelungseinheit 16a ist dazu eingerichtet, einen Auswertungsschritt 26a und einen Anpassungsschritt 46a durchzuführen. In einem Messschritt 28a werden die durch die Sensoreinheit 22a ermittelten Ionenparameter in einem Auswertungsschritt 26a durch die Steuerungs- und Regelungseinheit 16a verarbeitet. Die Steuerungs- und Regelungseinheit 16a ist dazu eingerichtet, in einem Auswertungsschritt 26a aus einem Ionenparameter eine Stabilität des Ionenparameters zu ermitteln. Die Steuerungs- und Regelungseinheit 16a ist dazu eingerichtet, eine Ventileinheit 24a anzusteuern und zu regulieren. Die Ventileinheit 24a ist in einem Leitungselement 48 einer Gaszuführungseinheit 14a ausgebildet. Die Ventileinheit 24a steuert einen Gasdurchflusses durch eine Querschnittsveränderung des Leitungselements 48a. Insbesondere ist es denkbar, dass die Ventileinheit 24a zwischen einem Leitungselement 48a und einer Verbrennereinheit 12a als Verbindungselement ausgebildet ist. Es wird in einem Anpassungsschritt 46a der Querschnitt senkrecht zur Haupterstreckungsrichtung des Leitungselements 48a verändert. In einem Betriebsschritt 18a wird die Ventileinheit 24a automatisch über eine Steuerungs- und Regelungseinheit 16a angesteuert. Insbesondere ist es denkbar, dass die Ventileinheit 24a manuell

bedient wird. Alternativ ist es denkbar, dass die Ventileinheit 24a zusätzlich eine manuelle Regelung ermöglicht. Die Steuerungs- und Regelungseinheit 16a wird mit einer elektrischen Energie versorgt.

[0035] Weiter weist die Verbrennervorrichtung 10a eine Gaszuführungseinheit 14a auf. Die Verbrennervorrichtung 10a weist einen Verbrennerbereich 50a auf. Die Gaszuführungseinheit 14a ist gasdicht ausgebildet. Die Gaszuführungseinheit 14a weist zumindest ein Gasreservoirelement 38a auf, welches zu einer Aufnahme eines Prozessgases eingerichtet ist. Alternativ ist eine Gaszuführungseinheit 14a ohne Gasreservoirelement 38a denkbar, wobei das gasförmige Medium von einer fest installierten Gaszufuhr zugeleitet wird. Das zumindest eine Gasreservoirelement 38a ist beabstandet von dem Verbrennungsbereich 50a angeordnet. Die Gaszuführungseinheit 14a weist ein Leitungselement 48a auf, welches zu einer Leitung des gasförmigen Mediums zu zumindest einer Verbrennereinheit 12a eingerichtet ist. Das Leitungselement 48a ist dazu eingerichtet, ein gasförmiges Medium koordiniert in eine Verbrennereinheit 12a zuzuführen. Das Leitungselement 48a bildet mit dem Gasreservoirelement 38a eine Koppelstelle aus. Das Leitungselement 48a bildet mit der Verbrennereinheit 12a eine Koppelstelle aus. Das Leitungselement 48a weist senkrecht zu einer Haupterstreckungsrichtung des Leitungselements einen kreisrunden Querschnitt auf. Die Verbrennereinheit 12a erzeugt eine thermische Energie 40a und einen Abluft 42a.

[0036] Fig. 3 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung 10a, insbesondere Warmwasserbereitervorrichtung. Die Verbrennervorrichtung 10a weist eine Verbrennereinheit 12a, zumindest eine Gaszuführungseinheit 14a und zumindest Steuerungs- und Regelungseinheit 16a auf. In zumindest einem Betriebsschritt 18a wird ein gasförmiges Medium über die Gaszuführungseinheit 14a der Verbrennereinheit 12a zugeführt. In zumindest einem Messschritt 28a wird mittels einer Sensoreinheit 22a der Verbrennervorrichtung 10a ein Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit 12a erzeugten Flamme als Ionisationssignal gemessen und einen Rückschluss auf einen Ionenstrom geschlossen. In dem zumindest einen Betriebsschritt 18a wird mittels einer Ventileinheit 24a der Gaszuführungseinheit 14a ein Gasfluss in die Verbrennervorrichtung 10a reguliert. In dem zumindest einen Betriebsschritt 18a wird mittels der Steuerungs- und Regelungseinheit 16a der Verbrennervorrichtung 10a die Ventileinheit 24a angesteuert und/oder zumindest ein Auswertungsschritt 26a durchführt. In dem zumindest einem Auswertungsschritt 26a wird die Betriebsleistung über die Stabilität des elektrischen Ionisationsstrom ermittelt.

[0037] In einem Betriebsschritt 18a wird ein Medium, insbesondere Wasser, von einer Verbrennervorrichtung 10a durch einen Verbrennungsprozess erwärmt. In einem Betriebsschritt 18a wird eine thermische Energie 40a durch die Verbrennereinheit 12a erzeugt. In einem

Betriebsschritt 18a wird ein gasförmiges Medium an der Verbrennereinheit 12a entzündet, sodass eine Flamme entsteht. In einem Betriebsschritt 18a wird durch das Erzeugen einer Flamme mittels der Verbrennereinheit 12a eine thermische Energie 40a generiert. Mithilfe der erzeugten thermischen Energie 40a wird ein Medium, insbesondere Wasser, erwärmt. In einem Betriebsschritt 18a wird ein Medium, insbesondere Wasser, auf eine Solltemperatur erwärmt. Insbesondere ist denkbar, dass bei einem Erreichen der Solltemperatur der Betriebs- schritt 18a beendet und/oder die Betriebsleistung inner- 5 halb eines Betriebsschritts reduziert wird. Das Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung 10a ist dazu eingerichtet, in einem Betriebsschritt 18a bei einer niedrigen Leistung eingesetzt zu werden. Das Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbren- 10 nervorrichtung 10a dazu eingerichtet, in einem Betriebs- schritt 18a eine Betriebsleistung zu ermitteln und infolge automatisch die Betriebsleistung auf eine minimale Be- triebsleistung zu kalibrieren. Das Verfahren weist einen Verfahrensablauf 76a auf. Der Verfahrensablauf 76a weist zumindest einen Messschritt 28a, zumindest einen Auswertungsschritt 26a und zumindest einen Anpas- 15 sungsschritt 46a auf.

[0038] In einem Messschritt 28a wird mittels einer Sensoreinheit 22a der Verbrennervorrichtung 10a ein Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit 12a erzeugten Flamme als Ionisationssignal gemessen, wel- 20 cher einen Rückschluss auf einen Ionenstrom erlaubt. In einem Messschritt 28a wird mittels der Sensoreinheit 22a ein Ionisationsstrom ermittelt. Der in einem Messschritt 28a ermittelte Ionisationsstrom wird an die Steuerungs- und Regelungseinheit 16a übermittelt.

[0039] In einem Auswertungsschritt 26a wird der durch die Sensoreinheit 22a ermittelte Ionisationsstrom verar- 25 beitet. In einem Auswertungsschritt 26a wird die Stabilität einen Ionisationsstroms ermittelt. In einem Auswer- tungsschritt 26a wird ein unabhängiger Wert eines Ioni- sationsparameter definiert, welcher unabhängig von al- 30 len Parametern die Einfluss auf die elektrische Strom- stärke besitzen. Insbesondere sind beispielsweise die Spannungstoleranzen bei der Ionisationsanregung, alle Konstruktionsparameter, die Position der Sensoreinheit, insbesondere des Ionisationssensors, relativ zur Flam- 35 me Parameter, welche die Flamme beeinflussen. Der ermittelte Wert ist zumindest im Wesentlichen vollständig unabhängig von jeglichem Konstruktionsparameter der Verbrennervorrichtung 10a.

[0040] In dem zumindest einem Auswertungsschritt 26a wird die normalisierte Varianz des Ionisationsstroms als Indikator für die Stabilität eingesetzt. 40

[0041] In einem Auswertungsschritt 26a wird mittels der normierten Varianz des Ionisationsstroms die Stabi- 45 lität des Ionisationsstroms bewertet. Die Normierung ist dazu eingerichtet, in einem Auswertungsschritt 26a den Ionisationsstrom unabhängig von Einflussfaktoren zu definieren. Insbesondere sind beispielsweise die Span-

nungstoleranzen bei der Ionisationsanregung, alle Kon- 5 struktionsparameter, die Position der Sensoreinheit, ins- besondere des Ionisationssensors, relativ zur Flamme Einflussfaktoren, welche den Ionisationsstrom, indirekt über die Flamme beeinflussen, unabhängig von jeglich- 10 em Parameter der Verbrennervorrichtung 10a. In einem Auswertungsschritt 26a wird über die Varianz der Stabi- lität des Ionisationsstroms eine Betriebsleistung bewert- et. In einem Auswertungsschritt 26a werden mehrere 15 Datenpunkte normiert. Alternativ ist es denkbar, dass in einem Auswertungsschritt 26a eine Normierung aus ei- ner Grafik bzw. aus einem Diagramm durchgeführt wird. In einem Auswertungsschritt 26a werden Datenpunkte mittels eines Normierungswertes normiert. In einem Aus- 20 wertungsschritt 26a wird ein aus dem Messschritt 28a ermittelter Wert, beispielsweise, Mindestwert, Maximal- wert, Mittelwert, Summe und/oder Median, als Normie- rungswert genutzt. Alternativ ist in einem Auswertungs- schritt 26a ein benutzerdefinierter Wert als Normierungs- 25 wert denkbar. Der Normierungswert ist in einem Aus- wertungsschritt 26a mittels eines Mittelwerts aus den in dem Messschritt 28a gemessenen Datenpunkten ermit- telt. Die Datenpunkte werden durch den Normierungs- wert geteilt.

[0042] In dem zumindest einem Messschritt 28a erfolgt 30 eine Messung eines absoluten Ionisationsstroms in ei- nem definierten zeitlichen Abstand. In einem Messschritt 28a wird eine Messung eines absoluten Ionisationsst- roms in einem konstanten definierten zeitlichen Abstand durchgeführt. Alternativ ist auch eine Messung eines 35 absoluten Ionisationsstroms in einem variablen definier- ten zeitlichen Abstand denkbar. Ferner ist denkbar, dass in zumindest einem Messschritt 28a eine automatische Anpassung des zeitlichen Abstands zwischen zwei Mes- sungen eines absoluten Ionisationsstroms mittels der Steuerungs- und Regelungseinheit erfolgt. In zumindest 40 einem Messschritt 28a erfolgt eine Messung eines ab- absoluten Ionisationsstroms in einem definierten zeitlichen Abstand von 20 ms. Insbesondere ist jeder einem Fach- mann als sinnvoll erscheinende zeitliche Abstand zwis- chen zwei Messungen eines absoluten Ionisationsst- 45 roms in einem Messschritt 28a denkbar. Ferner ist denk- bar, dass mehrere Messschritte 28a in Folge durchge- führt werden. In dem zumindest einem Auswertungs- schritt 26a werden die absoluten Werte auf einen Mittel- wert des Ionisationsstroms innerhalb eines definierten Zeitfensters normiert.

[0043] Der Normierungswert wird in einem Auswer- 50 tungsschritt 26a mittels eines Mittelwerts eines Daten- satzes aus dem Messschritt 28a ermittelt. Der Datensatz des Ionisationsstroms wird innerhalb eines definierten Zeitfensters ermittelt. Unter einem definierten Zeitfenster soll ein Zeitfenster zwischen 2s bis 3s verstanden wer- 55 den. In einem Auswertungsschritt 26a werden mit einer Formel alle innerhalb eines Zeitfensters liegenden Da- tenpunkte auf den Mittelwert normiert und die Varianz berechnet. In einem Auswertungsschritt 26a wird die mathematische Formel der empirischen Varianz durch

die Normierung auf den Mittelwert ergänzt. Die mathematische Formel weist die Summe jedes Werts der Ionisationsstrommessung im Datensatz ($\sum x_i$), den Mittelwert des Ionisationsstroms im Datensatz (\bar{x}) und die Anzahl der Messungen im Datensatz (N) auf.

[0044] In dem zumindest einem Auswertungsschritt 26a wird ein Echtzeit-Histogramm 56a der normalisierten Werte erstellt. Vorzugsweise ist der normalisierte Wert des Ionisationsstroms auf einer Abszisse 52a und die CO-Emission auf einer Ordinate 54a aufgetragen. Alternativ ist auch jede andere, einem Fachmann als sinnvoll erscheinende Auftragung des normalisierten Wertes des Ionisationsstroms denkbar. Alternativ ist denkbar, dass die Auftragung in einer zeitlichen Verzögerung durchgeführt wird. Insbesondere ist eine zeitliche Verzögerung von vorzugsweise maximal 1s, bevorzugt 0,5s und besonders bevorzugt 0,1s denkbar. In einem Histogramm der normalisierten Ionisationsparameter sind unterschiedlichen Stabilitäten des Ionisationsstroms in unterschiedlichen zeitlichen Messbereichen zu deuten. In einem ersten Messbereich 58a mit einer hohen Steigung ist der Ionisationsparameter instabil, da die Varianz zwischen den Datenpunkten hoch ausgebildet ist. Sobald die Varianz kleiner wird, ist in einem zweiten Messbereich 60a ist ein Übergang in eine stabilen Ionisationsparameter deutbar. In einem dritten Messbereich 62a ist die Varianz konstant, daher liegt hierbei ein stabiler Ionisationsparameter vor (siehe Fig. 4).

[0045] In dem zumindest einem Auswertungsschritt 26a werden die Standardabweichung der Daten des Histogramms 56a berechnet. Eine Berechnung der Standardabweichung erfolgt von allen Daten des Histogramms 56a. Alternativ ist es auch denkbar, dass in einem Auswertungsschritt 26a eine Standardabweichung eines zeitlichen Bereichs berechnet wird. Ferner ist denkbar, dass in einem Auswertungsschritt 26a mehrere Standardabweichungen von mehreren zeitlichen nachfolgenden Bereichen berechnet werden. In dem zumindest einen Auswertungsschritt 26a werden die Varianz der Daten des Histogramms 56a berechnet. Die Varianz der Daten des Histogramms 56a wird über die Standardabweichung berechnet. Für die Berechnung der Varianz wird die Standardabweichung ins Quadrat gesetzt. Die Standardabweichung wird innerhalb eines zeitlich definierten Mittelwertes zur Berechnung der Varianz genutzt. Eine empirische Varianz wird ermittelt. Alternativ wird die Varianz über die Summe der quadrierten Abweichungen aller Messwerte vom arithmetischen Mittel durch die Anzahl der Messwerte dividiert berechnet.

[0046] In dem zumindest einem Anpassungsschritt 46a erfolgt eine Anpassung des Gasdurchflusses mittels der Ventileinheit 24a, sodass die Messung des normalisierten Wertes der Varianz des Ionisationsstroms mit einem Sollwert übereinstimmt. Der Sollwert wird von einem anderen System vorgegeben. In einem Anpassungsschritt 46a wird bei einem niedrigeren, in einem Messschritt 28 gemessenen, normalisierten Wert der Ionisationsstromvarianz als der Sollwert der Gasfluss

in die Verbrennereinheit 12a reduziert. In einem Anpassungsschritt 46 wird bei einem höheren, in einem Messschritt 28a gemessenen, normalisierten Wert der Ionisationsstromvarianz als der Sollwert der Gasfluss erhöht. In einem Anpassungsschritt 46a wird keine Änderung des Gasflusses vorgenommen, wenn der Istwert gleich dem Sollwert ist. In einem Anpassungsschritt 46a wird der Gasfluss automatisch mittels der Steuerungs- und Regelungseinheit 16a durch die Ventileinheit reguliert. Insbesondere ist denkbar, dass der Anpassungsschritt 46a parallel zu einem Betriebsschritt 18a erfolgt. Insbesondere ist es denkbar, dass der Sollwert einen Zahlenbereich darstellt, wobei jeder Zahlenwert in diesem Zahlenbereich als zulässig gewertet wird. Alternativ ist es denkbar, dass der Sollwert eine Toleranz aufweist, in welche ein in einem Messschritt 28a gemessener Wert als zulässig bewertet wird.

[0047] In dem zumindest einem Entwicklungsschritt 30a wird der Sollwert definiert. Der Sollwert ist als absoluter Wert einer normalisierten Varianz des Ionisationsstroms definiert. Alternativ ist auch eine Definition des Sollwerts als relativer Wert denkbar. Der Sollwert wird für einen Typ der Verbrennervorrichtung 10a definiert. Der Sollwert in einem Entwicklungsschritt 30a vor einem Betrieb in einer Entwicklungsphase der Verbrennervorrichtung 10a ermittelt. Der Sollwert wird in einem Entwicklungsschritt 30a vor einem Betrieb in einer Entwicklungsphase der Verbrennervorrichtung 10a experimentell ermittelt. Alternativ ist es denkbar, dass der Sollwert in einem Entwicklungsschritt 30a vor einem Betrieb in einer Entwicklungsphase der Verbrennervorrichtung 10a rechnerisch ermittelt wird.

[0048] In den Figuren 5 und 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Die nachfolgenden Beschreibungen und die Zeichnungen beschränken sich im Wesentlichen auf die Unterschiede zwischen den Ausführungsbeispielen, wobei bezüglich gleich bezeichneter Bauteile, insbesondere in Bezug auf Bauteile mit gleichen Bezugszeichen, grundsätzlich auch auf die Zeichnungen und/oder die Beschreibung des anderen Ausführungsbeispiels, insbesondere der Figuren 1 bis 4, verwiesen werden kann. Zur Unterscheidung der Ausführungsbeispiele ist der Buchstabe a den Bezugszeichen des Ausführungsbeispiels in den Figuren 1 bis 4 nachgestellt. In dem Ausführungsbeispiel der Figuren 5 und 6 ist der Buchstabe a durch den Buchstaben b ersetzt.

[0049] Fig. 5 zeigt ein alternatives schematisches Ablaufdiagramm eines Betriebsablaufs der Verbrennungsvorrichtung, bei dem eine instabile Verbrennung entsteht und deren Auswirkungen dargestellt werden. Ein Benutzer benötigt eine niedrigere Betriebsleistung 64b. Um dies zu erreichen, initiiert er eine gezielte Verringerung eines Gasdurchflusses 66b. Diese Reduktion des Gassstroms führt zu einer mageren Verbrennung 68b, bei der die Menge des zugeführten Brennstoffs reduziert wird, während das Verhältnis von Brennstoff zu Luft gleich bleibt. Wird der Gasdurchfluss jedoch zu stark gesenkt,

resultiert daraus eine instabile Verbrennung 70b, welche ein instabiles Ionensignal 72b verursacht und gleichzeitig einen Anstieg der CO₂-Emissionen 74b bewirkt. Dieses instabile Ionensignal 72b wird in einem Messschritt innerhalb zumindest eines Verfahrensablaufs 76b des Verfahrens erfasst. Anschließend wird der Verfahrensablauf 76b durchgeführt, um die minimale Betriebsleistung zu ermitteln und zu kalibrieren. Ziel ist es, den Betriebsbereich so einzuschränken, dass eine instabile Verbrennung und die daraus resultierenden erhöhten CO₂-Emissionen verhindert werden.

[0050] Fig. 6 zeigt ein alternatives schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung. Das Verfahren weist einen Verfahrensablauf 76b auf. Der Verfahrensablauf 76b weist zumindest einen Messschritt 28b, zumindest einen Auswertungsschritt 26b und zumindest einen Anpassungsschritt 46b auf.

[0051] In zumindest einem Auswertungsschritt 26b erfolgt anhand der Ermittlung der Betriebsleistung, insbesondere in einem Bereich einer geringen Betriebsleistung, eine Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals. In dem Auswertungsschritt 26b wird die Verbrennungsstabilität in einem geringen Bereich der Betriebsleistung bewertet. In dem zumindest einen Auswertungsschritt 26b wird die Verbrennungsstabilität in einem geringen Bereich der Betriebsleistung einer Verbrennervorrichtung 10b mit einem offenen Abgas bewertet. In dem Auswertungsschritt 26b wird der Verbrennungs-Ionisationsstrom kontinuierlich überwacht, um die Verbrennungsstabilität zu beurteilen. Besonders in dem Auswertungsschritt 26b wird der Verbrennungs-Ionisationsstrom kontinuierlich in einem Bereich einer geringen Betriebsleistung überwacht, um die Verbrennungsstabilität zu beurteilen. Die Stabilität korreliert direkt mit der Verbrennungsstabilität. In einem Auswertungsschritt 26b kann ein Flame-Lift-Phänomen der Verbrennung anhand der Verbrennungsstabilität abgebildet werden. Der Messschritt 28b und der Auswertungsschritt 26b können über den gesamten Modulationsbereich der Verbrennervorrichtung 10b durchgeführt werden. Der Messschritt 28b und der Auswertungsschritt 26b werden in einem Bereich, insbesondere Modulationsbereich, einer geringen Betriebsleistung der Verbrennervorrichtung 10b durchgeführt. In dem Auswertungsschritt 26b wird die Verbrennervorrichtung 10b durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals indirekt konditioniert. In dem Auswertungsschritt 26b wird anhand der Beurteilung der Verbrennungsstabilität das Auftreten des Flame-Lift-Phänomens analysiert, um Bereiche mit schlechter Verbrennung zu identifizieren. In dem Auswertungsschritt 26b wird eine Ionisationsmessung in einem konstanten Betriebsbereich beurteilt. In dem konstanten Betriebsbereich wird ein kurzes Zeitfenster definiert, in dem der Ionisationsstrom gemessen wird, ohne dass Parameter der Verbrennervorrichtung 10b verän-

dert werden. In einem Auswertungsschritt 26b findet keine Beurteilung von unterschiedlichen Modulationsbereichen statt. In dem Auswertungsschritt 26b wird eine aktuelle Betriebsleistung der Verbrennervorrichtung 10b in einem Betriebsschritt 18b beurteilt. In dem Auswertungsschritt 26b wird durch eine Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals eine minimale Betriebsleistung der Verbrennervorrichtung 10b ermittelt.

[0052] In dem zumindest einem Auswertungsschritt 26b wird die normalisierte Varianz des Ionisationsstroms ermittelt, um den Stabilitätsindikator unabhängig von der absoluten Höhe des Ionisationsstroms zu definieren. In dem Auswertungsschritt 26b wird durch die Ermittlung der normierten Varianz des Ionisationsstroms ein Stabilitätsindikator für die Verbrennungsstabilität definiert, der unabhängig von Änderungen der Parameter der Verbrennervorrichtung 10b ist. In dem Auswertungsschritt 26b wird durch die Ermittlung der normierten Varianz des Ionisationsstroms ein Stabilitätsindikator für die Verbrennungsstabilität definiert, der unabhängig von seiner relativen Amplitudenänderung während eines kurzen Zeitfensters ist, in dem die Betriebsleistung konstant bleibt. In dem Auswertungsschritt 26b wird ein Messschritt 28b ausgewertet, in dem eine relative Kennzahl verwendet wird, die über ein kleines Zeitfenster ausgewertet wird. In dem zumindest einem Auswertungsschritt 26b wird die Verbrennungsstabilität durch die Stabilität des dimensionslosen oder normierten elektrischen Ionisationsstroms bewertet. Unter einem dimensionslosen Ionisationsstrom soll ein Strom verstanden werden, der durch eine charakteristische Stromgröße geteilt wurde, um eine reine Zahl ohne physikalische Dimension zu erhalten. Der dimensionslose Ionisationsstrom wird in einem Auswertungsschritt 26b ermittelt. Der normierte Ionisationsstrom wird durch Division des gemessenen Stroms durch einen maximalen oder charakteristischen Stromwert erhalten. Die Normierung des Ionisationsstroms wird in einem Auswertungsschritt 26b durchgeführt. In einem Auswertungsschritt 26b wird die Verbrennungsstabilität durch die Stabilität des dimensionslosen oder normierten elektrischen Ionisationsstroms in einem beliebigen Betriebsbereich, insbesondere Betriebspunkt, der Verbrennervorrichtung 10b bewertet. In dem Auswertungsschritt 26b wird die Verbrennungsstabilität an jedem beliebigen Betriebspunkt für einen vordefinierten Zeitraum ausgewertet und das dynamische Verhalten bewertet, wobei die Größenvariation über verschiedene Betriebspunkte hinweg unberücksichtigt bleibt.

[0053] In dem zumindest einen Anpassungsschritt 46b wird eine minimale Betriebsleistung durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität kalibriert. In dem Anpassungsschritt 46b wird eine minimale Betriebsleistung durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals kalibriert. Unter einer "minimalen Betriebsleistung" wird die geringstmögliche Leistung verstanden, bei der eine Verbrennervorrichtung 10b stabil, sicher und

effizient betrieben werden kann, ohne die Qualität der Verbrennung oder die Betriebssicherheit zu beeinträchtigen. In dem Anpassungsschritt 46b wird die minimale Betriebsleistung kalibriert, bei der die Verbrennungsvorrichtung 10b frei von einem Flame-Lift-Phänomen ist. Anhand der in dem Auswertungsschritt 26b ermittelten Betriebsleistung mit einer konstanten Verbrennungsstabilität wird eine minimale Betriebsleistung festgelegt. In dem Anpassungsschritt 46b wird eine minimale Betriebsleistung abhängig von der in dem Auswertungsschritt 26b ermittelten minimalen Betriebsleistung kalibriert. In dem zumindest einen Anpassungsschritt 46b wird ein Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung 10b durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität eingeschränkt. In dem Anpassungsschritt 46b wird ein Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung 10b durch die Kalibrierung der minimalen Betriebsleistung eingeschränkt. In dem Anpassungsschritt 46b wird ein Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung 10b eingeschränkt, in dem die minimale Betriebsleistung erhöht oder verringert wird. Durch den in dem Anpassungsschritt 46b eingeschränkten Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung 10b wird ein Betrieb der Verbrennungsvorrichtung 10b in einem instabilen Verbrennungsbereich vermieden. In dem Anpassungsschritt 46b wird der Gasfluss als Betätigungperipherie genutzt, um einen Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung 10b einzuschränken. In dem Anpassungsschritt 46b wird über die Einstellung des Gasflusses ein inhärenter Stellschritt genutzt, der es ermöglicht, die Verbrennung zu stabilisieren. In dem Anpassungsschritt 46b wird ein Betriebsbereich durch die Einschränkung des Betriebsbereichs der Brennvorrichtung 10b verhindert, in dem die Flamme instabil ist und indirekt zu höheren Betriebsemissionen führt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung und/oder Anwendung der Betriebsleistung einer Verbrennungsvorrichtung (10), insbesondere Warmwasserbereitevorrichtung, welche zumindest eine Verbrennereinheit (12), zumindest eine Gaszuführungseinheit (14) und zumindest eine Steuerungs- und Regelungseinheit (16) aufweist, mit zumindest einem Betriebsschritt (18), in welchem ein gasförmiges Medium über die Gaszuführungseinheit (14) der Verbrennereinheit (12) zugeführt wird, mit zumindest einem Messschritt (28), in dem mittels einer Sensoreinheit (22) der Verbrennungsvorrichtung (10) ein Ionenparameter einer durch die Verbrennereinheit (12) erzeugten Flamme als Ionisationssignal gemessen wird, welcher einen Rückschluss auf einen Ionenstrom erlaubt, wobei in dem zumindest einen Betriebsschritt (18) mittels einer Ventileinheit (24) der Gaszuführungseinheit (14) ein Gasfluss in die Verbrennungsvorrichtung (10) reguliert wird und wobei in dem zumin-

dest einen Betriebsschritt (18) die Steuerungs- und Regelungseinheit (16) der Verbrennungsvorrichtung (10) die Ventileinheit (24) ansteuert und/oder zumindest einen Auswertungsschritt (26) durchführt, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zumindest einen Auswertungsschritt (26) die Betriebsleistung über die Stabilität des elektrischen Ionisationsstroms ermittelt wird, wobei die Sensoreinheit (22) dazu eingerichtet ist, einen zumindest im Wesentlichen proportional zu einer Flammenintensität der Flamme, insbesondere einer Ionenbildungsrate in der Flamme, ausgebildeten, Ionisationsstrom zu ermitteln.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zumindest einen Auswertungsschritt (26) anhand der Ermittlung der Betriebsleistung, insbesondere in einem Bereich einer geringen Betriebsleistung, eine Beurteilung der Verbrennungsstabilität auf der Grundlage einer Metrik der Variabilität des Ionisationssignals erfolgt.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zumindest einen Auswertungsschritt (26) die normalisierte Varianz des Ionisationsstroms ermittelt wird, um den Stabilitätsindikator unabhängig von der absoluten Höhe des Ionisationsstroms zu definieren.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zumindest einen Auswertungsschritt (26) die normalisierte Varianz des Ionisationsstroms als Indikator für die Stabilität eingesetzt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zumindest einen Auswertungsschritt (26) die Verbrennungsstabilität durch die Stabilität des dimensionslosen oder normierten elektrischen Ionisationsstroms bewertet wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zumindest einen Messschritt (28) eine Messung eines absoluten Ionisationsstroms in einem definierten zeitlichen Abstand erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zumindest einen Auswertungsschritt (26) die absoluten Werte auf einen Mittelwert des Ionisationsstroms innerhalb

eines definierten Zeitfensters normiert werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem zumindest 5
einem Auswertungsschritt (26) ein Echtzeit-Histogramm (56) der normalisierten Werte erstellt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 10
dadurch gekennzeichnet, dass in dem zumindest
einem Auswertungsschritt (26) die Standardabweichung der Daten des Histogramms (56) berechnet werden. 15

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem zumindest
einem Auswertungsschritt (26) die Varianz der Daten des Histogramms berechnet werden. 20

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem zumindest 25
einem Anpassungsschritt (46) eine Anpassung des Gasdurchflusses mittels der Ventileinheit (24) erfolgt, sodass die Messung des normalisierten Wertes der Varianz des Ionisationsstroms mit einem Sollwert übereinstimmt. 30

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem zumindest
einen Anpassungsschritt (46) eine minimale Betriebsleistung durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität kalibriert wird. 35

13. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem zumindest 40
einen Anpassungsschritt (46) ein Betriebsbereich der Verbrennungsvorrichtung (10) durch die Beurteilung der Verbrennungsstabilität eingeschränkt wird. 45

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem zumindest
einem Entwicklungsschritt (30) der Sollwert definiert wird. 50

15. Verbrennervorrichtung (10), insbesondere Warmwasserbereitevorrichtung, zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche. 55

Fig. 1

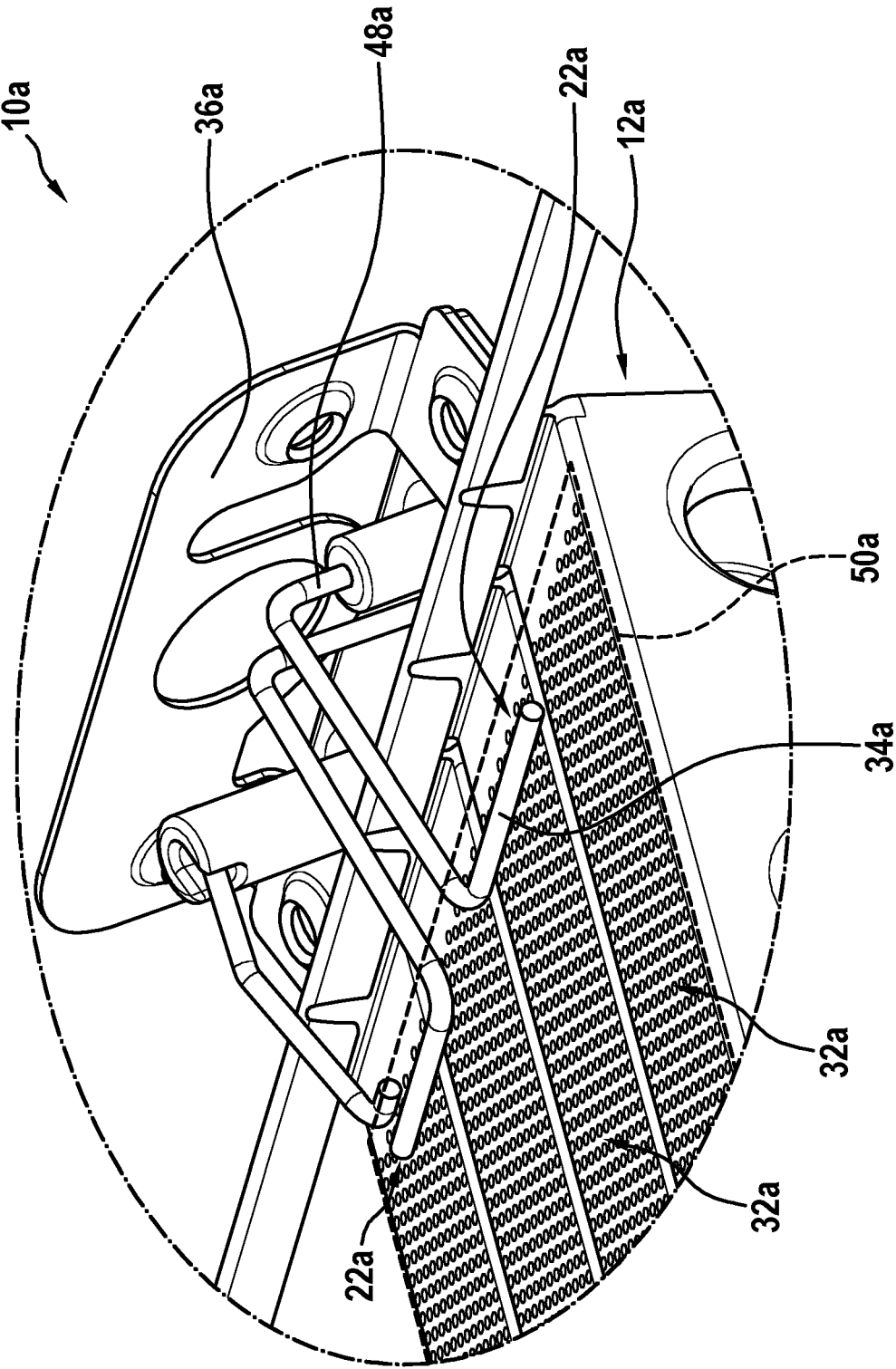


Fig. 2

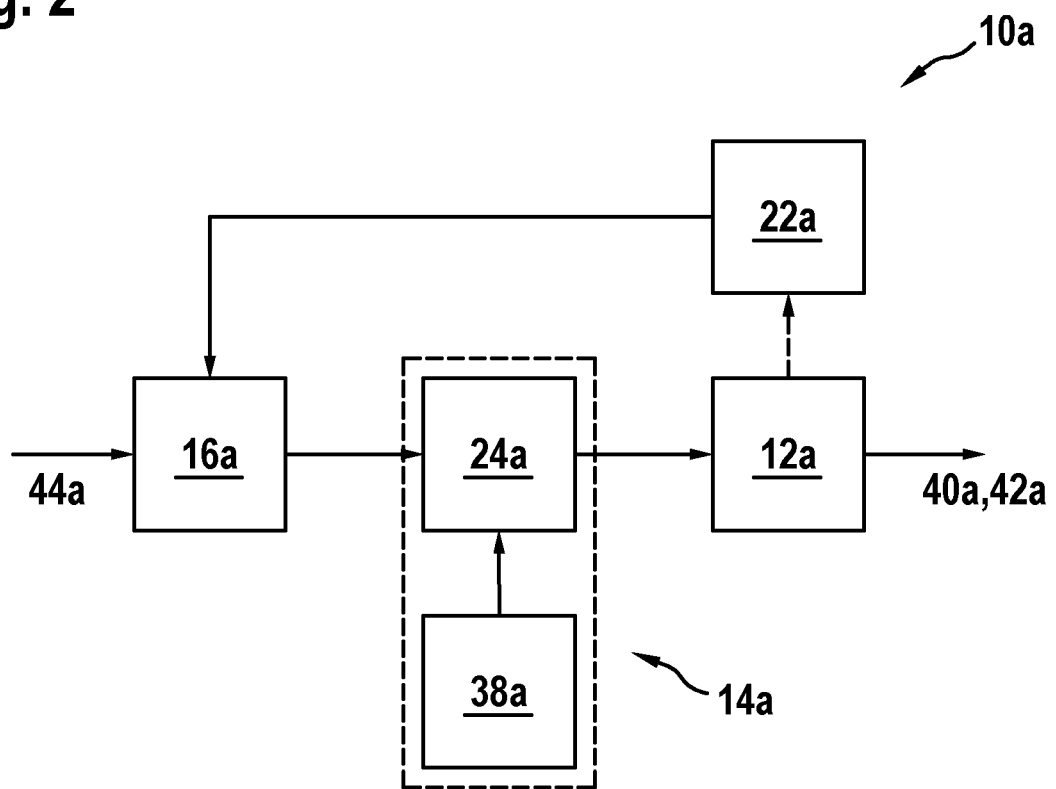


Fig. 3

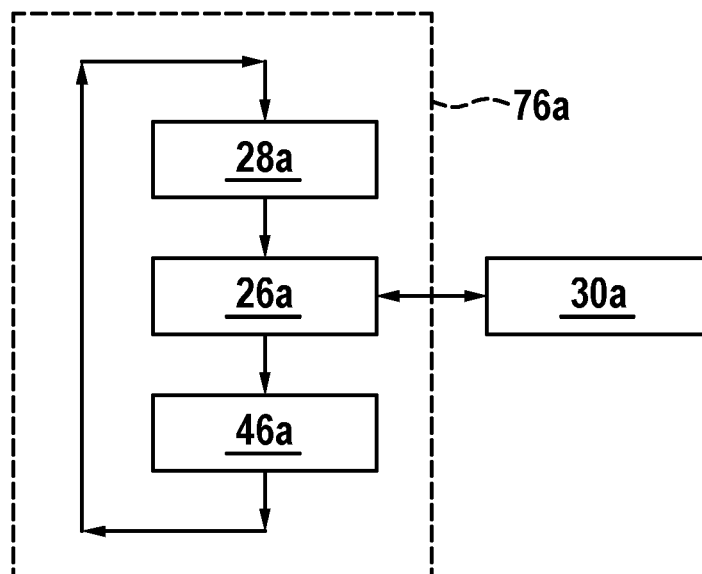


Fig. 4

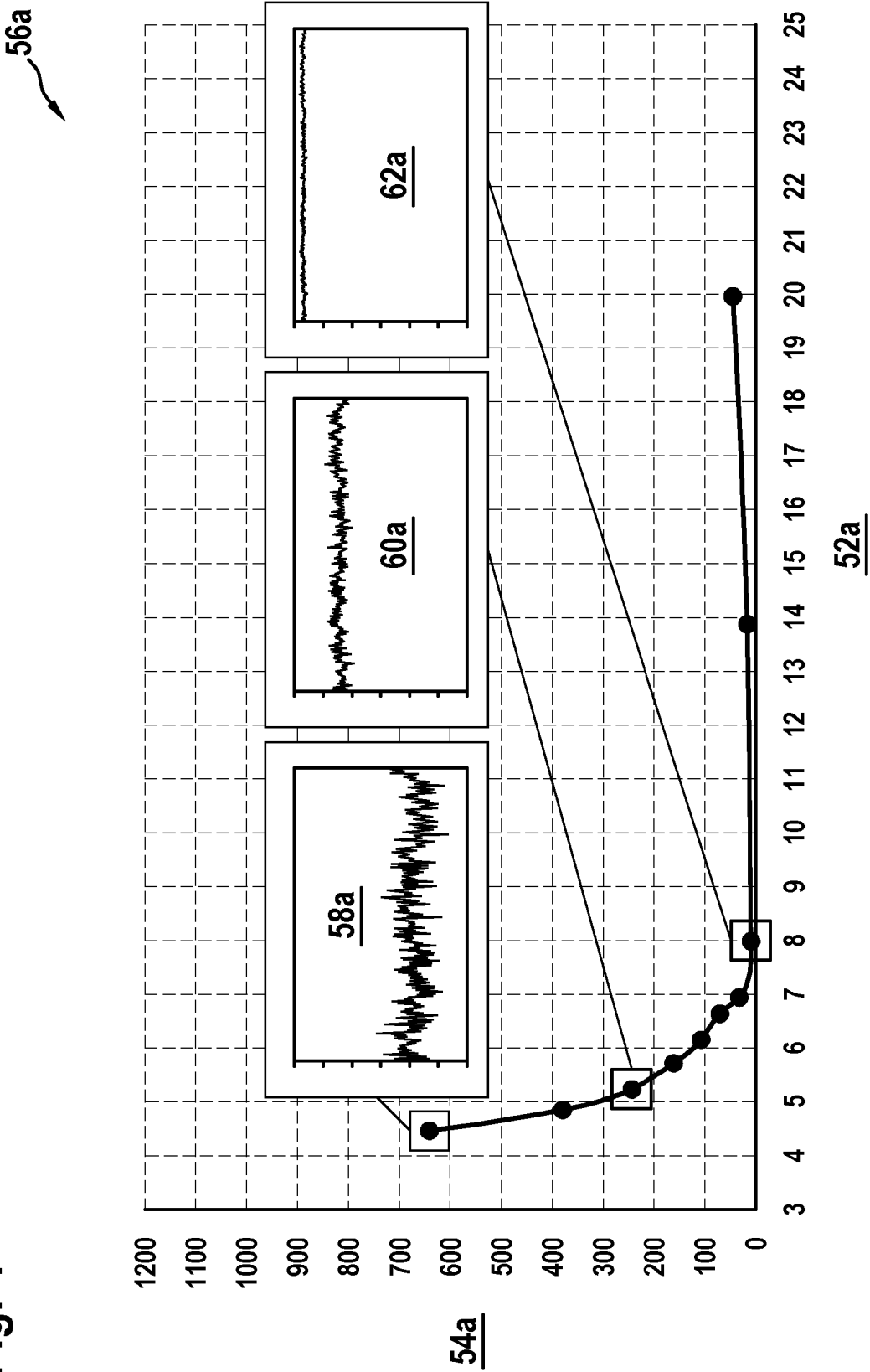


Fig. 5

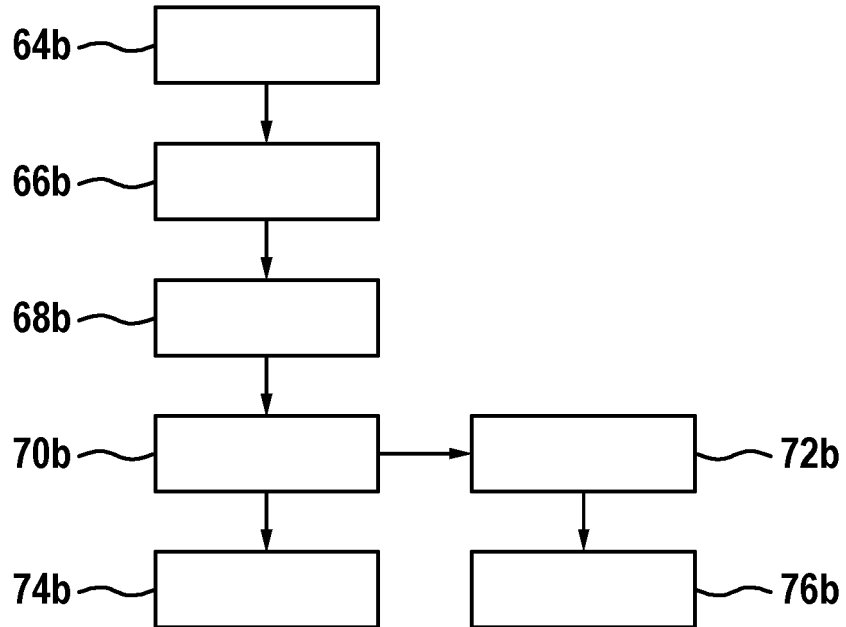
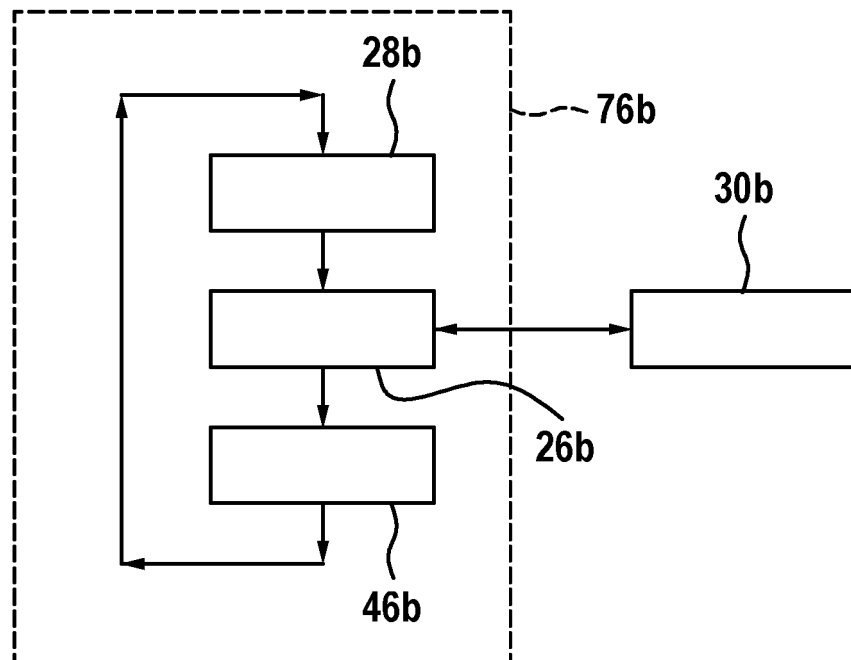


Fig. 6





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 20 5130

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2021 006182 A1 (TRUMA GERAETETECHNIK GMBH & CO KG [DE]) 15. Juni 2023 (2023-06-15) * Seite 5, Absatz 27 - Seite 6, Absatz 40 * * Abbildungen 1-5 * -----	1-15	INV. F23N1/00 F23N5/12
A	EP 3 290 797 B1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6. Oktober 2021 (2021-10-06) * Seite 4, Absatz 24 - Seite 8, Absatz 55 * * Abbildungen 1-3 * -----	1-15	
A	US 2011/070550 A1 (ARENSMEIER JEFFREY N [US]) 24. März 2011 (2011-03-24) * Seite 1, Absatz 16 - Seite 4, Absatz 30 * * Abbildungen 1-6 * -----	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23N
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 21. Februar 2025	Prüfer Rudolf, Andreas
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 : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 24 20 5130

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.

21-02-2025

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	DE 102021006182 A1	15-06-2023	AU 2022416361 A1	09-05-2024
			CN 118475796 A	09-08-2024
			DE 102021006182 A1	15-06-2023
			EP 4449020 A1	23-10-2024
			US 2025035310 A1	30-01-2025
			WO 2023110144 A1	22-06-2023
20	EP 3290797 B1	06-10-2021	KEINE	
	US 2011070550 A1	24-03-2011	EP 2431663 A2	21-03-2012
			US 2011070550 A1	24-03-2011
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

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