

(19)



(11)

EP 4 123 222 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

29.01.2025 Patentblatt 2025/05

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F23D 14/02^(2006.01) F23N 5/12^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22178078.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F23D 14/02; F23N 5/123; F23D 2203/102; F23N 2227/02

(22) Anmeldetag: **09.06.2022**

(54) **VERFAHREN ZUM STEuern EINES BRENNERS EINES WÄRMEERZEUGERS, BRENNER, WÄRMEERZEUGER UND HEIZUNGSANLAGE**

METHOD FOR CONTROLLING A BURNER OF A HEAT GENERATOR, BURNER, HEAT GENERATOR AND HEATING SYSTEM

PROCÉDÉ DE COMMANDE D'UN BRÛLEUR D'UN GÉNÉRATEUR DE CHALEUR, BRÛLEUR, GÉNÉRATEUR DE CHALEUR ET INSTALLATION 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: **19.07.2021 DE 102021207690**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

25.01.2023 Patentblatt 2023/04

(73) Patentinhaber: **Viessmann Climate Solutions SE 35108 Allendorf (DE)**

(72) Erfinder: **PAESLER, Lars**

35037 Marburg (DE)

(74) Vertreter: **MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann**

Patentanwälte PartG mbB

Paul-Heyse-Straße 29

80336 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 0 225 655 EP-A1- 2 116 771

DE-A1- 3 904 022 US-A- 4 404 616

US-A- 5 636 978 US-B2- 10 151 492

EP 4 123 222 B1

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).

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren zum Steuern eines Brenners eines Wärmeerzeugers während einer Zündungsphase, Brenner für den Einsatz in einem Wärmeerzeuger, einen Wärmeerzeuger sowie eine Heizungsanlage mit Wärmeerzeuger.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Brenner zum Einsatz in Wärmeerzeugern bekannt, bei denen ein Luft-Brennstoff-Gemisch in einen Verbrennungsraum einge-
leitet und zur Bereitstellung von Wärmeenergie kontrolliert in einer Brennerflamme verbrannt wird.

[0003] Zum Start eines derartigen Verbrennungsvorgangs durchlaufen die Brenner eine initiale Zündungsphase, in der unter Verwendung einer Zünde-
lektrode das in den Verbrennungsraum eingeleitete Luft-Brennstoff-Gemisch entzündet wird, um am Ende besagter Zündungsphase eine stabil brennende Brennerflamme bereitzustellen.

[0004] Im Zuge dessen erfolgt üblicherweise ein Detektieren eines Vorhandenseins der Brennerflamme, um so ein erfolgreiches Zünden und Vorliegen einer stabilen Brennerflamme zum Ende der Zündungsphase bestätigen zu können. Der Brenner umfasst hierzu in der Regel eine unter eine elektrische Spannung gesetzte Ionisationselektrode, mit Hilfe derer unter Ausnutzung eines Ionisierungseffekts ein durch das Vorliegen der Brennerflamme bedingter Ionisationsstrom gemessen wird, um so das Vorhandensein der erfolgreich gezündeten Brennerflamme zu bestätigen.

[0005] Ein erfolgreiches Entzünden des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs hängt dabei von diversen, meist unbekannten Faktoren ab, zu denen unter anderem die genauen geometrischen Abmessungen des Brenners zählen, die beispielsweise ein Strömungsverhalten des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs beeinflussen, und die aufgrund toleranzbehafteter Fertigung einzelner Brennerkomponenten unbekannt sind. EP 2 116 771 A1 offenbart ein Verfahren zum Steuern eines Brenners mit den Merkmalen des Oberbegriffs des ersten Anspruchs.

[0006] Ebenso sind auch spezifische Eigenschaften des Brennstoffs nicht genau bekannt, da dieser üblicherweise von einem Energieversorger als Mischung verschiedener Grundbrennstoffe (z.B. verschiedene Alkane: Methan, Ethan, Propan, Butan, etc.) bereitgestellt wird, wobei ein zugehöriges Zusammensetzungsverhältnis in der Regel unbekannt ist, sich unter Umständen auch ändert und seitens des Energieversorgers eben nicht exakt, sondern lediglich in einem bestimmten Toleranzbereich angegeben wird.

[0007] Aufgrund der Vielzahl unbekannter Faktoren kann der Brenner im Vorfeld nicht optimal auf ein Ent-

zünden des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs eingestellt werden, wodurch sich ein erhöhtes Risiko einer erfolglosen Zündungsphase des Brenners ohne Entzünden der Brennerflamme ergibt.

[0008] Um dieses Risiko zu minimieren und ein erfolgreiches Entzünden während der Zündungsphase zumindest weitestgehend zu gewährleisten, wird in den aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen während der Zündungsphase ein Luft-Brennstoff-Gemisch mit verhältnismäßig sehr hohem Brennstoffanteil einge-
leitet (ein sog. fettes Luft-Brennstoff-Gemisch), wodurch sich zwangsläufig die Zündwilligkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs erhöht.

[0009] Obgleich ein erfolgreiches Entzünden durch ein fettes Luft-Brennstoff-Gemisch begünstigt wird, ist dies jedoch mit verhältnismäßig hohen Emissionsraten von unerwünschten Verbrennungsprodukten, wie beispielsweise Ruß oder Kohlenstoffmonoxid, verbunden, die nicht nur die Umwelt belasten, sondern auch die Lebensdauer einzelner Brennerkomponenten signifikant herabsetzen und den Wartungsaufwand erhöhen.

Zusammenfassung der Erfindung

[0010] Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gegenüber dem Stand der Technik effizientere Möglichkeit zum Zünden einer Brennerflamme eines Brenners bereitzustellen.

[0011] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Verfahren nach Anspruch 1 und ein Brenner nach Anspruch 6 vorgeschlagen.

[0012] Die jeweiligen abhängigen Ansprüche beziehen sich dabei auf bevorzugte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens, die jeweils für sich genommen oder in Kombination bereitgestellt werden können. Weiterhin beziehen sich abhängige Ansprüche auf einen Wärmeerzeuger und eine Heizungsanlage.

[0013] Gemäß eines ersten Aspekts der Erfindung wird ein Verfahren zum Steuern eines Brenners eines Wärmeerzeugers, insbesondere zum Einsatz in einer Heizungsanlage, während einer Zündungsphase zum Zünden einer Brennerflamme bereitgestellt, wobei der Brenner eine zum Entzünden eines in einen Verbrennungsraum des Brenners einleitbaren Luft-Brennstoff-Gemischs, insbesondere eines Luft-Gas-Gemischs, eingerichtete Zünde-
lektrode umfasst. Das Verfahren weist dabei ein Erzeugen einer elektrischen Zündspannung an der Zünde-
lektrode, ein Einleiten eines Luft-Brennstoff-Gemischs, insbesondere eines Luft-Gas-Gemischs, in den Verbrennungsraum des Brenners, ein Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum, umfassend ein Messen eines an der Zünde-
lektrode vorliegenden Elektrodenstroms und ein Steuern des Brenners während der Zündungsphase durch Anpassen eines ein Verhältnis von Brennstoffmenge zu Luftmenge beschreibenden Mischungsverhältnisses des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs in

Abhängigkeit eines Detektionsergebnisses auf.

[0014] Bei der Zündungsphase handelt es sich dabei um eine Betriebsphase des Brenners mit vorgegebener zeitlicher Dauer, während der der Brenner unter der Maßgabe eines erfolgreichen Entzündens der Brennerflamme über die an der Zündelektrode erzeugte und dort anliegende elektrische Spannung gesteuert wird, wobei unter einem erfolgreichen Entzünden, also einer erfolgreich endenden Zündungsphase, zu verstehen ist, dass zum Ende der Zündungsphase eine stabile Brennerflamme im Verbrennungsraum des Brenners vorliegt, die infolge auftretender Abweichungen oder Störungen am Brenner nicht erlischt oder abreißt.

[0015] Die Zündspannung wird dabei derart durch einen Spannungserzeuger an der Zündelektrode erzeugt bzw. an dieser angelegt, dass es zu elektrischen Zündfunken zwischen der Zündelektrode und ihrem ebenfalls am Brenner angeordneten Gegenstück - üblicherweise einem Teil eines Flammenkörpers des Brenners oder einer separat angeordneten Masseelektrode - kommt, die einem in Plasmakanälen fließenden elektrischen Strom zwischen der Zündelektrode und ihrem Gegenstück entsprechen, der prinzipiell ein Entzünden des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs ermöglicht.

[0016] Im erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt dabei in vorteilhafter Weise das Detektieren der Brennerflamme, also das Detektieren eines Vorhandenseins der Brennerflamme im Verbrennungsraum, auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms an der Zündelektrode. Dadurch wird lediglich eine Elektrode, im erfindungsgemäßen Fall die Zündelektrode, benötigt, die sowohl beim Entzünden des Luft-Brennstoff-Gemischs durch die erzeugte Zündspannung als auch beim Detektieren des Vorhandenseins der Brennerflamme im Verbrennungsraum zum Einsatz kommt.

[0017] Das erfindungsgemäße Verfahren bedient sich zum Detektieren der Brennerflamme dem aus dem Stand der Technik grundsätzlich bekannten Ionisierungseffekt von Verbrennungsflammen, der eine Leitfähigkeit und eine Gleichrichterwirkung von Verbrennungsflammen beschreibt.

[0018] Wird im Zuge der Zündungsphase das Luft-Brennstoff-Gemischs durch die Zündfunken entzündet, so kommt es zur Ausbildung der Brennerflamme und dem besagten Ionisierungseffekt, infolgedessen die Brennerflamme als Gleichrichter fungiert und so den Stromfluss in den Plasmakanälen zwischen der Zündelektrode und ihrem Gegenstück hemmt. In anderen Worten kommt es zur Ausbildung eines entgegengerichteten Ionisationsstroms, der dem Stromfluss in den Plasmakanälen entgegenwirkt.

[0019] Dieser Effekt wird im Zuge des Messens des an der Zündelektrode vorliegenden Elektrodenstroms zwangsläufig miterfasst und gestattet auf diese Weise Rückschlüsse auf das Vorhandensein der Brennerflamme im Verbrennungsraum, ohne dabei auf eine aus dem Stand der Technik bekannte separat ausgeführte Ionisationselektrode angewiesen zu sein (siehe auch Fig. 1A).

[0020] So kann in vorteilhafter Weise besagte Ionisationselektrode eingespart werden, wodurch beispielsweise Herstellungskosten oder der notwendige Bauraum für den Brenner reduziert werden. Ebenso wird auch ein Wartungs- bzw. Instandhaltungsaufwand für den Brenner reduziert, da nun zumindest eine Elektrode weniger zu warten ist.

[0021] Durch die Erfindung wird somit eine gegenüber dem Stand der Technik kostengünstigere, wartungsärmere und platzsparendere Möglichkeit zur Zündung eines Brenners (Entzünden der Brennerflamme), der gemäß des beschriebenen Verfahrens während der Zündungsphase gesteuert wird.

[0022] Weiterhin wird im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens das Mischungsverhältnis des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs in Abhängigkeit des Detektionsergebnisses angepasst, wodurch ein auf das Vorhandensein der Brennerflamme adaptiertes und damit besonders effizientes Steuern während der Zündungsphase ermöglicht wird.

[0023] So kann es in Zeitbereichen, in denen keine Brennerflamme detektiert wird bzw. noch keine detektiert wurde, sinnvoll sein, dass Mischungsverhältnis derart anzupassen, dass eine Zündwilligkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs erhöht wird, um so die Zündungsphase erfolgreich abzuschließen, wohingegen in Zeitbereichen, in denen eine Brennerflamme detektiert wird, ein Anpassen des Mischungsverhältnisses unter der Maßgabe erfolgt, Emissionsraten unerwünschter Verbrennungsprodukte, wie z.B. Ruß oder Kohlenstoffmonoxid, zu reduzieren oder zumindest nicht zu erhöhen.

[0024] In anderen Worten wird eine Zündungsphase mit vergleichsweise hoher Erfolgsquote zur erfolgreichen Zündung bei zeitgleich niedrig gehaltener Emissionsrate unerwünschter Verbrennungsprodukte ermöglicht.

[0025] Das Mischungsverhältnis dient dabei der Beschreibung für eine Mengenrelation von Luft und Brennstoff im Luft-Brennstoff-Gemisch, wobei alternativ zum beschriebenen Mischungsverhältnis von Brennstoff zu Luft auch ein reziprokes Verbrennungsluftverhältnis verwendet werden kann, welches das Verhältnis von Luft zu Brennstoff beschreibt. Im Falle des besagten Mischungsverhältnisses ist dessen Erhöhung gleichbedeutend mit einer "Anfettung" des Luft-Brennstoff-Gemischs, also einer Erhöhung eines Brennstoffanteils, wohingegen ein Herabsenken gleichbedeutend mit einer "Abmagerung" des Luft-Brennstoff-Gemischs ist, also einer Erhöhung eines Luftanteils im Luft-Brennstoff-Gemisch.

[0026] Das Mischungsverhältnis kann dabei durch Ändern einer Brennstoffmenge bei gleichbleibender Luftmenge (z.B. durch ein Ändern der Brennstoffmenge mit Hilfe eines Regelventils), durch Ändern einer Luftmenge bei gleichbleibender Brennstoffmenge (z.B. durch ein Ändern eines Volumenstroms eines bereitgestellten Luftstroms) oder durch eine Kombination der beiden vorgenannten Schritte angepasst werden.

[0027] Das Detektionsergebnis wird in Form eines De-

tektionsparameters, insbesondere in Form eines zeitlichen Verlaufs des Detektionsparameters, bereitgestellt, der zumindest einen ersten oder einen zweiten Wert annehmen kann, wobei der erste Wert angibt, dass keine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird, und der zweite Wert angibt, dass eine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird. Dadurch wird eine vergleichsweise einfach gehaltene Beschreibung des Detektionsergebnisses mit vorzugsweise binärem Charakter bereitgestellt, welches zwischen den grundsätzlichen Fällen "Brennerflamme detektiert" (auch als "positives Detektionsergebnis" bezeichnet) und "Keine Brennerflamme detektiert" (auch als "negatives Detektionsergebnis" bezeichnet) unterscheidet.

[0028] Vorzugsweise kann der Detektionsparameter weiterhin eine Vielzahl kontinuierlich verteilter Werte annehmen, die eine Wahrscheinlichkeit eines Vorhandenseins der Brennerflamme im Verbrennungsraum beschreiben. Dadurch wird in vorteilhafter Weise ein verbessertes Steuern des Brenners ermöglicht, das im Gegensatz zum Fall mit rein binärer Angabe des Detektionsergebnisses beispielsweise ermöglicht, Feinjustierungen des Mischungsverhältnisses bereits bei geringfügigen Wertänderungen des Detektionsparameters vorzunehmen, um nicht erst im Fall "Keine Brennerflamme detektiert" aktiv zu werden, sondern bereits dem exemplarischen Fall einer steigenden Wahrscheinlichkeit eines anstehenden Erlöschens der Brennerflamme rechtzeitig entgegenwirken zu können.

[0029] Vorzugsweise erfolgt das Detektieren der Brennerflamme im Verbrennungsraum kontinuierlich über die gesamte Zündungsphase hinweg.

[0030] Vorzugsweise erfolgt das Erzeugen der Zündspannung an der Zündelektrode über die gesamte, vorgegebene Dauer der Zündungsphase hinweg. Dadurch kann gewährleistet werden, dass das Luft-Brennstoff-Gemisch prinzipiell zu jedem Zeitpunkt der Zündungsphase entzündet werden kann.

[0031] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Detektieren der Brennerflamme im Verbrennungsraum, insbesondere das Messen des an der Zündelektrode vorliegenden Elektrodenstroms, während dem Erzeugen der elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode.

[0032] In anderen Worten erfolgt das Detektieren der Brennerflamme auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms während an der Zündelektrode die zu Zündfunken führende Zündspannung erzeugt wird bzw. dort anliegt. Dies kann lediglich über einen zeitlichen Teilbereich der Zündungsphase oder über die gesamte Dauer der Zündungsphase hinweg erfolgen.

[0033] Auf diese Weise wird zumindest in einem zeitlichen Teilbereich der Zündungsphase ein Bereitstellen eines erzeugten Zündfunken bzw. einer erzeugten Abfolge einer Vielzahl aufeinanderfolgender Zündfunken mit simultanem Detektieren der Brennerflamme an ein und derselben Elektrode ermöglicht, wodurch eine kontinuierliche Überwachung der Zündungsphase hinsicht-

lich eines erfolgreichen Entzündens der Brennerflamme an nur einer Elektrode und damit ein effizienteres Steuern des Brenners während der Zündungsphase ermöglicht wird.

[0034] In einer bevorzugten Ausführungsform fällt beim Anpassen des Mischungsverhältnisses zum Steuern des Brenners während der Zündungsphase eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird, größer aus als eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses, in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird.

[0035] Unter einer zeitlichen Änderungsrate des Mischungsverhältnisses ist dabei jedwede zeitbezogene Beschreibung einer Änderung des Mischungsverhältnisses in den benannten Zeitbereichen zu verstehen. Hierbei kann es sich nicht erschöpfend um eine mittlere zeitliche Änderungsrate in Form eines Quotienten mit einer Differenz zwischen den Mischungsverhältnissen zum Ende und zum Anfang des jeweiligen Zeitbereichs als Dividend und einer Dauer des jeweiligen Zeitbereichs als Divisor, oder um eine lokale zeitliche Änderungsrate in Form einer zeitlichen Ableitung des Mischungsverhältnisses handeln.

[0036] Auf diese Weise wird in vorteilhafter Weise in Zeitbereichen, in denen ein Entzünden bisher erfolglos geblieben ist, ein Mischungsverhältnis stärker erhöht bzw. das Luft-Brennstoff-Gemisch wird stärker angefetet als in Zeitbereichen, in denen die Brennerflamme detektiert wird.

[0037] Dadurch wird während Phasen ohne detektierte Brennerflamme die Zündwilligkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs durch das Anfetten systematisch erhöht und zeitgleich eine besonders saubere Zündungsphase ermöglicht, bei der während detektierter Brennerflamme keine unnötige Erhöhung der Brennstoffmenge erfolgt, was zu einer verstärkten Emissionsrate von unerwünschten Verbrennungsprodukten führen würde.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Anpassen des Mischungsverhältnisses des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs zum Steuern des Brenners während der Zündungsphase derart, dass das Mischungsverhältnis in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird, das Detektionsergebnis also negativ ausfällt, gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift angepasst wird, und dass das Mischungsverhältnis in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird, das Detektionsergebnis also positiv ausfällt, gemäß einer zweiten Anpassungsvorschrift angepasst wird.

[0039] Die Anpassungsvorschriften können dabei explizit oder implizit definiert werden und von ein oder mehreren Eingangsgrößen, wie der Zeit, einem Volumenstrom des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs, einer Temperatur des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs, einer Temperatur im oder auch Zeitableitungen

beliebiger Ordnung der zuvor genannten Größen, abhängen.

[0040] Auf diese Weise kann ein systematisches Anpassen des Mischungsverhältnisses ermöglicht werden, dass je nach Vorhandensein der Brennerflamme erfolgt, um so eine möglichst "saubere" Zündung (niedrige Emissionsrate unerwünschter Verbrennungsprodukte) zu ermöglichen.

[0041] In einer bevorzugten Ausführungsform wird gemäß der ersten Anpassungsvorschrift das Mischungsverhältnis monoton steigend, insbesondere streng monoton steigend, über die Zeit erhöht, und gemäß der zweiten Anpassungsvorschrift wird das Mischungsverhältnis über die Zeit hinweg konstant gehalten.

[0042] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Mischungsverhältnis im Zuge des Steuerns des Brenners derart angepasst, dass dessen zeitlicher Verlauf über die Zündungsphase hinweg im Wesentlichen stetig ist.

[0043] Auf diese Weise wird insbesondere in Übergängen zwischen Zeitbereichen mit und ohne detektierte Brennerflamme ein stetiges Fortsetzen des Mischungsverhältnisses ermöglicht, derart, dass ein unter Umständen unnötig hohes Anfeuchten des Luft-Brennstoff-Gemisch durch einen z.B. sprunghaftigen Verlauf vermieden wird, um so eine saubere Zündung bereitzustellen.

[0044] Es umfasst das Detektieren der Brennerflamme im Verbrennungsraum weiterhin ein Ermitteln eines Ionisationsstroms auf Basis des an der Zündelektrode gemessenen Elektrodenstroms, ein Ermitteln eines Wertes eines Detektionsparameters auf Basis des ermittelten Ionisationsstroms, wobei der Detektionsparameter zumindest einen ersten oder einen zweiten Wert annehmen kann, wobei der erste Wert angibt, dass keine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird, und der zweite Wert angibt, dass eine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird, und ein Ausgeben des ermittelten Wertes des Detektionsparameters als Detektionsergebnis.

[0045] Dadurch wird der durch die Brennerflamme bedingte Ionisationsstrom aus dem gemessenen Elektrodenstrom extrahiert, um so ein isoliertes Stromsignal als Grundlage zum Detektieren der Brennerflamme bereitzustellen. Vorzugsweise bezieht das Ermitteln des Ionisationsstroms des gemessenen Elektrodenstroms dabei die erzeugte Zündspannung und/oder das Mischungsverhältnis des Luft-Brennstoff-Gemischs mit ein, um so eine Genauigkeit des Ermittlungsschritt zu erhöhen. Vorzugsweise umfasst das Ermitteln des Ionisationsstroms hierzu auch eine numerischen Signalfilterung, im Zuge derer durch Störungen bedingte Schwankungen im gemessenen Elektrodenstrom herausgefiltert werden, derart, dass diese beim Ermitteln des Ionisationsstroms nicht berücksichtigt werden.

[0046] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Ermitteln des Wertes des Detektionsparameters derart, dass dem Detektionsparameter der erste Wert zugeordnet wird, falls der ermittelte Ionisationsstrom in

einem ersten Wertebereich liegt, und dass dem Detektionsparameter der zweite Wert zugeordnet wird, falls der ermittelte Ionisationsstrom in einem zweiten Wertebereich liegt.

[0047] Es erfolgt das Ermitteln des Wertes des Detektionsparameters ereignisbasiert, derart, dass ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom ersten auf den zweiten Wert erfolgt, falls der ermittelte Ionisationsstrom einen ersten Ionisationsstromgrenzwert überschreitet, und dass ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom zweiten auf den ersten Wert erfolgt, falls der ermittelte Ionisationsstrom einen zweiten Ionisationsstromgrenzwert unterschreitet.

[0048] Auf diese Weise wird ein ereignisbasiertes Detektieren bereitgestellt, das ein durch Schwankungen im Ionisationsstrom bedingtes unnötiges Umschalten des Detektionsparameters durch Bereitstellung eines Pufferbereichs zwischen den besagten Grenzwerten verhindert.

[0049] Es erfolgt das Ermitteln des Wertes des Detektionsparameters zusätzlich auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms und ereignisbasiert, derart, dass ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom ersten auf den zweiten Wert erfolgt, falls der Ionisationsstrom einen ersten Ionisationsstromgrenzwert überschreitet oder der gemessene Elektrodenstrom einen ersten Elektrodenstromgrenzwert unterschreitet, und dass ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom zweiten auf den ersten Wert erfolgt, falls der Ionisationsstrom einen zweiten Ionisationsstromgrenzwert unterschreitet oder der gemessene Elektrodenstrom einen zweiten Elektrodenstromgrenzwert überschreitet.

[0050] Dadurch kann das ereignisbasierte Detektieren um eine zusätzliche Ereignisgröße erweitert werden, wodurch eine Genauigkeit der Wertermittlung des Detektionsparameters erhöht wird.

[0051] Vorzugsweise umfasst das Verfahren ferner ein Einstellen eines zu Beginn der Zündungsphase vorliegenden initialen Mischungsverhältnisses des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs, wobei das initiale Mischungsverhältnis derart eingestellt wird, dass es sich um ein mageres Luft-Brennstoff-Gemisch handelt. Mager ist hierbei so zu verstehen, dass unter Berücksichtigung eines stöchiometrischen Verhältnisses bei der Verbrennung des Brennstoffs mit der Luft ein Luftüberschuss im Luft-Brennstoff-Gemisch vorliegt. Dadurch wird sichergestellt, dass zu Beginn kein fettes Luft-Brennstoff-Gemisch vorliegt, dessen Entzündung vergleichsweise emissionsstärker hinsichtlich unerwünschter Verbrennungsprodukte ausfallen würde.

[0052] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Steuern des Brenners während der Zündungsphase zusätzlich durch Anpassen einer oder mehrerer der folgenden Größen in Abhängigkeit des Detektionsergebnisses erfolgt:

- eine Zufuhr rate des in den Verbrennungsraum ein-

geleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs;

- eine Temperatur des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs; oder
- ein Druck des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs.

[0053] Auf diese Weise steht dem erfindungsgemäßen Verfahren in vorteilhafter Weise eine Vielzahl von möglichen Stellgliedern zur Verfügung, die zum Steuern des Brenners während der Zündungsphase entsprechend angepasst werden können, um so auch komplexere Steuervorgänge umzusetzen.

[0054] Auch wird ein weiteres Verfahren zum Steuern eines Brenners eines Wärmeerzeugers, insbesondere zum Einsatz in einer Heizungsanlage, während einer Zündungsphase zum Zünden einer Brennerflamme bereitgestellt, wobei der Brenner zumindest eine zum Entzünden eines in einen Verbrennungsraum des Brenners einleitbaren Luft-Brennstoff-Gemischs, insbesondere eines Luft-Gas-Gemischs, eingerichtete Zündelektrode und eine Ionisationselektrode umfasst. Das Verfahren weist dabei ein Erzeugen einer elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode, ein Erzeugen einer elektrischen Messspannung an der Ionisationselektrode, ein Einleiten eines Luft-Brennstoff-Gemischs, insbesondere eines Luft-Gas-Gemischs, in den Verbrennungsraum des Brenners, ein Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum, umfassend ein Messen eines an der Ionisationselektrode des Brenners vorliegenden Ionisationsstroms und ein Steuern des Brenners während der Zündungsphase durch Anpassen eines ein Verhältnis von Brennstoffmenge zu Luftmenge beschreibenden Mischungsverhältnisses des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs in Abhängigkeit eines Detektionsergebnisses auf, derart, dass das Mischungsverhältnis in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird, gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift angepasst wird, und dass das Mischungsverhältnis in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird, gemäß einer zweiten Anpassungsvorschrift angepasst wird.

[0055] Durch dieses Verfahren wird ein systematisches Anpassen des Mischungsverhältnisses ermöglicht, dass je nach Vorhandensein der Brennerflamme erfolgt, um so eine möglichst saubere Zündung mit möglichst geringer Emissionsrate unerwünschter Verbrennungsprodukte zu ermöglichen.

[0056] So kann es in Zeitbereichen, in denen keine Brennerflamme detektiert wird bzw. noch keine Brennerflamme detektiert wurde, sinnvoll sein, dass Mischungsverhältnis gemäß der ersten Anpassungsvorschrift derart anzupassen, dass eine Zündwilligkeit erhöht wird, um so die Zündungsphase erfolgreich abzuschließen, wohingegen in Zeitbereichen, in denen eine Brennerflamme detektiert wurde, ein Anpassen des Mischungsverhältnisses gemäß der ersten Anpassungsvorschrift derart erfolgt, dass eine Emissionsrate unerwünschter Verbrennungs-

produkte, wie z.B. Ruß oder Kohlenstoffmonoxid, reduziert oder zumindest nicht erhöht wird.

[0057] In anderen Worten wird auch durch das Verfahren eine Zündungsphase mit vergleichsweise hoher Erfolgsquote zur erfolgreichen Zündung bei zeitgleich niedrig gehaltener Emissionsrate unerwünschter Verbrennungsprodukte ermöglicht.

[0058] Die zum ersten Aspekt der Erfindung gemachten Feststellungen zu den mit den gleichen Begriffen bezeichneten Merkmalen gelten analog auch für das obige Verfahren. Überdies stimmt eine Mehrzahl der zusätzlichen Merkmale der bevorzugten Ausführungsformen des Verfahrens gemäß des ersten Aspekts mit den zusätzlichen Merkmalen der nachfolgend beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen gemäß des zweiten Aspekts überein, für die sich in analoger Weise die bereits ausgeführten Vorteile ergeben und auf deren erneute Ausführung nachfolgend verzichtet wird.

[0059] In einer bevorzugten Ausführungsform fällt eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses gemäß der ersten Anpassungsvorschrift größer aus als eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses gemäß der zweiten Anpassungsvorschrift.

[0060] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Mischungsverhältnis gemäß der ersten Anpassungsvorschrift monoton steigend, insbesondere streng monoton steigend, über die Zeit erhöht, und gemäß der zweiten Anpassungsvorschrift wird das Mischungsverhältnis über die Zeit hinweg konstant gehalten.

[0061] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Mischungsverhältnis derart angepasst, dass dessen zeitlicher Verlauf über die Zündungsphase hinweg im Wesentlichen stetig ist.

[0062] In einer bevorzugten Ausführungsform erfolgt das Steuern des Brenners während der Zündungsphase zusätzlich durch Anpassen einer oder mehrerer der folgenden Größen in Abhängigkeit des Detektionsergebnisses:

- eine Zufuhr rate des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs;
- eine Temperatur des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs; oder
- ein Druck des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs.

[0063] Vorzugsweise wird das Detektionsergebnis in Form eines Detektionsparameters bereitgestellt, insbesondere in Form eines zeitlichen Verlaufs des Detektionsparameters, der zumindest einen ersten oder einen zweiten Wert annehmen kann, wobei der erste Wert angibt, dass keine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird, und der zweite Wert angibt, dass eine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird.

[0064] Vorzugsweise kann der Detektionsparameter weiterhin eine Vielzahl kontinuierlich verteilter Werte annehmen, die eine Wahrscheinlichkeit eines Vorhandens-

eins der Brennerflamme im Verbrennungsraum beschreiben.

[0065] Vorzugsweise erfolgt das Ermitteln des Wertes des Detektionsparameters derart, dass dem Detektionsparameter der erste Wert zugeordnet wird, falls der gemessene Ionisationsstrom in einem ersten Wertebereich liegt, und dass dem Detektionsparameter der zweite Wert zugeordnet wird, falls der gemessene Ionisationsstrom in einem zweiten Wertebereich liegt.

[0066] Vorzugsweise erfolgt das Ermitteln des Wertes des Detektionsparameters ereignisbasiert, derart, dass ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom ersten auf den zweiten Wert erfolgt, falls der gemessene Ionisationsstrom einen ersten Ionisationsstromgrenzwert überschreitet, und dass ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom zweiten auf den ersten Wert erfolgt, falls der gemessene Ionisationsstrom einen zweiten Ionisationsstromgrenzwert unterschreitet.

[0067] Erfindungsgemäß wird ein zur Durchführung des Verfahrens der Erfindung eingerichteter Brenner gemäß dem unabhängigen Anspruch 6 für den Einsatz in einem Wärmeerzeuger, insbesondere in einem Wärmeerzeuger einer Heizungsanlage, bereitgestellt.

[0068] Der erfindungsgemäße Brenner bietet dabei ebenso die im Zuge des Verfahrens gemäß der Erfindung beschriebenen Vorteile, insbesondere den Vorteil der erhöhten Erfolgsquote bei der Zündung des Brenners bei zeitgleich niedriger Emissionsrate unerwünschter Verbrennungsprodukte.

[0069] Vorzugsweise ist die Detektionsvorrichtung zum Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum während dem Erzeugen der elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode durch den Spannungserzeuger eingerichtet, insbesondere ist dabei die Messeinrichtung zum Messen des an der Zündelektrode vorliegenden Elektrodenstroms während dem Erzeugen der elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode durch den Spannungserzeuger eingerichtet.

[0070] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung dazu eingerichtet, das Mischungsverhältnis während der Zündungsphase derart anzupassen, dass eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird, größer ausfällt als eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird.

[0071] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung dazu eingerichtet, das Mischungsverhältnis während der Zündungsphase derart anzupassen, dass das Mischungsverhältnis in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird, gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift angepasst wird, und dass das Mischungsverhältnis in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird, gemäß einer zweiten Anpassungsvorschrift angepasst wird, und insbesondere das Mischungsverhältnis

über die Zündungsphase hinweg stetig anzupassen.

[0072] Vorzugsweise umfasst die Detektionsvorrichtung eine Ermittlungsvorrichtung, die dazu eingerichtet ist, einen Ionisationsstrom auf Basis des an der Zündelektrode durch die Messeinrichtung gemessenen Elektrodenstroms zu ermitteln und auf dessen Basis einen Wert eines Detektionsparameters zu ermitteln, wobei der Detektionsparameter zumindest einen ersten oder einen zweiten Wert annehmen kann, wobei der erste Wert angibt, dass keine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird, und der zweite Wert angibt, dass die Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird, und den ermittelten Wert des Detektionsparameters an die Steuervorrichtung auszugeben.

[0073] Vorzugsweise ist die Ermittlungsvorrichtung zur ereignisbasierten Ermittlung des Detektionsparameters eingerichtet, im Zuge derer ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom ersten auf den zweiten Wert erfolgt, falls der ermittelte Ionisationsstrom einen ersten Ionisationsstromgrenzwert überschreitet, und dass ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters vom zweiten auf den ersten Wert erfolgt, falls der ermittelte Ionisationsstrom einen zweiten Ionisationsstromgrenzwert unterschreitet.

[0074] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung dazu eingerichtet, eine Zufuhrate des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs an der Einleitungsvorrichtung und/oder eine Temperatur des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs an einer Temperiereinrichtung der Einleitungsvorrichtung und/oder einen Druck des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs anzupassen, insbesondere in Abhängigkeit des Detektionsergebnisses der Detektionsvorrichtung.

[0075] Auch wird ein zur Durchführung des oben aufgeführten Verfahrens eingerichteter Brenner für den Einsatz in einem Wärmeerzeuger, insbesondere in einem Wärmeerzeuger einer Heizungsanlage bereitgestellt. Der Brenner umfasst dazu eine Einleitungsvorrichtung, die dazu eingerichtet ist, aus Luft und Brennstoff ein Luft-Brennstoff-Gemisch gemäß eines Mischungsverhältnisses, das ein Verhältnis von Brennstoffmenge zu Luftmenge im Luft-Brennstoff-Gemisch beschreibt, zu mischen und dieses in einen Verbrennungsraum des Brenners einzuleiten, eine Zündelektrode, die zum Entzünden des in den Verbrennungsraum des Brenners eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs eingerichtet ist, eine Ionisationselektrode, einen ersten Spannungserzeuger, der zum Erzeugen einer elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode eingerichtet ist, einen zweiten Spannungserzeuger, der zum Erzeugen einer elektrischen Messspannung an der Ionisationselektrode eingerichtet ist, eine Detektionsvorrichtung, die eine zum Messen eines an der Ionisationselektrode vorliegenden Ionisationsstroms eingerichtete Messeinrichtung umfasst, wobei die Detektionsvorrichtung zum Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum auf Basis eines durch die Messeinrichtung gemessenen Ionisationsst-

roms eingerichtet ist, eine Steuervorrichtung zum Steuern des Brenners, die mit der Einleitungs-
vorrichtung und der Detektionsvorrichtung gekoppelt ist und dazu
eingerichtet ist, während einer Zündungsphase zum
Zünden der Brennerflamme an der Einleitungs-
vorrichtung das Mischungsverhältnis des eingeleiteten Luft-
Brennstoff-Gemischs in Abhängigkeit eines Detektions-
ergebnisses der Detektionsvorrichtung derart anzupas-
sen, dass das Mischungsverhältnis in Zeitbereichen der
Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detek-
tiert wird, gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift an-
gepasst wird, und dass das Mischungsverhältnis in Zeit-
bereichen der Zündungsphase, in denen die Brenner-
flamme detektiert wird, gemäß einer zweiten Anpas-
sungsvorschrift angepasst wird.

[0076] Der Brenner bietet dabei ebenso die im Zuge
des Verfahrens gemäß des zweiten Aspekts beschriebe-
nen Vorteile, insbesondere den Vorteil der erhöhten Er-
folgsquote bei der Zündung des Brenners bei zeitgleich
niedriger Emissionsrate unerwünschter Verbrennungs-
produkte.

[0077] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung dazu
eingerichtet, das Mischungsverhältnis während der
Zündungsphase derart anzupassen, dass eine zeitliche
Änderungsrate des Mischungsverhältnisses in Zeitbe-
reichen der Zündungsphase, in denen keine Brenner-
flamme detektiert wird, größer ausfällt als eine zeitliche
Änderungsrate des Mischungsverhältnisses in Zeitbe-
reichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflam-
me detektiert wird.

[0078] Vorzugsweise ist die Steuervorrichtung dazu
eingerichtet, eine Zufuhrate des in den Verbrennungs-
raum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs an der Ein-
leitungs-
vorrichtung und/oder eine Temperatur des in den
Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gem-
ischs an einer Temperiereinrichtung der Einleitungs-
vorrichtung und/oder einen Druck des in den Verbren-
nungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs an-
zupassen, insbesondere in Abhängigkeit des Detek-
tionsergebnisses der Detektionsvorrichtung.

[0079] Vorzugsweise ist die Detektionsvorrichtung zur
ereignisbasierten Ermittlung des Detektionsparameters
eingerichtet, im Zuge derer ein Umschalten des Wertes
des Detektionsparameters vom ersten auf den zweiten
Wert erfolgt, falls der ermittelte Ionisationsstrom einen
ersten Ionisationsstromgrenzwert überschreitet, und
dass ein Umschalten des Wertes des Detektionspara-
meters vom zweiten auf den ersten Wert erfolgt, falls der
ermittelte Ionisationsstrom einen zweiten Ionisationsst-
romgrenzwert unterschreitet.

[0080] Es wird ein Wärmeerzeuger zum Übertragen
von Wärmeenergie auf ein Energietransportmedium be-
reitgestellt, der in einer Heizungsanlage eingesetzt wer-
den kann, wobei der Wärmeerzeuger zumindest einen
Brenner gemäß der Erfindung und einen mit dem Bren-
ner gekoppelten Wärmetauscher, der zum Übertragen
der vom Brenner erzeugten Wärmeenergie auf das Ener-
gietransportmedium eingerichtet ist, umfasst.

[0081] Durch die vorteilhafte Ausgestaltung mit dem
Brenner der Erfindung kann während einer Zündungs-
phase des Brenners, z.B. nach Eingang einer Wärme-
anforderung am Wärmeerzeuger, eine besonders sau-
bere Zündung umgesetzt werden, die sich unter ande-
rem in einer äußerst geringen Emissionsrate von uner-
wünschten Verbrennungsprodukten, wie Ruß oder Koh-
lenstoffmonoxid, äußert.

[0082] Dies hat unter anderem den Vorteil, dass Ru-
ßablagerungen auf dem mit dem Brenner gekoppelten
Wärmetauscher stark reduziert werden können, was
wiederum den Wirkungsgrad beim Wärmetausch bzw.
beim Übertragen der Wärmeenergie auf das Energie-
transportmedium erhöht.

[0083] Zusätzlich kann auf eine zweite, als reine Ioni-
sationselektrode fungierende Elektrode verzichtet wer-
den, was wiederum den notwendigen Bauraum des ge-
samten Wärmeerzeugers als auch den potentiellen War-
tungsaufwand verringert. So muss beispielsweise im
Rahmen regelmäßiger Instandhaltungs- oder Wartungs-
arbeiten lediglich eine Elektrode, hier die Zündelektrode,
gereinigt werden.

[0084] Vorzugsweise ist der Wärmetauscher als Rohr-
wendelwärmetauscher ausgeführt, bei dem eine vom
Energietransportmedium durchströmte Rohrleitung spi-
ralförmig um den Brenner angeordnet ist. Auf diese
Weise kann die von der Brennerflamme bereitgestellte
Wärmeenergie in besonders effizienter Weise auf das
Energietransportmedium übertragen werden, ohne allzu
viel Bauraum in Anspruch zu nehmen.

[0085] Gemäß der Erfindung wird eine Heizungsan-
lage bereitgestellt, die zumindest einen Wärmeerzeuger
gemäß der Erfindung umfasst

[0086] Durch den Einsatz des Brenners, der einen
besonders sauberen Zündvorgang mit niedrigen Emis-
sionsraten unerwünschter Verbrennungsprodukte er-
möglicht, als Teil des Wärmetauschers der Heizungsan-
lage kann beispielsweise nicht nur der resultierende
Emissionsausstoß in eine Umgebung der Heizungsan-
lage reduziert werden, sondern es kann auch hier in
vorteilhafter Weise die Bildung von verbrennungsbe-
dingten Verunreinigung, wie beispielsweise Ruß, zumin-
dest während des Zündvorgangs des Brenners erheblich
reduziert werden, sodass Abgaswege der Heizungsan-
lage geringer verschmutzt werden, was wiederum den
Wartungsaufwand als auch die diesbezüglichen War-
tungskosten erheblich reduziert.

[0087] Weitere Aspekte und deren Vorteile als auch
speziellere Ausführungsbeispiele der zuvor genannten
Aspekte und Merkmale werden im Folgenden unter Zu-
hilfenahme der in den beigefügten Figuren gezeigten
Zeichnungen beschrieben:

[0088] Figur 1A und Figur 1B zeigen exemplarische
Zeitverläufe zündungsphasenbezogener Größen und
Parameter des Verfahrens zum Steuern eines Brenners
gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Er-
findung während einer erfolgreich endenden Zündungs-
phase

[0089] Figur 2A und Figur 2B zeigen exemplarische Zeitverläufe zündungsphasenbezogener Größen und Parameter des Verfahrens zum Steuern eines Brenners gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung während einer erfolglos endenden Zündungsphase

[0090] Figur 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens gemäß der Erfindung.

[0091] Figur 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens.

[0092] Figur 5A und Figur 5B zeigen schematische Skizzen von Ausführungsbeispielen von einem Wärmeerzeuger mit einem Brenner. Dabei zeigt nur die Figur 5A einen Brenner gemäß der Erfindung.

[0093] Gleiche bzw. ähnliche Elemente in den Figuren können hierbei mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet sein, manchmal allerdings auch mit unterschiedlichen Bezugszeichen.

[0094] Es wird hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen einzelner oder mehrerer Merkmale der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzzumfanges der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Ausführliche Figurenbeschreibung

[0095] Fig. 1A und Fig. 1B zeigen exemplarische Zeitverläufe zündungsphasenbezogener Größen und Parameter des Verfahrens zum Steuern eines Brenners gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung während einer erfolgreich endenden Zündungsphase.

[0096] Unter einer erfolgreich endenden Zündungsphase ist dabei zu verstehen, dass zum Ende der Zündungsphase eine stabile Brennerflamme in einem Verbrennungsraum des Brenners vorliegt, wobei die Brennerflamme stabil ist, falls diese infolge auftretender Abweichungen innerhalb eines festgelegten Toleranzbereichs, beispielsweise in Form von Bauteiltoleranzen, oder einer schwankenden Einleitung eines Luft-Brennstoff-Gemischs, nicht erlischt oder abreißt.

[0097] Die in Fig. 1A und Fig. 1B gezeigten Zeitverläufe beziehen sich dabei auf die gleiche exemplarische Zündungsphase und sind zwecks Übersichtlichkeit in zwei separaten Figuren dargestellt. Die Zündungsphase beginnt dabei zum Zeitpunkt $t=t_0$ und endet nach Ablauf einer fest vorgegebenen Dauer T .

[0098] Fig. 1A zeigt einen zeitlichen Verlauf einer effektiven Stromstärke eines an einer Zündelektrode des Brenners gemessenen Elektrodenstroms I_E (durchgezogene Linie), einen zeitlichen Verlauf einer effektiven Stromstärke eines auf Basis des Elektrodenstroms I_E ermittelten Ionisationsstroms I_I (gestrichelte Linie) sowie

einen zeitlichen Verlauf eines daraus ermittelten Detektionsparameters γ (punktgestrichene Linie) als Detektionsergebnis eines Detektierens der Brennerflamme im Verbrennungsraum.

[0099] Die Beschreibung elektrischer Ströme durch Angabe entsprechender Effektivwerte ist aus dem Stand der Technik bekannt und dient einer frequenzunabhängigen Beschreibung eines zeitlichen Stromstärkenverlauf, insbesondere bei der Beschreibung eines Wechselstroms.

[0100] Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Erfindung keineswegs auf eine Beschreibung des Elektrodenstroms I_E über eine Stromstärke oder eine effektive Stromstärke beschränkt ist, sondern auch durch andere Größen erfolgen kann, wie beispielsweise einer elektrischen Leistung, einer effektiven elektrischen Leistung, einem äquivalenten ohmschen Widerstand oder dergleichen.

[0101] Mit Beginn der Zündungsphase zum Zeitpunkt $t=t_0$ wird ein Luft-Brennstoff-Gemisch in den Verbrennungsraum eingeleitet, welches es im Verlauf der Zündungsphase erfolgreich zu entzünden gilt.

[0102] Im Hinblick auf das angestrebte Entzünden des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs wird vorzugsweise spätestens mit Beginn der Zündungsphase eine Zündspannung an einer Zündelektrode des Brenners erzeugt, derart, dass es zur Ausbildung elektrischer Zündfunken zwischen der Zündelektrode und ihrem Gegenstück, z.B. einem Flammenkörper des Brenners oder einer Masseelektrode, kommt, vorzugsweise über die gesamte Dauer der Zündungsphase hinweg, und damit zur Ausbildung eines in einem Plasmakanal fließenden elektrischen Stroms zwischen der Zündelektrode und ihrem Gegenstück.

[0103] Dieser wird als Elektrodenstrom I_E an der Zündelektrode des Brenners gemessen, was sich in dem anfänglichen Anstieg der effektiven Stromstärke des Elektrodenstroms I_E ab dem Zeitpunkt $t=t_0$ widerspiegelt. Das Signal des Elektrodenstroms I_E weist dabei anfänglich lokale, hochfrequenzere Schwankungen auf, die sich beispielsweise auf ein transientes Einschwingverhalten zum Erreichen eines stationären Zustands oder Störungen des Brenners zu Beginn der Zündungsphase zurückführen lassen.

[0104] Kommt es zu einem Entzünden des Luft-Brennstoff-Gemischs und zur Ausbildung einer Brennerflamme, so bedingt dies den bereits beschriebene Ionisierungseffekt bei Verbrennungsflammen, infolgedessen die Brennerflamme als Gleichrichter fungiert und so den Stromfluss in den Plasmakanälen zwischen der Zündelektrode und ihrem Gegenstück hemmt. In anderen Worten kommt es zur Ausbildung eines entgegengerichteten Ionisationsstroms I_I , dessen effektive Stromstärke ebenfalls in Fig. 1A dargestellt ist.

[0105] Der Ionisationsstrom I_I wirkt dabei dem Stromfluss in den Plasmakanälen entgegen, was zu einem Abfallen des an der Zündelektrode gemessenen Elektrodenstroms I_E führt, wie dies exemplarisch in den Zeitbe-

reichen um die Zeitpunkte $t=t_1$ oder $t=t_3$ in Fig. 1A zu beobachten ist.

[0106] In anderen Worten handelt es sich bei dem gemessenen Elektrodenstrom I_E im Grunde um eine Überlagerung des Ionisations- und eines Plasmakanalstroms, aus der heraus der Ionisationsstrom I_I ermittelt wird und mit Hilfe dessen Rückschlüsse auf ein Vorhandensein der Brennerflamme im Verbrennungsraum gezogen werden können. Der Grenzfall eines verschwindenden Ionisationsstroms I_I beschreibt dabei ein Nichtvorhandensein der Brennerflamme, wohingegen ein Anstieg des Ionisationsstroms I_I für das Ausbilden einer Brennerflamme spricht.

[0107] Es ist anzumerken, dass die Zeitverläufe des Elektrodenstroms I_E und des daraus ermittelten Ionisationsstroms I_I in Fig. 1A lediglich qualitativ dargestellt sind und keine quantitativen Informationen hinsichtlich einer Größenordnungsrelation der beiden Ströme zueinander enthält. Ebenso ist es für das Detektieren der Brennerflamme auch nicht zwangsläufig erforderlich, den Ionisationsstrom I_I explizit zu ermitteln. Der besagte Ionisierungseffekt lässt sich natürlich auch direkt im Elektrodenstrom I_E beobachten, woraus Rückschlüsse auf das Vorhandensein der Brennerflamme gezogen werden können.

[0108] Das Ermitteln des Ionisationsstroms I_I auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms I_E bezieht in vorteilhafter Weise weitere brennerspezifischen Größen wie Spannungswerte der angelegten Zündspannung oder das Mischungsverhältnis des Luft-Brennstoff-Gemischs mit ein und beinhaltet vorzugsweise einen Schritt einer numerischen Signalfilterung, im Zuge derer durch Störungen bedingte Schwankungen im gemessenen Elektrodenstrom I_E herausgefiltert werden, derart, dass diese beim Ermitteln des Ionisationsstroms I_I nicht berücksichtigt werden. Auf diese Weise wird für den Ionisationsstrom I_I ein störungsfreies Zeitsignal bereitgestellt, auf Basis dessen der Detektionsparameter γ als Detektionsergebnis zur Beschreibung eines Vorhandenseins der Brennerflamme im Verbrennungsraum ermittelt wird.

[0109] Der Detektionsparameter γ kann im gezeigten Ausführungsbeispiel im Zuge des Detektierens der Brennerflamme zumindest einen ersten Wert oder einen zweiten Wert annehmen. So wird dem Detektionsparameter γ vorliegend der Wert "0" zugeordnet, falls keine Brennerflamme detektiert wird (negatives Detektionsergebnis), und der Wert "1", falls eine Brennerflamme detektiert wird (positives Detektionsergebnis).

[0110] Der Wertebereich des Detektionsparameters γ ist keineswegs auf die besagten diskreten Werte beschränkt, sondern kann auch kontinuierlich verteilt sein. So können die Werte des Detektionsparameters γ beispielsweise auch eine Wahrscheinlichkeit des Vorhandenseins der Brennerflamme beschreiben und dazu einen beliebigen numerischen Wert in einem Intervall zwischen 0 und 1 oder zwischen 0% und 100% annehmen.

[0111] Der Detektionsparameter γ wird im gezeigten Ausführungsbeispiel auf Basis des ermittelten Ionisa-

tionsstroms I_I unter Berücksichtigung von auftretenden Ereignissen eines Überschreitens eines ersten Ionisationsstromgrenzwerts I_1 oder eines Unterschreitens eines zweiten Ionisationsstromgrenzwerts I_2 ermittelt.

[0112] Mit Überschreiten des ersten Ionisationsstromgrenzwerts I_1 wird der Detektionsparameter γ auf "1" gesetzt, wohingegen mit Unterschreiten des zweiten Ionisationsstromgrenzwerts I_2 der Detektionsparameter γ auf "0" gesetzt wird.

[0113] Durch die unterschiedliche Wahl der Ionisationsstromgrenzwerte ($I_1 > I_2$) wird in vorteilhafter Weise verhindert, dass kleinere nach dem Über- oder Unterschreiten des jeweiligen Grenzwertes vorliegende Schwankungen nicht sofort zu einem Umschalten des Detektionsparameters γ führen, wodurch ein Pufferbereich zur Stabilisierung des zeitlichen Verlaufs des Detektionsparameters γ umgesetzt wird.

[0114] Im Folgenden wird basierend auf den voranstehenden physikalischen Grundlagen die Ereignisabfolge während der Fig. 1A zugrundeliegenden Zündungsphase näher beschrieben.

[0115] Zum Zeitpunkt $t=t_1$ überschreitet der ermittelte Ionisationsstrom I_I den ersten Ionisationsstromgrenzwert I_1 , infolgedessen eine Brennerflamme bzw. deren Vorhandensein detektiert wird ($\gamma = 1$).

[0116] Mit fortschreitender Zeit t steigt der Elektrodenstrom I_E bedingt durch einen Abfall des Ionisationsstroms I_I wieder an, was auf ein Abreißen oder ein Erlöschen der Brennerflamme im Verbrennungsraum hindeutet, wobei mit Unterschreiten des zweiten Ionisationsstromgrenzwerts I_2 zum Zeitpunkt $t=t_2$ der Detektionsparameter γ auf "0" gesetzt wird, also keine Brennerflamme mehr detektiert wird.

[0117] Zum Zeitpunkt $t=t_3$ überschreitet bei simultanem Abfallen des Elektrodenstroms I_E der ermittelte Ionisationsstrom I_I wieder den ersten Ionisationsstromgrenzwert I_1 , infolgedessen die Brennerflamme bzw. deren Vorhandensein detektiert wird ($\gamma = 1$).

[0118] Im weiteren Verlauf stabilisiert sich der Ionisationsstrom I_I oberhalb des zweiten Ionisationsstromgrenzwerts, was auf eine stabile Brennerflamme hindeutet, die bis zum Ende der Zündungsphase bei $t=t_0+T$ bestehen bleibt.

[0119] Mit dem Ziel einer erfolgreich endenden Zündungsphase wird der Brenner während der Zündungsphase durch ein Anpassen eines ein Verhältnis von Brennstoffmenge zu Luftmenge beschreibenden Mischungsverhältnisses α des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs gesteuert, wobei dies in Abhängigkeit des auf Basis des Ionisationsstroms I_I ermittelten Detektionsparameters γ als Detektionsergebnis des Detektierens der Brennerflamme aus Fig. 1A erfolgt.

[0120] Fig. 1B zeigt hierzu nochmals den bereits in Fig. 1A gezeigten zeitlichen Verlauf des Detektionsparameters γ (gestrichelte Linie), einen zeitlichen Verlauf des im Rahmen des Verfahrens zum Steuern des Brenners angepassten Mischungsverhältnisses α (durchgezogene

Linie) sowie den zeitlichen Verlauf eines Ventilparameters BV (gepunktete Linie), der angibt, ob ein Brennstoffventil geöffnet (BV=1) oder geschlossen ist (BV=0), also ein Luft-Brennstoff-Gemisch in den Verbrennungsraum eingeleitet wird oder lediglich Luft. Es handelt sich bei dem Brennstoffventil lediglich um ein zusätzlich zu einem Regelventil zum Einstellen des Mischungsverhältnisses α vorhandenes Sicherheitsventil.

[0121] Das Mischungsverhältnis α hängt reziprok mit dem im Bereich der Verbrennungstechnik üblicherweise verwendeten Verbrennungsluftverhältnis (im Stand der Technik in der Regel mit dem Formelzeichen λ bezeichnet) zusammen, im Rahmen dessen ausgehend vom stöchiometrischen Brennstoff-Luft-Verhältnis bei einem Luftüberschuss von einem "mageren" Gemisch und bei einem Brennstoffüberschuss von einem "fetten" Gemisch gesprochen wird. Im Falle des Mischungsverhältnisses α ist dessen Anstieg dabei gleichbedeutend mit einer "Anfettung" des Luft-Brennstoff-Gemischs, also einer Erhöhung eines Brennstoffanteils, was wiederum zu einer Erhöhung einer Zündwilligkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs führt.

[0122] Gemäß des bevorzugten Ausführungsbeispiels erfolgt ein Anpassen des Mischungsverhältnisses α in Abhängigkeit des Detektionsparameters γ , wobei im Falle eines negativen ausfallenden Detektionsergebnisses (Brennerflamme wird nicht detektiert, Detektionsparameter $\gamma = 0$) das Mischungsverhältnis α gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift angepasst wird und im Falle eines positiv ausfallenden Detektionsergebnisses (Brennerflamme wird detektiert, Detektionsparameter $\gamma = 1$) das Mischungsverhältnis α gemäß einer zweiten Anpassungsvorschrift angepasst wird. Das Mischungsverhältnis α verzeichnet dabei ein stetiges Zeitsignal mit wertstetigen Übergängen zwischen Zeitbereichen mit verschiedenen Anpassungsvorschriften.

[0123] In dem in Fig. 1B gezeigten Verlauf wird ausgehend von der magersten Stufe des Luft-Brennstoff-Gemisch mit initialem Mischungsverhältnis $\alpha = \alpha_0$ zu Beginn der Zündungsphase das Mischungsverhältnis gemäß der ersten Anpassungsvorschrift linear über die Zeit t bis zum Zeitpunkt $t = t_1$ erhöht, an dem erstmals eine Brennerflamme detektiert wird.

[0124] Bei detektierter bzw. vorhandener Brennerflamme besteht nun vorerst keine Notwendigkeit, das Mischungsverhältnis α und damit die Brennstoffmenge im Luft-Brennstoff-Gemisch weiter zu erhöhen, weswegen das Mischungsverhältnis α gemäß der zweiten Anpassungsvorschrift im Zeitraum von $t = t_1$ bis $t = t_2$ konstant bei $\alpha = \alpha_1$ gehalten wird.

[0125] Mit Abriss oder Erlöschen der Brennerflamme zum Zeitpunkt $t = t_2$ und entsprechender Wertänderung des Detektionsparameters γ wird das Mischungsverhältnis α ausgehend von $\alpha = \alpha_1$ wieder gemäß der ersten Anpassungsvorschrift linear über die Zeit t erhöht, was zu einer zunehmenden Anfettung des Luft-Brennstoff-Gemischs führt, um so die Zündwilligkeit desselbigen zu erhöhen.

[0126] Im Zuge dessen kommt es zu einem erneuten Entzünden der Brennerflamme, deren Vorhandensein abermals zum Zeitpunkt $t = t_3$ detektiert wird und infolgedessen das Mischungsverhältnis α wieder gemäß der zweiten Anpassungsvorschrift konstant bei $\alpha = \alpha_2$ gehalten wird bis zum Ende der Zündungsphase bei $t = t_0 + T$.

[0127] Ausgehend von der zum Ende der Zündungsphase vorliegenden stabilen Brennerflamme kann das Mischungsverhältnis in sich anschließenden Betriebsphasen des Brenners nun weiter angepasst werden um z.B. eine einer Leistungsanfrage an den Brenner entsprechende Leistung bereitzustellen.

[0128] Durch die systematische Anfettung des Luft-Brennstoff-Gemischs gemäß des beschriebenen Ausführungsbeispiels in Abhängigkeit des Detektionsparameters γ fällt die Zündungsphase dabei besonders emissionsarm aus.

[0129] Einerseits wird das Luft-Brennstoff-Gemisch vorzugsweise in einem möglichst mageren Zustand entzündet, was die Bildung unerwünschter Verbrennungsprodukte, wie beispielsweise Ruß oder Kohlenstoffmonoxid, erheblich reduziert.

[0130] Andererseits wird im Falle eines Erlöschens der Brennerflamme noch während der Zündungsphase das Anfetten des Luft-Brennstoff-Gemischs ausgehend vom konstant gehaltenen Mischungsverhältnis weitergeführt, um die Zündungsphase mit vorgegebener Dauer dennoch erfolgreich abschließen zu können. Dies erspart im Erfolgsfall ein erneutes Durchführen einer gesamten Zündungsphase, was vergleichsweise emissionsstärker ausfallen würde.

[0131] Fig. 2A und Fig. 2B zeigen exemplarische Zeitverläufe zündungsphasenbezogener Größen und Parameter des Verfahrens zum Steuern eines Brenners gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels des zweiten Aspekts der Erfindung während einer erfolglos endenden Zündungsphase, wobei die zu den Fig. 1A und Fig. 1B gemachten Ausführungen in analoger Weise gelten.

[0132] Im Gegensatz zu der erfolgreich endenden Zündungsphase aus Fig. 1A und Fig. 1B kommt es hier nach dem Zeitpunkt $t = t_3$ zu einem erneuten Abreißen oder Erlöschen der Brennerflamme, dargestellt durch das zum Zeitpunkt $t = t_4$ abermals stattfindende Umschalten des Detektionsparameters γ auf den Wert "0".

[0133] Infolgedessen wird das Mischungsverhältnis α ausgehend von $\alpha = \alpha_2$ ab dem Zeitpunkt $t = t_4$ weiter gemäß der ersten Anpassungsvorschrift linear über die Zeit erhöht, was allerdings bis zum Erreichen des Endes der Zündungsphase bei $t = t_0 + T$ mit einem Endwert des Mischungsverhältnisses $\alpha = \alpha_3$ nicht zum erneuten Entzünden der Brennerflamme führt, der Detektionsparameter behält den Wert "0" bei.

[0134] Somit endet die Fig. 2A und Fig. 2B zugrundeliegende Zündungsphase erfolglos, woraufhin das Brennstoffventil wieder geschlossen wird (BV=0) und kein Luft-Brennstoff-Gemisch mehr in den Verbrennungsraum gelangt.

[0135] Für eine sich an die erste erfolglose Zündungs-

phase anschließende zweite Zündungsphase wird als initiales Mischungsverhältnis vorzugsweise der zum Ende der ersten Zündungsphase bei Zeitpunkt $t=t_0+T$ vorliegende Wert α_3 des Mischungsverhältnisses α verwendet, um so die Erfolgchancen für eine erfolgreiche Zündung in der zweiten Zündungsphase zu erhöhen.

[0136] Es wird darauf hingewiesen, dass die besagten Anpassungsvorschriften keineswegs auf die hier beschriebenen Funktionen - linear oder konstant - beschränkt sind, sondern auch beliebig andere funktionale Vorschriften verwendet werden können, die sich entweder auf das Mischungsverhältnis α selbst oder eine zeitliche Änderungsrate desselben beziehen.

[0137] Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens zum Steuern eines Brenners gemäß des ersten Aspekts der Erfindung.

[0138] In Schritt S1 erfolgt ein Erzeugen einer elektrischen Zündspannung an einer Zündelektrode des Brenners unter der Maßgabe, elektrische Zündfunken zum Entzünden eines in einen Verbrennungsraum einleitbaren Luft-Brennstoff-Gemischs zu erzeugen.

[0139] In Schritt S2 erfolgt ein Einleiten eines Luft-Brennstoff-Gemischs in den Verbrennungsraum des Brenners mit einem initialen Mischungsverhältnis, das das initiale Verhältnis einer Brennstoffmenge zu einer Luftmenge des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs beschreibt und vorzugsweise derart gewählt wird, dass ein initial mageres Luft-Brennstoff-Gemisch vorliegt.

[0140] In den Schritten S3a und S3b erfolgt ein Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum, umfassend ein Messen eines Elektrodenstroms an der Zündelektrode im Schritt S3a und ein darauf aufbauendes Ermitteln eines Wertes eines Detektionsparameters auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms in Schritt S3b, wobei der Detektionsparameter den Wert "0" annimmt, falls ein auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms ermittelter Ionisationsstrom in einem ersten Wertebereich liegt und keine Brennerflamme detektiert wird, und den Wert "1", falls der auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms ermittelte Ionisationsstrom in einem zweiten Wertebereich liegt und die Brennerflamme detektiert wird.

[0141] Je nach Wert des Detektionsparameters aus Schritt S3b folgt entweder Schritt S4a (falls Detektionsparameter=0), in dem ein Erhöhen des Mischungsverhältnisses zum Erhöhen der Zündwilligkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs erfolgt, oder Schritt S4b (falls Detektionsparameter=1), in dem ein Beibehalten bzw. ein Konstanthalten des Mischungsverhältnisses erfolgt, um eine Emissionsrate unerwünschter Verbrennungsprodukte durch ein unnötiges Anfetten des bereits entzündeten Luft-Brennstoff-Gemischs nicht unnötig zu erhöhen.

[0142] Die Abfolge der Schritte S3a bis S4b wird im Laufe der Zündungsphase des Brenners beliebig oft wiederholt, insbesondere kontinuierlich über die gesamte Dauer der Zündungsphase hinweg.

[0143] Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des Verfahrens zum Steuern eines Brenners gemäß des zweiten Aspekts der Erfindung.

[0144] In Schritt S1 erfolgt ein Erzeugen einer elektrischen Zündspannung an einer Zündelektrode des Brenners unter der Maßgabe elektrische Zündfunken zum Entzünden eines in einen Verbrennungsraum einleitbaren Luft-Brennstoff-Gemischs zu erzeugen.

[0145] In Schritt S2 erfolgt ein Erzeugen einer elektrischen Messspannung an einer separat ausgeführten Ionisationselektrode, die zum Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum eingesetzt wird.

[0146] In Schritt S3 erfolgt ein Einleiten eines Luft-Brennstoff-Gemischs in den Verbrennungsraum des Brenners mit einem initialen Mischungsverhältnis, das das initiale Verhältnis einer Brennstoffmenge zu einer Luftmenge des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs beschreibt und vorzugsweise derart gewählt wird, dass ein initial mageres Luft-Brennstoff-Gemisch vorliegt.

[0147] In den Schritten S4a und S4b erfolgt ein Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum, umfassend ein Messen eines Ionisationsstroms an der Ionisationselektrode im Schritt S4a und ein darauf aufbauendes Ermitteln eines Wertes eines Detektionsparameters auf Basis des gemessenen Ionisationsstroms in Schritt S4b, wobei der Detektionsparameter den Wert "0" annimmt, falls der gemessene Ionisationsstrom in einem ersten Wertebereich liegt und keine Brennerflamme detektiert wird, und den Wert "1", falls der gemessene Ionisationsstrom in einem zweiten Wertebereich liegt und die Brennerflamme detektiert wird.

[0148] Je nach Wert des Detektionsparameters aus Schritt S4b folgt entweder Schritt S5a (falls Detektionsparameter=0), in dem ein Anpassen des Mischungsverhältnisses gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift (mit dem Ziel eine Zündwilligkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs zu erhöhen) erfolgt, oder Schritt S4b (falls Detektionsparameter=1), in dem ein Anpassen des Mischungsverhältnisses gemäß einer zweiten Anpassungsvorschrift erfolgt, die derart vorgegeben ist, dass eine Emissionsrate unerwünschter Verbrennungsprodukte durch ein unnötiges Anfetten des bereits entzündeten Luft-Brennstoff-Gemischs zumindest nicht unnötig erhöht wird.

[0149] Die Abfolge der Schritte S4a bis S5b wird im Laufe der Zündungsphase des Brenners beliebig oft wiederholt, insbesondere kontinuierlich über die gesamte Dauer der Zündungsphase hinweg.

[0150] Fig. 5A zeigt eine schematische Skizze eines Ausführungsbeispiels von einem Wärmeerzeuger 100 mit einem Brenner 10a gemäß des dritten Aspekts der Erfindung.

[0151] Der Wärmeerzeuger 100 umfasst den Brenner 10a sowie einen Rohrwendelwärmetauscher 20 mit einem spiralförmig verlaufenden Rohrwendel 21 (hier im Querschnitt dargestellt), durch den ein durch eine Brennerflamme des Brenners 10a zu erhitzendes Energietransportmedium durchgeleitet wird.

[0152] Der Brenner 10a umfasst eine Einleitungsvor-

richtung 11 in der ein Luft-Brennstoff-Gemisch aus einem Luftstrom mit Volumenstrom Q_L und einem Brennstoffstrom mit Volumenstrom Q_B in einem Mischungsverhältnis α gemischt wird.

[0153] Das gemischte Luft-Brennstoff-Gemisch mit Volumenstrom Q_{LB} wird anschließend von der Einleitungsvorrichtung 11 über einen Flammenkörper 12 mit perforierter Oberfläche in einen Verbrennungsraum des Brenners 10a eingeleitet.

[0154] Zum Entzünden des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs umfasst der Brenner 10a eine mit einer Spannungsquelle 14 verbundene Zündelektrode 13, an der eine Zündspannung erzeugt bzw. angelegt wird.

[0155] Der Brenner 10a umfasst ferner eine Detektionsvorrichtung zum Detektieren einer Brennerflamme, wobei die Detektionsvorrichtung eine Messeinrichtung 15 zum Messen eines Elektrodenstroms I_E an der Zündelektrode 13 und eine Ermittlungsvorrichtung 16 umfasst, die eingerichtet ist, auf Basis des gemessenen Elektrodenstroms I_E einen Wert eines Detektionsparameters zu ermitteln, der angibt, ob eine Brennerflamme detektiert wird oder nicht. Der Wert des Detektionsparameters wird an die mit der Ermittlungsvorrichtung 16 gekoppelte Steuervorrichtung 17 des Brenners 10a ausgegeben.

[0156] Die Steuervorrichtung 17 ist ferner mit der Einleitungsvorrichtung 11 gekoppelt und ist im Hinblick auf die Durchführung des Verfahrens gemäß des ersten Aspekts der Erfindung dazu eingerichtet, während einer Zündungsphase zum Entzünden der Brennerflamme an der Einleitungsvorrichtung 11 das Mischungsverhältnis α des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs in Abhängigkeit des als Detektionsergebnis der Detektionsvorrichtung ausgegebenen Werts des Detektionsparameters anzupassen.

[0157] Fig. 5B zeigt eine schematische Skizze eines Ausführungsbeispiels von einem Wärmeerzeuger 100 mit einem Brenner 10b nicht gemäß der Erfindung.

[0158] Der Wärmeerzeuger 100 umfasst den Brenner 10b sowie einen Rohrwendelwärmetauscher 20 mit einem spiralförmig verlaufenden Rohrwendel 21 (hier im Querschnitt dargestellt), durch den ein durch eine Brennerflamme des Brenners 10b zu erhitzendes Energie-transportmedium durchgeleitet wird.

[0159] Der Brenner 10b umfasst eine Einleitungsvorrichtung 11 in der ein Luft-Brennstoff-Gemisch aus einem Luftstrom mit Volumenstrom Q_L und einem Brennstoffstrom mit Volumenstrom Q_B in einem Mischungsverhältnis α gemischt wird.

[0160] Das gemischte Luft-Brennstoff-Gemisch mit Volumenstrom Q_{LB} wird anschließend von der Einleitungsvorrichtung 11 über einen Flammenkörper 12 mit perforierter Oberfläche in einen Verbrennungsraum des Brenners 10b eingeleitet.

[0161] Zum Entzünden des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs umfasst der Brenner 10b eine mit einer Spannungsquelle 14 verbundene Zündelektrode 13, an der eine Zündspannung erzeugt bzw. angelegt wird.

[0162] Der Brenner umfasst ferner eine mit einer zweiten Spannungsquelle 14b verbundene Ionisationselektrode 13b, an der eine Messspannung erzeugt bzw. angelegt wird, um einen durch eine vorliegende Brennerflamme bedingten Ionisationsstrom I_I zu ermöglichen.

[0163] Der Brenner 10b umfasst ferner eine Detektionsvorrichtung zum Detektieren einer Brennerflamme, wobei die Detektionsvorrichtung eine Messeinrichtung 15b zum Messen eines Ionisationsstroms I_I an der Ionisationselektrode 13b und eine Ermittlungsvorrichtung 16 umfasst, die eingerichtet ist, auf Basis des gemessenen Ionisationsstroms I_I einen Wert eines Detektionsparameters zu ermitteln, der angibt, ob eine Brennerflamme detektiert wird oder nicht und dazu zumindest einen ersten oder einen zweiten Wert annehmen kann. Der Wert des Detektionsparameters wird an die mit der Ermittlungsvorrichtung 16 gekoppelte Steuervorrichtung 17 des Brenners 10b ausgegeben.

[0164] Die Steuervorrichtung 17 ist ferner mit der Einleitungsvorrichtung 11 gekoppelt und ist im Hinblick auf die Durchführung des Verfahrens gemäß des zweiten Aspekts der Erfindung dazu eingerichtet, während einer Zündungsphase zum Zünden der Brennerflamme an der Einleitungsvorrichtung 11 das Mischungsverhältnis α des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs in Abhängigkeit des als Detektionsergebnis der Detektionsvorrichtung ausgegebenen Werts des Detektionsparameters derart anzupassen, dass das Mischungsverhältnis α in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird (Detektionsparameter hat ersten Wert), gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift angepasst wird, und dass das Mischungsverhältnis α in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird (Detektionsparameter hat zweiten Wert), gemäß einer zweiten Anpassungsvorschrift angepasst wird.

[0165] Vorstehend wurden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sowie deren Vorteile detailliert unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben.

[0166] Es wird erneut hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen einzelner oder mehrerer Merkmale der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzzumfanges der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Liste der Bezugszeichen

[0167]

10a, 10b	Brenner
11	Einleitungsvorrichtung
12	Flammenkörper

13	Zündelektrode	
13b	Ionisationselektrode	
14	Spannungsquelle für Zündspannung	
14b	Spannungsquelle für Messspannung	
15, 15b	Messeinrichtung	5
16	Ermittlungsvorrichtung	
17	Steuervorrichtung	
20	Rohrwendelwärmetauscher	
21	Rohrwendel	
100	Wärmeerzeuger	10
BV	Ventilparameter	
I_E	Elektrodenstrom	
I_I	Ionisationsstrom	
I_1	erster Ionisationsstromgrenzwert	
I_2	zweiter Ionisationsstromgrenzwert	15
Q_L	Volumenstrom Luft	
Q_B	Volumenstrom Brennstoff	
Q_{LB}	Volumenstrom Luft-Brennstoff-Gemisch	
γ	Detektionsparameter	
α	Mischungsverhältnis	20

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Brenners (10a) eines Wärmeerzeugers (100), insbesondere zum Einsatz in einer Heizungsanlage, während einer Zündungsphase zum Zünden einer Brennerflamme, wobei der Brenner (10a) eine zum Entzünden eines in einen Verbrennungsraum des Brenners (10a) einleitbaren Luft-Brennstoff-Gemischs eingerichtete Zündelektrode (13) umfasst, und das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Erzeugen einer elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode (13);
 Einleiten eines Luft-Brennstoff-Gemischs in den Verbrennungsraum des Brenners (10a);
 Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum; und
 Steuern des Brenners (10a) während der Zündungsphase durch Anpassen eines ein Verhältnis von Brennstoffmenge zu Luftmenge beschreibenden Mischungsverhältnisses (α) des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs in Abhängigkeit eines Detektionsergebnisses,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Detektieren der Brennerflamme im Verbrennungsraum wiederum umfasst:

- Messen eines an der Zündelektrode vorliegenden Elektrodenstroms (I_E);
- Ermitteln eines Ionisationsstroms (I_I) auf Basis des an der Zündelektrode gemessenen Elektrodenstroms (I_E);
- Ermitteln eines Wertes eines Detektionsparameters (γ) auf Basis des ermittelten Ionisationsstroms (I_I), wobei der Detek-

tionsparameter (γ) zumindest einen ersten oder einen zweiten Wert annehmen kann, wobei der erste Wert angibt, dass keine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird, und der zweite Wert angibt, dass die Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird;

wobei ein Umschalten des Wertes des Detektionsparameters (γ) vom ersten auf den zweiten Wert, falls der ermittelte Ionisationsstrom (I_I) einen ersten Ionisationsstromgrenzwert (I_1) überschreitet, und wobei Umschalten des Wertes des Detektionsparameters (γ) vom zweiten auf den ersten Wert, falls der ermittelte Ionisationsstrom (I_I) einen zweiten Ionisationsstromgrenzwert (I_2) unterschreitet, wobei der erste Ionisationsstromgrenzwert (I_1) größer als der zweite Ionisationsstromgrenzwert (I_2) ist; und

- Ausgeben des ermittelten Wertes des Detektionsparameters (γ) als Detektionsergebnis.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das Detektieren der Brennerflamme im Verbrennungsraum, insbesondere das Messen des an der Zündelektrode (13) vorliegenden Elektrodenstroms (I_E), während dem Erzeugen der elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode (13) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**

beim Anpassen des Mischungsverhältnisses (α) zum Steuern des Brenners (10a) während der Zündungsphase eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses (α) in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird, größer ausfällt als eine zeitliche Änderungsrate des Mischungsverhältnisses (α) in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anpassen des Mischungsverhältnisses (α) des in den Verbrennungsraum eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs zum Steuern des Brenners (10a) während der Zündungsphase derart erfolgt, dass

das Mischungsverhältnis (α) in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen keine Brennerflamme detektiert wird, gemäß einer ersten Anpassungsvorschrift angepasst wird,

und das Mischungsverhältnis (α) in Zeitbereichen der Zündungsphase, in denen die Brennerflamme detektiert wird, gemäß einer zweiten Anpassungsvorschrift angepasst wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass**

gemäß der ersten Anpassungsvorschrift das Mischungsverhältnis (α) monoton steigend, insbesondere streng monoton steigend, über die Zeit (t) erhöht wird,
und gemäß der zweiten Anpassungsvorschrift das Mischungsverhältnis (α) über die Zeit (t) hinweg konstant gehalten wird.

6. Brenner (10a) für den Einsatz in einem Wärmeerzeuger (100), insbesondere in einem Wärmeerzeuger einer Heizungsanlage, umfassend:

eine Einleitungsvorrichtung (11), die dazu eingerichtet ist, aus Luft und Brennstoff ein Luft-Brennstoff-Gemisch gemäß eines Mischungsverhältnisses (α), das ein Verhältnis von Brennstoffmenge zu Luftmenge im Luft-Brennstoff-Gemisch beschreibt, zu mischen und dieses in einen Verbrennungsraum des Brenners (10a) einzuleiten;

eine Zündelektrode (13), die zum Entzünden des in den Verbrennungsraum des Brenners (10a) eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs eingerichtet ist;

einen Spannungserzeuger (14), der zum Erzeugen einer elektrischen Zündspannung an der Zündelektrode (13) eingerichtet ist;

eine Detektionsvorrichtung, die eine zum Messen eines an der Zündelektrode (13) vorliegenden Elektrodenstroms (I_E) eingerichtete Messeinrichtung (15) umfasst, wobei die Detektionsvorrichtung zum Detektieren einer Brennerflamme im Verbrennungsraum auf Basis eines durch die Messeinrichtung gemessenen Elektrodenstroms (I_E) eingerichtet ist;

eine Steuervorrichtung (17) zum Steuern des Brenners, die mit der Einleitungsvorrichtung (11) und der Detektionsvorrichtung gekoppelt ist und dazu eingerichtet ist:

einen Ionisationsstrom (I_I) auf Basis des an der Zündelektrode gemessenen Elektrodenstroms (I_E) zu ermitteln;

einen Wertes eines Detektionsparameters (γ) auf Basis des ermittelten Ionisationsstroms (I_I) zu ermitteln, wobei der Detektionsparameter (γ) zumindest einen ersten oder einen zweiten Wert annehmen kann, wobei der erste Wert angibt, dass keine Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert

wird, und der zweite Wert angibt, dass die Brennerflamme im Verbrennungsraum detektiert wird;

den Wert des Detektionsparameters (γ) vom ersten auf den zweiten Wert umzuschalten, falls der ermittelte Ionisationsstrom (I_I) einen ersten Ionisationsstromgrenzwert (I_{I1}) überschreitet;

den Wert des Detektionsparameters (γ) vom zweiten auf den ersten Wert umzuschalten, falls der ermittelte Ionisationsstrom (I_I) einen zweiten Ionisationsstromgrenzwert (I_{I2}) unterschreitet,

wobei der erste Ionisationsstromgrenzwert (I_{I1}) größer als der zweite Ionisationsstromgrenzwert (I_{I2}) ist;

den ermittelten Wertes des Detektionsparameters (γ) als Detektionsergebnis auszugeben; und

während einer Zündungsphase zum Zünden der Brennerflamme an der Einleitungsvorrichtung (11) das Mischungsverhältnis (α) des eingeleiteten Luft-Brennstoff-Gemischs in Abhängigkeit des Detektionsergebnisses der Detektionsvorrichtung anzupassen.

7. Wärmeerzeuger (100) zum Übertragen von Wärmeenergie auf ein Energietransportmedium, insbesondere zum Einsatz in einer Heizungsanlage, zumindest umfassend:

einen Brenner (10a; 10b) gemäß Anspruch 6;
einen mit dem Brenner gekoppelten Wärmetauscher (20), der zum Übertragen von vom Brenner erzeugter Wärmeenergie auf das Energietransportmedium eingerichtet ist.

8. Heizungsanlage, die zumindest einen Wärmeerzeuger (100) gemäß Anspruch 7 umfasst.

Claims

1. Method for controlling a burner (10a) of a heat generator (100), in particular for use in a heating system, during an ignition phase for igniting a burner flame, wherein the burner (10a) comprises an ignition electrode (13) which is configured to ignite an air-fuel mixture which can be introduced into a combustion chamber of the burner (10a), and the method has the following steps:

generating an electrical ignition voltage at the ignition electrode (13);
introducing an air-fuel mixture into the combustion chamber of the burner (10a);
detecting a burner flame in the combustion

chamber; and

controlling the burner (10a) during the ignition phase by adjusting a mixing ratio (α), which describes a ratio of fuel quantity to air quantity, of the air-fuel mixture which is introduced into the combustion chamber depending on a detection result,

characterized in that

the detection of the burner flame in the combustion chamber in turn comprises:

- measuring an electrode current (I_E) which is present at the ignition electrode;
- determining an ionization current (I_I) on the basis of the electrode current (I_E) which is measured at the ignition electrode;
- determining a value of a detection parameter (γ) on the basis of the determined ionization current (I_I), wherein the detection parameter (γ) can assume at least a first value or a second value, wherein the first value indicates that no burner flame is detected in the combustion chamber, and the second value indicates that the burner flame is detected in the combustion chamber;

wherein a changeover of the value of the detection parameter (γ) from the first value to the second value if the determined ionization current (I_I) exceeds a first ionization current limit value (I_{I1}), and wherein a changeover of the value of the detection parameter (γ) from the second value to the first value if the determined ionization current (I_I) falls below a second ionization current limit value (I_{I2}), wherein the first ionization current limit value (I_{I1}) is greater than the second ionization current limit value (I_{I2}); and

- outputting the determined value of the detection parameter (γ) as a detection result.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the detection of the burner flame in the combustion chamber, in particular the measurement of the electrode current (I_E) which is present at the ignition electrode (13), takes place during the generation of the electrical ignition voltage at the ignition electrode (13).
3. Method according to Claim 1 or 2, **characterized in that** during the adjustment of the mixing ratio (α) for controlling the burner (10a) during the ignition phase,

a temporal rate of change of the mixing ratio (α) in time ranges of the ignition phase in which no burner flame is detected is greater than a temporal rate of change of the mixing ratio (α) in time ranges of the ignition phase in which the burner flame is detected.

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the adjustment of the mixing ratio (α) of the air-fuel mixture which is introduced into the combustion chamber for controlling the burner (10a) takes place during the ignition phase in such a way that

the mixing ratio (α) in time ranges of the ignition phase in which no burner flame is detected is adjusted according to a first adjustment rule, and the mixing ratio (α) in time ranges of the ignition phase in which the burner flame is detected is adjusted according to a second adjustment rule.

5. Method according to Claim 4, **characterized in that**

according to the first adjustment rule, the mixing ratio (α) is increased over time (t) in a monotonically increasing manner, in particular in a strictly monotonically increasing manner, and according to the second adjustment rule, the mixing ratio (α) is kept constant over time (t).

6. Burner (10a) for use in a heat generator (100), in particular in a heat generator of a heating system, comprising:

an introduction device (11) which is configured to mix an air-fuel mixture from air and fuel according to a mixing ratio (α) which describes a ratio of fuel quantity to air quantity in the air-fuel mixture and to introduce this into a combustion chamber of the burner (10a);
 an ignition electrode (13) which is configured to ignite the air-fuel mixture which is introduced into the combustion chamber of the burner (10a);
 a voltage generator (14) which is configured to generate an electrical ignition voltage at the ignition electrode (13);
 a detection device which comprises a measuring device (15) which is configured to measure an electrode current (I_E) which is present at the ignition electrode (13), wherein the detection device is configured to detect a burner flame in the combustion chamber on the basis of an electrode current (I_E) which is measured by the measuring device;
 a control device (17) for controlling the burner, which control device is coupled to the introduction device (11) and the detection device and is

configured:

to determine an ionization current (I_I) on the basis of the electrode current (I_E) which is measured at the ignition electrode;

to determine a value of a detection parameter (γ) on the basis of the determined ionization current (I_I), wherein the detection parameter (γ) can assume at least a first value or a second value, wherein the first value indicates that no burner flame is detected in the combustion chamber, and the second value indicates that the burner flame is detected in the combustion chamber;

to change over the value of the detection parameter (γ) from the first value to the second value if the determined ionization current (I_I) exceeds a first ionization current limit value (I_1);

to change over the value of the detection parameter (γ) from the second value to the first value if the determined ionization current (I_I) falls below a second ionization current limit value (I_2),

wherein the first ionization current limit value (I_1) is greater than the second ionization current limit value (I_2);

to output the determined value of the detection parameter (γ) as a detection result; and

to adjust the mixing ratio (α) of the introduced air-fuel mixture during an ignition phase for igniting the burner flame at the introduction device (11) depending on the detection result of the detection device.

7. Heat generator (100) for transferring thermal energy to an energy transport medium, in particular for use in a heating system, at least comprising:

a burner (10a; 10b) according to Claim 6;

a heat exchanger (20) which is coupled to the burner and which is configured to transfer thermal energy which is generated by the burner to the energy transport medium.

8. Heating system which comprises at least one heat generator (100) according to Claim 7.

Revendications

1. Procédé de commande d'un brûleur (10a) d'un générateur de chaleur (100), en particulier destiné à être utilisé dans une installation de chauffage, pendant une phase d'allumage pour allumer une flamme de brûleur, le brûleur (10a) comprenant une électrode d'allumage (13) conçue pour allumer un mé-

lange air-combustible pouvant être introduit dans une chambre de combustion du brûleur (10a), et le procédé présentant les étapes suivantes :

génération d'une tension d'allumage électrique au niveau de l'électrode d'allumage (13) ;

introduction d'un mélange air-combustible dans la chambre de combustion du brûleur (10a) ;

détection d'une flamme de brûleur dans la chambre de combustion ; et

commande du brûleur (10a) pendant la phase d'allumage par adaptation d'un rapport de mélange (α) décrivant un rapport entre la quantité de combustible et la quantité d'air du mélange air-combustible introduit dans la chambre de combustion en fonction d'un résultat de détection,

caractérisé en ce que

la détection de la flamme de brûleur dans la chambre de combustion comprend à son tour :

- mesure d'un courant d'électrode (I_E) présent au niveau de l'électrode d'allumage ;
- détermination d'un courant d'ionisation (I_I) sur la base du courant d'électrode (I_E) mesuré au niveau de l'électrode d'allumage ;
- détermination d'une valeur d'un paramètre de détection (γ) sur la base du courant d'ionisation (I_I) déterminé, le paramètre de détection (γ) pouvant prendre au moins une première ou une deuxième valeur, la première valeur indiquant qu'aucune flamme de brûleur n'est détectée dans la chambre de combustion et la deuxième valeur indiquant que la flamme de brûleur est détectée dans la chambre de combustion ;

une commutation de la valeur du paramètre de détection (γ) de la première à la deuxième valeur dans le cas où le courant d'ionisation (I_I) déterminé dépasse une première valeur limite de courant d'ionisation (I_1), et une commutation de la valeur du paramètre de détection (γ) de la deuxième à la première valeur dans le cas où le courant d'ionisation (I_I) déterminé est inférieur à une deuxième valeur limite de courant d'ionisation (I_2),

la première valeur limite de courant d'ionisation (I_1) étant supérieure à la deuxième valeur limite de courant d'ionisation (I_2) ; et

- délivrance de la valeur déterminée du paramètre de détection (γ) en tant que résultat de détection.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**
la détection de la flamme de brûleur dans la chambre de combustion, en particulier la mesure du courant d'électrode (I_E) présent au niveau de l'électrode d'allumage (13), a lieu pendant la génération de la tension d'allumage électrique au niveau de l'électrode d'allumage (13). 5
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**
lors de l'adaptation du rapport de mélange (α) pour commander le brûleur (10a) pendant la phase d'allumage, un taux de variation dans le temps du rapport de mélange (α) dans des plages de temps de la phase d'allumage dans lesquelles aucune flamme de brûleur n'est détectée devient supérieur à un taux de variation dans le temps du rapport de mélange (α) dans des plages de temps de la phase d'allumage dans lesquelles la flamme de brûleur est détectée. 10 15 20
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'adaptation du rapport de mélange (α) du mélange air-combustible introduit dans la chambre de combustion pour commander le brûleur (10a) pendant la phase d'allumage a lieu de telle sorte que 25
- le rapport de mélange (α) dans des plages de temps de la phase d'allumage dans lesquelles aucune flamme de brûleur n'est détectée est adapté selon une première prescription d'adaptation, 30
- et le rapport de mélange (α) dans des plages de temps de la phase d'allumage dans lesquelles la flamme de brûleur est détectée est adapté selon une deuxième prescription d'adaptation. 35
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** 40
- selon la première prescription d'adaptation, le rapport de mélange (α) est augmenté en augmentant de manière monotone, en particulier en augmentant de manière strictement monotone, au cours du temps (t), 45
- et selon la deuxième prescription d'adaptation, le rapport de mélange (α) est maintenu constant au cours du temps (t). 50
6. Brûleur (10a) destiné à être utilisé dans un générateur de chaleur (100), en particulier dans un générateur de chaleur d'une installation de chauffage, comprenant : 55
- un dispositif d'introduction (11) qui est conçu pour mélanger un mélange air-combustible à partir d'air et de combustible selon un rapport

de mélange (α) qui décrit un rapport entre la quantité de combustible et la quantité d'air dans le mélange air-combustible et pour introduire celui-ci dans une chambre de combustion du brûleur (10a) ;
une électrode d'allumage (13) qui est conçue pour allumer le mélange air-combustible introduit dans la chambre de combustion du brûleur (10a) ;
un générateur de tension (14) qui est conçu pour générer une tension d'allumage électrique au niveau de l'électrode d'allumage (13) ;
un dispositif de détection qui comprend un dispositif de mesure (15) conçu pour mesurer un courant d'électrode (I_E) présent au niveau de l'électrode d'allumage (13), le dispositif de détection étant conçu pour détecter une flamme de brûleur dans la chambre de combustion sur la base d'un courant d'électrode (I_E) mesuré par le dispositif de mesure ;
un dispositif de commande (17) pour commander le brûleur, qui est couplé au dispositif d'introduction (11) et au dispositif de détection et qui est conçu pour :

déterminer un courant d'ionisation (I_I) sur la base du courant d'électrode (I_E) mesuré au niveau de l'électrode d'allumage ;
déterminer une valeur d'un paramètre de détection (γ) sur la base du courant d'ionisation (I_I) déterminé, le paramètre de détection (γ) pouvant prendre au moins une première ou une deuxième valeur, la première valeur indiquant qu'aucune flamme de brûleur n'est détectée dans la chambre de combustion et la deuxième valeur indiquant que la flamme de brûleur est détectée dans la chambre de combustion ;
commuter la valeur du paramètre de détection (γ) de la première à la deuxième valeur dans le cas où le courant d'ionisation (I_I) déterminé dépasse une première valeur limite de courant d'ionisation (I_1) ;
commuter la valeur du paramètre de détection (γ) de la deuxième à la première valeur dans le cas où le courant d'ionisation (I_I) déterminé est inférieur à une deuxième valeur limite de courant d'ionisation (I_2), la première valeur limite de courant d'ionisation (I_1) étant supérieure à la deuxième valeur limite de courant d'ionisation (I_2) ;
délivrer la valeur déterminée du paramètre de détection (γ) en tant que résultat de détection ; et
pendant une phase d'allumage pour allumer la flamme de brûleur au niveau du dispositif d'introduction (11), adapter le rapport de mélange (α) du mélange air-

combustible introduit en fonction du résultat de détection du dispositif de détection.

7. Générateur de chaleur (100) pour transférer de l'énergie thermique à un fluide de transport d'énergie, en particulier destiné à être utilisé dans une installation de chauffage, comprenant au moins : 5

un brûleur (10a ; 10b) selon la revendication 6 ;
un échangeur de chaleur (20) couplé au brûleur, qui est conçu pour transférer de l'énergie thermique générée par le brûleur au fluide de transport d'énergie. 10

8. Installation de chauffage, qui comprend au moins un générateur de chaleur (100) selon la revendication 7. 15

20

25

30

35

40

45

50

55

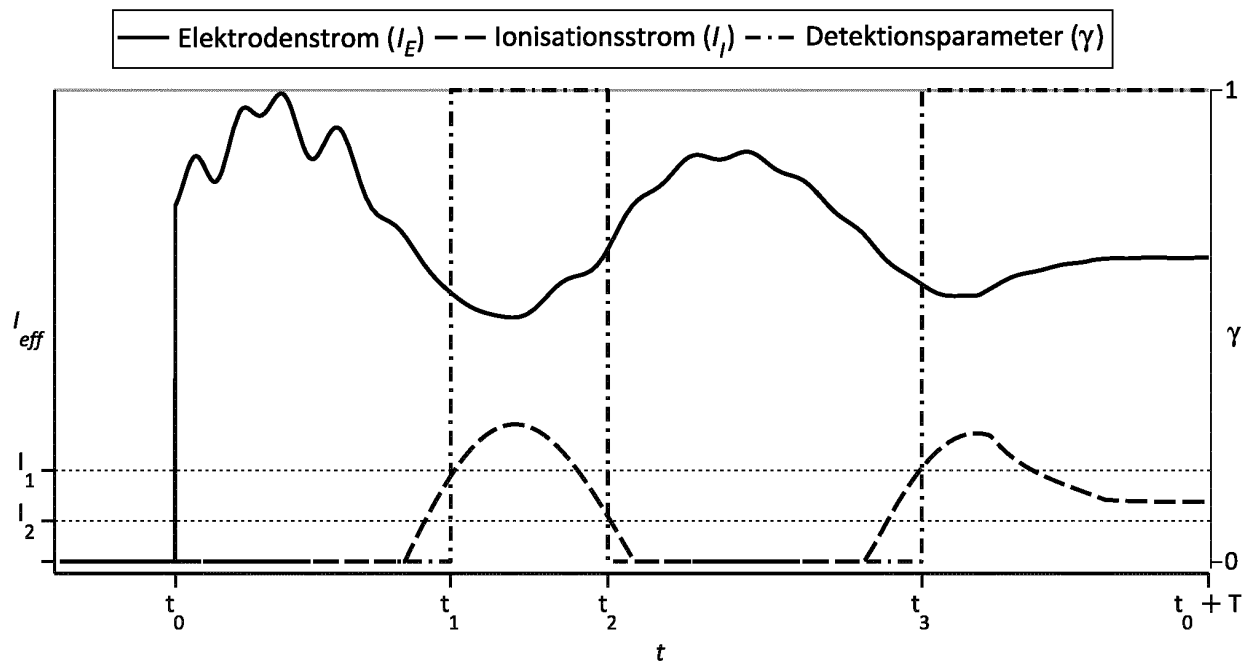


Fig. 1A

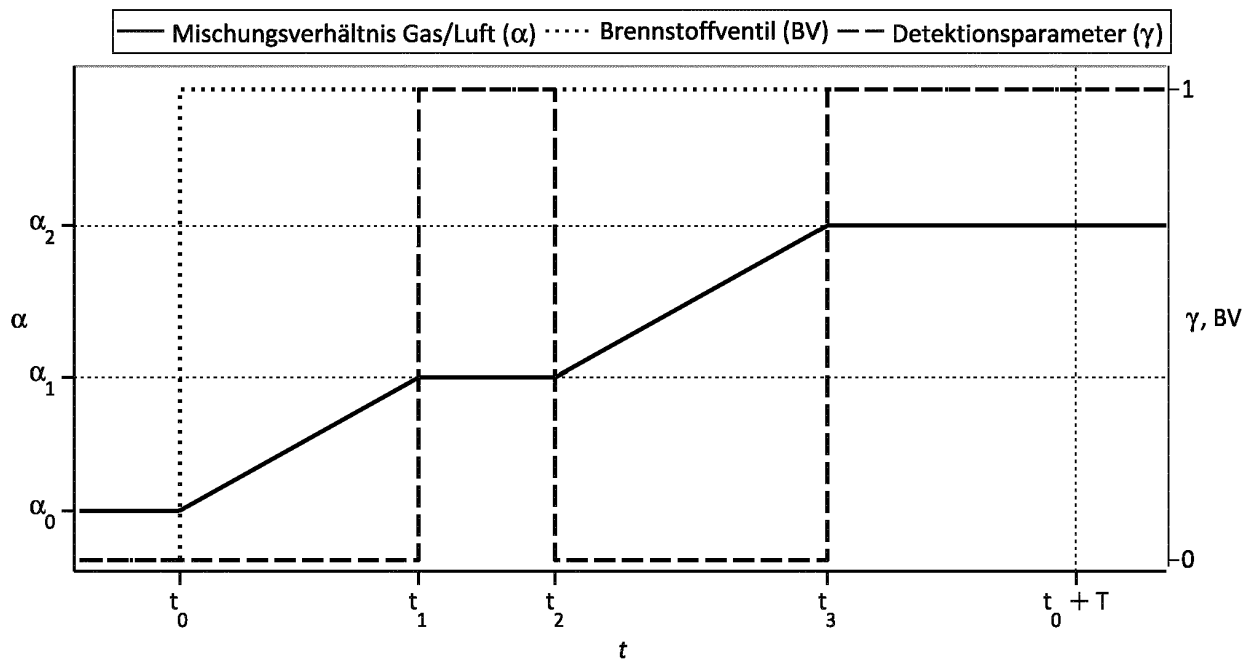


Fig. 1B

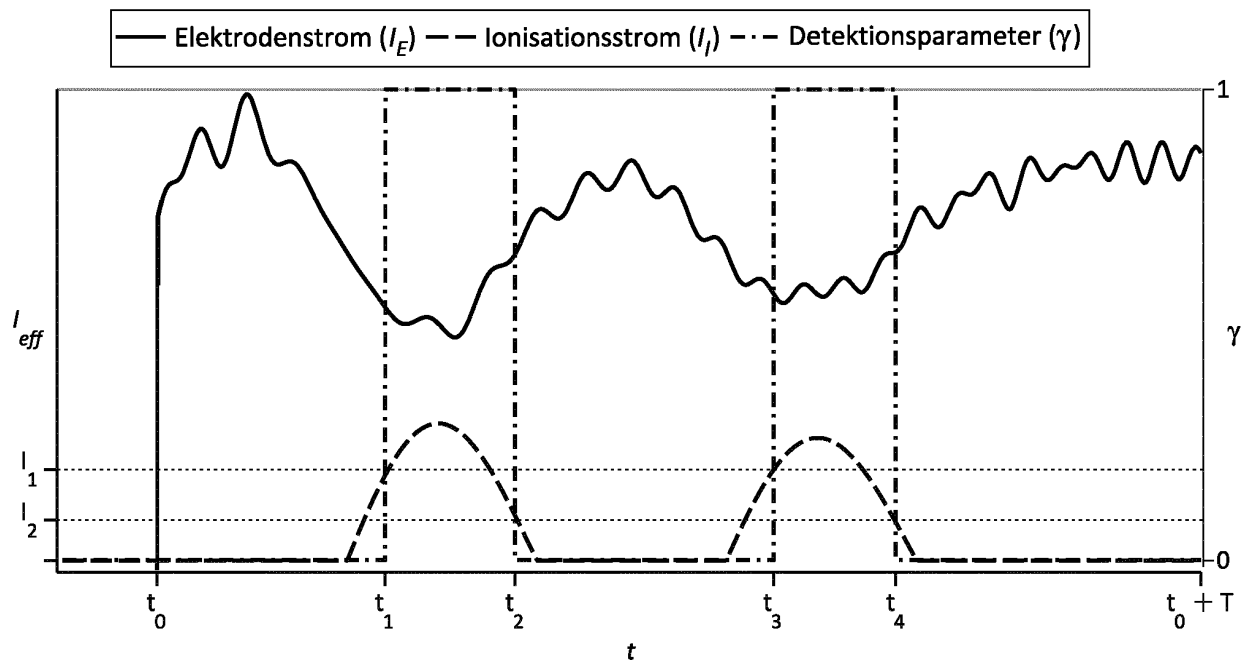


Fig. 2A

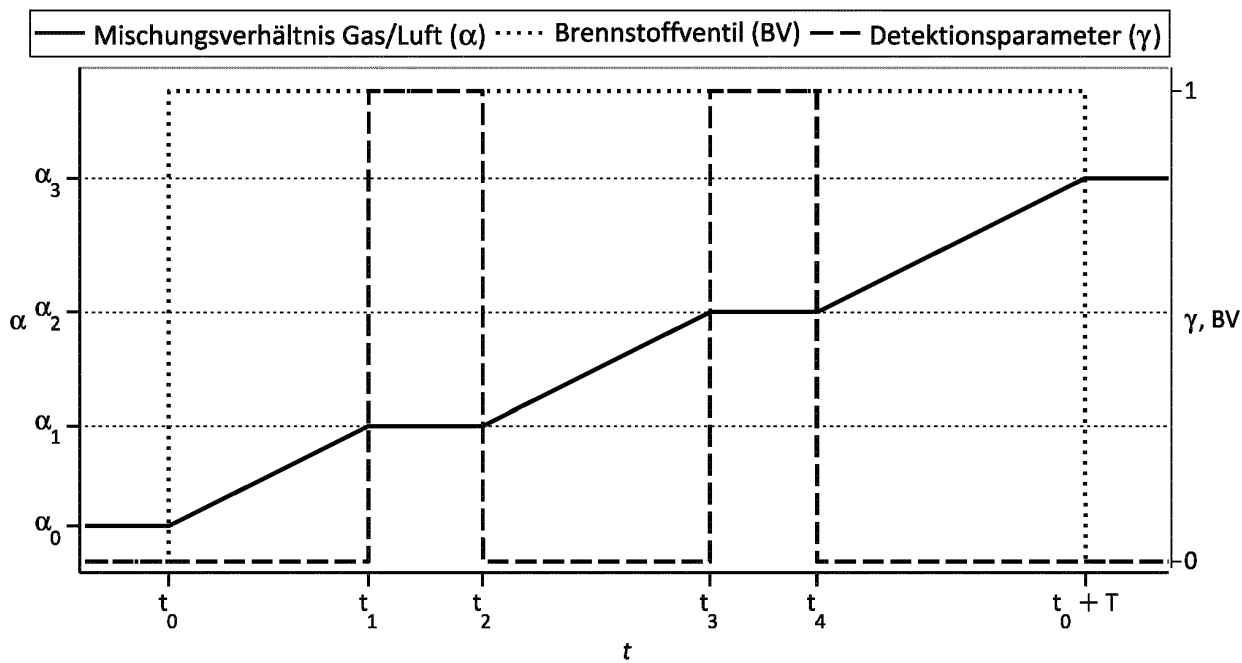


Fig. 2B

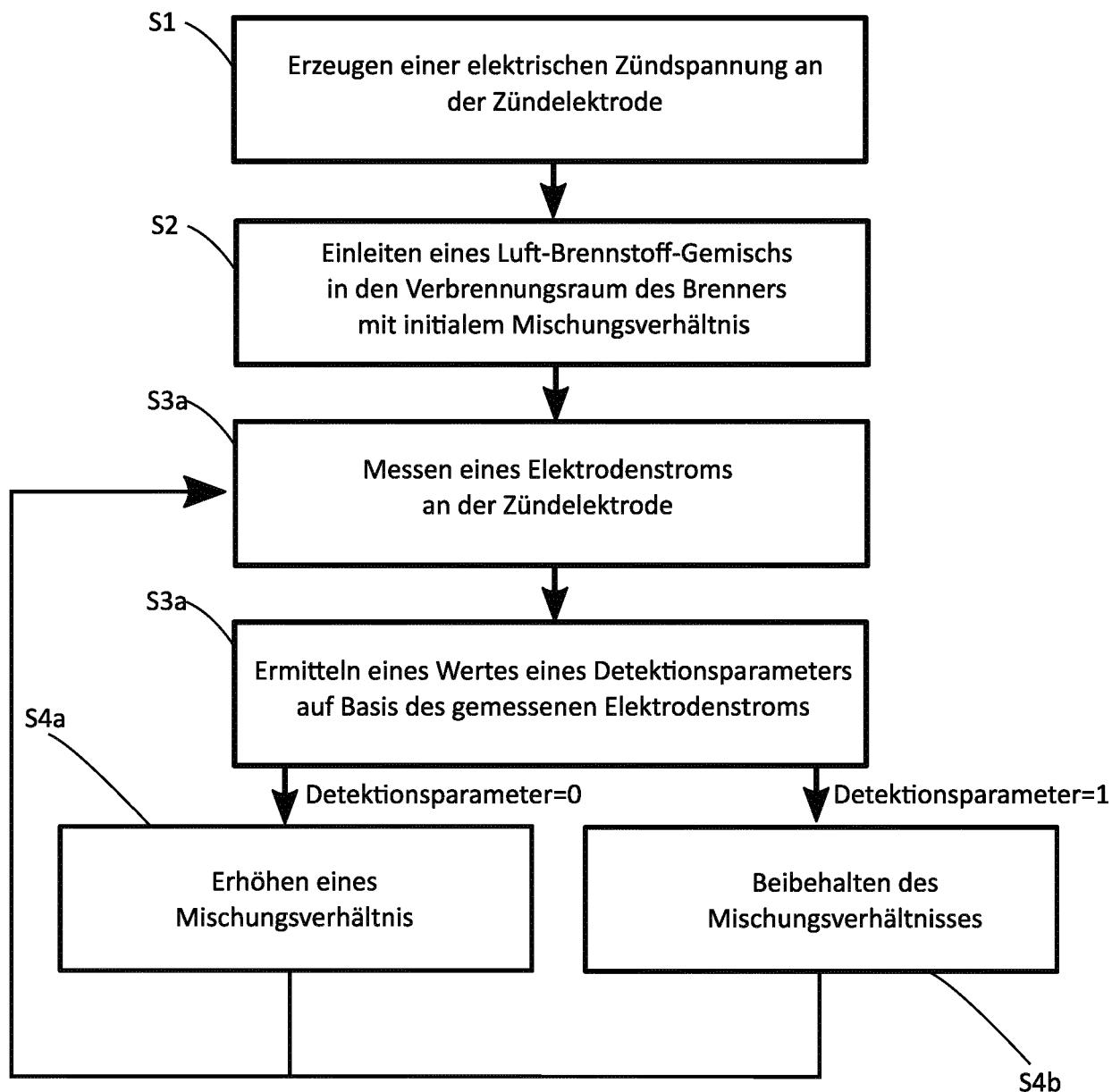


Fig. 3

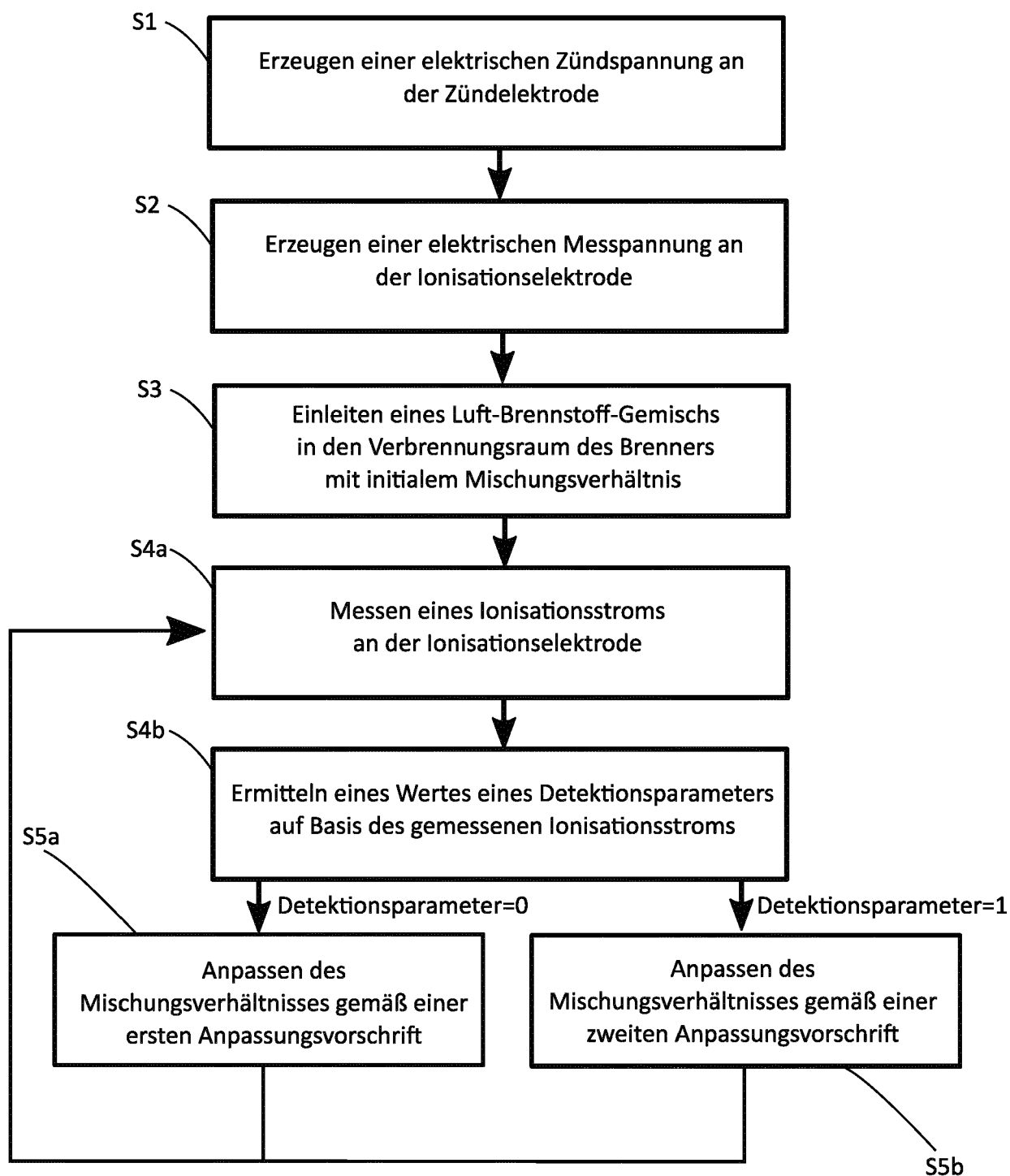


Fig. 4

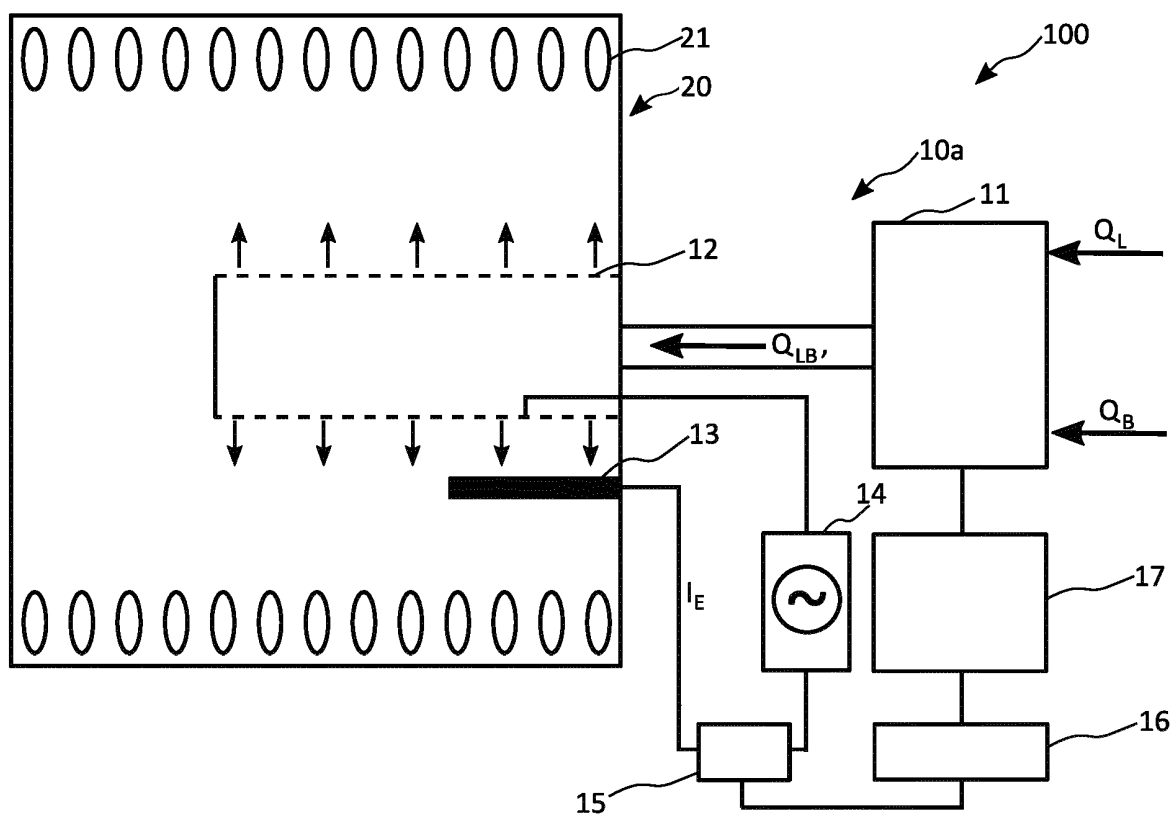


Fig. 5A

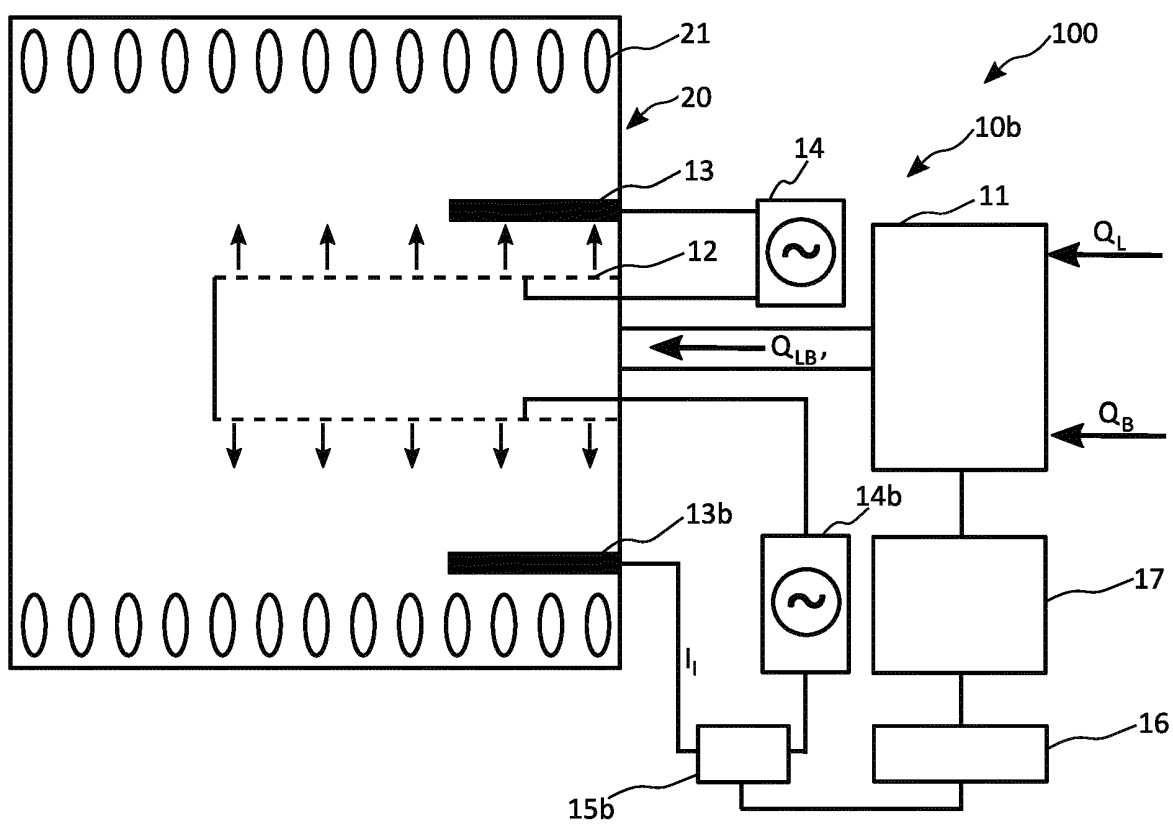


Fig. 5B

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 2116771 A1 **[0005]**