

(19)



(11)

**EP 4 060 233 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

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

**28.06.2023 Patentblatt 2023/26**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

**F23N 1/02<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **21186229.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

**F23N 1/022; F23N 2225/08; F23N 2239/04**

(22) Anmeldetag: **16.07.2021**

(54) **LEISTUNGSERFASSUNG UND LUFTZAHLREGELUNG MITTELS SENSOREN IM FEUERRAUM**

POWER DETECTION AND AIR/FUEL RATIO CONTROL BY MEANS OF SENSORS IN THE COMBUSTION CHAMBER

DÉTECTION DE LA CAPACITÉ ET RÉGULATION DU FACTEUR D'AIR AU MOYEN DES CAPTEURS DANS LE FOYER

(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**

(72) Erfinder: **Lochschmied, Rainer**

**76287 Rheinstetten-Forchheim (DE)**

(30) Priorität: **16.03.2021 EP 21162830**

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**

**Postfach 22 16 34  
80506 München (DE)**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

**21.09.2022 Patentblatt 2022/38**

(56) Entgegenhaltungen:

**WO-A2-2004/015333 DE-A1- 10 045 272  
DE-A1- 19 734 574 DE-U1- 29 612 014**

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft  
80333 München (DE)**

**EP 4 060 233 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

### Hintergrund

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf Steuerungen und/oder Regelungen, wie sie in Verbrennungsvorrichtungen, beispielsweise in Gasbrennern, im Zusammenhang mit Verbrennungssensoren eingesetzt werden. Verbrennungssensoren in Verbrennungsvorrichtungen sind beispielsweise Ionisationselektroden und/oder optische Sensoren. Die vorliegende Offenbarung bezieht sich insbesondere auf die Regelung und/oder Steuerung von Verbrennungsvorrichtungen in der Gegenwart von Wasserstoffgas.

**[0002]** Im Betrieb einer Verbrennungsvorrichtung muss deren Brennleistung bekannt sein und/oder eingestellt werden. Für eine Verbrennung von Kohlenwasserstoffen oder von reinem Wasserstoff oder eines Gemisches aus beidem müssen die Luftzufuhr und die Brennstoffzufuhr zueinander eingestellt werden. Damit wird eine korrekte Luftzahl  $\lambda$  erreicht.

**[0003]** Ausserdem können äussere Einflüsse auf die Luftzahl und/oder auf die Brennleistung einwirken. Solche äussere Einflüsse sind beispielsweise der Eingangsdruck des Brennstoffes, insbesondere des Brenngases, und die Brennstoffzusammensetzung. Weitere Beispiele für äussere Einflüsse sind die Umgebungstemperatur, der Umgebungsdruck und Änderungen im Zuluftweg sowie im Abgasweg der Verbrennungsvorrichtung.

**[0004]** Neben den genannten Sensoren können solche Sensoren, welche sicherheitsgerichtet die Flamme überwachen, in die Regelung der Brennleistung und/oder der Luftzahl einer Verbrennungsvorrichtung einbezogen werden.

**[0005]** Bislang wird für die Verbrennung reinen Wasserstoffes in einer Verbrennungsvorrichtung eine optische Flammenüberwachung eingesetzt. Derweil sind optische Sensoren zur Aufzeichnung von Signalen während einer Verbrennung aufwändig.

**[0006]** Weiterhin sind Thermoelemente und/oder Widerstandstemperatursensoren als Sensoren zur Aufzeichnung von Signalen einer Verbrennung denkbar. Thermoelemente und/oder Widerstandstemperatursensoren sind thermisch anzukoppeln an die Zuluft und/oder das Gemisch und/oder das Abgas und/oder das Plasma einer Verbrennung an einer Verbrennungsvorrichtung. Thermoelemente und/oder Widerstandstemperatursensoren sind zudem thermisch an die mechanische Halterung angekoppelt. Durch jene Ankopplungen sind Thermoelemente und/oder Widerstandstemperatursensoren bislang zur Überwachung eines Verbrennungsprozesses eher zu langsam.

**[0007]** Insbesondere sind solche Elemente und Sensoren zur Überwachung einer Flamme in einer Verbrennungsvorrichtung eher langsam.

**[0008]** Eine europäische Patentanmeldung EP1154202A2 wurde eingereicht am 27. April 2001 durch SIEMENS BUILDING TECH AG. Die Anmeldung

wurde veröffentlicht am 14. November 2001. EP1154202A2 behandelt eine Regeleinrichtung für einen Brenner. EP1154202A2 nimmt eine Priorität vom 12. Mai 2000 in Anspruch. Zu EP1154202A2 liegt ein erteiltes europäisches Patent EP1154202B1 vor. Ferner existiert eine Patentschrift EP1154202B2 nach einem Einspruchsverfahren.

**[0009]** EP1154202B2 unterscheidet zwischen Brenngasen mit tiefem und hohem kalorischen Brennwert. Zur Unterscheidung der beiden Brenngase kommen zwei Kennlinien zum Einsatz. Die beiden Kennlinien betreffen je ein Steuersignal für ein Stellglied der Verbrennungsvorrichtung über einer Gebläsedrehzahl der Verbrennungsvorrichtung. Für die Regelung der Verbrennungsvorrichtung werden Steuersignale, welche den Kennlinien entsprechen, gewichtet.

**[0010]** Weiterhin beansprucht EP1154202B2 den Einsatz zusätzlicher Sensoren zur Regelung der Verbrennungsvorrichtung. Jene zusätzlichen Sensoren beeinflussen anhand ihrer Sensorergebnisse die Stellungen von Stellgliedern der Verbrennungsvorrichtung. Als Beispiel für aus jenen zusätzlichen Sensoren gewonnene Messdaten nennt EP1154202B2 eine Änderung der Kesseltemperatur.

**[0011]** Eine Patentanmeldung DE102004030300A1 wurde eingereicht am 23. Juni 2004 durch EBM PAPST LANDSHUT GMBH. Die Anmeldung wurde veröffentlicht am 12. Januar 2006. DE102004030300A1 behandelt ein Verfahren zur Einstellung eines Betriebsparameters einer Feuerungseinrichtung.

**[0012]** DE102004030300A1 offenbart einen Mischbereich, in welchen eine Luftzufuhr und eine Gaszufuhr münden. Aus dem Mischbereich heraus führt eine Leitung. Die Leitung endet an einem Brennerteil. Oberhalb des Brennerteils ist eine Flamme angeordnet. Ein Temperatursensor ist wahlweise an einer Oberfläche des Brennerteils angeordnet. Der Temperatursensor kann auch an einer anderen Stelle im Wirkungsbereich der Flamme angeordnet sein. Der Temperatursensor kann dabei

- im Flammenkern,
- am Flammenfusspunkt,
- an der Flammenspitze,
- jedoch auch in einiger Entfernung von der Flamme, beispielsweise am Brennerblech selbst, angeordnet seien. Durch Ermittlung und Erfassung der im Wirkungsbereich der Brennerflamme gemessenen Ist-Temperaturen in Abhängigkeit von dem eingestellten Mischungsverhältnis werden der maximale Temperaturwert sowie das dazugehörige Mischungsverhältnis bestimmt.

**[0013]** Eine weitere Patentanmeldung DE102004055716A1 wurde eingereicht am 18. November 2004 durch EBM PAPST LANDSHUT GMBH. Die Anmeldung wurde veröffentlicht am 12. Januar 2006.

**[0014]** DE102004055716A1 behandelt ein Verfahren

zur Regelung und Steuerung einer Feuerungseinrichtung. DE102004055716A1 nimmt eine Priorität vom 23. Juni 2004 in Anspruch.

**[0015]** DE102004055716A1 offenbart ebenfalls einen Mischbereich, in welchen eine Luftzufuhr und eine Gaszufuhr münden. Aus dem Mischbereich heraus führt eine Leitung. Die Leitung endet an einem Brennerteil. Oberhalb des Brennerteils ist eine Flamme angeordnet. Ein Temperatursensor kann beispielsweise im Bereich der Flamme, aber auch am Brenner in der Nähe der Flamme angeordnet sein. Beispielsweise kann auch ein Thermoelement als Temperatursensor verwendet werden.

**[0016]** DE102004055716A1 lehrt die Regelung der von einer Feuerungseinrichtung erzeugten Temperatur  $T_{\text{ist}}$  auf eine Solltemperatur  $T_{\text{soll}}$ . Dabei kommt eine Kennlinie zum Einsatz, welche die Solltemperatur  $T_{\text{soll}}$  abhängig vom Massenstrom an Luft und/oder der Last der Feuerungseinrichtung angibt. Als weiterer Parameter bleibt die Luftzahl  $\lambda$  konstant.

**[0017]** Eine internationale Patentanmeldung WO2006/000367A1 wurde eingereicht am 20. Juni 2005 durch EBM PAPST LANDSHUT. Die Anmeldung wurde veröffentlicht am 5. Januar 2006.

**[0018]** WO2006/000367A1 behandelt ein Verfahren zur Einstellung einer Luftzahl an einer Feuerungseinrichtung. WO2006/000367A1 nimmt eine Priorität vom 23. Juni 2004 in Anspruch.

**[0019]** WO2006/000367A1 offenbart ebenfalls einen Mischbereich, in welchen eine Luftzufuhr und eine Gaszufuhr münden. Aus dem Mischbereich heraus führt eine Leitung. Die Leitung endet an einem Brennerteil. Oberhalb des Brennerteils ist eine Flamme angeordnet. Ein Temperatursensor kann beispielsweise im Bereich der Flamme, aber auch am Brenner in der Nähe der Flamme angeordnet sein. Beispielsweise kann auch ein Thermoelement als Temperatursensor verwendet werden. Ein Temperatursensor ist wahlweise an einer Oberfläche des Brennerteils angeordnet. Der Temperatursensor kann auch an einer anderen Stelle im Wirkungsbereich der Flamme angeordnet sein. Der Temperatursensor kann dabei

- im Flammenkern,
- am Flammenfusspunkt,
- an der Flammenspitze,
- jedoch auch in einiger Entfernung von der Flamme, beispielsweise am Brennerblech selbst, angeordnet seien. Das Verfahren aus WO2006/000367A1 basiert darauf, dass die vom Temperatursensor erfasste Ist-Temperatur  $T_{\text{ist}}$  von einer Luftzahl  $\lambda$  abhängt. Die Ist-Temperatur erreicht bei  $\lambda = 1$  ein Maximum  $T_{\text{max}}$ . Es wird nun für einen vorgegebenen Luftmassenstrom  $m_L$  anhand des Temperatursensors ein Maximum  $T_{\text{max}}$  bestimmt, indem iterativ ein Gasmassenstrom angepasst wird. Anschliessend wird eine Luftzahl von vorzugsweise  $\lambda = 1.3$  eingestellt und der Luftmassenstrom  $m_L$  entsprechend erhöht.

**[0020]** Eine weitere, internationale Patentanmeldung WO2015/113638A1 wurde eingereicht am 3. Februar 2014 durch ELECTROLUX APPLIANCES AB, SE. Die Anmeldung wurde veröffentlicht am 6. August 2015. WO2015/113638A1 lehrt eine Gasbrenneranwendung sowie eine Gaskocheinrichtung.

**[0021]** WO2015/113638A1 offenbart eine Überwachungseinrichtung, anhand derer eine Gaszufuhr bei nicht vorhandener Flamme abgeschaltet wird. Dazu kooperiert die Überwachungsvorrichtung mit einer Abschaltvorrichtung umfassend ein Ventil. Die Überwachungseinrichtung kann ein Thermoelement oder einen anderen Sensor umfassen. Die Überwachungseinrichtung ist mithin sicherheitsgerichtet.

**[0022]** DE10045272A1 offenbart eine Feuerungseinrichtung mit einer Steuereinrichtung zur gesteuerten Erzeugung eines Brennstoff/Luftgemischs mit einstellbarem Brennstoff/Luft-Verhältnis, wobei ein Temperatursensor für die Flammenlänge und ein Temperatursensor für die Flammentemperatur mit der Steuereinrichtung verbunden sind.

**[0023]** Eine japanische Patentanmeldung JP2017040451A wurde eingereicht am 21. August 2015 durch NORITZ CORP. Die Anmeldung wurde veröffentlicht am 23. Februar 2017. JP2017040451A behandelt eine Verbrennungsvorrichtung.

**[0024]** Insbesondere befasst sich JP2017040451A mit der Detektion einer Flammentemperatur unter Berücksichtigung von Verzögerungen des jeweiligen Sensors. Als Sensoren werden Thermoelemente und Thermistoren genannt. Zur Berücksichtigung jener Verzögerungen kommt eine Vorhersageeinheit zum Einsatz. Die Vorhersageeinheit ermittelt einen Wert, indem eine Differenz zwischen einer in der Vergangenheit erfassten Temperatur und einer aktuellen Temperatur mit einem Koeffizienten multipliziert wird. Jener Wert wird zur aktuell erfassten Temperatur addiert. Der zur Ermittlung jenes Wertes erforderliche Koeffizient hängt von einer Verzögerungszeit und von einer vorgegebenen Zeitspanne ab.

**[0025]** Verzögerungen durch Sensoren finden Eingang die technische Spezifikation aus dem Jahr 2020 von RTD Platinsensoren von IST. Die Antwortzeit, bis ein Sensor 63 Prozent einer Temperaturänderung infolge von Verzögerungen nachvollzogen hat, variiert zwischen 2.5 und 40 Sekunden. Generell hängt die Antwortzeit von den Abmessungen des jeweiligen Sensors ab.

**[0026]** Für die Regelung einer Verbrennungsvorrichtung kommen ein pneumatischer Gas-Luft-Verbund und/oder ein elektronischer Verbund infrage. Technisch ist anhand eines pneumatischen Gas-Luft-Verbundes üblicherweise ein Modulationsbereich von eins zu sieben erreichbar.

**[0027]** Bei der Verbrennung von reinem Wasserstoff wird an einer Ionisationselektrode kein praktisch nutzbares Signal gebildet. Deshalb eignen sich Ionisationselektroden kaum zur Aufzeichnung von Signalen bei der Verbrennung reinen Wasserstoffes. Folglich ist ein anhand eines Flammensignals geregelter elektronischer Ver-

bund bisher nur für kohlenwasserstoffhaltige Brenngase technisch realisierbar.

**[0028]** Weiterhin hängen im Falle eines elektronischen Verbundes die Brennleistung und die Luftzufuhr nur von der Gebläsedrehzahl ab. Sofern der Einsatz anderer Sensoren zu aufwändig ist, ist eine Korrektur von Umgebungseinflüssen kaum möglich. Solche Umgebungseinflüsse betreffen beispielsweise Lufttemperatur, Luftdruck sowie Änderungen im Zuluftweg oder Abgasweg der Verbrennungsvorrichtung.

**[0029]** Ein elektronischer Verbund für die Verbrennung von Wasserstoff benötigt zusätzliche Sensoren beispielsweise zur Detektion und Absicherung der Brenngasmenge, um die Brenngasmenge ohne eine Verbrennungsregelung einzustellen. Derweil sind solche zusätzlichen Sensoren aufwändig.

**[0030]** Ziel der vorliegenden Offenbarung ist es, eine Regelung und/oder Steuerung bereitzustellen, welche eine Verbrennung von Brenngasen, welche Wasserstoff enthalten, ermöglicht. Insbesondere ist ein Ziel der vorliegenden Offenbarung, eine Regelung und/oder Steuerung bereitzustellen, welche einen ausreichenden Modulationsgrad erreicht. Eine solche Regelung ist auch für kohlenwasserstoffhaltige Brenngase und/oder für eine Mischung von kohlenwasserstoffhaltigen Brenngasen mit Wasserstoff einsetzbar.

#### Zusammenfassung

**[0031]** Eine Regelung und/oder Steuerung einer Verbrennungsvorrichtung auf Grundlage eines einzelnen Signales eines Temperatursensors ist heikel. Wesentlich hängt das Signal des Temperatursensors von dessen Position im Feuerraum einer Verbrennungsvorrichtung ab. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass das Temperatursignal eine Funktion der Zufuhr des Brennstoff-Luft-Gemisches und damit von der Brennleistung abhängt. Zudem hängt das Temperatursignal auch vom Mischungsverhältnis zwischen Brennstoff und Luft und damit von der Luftzahl ab. Es ist kaum möglich, mit nur einem Temperatursensor eine eindeutige Zuordnung für einen gemessenen Temperaturwert zu genau einer Kombination von Brennleistung und Luftzahl zu erhalten. Deshalb benötigt man normalerweise ein zusätzliches Signal. Dieses Signal ist üblicherweise die Luftzufuhr als Repräsentant für eine Gemischzufuhr oder Brennleistung. Mit der gemessenen Temperatur in oder in der Nähe der Flamme kann dann als Funktion des Messwertes und der Luftzufuhr die Luftzahl anhand einer vorgegebenen Kennlinie ausgeregelt werden. So ein Verfahren ist in EP1902254B1 beschrieben, wobei in EP1902254B1 die gemessene Temperatur im Wertebereich als Funktion von Luftzahl und Brennleistung abgegeben ist. Alternativ kann man die Luftzahl als zusätzliches Signal heranziehen und anhand der Luftzahl und der gemessenen Temperatur die Gemischzufuhr, also die Brennleistung bestimmen. Auch die Aufzeichnung oder Bestimmung der Brennstoffzufuhr, insbesondere der Gaszufuhr, kann ein

solches, zusätzliches Signal bereitstellen.

**[0032]** Entsprechend hinreichend genaue Sensoren zur Bestimmung von Luftzufuhr, Gemischzufuhr oder Brennstoffzufuhr sind aufwändig. Ein wenig aufwändiger Sensor erfasst keine Schwankungen der Umgebungsbedingungen wie Lufttemperatur, Luftdruck oder auch Schwankungen des Zuluftweges und/oder Abgasweges. Ein solcher wenig aufwändiger Sensor ist beispielsweise die Gebläsedrehzahlerfassung des Gebläses. Mithin hat jener Sensor den Nachteil, dass er die Luftzufuhr nur unvollständig bestimmt.

**[0033]** Die vorliegende Offenbarung geht jene Schwierigkeiten an, indem mehr als ein Sensor im Feuerraum einer Verbrennungsvorrichtung angeordnet wird. Insbesondere kann mehr als ein Temperatursensor im Feuerraum der Verbrennungsvorrichtung angeordnet werden. Die Signale beider Sensoren, insbesondere beider Temperatursensoren, werden ausgelesen und je zu Werten einer Brennleistung verarbeitet. Die Signale beider Sensoren, insbesondere beider Temperatursensoren, können ebenfalls je zu einem Wert einer Luftzahl  $\lambda$  verarbeitet werden. Anschliessend kann auf Basis der ermittelten Brennleistung und/oder der ermittelten Luftzahl  $\lambda$  geregelt und/oder gesteuert werden.

**[0034]** Die Verarbeitung der einzelnen Messsignale für sich genommen zu einem Wert der Brennleistung oder der Luftzahl oder einer Kombination aus Brennleistung und Luftzahl ist häufig nicht eindeutig.

**[0035]** Für den Fall einer mehrdeutigen Zuordnung einzelner Signalen zu verschiedenen Brennleistungen werden mögliche Brennleistungen ermittelt, welche zu den einzelnen Signalen passen. Es werden Paare gebildet aus Brennleistungen, welche aus den Signalen des ersten genannten Sensors ermittelt wurden, und Brennleistungen, welche aus den Signalen des zweiten genannten Sensors ermittelt wurden. Ausgewählt wird dasjenige Paar mit der geringsten Differenz an Brennleistungen. Eine aktuelle Brennleistung der Verbrennungsvorrichtung wird auf Basis dieses Paares ermittelt.

**[0036]** Ferner können jene Mehrdeutigkeiten aufgelöst werden, indem ein weiterer Sensor, insbesondere ein weiterer Temperatursensor, im Feuerraum angeordnet wird. Ein Signal wird aus dem weiteren Sensor, insbesondere aus dem weiteren Temperatursensor, ausgelesen. Das ausgelesene Signal wird zu einem Wert einer Brennleistung drittverarbeitet und in die Bestimmung einer aktuellen Brennleistung der Verbrennungsvorrichtung mit einbezogen.

**[0037]** Eine weitere Möglichkeit zur Auflösung von Mehrdeutigkeiten besteht darin, ein Zufuhrsignal in die Auswertung mit einzubeziehen. Ein solches Zufuhrsignal kann beispielsweise eine Gebläsedrehzahl eines Gebläses in einem Luftzufuhrkanal sein. Ebenso kann ein solches Zufuhrkanal ein Signal eines Flusssensors im Luftzufuhrkanal oder im Brennstoffzufuhrkanal sein. Zudem kann ein Zufuhrsignal aus einer Luftklappenstellung und/oder aus einer Stellung eines Brennstofffaktors gewonnen werden. Die Verwendung eines Zufuhrsignals

hat den Vorteil, dass die Zuordnung von Zufuhrsignal zu Brennleistung oft eindeutig ist.

**[0038]** Die beiden Kennlinien zur Ermittlung der Paare an Brennleistung sind für eine vorgegebene Luftzahl festgelegt. Bei entsprechender Positionierung der beiden Sensoren im Feuerraum gibt es genau ein Punktepaar der beiden Sensorwerte, bei dem beide Brennleistungen für alle möglichen Luftzahlwerte gleich sind

**[0039]** Mit dem vorgestellten Verfahren kann die Brennleistung im Wertebereich als Funktion des jeweiligen Messsignals bei einem vorgegebenen Sollwert der Luftzahl bestimmt werden. Die Bestimmung erfolgt für jeden im Feuerraum angeordneten Sensor. Damit können sowohl Luftzahl als auch Brennleistung auf vorgegebene Sollwerte ausgeregelt werden. Die Brennleistungen in Abhängigkeit des zugehörigen Sensorsignals können für beide Funktionen als Polynom hinterlegt sein. In einer bevorzugten Ausführung können die beiden Funktionen als Folge von Punkten hinterlegt sein, zwischen denen linear auf der minimalen Abstandsstrecke zwischen beiden Punkten interpoliert wird. Werden weitere Sensoren verwendet, so wird eine Funktion der Brennleistung im Wertebereich von drei oder mehr Sensoren hinterlegt. Ein weiterer Sensor kann beispielsweise ein dritter Sensor im Feuerraum oder ein Zufuhrsensor sein.

**[0040]** Die Regelung erfolgt beispielsweise, indem man zunächst den Luftfaktor oder alternativ den Brennstofffaktor so verstellt. Die Verstellung erfolgt solange, bis die aus beiden Temperaturwerten ermittelten Brennleistungen gleich sind oder nahe beieinander liegen. Danach wird die Brennleistung beispielsweise als Mittelwert beider ermittelten Brennleistungen errechnet. Daraufhin werden Luftfaktor und Brennstofffaktor so verstellt, dass bis die errechnete Brennleistung auf ihrem Sollwert liegt, beispielsweise über einen Regelkreis. Eine daraus folgende eventuelle Abweichung der Luftzahl vom Sollwert wird wieder über den Luftfaktor oder alternativ den Brennstofffaktor nachgeregelt. Als Ergebnis der Nachregelung sind die aus beiden Messsignalen errechneten Brennleistungen wieder gleich.

**[0041]** Alternativ können Luftzahl und Brennleistung über eine Mehrkreisregelung gemeinsam innerhalb eines Totbandes der Zielwerte eingestellt werden.

**[0042]** Über die Korrektur der Luftzahl können Änderungen durch äussere Einflüsse auf den Brennstoff korrigiert werden. Eine Änderung der Brennstoffzusammensetzung hat zunächst eine Auswirkung auf die Luftzahl. Durch das hier offenbarte Verfahren wird eine Abweichung der Luftzahl korrigiert. Ebenso kann eine Änderung des Brennstoffeingangsdrucks und/oder der Brennstofftemperatur und/oder des Luftdruckes und/oder der Lufttemperatur über die Luftzahlregelung korrigiert werden.

**[0043]** Äussere Einflüsse auf die Brennleistung können ebenfalls kompensiert werden, da die Brennleistung neu berechnet und auf einen vorgegebenen Sollwert ausgeregelt werden kann. Auch Änderungen im Zuluft-/Abgasweg können so hinsichtlich der Luftzahl als

auch der Brennleistung korrigiert werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

5 **[0044]** Verschiedene Merkmale werden dem Fachmann aus der folgenden detaillierten Beschreibung der offenbarten nicht einschränkenden Ausführungsformen ersichtlich. Die Zeichnungen, die der detaillierten Beschreibung beiliegen, können kurz wie folgt beschrieben werden:

10 FIG 1 zeigt eine Verbrennungsvorrichtung mit zwei Sensoren zur Flammenüberwachung im Feuerraum.

15 FIG 2 zeigt den Verlauf der Brennleistung über das Messsignal eines im Feuerraum angeordneten Sensors, wenn die Zuordnung eindeutig ist.

20 FIG 3 zeigt den Verlauf der Brennleistung über den Signalen zweier im Feuerraum angeordneter Sensoren, wenn die Zuordnung eines Sensors nicht eindeutig ist.

25 FIG 4 zeigt den Verlauf der Brennleistung über den Signalen zweier im Feuerraum angeordneter Sensoren, wenn sich die Signalverläufe kreuzen.

30 FIG 5 zeigt den Verlauf der Brennleistung über den Signalen zweier im Feuerraum angeordneter Sensoren und den abweichenden Verlauf beider Signale, wenn das Gemisch abgemagert worden ist.

35 FIG 6 zeigt den Verlauf der Brennleistung über den Signalen zweier im Feuerraum alternativ angeordneter Sensoren und den abweichenden Verlauf beider Signale, wenn das Gemisch abgemagert worden ist.

40 FIG 7 zeigt den Verlauf der Luftzufuhr über dem Luftzufuhrsignal für zwei verschiedene Zuluft-Abgaswege.

45 FIG 8 zeigt den Verlauf zweier vorgegebener Stellkurven für das Brenngasventil und die berechnete Stellkurve für die aktuellen Brennstoffparameter und/oder Gasparameter.

Detaillierte Beschreibung

50 **[0045]** FIG 1 zeigt eine Verbrennungsvorrichtung 1 wie beispielsweise einen wandhängenden Gasbrenner und/oder einen bodenstehenden Gasbrenner. Im Feuerraum 2 der Verbrennungsvorrichtung 1 brennt im Betrieb eine Flamme eines Wärmeerzeugers. Der Wärmeerzeuger tauscht die Wärmeenergie der heissen Brenngase in ein anderes Fluid wie beispielsweise Wasser. Mit dem warmen Wasser wird beispielsweise eine Warmwasser-

heizungsanlage betrieben und/oder Trinkwasser erwärmt. Gemäss einer anderen Ausführungsform kann mit der Wärmeenergie der heissen Brennstoffe und/oder Brenngase ein Gut beispielsweise in einem industriellen Prozess erhitzt werden. Gemäss einer weiteren Ausführungsform ist der Wärmeerzeuger Teil einer Anlage mit Kraft-Wärme-Kopplung, beispielsweise ein Motor einer solchen Anlage. Gemäss einer anderen Ausführungsform ist der Wärmeerzeuger eine Gasturbine. Ferner kann der Wärmeerzeuger der Erhitzung von Wasser in einer Anlage zur Gewinnung von Lithium und/oder Lithiumkarbonat dienen. Die Abgase 10 werden aus dem Feuerraum 2 beispielsweise über einen Schornstein abgeführt.

**[0046]** Die Luftzufuhr 5 für den Verbrennungsprozess wird über ein (motorisch) angetriebenes Gebläse zugeführt. Über die Signalleitung 14 gibt eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 dem Gebläse die Luftzufuhr  $V_L$  vor, die es fördern soll. Damit wird die Gebläsedrehzahl des Gebläsedrehzahlsensors 12 ein Mass für die Luftzufuhr 5.

**[0047]** Gemäss einer Ausführungsform wird die vom Sensor 12 ermittelte Gebläsedrehzahl der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 vom Gebläse und/oder Antrieb 4 und/oder Luftfaktor 4 zurückgemeldet. Beispielsweise ermittelt die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 die Drehzahl des Gebläses über die Signalleitung 15.

**[0048]** Die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 umfasst vorzugsweise einen Microcontroller. Die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 umfasst idealerweise einen Microprozessor. Die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 kann eine Regeleinrichtung sein. Vorzugsweise umfasst die Regeleinrichtung einen Microcontroller. Die Regeleinrichtung umfasst idealerweise einen Microprozessor. Die Regeleinrichtung kann einen proportionalen und integralen Regler umfassen. Ferner kann die Regeleinrichtung einen proportionalen und integralen und derivativen Regler umfassen.

**[0049]** Ferner kann die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 eine im Feld programmierbare (Logik-) Gatter-Anordnung umfassen. Ausserdem kann die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 eine anwendungsspezifische integrierte Schaltung umfassen.

**[0050]** In einer Ausführungsform umfasst die Signalleitung 14 oder 15 einen Lichtwellenleiter. In einer speziellen Ausführungsform ist die Signalleitung 14 oder 15 als Lichtwellenleiter ausgeführt. Lichtwellenleiter verschaffen Vorteile im Hinblick auf galvanische Trennung und Schutz vor Explosionen.

**[0051]** Wird die Luftzufuhr 5 über eine Luftklappe und/oder ein Ventil eingestellt, kann als Mass für die Luftzufuhr 5 die Klappen- und/oder Ventilstellung verwendet werden. Ferner kann ein aus dem Signal eines Drucksensors 12 und/oder Massenstromsensors 12 und/oder Volumenstromsensors 12 abgeleiteter Messwert verwendet werden.

**[0052]** Gemäss einer Ausführungsform ist die Luftzu-

fuhr  $V_L$  der Wert der aktuellen Luftdurchflussrate. Die Luftdurchflussrate kann in Kubikmeter Luft pro Stunde gemessen und/oder angegeben sein. Die Luftzufuhr  $V_L$  kann somit in Kubikmeter Luft pro Stunde gemessen und/oder angegeben sein.

**[0053]** Die Brennstoffzufuhr  $V_B$  wird durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 mit Hilfe mindestens eines Brennstofffaktors 7 - 9 und/oder mindestens eines (motorisch) einstellbaren Ventiles 7 - 9 eingestellt und/oder ausgeregelt. In der Ausführung in FIG 1 ist der Brennstoff 6 ein Brenngas. Eine Verbrennungsvorrichtung 1 kann dann an verschiedene Brenngasquellen angeschlossen werden, beispielsweise an Quellen mit hohem Methan-Anteil und/oder an Quellen mit hohem Propan-Anteil. Ebenso ist vorgesehen, die Verbrennungsvorrichtung 1 an eine Quelle eines Gases oder einer Gasmischung angeschlossen ist, wobei das Gas oder die Gasmischung Wasserstoff umfasst. In einer speziellen Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Gas oder die Gasmischung mehr als fünf Prozent, insbesondere mehr als fünf Prozent der Stoffmenge, an Wasserstoff umfasst. In einer weiteren speziellen Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Gas oder die Gasmischung nur oder im Wesentlichen nur Wasserstoffgas umfasst. In einer weiteren Ausführung ist vorgesehen, dass der Brennstoff und/oder das Gas und/oder die Gasmischung variabel null bis dreissig Prozent der Stoffmenge an Wasserstoffgas umfasst. In FIG 1 wird die Menge an Brenngas durch mindestens ein (motorisch) einstellbares Brennstoffventil 7 - 9 von der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 eingestellt. Der Ansteuerwert, beispielsweise ein pulsweitenmoduliertes Signal, des Gasventiles 7 - 9 ist dabei ein Mass für die Menge an Brenngas. Er ist auch ein Wert für die Brennstoffzufuhr  $V_B$ .

**[0054]** Wird als Brennstofffaktor 7 - 9 eine Gasklappe verwendet, so kann als Mass für die Menge an Brenngas die Position einer Klappe verwendet werden. Gemäss einer speziellen Ausführungsform werden ein Brennstofffaktor 7 - 9 und/oder Brennstoffventil 7 - 9 anhand eines Schrittmotors eingestellt. In jenem Fall ist die Schrittstellung des Schrittmotors ein Mass für die Menge an Brenngas. Das Brennstoffventil und/oder die Brennstoffklappe kann auch in einer Einheit mit zumindest einem oder mehreren Sicherheitsabsperrentilen 7, 8 integriert sein. Eine Signalleitung 16 verbindet den Brennstofffaktor 7 mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13. Eine weitere Signalleitung 17 verbindet den Brennstofffaktor 8 mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13. Wiederum eine weitere Signalleitung 18 verbindet den Brennstofffaktor 9 mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13. In einer speziellen Ausführungsform umfassen die Signalleitungen 16 - 18 jeweils einen Lichtwellenleiter. Lichtwellenleiter verschaffen Vorteile im Hinblick auf galvanische Trennung und Schutz vor Explosionen.

**[0055]** Weiterhin kann mindestens eines der Brennstoffventile 7 - 9 ein intern über einen Strömungs- und/oder Drucksensor geregeltes Ventil sein, das einen

Sollwert erhält und den Istwert des Strömungs- und/oder Drucksensors auf den Sollwert regelt. Der Strömungs- und/oder Drucksensor kann dabei als Volumenstromsensor beispielsweise als Turbinenradradzähler und/oder als Balgenzähler und/oder als Differenzdrucksensor realisiert sein. Der Strömungs- und/oder Drucksensor kann auch als Massensstromsensor, beispielsweise als thermischer Massensstromsensor, ausgeführt sein.

**[0056]** FIG 1 zeigt ebenfalls eine Verbrennungsvorrichtung 1 mit einem ersten Sensor 19. Der Sensor 19 ist vorzugsweise im Feuerraum 2 angeordnet. Der erste Sensor 19 umfasst vorteilhaft einen ersten Temperatursensor 19. Idealerweise ist der erste Sensor 19 ein erster Temperatursensor 19.

**[0057]** Eine Signalleitung 21 verbindet den Temperatursensor 19 mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13. In einer speziellen Ausführungsform umfasst die Signalleitung 21 einen Lichtwellenleiter. Lichtwellenleiter verschaffen Vorteile im Hinblick auf galvanische Trennung und Schutz vor Explosionen.

**[0058]** FIG 1 zeigt ebenfalls eine Verbrennungsvorrichtung 1 mit einem zweiten Sensor 20. Der Sensor 20 ist vorzugsweise im Feuerraum 2 angeordnet. Der zweite Sensor 20 umfasst vorteilhaft einen zweiten Temperatursensor 20. Idealerweise ist der zweite Sensor 20 ein zweiter Temperatursensor 20.

**[0059]** Eine Signalleitung 22 verbindet den Temperatursensor 20 mit der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13. In einer speziellen Ausführungsform umfasst die Signalleitung 22 einen Lichtwellenleiter. Lichtwellenleiter verschaffen Vorteile im Hinblick auf galvanische Trennung und Schutz vor Explosionen.

**[0060]** FIG 2 zeigt den Signalverlauf 24 der Brennleistung 23 über dem Sensorsignal des ersten Sensors 19 für ein festes Brenngas bei einem vorgegebenen, konstanten Mischungsverhältnis. In FIG 2 ist der Sensor 19 so angeordnet, dass dem Sensorsignal eindeutig die Brennleistung 23 zugeordnet werden kann. Einen solchen Signalverlauf 24 erhält man beispielsweise, wenn ein Temperatursensor 19 nahe am Brenner 3 angebracht ist. Die Kennlinie 24 unterscheidet sich von der in EP1902254B1 genannten Kennlinie dadurch, dass die Kennlinie 24 entlang der Ordinate die Brennleistung 23 und nicht das Temperatursignal hat. Mithin kann also über die in FIG 2 dargestellten Kennlinie 24 aus dem Signal die Brennleistung 23 ermittelt werden. Hierfür ist die Luftzahl  $\lambda$  für jede Brennleistung 23 eingestellt. Die Kennlinie 24 ist in einer bevorzugten Ausführung in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 hinterlegt. Die Zuordnung erfolgt auch dort. Alternativ kann die Kennlinie 24 in einer elektronischen Schaltung am ersten Temperatursensor 19 oder in einer beliebigen anderen Einheit hinterlegt sein. Dort erfolgt auch die Auswertung.

**[0061]** Mit der Kennlinie 24 kann die Brennleistung 23 direkt ermittelt werden, so dass ein Luftzufuhrsensor 12 nicht benötigt wird. Ist die Brenngasdosierung der Luftzufuhr 5 direkt zugeordnet, so sind Brennleistung 23 und Luftzufuhr 5 ebenfalls direkt einander zugeordnet. Damit

kann die Luftzufuhr 5 über die genannte Zuordnung zwischen Brennleistung 23 und Luftzufuhr 5 und über das Stellsignal gemäss Leitung 14 eingestellt werden. Als Alternative kann die Luftzufuhr 5 auf diese Weise über einen geschlossenen Regelkreis eingeregelt werden. In einer bevorzugten Ausführung ist das Luftzufuhrsignal vorhanden, die Zuordnung zwischen Luftzufuhr 5 und dem Signal unterliegt aber äusseren Einflüssen. Dies können Änderungen beispielsweise der Lufttemperatur und/oder des Umgebungsdruckes und/oder des Zuluft-/Abgasweges sein. Typischerweise ist ein Signal, bei dem solche Änderungen nicht kompensiert werden, das Gebläsedrehzahlsignal des Gebläses 4 oder die Positionsrückmeldung einer Luftklappe. Die Zuordnung zwischen Luftzufuhr 5 und dem Sensorsignal an Leitung 12 gegenüber Referenzbedingungen kann im Betrieb regelmässig nachkalibriert werden. Die Nachkalibrierung erfolgt mit Hilfe des Sensorsignales und der über die Kennlinie 24 ermittelten Brennleistung 23 sowie mit Hilfe der Zuordnung zwischen Brennleistung 23 und der Luftzufuhr 5. Dieser Vorgang hat den Vorteil, dass mit dem Sensorsignal an Leitung 12 die Luftzufuhr 5 und damit die Brennleistung 23 schnell verändert werden können. Demgegenüber erfolgt die Korrektur über die Kennlinie 24 viel langsamer. Ebenso kann die Kennlinie eines Gaszufuhrsensors korrigiert werden, etwa die Brennstoffzufuhr anhand der Position einer Gasklappenstellung. Dabei werden das Luftstellsignal an Leitung 14 und damit die Luftzufuhr 5 direkt der Brennstoffdosierung zugeordnet.

**[0062]** Der Verlauf der Kennlinie 24 hängt stark von der Position des Sensors im Feuerraum 2 ab. Eine Sensorposition nahe oder direkt am Brenner 3 hat den Nachteil, dass die Dynamik des Sensorsignales durch die Wärmekapazität des Brenners 3 beeinträchtigt wird. Damit wird die Regelung träge. Ausserdem möchte man den ersten Sensor 19 auch gleichzeitig zur Flammenüberwachung nutzen. Damit die Flamme überwacht werden kann, muss der Sensor 19 in einer Position im Flammenbereich oder nahe ihm angeordnet sein. Zur Flammenüberwachung sollte Sensor 19 auch ausreichend schnell reagieren, also eine ausreichend kleine Zeitkonstante haben. FIG 3 zeigt den Verlauf einer Kennlinie 24 der Brennleistung 23 in Abhängigkeit vom Sensorsignal aus Leitung 21, wenn der Sensor 19 im Feuerraum 2 in oder nahe der Flamme angeordnet ist.

**[0063]** Wie man in FIG 3 sieht, kann dem Sensorsignal aus Leitung 21 nicht mehr eindeutig über die Kennlinie 24 die Brennleistung 23 zugeordnet werden. Daher wird im Feuerraum 2 ein zweiter Sensor 20 angebracht, der über eine von Kennlinie 24 abweichende Kennlinie 25 das Sensorsignal aus Leitung 22 der Brennleistung 23 zuordnet. Damit über die beiden Kennlinien 24 und 25 eine eindeutige Zuordnung der beiden Sensorwerte zur Brennleistung 23 als Funktion zweier Variablen möglich ist, darf für alle Werte der Brennleistung 23 im Wertebereich der möglichen Brennleistungen 23 das Punktepaar mit den Signalen an den Leitungen 21 und 22, das über

die Kennlinien 24 und 25 dem jeweiligen Wert der Brennleistung 23 zugeordnet wird, nur einmal vorkommen.

**[0064]** In der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 können beispielsweise die beiden Kennlinien 24 und 25 als Polynom hinterlegt sein. Die Zuordnung erfolgt dann mittels einer Vorschrift, mit der die verschiedenen Brenngasleistungen für die aktuell aufgezeichneten Signale 21 und 22 mittels der Kennlinien 24 und 25 berechnet werden. In einer bevorzugten Ausführung sind die Kennlinien 24 als Folge von Wertepaaren (21/23) und (22/23) hinterlegt. Die Signale aus den Leitungen 21 und 22 können zwischen den entsprechenden, hinterlegten Wertepaaren (21/23) und (22/23) liegen. Es werden dann zu den Signalen aus den Leitungen 21 und 22 entsprechende, benachbarte Wertepaare (21/23) und (22/23) ermittelt. Zur Ermittlung der Brennleistung 23 wird linear interpoliert.

**[0065]** Daraufhin werden die Abweichungen der Brennleistungen 23 für die Signale aus den Leitungen 21 und 22 ermittelt. Dazu wird der Betrag der Differenz zwischen allen berechneten Brennleistungen 23 aus Kennlinie 24 und allen berechneten Werten aus Kennlinie gebildet. Von den beiden Brennleistungen 23 mit der geringsten Differenz wird beispielsweise der Mittelwert oder einer der beiden berechneten Werte als zugeordneter Wert genommen. Existieren für die Signale aus den Leitungen 21, 22 in den Kennlinien 24, 25 nur genau eine Brennleistung 23 für zumindest einen der beiden Kennlinien 24, 25, so wird dieser als Ergebnis genommen.

**[0066]** FIG 4 zeigt, dass die beiden Kennlinien sich auch schneiden können. Solange die oben genannte Bedingung für die eindeutige Zuordnung erfüllt ist, können auch mit solchen Kennlinien die Brennleistung 23 und damit die Luftzufuhr 5 bestimmt werden.

**[0067]** Ist die Bedingung für die eindeutige Zuordnung nicht immer erfüllt, so kann mit Hilfe eines weiteren Signales die Zuordnung eindeutig gemacht werden. Dieses weitere Signal kann von einem weiteren Sensor im Feuerraum 2 stammen, der bei den jeweiligen Signalen mit nicht eindeutiger Zuordnung diese Zuordnung klarstellt. Mit diesem weiteren Sensor im Feuerraum 2 wird eine weitere Kennlinie hinterlegt mit der wie oben beschrieben die Brennleistung 23 eindeutig bestimmt werden kann.

**[0068]** Besonders bevorzugt als dritter Sensor ist ein Luftzufuhrsensor 12 und/oder ein Brennstoffzufuhrsensor. Wird als Luftzufuhrsensor 12 die Gebläsedrehzahl oder die Position einer Luftklappe verwendet, so kann das rückgemeldete Signal an Leitung 15 trotz seiner oben beschriebenen Ungenauigkeiten zur Klarstellung der eindeutigen Zuordnung verwendet werden. Eine solche Klärung kann insbesondere dann erfolgen, wenn die Brenngaswerte mit gleichem oder ähnlichem Wertepaar weit auseinander liegen. Vorteilhaft liegen die Brenngaswerte mit gleichem oder ähnlichem Messwertepaar an den Leitungen 21, 22 dabei nicht im Fehlerbereich der genannten äusseren Einflüsse.

**[0069]** Mit dem vorgestellten Verfahren und der vorgestellten Anordnung kann aber nicht nur aus den Signalen

an den Leitungen 21, 22 der Sensoren 19, 20 im Feuerraum 2 die Brennleistung 23 und daraus die Luftzufuhr 5 ermittelt. Ebenso kann mit dem vorgestellten Verfahren und der vorgestellten Anordnung nicht nur die Brennstoffzufuhr 6 für eine fest vorgegebene Mischung eines Brenngases ermittelt werden. Mit den vorgestellten Mitteln kann auch der Brennstoff, insbesondere das Brenngas, im richtigen Verhältnis zu Luftzufuhr 5 dosiert werden. Voraussetzung dafür ist, dass Luftzufuhr 5 und Brennstoffzufuhr 6 frei über die jeweiligen Aktoren 4, 9 für Luft und für Brennstoff einstellbar sind. FIG 5 zeigt das Verhalten der Signale den Leitungen 21 und 22 über der Brennleistung 23. FIG 5 betrifft den Fall, dass im Verhältnis zur eingestellten Luftzahl  $\lambda$  das Gemisch zu mager wird, also zu wenig Brenngas gegenüber dem Sollwert vorhanden ist. Die Kennlinien 24 und 25 entsprechen den Sensorsignalen an den Leitungen 21 und 22 für verschiedene Brennleistungen 23, wenn das Gemisch so eingestellt ist, dass die Sollluftzahl  $\lambda_{\text{Soll}}$  erreicht wird. Wird das Gemisch magerer, so ergeben sich die Kennlinie 26 für Sensor 19 und Kennlinie 27 für Sensor 20. Normalerweise verschiebt sich durch die Abmagerung die Kennlinie 24 zur Kennlinie 25 um einen anderen Betrag als Kennlinie 26 zur Kennlinie 27.

**[0070]** Grundsätzlich können zur angestrebten Korrektur der Luftzahl  $\lambda$  anstatt der Kennlinien 24 und 25 zwei Kennflächen als Funktion der Brennleistung 23 über den jeweiligen Temperaturwerten aus den Leitungen 21 und 22 und jeweils der Luftzahl  $\lambda$  hinterlegt sein. Man kann dann die Brennleistung 23 und die Luftzahl  $\lambda$  eindeutig bestimmen. Voraussetzung dafür ist, dass für jeden Punkt der Brennleistung 23 und der Luftzahl  $\lambda$  über alle sich ergebende Punktepaare das Paar an Signalwerten aus den Leitungen 21, 22 in beiden Flächen nur einmal vorkommt. Ist das Punktepaar bestimmt, so können direkt die aktuelle Brennleistung 23 und die aktuelle Luftzahl  $\lambda$  dem Punktepaar zugeordnet werden. Die beiden Aktoren 4 und 9 können daraufhin auf den Sollwert korrigiert werden.

**[0071]** Die für die Korrektur genannte Bedingung der eindeutigen Bestimmbarkeit ist für die beiden Flächen nicht immer einzuhalten. Daher ist häufig ein drittes Signal notwendig, um Brennleistung 23 und die Luftzahl  $\lambda$  eindeutig zu bestimmen. Dieses dritte Signal kann von einem weiteren Sensor im Feuerraum stammen. Bevorzugt handelt es sich aber um das Luftzufuhrsignal aus Leitung 14 oder 15. Beispielsweise kann das dritte Signal aus der Gebläsedrehzahlrückmeldung eines Gebläsedrehzahlsensors 12 im Gebläse oder der Position einer Luftklappe stammen. Ebenso kann das dritte Signal aus der Stellung eines Brennstoffaktors, insbesondere aus einer Position einer Gasklappe 9, stammen. Eine Positionierung der Sensoren im Feuerraum zur Erfüllung der Anforderungen für eine eindeutige Zuordnung der Signale zu Brennleistung 23 und/oder Luftzahl  $\lambda$  im Wertebereich ist mit Hilfe des zusätzlichen, dritten Sensorwertes deutlich einfacher zu bewerkstelligen.

**[0072]** Entsprechend erfolgt die Korrektur von Brenn-

leistung 23 und/oder Luftzahl  $\lambda$ , wenn das Gemisch gegenüber der Sollluftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$  fetter ist. Dann befindet sich die entsprechende Kennlinie für fetteres Gemisch auf der anderen Seite der jeweiligen Kennlinie 24 oder 25.

**[0073]** Das Hinterlegen zweier Flächen in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 ist aufwändig. Daher sind in einem bevorzugten Vorgehen nur zwei Funktionen 24, 25 der Brennleistung 23 in Abhängigkeit beider Sensorsignale 21, 22 der Sensoren 19, 20 hinterlegt. Die Kennlinien 24, 25 können jeweils als Polynom in Abhängigkeit von mehreren Messsignalen hinterlegt sein. Die Kennlinien 24, 25 können auch als Folge von Punkten in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 hinterlegt. Zwischen den Punkten wird vorzugsweise linear interpoliert. Eventuell kommen Signale von weiteren Sensoren am Feuerraum 2 und/oder in der Luftzufuhr 5 und/oder in der Brennstoffzufuhr 6 wie etwa ein Gebläsedrehzahlsensor 12 hinzu.

**[0074]** In einer ersten Variante erfolgt die Regelung, indem die Luftzufuhr 5 über den Luftfaktor 4 konstant oder nahezu konstant gehalten wird. Die Brennstoffzufuhr 6 wird durch den Brennstofffaktor 9 verändert, bis eine Differenz der ermittelten Werte der Brennleistungen 23 aus beiden Kennlinien 24, 25 innerhalb eines definierten Schwellwertes liegt.

**[0075]** In einer zweiten Variante wird die Brennstoffzufuhr 6 über den Brennstofffaktor 9 konstant oder nahezu konstant gehalten. Die Luftzufuhr 5 wird über den Luftfaktor 4 verändert, bis eine Differenz der ermittelten Werte der Brennleistungen 23 aus beiden Kennlinien 24, 25 innerhalb eines definierten Schwellwertes liegt.

**[0076]** Die Stellrichtung wird über den Differenzbetrag der beiden ermittelten Brennleistungen 23 ermittelt, beispielsweise indem detektiert wird, dass sich der Differenzbetrag verkleinert. Kommen weitere Sensormesswerte hinzu, wird beispielsweise die Summe der quadrierten errechneten Differenzwerte mit dem vorgegebenen Schwellwert verglichen. Mit diesem Vorgehen ist sichergestellt, dass die Ist-Luftzahl  $\lambda_{\text{ist}}$  auf der gemäss den Kennlinien 24, 25 vorgegebenen Sollluftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$  liegt. Im nächsten Schritt wird die Brennleistung  $P_{\text{ist}}$  bestimmt, indem beispielsweise der arithmetische Mittelwert aus beiden mit Hilfe der Kennlinien 24 und 25 bestimmten Brennleistungen 23 errechnet wird. Danach werden der Luftfaktor 4 und mindestens ein Brennstofffaktor 7-9 gemeinsam verstellt, bis die vorgegebene Brennleistung  $P_{\text{soll}}$  erreicht ist. Die Luftzahl  $\lambda$  kann bedingt durch die Brennleistungsverstellung etwas abweichen. In diesem Fall kann die Luftzahl  $\lambda$ , wie beschrieben, über ein Verstellen mindestens eines Brennstofffaktors 7 - 9 oder des Luftfaktors 4 bei der Soll-Brennleistung  $P_{\text{soll}}$  nachgeregelt werden.

**[0077]** In einer dritten Variante werden Brennleistung 23 und Luftzahl  $\lambda$  direkt ausgeregelt, indem beide Aktoren 4, 7 - 9 verstellt werden. Das Erreichen des jeweiligen Schwellwertes für die Differenz der Brennleistungen 23 ist wie in der ersten und zweiten Variante als Kriterium in der Mehrkreisregelung hinterlegt.

**[0078]** Nahezu konstant bedeutet in den oben genannten Varianten, dass der erste Aktor langsamer als der zweite Aktor verstellt wird. Mithin können die Sollwerte für Luftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$  und Brennleistung  $P_{\text{soll}}$  immer erreicht werden. In der zweiten Variante wird mindestens ein Brennstofffaktor 7 - 9 langsamer verstellt als der Luftfaktor 4. In der ersten Variante wird Luftfaktor 4 langsamer verstellt als der mindestens eine Brennstofffaktor 7 - 9. Bevorzugt wird ein Ablauf gewählt, bei dem die vorgegebene, unterschiedliche Geschwindigkeit der Aktoren 4 und 7 - 9 ausgenutzt wird. Der mindestens eine Brennstofffaktor 7 - 9 mit einem Schrittmotorantrieb ist schneller als der Luftfaktor 4 mit einem motorisch verstellbaren Lüfterrad und entsprechendem Trägheitsmoment. Häufig wird daher Variante eins gewählt.

**[0079]** Mit der vorgestellten Vorgehensweise ist sichergestellt, dass während einer Brennleistungsänderung zunächst die Luftzahl  $\lambda$  und erst dann die Brennleistung 23 korrigiert wird. So wird auch während der Brennleistungsänderung die Verbrennungsvorrichtung 1 immer mit der korrekten Luftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$  betrieben. Aus diesem Grund entsprechen die Kennlinien 24, 25 auch Kennlinien der Brennleistung 23 für die jeweiligen Sensoren 19, 20 bei einer vorgegebenen Luftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$ . Die Sollluftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$  hat über der Brennleistung 23 einen über den Kennlinien 24, 25 definierten, in weitem Bereich beliebigen, Verlauf. So kann die Sollluftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$  mit der Brennleistung 23 beispielsweise einen aufsteigenden oder absteigenden Verlauf haben. In einer speziellen Ausführung ist der Verlauf der Sollluftzahl  $\lambda_{\text{soll}}$  über der Brennleistung 23 konstant.

**[0080]** In FIG 6 ist die Kennlinie 24 des ersten Sensors 19 beim Luftzahlsollwert  $\lambda_{\text{soll}}$  und beim abgemagerten Luftzahlwert 26 dargestellt. Weiterhin ist die Kennlinie 25 des zweiten Sensors 20 beim Luftzahlsollwert  $\lambda_{\text{soll}}$  und beim abgemagerten Luftzahlwert 27 dargestellt. Insbesondere mit einem dritten Sensorsignal kann bei einem solchen Verlauf sicher eine eindeutige Zuordnung der Sensorsignale an den Leitungen 21 und 22 zur Luftzahl  $\lambda$  erreicht werden. Ebenso kann eine eindeutige Zuordnung zur Brennleistung 23 erreicht werden. Das dritte Sensorsignal kann beispielsweise eine Gebläsedrehzahlrückmeldung des Gebläses 4 durch die Leitung 15 sein.

**[0081]** Während einer Verstellung der Brennleistung 23 aufgrund einer geänderten Brennleistungsanforderung kann der Luftfaktor 4 auf einer vorgegebenen Kennlinie eines Luftzufuhrsensors 12 verfahren. Die vorgegebene Kennlinie kann beispielsweise auf einer Rückmeldung einer Gebläsedrehzahl beruhen oder aber eine Kennlinie einer Positionsrückmeldung einer Luftklappe sein. In FIG 7 ist eine solche, in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 hinterlegte Kennlinie 28 über der Gebläsedrehzahlrückmeldung 15 eines Gebläsedrehzahlsensors 12 als Referenzkennlinie dargestellt. Die Kennlinie 28 bezieht sich auf eine bestimmte und/oder wohldefinierte Umgebungsbedingung.

**[0082]** Für ein Stellsignal entlang Leitung 14 des Ge-

bläsemotors oder eine Luftklappenstellung wie für auch ein rückgemeldetes Positionssignal entlang Leitung 15 gilt ein ähnliches Signal für eine Referenzbedingung. Dabei wurde das Signal über eine in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 hinterlegte Kennlinie vom Ansteuersignal oder einem rückgemeldeten Positionssignal zur Luftzufuhr 5 vorab linearisiert.

**[0083]** Wurde nach der Korrektur der Luftzahl  $\lambda$  die aktuelle Brennleistung 23 bestimmt, kann die Kennlinie 28 an die aktuellen Umgebungsbedingungen angepasst werden. Solche Umgebungsbedingungen sind beispielsweise Lufttemperatur und/oder Luftdruck und/oder Änderung des Zuluft-/Abgasweges. Für die aktuell gemessene Gebläsedrehzahl oder Referenzansteuerung ist die Luftzufuhr 5 als direkte Funktion der Brennleistung 23 bekannt. Dabei bedeutet eine direkte Funktion, dass die Luftzufuhr 5 von keinen andere Argumenten der Funktion als von der Brennleistung 23 abhängt. Die aus Kennlinie 28 ermittelte Zufuhr ist ebenfalls bekannt. Der Korrekturfaktor kann somit für die aktuelle Luftzufuhr 5 als Verhältnis zwischen beiden Signalen ermittelt werden. Da die Kennlinien der Referenz-Luftzufuhr-Signale oder der Gebläsedrehzahlrückmeldung über der Luftzufuhr 5 durch den Nullpunkt gehen, kann Kennlinie 28 zur Kennlinie 29 korrigiert werden. Dabei wird jeder Kennlinienwert mit dem ermittelten Korrekturfaktor multipliziert wird. Mit Hilfe dieses Verfahrens können schnell die Brennleistung 23 und die Luftzufuhr 5 über die korrigierte Kennlinie 29 verstellt werden. Währenddessen kann die Korrektur der Luftzufuhr 5 über die Kennlinien 24, 25 langsam erfolgen. So werden beide Vorgänge voneinander entkoppelt. Über ein Mittelwertfilter können Fluktuationen der Messwerte der Brennleistung 23 auch herausgemittelt werden und so die Brennleistung 23 stabil bestimmt werden. Die Brennleistung 23 kann so auch korrigiert werden. Die Geschwindigkeit einer Brennleistungsänderung wird dabei nicht beeinträchtigt.

**[0084]** Die Kennlinie, auf welcher der Brennstofffaktor 9 verfährt, ist in FIG 8 dargestellt. Zwei Referenzkennlinien 30, 31, die für unterschiedliche Drücke und/oder unterschiedliche Brenngaszusammensetzungen ermittelt wurden, sind in der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 13 hinterlegt. Die Kennlinien 30, 31 beschreiben das Gasdosierungssignal über der Luftzufuhr 5, repräsentiert durch den korrigierten Signalwert der Luftzufuhr 5 oder der Brennleistung 23. Das Gasdosierungssignal repräsentiert dabei die Brennstoffzufuhr und/oder Gaszufuhr. Die beiden Kennlinien 30, 31 wurden unter Referenzbedingungen, das heisst für bestimmte Eingangsdrücke und/oder Brenngaszusammensetzungen ermittelt. Die Kennlinie 30 wurde mit einem hochkalorischen Brennstoff oder Brenngas und/oder mit einem hohen Eingangsdruck ermittelt. Die Kennlinie 31 wurde mit einem niederkalorischen Brennstoff oder Brenngas und/oder mit einem tiefen Eingangsdruck ermittelt. Im Betrieb wird bestimmt, wie das aktuelle Verhältnis zwischen Brenngas und Luft ist, indem wie oben beschrieben, die Signale aus den Sensoren 19, 20 im Feuerraum 2 verschoben

werden. Die Signale werden auf ein eindeutiges Wertepaar auf beiden Kennlinien 24 und 25 verschoben, indem der Brennstofffaktor 9 bis zu diesem Ziel verändert wird.

**[0085]** Mit der aktuellen, korrigierten Brennstoffzufuhr 6 bei der zugeordneten Luftzufuhr 5 kann über den gewichteten Mittelwert ein Verhältnis ermittelt werden. In diesem Verhältnis befindet sich das Brennstoffdosiersignal und/oder das Gasdosiersignal. Das Verhältnis repräsentiert die aktuellen Brennstoffparameter und/oder Gasparameter, wie Brenngaszusammensetzung und/oder Eingangsdruck und/oder Brenngastemperatur. Weil für alle Brennleistungssignale bei gleichen Brennstoffparametern und/oder Gasparametern das gleiche Verhältnis gilt, kann die Kennlinie 32 berechnet werden. Auf der Kennlinie 32 kann entsprechend den aktuellen Brennstoffparametern und/oder Gasparametern der Brennstofffaktor 9 seine Brennleistung 23 schnell verändern. Insbesondere kann anhand der Kennlinie 32 entsprechend den aktuellen Brennstoffparametern und/oder Gasparametern der Brennstofffaktor 9 seine Stellung schnell verändern.

**[0086]** Wenn sich zumindest ein Brennstoffparameter und/oder Gasparameter ändert, wird dies anhand der Korrektur des Gewichtungsverhältnisses über die Anpassung der Sensorsignale an den Leitungen 21 und 22 an die Kennlinien 24, 25 wie oben beschrieben erreicht. Die neue Kennlinie kann mit dem neuen Gewichtungparameter berechnet werden. Das Verfahren zur Berechnung der korrigierten Kennlinie 32 zur Ansteuerung des Brennstofffaktors 9 bei unterschiedlichen Brennstoffparametern und/oder Gasparametern entspricht dem Verfahren wie in EP1154202B2 beschrieben. Mit dem beschriebenen Verfahren kann auch eine Änderung der Brennstoffzusammensetzung oder des Gaseingangsdruckes korrigiert werden, weil diese Parameter sich auf die Luftzahl  $\lambda$  auswirken. Die Luftzahl  $\lambda$  wird mittels Anpassung an die Kennlinien 24, 25 wie oben beschrieben ausgeregelt.

**[0087]** Ein weiterer Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass mit den beiden Sensoren 19, 20 die Flamme überwacht werden kann, um beispielsweise einen Flammenabriss zu detektieren. Hierzu werden die beiden von den Sensoren 19, 20 erzeugten Signale 21, 22 neben der Regelung auf die Luftzahl  $\lambda$  und der Brennleistung 23 auch zur Detektion des Vorhandenseins einer Flamme verwendet.

**[0088]** So kann zumindest ein Signal 21 oder 22 auf das Unterschreiten eines Schwellwerts ausgewertet werden. Die Schwellwerte können für Sensorsignal 21 anders als für Sensorsignal 22 gewählt werden. Wird der jeweilige Schwellwert unterschritten, so ist beispielsweise die Temperatur so gering, dass keine Flamme mehr brennen kann. Es wird ein Signal erzeugt, mit dem die Sicherheitsabsperrventile 8,9 über die Leitungen 16, 17 geschlossen werden, damit kein zündbarer Brennstoff unverbrannt austreten kann. In einer weiteren Variante wird die Differenz beider Signale 21 und 22 gebildet, wobei darauf geachtet werden muss, dass beide Signale

während des Betriebs nicht den gleichen Temperaturwert haben. Erlischt nun die Flamme, so gleichen sich beide Temperaturen schnell an. Sinkt also die Differenz beider Signale unter einen vorgegebenen Schwellwert, so wird dies als Flammenverlust detektiert. Es wird sichergestellt, dass die Sicherheitsabsperrentile 8, 9 geschlossen werden.

**[0089]** Das Genannte bezieht sich auf einzelne Ausführungsformen der Offenbarung.

**[0090]** Es können verschiedenste Änderungen vorgenommen werden, ohne den Schutzbereich der folgenden Ansprüche zu verlassen.

Bezugszeichen

**[0091]**

- 1: Verbrennungsvorrichtung
- 2: Feuerraum
- 3: Brenner
- 4: Gebläse
- 5: Luftzufuhr
- 6: Brennstoffzufuhr
- 7: Sicherheitsabsperrentil
- 8: Sicherheitsabsperrentil
- 9: Brennstoffdosierventil, insbesondere Brenngasdosierventil
- 10: Abgaskanal
- 11: Luftzufuhrsignal
- 12: Luftzufuhrsensor, beispielsweise Gebläsedrehzahlsensor
- 13: Regel- und/oder Steuereinrichtung
- 14: Leitung für das Gebläseansteuersignal
- 15: Leitung für die Rückmeldung der Luftzufuhr, beispielsweise Gebläsedrehzahlrückmeldung
- 16: Leitung für das Ansteuersignal für ein Sicherheitsabsperrentil
- 17: Leitung für das Ansteuersignal für ein Sicherheitsabsperrentil
- 18: Leitung für das Ansteuersignal für ein Brennstoffdosierventil
- 19: erster Sensor im Feuerraum
- 20: erster Sensor im Feuerraum
- 21: Leitung für das Messsignal vom ersten Sensor im Feuerraum und Signal aus dieser Leitung
- 22: Leitung für das Messsignal vom zweiten Sensor im Feuerraum und Signal aus dieser Leitung
- 23: Brennleistung
- 24: Kennlinie der Brennleistung über dem gemessenen Messsignal des ersten Sensors im Feuerraum
- 25: Kennlinie der Brennleistung über dem gemessenen Messsignal des zweiten Sensors im Feuerraum
- 26: Kennlinie der Brennleistung über dem gemessenen Messsignal des ersten Sensors im Feuerraum bei abgemagertem Gemisch
- 27: Kennlinie der Brennleistung über dem gemessenen Messsignal des zweiten Sensors im Feuerraum bei abgemagertem Gemisch

28: Kennlinie des Luftsignalsignales vor Änderung des Abgasweges zur Modulation

29: Kennlinie des Luftsignalsignales nach Änderung des Abgasweges zur Modulation

30: Stellkennlinie Brennstoffzufuhr über Brennstoffansteuerung für einen hochkalorischen Brennstoff, insbesondere ein hochkalorisches Brenngas, und/oder einen hohen Eingangsdruck

31: Stellkennlinie Brennstoffzufuhr über Brennstoffansteuerung für einen niederkalorischen Brennstoff, insbesondere ein niederkalorisches Brenngas, und/oder einen tiefen Eingangsdruck

32: von der Verbrennungsvorrichtung ermittelte Kennlinie passend zu den aktuellen Brennstoffparametern und/oder Brenngasparametern zur Modulation

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Verbrennungsvorrichtung (1), die Verbrennungsvorrichtung (1) umfassend einen Feuerraum (2) und einen ersten Temperatursensor (19) im Feuerraum (2) und einen zweiten Temperatursensor (20) im Feuerraum (2), wobei der erste Temperatursensor (19) verschieden ist vom zweiten Temperatursensor (20), mindestens einen Brennstofffaktor (7 - 9) zum Erzeugen einer Brennstoffzufuhr (6) und einen Luftfaktor (4) zum Erzeugen einer Luftzufuhr (5), das Verfahren umfassend die Schritte:

Verstellen des mindestens einen Brennstofffaktors (7 - 9) und/oder des Luftfaktors (4);

Aufzeichnen eines ersten Signales vom ersten Temperatursensor (19);

Ermitteln mindestens einer ersten Brennleistung (23) in Abhängigkeit vom ersten Signal unter Verwendung einer ersten Kennlinie (24), welche für den ersten Temperatursensor (19) einen ersten Verlauf einer Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) über dem ersten Signal vom ersten Temperatursensor (19) angibt; Aufzeichnen eines zweiten Signales vom zweiten Temperatursensor (20);

Ermitteln mindestens einer zweiten Brennleistung (23) in Abhängigkeit vom zweiten Signal unter Verwendung einer zweiten Kennlinie (25), welche für den zweiten Temperatursensor (20) einen zweiten Verlauf der Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) über dem zweiten Signal vom zweiten Temperatursensor (20) angibt;

Bestimmen eines Vergleichswertes aus der mindestens einen ersten ermittelten Brennleistung (23) und aus der mindestens einen zweiten ermittelten Brennleistung (23); und Wiederholen der vorgenannten Schritte, bis der

- bestimmte Vergleichswert kleiner ist als ein vorgegebener Schwellwert.
2. Das Verfahren gemäss Anspruch 1, die Verbrennungsvorrichtung (1) zusätzlich umfassend einen weiteren Temperatursensor im Feuerraum (2), wobei der weitere Temperatursensor verschieden ist vom ersten Temperatursensor (19) und verschieden ist vom zweiten Temperatursensor (20), das Verfahren umfassend die Schritte:
- Aufzeichnen eines weiteren Signales vom weiteren Temperatursensor im Feuerraum (2) zusätzlich zur Aufzeichnung der Signale vom ersten und vom zweiten Temperatursensor (19, 20);
- Ermitteln mindestens einer weiteren Brennleistung (23) in Abhängigkeit vom weiteren Signal unter Verwendung einer weiteren Kennlinie, welche für den weiteren Temperatursensor einen weiteren Verlauf der Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) über dem weiteren Signal vom weiteren Temperatursensor angibt;
- Bestimmen des Vergleichswertes aus der mindestens einen ersten ermittelten Brennleistung (23) und aus der mindestens einen zweiten ermittelten Brennleistung (23) und aus der mindestens einen weiteren ermittelten Brennleistung (23); und
- Wiederholen der vorgenannten Schritte, bis der bestimmte Vergleichswert kleiner ist als der vorgegebener Schwellwert.
3. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 2, das Verfahren umfassend die Schritte:
- Bestimmen einer Differenz zwischen der mindestens einen ersten und der mindestens einen zweiten Brennleistung (23); und
- Bestimmen des Vergleichswertes als Betrag der Differenz zwischen der mindestens einen ersten und der mindestens einen zweiten Brennleistung (23).
4. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 3, das Verfahren umfassend die Schritte:
- Bilden von Paaren aus allen ermittelten Brennleistungen (23);
- Bestimmen von Differenzen zu allen gebildeten Paaren zwischen den jeweils ermittelten Brennleistungen (23);
- Quadrieren aller bestimmten Differenzen; und
- Bestimmen des Vergleichswertes als Summe aller quadrierten Differenzen.
5. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis
- 4, die Verbrennungsvorrichtung (1) umfassend mindestens einen Aktor ausgewählt aus dem mindestens einen Brennstofffaktor (7 - 9) und aus dem Luftfaktor (4), das Verfahren umfassend die Schritte:
- Bestimmen eines ersten Vergleichswertes aus der mindestens einen ersten Brennleistung (23) und der mindestens einen zweiten Brennleistung (23);
- Erzeugen eines korrigierenden Aktorsignales aus dem ersten Vergleichswert;
- Senden des aus dem ersten Vergleichswert erzeugten, korrigierenden Aktorsignales an den mindestens einen Aktor zur Annäherung der ermittelten Brennleistungen (23);
- nach dem Senden des korrigierenden Aktorsignales:
- Aufzeichnen eines dritten Signales vom ersten Temperatursensor (19);
- Aufzeichnen eines vierten Signales vom zweiten Temperatursensor (20);
- Ermitteln mindestens einer dritten Brennleistung (23) in Abhängigkeit vom dritten Signal unter Verwendung der ersten Kennlinie (24);
- Ermitteln mindestens einer vierten Brennleistung (23) in Abhängigkeit vom vierten Signal unter Verwendung der zweiten Kennlinie (25); und
- Bestimmen eines zweiten Vergleichswertes aus der mindestens einen dritten Brennleistung (23) und der mindestens einen vierten Brennleistung (23), wobei der zweite Vergleichswert infolge der Annäherung der ermittelten Brennleistungen (23) kleiner ist als der erste Vergleichswert.
6. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 5, das Verfahren umfassend den Schritt:
- Bestimmen einer aktuellen Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) als Mittelwert der mindestens einen ersten Brennleistung (23) und der mindestens einen zweiten Brennleistung (23).
7. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 5, das Verfahren umfassend den Schritt:
- Bestimmen einer aktuellen Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) als ein erster Leistungswert selektiv ausgewählt aus
- o der mindestens einen ersten Brennleistung (23),
- o der mindestens einen zweiten Brennleistung (23).

8. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 6 bis 7, die Verbrennungsvorrichtung (1) umfassend mindestens einen Aktor ausgewählt aus dem mindestens einen Brennstofffaktor (7 - 9) und aus dem Luftfaktor (4), das Verfahren umfassend die Schritte:
- 5
- Berechnen einer Differenz zwischen der aktuellen Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) und einer Sollleistung der Verbrennungsvorrichtung (1);
- 10
- Erzeugen eines Aktorsignales aus der berechneten Differenz; und
- Senden des Aktorsignales an den mindestens einen Aktor.
9. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 7 bis 8, die Verbrennungsvorrichtung (1) umfassend einen zusätzlichen Luftzufuhrsensor (12), wobei für den zusätzlichen Luftzufuhrsensor (12) eine Funktion hinterlegt ist, welche eine Luftzufuhr (5) auf eine angeforderte Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) abbildet, das Verfahren umfassend den Schritt:
- 20
- Korrigieren der hinterlegten Funktion anhand der aktuellen Brennleistung (23).
- 25
10. Das Verfahren gemäss Anspruch 9, wobei die hinterlegte Funktion mindestens einen hinterlegten Wert umfasst, das Verfahren umfassend die Schritte:
- 30
- Aufzeichnen eines Signales vom zusätzlichen Luftzufuhrsensor (12);
- Verarbeiten des vom zusätzlichen Luftzufuhrsensor (12) aufgezeichneten Signales zu einem Messwert der Luftzufuhr (5);
- 35
- Berechnen eines Funktionswertes in Abhängigkeit vom Messwert der Luftzufuhr (5) anhand der hinterlegten Funktion;
- Bestimmen eines multiplikativen Faktors aus dem Quotienten der aktuellen Brennleistung (23) und des berechneten Funktionswertes; und
- 40
- Korrigieren der hinterlegten Funktion durch den multiplikativen Faktor, indem der multiplikative Faktor auf den mindestens einen hinterlegten Wert der hinterlegten Funktion angewandt wird.
- 45
11. Das Verfahren gemäss einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei für zwei Brennstoffe mit verschiedenen Brennstoffparametern jeweils eine Kennlinie (30, 31) eines Aktorsignales für den mindestens einen Brennstofffaktor (7 - 9) in Abhängigkeit von einer angeforderten Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) hinterlegt ist, das Verfahren umfassend die Schritte:
- 50
- Erzeugen eines Aktorsignales für den mindestens einen Brennstofffaktor (7 - 9) aus dem bestimmten Vergleichswert;
- Berechnen eines Gewichtungsfaktors aus den für die zwei Brennstoffe hinterlegten Kennlinien (30, 31) und aus dem Aktorsignal für den mindestens einen Brennstofffaktor (7 - 9); und
- Bestimmen einer Kennlinie (32) zum Verstellen des mindestens einen Brennstofffaktors (7 - 9) in Abhängigkeit einer angeforderten Brennleistung (23) der Verbrennungsvorrichtung (1) aus dem Gewichtungsfaktor und aus den für die zwei Brennstoffe hinterlegten Kennlinien (30, 31).
12. Das Verfahren gemäss Anspruch 11, das Verfahren umfassend den Schritt:
- 55
- Berechnen der Kennlinie (32) zum Verstellen des mindestens einen Brennstofffaktors (7 - 9) als gewichteter, arithmetischer Mittelwert aus den für die zwei Brennstoffe hinterlegten Kennlinien (30, 31), wobei die Gewichtung des arithmetischen Mittelwertes als Funktion des Aktorsignales für den mindestens einen Brennstofffaktor (7 - 9) erfolgt.
13. Verbrennungsvorrichtung (1) umfassend einen Feuerraum (2) und einen ersten Temperatursensor (19) im Feuerraum (2) und einen zweiten Temperatursensor (20) im Feuerraum (2), wobei der erste Temperatursensor (19) verschieden ist vom zweiten Temperatursensor (20), mindestens einen Zufuhrkanal in Fluidverbindung mit dem Feuerraum (2), mindestens einen Aktor ausgewählt aus mindestens einem Brennstofffaktor (7 - 9) und aus einem Luftfaktor (4), wobei der mindestens eine Aktor auf den mindestens einen Zufuhrkanal wirkt, die Verbrennungsvorrichtung (1) zusätzlich umfassend eine Regel- und/oder Steuereinrichtung (13) in kommunikativer Verbindung mit dem ersten Temperatursensor (19), dem zweiten Temperatursensor (20) und dem mindestens einen Aktor, wobei die Regel- und/oder Steuereinrichtung (13) ausgebildet ist zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12.
14. Computerprogrammprodukt umfassend Befehle, die bewirken, dass die Verbrennungsvorrichtung (1) des Anspruches 13 die Verfahrensschritte nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausführt.
15. Computerlesbares Medium, auf dem das Computerprogrammprodukt nach Anspruch 14 gespeichert ist.

### Claims

1. Method for regulating a combustion apparatus (1), the combustion apparatus (1) comprising a combustion chamber (2) and a first temperature sensor (19) in the combustion chamber (2) and a second temperature sensor (20) in the combustion chamber (2),

wherein the first temperature sensor (19) is different from the second temperature sensor (20), at least one fuel actuator (7 - 9) for generating a fuel supply (6) and an air actuator (4) for generating an air supply (5), the method comprising the steps:

adjusting the at least one fuel actuator (7 - 9) and/or the air actuator (4);  
recording a first signal from the first temperature sensor (19) ;  
ascertaining at least one first burning performance (23) as a function of the first signal, using a first characteristic curve (24) which indicates, for the first temperature sensor (19), a first progression of a burning performance (23) of the combustion apparatus (1) over the first signal from the first temperature sensor (19);  
recording a second signal from the second temperature sensor (20);  
ascertaining at least one second burning performance (23) as a function of the second signal, using a second characteristic curve (25) which indicates, for the second temperature sensor (20), a second progression of the burning performance (23) of the combustion apparatus (1) over the second signal from the second temperature sensor (20);  
determining a comparison value from the at least one first ascertained burning performance (23) and from the at least one second ascertained burning performance (23); and  
repeating the aforementioned steps until the determined comparison value is less than a pre-defined threshold value.

2. Method according to claim 1, the combustion apparatus (1) additionally comprising a further temperature sensor in the combustion chamber (2), wherein the further temperature sensor is different from the first temperature sensor (19) and is different from the second temperature sensor (20), the method comprising the steps:

recording a further signal from the further temperature sensor in the combustion chamber (2), in addition to recording the signals from the first and from the second temperature sensor (19, 20);  
ascertaining at least one further burning performance (23) as a function of the further signal, using a further characteristic curve which indicates, for the further temperature sensor, a further progression of the burning performance (23) of the combustion apparatus (1) over the further signal from the further temperature sensor;  
determining the comparison value from the at least one first ascertained burning performance

(23) and from the at least one second ascertained burning performance (23) and from the at least one further ascertained burning performance (23); and  
repeating the aforementioned steps until the determined comparison value is less than the pre-defined threshold value.

3. Method according to one of claims 1 to 2, the method comprising the steps:

determining a difference between the at least one first and the at least one second burning performance (23); and  
determining the comparison value as an amount of the difference between the at least one first and the at least one second burning performance (23).

4. Method according to one of claims 1 to 3, the method comprising the steps:

forming pairs from all ascertained burning performances (23) ;  
determining differences between the burning performances (23) ascertained in each case, for all formed pairs;  
squaring all determined differences; and  
determining the comparison value as a sum of all squared differences.

5. Method according to one of claims 1 to 4, the combustion apparatus (1) comprising at least one actuator chosen from the at least one fuel actuator (7 - 9) and from the air actuator (4), the method comprising the steps:

determining a first comparison value from the at least one first burning performance (23) and the at least one second burning performance (23);  
generating a correcting actuator signal from the first comparison value;  
sending the correcting actuator signal, generated from the first comparison value, to the at least one actuator to approximate the ascertained burning performances (23);  
after sending the corrected actuator signal:

recording a third signal from the first temperature sensor (19) ;  
recording a fourth signal from the second temperature sensor (20);  
ascertaining at least one third burning performance (23) as a function of the third signal, using the first characteristic curve (24);  
ascertaining at least one fourth burning performance (23) as a function of the fourth signal, using the second characteristic curve

- (24); and  
determining a second comparison value from the at least one third burning performance (23) and the at least one fourth burning performance (23), wherein the second comparison value, as a result of the approximation of the ascertained burning performances (23), is less than the first comparison value.
- 5
6. Method according to one of claims 1 to 5, the method comprising the step:
- 10
- determining a current burning performance (23) of the combustion apparatus (1) as an average of the at least one first burning performance (23) and the at least one second burning performance (23).
- 15
7. Method according to one of claims 1 to 5, the method comprising the step:
- 20
- determining a current burning performance (23) of the combustion apparatus (1) as a first performance value chosen on a selective basis from
- 25
- o the at least one first burning performance (23),
  - o the at least one second burning performance (23).
- 30
8. Method according to one of claims 6 to 7, the combustion apparatus (1) comprising at least one actuator chosen from the at least one fuel actuator (7 - 9) and from the air actuator (4), the method comprising the steps:
- 35
- calculating a difference between the current burning performance (23) of the combustion apparatus (1) and a target performance of the combustion apparatus (1);
  - generating an actuator signal from the calculated difference; and
  - sending the actuator signal to the at least one actuator.
- 40
9. Method according to one of claims 7 to 8, the combustion apparatus (1) comprising an additional air supply sensor (12), wherein for the additional air supply sensor (12) a function is stored, which maps an air supply (5) to a requested burning performance (23) of the combustion apparatus (1), the method comprising the step:
- 45
- correcting the stored function on the basis of the current burning performance (23).
- 50
10. Method according to claim 9, wherein the stored function comprises at least one stored value, the method comprising the step:
- 55
- recording a signal from the additional air supply sensor (12) ;
  - processing the signal recorded from the additional air supply sensor (12) to form a measured value of the air supply (5) ;
  - calculating a functional value as a function of the measured value of the air supply (5) on the basis of the stored function;
  - determining a multiplicative factor from the quotient of the current burning performance (23) and the calculated functional value; and
  - correcting the stored function by way of the multiplicative factor, by the multiplicative factor being applied to the at least one stored value of the stored function.
11. Method according to one of claims 1 to 10, wherein, for two fuels with different fuel parameters, in each case a characteristic curve (30, 31) of an actuator signal for the at least one fuel actuator (7 - 9) as a function of a requested burning performance (23) of the combustion apparatus (1) is stored, the method comprising the steps:
- generating an actuator signal for the at least one fuel actuator (7 - 9) from the determined comparison value;
- calculating a weighting factor from the characteristic curves (30, 31) stored for the two fuels and from the actuator signal for the at least one fuel actuator (7 - 9); and
- determining a characteristic curve (32) for adjusting the at least one fuel actuator (7 - 9) as a function of a requested burning performance (23) of the combustion apparatus (1) from the weighting factor and from the characteristic curves (30, 31) stored for the two fuels.
12. Method according to claim 11, the method comprising the step:
- calculating the characteristic curve (32) for adjusting the at least one fuel actuator (7 - 9) as a weighted, arithmetic average from the characteristic curves (30, 31) stored for the two fuels, wherein the weighting of the arithmetic average takes place as a function of the actuator signal for the at least one fuel actuator (7 - 9).
13. Combustion apparatus (1), comprising a combustion chamber (2) and a first temperature sensor (19) in the combustion chamber (2) and a second temperature sensor (20) in the combustion chamber (2), wherein the first temperature sensor (19) is different from the second temperature sensor (20), at least one supply duct fluidically connected to the combustion chamber (2), at least one actuator chosen from at least one fuel actuator (7 - 9) and from an air actuator (4), wherein the at least one actuator acts on

the at least one supply duct, the combustion apparatus (1) additionally comprising a regulation and/or control facility (13) communicatively connected to the first temperature sensor (19), the second temperature sensor (20) and the at least one actuator, wherein the regulation and/or control facility (13) is embodied to carry out a method according to one of claims 1 to 12.

14. Computer program product comprising commands, which cause the combustion apparatus (1) of claim 13 to carry out the method steps according to one of claims 1 to 12.

15. Computer-readable medium, on which the computer program product according to claim 14 is saved.

### Revendications

1. Procédé de régulation d'un dispositif de combustion (1), le dispositif de combustion (1) comprenant un foyer (2) et un premier capteur de température (19) dans le foyer (2) et un deuxième capteur de température (20) dans le foyer (2), dans lequel le premier capteur de température (19) est différent du deuxième capteur de température (20), au moins un actionneur de combustible (7 - 9) pour produire une alimentation en combustible (6) et un actionneur d'air (4) pour produire une alimentation d'air (5), le procédé comprenant les étapes :

de réglage de l'au moins un actionneur de combustible (7 - 9) et/ou de l'actionneur d'air (4) ;  
d'enregistrement d'un premier signal du premier capteur de température (19) ;

d'évaluation d'au moins une première puissance de combustion (23) en fonction du premier signal en utilisant une première caractéristique (24) qui indique, pour le premier capteur de température (19), un premier tracé d'une puissance de combustion (23) du dispositif de combustion (1) par le premier signal du premier capteur de température (19) ;

d'enregistrement d'un deuxième signal du deuxième capteur de température (20) ;

d'évaluation d'au moins une deuxième puissance de combustion (23) en fonction du deuxième signal en utilisant une deuxième caractéristique (25) qui indique, pour le deuxième capteur de température (20), un deuxième tracé de la puissance de combustion (23) du dispositif de combustion (1) par le deuxième signal du deuxième capteur de température (20) ;

de détermination d'une valeur de comparaison à partir de l'au moins une première puissance de combustion (23) évaluée et à partir de l'au moins une deuxième puissance de combustion

(23) évaluée ; et

de répétition des étapes précitées jusqu'à ce que la valeur de comparaison déterminée soit inférieure à une valeur seuil prédéfinie.

2. Le procédé selon la revendication 1, le dispositif de combustion (1) comprenant en outre un capteur de température supplémentaire dans le foyer (2), dans lequel le capteur de température supplémentaire est différent du premier capteur de température (19) et différent du deuxième capteur de température (20), le procédé comprenant les étapes :

d'enregistrement d'un signal supplémentaire du capteur de température supplémentaire dans le foyer (2) en plus de l'enregistrement des signaux du premier et du deuxième capteur de température (19, 20) ;

d'évaluation d'au moins une puissance de combustion supplémentaire (23) en fonction du signal supplémentaire en utilisant une caractéristique supplémentaire, laquelle indique pour le capteur de température supplémentaire un tracé supplémentaire de la puissance de combustion (23) du dispositif de combustion (1) par le signal supplémentaire du capteur de température supplémentaire ;

de détermination de la valeur de comparaison à partir de l'au moins une première puissance de combustion (23) évaluée et à partir de l'au moins une deuxième puissance de combustion (23) évaluée et à partir de l'au moins une puissance de combustion (23) supplémentaire évaluée ; et

de répétition des étapes précitées jusqu'à ce que la valeur de comparaison déterminée soit inférieure à la valeur seuil prédéfinie.

3. Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, le procédé comprenant les étapes :

de détermination d'une différence entre l'au moins une première et l'au moins une deuxième puissance de combustion (23) ; et

de détermination de la valeur de comparaison en tant que somme de la différence entre l'au moins une première et l'au moins une deuxième puissance de combustion (23).

4. Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, le procédé comprenant les étapes :

de formation de paires à partir de toutes les puissances de combustion (23) évaluées ;

de détermination de différences sur toutes les paires formées entre les puissances de combustion (23) respectives évaluées ;

d'élévation au carré de toutes les différences

- déterminées ; et  
de détermination de la valeur de comparaison en tant que somme de toutes les différences évaluées au carré.
5. Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, le dispositif de combustion (1) comprenant au moins un actionneur sélectionné parmi l'au moins un actionneur de combustible (7-9) et l'actionneur d'air (4), le procédé comprenant les étapes :
- de détermination d'une première valeur de comparaison à partir de l'au moins une première puissance de combustion (23) et de l'au moins une deuxième puissance de combustion (23) ; de production d'un signal d'actionneur de correction à partir de la première valeur de comparaison ; d'envoi du signal d'actionneur de correction produit à partir de la première valeur de comparaison, à l'au moins un actionneur pour l'approximation des puissances de combustion (23) évaluées ; après l'envoi du signal d'actionneur de correction :
- d'enregistrement d'un troisième signal du premier capteur de température (19) ; d'enregistrement d'un quatrième signal du deuxième capteur de température (20) ; d'évaluation d'au moins une troisième puissance de combustion (23) en fonction du troisième signal en utilisant la première caractéristique (24) ; d'évaluation d'au moins une quatrième puissance de combustion (23) en fonction du quatrième signal en utilisant la deuxième caractéristique (25) ; et de détermination d'une deuxième valeur de comparaison à partir de l'au moins une troisième puissance de combustion (23) et de l'au moins une quatrième puissance de combustion (23), dans lequel la deuxième valeur de comparaison à la suite de l'approximation des puissances de combustion (23) évaluées est inférieure à la première valeur de comparaison.
6. Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, le procédé comprenant l'étape :
- de détermination d'une puissance de combustion (23) actuelle du dispositif de combustion (1) en tant que valeur médiane de l'au moins une première puissance de combustion (23) et de l'au moins une deuxième puissance de combustion (23).
7. Le procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, le procédé comprenant l'étape :
- de détermination d'une puissance de combustion actuelle (23) du dispositif de combustion (1) en tant qu'une première valeur de puissance choisie de manière sélective à partir de
- l'au moins une première puissance de combustion (23),
  - l'au moins une deuxième puissance de combustion (23).
8. Le procédé selon l'une des revendications 6 à 7, le dispositif de combustion (1) comprenant au moins un actionneur sélectionné à partir de l'au moins un actionneur de combustible (7-9) et l'actionneur d'air (4), le procédé comprenant les étapes :
- de calcul d'une différence entre la puissance de combustion (23) actuelle du dispositif de combustion (1) et une puissance nominale du dispositif de combustion (1) ; de production d'un signal d'actionneur à partir de la différence calculée ; et d'envoi du signal d'actionneur à l'au moins un actionneur.
9. Le procédé selon l'une des revendications 7 à 8, le dispositif de combustion (1) comprenant un capteur d'alimentation d'air supplémentaire (12), dans lequel une fonction est consignée pour le capteur d'alimentation d'air supplémentaire (12), qui représente une alimentation en air (5) à une puissance de combustion (23) exigée du dispositif de combustion (1), le procédé comprenant l'étape :
- de correction de la fonction consignée à l'aide de la puissance de combustion (23) actuelle.
10. Le procédé selon la revendication 9, dans lequel la fonction consignée comprend au moins une valeur consignée, le procédé comprenant les étapes :
- d'enregistrement d'un signal du capteur d'alimentation d'air supplémentaire (12) ; de traitement du signal enregistré du capteur d'alimentation d'air supplémentaire (12) en une valeur de mesure de l'alimentation en air (5) ; de calcul d'une valeur fonctionnelle en fonction de la valeur de mesure de l'alimentation en air (5) à l'aide de la fonction consignée ; de détermination d'un facteur multiplicatif à partir du quotient de la puissance de combustion (23) actuelle et de la valeur fonctionnelle calculée ; et de correction de la fonction consignée par le facteur multiplicatif, en ce que le facteur multiplicatif est appliqué à l'au moins une valeur consignée

de la fonction consignée.

11. Le procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel pour deux combustibles avec différents paramètres de combustible, respectivement une caractéristique (30, 31) d'un signal d'actionneur pour l'au moins un actionneur de combustible (7-9) est consignée en fonction d'une puissance de combustion (23) exigée du dispositif de combustion (1), le procédé comprenant les étapes :

de production d'un signal d'actionneur pour l'au moins un actionneur de combustible (7-9) à partir de la valeur de comparaison définie ;  
de calcul d'un facteur de pondération à partir des caractéristiques (30, 31) consignées pour les deux combustibles et à partir du signal d'actionneur pour l'au moins un actionneur de combustible (7-9) ; et  
de détermination d'une caractéristique (32) pour régler l'au moins un actionneur de combustible (7-9) en fonction d'une puissance de combustion (23) exigée du dispositif de combustion (1) à partir du facteur de pondération et à partir des caractéristiques (30, 31) consignées pour les deux combustibles.

12. Le procédé selon la revendication 11, le procédé comprenant l'étape :  
de calcul de la caractéristique (32) pour régler l'au moins un actionneur de combustible (7-9) en tant que valeur médiane arithmétique pondérée à partir des caractéristiques (30, 31) consignées pour les deux combustibles, dans lequel la pondération de la valeur médiane arithmétique est effectuée en tant que fonction du signal d'actionneur pour l'au moins un actionneur de combustible (7-9).
13. Dispositif de combustion (1) comprenant un foyer (2) et un premier capteur de température (19) dans le foyer (2) et un deuxième capteur de température (20) dans le foyer (2), dans lequel le premier capteur de température (19) est différent du deuxième capteur de température (20), au moins un canal d'alimentation en liaison fluïdique avec le foyer (2), au moins un actionneur sélectionné parmi au moins un actionneur de combustible (7-9) et un actionneur d'air (4), dans lequel l'au moins un actionneur agit sur l'au moins un canal d'alimentation, le dispositif de combustion (1) comprenant en outre un dispositif de régulation et/ou de commande (13) en liaison de communication avec le premier capteur de température (19), le deuxième capteur de température (20) et l'au moins un actionneur, dans lequel le dispositif de régulation et/ou de commande (13) est formé pour exécuter un procédé selon l'une des revendications 1 à 12.

14. Produit de programme informatique comprenant des commandes qui ont pour effet que le dispositif de combustion (1) de la revendication 13 exécute les étapes de procédé selon l'une des revendications 1 à 12.

15. Support lisible sur ordinateur, sur lequel le produit de programme informatique selon la revendication 14 est enregistré.

FIG 1

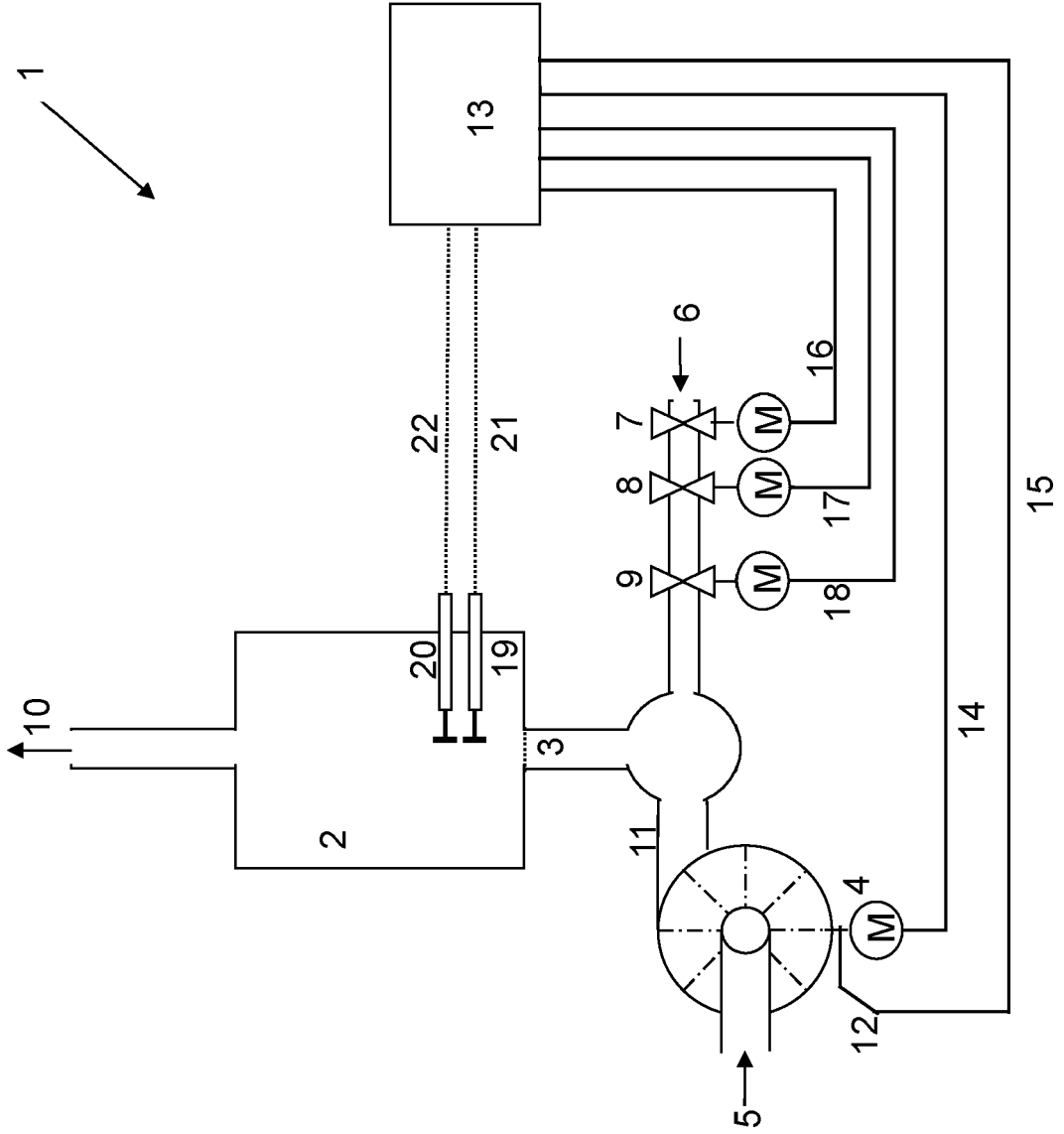


FIG 2

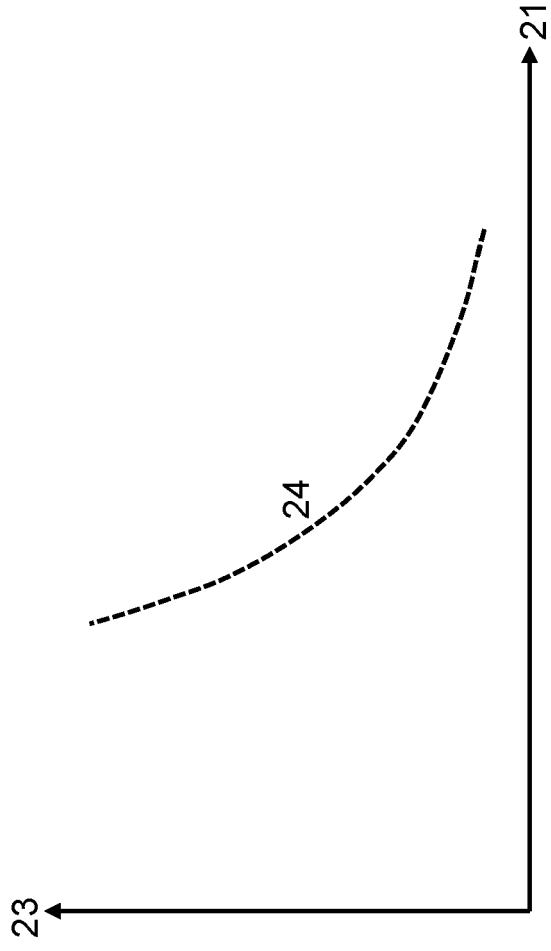


FIG 3

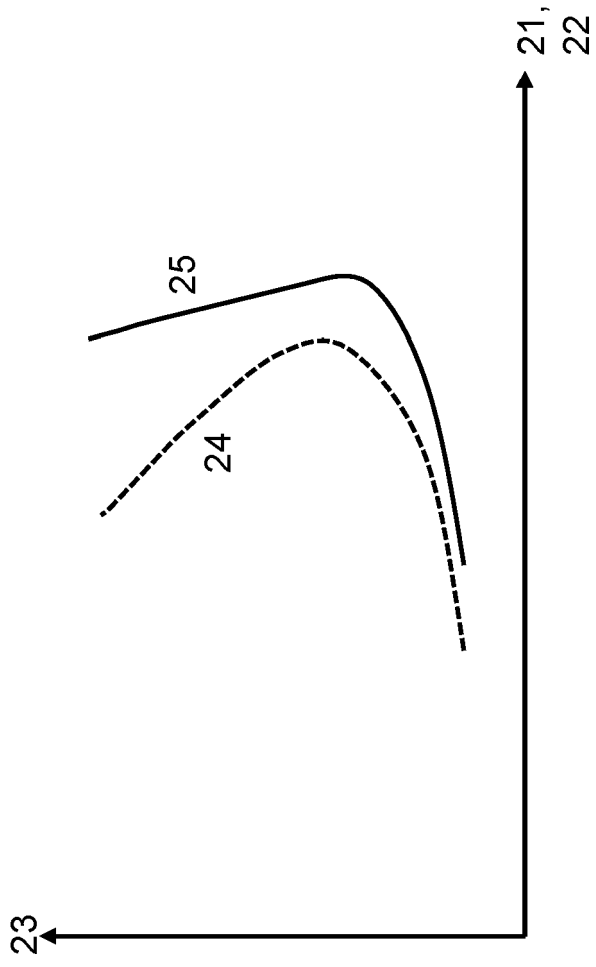


FIG 4

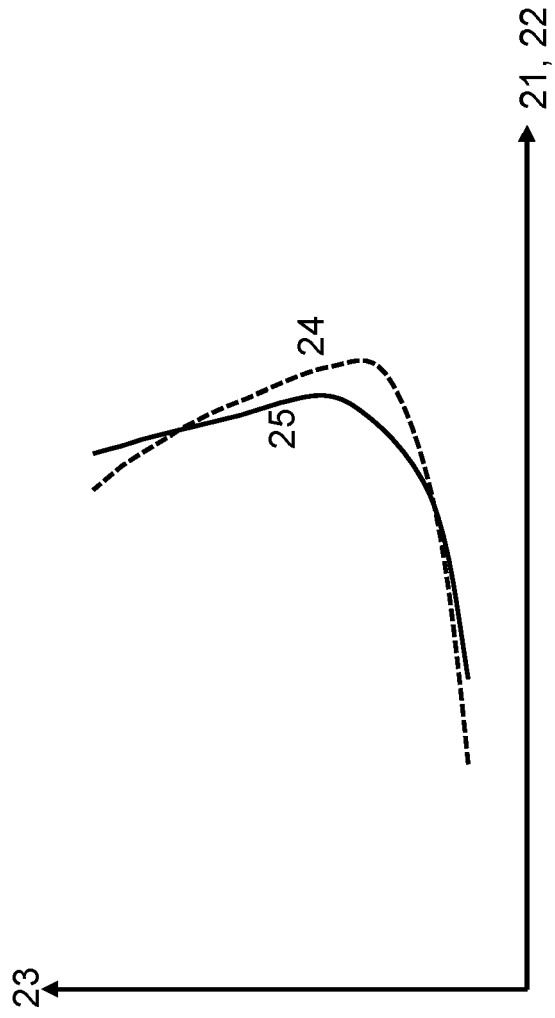


FIG 5

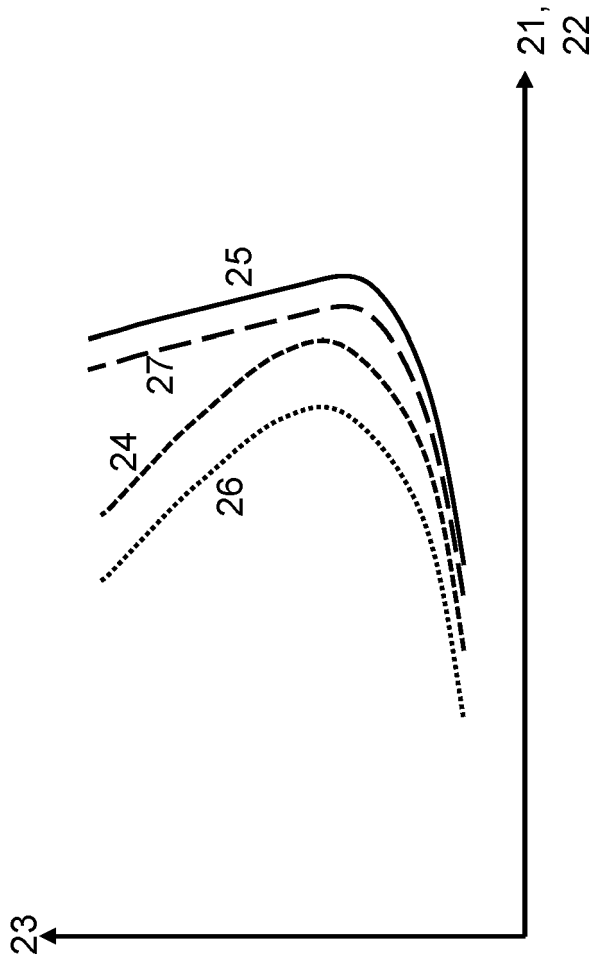


FIG 6

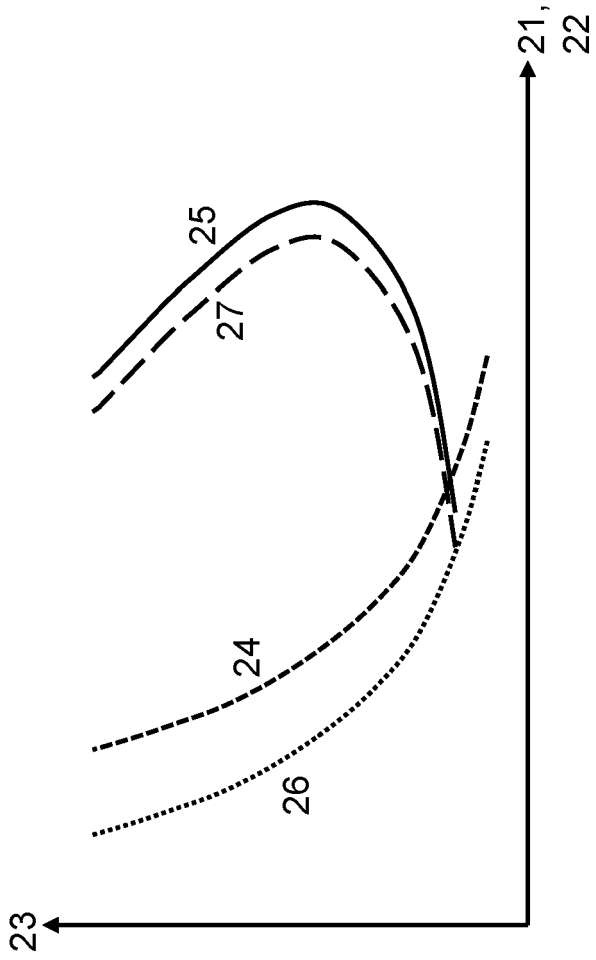


FIG 7

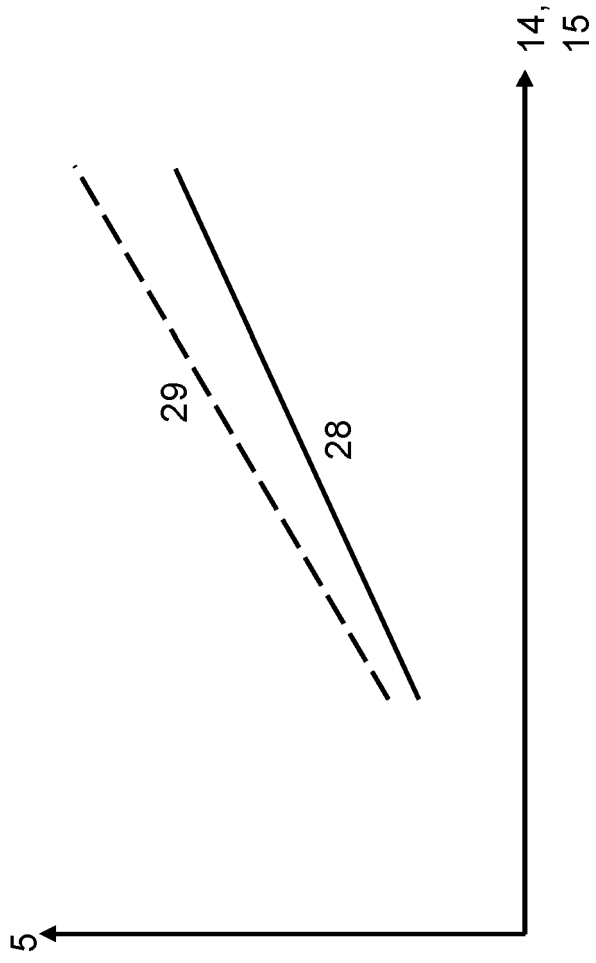
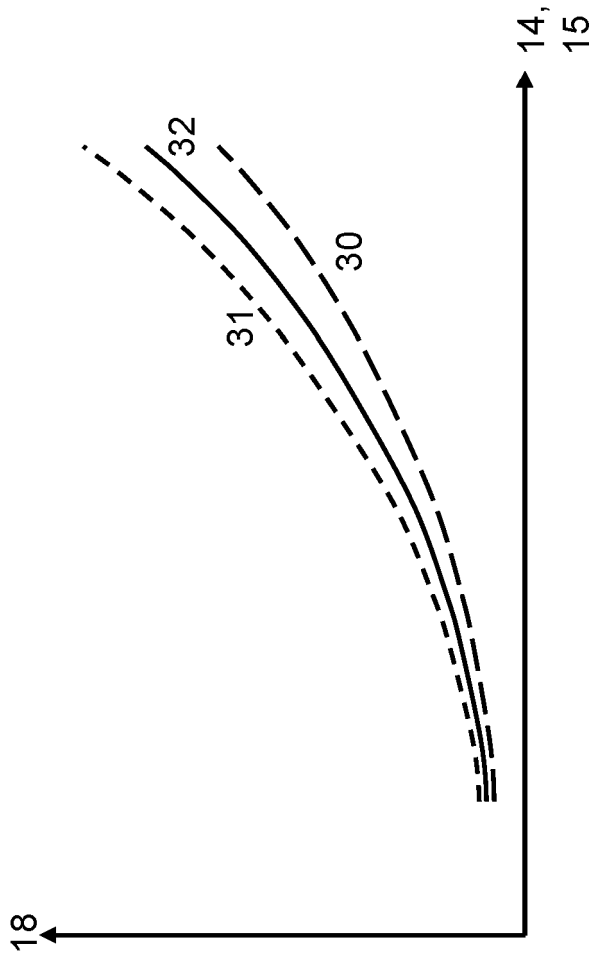


FIG 8



**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 1154202 A2 [0008]
- EP 1154202 B1 [0008]
- EP 1154202 B2 [0008] [0009] [0010] [0086]
- DE 102004030300 A1 [0011] [0012]
- DE 102004055716 A1 [0013] [0014] [0015] [0016]
- WO 2006000367 A1 [0017] [0018] [0019]
- WO 2015113638 A1 [0020] [0021]
- DE 10045272 A1 [0022]
- JP 2017040451 A [0023] [0024]
- EP 1902254 B1 [0031] [0060]