



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.04.2022 Patentblatt 2022/14

(21) Anmeldenummer: **21199318.3**

(22) Anmeldetag: **28.09.2021**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23N 1/00 (2006.01) F23N 1/02 (2006.01)
F23N 3/00 (2006.01) F23N 5/00 (2006.01)
F23N 5/12 (2006.01) F23D 14/02 (2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 1/022; F23D 14/02; F23N 1/002; F23N 3/002;
F23N 5/006; F23N 5/123; F23C 2900/9901;
F23N 2233/08

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

(30) Priorität: **01.10.2020 GB 202015572**

(71) Anmelder: **Bosch Thermotechnology Ltd (UK)**
Worcester, Worcestershire WR4 9SW (GB)

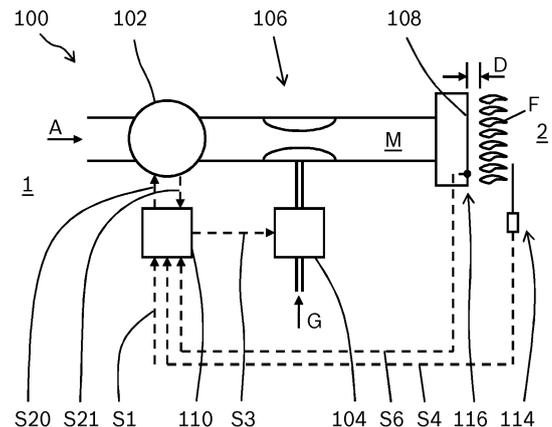
(72) Erfinder:
• **Collins, Tom**
Worcester, WR3 8XA (GB)
• **Odumosu, Timi**
Worcester, WR5 3ED (GB)
• **Dunne, Simon**
Birmingham, B301LN (GB)
• **English, Samuel**
Warndon, WR49SW (GB)

(74) Vertreter: **Bee, Joachim**
Robert Bosch GmbH
Zentralabteilung Patente
Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER VERBRENNUNGSVORRICHTUNG, VERBRENNUNGSVORRICHTUNG SOWIE HEIZGERÄT**

(57) Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsvorrichtung zur Bereitstellung eines Luft-Brenngas-Gemischstroms aus einem Luftstrom und einem Brenngasstrom, insbesondere einem Wasserstoffstrom, in zumindest einem vorgebbaren Luft/Brenngas-Verhältnis, und zur Verbrennung des Gemischstroms, wobei durch die Verbrennung eine Heizleistung erzeugt wird, wobei eine Luftfördereinheit einen Luftstrom fördert, insbesondere in Abhängigkeit einer Leistungsanforderung, eine Brenngasdosiereinheit einen Brenngasstrom dosiert, insbesondere in Abhängigkeit des Luftstroms, und eine Mischereinheit den Gemischstrom mischt. Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Luft/Brenngas-Verhältnis mittels einer Regeleinrichtung in Abhängigkeit der Heizleistung variiert wird, wobei das Luft/Brenngas-Verhältnis bei kleinerer Heizleistung einen größeren Wert annimmt und/oder bei größerer Heizleistung einen kleineren Wert annimmt. Insbesondere wird eine Luftzahl λ des Luft-Brenngas-Gemischstroms auf einen Wert innerhalb eines ausgewählten Luftzahl-Werteintervalls geregelt wird, wobei die Intervallgrenzen von heizleistungsabhängigen Luftzahlverläufen $\lambda = \lambda(Q)$ gebildet werden.

Fig 3



Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Aus dem Stand der Technik ist bereits ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsvorrichtung zur Bereitstellung eines Luft-Brenngas-Gemischstroms aus einem Luftstrom und einem Brenngasstrom in einem vorgebbaren Luft/Brenngas-Verhältnis, und zur Verbrennung des Gemischstroms, bekannt, bei dem durch die Verbrennung eine Heizleistung erzeugt wird und wobei eine Luftfördereinheit einen Luftstrom fördert, eine Brenngasdosiereinheit einen Brenngasstrom dosiert und eine Mischereinheit den Gemischstrom mischt.

Offenbarung der Erfindung

[0002] Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsvorrichtung zur Bereitstellung eines Luft-Brenngas-Gemischstroms aus einem Luftstrom und einem Brenngasstrom, insbesondere einem Wasserstoffstrom, in zumindest einem vorgebbaren Luft/Brenngas-Verhältnis, und zur Verbrennung des Gemischstroms, wobei durch die Verbrennung eine Heizleistung erzeugt wird.

[0003] Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass das Luft/Brenngas-Verhältnis mittels einer Regulierung in Abhängigkeit der Heizleistung variiert wird, wobei das Luft/Brenngas-Verhältnis bei kleinerer Heizleistung einen größeren Wert annimmt und/oder bei größerer Heizleistung einen kleineren Wert annimmt.

[0004] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsvorrichtung zur Bereitstellung eines Luft-Brenngas-Gemischstroms aus einem Luftstrom und einem Brenngasstrom, insbesondere einem Wasserstoffstrom, mit zumindest einer vorgebbaren Luftzahl λ im Gemischstrom, und zur Verbrennung des Gemischstroms, wobei durch die Verbrennung eine Heizleistung erzeugt wird.

[0005] Die Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass mittels einer Regeleinrichtung die Luftzahl λ des Luft-Brenngas-Gemischstroms auf einen Wert innerhalb des Luftzahl-Werteintervalls

$$0,15/Q + 1 \leq \lambda \leq 0,175/Q + 1,25$$

geregelt wird, wobei die Intervallgrenzen von heizleistungsabhängigen Luftzahlgrenzkurven $\lambda_{\min}(Q)$ und $\lambda_{\max}(Q)$

$$\lambda_{\min} = 0,15/Q + 1$$

$$\lambda_{\max} = 0,175/Q + 1,25$$

gebildet werden.

[0006] Insbesondere fördert eine Luftfördereinheit den Luftstrom, insbesondere in Abhängigkeit einer Leistungsanforderung, dosiert eine Brenngasdosiereinheit den Brenngasstrom, insbesondere in Abhängigkeit des Luftstroms, und mischt eine Mischereinheit den Gemischstrom.

[0007] Unter einer Verbrennungsvorrichtung soll hier insbesondere ein Brenner oder eine Brennervorrichtung verstanden werden, mit deren Hilfe ein brennbarer Gemischstrom bereitgestellt und verbrannt werden kann. Eine Anwendung findet die Verbrennungsvorrichtung insbesondere bei einem Heizgerät, beispielsweise ein Heizgerät zur Beheizung zumindest eines Raumes und/oder zur Erwärmung zumindest eines Nutzfluids wie Heizungswasser und/oder Trinkwasser. Bei dem Gemischstrom handelt es sich um einen einen Luftstrom und einen Brenngasstrom umfassenden Gasstrom. Der Luftstrom wird insbesondere einer Aufstellumgebung der Verbrennungsvorrichtung oder einer Außenumgebung eines Gebäudes, in dem die Verbrennungsvorrichtung aufgestellt ist, entnommen. Der Brenngasstrom wird insbesondere einer Brenngasleitung oder einem Brenngastank entnommen. Die Verbrennungsvorrichtung ist insbesondere zur Verwendung des Brenngases Wasserstoff konzipiert. Alternativ oder ergänzend kann die Verbrennungsvorrichtung auch zur Verwendung anderer Brenngase konzipiert sein. Zu seiner sauberen und effizienten Verbrennung weist der Gemischstrom ein vorgebares Luft/Brenngas-Verhältnis beziehungsweise eine Luftzahl λ auf. Unter einem Luft/Brenngas-Verhältnis ist hier ein Mengenverhältnis von Luft zu Brenngas zu verstehen. Darunter, dass das Luft/Brenngas-Verhältnis vorgebar ist, ist insbesondere zu verstehen, dass das Mengenverhältnis einstellbar ist. Der Gemischstrom wird in der Verbrennungsvorrichtung gezündet und unter Ausbildung einer Flamme verbrannt. Die Verbrennungsvorrichtung umfasst eine Brennermündung oder Brenneroberfläche, die als Flammenhalter fungiert: hier soll die Flamme räumlich stabil brennen. Die bei der Verbrennung pro Zeiteinheit frei werdende Energie (Wärme) wird durch die Größe des verbrannten Gemischstroms, insbesondere die Größe des verbrannten Brennstoffstroms, bestimmt. Die pro Zeiteinheit frei werdende Energie charakterisiert die Heizleistung der Verbrennungsvorrichtung. Die Heizleistung ist zwischen einer minimalen Heizleistung und einer maximalen Heizleistung stufig oder kontinuierlich modulierbar. Unter dem Begriff der Heizleistung kann sowohl eine absolute Heizleistung (Einheit Watt) als auch eine relative Heizleistung verstanden werden. Die relative Heizleistung berechnet sich als die tatsächliche absolute Heizleistung bezogen auf die maximale absolute Heizleistung. Bei der relativen Heizleistung handelt es sich um eine dimensionslose Größe mit Werten im Allgemeinen zwischen 0 und 1. Da aber eine reale Verbrennungsvorrichtung in der Regel nicht bei einer relativen Heizleistung knapp über 0 betrieben werden kann, liegen die Werte der relativen Heizleistung in der Realität bei 0 für den ausgeschalteten Zustand (keine

Verbrennung) sowie im Feuerungsbetrieb zwischen beispielsweise 0,05 und 1. Unter einer Luftfördereinheit wird eine Einrichtung zum Fördern des Luftstroms verstanden, dabei kann es sich insbesondere um ein - insbesondere drehzahlgeregeltes - Luftgebläse oder Luftventilator oder ein Luftventil handeln. Die Luftfördereinheit wird insbesondere von einem elektrischen Signal gesteuert. Die Förderung des Luftstroms kann insbesondere in Abhängigkeit einer Leistungsanforderung, beispielsweise eine Heizleistungsanforderung oder eine Temperaturanforderung, an die Verbrennungsvorrichtung und/oder das Heizgerät erfolgen. Insbesondere kann eine Größe des geförderten Luftvolumenstroms in Abhängigkeit einer Größe einer angeforderten Heizleistung erfolgen. Unter einer angeforderten Heizleistung wird insbesondere eine theoretisch erforderliche Heizleistung verstanden, die zur Erfüllung eines Bedarfs eines Nutzers zur Raumheizung und/oder Trinkwarmwasserbereitung dient. Im Gegensatz dazu ist eine tatsächliche Heizleistung eine messbare Größe, die mit der Größe des zur Verbrennung gelangenden Gemischstroms korreliert. Unter einer Brenngasdosiereinheit wird eine Einrichtung zum Dosieren des Brenngasstroms verstanden, dabei kann es sich insbesondere um ein Brenngasventil oder eine Brenngasarmatur handeln. Die Brenngasdosiereinheit wird insbesondere von einem elektrischen und/oder einem Drucksignal geregelt. Die Dosierung des Brenngasstroms kann insbesondere in Abhängigkeit des Luftstroms erfolgen. Insbesondere kann eine Größe des dosierten Brenngasstroms in Abhängigkeit der Größe des Luftstroms erfolgen. Unter einer Mischereinheit wird eine Einrichtung zum Zusammenführen und Mischen von Luftstrom und Brenngasstrom und Erzeugen des Luft-Brenngas-Gemischstroms verstanden, dabei kann es sich insbesondere um einen Venturimischer handeln.

[0008] Unter einer Regeleinrichtung wird eine Einrichtung zum Steuern und/oder Regeln zumindest eines Verfahrensschrittes, insbesondere des Variierens des Luft/Brenngas-Verhältnisses und/oder der Luftzahl λ , verstanden. Unter einem Regeln wird hier übergreifend ein Steuern und/oder Regeln im engeren Sinn verstanden. Unter einer Regelung wird hier übergreifend eine Steuerung und/oder Regelung im engeren Sinn verstanden. Mit dem Variieren wird das Luft/Brenngas-Verhältnis und/oder die Luftzahl λ vorgebbar verändert. Mittels der Regeleinrichtung kann eine variierbare Verbundregelung zum Regeln des Luft/Brenngas-Verhältnisses und/oder der Luftzahl λ aufgebaut sein. Ein Verbund bedeutet insbesondere, dass ein Sollwert einer ersten Größe, beispielsweise des Luftstroms, beispielsweise anhand eines elektrischen Signals, vorgegeben wird, und dass ein Sollwert einer Folgegröße, beispielsweise des Brenngasstroms, beispielsweise anhand eines elektrischen oder eines Drucksignals, im Verbund, angepasst an den resultierenden Istwert der ersten Größe, nachgeführt wird. Ein variierbarer Verbund bedeutet, dass der Sollwert der Folgegröße nicht nur an den Istwert der ers-

ten Größe angepasst wird, sondern darüber hinaus diese Anpassung in Abhängigkeit einer dritten Größe, hier der Heizleistung, variiert wird. Im Ergebnis wird so der Wert des Luft/Brenngas-Verhältnisses geregelt, so dass sich ein heizleistungsabhängiges Luft/Brenngas-Verhältnis einstellt. Darunter, dass das Luft/Brenngas-Verhältnis in Abhängigkeit der Heizleistung variiert wird, ist zu verstehen, dass die Größe der Heizleistung den Wert des Luft/Brenngas-Verhältnisses zumindest mitbestimmt.

[0009] Die Regeleinrichtung ist insbesondere so ausgebildet, dass das Luft/Brenngas-Verhältnis und/oder die Luftzahl λ bei kleinerer Heizleistung einen größeren Wert annimmt und/oder bei größerer Heizleistung einen kleineren Wert annimmt. Dabei greift die Regeleinrichtung insbesondere auch in den Betrieb der Luftfördereinheit, der Brenngasdosiereinheit und/oder der Mischereinheit ein. Insbesondere wird das Luft/Brenngas-Verhältnis mit kleiner werdender Heizleistung vergrößert und mit größer werdender Heizleistung verkleinert. Die Variation des Luft/Brenngas-Verhältnisses über der Heizleistung kann einen stufigen Verlauf oder einen kontinuierlichen Verlauf aufweisen. Unter Vergrößern des Luft/Brenngas-Verhältnisses wird hier ein Abmagern des Luft-Brenngas-Gemischstroms, also ein Verringern des Brenngasgehalts im Gemischstrom, verstanden. Unter Verkleinern des Luft/Brenngas-Verhältnisses wird hier ein Anfetten des Luft-Brenngas-Gemischstroms, also ein Anreichern des Brenngasgehalts im Gemischstrom, verstanden. Der Luftstrom, der Brenngasstrom und/oder der Gemischstrom sind mengenvariabel und zwischen einem jeweiligen minimalen Wert und einem jeweiligen maximalen Wert stufig oder kontinuierlich modulierbar.

[0010] Die Regeleinrichtung kann insbesondere als eigenständige Komponente "Regelgerät" ausgebildet sein. Die Regeleinrichtung kann alternativ oder ergänzend (im Sinn eines verteilten Systems) auch als Teil der Luftfördereinheit, der Brenngasdosiereinheit und/oder der Mischereinheit ausgebildet sein.

[0011] Die Luftzahl λ ist ein in der Feuerungstechnik verwendeter spezieller Parameter zur Charakterisierung des Luft/Brenngas-Verhältnisses eines Luft-Brenngas-Gemischstroms. Die Luftzahl λ wird als Quotient aus einer tatsächlich im Gemischstrom vorhandenen Luftmenge L und einer für eine stöchiometrische Verbrennung des Gemischstroms benötigten Luftmenge L-st berechnet:

$$\lambda = L / L\text{-st}$$

[0012] Die relative Heizleistung Q wird als Quotient aus der tatsächlichen absoluten Heizleistung P und der maximalen absoluten Heizleistung P-max berechnet:

$$Q = P / P\text{-max}$$

[0013] Die oben aufgeführten Formelausdrücke für die

Grenzen des Luftzahl-Werteintervalls sind mathematisch definiert für relative Heizleistungen Q aus dem Intervall:

$$0 < Q \leq 1$$

[0014] Dass die Herausnahme des Wertes $Q = 0$ keine Einschränkung der Gültigkeit des angegebenen Luftzahl-Werteintervalls für die Verbrennungspraxis darstellt, wird aus den obigen Ausführungen zu realen Verbrennungsvorrichtungen deutlich, denzufolge die Werte der relativen Heizleistung Q im realen Feuerungsbetrieb zwischen Q_{\min} , beispielsweise ein Wert aus einem Bereich zwischen 0,05 und 0,1, und $Q_{\max} = 1$ liegen, und nur für den ausgeschalteten Zustand (keine Gemischbildung, keine Verbrennung, keine sinnvolle Luftzahldefinition möglich) den Wert $Q = 0$ annehmen.

[0015] Mit der Erfindung ist ein gegenüber dem bekannten Stand der Technik verbessertes Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsvorrichtung geschaffen.

[0016] Luft-Brenngas-Gemischströme mit einer Luftzahl λ aus dem oben genannten Werteintervall sind besonders vorteilhaft zu verbrennen. Insbesondere sind Luft-Wasserstoff-Gemischströme mit einer Luftzahl λ aus dem oben genannten Werteintervall besonders vorteilhaft zu verbrennen. Die Verbrennung eines solchen Luft-Brenngas-Gemischstroms zeichnet sich aus durch eine sichere Zündung, hohe Flammenstabilität (Vermeidung von abhebenden Flammen und Flammenrückschlag), optimale thermische Wirkungsgrade, eine vollständige Verbrennung mit niedrigen Schadstoffwerten, geringe Geräuschbildung sowie Kompatibilität mit handelsüblichen pneumatischen Luft-Gas-Verhältnisreglern.

[0017] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung die Brenngasdosiereinheit in Abhängigkeit der Heizleistung regelt, wobei die Brenngasdosiereinheit bei kleinerer Heizleistung einen relativ kleineren Brenngasstrom dosiert, und bei größerer Heizleistung einen relativ größeren Brenngasstrom dosiert.

[0018] Das Regeln der Brenngasdosiereinheit kann insbesondere mittels eines elektrischen Signals oder eines Drucksignals erfolgen, das von der Regeleinrichtung an die Brenngasdosiereinheit ausgegeben wird.

[0019] Der Begriff "ein relativ kleinerer (bzw. größerer) Brenngasstrom" bringt zum Ausdruck, dass die Verkleinerung (bzw. Vergrößerung) der Dosierung des Brenngasstroms bei kleinerer (bzw. größerer) Heizleistung insbesondere nicht proportional, sondern überproportional erfolgt, so dass das Luft/Brenngas-Verhältnis und die Luftzahl λ bei kleinerer Heizleistung größer bzw. bei größerer Heizleistung kleiner wird.

[0020] Insbesondere regelt die Regeleinrichtung die Brenngasdosiereinheit in Abhängigkeit der Heizleistung, so dass sich im Gemischstrom eine Luftzahl λ innerhalb des oben genannten Luftzahl-Werteintervalls einstellt.

[0021] Insbesondere kann die Regeleinrichtung als verteiltes System auch Luftstrom berührte Teile umfassen, beispielsweise Luftdurchsatzmessgeräte oder Luftdrucksonden, die eine Größe des Luftstroms erfassen. Der Brenngasstrom wird entsprechend der Größe des Luftstroms und in Abhängigkeit der Heizleistung so dosiert, dass sich im Gemischstrom eine Luftzahl innerhalb des oben genannten Luftzahl-Werteintervalls einstellt.

[0022] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung die Luftfördereinheit in Abhängigkeit der Heizleistung regelt, wobei die Luftfördereinheit bei kleinerer Heizleistung einen relativ größeren Luftstrom fördert, und bei größerer Heizleistung einen relativ kleineren Luftstrom fördert.

[0023] Das Regeln der Luftfördereinheit kann insbesondere mittels eines elektrischen Signals oder eines Drucksignals erfolgen, das von der Regeleinrichtung an die Luftfördereinheit ausgegeben wird.

[0024] Der Begriff "ein relativ größerer (bzw. kleinerer) Luftstrom" bringt zum Ausdruck, dass die Verkleinerung (bzw. Vergrößerung) der Förderung des Luftstroms bei kleinerer (bzw. größerer) Heizleistung insbesondere nicht proportional, sondern überproportional erfolgt, so dass das Luft/Brenngas-Verhältnis und die Luftzahl λ bei kleinerer Heizleistung größer bzw. bei größerer Heizleistung kleiner wird.

[0025] Insbesondere regelt die Regeleinrichtung die Luftfördereinheit in Abhängigkeit der Heizleistung, so dass sich im Gemischstrom eine Luftzahl innerhalb des oben genannten Luftzahl-Werteintervalls einstellt.

[0026] Insbesondere kann die Regeleinrichtung als verteiltes System auch Brenngasstrom berührte Teile umfassen, beispielsweise Brenngasdurchsatzmessgeräte oder Brenngasdrucksonden, die eine Größe des Brenngasstroms erfassen. Der Luftstrom wird entsprechend der Größe des Brenngasstroms und in Abhängigkeit der Heizleistung so dosiert, dass sich im Gemischstrom eine Luftzahl innerhalb des oben genannten Luftzahl-Werteintervalls einstellt.

[0027] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung in Abhängigkeit der Heizleistung ein Gemischsignal erzeugt und an die Brenngasdosiereinheit und/oder die Luftfördereinheit ausgibt. Dabei ist das Gemischsignal dazu vorgesehen, bei kleinerer Heizleistung einen relativ kleineren Brenngasstrom zu dosieren und/oder einen relativ größeren Luftstrom zu fördern; und bei größerer Heizleistung einen relativ größeren Brenngasstrom zu dosieren und/oder einen relativ kleineren Luftstrom zu fördern. Die hier angesprochene Heizleistung kann eine erfasste tatsächliche Heizleistung oder auch eine angeforderte Heizleistung sein.

[0028] Das Gemischsignal kann insbesondere ein elektrisches Signal oder ein Drucksignal sein. Darunter, dass die Regeleinrichtung in Abhängigkeit der Heizleistung ein Gemischsignal erzeugt, kann insbesondere verstanden werden, dass in der Regeleinrichtung eine Kor-

relation zwischen Heizleistung und Gemischsignal - in Form eines Mechanismus, einer Wertetabelle, einer mathematischen Funktion und/oder eines Algorithmus - abrufbar ist, die der Erzeugung des Gemischsignals zugrunde gelegt wird. Das Gemischsignal umfasst insbesondere ein einzelnes Signal oder zwei Teilsignale, eins für die Luftfördereinheit und/oder ein anderes für die Brenngasdosiereinheit, und wirkt insbesondere auf die Luftstromförderung der Luftfördereinheit und/oder die Brenngasstromdosierung der Brenngasdosiereinheit.

[0029] Insbesondere regelt die Regeleinrichtung die Luftfördereinheit und/oder die Brenngasdosiereinheit in Abhängigkeit der Heizleistung, so dass sich im Gemischstrom eine Luftzahl innerhalb des oben genannten Luftzahl-Werteintervalls einstellt.

[0030] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung ein die Heizleistung charakterisierendes Leistungssignal erhält und verarbeitet, wobei das Leistungssignal auf einer Erfassung einer tatsächlichen oder angeforderten Heizleistung, des Gemischstroms, des Brenngasstroms, des Luftstroms, einer Gebläsedrehzahl eines den Luftstrom fördernden Luftgebläses und/oder einer Verbrennungstemperatur der Verbrennung des Luft-Brenngas-Gemischstroms beruht, wobei die Regeleinrichtung auf Grundlage des Leistungssignals das Gemischsignal generiert.

[0031] Das Leistungssignal kann insbesondere ein elektrisches Signal oder ein Drucksignal sein. Dazu umfasst die Verbrennungsvorrichtung zumindest eine Messeinrichtung, beispielsweise einen elektrischen, elektronischen oder pneumatischen Sensor, zum Erfassen der Heizleistung, des Gemischstroms, des Brenngasstroms, des Luftstroms, der Gebläsedrehzahl eines den Luftstrom fördernden Luftgebläses, und/oder der Verbrennungstemperatur der Verbrennung des Luft-Brenngas-Gemischstroms. Ein Wert des Leistungssignals entspricht einer Größe der Heizleistung. Die Regeleinrichtung empfängt das Leistungssignal und übersetzt es in das Gemischsignal.

[0032] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Erfassungseinheit das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , erfasst und ein entsprechendes erstes Rückmeldesignal an die Regeleinrichtung ausgibt, wobei die Regeleinrichtung das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , in Abhängigkeit des ersten Rückmeldesignals regelt.

[0033] Bei der ersten Erfassungseinheit kann es sich insbesondere um einen Lambdasensor oder um eine Ionisationselektrode handeln, die ein das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , repräsentierendes Signal messen. Mittels des ersten Rückmeldesignals kann die Regeleinrichtung einen geschlossenen Regelkreis zur Regelung des Luft/Brenngas-Verhältnisses, insbesondere der Luftzahl λ , in den oben definierten Grenzen nutzen.

[0034] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der

Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Erfassungseinheit eine Flammenstabilität der Verbrennung erfasst und ein entsprechendes zweites Rückmeldesignal an die Regeleinrichtung ausgibt, wobei die Regeleinrichtung das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , in Abhängigkeit des zweiten Rückmeldesignals regelt.

[0035] Unter Flammenstabilität wird hier insbesondere eine räumlich-dauerhafte Präsenz der Flamme in einem gewünschten Sollabstand von der Brennermündung oder Brenneroberfläche verstanden. Im Gegensatz dazu bedeutet ein Abheben einer Flamme von der Brennermündung oder Brenneroberfläche eine nicht stabil brennende Flamme, ein Vergrößern des Abstands und "Wegfliegen" der Flamme von der Brennermündung oder Brenneroberfläche. Dies geht mit einem unerwünschten Verlöschen des Brenners und Austritt von unverbranntem Gemisch einher und stellt einen gefährlichen Zustand dar, der vermieden und/oder erkannt werden muss. Ein Rückschlagen einer Flamme bedeutet ebenfalls eine nicht stabil brennende Flamme, ein Verkleinern des Abstands und Aufsitzen der Flamme auf der Brennermündung oder Brenneroberfläche, oder sogar ein Durchschlagen der Flamme durch die Brennermündung oder Brenneroberfläche in ein Inneres der Verbrennungsvorrichtung, beispielsweise bis zur Mischereinheit. Dies geht mit einem unerwünschten Überhitzen der Brenneroberfläche oder anderer Elemente im Inneren der Verbrennungsvorrichtung einher und stellt einen gefährlichen Zustand dar, der vermieden und/oder erkannt werden muss.

[0036] Bei der zweiten Erfassungseinheit kann es sich insbesondere um einen Temperatursensor oder einen optischen Sensor handeln. Diese messen ein die Flammenstabilität repräsentierendes Signal, beispielsweise eine "zu kalte" (Abhebeneigung) oder "zu heiße" (Rückschlagsneigung) Brenneroberfläche, oder einen zu großen oder zu kleinen Flammenabstand von der Brenneroberfläche. Der Temperatursensor kann beispielsweise dicht an der Brenneroberfläche angeordnet sein. Mittels des zweiten Rückmeldesignals kann die Regeleinrichtung einen Regelkreis zur Regelung des Luft/Brenngas-Verhältnisses, insbesondere der Luftzahl λ , in den oben definierten Grenzen nutzen, wodurch ein sicherer Betrieb der Verbrennungsvorrichtung mit stabiler Flammenbildung gewährleistet ist.

[0037] Wenn die Regeleinrichtung beispielsweise anhand eines Signals der zweiten Erfassungseinheit feststellt, dass die Flamme nicht stabil brennt, kann sie das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , innerhalb der oben definierten Grenzen so regeln, dass eine gewünschte Flammenstabilität sich wieder einstellt.

[0038] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass eine dritte Erfassungseinheit ein Verbrennungsgeräusch der Verbrennung erfasst und ein entsprechendes drittes Rückmeldesignal an die Regeleinrichtung ausgibt, wobei die Regeleinrichtung das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbe-

sondere die Luftzahl λ , in Abhängigkeit des zweiten Rückmeldesignals regelt.

[0039] Bei der dritten Erfassungseinheit kann es sich insbesondere um einen Akustiksensoren oder einen Schwingungssensoren handeln. Diese messen ein das Verbrennungsgeräusch repräsentierendes Signal, beispielsweise eine "zu laute" oder stark schwingende Verbrennung (bezogen auf einen vorgebbaren Grenzwert). Mittels des dritten Rückmeldesignals kann die Regeleinrichtung einen Regelkreis zur Regelung des Luft/Brenngas-Verhältnisses, insbesondere der Luftzahl λ , in den oben definierten Grenzen nutzen, wodurch ein leiser Betrieb der Verbrennungsvorrichtung gewährleistet ist.

[0040] Eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung eine Fehlermeldung ausgibt, wenn eine vorgebbare Flammenstabilität oder ein vorgebbarer Geräuschgrenzwert oder ein vorgebbarer Schwingungsgrenzwert innerhalb des Luftzahl-Werteintervalls nicht erreicht wird.

[0041] Da ein Abweichen von der Flammenstabilität und/oder dem Geräuschgrenzwert und/oder Schwingungsgrenzwert einen gefährlichen Zustand darstellen kann, der vermieden werden muss, kann es sinnvoll sein, die Fehlermeldung mit einem Abschalten der Verbrennungsvorrichtung zu ergänzen.

[0042] Die Erfindung betrifft ferner eine Verbrennungsvorrichtung, insbesondere eine Wasserstoff-Verbrennungsvorrichtung, für ein Heizgerät zum Beheizen zumindest eines Raumes und/oder zur Erwärmung zumindest eines Nutzfluids, wobei die Verbrennungsvorrichtung ausgebildet ist, ein Verfahren nach einer der oben beschriebenen Methoden durchzuführen.

[0043] Eine solche Verbrennungsvorrichtung gewährleistet einen Betrieb, der sich durch hohe Flammenstabilität, hohe Wirkungsgrade, niedrige Schadstoffwerte und geringe Geräuschbildung auszeichnet.

[0044] Die Erfindung betrifft ferner ein Heizgerät mit einer erfindungsgemäßen Verbrennungsvorrichtung.

Zeichnungen

[0045] Weitere Ausgestaltungen und Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Zeichnung, die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

- Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer Verbrennungsvorrichtung,
 Figur 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer Verbrennungsvorrichtung,
 Figur 3 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel einer Verbrennungsvorrichtung,
 Figur 4 zeigt einen Grenzkurvenverlauf der Luftzahl-

werte λ in einem ausgewählten Werteintervall in Abhängigkeit der relativen Heizleistung Q .

[0046] Die im Folgenden beschriebenen **Figuren 1, 2** und **3** (Besonderheiten werden jeweils hervorgehoben) zeigen jeweils eine Verbrennungsvorrichtung 100 zur Bereitstellung eines Luft-Brenngas-Gemischstroms M aus einem Luftstrom A und einem Brenngasstrom G, insbesondere einem Wasserstoffstrom G, in zumindest einem vorgebbaren Luft/Brenngas-Verhältnis, und zur Verbrennung des Gemischstroms M, wobei durch die Verbrennung eine Heizleistung erzeugt wird. Die Verbrennungsvorrichtung 100 umfasst eine Luftfördereinheit 102, eine Brenngasdosiereinheit 104, eine Mischereinheit 106, eine Brenneroberfläche 108 beziehungsweise eine Brennermündung 108, eine Regeleinrichtung 110, sowie Leitungen zum Luft-, Brenngas-, Gemisch- oder Signal-leitenden Verbinden der vorgenannten Komponenten.

[0047] Die Luftfördereinheit 102 dient einem Ansaugen eines Luftstroms A, insbesondere aus einer Aufstellungsumgebung 1 der Verbrennungsvorrichtung 100, sowie einem Fördern des Luftstroms A zur Mischereinheit 106. Beispielsweise handelt es sich bei der Luftfördereinheit 102 um ein Drehzahlregelbares Luftgebläse 102. Die Luftfördereinheit 102 wird von der Regeleinrichtung 110, beispielsweise auf Basis eines Signals S1 einer angeforderten Heizleistung, mittels einer Vorgabe eines Soll-Förderwerts S20, insbesondere einer Soll-Gebläsedrehzahl S20, geregelt. An der Luftfördereinheit 102 nach **Figur 3** wird ein Leistungssignal S21, insbesondere ein Ist-Förderwert wie beispielsweise eine Ist-Gebläsedrehzahl, erfasst, das eine Größe der Heizleistung (hier insbesondere des tatsächlich geförderten Luftstroms A) beschreibt.

[0048] Die Brenngasdosiereinheit 104 dient einem Dosieren eines Brenngasstroms G, wobei der Brenngasstrom G in die Mischereinheit 106 geführt wird. Beispielsweise handelt es sich bei der Brenngasdosiereinheit 104 um ein pneumatisch regelbares Brenngasventil 104 (insbesondere **Figur 1**) oder elektronisch regelbares Brenngasventil 104 (insbesondere **Figuren 2** und **3**). Ein Gemischsignal S3 gibt der Brenngasdosiereinheit 104 einen Stellwert vor, anhand dessen der Brenngasstrom G dosiert wird.

[0049] Die Mischereinheit 106 dient einem Zusammenführen von Luftstrom A und Brenngasstrom G und Mischen zu einem Gemischstrom M. Beispielsweise handelt es sich bei der Mischereinheit 106 um eine Venturidüse 106. An der Mischereinheit 106 nach **Figur 1** wird ein Leistungssignal S21, insbesondere ein Ist-Luftstromsignal wie beispielsweise ein Luftdruck, erfasst, das eine Größe der Heizleistung (hier insbesondere des tatsächlich geförderten Luftstroms A) beschreibt. Auf Basis des Leistungssignals S21 wird die Brenngasdosiereinheit 104 nach **Figur 1** geregelt.

[0050] An der Brenneroberfläche 108 tritt der Gemischstrom M in einen Brennraum 2 (hier nicht darge-

stellt) aus, wird gezündet und unter Ausbildung von Flammen F verbrannt.

[0051] Die Verbrennungsvorrichtung 100 umfasst weiter eine Regeleinrichtung 110, die dazu eingerichtet ist, das Luft/Brenngas-Verhältnis in Abhängigkeit der Heizleistung zu variieren, wobei das Luft/Brenngas-Verhältnis bei kleinerer Heizleistung einen größeren Wert annimmt und/oder bei größerer Heizleistung einen kleineren Wert annimmt. Die Regeleinrichtung 110 ist insbesondere dazu eingerichtet, eine Luftzahl λ , die das Luft/Brenngas-Verhältnis des Gemischstroms M beschreibt, auf einen Wert aus einem ausgewählten Luftzahl-Werteintervall zu regeln, wobei das Luftzahl-Werteintervall durch eine untere Luftzahlgrenzkurve λ -min und eine obere Luftzahlgrenzkurve λ -max wie folgt definiert ist:

$$\lambda\text{-min} = 0,15 / Q + 1$$

$$\lambda\text{-max} = 0,175 / Q + 1,25$$

[0052] Die Werte der unteren Luftzahlgrenzkurve λ -min und der oberen Luftzahlgrenzkurve λ -max hängen vom Wert der Heizleistung ab. Dabei steht Q für den Wert der relativen Heizleistung der Verbrennungsvorrichtung 100.

[0053] Insbesondere liegt ein tatsächlich eingeregelter Luftzahlwert λ günstigstenfalls im Wesentlichen in der Mitte zwischen der unteren und oberen Luftzahlgrenze. Somit repräsentieren die Luftzahlgrenzkurven λ -min und λ -max die zulässigen Abweichungen der Luftzahl λ von einem Idealwert.

[0054] Die Regeleinrichtung 110 nach **Figur 1** regelt den Brenngasstrom G auf Basis eines Leistungssignals S21, insbesondere eines Luftdrucksignals, das an der Mischereinheit 106 erfasst wird und die Größe der Heizleistung (hier insbesondere den durch die Mischereinheit strömenden Luftstrom A) beschreibt. Das Leistungssignal S21 wirkt auf die Regeleinrichtung 110. Die Regeleinrichtung 110 bewirkt daraufhin mittels eines Gemischsignals S3 das Dosieren eines angepassten Brenngasstroms G, so dass die Luftzahl λ im Gemischstrom M Werte aus dem ausgewählten Werteintervall annimmt.

[0055] Die Brenngasdosiereinheit 104 und zumindest Teile der Regeleinrichtung 110 nach **Figur 1** können insbesondere durch einen pneumatischen Luft-Brenngas-Verhältnisregler 112 gebildet werden. Unter einem pneumatischen Luft-Brenngas-Verhältnisregler 112 kann insbesondere eine zu einer Baueinheit kombinierte Armatur aus Regeleinrichtung 110 und Brenngasdosiereinheit 104 verstanden werden. Der Luft-Brenngas-Verhältnisregler 112 empfängt ein einen Luftstrom A beschreibendes Leistungssignal S21, beispielsweise ein Luftdrucksignal, übersetzt dieses in ein Gemischsignal S3, beispielsweise ein Stellsignal für einen Brenngasdruck, öffnet das Gasventil insbesondere zur Einstellung eines

Brenngasdrucks in Korrelation zum Luftdruck, und dosiert einen Brenngasstrom G entsprechend des Luftstroms A. Die vorgenannte Korrelation ist durch an dem Luft-Brenngas-Verhältnisregler 112 vorgenommene Einstellungen (beispielsweise eine Offset-Einstellung zum Verhältnis, insbesondere Differenz, von Brenngasdruck und Luftdruck) definiert.

[0056] Die Regeleinrichtung 110 nach **Figur 2** steuert sowohl den Luftstrom A als auch den Brenngasstrom G mittels zweier Gemischsignale S3 auf Basis einer angeforderten Heizleistung S1. Diese Regelung erfolgt so, dass die Luftzahl λ im Gemischstrom M Werte aus dem ausgewählten Werteintervall annimmt. Grundlage der Gemischsignale S3 kann eine Wertetabelle, eine parametrisierte Funktionsgleichung oder ein anderer Berechnungsalgorithmus sein, der in der Regeleinrichtung 110 gespeichert ist und eine Korrelation mit der angeforderten Heizleistung S1 herstellt.

[0057] Die Regeleinrichtung 110 nach **Figur 3** regelt den Luftstrom A auf Basis der angeforderten Heizleistung S1. Der Brenngasstrom G wird auf Basis eines an der Luftfördereinheit 102 erfassten Leistungssignals S21, insbesondere eines Ist-Förderwerts wie beispielsweise eine Ist-Gebläsedrehzahl, der eine Größe des tatsächlich geförderten Luftstroms A beschreibt, mittels eines Gemischsignals S3 dosiert. Diese Regelung erfolgt so, dass die Luftzahl λ im Gemischstrom M Werte aus dem ausgewählten Werteintervall annimmt. Grundlage des Gemischsignals S3 kann eine Wertetabelle, eine parametrisierte Funktionsgleichung oder ein anderer Berechnungsalgorithmus sein, der in der Regeleinrichtung 110 gespeichert ist und eine Korrelation mit dem Leistungssignal S21 herstellt.

[0058] Die Verbrennungsvorrichtung 100 nach **Figur 3** zeigt eine optionale erste Erfassungseinheit 114 zum Erfassen des tatsächlichen Luft/Brenngas-Verhältnisses, insbesondere der tatsächlichen Luftzahl λ , und zur Ausgabe eines entsprechenden ersten Rückmeldesignals S4 an die Regeleinrichtung 110, wobei die Regeleinrichtung 110 das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , in Abhängigkeit des ersten Rückmeldesignals S4 so regelt, dass die tatsächliche Luftzahl λ im Gemischstrom M Werte aus dem ausgewählten Werteintervall annimmt. Die erste Erfassungseinheit 114 kann eine Lambdasonde oder eine Ionisationselektrode umfassen. Die Regelung des Luft/Brenngas-Verhältnisses erfolgt insbesondere durch ein Regeln der Brenngasdosiereinheit 104. Das erste Rückmeldesignal S4 beeinflusst das von der Regeleinrichtung 110 ausgegebene Gemischsignal S3.

[0059] Ferner zeigt die Verbrennungsvorrichtung 100 nach **Figur 3** eine optionale zweite Erfassungseinheit 116 zur Erfassung einer Flammenstabilität der Verbrennung und zur Ausgabe eines entsprechenden zweiten Rückmeldesignals S6 an die Regeleinrichtung 110, wobei die Regeleinrichtung 110 das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , in Abhängigkeit des zweiten Rückmeldesignals S6 so regelt, dass die Luft-

zahl λ im Gemischstrom M Werte aus dem ausgewählten Werteintervall annimmt. Die zweite Erfassungseinheit 116 kann einen Temperaturfühler in oder an der Ebene der Brennero-berfläche 108 umfassen. Mit diesem Temperaturfühler kann ein die Flammenstabilität charakterisierender Abstand D der Flamme F von der Brennero-berfläche 108 erkannt und mit einem Sollabstand verglichen werden. Die Regelung des Luft/Brenngas-Verhältnisses erfolgt insbesondere durch ein Regeln der Brenngasdosiereinheit 104. Über das Luft/Brenngas-Verhältnis beziehungsweise die Luftzahl λ kann dann auch der Sollabstand wieder eingestellt werden. Das zweite Rückmeldesignal S6 beeinflusst das von der Regeleinrichtung 110 ausgegebene Gemischsignal S3.

[0060] Die erste Erfassungseinheit 114 und die zweite Erfassungseinheit 116, die an der Verbrennungsvorrichtung 100 nach **Figur 3** gezeigt sind, können auch mit den Verbrennungsvorrichtungen 100 nach **Figur 1** oder **Figur 2** verwendet werden.

[0061] **Figur 4** zeigt die Grenzkurvenverläufe λ -min und λ -max der ausgewählten unteren und oberen Luftzahlgrenzen in Abhängigkeit der relativen Heizleistung Q.

[0062] Ein Gesamt-Modulationsbereich der relativen Heizleistung Q der Verbrennungsvorrichtung 100 zwischen einem minimalen Wert Q -min > 0 und einem maximalen Wert Q -max = 1 lässt sich in einer vorteilhaften Betrachtung in drei Betriebsabschnitte gliedern.

[0063] Die Verläufe der Grenzkurven λ -min und λ -max der ausgewählten unteren und oberen Luftzahlgrenzen sind in Abhängigkeit der relativen Heizleistung Q auf Basis dieser drei betrachteten Betriebsabschnitte ausgelegt, die jeweils Einschränkungen in Richtung größerer und/oder kleinerer Luftzahlwerte aufweisen und einen zulässigen Mindest- und/oder Höchstwert für die Luftzahl bei einer bestimmten relativen Heizleistung festlegen.

[0064] In einem ersten Betriebsabschnitt, zwischen einer minimalen relativen Heizleistung Q -min (beispielsweise im Bereich Q -min = 0,05...0,1) und ungefähr Q = 0,15, gewährleistet das Luftzahl-Werteintervall die Sicherstellung einer niedrigen Flammengeschwindigkeit und niedrigen Zündenergie im Gemischstrom M.

[0065] In diesem ersten Betriebsabschnitt sind die Zündfähigkeit des Luft-Brenngas-Gemischstroms M und die sichere Zündung der Flamme F von zentraler Bedeutung. Der Luftzahlwert λ soll so hoch sein, dass eine Flammengeschwindigkeit des Gemischstroms M so gering ist, dass Überdrücke infolge plötzlicher Zündung des Gemischstroms M sicher beherrschbar und ausreichend leise sind. Die geringe Flammengeschwindigkeit hilft ein Rückschlagen der Flamme zu vermeiden. Der Luftzahlwert λ soll andererseits aber auch so niedrig sein, dass die Zündenergie des Gemischstroms M so gering ist, dass eine schnelle und zuverlässige Zündung einer Flamme möglich ist. Niedrige Zündenergie bedeutet, dass der Gemischstrom leicht zündet und eine zuverlässige, unverzögerte und sicher beherrschbare Zündung gewährleistet.

[0066] In einem zweiten Betriebsabschnitt, ungefähr zwischen den relativen Heizleistungen Q = 0,15 und Q = 0,4, gewährleistet das Luftzahl-Werteintervall die Vermeidung von Flammenrückschlag.

5 **[0067]** Zur Vermeidung von Flammenrückschlag sollte der Luftzahlwert λ so hoch sein, dass ein Zusammenspiel von Austrittsgeschwindigkeit des Gemischstroms M an der Brennero-berfläche 108 und Flammengeschwindigkeit im Gemischstrom M einen Flammenrückschlag ausschließt. Um das zu gewährleisten, muss die Austrittsgeschwindigkeit höher sein als die Flammengeschwindigkeit. Stöchiometrische Gemischströme (Luftzahl λ = 1) haben die höchste Flammengeschwindigkeit. Durch Anheben der Luftzahl wird die Flammengeschwindigkeit abgesenkt. Andererseits wird durch Anheben der Luftzahl gleichzeitig die Austrittsgeschwindigkeit des Gemischstroms erhöht, weil der Gemischvolumenstrom vergrößert wird. So kann auch bei relativ geringen Heizleistungen ein Flammenrückschlag vermieden werden.

10 **[0068]** In einem dritten Betriebsabschnitt, ungefähr zwischen der relativen Heizleistung Q = 0,4 und einer maximalen relativen Heizleistung Q -max = 1 (Nenn-Heizleistung der Verbrennungsvorrichtung 100), gewährleistet das Luftzahl-Werteintervall einen optimalen thermischen Wirkungsgrad, vollständige Verbrennung, Vermeidung von abhebenden Flammen und Kompatibilität mit pneumatischen Luft-Brenngas-Verhältnisreglern 112.

15 **[0069]** In diesem dritten Betriebsabschnitt sind ein thermischer Wirkungsgrad der Verbrennung, eine vollständige Verbrennung des Gemischstroms M und die Kompatibilität des Luftzahl-Werteintervalls mit den Möglichkeiten pneumatischer Luft-Brenngas-Verhältnisregler 112 entscheidend. Die pneumatische Luft-Gas-Verhältnisregelung beruht auf Strömungseinschränkungen und einem nominell festgelegten geregelten Gasdruck aus dem Gasventil. Dadurch wird eine Form der Luftzahl-grenzkurven, die das geregelte Luft-Brenngas-System liefern kann, physikalisch eingeschränkt. Kompatibilität bedeutet, dass die Form der Grenzkurve mit dem physikalischen Verhalten eines pneumatischen Luft-Brenngas-Verhältnisreglers 112 in Übereinstimmung gebracht werden kann. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Vermeidung eines Abhebens der Flamme. Der Luftzahlwert λ muss weiter so niedrig sein, dass ein erfindungsgemäße Verbrennungsvorrichtung 100 umfassendes Heizgerät einen möglichst hohen thermischen Wirkungsgrad erzielt. Außerdem muss die Luftzahl λ ausreichend höher als λ = 1,0 sein, um eine vollständige Verbrennung des Gemischstroms M, insbesondere des Brenngasstroms G, zu gewährleisten. Die Luftzahl λ muss also optimal eingestellt werden, um einen Rahmen (der sowohl eine obere als auch eine untere Grenze zu den beanspruchten Betriebsbedingungen angibt) zu bilden, der alle vorstehenden Anforderungen erfüllt und auch durch einen Luft-Brenngas-Verhältnisregler 112 zur Regelung des Luft/Brenngas-Verhältnisses erfolgen kann. Luft-Brenngas-Verhältnisregler 112 sind insbesondere pas-

sive physikalische Systeme, deren mögliches Verhalten durch physikalische Gesetze eingeschränkt ist. Beispielsweise muss die Kurve streng monoton und entweder konvex oder konkav sein.

[0070] Durch umfangreiche Forschung und Experimente wurde das im Vorstehenden beschriebene Verfahren zur Variation des Luft/Brenngas-Verhältnisses, insbesondere zur Anpassung der Luftzahl λ aus dem ausgewählten Luftzahl-Werteintervall, in Abhängigkeit der Heizleistung Q gefunden, das all diesen unterschiedlichen, teilweise konkurrierenden Anforderungen gerecht wird. Dabei ist die sichere Verbrennung von Wasserstoff ungleich schwieriger zu bewerkstelligen als die anderer Brennstoffe wie Methan, Propan oder Butan. Das liegt an den verbrennungstechnischen Eigenschaften von Flammengeschwindigkeit, Zündenergie und Zündgrenzen. Das Verfahren und die ausgewählten Luftzahlgrenzen wurden insbesondere an die ganz eigenen Erfordernisse einer Wasserstoff verbrennenden Verbrennungsvorrichtung 100 angepasst.

[0071] Ein weiterer Vorteil des Verfahrens, insbesondere des gefundenen Luftzahl-Werteintervalls, ist, dass das Verfahren bei entsprechender Einstellung auch mit bekannten pneumatischen Luft-Brenngas-Verhältnisreglern 112 realisierbar ist.

[0072] Bei bekannten pneumatischen Luft-Brenngas-Verhältnisreglern 112 können das ausgewählte Luftzahl-Werteintervall beziehungsweise die ausgewählten Luftzahlgrenzkurven λ -min und λ -max nach **Figur 4** insbesondere für eine Luft-Wasserstoff-Verbrennung durch die Einstellung eines höheren Betrags für den, insbesondere negativen, Offsetdruck als beispielsweise für Kohlenwasserstoff basierte Brenngase üblich erreicht werden (obwohl die Kurve noch im Modulationsbereich bestehender Gasventile liegt). Diese Offset-Einstellung kann mittels einer Stellschraube am Regler 112 vorgenommen werden. Die so erreichte Luftzahl λ wird beeinflusst durch einen von der Mischereinheit 106 ausgelösten Unterdruck, eine Drosselung des Brenngasstroms G (einschließlich des einstellbaren Drosselventils im Gasventil, falls vorhanden) und den Offsetdruck. Der tatsächlich abgegebene Offsetdruck des Gasventils variiert über dem Modulationsbereich, seine Größe erhöht sich mit zunehmender Heizleistung. Dies folgt jedoch einem linearen Verhältnis zur Heizleistung und behält einen sehr kleinen Betrag (wenige Zehner von Pascal) bei. Aufgrund seiner geringen Größe ist der Einfluss des Offsetdrucks bei großen Heizleistungen (bei denen der Venturi-Effekt und die Drosselung des Brenngasstroms G hoch sind) vernachlässigbar. Umgekehrt ist der Einfluss des Offsetdrucks bei niedrigen Heizleistungen sehr stark und ermöglicht die große Variation der Luftzahl über der Heizleistung, wie sie in den Luftzahlgrenzkurven λ -min und λ -max wiedergegeben ist.

Patentansprüche

1. **Verfahren** zum Betreiben einer Verbrennungsvorrichtung (100) zur Bereitstellung eines Luft-Brenngas-Gemischstroms (M) aus einem Luftstrom (A) und einem Brenngasstrom (G), insbesondere einem Wasserstoffstrom, in zumindest einem vorgebbaren Luft/Brenngas-Verhältnis, und zur Verbrennung des Gemischstroms (M), wobei durch die Verbrennung eine Heizleistung erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Luft/Brenngas-Verhältnis mittels einer Regeleinrichtung (110) in Abhängigkeit der Heizleistung variiert wird, wobei das Luft/Brenngas-Verhältnis bei kleinerer Heizleistung einen größeren Wert annimmt und/oder bei größerer Heizleistung einen kleineren Wert annimmt.

2. Verfahren zum Betreiben einer Verbrennungsvorrichtung (100) zur Bereitstellung eines Luft-Brenngas-Gemischstroms (M) aus einem Luftstrom (A) und einem Brenngasstrom (G), insbesondere einem Wasserstoffstrom, mit zumindest einer vorgebbaren Luftzahl λ im Gemischstrom (M), und zur Verbrennung des Gemischstroms (M), wobei durch die Verbrennung eine Heizleistung erzeugt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** mittels einer Regeleinrichtung (110) die Luftzahl λ des Gemischstroms (M) auf einen Wert innerhalb des Luftzahl-Werteintervalls

$$0,15 / Q + 1 \leq \lambda \leq 0,175 / Q + 1,25$$

geregelt wird,

wobei die Luftzahl λ ein Mengenverhältnis von Luft zu Brenngas charakterisiert und als Quotient aus einer tatsächlich im Gemischstrom (M) vorhandenen Luftmenge und einer für eine stöchiometrische Verbrennung des Gemischstroms (M) benötigten Luftmenge berechnet ist, und wobei Q der Wert der relativen Heizleistung der Verbrennungsvorrichtung (100) ist und im Bereich $0 < Q \leq 1$ liegt.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (110) die Brenngasdosiereinheit (104) in Abhängigkeit der Heizleistung regelt, wobei die Brenngasdosiereinheit (104) bei kleinerer Heizleistung einen relativ kleineren Brenngasstrom (G) dosiert, und bei größerer Heizleistung einen relativ größeren Brenngasstrom (G) dosiert.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (110) die Luftfördereinheit (102) in Abhängigkeit der Heizleistung regelt, wobei die Luftförderein-

heit (102) bei kleinerer Heizleistung einen relativ größeren Luftstrom (A) fördert, und bei größerer Heizleistung einen relativ kleineren Luftstrom (A) fördert.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5

dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (110) die Heizleistung erfasst, in Abhängigkeit der Heizleistung ein Gemischsignal (S3) erzeugt und an die Brenngasdosiereinheit (104) und/oder die Luftfördereinheit (102) ausgibt,

wobei das Gemischsignal (S3) dazu vorgesehen ist, bei kleinerer Heizleistung einen relativ kleineren Brenngasstrom (G) zu dosieren und/oder einen relativ größeren Luftstrom (A) zu fördern; und bei größerer Heizleistung einen relativ größeren Brenngasstrom (G) zu dosieren und/oder einen relativ kleineren Luftstrom (A) zu fördern.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5

dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (110) ein die Heizleistung charakterisierendes Leistungssignal (S21) erhält und verarbeitet, wobei das Leistungssignal (S21) auf einer Erfassung einer tatsächlichen oder angeforderten Heizleistung, des Gemischstroms (M), des Brenngasstroms (G), des Luftstroms (A), einer Gebläsedrehzahl eines den Luftstrom (A) fördernden Luftgebläses, und/oder einer Verbrennungstemperatur der Verbrennung des Gemischstroms (M) beruht,

wobei die Regeleinrichtung (110) auf Grundlage des Leistungssignals (S21) das Gemischsignal (S3) generiert.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 5

dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Erfassungseinheit (114) das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , erfasst und ein entsprechendes erstes Rückmeldesignal (S4) an die Regeleinrichtung (110) ausgibt, wobei die Regeleinrichtung (110) das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , in Abhängigkeit des ersten Rückmeldesignals (S4) regelt.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 55

dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Erfassungseinheit (116) eine Flammenstabilität

der Verbrennung erfasst und ein entsprechendes zweites Rückmeldesignal (S6) an die Regeleinrichtung (110) ausgibt,

wobei die Regeleinrichtung (110) das Luft/Brenngas-Verhältnis, insbesondere die Luftzahl λ , in Abhängigkeit des zweiten Rückmeldesignals (S6) regelt.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regeleinrichtung (110) eine Fehlermeldung ausgibt, wenn eine vorgebbare Flammenstabilität innerhalb des Luftzahl-Werteintervalls nicht erreicht werden kann.

10. **Verbrennungsvorrichtung** (100), insbesondere eine Wasserstoff-Verbrennungsvorrichtung, für ein Heizgerät zum Beheizen zumindest eines Raumes und/oder zur Erwärmung zumindest eines Nutzfluids,

dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsvorrichtung (100) ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchzuführen.

11. **Heizgerät**, aufweisend eine Verbrennungsvorrichtung (100),

dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsvorrichtung (100) nach Anspruch 10 ausgebildet ist.

Fig. 1

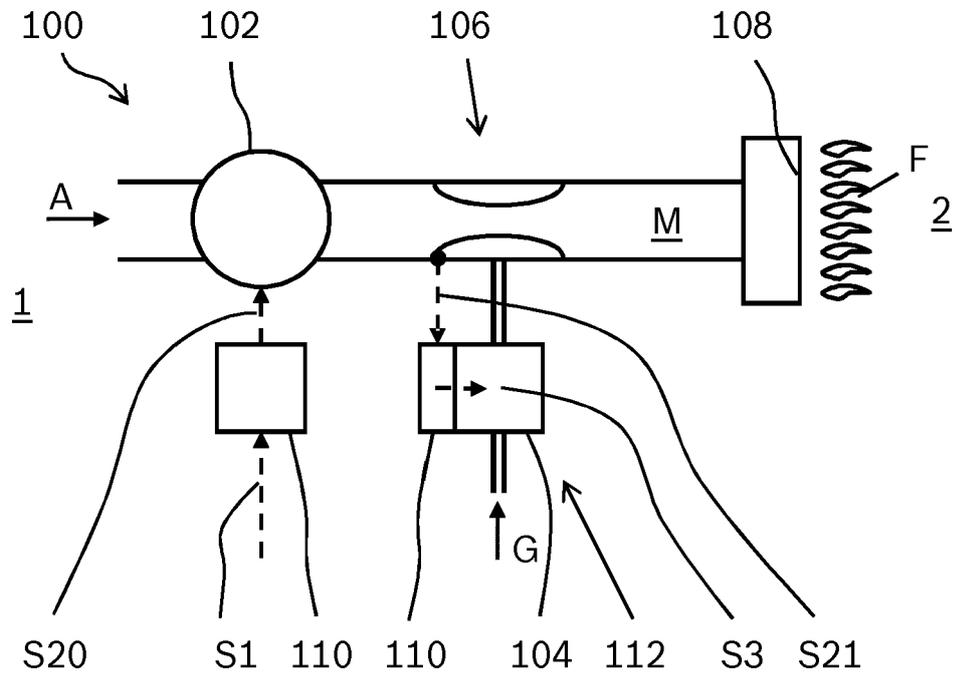


Fig. 2

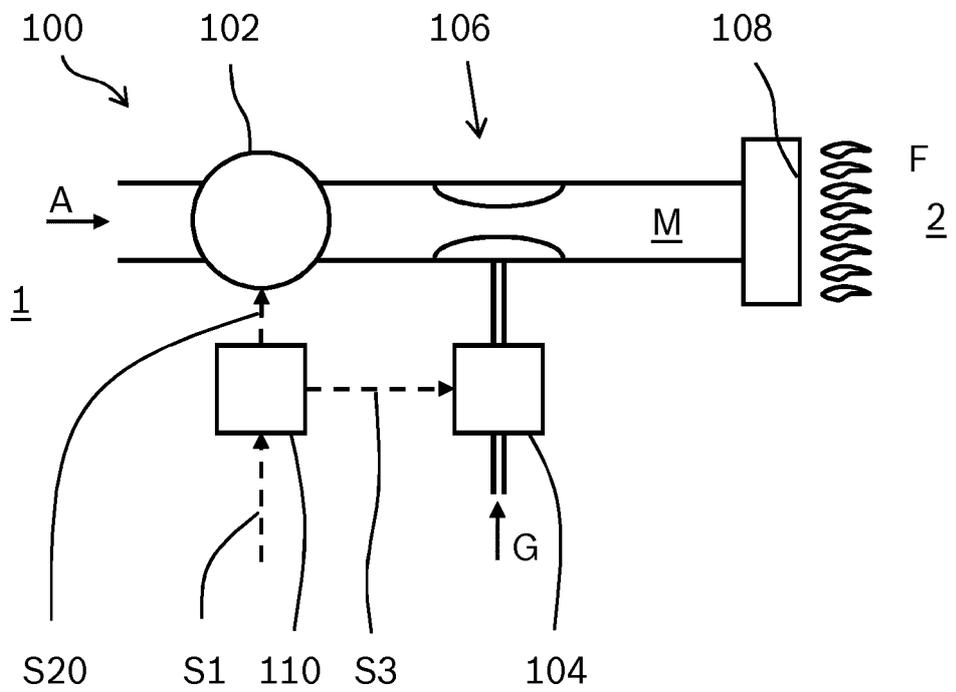


Fig 3

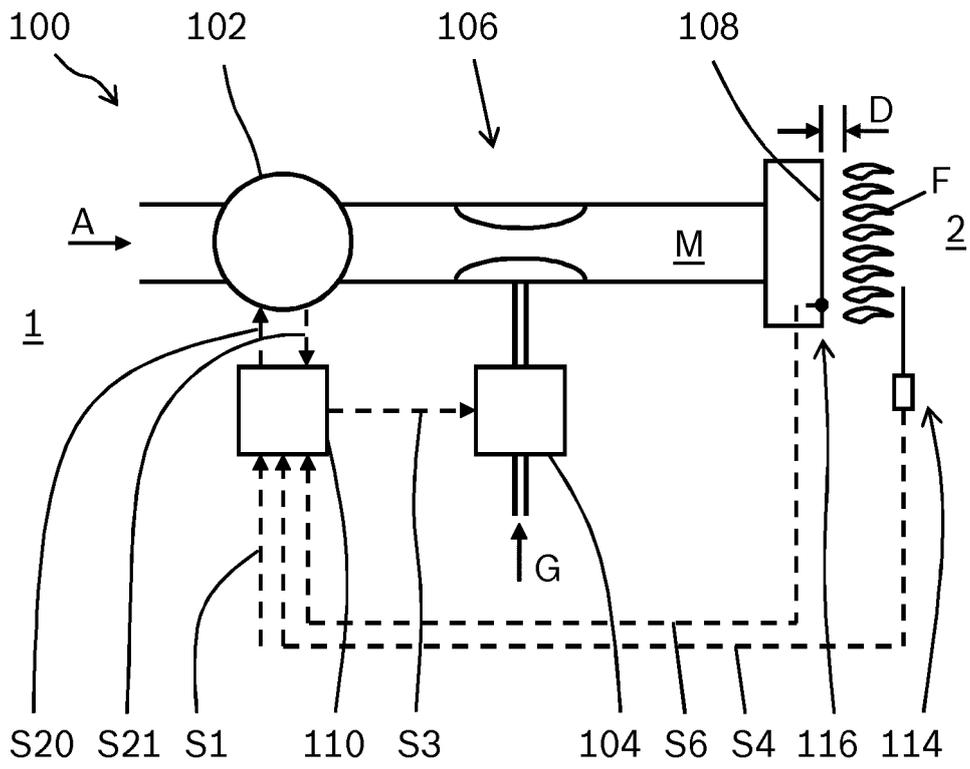
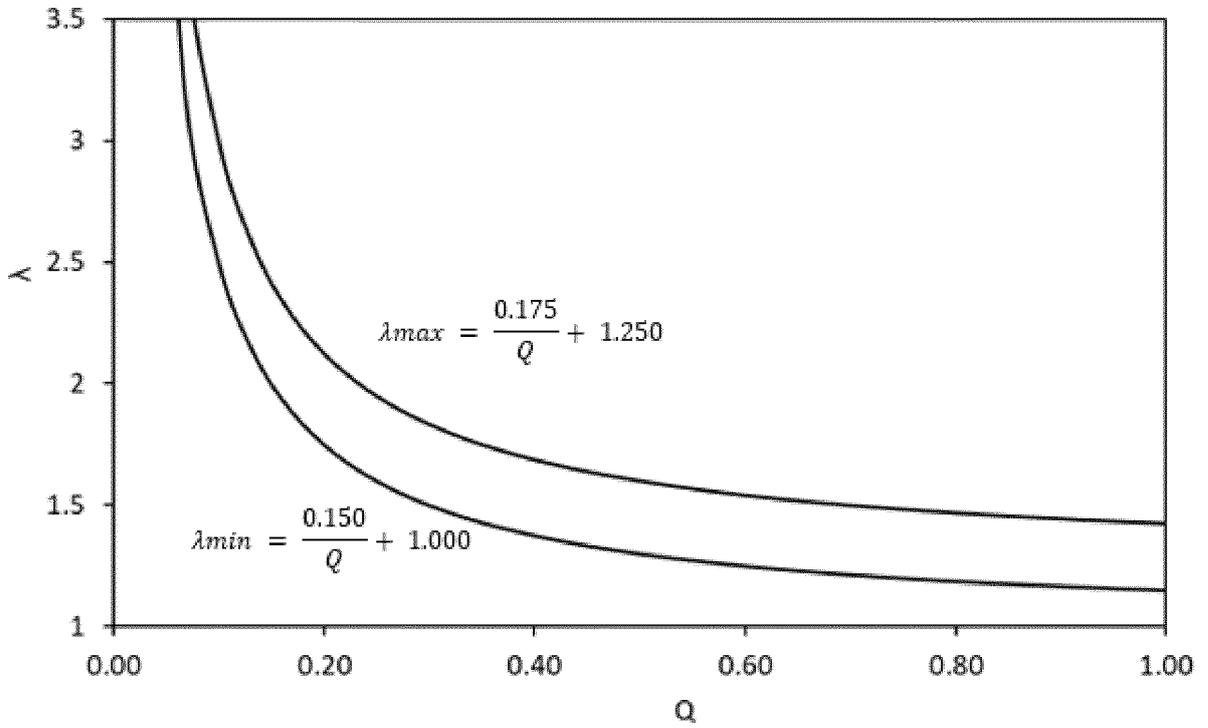


Fig. 4





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 19 9318

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	<p>WO 2020/182902 A1 (BEKAERT COMBUSTION TECH BV [NL]) 17. September 2020 (2020-09-17)</p> <p>* Seite 2, Zeile 35 - Seite 3, Zeile 7 *</p> <p>* Seite 4, Zeilen 1f, 29-36 *</p> <p>* Seite 5, Zeilen 21-23 *</p> <p>* Seite 6, Zeilen 22-24 *</p> <p>* Seite 10, Zeilen 13-23 *</p> <p>* Seiten 20-23 *</p> <p>* Abbildungen 5-8 *</p> <p>-----</p>	1-11	<p>INV.</p> <p>F23N1/00</p> <p>F23N1/02</p> <p>F23N3/00</p> <p>F23N5/00</p> <p>F23N5/12</p> <p>F23D14/02</p>
X	<p>EP 1 522 790 A2 (VAILLANT GMBH [DE]) 13. April 2005 (2005-04-13)</p> <p>* Absätze [0033] - [0035], [0038] - [0041], [0056] *</p> <p>* Abbildungen 1, 4 *</p> <p>-----</p>	1-11	
X	<p>EP 3 182 007 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. Juni 2017 (2017-06-21)</p> <p>* Absätze [0021] - [0028] *</p> <p>* Abbildungen 1, 2 *</p> <p>-----</p>	1-7, 9-11	
			<p>RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)</p> <p>F23N</p>
1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	<p>Recherchenort</p> <p>München</p>	<p>Abschlußdatum der Recherche</p> <p>4. Februar 2022</p>	<p>Prüfer</p> <p>Vogl, Paul</p>
	<p>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</p> <p>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</p> <p>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</p> <p>A : technologischer Hintergrund</p> <p>O : mündliche Offenbarung</p> <p>P : Zwischenliteratur</p>		
	<p>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</p> <p>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</p> <p>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument</p> <p>.....</p> <p>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</p>		

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 19 9318

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

04-02-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2020182902 A1	17-09-2020	CN 113557390 A	26-10-2021
		EP 3938707 A1	19-01-2022
		KR 20210134970 A	11-11-2021
		WO 2020182902 A1	17-09-2020

EP 1522790 A2	13-04-2005	AT 534871 T	15-12-2011
		DE 102004048986 A1	04-05-2005
		DK 1522790 T3	19-03-2012
		EP 1522790 A2	13-04-2005
		ES 2376312 T3	12-03-2012

EP 3182007 A1	21-06-2017	DE 102015225886 A1	22-06-2017
		EP 3182007 A1	21-06-2017

EPO FORM P0461

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