

(19)



(11)

EP 4 530 531 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.04.2025 Patentblatt 2025/14

(21) Anmeldenummer: **24199973.9**

(22) Anmeldetag: **12.09.2024**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23D 14/02 ^(2006.01) **F23D 14/62** ^(2006.01)
F23D 14/70 ^(2006.01) **F23D 14/82** ^(2006.01)
F23N 5/24 ^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23N 5/247; F23D 14/02; F23D 14/62; F23D 14/70;
F23D 14/82; F23C 2900/9901; F23D 2203/1012;
F23D 2203/102; F23D 2209/10; F23D 2210/00;
F23N 2225/04

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

(30) Priorität: **29.09.2023 DE 102023126739**

(71) Anmelder: **Viessmann Climate Solutions SE**
35108 Allendorf (DE)

(72) Erfinder:
• **HANZ, Thomas**
56477 Rennerod (DE)
• **STUTZMANN, Sven**
35108 Allendorf (DE)
• **SCHUBERT, Andreas**
35088 Battenberg (DE)
• **PAESLER, Lars**
35037 Marburg (DE)

(74) Vertreter: **MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann**
Patentanwälte PartG mbB
Paul-Heyse-Straße 29
80336 München (DE)

(54) **BRENNERVORRICHTUNG, WÄRMEERZEUGER, HEIZUNGSANLAGE UND
BRAUCHWASSERVERSORGUNGSANLAGE UND VERFAHREN ZUR
SCHWINGUNGSANPASSUNG EINER BRENNERVORRICHTUNG**

(57) Die Erfindung stellt eine Brennvorrichtung 100 zur Bereitstellung von Wärmeenergie durch Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemischs G bereit, die einen Flammkörper 1, der einen Innenraum 11 begrenzt, der über Öffnungen im Flammkörper 1 mit einer äußeren Brennfläche 12 des Flammkörpers 1 verbunden ist, auf der die Verbrennung eines in den Innenraum 11 eingeleiteten und durch die Öffnungen strömenden Luft-Brennstoff-Gemischs G in einer oder mehreren Brenner-

flammen erfolgt, und eine Strömungsleiteinrichtung 2, umfasst, die einen größtenteils oder vollständig im Innenraum 11 liegenden axialen Strömungskanal 21 zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs G, der insbesondere parallel zu einer Längsachse LA des Flammkörpers 1 verläuft, umfasst, dessen axiale Länge in Abhängigkeit einer durch die ein oder mehreren Brennerflammen induzierten Schwingungsfrequenz gewählt ist.

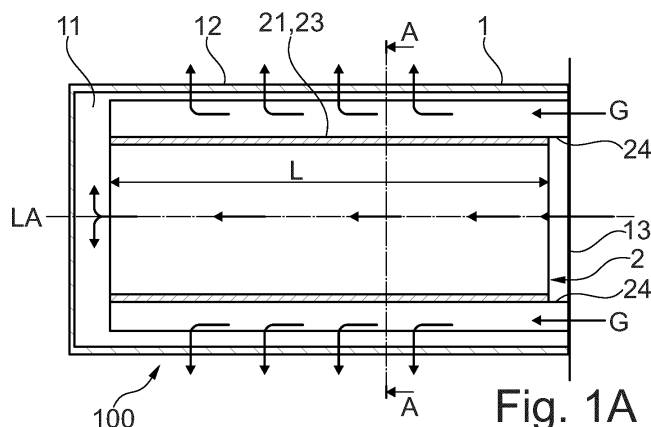


Fig. 1A

Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennervorrichtung, einen Wärmeerzeuger mit einer Brennervorrichtung, eine Heizungsanlage und eine Brauchwasserversorgungsanlage jeweils mit einem Wärmeerzeuger sowie ein Verfahren zur Schwingungsanpassung einer Brennervorrichtung.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Brennervorrichtungen zum Einsatz in Wärmeerzeugern bekannt, bei denen ein vorgemischtes Luft-Brennstoff-Gemisch in einen Flammkörper geleitet wird, um im Anschluss auf einer als Brennfläche fungierenden äußeren Oberfläche des selbigen verbrannt zu werden. Dieses Konzept entspricht einem sogenannten Vormischbrenner.

[0003] Je nach Zusammensetzung des Brennstoffes kann das Luft-Brennstoff-Gemisch unterschiedliche Flammenausbreitungsgeschwindigkeiten aufweisen, was unter Umständen zu einem unerwünschten Rückschlag der sich auf der Brennfläche befindlichen Brennerflamme in den Flammkörper hinein führen kann. Dieses Phänomen ist insbesondere bei Verwendung von Wasserstoff enthaltenden Brennstoffen zu beobachten, da Wasserstoff eine höhere Flammenausbreitungsgeschwindigkeit aufweist als konventionell benutzte fossile Brennstoffe.

[0004] Um einen solchen Rückschlag zu verhindern, oder zumindest dessen Ausbreitung innerhalb des Flammkörpers zu begrenzen sind aus dem Stand der Technik, unter anderem aus der EP 4 160 092 A1, Flammensperren bekannt, die eine Durchlässigkeit für das Luft-Brennstoff-Gemisch in Richtung der Brennfläche zulassen, aber kein Passieren einer von dort rückschlagenden Brennerflamme erlauben.

[0005] Im Zusammenhang mit den Vormischbrennern ergeben sich zudem thermoakustische Probleme, die dadurch bedingt sind, dass die bei der Verbrennung in Folge thermischer Expansion emittierten akustische Wellen im Brennraum reflektiert werden und sich wiederum auf die Verbrennung selbst auswirken können und damit einen schwingungstechnischen Selbsterregungsmechanismus darstellen.

[0006] Schwingungsfähige Systeme mit Selbsterregung können in Abhängigkeit der Systemarchitektur und der gewählten Betriebsparameter instabile Betriebszustände aufweisen, in denen Schwingungen mit vergleichsweise hoher Amplitude auftreten, insbesondere in Form einer sogenannten Grenzzyklusschwingung.

[0007] Kommt es bei einer Brennervorrichtung zu einem solchen Zustand der thermoakustischen Instabilität, können die durch die Selbsterregung induzierten Schwingungen zur unvollständigen Verbrennung des Luft-Brennstoff-Gemischs, zu Flammenrückschlägen

sowie zu einer erhöhten Schallemission führen, was allesamt unerwünschte Betriebszustände sind.

[0008] Bisherige Lösungsansätze zu dieser thermoakustischen Problematik zielen auf eine Regelung der einzelnen Betriebsparameter der Brennervorrichtung ab, wie beispielsweise des Massenstroms des zu verbrennenden Luft-Brennstoff-Gemischs, um so gezielt Einfluss auf die Brennerflamme und damit auf die durch diese emittierten akustischen Wellen zu nehmen und so das System in einem thermoakustisch stabilen Betriebszustand zu halten.

[0009] Dieses Vorgehen stößt jedoch insbesondere bei der zunehmenden Verwendung von wasserstoffhaltigen Brennstoffen an ihre Grenzen, da es mit zunehmendem Wasserstoffanteil aufgrund der geringen Zündverzugszeiten des Wasserstoffs selbst schwierig wird, durch eine Regelung gezielt Einfluss auf die Brennerflamme zu nehmen.

Zusammenfassung

[0010] Der vorliegenden Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, eine gegenüber dem Stand der Technik verbesserte Möglichkeit zur verbrennungsbasierten Wärmeerzeugung mit einer thermoakustisch stabilisierten Brennervorrichtung zu schaffen, insbesondere für den Einsatz mit wasserstoffhaltigen Brennstoffen.

[0011] Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine Brennervorrichtung nach Anspruch 1 bereitgestellt sowie darauf aufbauend ein Wärmeerzeuger nach Anspruch 13, eine Heizungsanlage nach Anspruch 14 und eine Brauchwasserversorgungsanlage nach Anspruch 15. Ferner stellt die Erfindung ein Verfahren zur Schwingungsanpassung einer Brennervorrichtung nach Anspruch 12 bereit.

[0012] Die jeweiligen abhängigen Ansprüche beziehen sich dabei auf bevorzugte Ausführungsformen, die jeweils für sich genommen oder in Kombination bereitgestellt werden können.

[0013] Gemäß eines ersten Aspekts wird eine Brennervorrichtung zur Bereitstellung von Wärmeenergie durch Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemischs bereitgestellt. Die Brennervorrichtung umfasst einen Flammkörper, der einen Innenraum begrenzt, der über Öffnungen im Flammkörper mit einer äußeren Brennfläche des Flammkörpers verbunden ist, auf der die Verbrennung eines in den Innenraum eingeleiteten und durch die Öffnungen strömenden Luft-Brennstoff-Gemischs in einer oder mehreren Brennerflammen erfolgt, und eine Strömungsleiteinrichtung, die einen größtenteils oder vollständig im Innenraum liegenden axialen Strömungskanal zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs, der insbesondere parallel zu einer Längsachse des Flammkörpers verläuft, umfasst, dessen axiale Länge in Abhängigkeit einer durch die ein oder mehreren Brennerflammen induzierten Schwingungsfrequenz gewählt ist.

[0014] Auf diese Weise wird eine Art Resonator für das

Luft-Brennstoff-Gemisch im Innenraum ausgebildet, der auf die Schwingungsfrequenz angepasst ist und über den das Schwingungsverhalten der gesamten Brennvorrichtung im Vergleich zu einer Ausführung ohne Strömungsleiteinrichtung signifikant verändert wird, um so insbesondere Schwingungen der Brennvorrichtung und/oder von deren Komponenten zu reduzieren, wodurch das Risiko einer unvollständigen Verbrennung und/oder von Flammenrückschlägen reduziert wird, was wiederum den Wirkungsgrad der Brennvorrichtung erhöht. Zudem erfolgt dadurch eine geringere Schallemission während des Betriebs, was vom Nutzer als hoher Komfort empfunden wird.

[0015] Damit löst die vorgeschlagene Brennvorrichtung das Problem der thermoakustischen Instabilität durch Einbringen einer stromaufwärts der Brennfläche liegende Struktur in Form der Strömungsleiteinrichtung, wodurch beispielsweise eine auf die thermoakustische Instabilität gerichtete Regelung einzelner Betriebsparameter grundsätzlich auch überflüssig wäre.

[0016] Vorzugsweise ist die Brennvorrichtung dabei zur Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemischs mit wasserstoffhaltigen Brennstoff eingerichtet.

[0017] Unter wasserstoffhaltigen Brennstoff ist ein Brennstoff zu verstehen, der einen gewissen Anteil an elementarem Wasserstoff (H_2) enthält. Weitere Brenngasbestandteile können Methan, Propan, Butan oder inerte Gase wie beispielsweise Stickstoff und Kohlenstoffdioxid sein. Vorzugsweise beträgt ein Anteil des Wasserstoffs zwischen 10 und 100 Vol.-%, besonders bevorzugt zwischen 30 und 100 Vol.-%. Die zulässigen Bestandteile der Gase (auch Wasserstoffgehalte) sind in einschlägigen Normen (z.B. EN 437) festgehalten, wonach die Geräte zugelassen/freigegeben werden.

[0018] Unter der Längsachse des Flammkörpers ist eine durch die Mitte des Innenraums verlaufende Längsachse zu verstehen, die von der als Brennfläche fungierenden Oberfläche des Flammkörpers umhüllt ist. In anderen Worten ist besagte Oberfläche als entlang der Längsachse verlaufende Mantelfläche zu verstehen. Vorzugsweise ist der Flammkörper derart gestaltet, dass die Öffnungen zur Verbindung von Brennfläche und Innenraum winklig, insbesondere rechtwinklig, zur Längsachse verlaufen.

[0019] Vereinfacht gesagt entspricht die Längsachse des Flammkörpers vorzugsweise einer zu Ausleitrichtungen des Luft-Brennstoff-Gemischs aus den Öffnungen senkrecht stehenden Mittelachse. Eine radiale Richtung des Flammkörpers ist nachfolgend auf besagte Längsachse bezogen zu verstehen.

[0020] Der axiale Strömungskanal ist dabei in besagter radialer Richtung naheliegender Weise undurchlässig für das Luft-Brennstoff-Gemisch und füllt auch nicht den kompletten Innenraum aus, sondern nur eine Teilmenge desselbigen, sodass im Innenraum auch Bereiche vorliegen, die vom Luft-Brennstoff-Gemisch durchströmt werden, aber nicht im axialen Strömungskanal liegen.

[0021] Vorzugsweise weist der Flammkörper eine im Wesentlichen zylindrische Form, insbesondere kreiszyklindrisch, auf mit einem als Brennfläche fungierenden Zylindermantel und vorzugsweise einer stirnseitigen Endfläche, die den Innenraum entlang in Richtung der Längsachse begrenzt. Im Falle der zylindrischen Form wäre die Längsachse dabei als mittige Hochachse des Zylinders zu verstehen.

[0022] Die kreiszyklindrische Ausführung gestattet dabei einen im Wesentlichen über die Längsachse hinweg konstanten Strömungsquerschnitt des axialen Strömungskanals und ist damit konstruktiv leicht umsetzbar.

[0023] Der Begriff zylindrisch ist durch die gesamte Anmeldung hinweg als auf einen allgemeinen Zylinder gemäß der gängigen Definition aus der Mathematik zu verstehen. Ein Kreiszylinder soll dabei einen speziellen Zylinder mit kreisrunder Grund- oder Deckfläche bezeichnen.

[0024] Die Begrenzung des Innenraums ist dabei nicht als vollständiges Begrenzen bzw. Umhüllen des Innenraums in alle drei Raumrichtungen zu verstehen. Vielmehr lässt der Flammkörper zumindest eine Öffnung zum Innenraum offen, durch die das Luft-Brennstoff-Gemisch in diesen eingeleitet wird, vorzugsweise über eine Einleitfläche, die ganz oder teilweise einer Öffnungsfläche der zumindest einen Öffnung zum Innenraum entspricht oder aus dieser durch Parallelverschiebung einer Teilfläche oder der gesamten Öffnungsfläche hervorgeht. Einleitfläche und Öffnungsfläche stehen dabei üblicherweise rechtwinklig zur Längsachse des Flammkörpers.

[0025] Bei der Schwingungsfrequenz, in Abhängigkeit derer die Länge des axialen Strömungskanals festgesetzt wird bzw. ausgewählt wird, handelt es sich vorzugsweise um eine Schwingungsfrequenz einer zu reduzierenden Schwingung der Brennvorrichtung im Betrieb ohne eine Strömungsleiteinrichtung oder mit "unangepasster" Länge der Strömungsleiteinrichtung.

[0026] Vorzugsweise handelt es sich dabei um eine Schwingungsfrequenz der Brennvorrichtung selbst (als Baugruppe aus Festkörpern) oder um eine Schwingungsfrequenz der Verbrennung, also eine Schwingungsfrequenz der dabei entstehenden Druckschwingung.

[0027] Die Schwingungsfrequenz kann eine Schwingungsfrequenz aus einem gemessenen Frequenzspektrum der Brennvorrichtung im Betrieb sein, vorzugsweise eine Schwingungsfrequenz mit vergleichsweise hoher Amplitude im Frequenzspektrum, die es durch die Strömungsleiteinrichtung zu reduzieren gilt.

[0028] Die Schwingungsfrequenz kann aber auch durch Simulation, beispielsweise durch FE- und/oder CFD-Simulation, vorzugsweise mit Modalanalyse, ermittelt werden, also rechnergestützt ermittelt.

[0029] Vorzugsweise erfolgt die Wahl der Länge derart, dass sich im axialen Strömungskanal eine stehende Welle des Luft-Brennstoff-Gemischs ausbildet, deren Frequenz im Wesentlichen der induzierten Schwin-

gungsfrequenz entspricht.

[0030] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die axiale Länge in Abhängigkeit einer Schwingungsfrequenz der Brennvorrichtung gewählt, die auftritt, wenn die Brennvorrichtung ohne Strömungsleiteinrichtung betrieben wird.

[0031] Auf diese Weise kann der Frequenzbereich, in dem eine zu reduzierende Schwingung auftritt, besonders gut identifiziert werden.

[0032] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die axiale Länge in zusätzlicher Abhängigkeit von der Schallgeschwindigkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs gewählt, und vorzugsweise in zusätzlicher Abhängigkeit einer Länge des Innenraums in Richtung der Längsachse des Flammkörpers.

[0033] Auf diese Weise können die spezifischen Eigenschaften des tatsächlich verwendeten Luft-Brennstoff-Gemischs bei der Auslegung berücksichtigt werden. Insbesondere falls wasserstoffhaltiger Brennstoff zum Einsatz kommt, da dieser einen vergleichsweise großen Einfluss auf die Schallgeschwindigkeit hat.

[0034] Durch Einbeziehung der Länge kann die maximal mögliche Länge des Strömungskanals gewählt werden, die noch in den Innenraum passt, um so die Wirkung des Resonators zu maximieren.

[0035] Alternativ kann die durchschnittliche Schallgeschwindigkeit von Luft angesetzt werden, die allerdings weniger akkurate Resultate bei der Wahl der passenden Länge liefert.

[0036] In einer bevorzugten Ausführungsform ist ein Verhältnis einer Querschnittsfläche des axialen Strömungskanals in einem senkrecht zur Längsachse des Flammkörpers stehenden Querschnitt zu einer Einleitfläche, über die das Luft-Brennstoff-Gemisch in den Innenraum eingeleitet wird, größer gleich 15%, insbesondere größer gleich 25%.

[0037] Auf diese Weise kann eine ausreichend große Menge an Luft im Resonator bereitgestellt werden, um die Schwingungen in der gewünschten Frequenz effektiv zu reduzieren.

[0038] Vorzugsweise ist das Verhältnis der Querschnittsfläche des axialen Strömungskanals in dem senkrecht zur Längsachse des Flammkörpers stehenden Querschnitt zur Einleitfläche kleiner gleich 90%, insbesondere kleiner gleich 80% und insbesondere kleiner gleich 75%.

[0039] Dadurch steht ausreichend Platz im Innenraum bereit um eine Versorgung sämtlicher Öffnungen des Flammkörpers mit Luft-Brennstoff-Gemisch trotz der im Innenraum befindlichen Strömungsleiteinrichtung zu gewährleisten.

[0040] Vorzugsweise weisen Innenraum und axialer Strömungskanal einen zylindrischen Querschnitt auf, wobei ein Innendurchmesser des Strömungskanals zumindest 25% eines Durchmessers der Einleitfläche entspricht, insbesondere 50% des Durchmessers der Einleitfläche.

[0041] In einer bevorzugten Ausführungsform ist der

axiale Strömungskanal in Bezug auf den Flammkörper mittig angeordnet, sodass dieser in dem senkrecht zur Längsachse des Flammkörpers stehenden Querschnitt von einer an den Innenraum angrenzenden Umfangsinnenwand des Flammkörpers beabstandet ist.

[0042] Dadurch wird ein besonders symmetrischer Aufbau umgesetzt, bei der der Resonator in der Mitte angeordnet ist und umfangsseitig von dem nicht durch den axialen Strömungskanal strömenden Luft-Brennstoff-Gemisch umströmt wird.

[0043] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Strömungsleiteinrichtung weitere Strömungskanäle zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs, die insbesondere parallel zu einer Längsachse des Flammkörpers verlaufen, und die bezogen auf den senkrecht zur Längsachse des Flammkörpers stehenden Querschnitt zwischen dem axialen Strömungskanal und der Umfangsinnenwand des Flammkörpers angeordnet sind.

[0044] Die mehreren Strömungskanäle, die im Grunde bezogen auf den mittigen, axialen Strömungskanal umfangsseitig angeordnet sind, beugen einer Ausbildung von Schwingungsmoden in einer zur Längsachse des Flammkörpers bezogenen Umfangsrichtung im Innenraum vor, was wiederum die Schwingungscharakteristika der Brennvorrichtung verbessert.

[0045] In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Strömungsleiteinrichtung als Rohreinsatz ausgebildet, der ein mittiges Rohrelement, das den axialen Strömungskanal bildet, und mehrere Finnelemente umfasst, die auf einem Außenumfang des mittigen Rohrelements nach außen gerichtet angeordnet sind, wobei jeweils zwei der mehreren Finnelemente einen der weiteren Strömungskanäle in einer Umfangsrichtung des Rohreinsatzes begrenzen.

[0046] Dies stellt eine besonders einfach und kostengünstig umzusetzende Variante der Strömungsleiteinrichtung dar.

[0047] Vorzugsweise erstrecken sich die Finnelemente über die komplette Länge des Innenraums bezogen auf die Längsachse des Flammkörpers.

[0048] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Strömungsleiteinrichtung zumindest drei weitere Strömungskanäle, die bezogen auf den senkrecht zur Längsachse des Flammkörpers stehenden Querschnitt einen äußeren Umfang des axialen Strömungskanals vollständig umgeben.

[0049] Die Erfinder haben herausgefunden, dass die Ausbildung mit zumindest drei weiteren Strömungskanälen Schwingungsmoden in Umfangsrichtung besonders gut unterdrücken.

[0050] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Brennvorrichtung weiterhin eine größtenteils oder vollständig im Innenraum angeordnete Flammensperre, wobei die Strömungsleiteinrichtung größtenteils oder vollständig innerhalb der Flammensperre angeordnet ist.

[0051] Diese Ausführung eignet sich insbesondere für den Einsatz mit hoch wasserstoffhaltigem Brennstoff, bei dem ein erhöhtes Risiko für einen Flammenrückschlag

besteht.

[0052] Die Flammensperre weist eine Durchlässigkeit für das Luft-Brennstoff-Gemisch in Richtung der Brennfläche auf, aber gestattet kein Passieren einer von dort rückschlagenden Brennerflamme.

[0053] Die Flammensperre weist vorzugsweise eine an den Flammkörper angepasste Geometrie auf, erstreckt sich ebenfalls entlang der Längsachse des Flammkörpers und ist insbesondere zylindrisch ausgestaltet.

[0054] Zwischen einem äußeren Umfang der Flammensperre und der Umfangsinnenwand des Flammkörpers besteht ein Abstand, sodass die Flammensperre nicht direkt dort anliegt, was ein Strömungsverhalten beim Ausströmen durch die Öffnungen verbessert.

[0055] Das Luft-Brennstoff-Gemisch wird in diesem Fall lediglich in das Innere der Flammensperre eingeleitet, die wie auch der Flammkörper zumindest eine Öffnung aufweist, deren Öffnungsfläche in diesem Fall der Einleitfläche zum Einleiten des Luft-Brennstoff-Gemisch in den Innenraum entspricht.

[0056] In einer bevorzugten Ausführungsform mit Flammensperre schließen die radialen Endabschnitte der Finnenelemente bündig mit einer Umfangsinnenwand der Flammensperre ab, derart, dass die weiteren Strömungskanäle im senkrecht zur Längsachse des Flammkörpers stehenden Querschnitt jeweils durch einen Abschnitt des Rohrelements, Abschnitte von zwei der mehreren Finnenelementen und durch einen Abschnitt der Umfangsinnenwand der Flammensperre gebildet sind.

[0057] Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das eingeleitete Luft-Brennstoff-Gemisch durch einen der durch die Strömungsleiteinrichtung definierten Strömungskanäle strömt, ohne dabei in einen anderen Strömungskanal überzuströmen. Dadurch ist das Strömungsverhalten besonders gleichmäßig, was wiederum Quellen anderweitiger Schwingungen, z. B. durch Turbulenz verursacht, verringert.

[0058] In einer dazu äquivalenten Ausführung ohne Flammensperre schließen radiale Endabschnitte der Finnenelemente bündig mit einer Umfangsinnenwand des Flammkörpers ab, derart, dass die weiteren Strömungskanäle im senkrecht zur Längsachse des Flammkörpers stehenden Querschnitt jeweils durch einen Abschnitt des Rohrelements, Abschnitte von zwei der mehreren Finnenelementen und durch einen Abschnitt der Umfangsinnenwand des Flammkörpers gebildet sind.

[0059] Gemäß eines zweiten Aspekts der Erfindung wird ein Wärmeerzeuger zum Übertragen von Wärmeenergie auf ein Fluid bereitgestellt, insbesondere zum Einsatz in einer Heizungsanlage oder in einer Brauchwasserversorgungsanlage, wobei der Wärmeerzeuger zumindest eine Brennvorrichtung gemäß des ersten Aspekts oder einer davon bevorzugten Ausführungsform sowie einen mit der Brennvorrichtung gekoppelten Wärmetauscher umfasst, über den durch die Brennvorrichtung bereitgestellte Wärmeenergie auf das Fluid

übertragbar ist.

[0060] Dadurch wird die besonders effizient und sicher operierende Brennvorrichtung zum Erhitzen eines beliebigen Fluids einsetzbar, das wiederum seinerseits in zahlreichen anderen Anlagen oder Systemen eingesetzt werden kann.

[0061] Die zur Brennvorrichtung bereits beschriebenen Vorteile gelten ebenso auch für den diese umfassenden Wärmeerzeuger, der insbesondere im Fall von wasserstoffhaltigem Brennstoff eine effiziente und schwingungstechnisch stabile Verbrennung ermöglicht, was im Falle des Wärmeerzeugers gleichbedeutend mit einem effizienten und sicheren Erhitzen des besagten Fluids ist.

[0062] Beispielsweise kann es sich bei dem Wärmetauscher über einen Flächen-, Lamellen- oder Spiralwandelwärmetauscher handeln.

[0063] Gemäß eines dritten Aspekts der Erfindung wird eine Heizungsanlage zum Heizen eines Gebäudes bereitgestellt, die zumindest ein Leitungssystem zum Transport eines fluiden Energietransportmediums und einen Wärmeerzeuger gemäß des zweiten Aspekts der Erfindung umfasst, der zum Erhitzen des durch das Leitungssystems zu transportierenden Energietransportmediums eingerichtet ist.

[0064] Gemäß eines vierten Aspekts der Erfindung wird eine Brauchwasserversorgungsanlage zur Versorgung mit Brauchwasser bereitgestellt, die zumindest ein Leitungssystem zum Transport des Brauchwassers und einen Wärmeerzeuger gemäß des zweiten Aspekts der Erfindung umfasst, der zum Erhitzen des durch das Leitungssystem zu transportierenden Brauchwassers eingerichtet ist.

[0065] Durch Einsatz des erfindungsgemäßen Wärmeerzeugers als Teil einer Heizungsanlage und/oder einer Brauchwasserversorgungsanlage eines Gebäudes, können die bereits beschriebenen Vorteile der sicheren und effizienten Verbrennung, insbesondere von wasserstoffhaltigem Brennstoff, im Bereich des Heizens als auch im Bereich der Warmwasserversorgung umgesetzt werden.

[0066] Gemäß eines fünften Aspekts der Erfindung wird ein Verfahren zur Schwingungsanpassung einer Brennvorrichtung, insbesondere einer Vormischbrennvorrichtung, die zur Bereitstellung von Wärmeenergie durch Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemischs eingerichtet ist, bereitgestellt. Die Brennvorrichtung umfasst einen Flammkörper, der einen Innenraum begrenzt, der über Öffnungen im Flammkörper mit einer äußeren Brennfläche des Flammkörpers verbunden ist, auf der die Verbrennung eines in den Innenraum eingeleiteten und durch die Öffnungen strömenden Luft-Brennstoff-Gemischs in einer oder mehreren Brennerflammen erfolgt, umfassend ein Betreiben der Brennvorrichtung mit einem Verbrennen des Luft-Brennstoff-Gemischs auf der äußeren Brennfläche des Flammkörpers, ein Erfassen einer Schwingungsfrequenz der Brennvorrichtung im Betrieb, insbesondere mit einer Erfassungsstelle in

einem Brennraum der Brennvorrichtung oder in einer Umgebung der Brennvorrichtung, zum Beispiel mit einem Schwingungsmesssensor, ein Bereitstellen einer Strömungsleiteinrichtung, die einen axialen Strömungskanal zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs umfasst, Bereitstellen einer Strömungsleiteinrichtung, die einen axialen Strömungskanal zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs umfasst, wiederum umfassend ein Ermitteln einer axialen Länge des axialen Strömungskanals in Abhängigkeit der erfassten Schwingungsfrequenz; und ein Erstellen der Strömungsleiteinrichtung, deren axialer Strömungskanal eine Länge aufweist, die der ermittelten axialen Länge entspricht, und ein Einsetzen der bereitgestellten Strömungsleiteinrichtung in den Innenraum der Brennvorrichtung.

[0067] Das Erfassen einer Schwingungsfrequenz umfasst dabei vorzugsweise ein Erfassen eines Frequenzspektrums der Schwingungen der Brennvorrichtung, z. B. in Form eines FFT-Spektrums für Amplitude und Phase, oder dergleichen, und ein Auswählen einer Schwingungsfrequenz aus dem erfassten Schwingungsspektrum.

[0068] Vorzugsweise erfolgt das Auswählen der Schwingungsfrequenz derart, dass diejenige Schwingungsfrequenz ausgewählt wird, an der das erfasste Frequenzspektrum einen Peak aufweist, also eine vergleichsweise hohe Amplitude.

[0069] Auf diese Weise kann eine kritische Schwingungsfrequenz (auch Problemfrequenz genannt) besonders leicht identifiziert werden, da sich diese durch den Peak in dem sonst erfassten und im Frequenzspektrum ebenfalls enthaltenen Rauschen darstellt.

[0070] Vorzugsweise liegt die auszuwählende Schwingungsfrequenz in einem Bereich von 500 bis 7000 Hz.

[0071] Nachfolgend wird eine mögliche Variante zur Bestimmung der axialen Länge des axialen Strömungskanals unter Bezugnahme auf beispielhafte Gleichungen beschrieben.

[0072] Nachfolgend bezeichnet hierzu f^* die Problemfrequenz und c die Schallgeschwindigkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs.

[0073] Der axiale Strömungskanal fungiert als eine Art Resonator, dessen Länge in Abhängigkeit einer Schwingungsfrequenz gewählt wird, beispielsweise derart, dass sich in diesem in axialer Richtung eine stehende Welle im Luft-Brennstoff-Gemisch ausbildet, die als eine Art Schwingungstilger für die gesamte Brennvorrichtung fungiert.

[0074] Beispielhaft kann der axiale Strömungskanal als Resonator mit zwei offenen Enden angenommen werden, in dem Frequenzen stehender Wellen näherungsweise der folgenden Gleichung 1 genügen, in der L einer Länge des Strömungskanals entspricht und n eine natürliche Zahl größer gleich 1 ist, die die Schwingungsordnung der stehenden Welle angibt ($n=1$ bildet dabei die Grundschwingung).

$$f_n = n \frac{c}{2L} \quad [\text{Gleichung 1}]$$

[0075] Wird nun $f_n = f^*$ angesetzt und Gleichung 1 nach L umgestellt, so ergibt sich folgender Ausdruck gemäß Gleichung 2 für geeignete Längen des Strömungskanals, in denen sich stehende Wellen mit der ausgewählten Frequenz ausbilden können.

$$L_n = n \frac{c}{2f^*} \quad [\text{Gleichung 2}]$$

[0076] Exemplarisch ergibt sich dabei für eine Schallgeschwindigkeit $c=343$ m/s für Luft und eine zu tilgenden Frequenz von 1000 Hz der Ausdruck $L_n = n \cdot 0,1715$ m für passende Längen des axialen Strömungskanals. In der ersten Harmonischen mit $n=1$ entspräche dies einer Länge von 17,15 cm.

[0077] Vorzugsweise wird der Strömungskanal entsprechend der Länge für die erste Harmonische gewählt, höhere Harmonische sind aber auch möglich.

[0078] Die Auslegung des axialen Strömungskanals ist dabei keinesfalls auf die vorstehenden Ausführungen beschränkt. So können auch andere Randbedingungen, z. B. offenes und geschlossenes Ende, gewählt werden oder andere Schwingungsordnungen oder sogar -moden oder Modellierungsansätze angesetzt werden, die beispielsweise auch Temperatur oder andere Zustandsgrößen oder eine Strömungsgeschwindigkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs berücksichtigen.

[0079] Gemäß eines weiteren Aspekts wird eine Brennvorrichtung bereitgestellt, die nach einem Verfahren gemäß des fünften Aspekts oder einer von dessen bevorzugten Ausführungen angepasst wurde.

[0080] Weitere Aspekte und deren Vorteile als auch speziellere Ausführungsbeispiele der zuvor genannten Aspekte und Ausführungsformen werden im Folgenden unter Zuhilfenahme der in den beigefügten Figuren gezeigten Zeichnungen beschrieben.

[0081] Fig. 1A und 1B zeigen Querschnitte eines Teilbereichs eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Brennvorrichtung.

[0082] Fig. 2A und 2B zeigen Querschnitte eines Teilbereichs eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Brennvorrichtung.

[0083] Fig. 3 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Strömungsleiteinrichtung, wie diese in den Ausführungsbeispielen in Fig. 1 und Fig. 2 eingesetzt ist.

[0084] Fig. 4 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Schwingungsreduktion.

[0085] Es wird hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen einzelner oder mehrerer Merkmale

der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzzumfanges der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Ausführliche Figurenbeschreibung

[0086] In den nachfolgenden Figuren sind Fließ- bzw. Strömungsrichtungen des Luft-Brennstoff-Gemischs G durch die teilweise mit G bezeichnete Pfeile angedeutet.

[0087] Fig. 1A zeigt einen Querschnitt eines Teilbereichs eines ersten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Brennvorrichtung 100 entlang einer Längsachse LA eines Flammkörpers 1. Fig. 1B zeigt einen senkrecht zur Längsachse LA stehenden Querschnitt in der in Fig. 1A gekennzeichneten Schnittebene A-A.

[0088] Die Brennvorrichtung 100 ist zur Bereitstellung von Wärmeenergie durch Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemischs G eingerichtet und umfasst einen Flammkörper 1 und eine Strömungsleiteinrichtung 2.

[0089] Der Flammkörper 1 begrenzt einen Innenraum 11, der über Öffnungen im Flammkörper 1 mit einer äußeren Brennoberfläche 12 des Flammkörpers 1 verbunden ist, auf der die Verbrennung eines in den Innenraum 11 eingeleiteten und durch die Öffnungen strömenden Luft-Brennstoff-Gemischs G in einer oder mehreren Brennerflammen erfolgt.

[0090] Die Strömungsleiteinrichtung 2 ist im Innenraum 11 angeordnet und umfasst einen im Innenraum 11 liegenden axialen Strömungskanal 21 zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs G, der im ersten Ausführungsbeispiel parallel zur Längsachse LA des Flammkörpers 1 verläuft. Ferner umfasst die Strömungsleiteinrichtung 2 noch drei weitere Strömungskanäle 22, die bezogen auf einen senkrecht zur Längsachse LA des Flammkörpers 1 stehenden Querschnitt einen äußeren Umfang des axialen Strömungskanals 21 vollständig umgeben (siehe Fig. 1B).

[0091] Die axiale Länge L des axialen Strömungskanals 21 ist in Abhängigkeit einer durch die ein oder mehreren Brennerflammen induzierten Schwingungsfrequenz gewählt. In Bezug auf den Flammkörper 1 ist der axiale Strömungskanal 21 mittig angeordnet, sodass dieser in dem senkrecht zur Längsachse LA des Flammkörpers 1 stehenden Querschnitt von einer an den Innenraum 11 angrenzenden Umfangsinnenwand des Flammkörpers 1 beabstandet ist.

[0092] Die Strömungsleiteinrichtung 2 ist als ein Rohreinsatz ausgebildet, der ein mittiges Rohrelement 23, das den axialen Strömungskanal 21 bildet, und drei Finnenelemente 24 umfasst, die auf einem Außenumfang des mittigen Rohrelements 23 nach außen gerichtet angeordnet sind, wobei jeweils zwei der mehreren Finnenelemente 24 einen der drei weiteren Strömungskanäle 22 in einer Umfangsrichtung des Rohreinsatzes begrenzen.

[0093] Radiale Endabschnitte der Finnenelemente 24 schließen bündig mit einer Umfangsinnenwand des

Flammkörpers 1 ab, derart, dass die drei weiteren Strömungskanäle 22 im senkrecht zur Längsachse LA des Flammkörpers 1 stehenden Querschnitt jeweils durch einen Abschnitt des Rohrelements 23, Abschnitte von jeweils zwei der drei Finnenelemente 24 und durch einen Abschnitt der Umfangsinnenwand des Flammkörpers 1 gebildet sind (siehe Fig. 1B).

[0094] Die Einleitung des Luft-Brennstoff-Gemischs G erfolgt dabei über die rechtsseitige Öffnung des kreiszylindrisch gestalteten Flammkörpers 1 zum Innenraum 11, deren Öffnungsfläche in diesem Fall auch einer Einleitfläche 13 für das Luft-Brennstoff-Gemisch G entspricht.

[0095] Der axiale Strömungskanal 21, der ebenfalls kreiszylindrisch ausgestaltet ist, hat dabei im senkrecht zur Längsachse LA des Flammkörpers 1 stehenden Querschnitt in etwa einen Durchmesser, der 50% oder mehr des Durchmessers der Einleitfläche 13 entspricht.

[0096] Durch die Strömungsleiteinrichtung 2 wird eine Art Resonator für das Luft-Brennstoff-Gemisch G im Innenraum 11 ausgebildet, der auf die Schwingungsfrequenz angepasst ist und über den das Schwingungsverhalten der gesamten Brennvorrichtung 100 im Vergleich zu einer Ausführung ohne Strömungsleiteinrichtung 2 signifikant verändert wird, um so insbesondere Schwingungen der Brennvorrichtung 100 und/oder von deren Komponenten zu reduzieren, wodurch das Risiko einer unvollständigen Verbrennung und/oder von Flammenrückschlägen in den Innenraum 11 reduziert wird, was wiederum den Wirkungsgrad der Brennvorrichtung 100 erhöht. Zudem erfolgt dadurch eine geringere Schallemission während des Betriebs, was vom Nutzer als hoher Komfort empfunden wird.

[0097] Fig. 2A zeigt einen Querschnitt eines Teilbereichs eines zweiten Ausführungsbeispiels der erfindungsgemäßen Brennvorrichtung 100 entlang einer Längsachse LA eines Flammkörpers 1. Fig. 2B zeigt einen senkrecht zur Längsachse LA stehenden Querschnitt in der in Fig. 2A gekennzeichneten Schnittebene A-A.

[0098] Der grundsätzliche Aufbau entspricht in etwa dem des ersten Ausführungsbeispiels, weswegen auf eine erneute Beschreibung an dieser Stelle verzichtet wird.

[0099] Der wesentliche Unterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel besteht darin, dass Letzteres noch eine größtenteils im Innenraum 11 angeordnete Flammensperre 3 aufweist, was sich insbesondere für den Einsatz mit wasserstoffhaltigen Brennstoffen eignet.

[0100] Die Einleitfläche 13 entspricht hierbei der Öffnungsfläche der rechtsseitigen Öffnung der Flammensperre 3 aus Fig. 2A, über die das Luft-Brennstoff-Gemisch G in den Innenraum 11 bzw. in das Innere der Flammensperre 3 eingeleitet wird und ist parallel gegenüber einer Öffnungsfläche 11 des Flammkörpers 1 entlang der Längsachse LA versetzt. Das Innere der Flammensperre 3 ist zumindest Teilbereich des Innenraums

11.

[0101] Es erfolgt also die Einleitung in die Flammensperre 3, die durchlässig für das Luft-Brennstoff-Gemisch G ist, sodass während dem Betrieb das Luft-Brennstoff-Gemisch G von dem im Inneren der Flammensperre 3 befindlichen Teilbereich des Innenraums 11 durch die Flammensperre 3 in einen der verbleibenden Teilbereiche des Innenraums 11 strömt und von dort durch die Öffnungen im Flammkörper auf die Brennfläche 12 austritt.

[0102] Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel aus Fig. 1A und 1B ist der Rohreinsatz dabei nicht in den Flammkörper 1, sondern größtenteils in die Flammensperre 3 eingepasst, befindet sich also lediglich in dem durch die Flammensperre 3 begrenzten Teilbereich des Innenraums 11.

[0103] Auf diese Weise ist die Strömungsleiteinrichtung 2 stromaufwärts (in Bezug auf die Strömungsrichtung des Luft-Brennstoff-Gemischs G während des Betriebs der Brennvorrichtung 100) der Flammensperre 3 angeordnet und kann dort zur Schwingungsreduktion beitragen, wobei diese nicht nur vor rückschlagenden Flammen geschützt ist, sondern auch eine Strömung des Luft-Brennstoff-Gemischs G im Bereich der Öffnungen des Flammkörpers 1 nicht behindert.

[0104] Fig. 3 zeigt eine perspektivische Ansicht einer Strömungsleiteinrichtung 2, wie diese in den Ausführungsbeispielen in Fig. 1A, 1B und Fig. 2A, 2B eingesetzt ist.

[0105] Die Strömungsleiteinrichtung 2 ist als Rohreinsatz ausgeführt, der entweder in den Flammkörper 1 aus Fig. 1A, 1B oder in die Flammensperre 3 aus Fig. 2A, 2B eingepasst ist

[0106] Der Rohreinsatz umfasst ein mittiges Rohrelement 23, das den axialen Strömungskanal 21 mit der in Abhängigkeit der Schwingungsfrequenz ausgewählten axialen Länge L bildet, und drei Finnelemente 24, die auf einem Außenumfang des mittigen Rohrelements 23 nach außen gerichtet angeordnet sind.

[0107] Der Rohreinsatz kann dabei aus einem Stück gefertigt sein. Alternativ können die fertigen Finnelemente 24 auch stoffschlüssig mit dem Rohrelement verbunden werden, um den Rohreinsatz bereitzustellen.

[0108] Zumindest eines der Finnelemente 24 weist rückseitig eine Aussparung auf, die als Verdrehsicherung innerhalb des Innenraums 11 bzw. innerhalb der Flammensperre 3 dient.

[0109] Fig. 4 zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Schwingungsreduktion an einer Brennvorrichtung.

[0110] In Schritt S1 erfolgt ein Betreiben einer Brennvorrichtung mit einem Verbrennen eines Luft-Brennstoff-Gemischs auf einer äußeren Brennfläche des Flammkörpers.

[0111] Die Brennvorrichtung ist dabei zur Bereitstellung von Wärmeenergie durch Verbrennung des Luft-Brennstoff-Gemischs eingerichtet und umfasst dazu den

Flammkörper, der einen Innenraum begrenzt, der über Öffnungen im Flammkörper mit der äußeren Brennfläche des Flammkörpers verbunden ist, auf der die Verbrennung des in den Innenraum eingeleiteten und durch die Öffnungen strömenden Luft-Brennstoff-Gemischs in einer oder mehreren Brennerflammen erfolgt.

[0112] In Schritt S2 erfolgt ein Erfassen einer Schwingungsfrequenz der Brennvorrichtung im Betrieb, wiederum umfassend die Teilschritte S2.1 und S2.2.

[0113] In Schritt S2.1 erfolgt ein Erfassen eines Frequenzspektrums der Schwingungen der Brennvorrichtung und in Schritt S2.2 ein Auswählen einer Schwingungsfrequenz aus dem erfassten Schwingungsspektrum, insbesondere derart, dass das Frequenzspektrum an der ausgewählten Schwingungsfrequenz einen Peak in Bezug auf die Schwingungsamplitude aufweist.

[0114] In Schritt S3 erfolgt ein Bereitstellen einer Strömungsleiteinrichtung, die einen axialen Strömungskanal zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs umfasst, für den in Teilschritt S3.1 eine axiale Länge in Abhängigkeit der in Schritt S2 ausgewählten Schwingungsfrequenz erfolgt und auf Basis dessen die Strömungsleiteinrichtung in Teilschritt S3.2 erstellt wird, deren axialer Strömungskanal eine Länge aufweist, die der ermittelten axialen Länge aus Teilschritt S3.1 entspricht.

[0115] In Schritt S4 erfolgt ein Einsetzen der bereitgestellten Strömungsleiteinrichtung in den Innenraum der Brennvorrichtung.

[0116] Vorstehend wurden Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung sowie deren Vorteile detailliert unter Bezugnahme auf die beigelegten Figuren beschrieben.

[0117] Es wird erneut hervorgehoben, dass die vorliegende Erfindung in keiner Weise auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele und deren Ausführungsmerkmale begrenzt ist. Die Erfindung umfasst weiterhin Modifikationen der genannten Ausführungsbeispiele, insbesondere diejenigen, die aus Modifikationen und/oder Kombinationen der Merkmale der beschriebenen Ausführungsbeispiele im Rahmen des Schutzbereichs der unabhängigen Ansprüche hervorgehen.

Liste der Bezugszeichen

[0118]

1	Flammkörper
2	Strömungsleiteinrichtung
3	Flammensperre
11	Innenraum
12	Brennfläche
13	Einleitfläche
21	axialer Strömungskanal
22	weitere Strömungskanäle
23	Rohrelement
24	Finnelement
100	Brennvorrichtung

G Luft-Brennstoff-Gemisch

LA Längsachse Brennstoff

Patentansprüche

1. Brennvorrichtung (100) zur Bereitstellung von Wärmeenergie durch Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemischs (G), umfassend:

- einen Flammkörper (1), der einen Innenraum (11) begrenzt, der über Öffnungen im Flammkörper (1) mit einer äußeren Brennfläche (12) des Flammkörpers (1) verbunden ist, auf der die Verbrennung eines in den Innenraum (11) eingeleiteten und durch die Öffnungen strömenden Luft-Brennstoff-Gemischs (G) in einer oder mehreren Brennerflammen erfolgt, und
- eine Strömungsleiteinrichtung (2), die einen größtenteils oder vollständig im Innenraum (11) liegenden axialen Strömungskanal (21) zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs (G), der insbesondere parallel zu einer Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) verläuft, umfasst, dessen axiale Länge in Abhängigkeit einer durch die eine oder mehreren Brennerflammen induzierten Schwingungsfrequenz gewählt ist.

2. Brennvorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei die axiale Länge in Abhängigkeit einer Schwingungsfrequenz der Brennvorrichtung (100) gewählt ist, die auftritt, wenn die Brennvorrichtung (100) ohne Strömungsleiteinrichtung (2) betrieben wird.

3. Brennvorrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei die axiale Länge in zusätzlicher Abhängigkeit von der Schallgeschwindigkeit des Luft-Brennstoff-Gemischs (G) gewählt ist.

4. Brennvorrichtung (100) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei ein Verhältnis einer Querschnittsfläche des axialen Strömungskanals (21) in einem senkrecht zur Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) stehenden Querschnitt zu einer Einleitfläche (13), über die das Luft-Brennstoff-Gemisch in den Innenraum (11) eingeleitet wird, größer gleich 15% ist, insbesondere größer gleich 25%.

5. Brennvorrichtung (100) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der axiale Strömungskanal (21) in Bezug auf den Flammkörper (1) mittig angeordnet ist, sodass dieser in dem senkrecht zur Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) stehenden Querschnitt von einer an den Innenraum (11) angrenzenden Umfangsin-

nenwand des Flammkörpers (1) beabstandet ist.

6. Brennvorrichtung (100) zumindest nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**

die Strömungsleiteinrichtung (2) weitere Strömungskanäle (22) zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs (G), die insbesondere parallel zu einer Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) verlaufen, umfasst, die bezogen auf den senkrecht zur Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) stehenden Querschnitt zwischen dem axialen Strömungskanal (21) und der Umfangsinnenwand des Flammkörpers (1) angeordnet sind.

7. Brennvorrichtung (100) zumindest nach Anspruch 6, wobei

die Strömungsleiteinrichtung (2) als Rohreinsatz ausgebildet ist, der ein mittiges Rohrelement (23), das den axialen Strömungskanal (21) bildet, und mehrere Finnelemente (24) umfasst, die auf einem Außenumfang des mittigen Rohrelements (23) nach außen gerichtet angeordnet sind, wobei jeweils zwei der mehreren Finnelemente (24) einen der weiteren Strömungskanäle (22) in einer Umfangsrichtung des Rohreinsatzes begrenzen.

8. Brennvorrichtung (100) zumindest nach einem der Ansprüche 6 oder 7, wobei

die Strömungsleiteinrichtung (2) zumindest drei weitere Strömungskanäle (22) umfasst, die bezogen auf den senkrecht zur Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) stehenden Querschnitt einen äußeren Umfang des axialen Strömungskanals (21) vollständig umgeben.

9. Brennvorrichtung (100) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei

die Brennvorrichtung (100) weiterhin eine im Innenraum (11) größtenteils oder vollständig angeordnete Flammensperre (3) umfasst, wobei die Strömungsleiteinrichtung (2) größtenteils oder vollständig innerhalb der Flammensperre (3) angeordnet ist.

10. Brennvorrichtung (100) zumindest nach einem der Ansprüche 7 oder 8 und nach Anspruch 9, wobei

radiale Endabschnitte der Finnelemente (24) bündig mit einer Umfangsinnenwand der Flammensperre (3) abschließen, derart, dass die weiteren Strömungskanäle (22) im senkrecht zur Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) stehenden Querschnitt jeweils durch einen Abschnitt des Rohrelements (23), Abschnitte von zwei der mehreren Finnelemente (24) und durch einen Abschnitt einer Umfangsinnenwand der Flammensperre (3) gebildet sind.

11. Brennvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**

radiale Endabschnitte der Finnenelemente (24) bündig mit einer Umfangsinnenwand des Flammkörpers (1) abschließen, derart, dass die weiteren Strömungskanäle (22) im senkrecht zur Längsachse (LA) des Flammkörpers (1) stehenden Querschnitt jeweils durch einen Abschnitt des Rohrelements (23), Abschnitte von zwei der mehreren Finnenelemente (24) und durch einen Abschnitt der Umfangsinnenwand des Flammkörpers (1) gebildet sind.

- 12.** Verfahren zur Schwingungsanpassung einer Brennvorrichtung (100), die zur Bereitstellung von Wärmeenergie durch Verbrennung eines Luft-Brennstoff-Gemischs (G) eingerichtet ist, und die einen Flammkörper (1) umfasst, der einen Innenraum (11) begrenzt, der über Öffnungen im Flammkörper (1) mit einer äußeren Brennfläche (12) des Flammkörpers (1) verbunden ist, auf der die Verbrennung eines in den Innenraum (11) eingeleiteten und durch die Öffnungen strömenden Luft-Brennstoff-Gemischs (G) in einer oder mehreren Brennerflammen erfolgt, umfassend die Schritte:

- Betreiben der Brennvorrichtung (100) mit einem Verbrennen des Luft-Brennstoff-Gemischs (G) auf der äußeren Brennfläche (12) des Flammkörpers (1);
- Erfassen einer Schwingungsfrequenz der Brennvorrichtung (100) im Betrieb, insbesondere mit einer Erfassungsstelle in einem Innenraum der Brennvorrichtung (100) oder in einer Umgebung der Brennvorrichtung (100);
- Bereitstellen einer Strömungsleiteinrichtung (2), die einen axialen Strömungskanal (21) zum Durchleiten des Luft-Brennstoff-Gemischs (G) umfasst, wiederum umfassend:
 - Ermitteln einer axialen Länge des axialen Strömungskanals (21) in Abhängigkeit der erfassten Schwingungsfrequenz; und
 - Erstellen der Strömungsleiteinrichtung, deren axialer Strömungskanal eine Länge aufweist, die der ermittelten axialen Länge entspricht.
- Einsetzen der bereitgestellten Strömungsleiteinrichtung (2) in den Innenraum (11) der Brennvorrichtung (100).

- 13.** Wärmeerzeuger zum Übertragen von Wärmeenergie auf ein Fluid, insbesondere zum Einsatz in einer Heizungsanlage oder in einer Brauchwasserversorgungsanlage, zumindest umfassend:

- eine Brennvorrichtung (100) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11;
- einen mit der Brennvorrichtung (100) gekoppelten Wärmetauscher, über den durch die

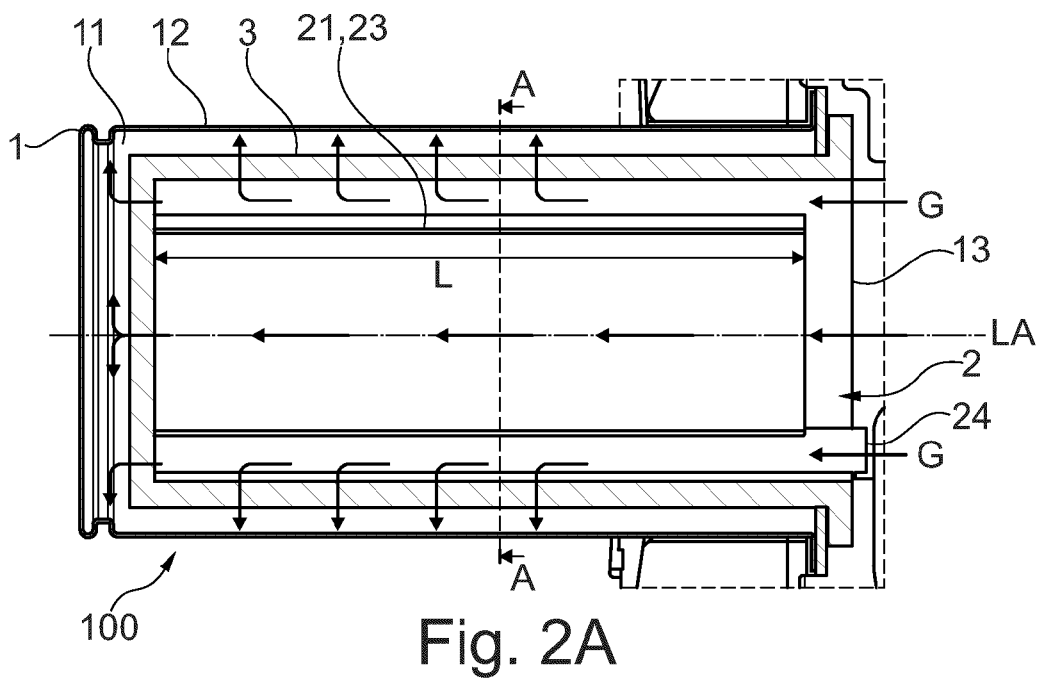
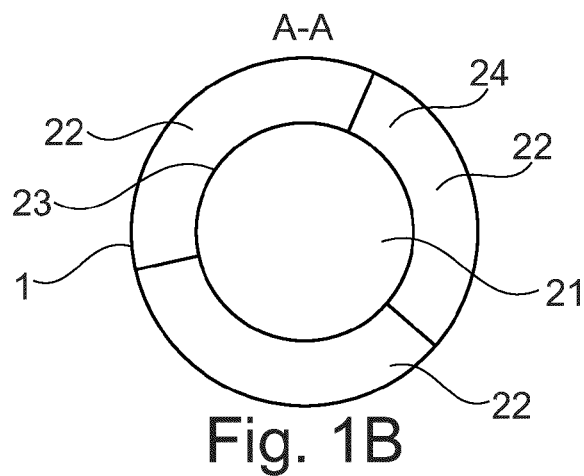
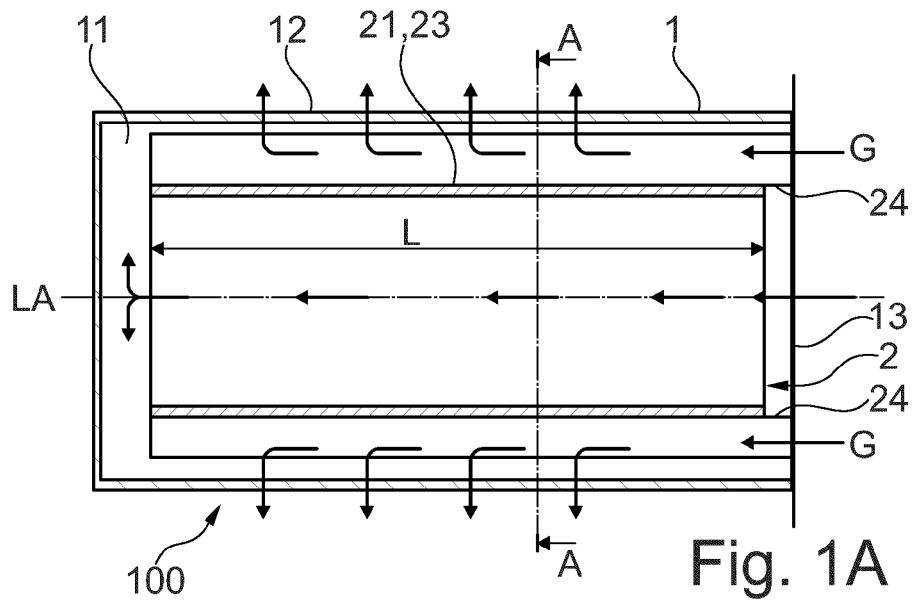
Brennvorrichtung (100) bereitgestellte Wärmeenergie auf das Fluid übertragbar ist.

- 14.** Heizungsanlage zum Heizen eines Gebäudes, zumindest umfassend:

- ein Leitungssystem zum Transport eines fluiden Energietransportmediums; und
- einen Wärmeerzeuger nach Anspruch 13 zum Erhitzen des durch das Leitungssystems zu transportierenden Energietransportmediums.

- 15.** Brauchwasserversorgungsanlage zur Versorgung mit Brauchwasser, zumindest umfassend:

- ein Leitungssystem zum Transport des Brauchwassers; und
- einen Wärmeerzeuger nach Anspruch 13 zum Erhitzen des durch das Leitungssystems zu transportierenden Brauchwassers.



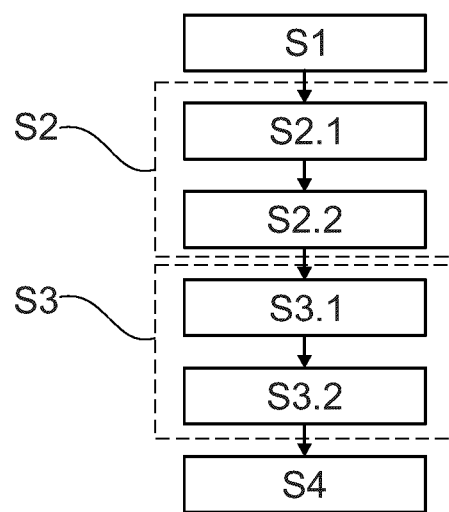
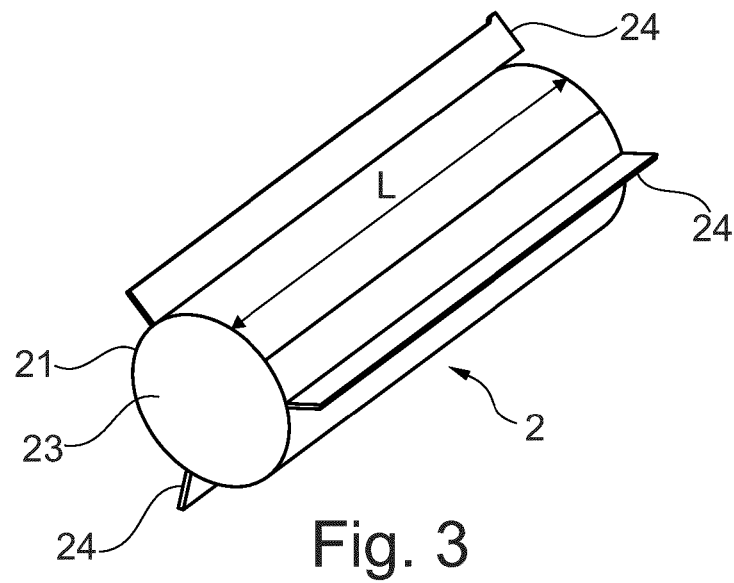
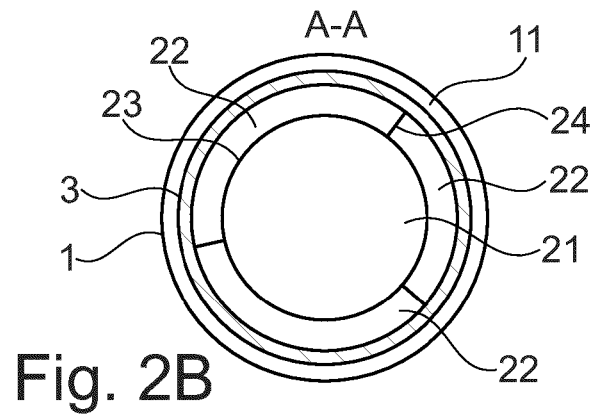


Fig. 4



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 19 9973

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	WO 2009/112909 A2 (WORGAS BRUCIATORI SRL [IT]; LUGLI SANDRO [IT]) 17. September 2009 (2009-09-17)	1-5, 12-15	INV. F23D14/02 F23D14/62
Y	* Seite 3, Zeile 27 - Seite 5, Zeile 13 * * Abbildungen 4-7 *	6-9,11	F23D14/70 F23D14/82 F23N5/24
X	US 2007/054228 A1 (FOGLIANI GIUSEPPE [IT] ET AL) 8. März 2007 (2007-03-08)	1-11, 13-15	
Y	* Absätze [0059] - [0073] * * Abbildungen 12-17 *	6-8,10, 11	
X	EP 4 141 321 A1 (VIESSMANN CLIMATE SOLUTIONS SE [DE]) 1. März 2023 (2023-03-01)	1,2,4,5, 13-15	
Y	* das ganze Dokument *	9,10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F23D F23C F23N
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
München	21. November 2024	Vogl, Paul	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.

EP 24 19 9973

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

21-11-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2009112909 A2	17-09-2009	EP 2265866 A2	29-12-2010
		WO 2009112909 A2	17-09-2009
-----	-----	-----	-----
US 2007054228 A1	08-03-2007	EP 1629232 A1	01-03-2006
		US 2007054228 A1	08-03-2007
		US 2009017407 A1	15-01-2009
		WO 2004104477 A1	02-12-2004
-----	-----	-----	-----
EP 4141321 A1	01-03-2023	DE 102021121764 A1	23-02-2023
		EP 4141321 A1	01-03-2023
-----	-----	-----	-----

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

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 4160092 A1 [0004]