

(19)



(11)

EP 3 798 513 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
01.06.2022 Patentblatt 2022/22

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23B 10/02 ^(2011.01) **F23B 60/00** ^(2006.01)
F23L 9/04 ^(2006.01) **F23B 80/02** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **20198099.2**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23B 10/02; F23B 60/00; F23B 80/02; F23L 9/04

(22) Anmeldetag: **24.09.2020**

(54) **HEIZEINRICHTUNG**

HEATING DEVICE

DISPOSITIF CHAUFFANT

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

(30) Priorität: **26.09.2019 AT 508192019**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
31.03.2021 Patentblatt 2021/13

(73) Patentinhaber: **ÖKOFEN Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft m.b.H.**
4133 Niederkappel (AT)

(72) Erfinder: **Ortner, Stefan**
4132 Lembach (AT)

(74) Vertreter: **KLIMENT & HENHAPEL**
Patentanwälte OG
Gonzagagasse 15/2
1010 Wien (AT)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 246 652 EP-A2- 0 798 510
DE-A1-102010 051 489 US-A- 3 685 946
US-A- 4 565 184

EP 3 798 513 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Emissionsreduktion von Heizeinrichtungen, insbesondere Heizkessel, in denen unter Zufuhr von Frischluft fester Brennstoff, insbesondere Biomasse, in einem Brennraum zur Verbrennung gelangt, wobei im Brennraum gebildete Verbrennungsgase über einem dem Brennraum zugewandten Einströmbereich einem Flammrohr zugeführt werden, und aus den Verbrennungsgasen gebildete Rauchgase über einen Ausströmbereich des Flammrohres einer anschließenden Rauchgasableitung zugeführt werden, über die die emissionsverursachenden Rauchgase abgeleitet werden, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Die Erfindung bezieht sich ferner auf eine Heizeinrichtung, insbesondere Heizkessel, mit einem mit einer Frischluftleitung verbundenen Brennraum zur Verbrennung von festem Brennstoff, insbesondere Biomasse, sowie einem Flammrohr mit einem dem Brennraum zugewandten Einströmbereich für im Brennraum gebildete Verbrennungsgase und einem Ausströmbereich für aus den Verbrennungsgasen gebildete Rauchgase, der einer anschließenden und mit einem Gebläse verbundenen Rauchgasableitung zur Abfuhr der Rauchgase zugewandt ist, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 7.

[0003] Derartige Verfahren und Heizeinrichtungen sind z.B. aus EP 0 798 510 A2 und US 4 565 184 bekannt und dienen der Erwärmung eines Wärmeträgermediums zur Nutzung als Warmwasser oder zu Heizzwecken mithilfe der Verbrennung eines festen Brennstoffes. In der praktischen Anwendung ist dabei einerseits entscheidend, dass der Wirkungsgrad der Heizeinrichtung optimiert wird, also dass ein größtmöglicher Anteil der Verbrennungswärme auf das Wärmeträgermedium übertragen wird, und dass andererseits die Emissionen einer solchen Anlage möglichst gering gehalten werden. Unter Emissionen wird hierbei der Austrag von gesundheitsschädigenden oder umweltgefährdenden Schadstoffen wie Kohlenmonoxid (CO), höhermolekulare flüchtige, organische Kohlenstoffverbindungen (VOC), Stickoxide (NOx) sowie Partikel (PM), insbesondere Feinstaubpartikel, über die Rauchgase verstanden, die im Zuge der Verbrennung des festen Brennstoffes im Brennraum der Heizeinrichtung entstehen. Die Verbrennung vollzieht sich dabei grundsätzlich in zwei unterschiedlichen Phasen, nämlich in einer ersten Phase der heterogenen Umwandlung der Feststoffe in Brenngase und in einer anschließenden Phase der homogenen Gasphasenoxidation der Brenngase. Die erste Phase der Verbrennung vollzieht sich ausschließlich im Brennraum unter der Zufuhr von Frischluft, mit der für die Verbrennung erforderliche Sauerstoff in den Glutbereich des Brennraums eingebracht wird, und die mitunter auch als Primärluft bezeichnet wird. Die anschließende Gasphasenoxidation beginnt im Brennraum und setzt sich im Flammrohr fort, wobei komplexe chemische Reaktionen vollzogen werden, in deren Verlauf die Brenngase oxidiert und

in Kohlendioxid und Wasser, aber auch in die oben genannten Schadstoffe wie Kohlenmonoxid, VOC, Stickoxide sowie Feinstaubpartikel umgewandelt werden. Mit zunehmender Abkühlung der Rauchgase wird auch die zweite Phase der Verbrennung abgeschlossen, und die Verbrennungsrückstände als Rauchgas über die Rauchgasableitung abgeführt. Als Verbrennungsgas wird im Folgenden somit die Gesamtheit der vom Brennraum in den Einströmbereich des Flammrohres gelangenden Gase bezeichnet, in der oxidierte wie nicht-oxidierte Gasanteile der Gasphasenoxidation vorliegen können, und als Rauchgas jene Gesamtheit der über den Ausströmbereich des Flammrohres in die Rauchgasableitung strömenden Gase, in der die unmittelbar auf die Verbrennung zurückzuführenden chemischen Vorgänge insbesondere der Oxidation weitestgehend abgeschlossen sind.

[0004] Der Verlauf der Verbrennung und das Ausmaß der emissionsverursachenden Verbrennungsrückstände hängen von den chemischen und physikalischen Rahmenbedingungen der Verbrennung ab, die zum Teil durch regelbare Bedienparameter der Heizeinrichtung eingestellt werden können. Hierzu zählen zunächst die Brennstoffmenge, die im Fall einer Pelletsheizung über die Fördergeschwindigkeit der Förderschnecke für die Pellets eingestellt werden kann, und die für die Verbrennung verfügbare Sauerstoffmenge, die über die Drehzahl eines Gebläses eingestellt werden kann, das in der Regel als Saugzuggebläse ausgeführt ist und von einer Ansaugöffnung Frischluft ansaugt und über die Frischluftleitung dem Brennraum zuführt. Aufgrund der einheitlichen Größe und der guten Dosierbarkeit der Pellets sowie die exakt regelbare Frischluftmenge kann der Verbrennungsvorgang gut gesteuert werden, wobei üblicher Weise elektronische Regeleinrichtungen vorgesehen sind, die aus einer geforderten Wärmeleistung der Heizeinrichtung und einem Ist-Zustand, der mithilfe eines Temperatursensors gemessen wird, der beispielsweise im Brennraum oder im Flammrohr angeordnet ist, die Brennstoffmenge und die Drehzahl des Gebläses entsprechend regeln.

[0005] Eine gut geregelte Verbrennung zeichnet sich durch ein geringes Ausmaß an Verbrennungsrückständen und somit durch geringe Emissionen aus. Um die stöchiometrischen Verhältnisse der Gasphasenoxidation zu verbessern ist es etwa bekannt, von der dem Glutbereich als so genannte Primärluft zugeführten Frischluft einen Frischluftanteil abzuzweigen und dem Brennraum knapp oberhalb des Glutbereiches direkt in die Flammen gerichtet als sogenannte Sekundärluft zuzuführen. Diese Sekundärluft dient dem gezielten Einbringen von zusätzlichem Sauerstoff in einen von Gasphasenoxidation gekennzeichneten Bereich des Brennraums. Ein stöchiometrischer Überschuss an Sauerstoff begünstigt dabei zwar die erwünschte Oxidation von Kohlenstoffverbindungen zu Kohlendioxid, fördert jedoch auch die unerwünschte Bildung von Stickoxiden. Des Weiteren ist es freilich bekannt mithilfe von Filtereinrichtungen Verbrennungsrückstände aus dem Rauchgas zu filtern, um auf

diese Weise die Emissionen zu senken. Dennoch stellt insbesondere die Senkung der Feinstaubemissionen bei der Verbrennung fester Brennstoffe in entsprechenden Heizeinrichtungen eine Herausforderung dar.

[0006] Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht somit darin eine Heizeinrichtung bereitzustellen, mit der die Emissionen insbesondere von Feinstaub reduziert werden können.

[0007] Dieses Ziel wird mithilfe eines Verfahrens gemäß Anspruch 1 sowie mithilfe einer Heizeinrichtung gemäß Anspruch 7 erreicht. Anspruch 1 bezieht sich dabei auf ein Verfahren zur Emissionsreduktion von Heizeinrichtungen, insbesondere Heizkessel, in denen unter Zufuhr von Frischluft fester Brennstoff, insbesondere Biomasse, in einem Brennraum zur Verbrennung gelangt, wobei im Brennraum gebildete Verbrennungsgase über einen dem Brennraum zugewandten Einströmbereich einem Flammrohr zugeführt werden, und aus den Verbrennungsgasen gebildete Rauchgase über einen Ausströmbereich des Flammrohres einer anschließenden Rauchgasableitung zugeführt werden, über die die emissionsverursachenden Rauchgase abgeleitet werden. Erfindungsgemäß wird hierfür vorgeschlagen, dass im Flammrohr ein gasförmiges Medium dem sich im Flammrohr einstellenden Strom an Rauch- und Verbrennungsgasen gegen die Stromrichtung dieses Rauch- und Verbrennungsgasstromes zugeführt wird. Mithilfe dieser Maßnahme gelingt eine in ihrem Ausmaß überraschende Emissionsreduktion insbesondere hinsichtlich der Feinstaubpartikel, mit der eine Reduktion bis unter die Nachweisbarkeitsgrenze herkömmlicher Messmethoden erreicht werden kann. Die Anmelderin vermutet, dass diese Wirkung auf die durch die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums gesteigerte Verweildauer der Rauch- und Verbrennungsgase im Flammrohr zurückzuführen ist, sowie auf den durch die Verwirbelungen verbesserten Kontakt der chemischen Reaktionspartner. Die erhöhte Verweildauer unter den hohen Temperaturen des Flammrohres sowie die Turbulenzen aufgrund der gegenstromigen Zufuhr begünstigen die vollständige Oxidation der Kohlenstoffverbindungen und unterbinden die persistente Bildung von Feinstaub.

[0008] Dieser Effekt nimmt mit zunehmender Verweildauer und Turbulenz zu, sodass die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums in den achsnahen Bereichen des Flammrohres am effektivsten ist. Dabei wurde aber festgestellt, dass die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums aber dennoch vorzugsweise abweichend von der Flammrohrachse erfolgt. Unter einem achsnahen Bereich wird dabei die innere Hälfte des Flammrohrradius verstanden.

[0009] Des Weiteren wird vorzugsweise vorgeschlagen, dass das gasförmige Medium durch den sich im Flammrohr einstellenden Strom an Rauch- und Verbrennungsgasen vorgewärmt wird. Die Vorwärmung verhindert eine zu starke Abkühlung des Rauchgases, die die vollständige Oxidation der Kohlenstoffverbindungen beeinträchtigen würde. Zwar kann eine Temperatursen-

kung auch durch das Vorwärmen des zugeführten gasförmigen Mediums nicht verhindert werden, diese Temperatursenkung scheint jedoch nicht nachteilig zu sein. Die Anmelderin vermutet, dass die durch die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums verursachte Temperatursenkung keine nennenswerten Auswirkungen auf die Oxidation der Kohlenstoffverbindungen hat, die Bildung von Stickoxiden jedoch unterbindet.

[0010] Bei dem gasförmigen Medium kann es sich etwa um einen Teilstrom der dem Brennraum zugeführten Frischluft handeln, sodass vorgeschlagen wird, dass das gasförmige Medium von der dem Brennraum zugeführten Frischluft abgeleitet wird.

[0011] Eine besonders effektive Emissionsreduktion hat sich für Ausführungsformen gezeigt, bei denen eine teilweise Rückführung von Rauchgasen in den Brennraum vorgesehen ist, indem die abgeleiteten Rauchgase teilweise der dem Brennraum zugeführten Frischluft zugeleitet werden. Bei einer solchen Rückführung kann als erfindungsgemäß in das Flammrohr eingeleitete gasförmige Medium ein Teilstrom der mit Rauchgasen vermengten Frischluft verwendet werden, sodass vorgeschlagen wird, dass das gasförmige Medium von der mit Rauchgasen vermengten Frischluft abgeleitet wird.

[0012] In den beiden letztgenannte Ausführungen, bei denen als gasförmiges Medium die dem Brennraum zugeführte Frischluft oder die mit Rauchgasen vermengte Frischluft verwendet wird, zeigt sich auch der große Vorteil, dass die Einleitung des gasförmigen Mediums mit der elektronischen Regelung der Heizeinrichtung mitgeregelt wird, da die Frischluftmenge über das bereits erwähnte Saugzuggebläse geregelt wird, und somit auch mehr an gasförmigem Medium gegenstromig in das Flammrohr eingeblasen wird, wenn die Brennstoffmenge und die Frischluftmenge und somit auch die Stoffmenge der Verbrennungsgase zunehmen.

[0013] Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass das gasförmige Medium beim Eintritt in den Rauch- und Verbrennungsgasstrom des Flammrohres eine seiner Bewegung gegen die Stromrichtung des Rauch- und Verbrennungsgasstromes überlagerte Rotationsbewegung um diese Bewegungsrichtung vollzieht. Diese Maßnahme erhöht die Verweildauer sowie die Turbulenzen und begünstigt somit die vollständige Oxidation der Kohlenstoffverbindungen.

[0014] Erfindungsgemäß wird zur apparativen Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens ferner eine Heizeinrichtung vorgeschlagen, insbesondere ein Heizkessel, mit einem mit einer Frischluftleitung verbundenen Brennraum zur Verbrennung von festem Brennstoff, insbesondere Biomasse, sowie einem Flammrohr mit einem dem Brennraum zugewandten Einströmbereich für im Brennraum gebildete Verbrennungsgase und einem Ausströmbereich für aus den Verbrennungsgasen gebildete Rauchgase, der einer anschließenden und mit einem Gebläse verbundenen Rauchgasableitung zur Abfuhr der Rauchgase zugewandt ist. Erfindungsgemäß ist dabei vorgesehen, dass eine über den Ausströmbereich

in das Flammrohr ragende Zufuhrleitung mit einer in Richtung des Einströmbereiches gerichteten Ausströmöffnung für ein gasförmiges Medium vorgesehen ist. Die in Richtung des Einströmbereiches gerichtete Ausströmöffnung für das gasförmige Medium stellt sicher, dass das gasförmige Medium dem sich im Flammrohr einstellenden Strom an Rauch- und Verbrennungsgasen gegen die Stromrichtung dieses Rauch- und Verbrennungsgasstromes zugeführt wird, wie gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgesehen ist. Zudem wird mithilfe der über den Ausströmbereich in das Flammrohr ragenden Zufuhrleitung eine Vorwärmung des gasförmigen Mediums erreicht, die eine zu starke Abkühlung des Rauchgases verhindert. Wie bereits ausgeführt wurde, kann zwar auch durch das Vorwärmen des gasförmigen Mediums eine Temperatursenkung nicht verhindert werden, wobei diese Temperatursenkung jedoch nicht nachteilig zu sein scheint, da die durch die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums verursachte Temperatursenkung keine nennenswerten Auswirkungen auf die Oxidation der Kohlenstoffverbindungen hat, die Bildung von Stickoxiden jedoch unterbindet.

[0015] Eine einfache apparative Ausführung sieht etwa vor, dass die Zufuhrleitung als ein parallel zur Flammrohrachse verlaufendes Zufuhrrohr ausgeführt ist. Dieses Zufuhrrohr ist vorzugsweise in den achsnahen Bereichen des Flammrohres abweichend von der Flammrohrachse angeordnet. Unter einem achsnahen Bereich wird dabei wie bereits erwähnt die innere Hälfte des Flammrohrradius verstanden. Diese Maßnahmen bewirken eine durch die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums gesteigerte Verweildauer der Rauch- und Verbrennungsgase im Flammrohr, sowie einen durch die Verwirbelungen verbesserten Kontakt der chemischen Reaktionspartner. Wie bereits ausgeführt wurde, begünstigen die erhöhte Verweildauer unter den hohen Temperaturen des Flammrohres sowie die Turbulenzen aufgrund der gegenstromigen Zufuhr die vollständige Oxidation der Kohlenstoffverbindungen und unterbinden die persistente Bildung von Feinstaub. Dieser Effekt nimmt mit zunehmender Verweildauer und Turbulenz zu, sodass die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums in den achsnahen Bereichen des Flammrohres, jedoch abweichend von der Flammrohrachse, am effektivsten ist.

[0016] Für die Bereitstellung des gasförmigen Mediums wird vorgeschlagen, dass die Zufuhrleitung des gasförmigen Mediums mit der Frischluftleitung verbunden ist und es sich bei dem gasförmigen Medium um einen von der dem Brennraum zugeführten Frischluft abgeleiteten Frischluftteilstrom handelt. Insbesondere wird vorgeschlagen, dass die Frischluftleitung zur teilweisen Rückführung von Rauchgasen in den Brennraum mit der Rauchgasableitung verbunden ist und die Zufuhrleitung mit einem Frischluft und Rauchgase führenden Abschnitt der Frischluftleitung verbunden ist, wobei es sich bei dem gasförmigen Medium um einen Rauchgase enthaltenden Frischluftteilstrom handelt. Da die Frischluftleitung in her-

kömmlicher Weise mit einem Gebläse verbunden ist, um die Frischluft in den Brennraum zu saugen und in weiterer Folge die Rauchgase abzusaugen, haben die beiden letztgenannten Ausführungen den Vorteil, dass die Einleitung des gasförmigen Mediums mit der elektronischen Regelung der Heizeinrichtung mitgeregelt wird, da die Frischluftmenge über das Gebläse geregelt wird, und somit auch mehr an gasförmigem Medium gegenstromig in das Flammrohr eingeblasen wird, wenn die Brennstoffmenge und die Frischluftmenge und somit auch die Stoffmenge der Verbrennungsgase zunehmen.

[0017] Um die Verweildauer sowie die Turbulenzen zu erhöhen und somit die vollständige Oxidation der Kohlenstoffverbindungen zu begünstigen wird des Weiteren vorgeschlagen, dass die Zufuhrleitung einen wendelförmig verlaufenden Gasführungsabschnitt für das gasförmige Medium aufweist. Dieser wendelförmige Gasführungsabschnitt kann entweder durch ein zumindest in seinem Endabschnitt wendelförmig gebogenes Zufuhrrohr für das gasförmige Medium verwirklicht werden, oder durch einen entsprechend wendelförmig geformten Innenmantel des Zufuhrrohres.

[0018] Im Folgenden werden Ausführungsformen der Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnung näher beschrieben. Dabei zeigt die

[0019] Fig. 1 eine schematische Darstellung für den Aufbau einer erfindungsgemäßen Heizeinrichtung zur Verwirklichung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0020] Insbesondere zeigt die Fig. 1 einen Heizkessel zur Erwärmung eines Wärmeträgermediums durch Verbrennung von festem Brennstoff, insbesondere Biomasse. In einem Brennraum 1 ist hierfür ein Brennteller 2 angeordnet, dem der feste Brennstoff etwa in Form von riesel- bzw. schüttfähigem Brenngut (z.B. Pellets) zugeführt wird. Unterhalb des Brenntellers 2 sammelt sich die Asche und wird von einer Ascheschnecke in den Aschebehälter befördert. Der Brennraum 1 besitzt eine in der Fig. 1 nicht ersichtliche seitliche Öffnung, über die schüttfähiges Brenngut aus einem Vorratsbehälter mittels einer Fördereinrichtung zum Brennteller 2 gefördert werden kann. Die Fördereinrichtung kann etwa eine mithilfe einer elektronischen Regeleinrichtung automatisch geregelte Förderschnecke sein.

[0021] Oberhalb des Brenntellers 2 ist ein Flammrohr 3 vertikal angeordnet, dessen Einströmbereich 3a dem Brennraum 1 zugewandt ist und in den Brennraum 1 mündet. Das Flammrohr 3 ist von entsprechender Dicke und aus einem thermisch isolierenden Material, vorzugsweise keramisches Material oder (Feuer)Beton, gefertigt. Am oberen Ende des Flammrohres 3 treten die Rauchgase R in einem Ausströmbereich 3b des Flammrohres 3 in annähernd laminarer Strömung aus und gelangen in eine anschließende Rauchgasableitung 4. Die Rauchgasableitung 4 durchsetzt einen nicht näher dargestellten Wärmetauscher mit flüssigkeitsgefüllten, insbesondere wassergefüllten Räumen. In diesen Räumen befindet sich das für Heizzwecke oder zur Nutzung als Warmwasser zu erwärmende Wärmeträgermedium.

[0022] Die Rauchgasableitung 4 ist mit einem abgasseitig angeordneten Gebläse 5 verbunden, das als Saugzuggebläse ausgeführt ist und eine Abgabeöffnung 6 aufweist, die etwa an einem außerhalb der Heizeinrichtung verlaufenden Kamin angeschlossen werden kann, um die Rauchgase R abführen zu können. Das Gebläse 5 saugt die Verbrennungsgase V und die Rauchgase R vom Brennraum 1 über das Flammrohr 3 und die Rauchgasableitung 4 in Richtung des Kamins. Des Weiteren wird vom Gebläse 5 Frischluft F in die Frischluftleitung 7 und in den Brennraum 1 angesaugt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 1 ist zudem die Frischluftleitung 7 zur teilweisen Rückführung von Rauchgasen R in den Brennraum 1 mit der Rauchgasableitung 4 verbunden. Die Frischluftleitung 7 weist somit einen Abschnitt 7a auf, der mit Rauchgasen R vermengte Frischluft F führt.

[0023] Wie der Fig. 1 entnommen werden kann, ist ferner eine über den Ausströmbereich 3b in das Flammrohr 3 ragende Zufuhrleitung 8 mit einer in Richtung des Einströmbereiches gerichteten Ausströmöffnung für ein gasförmiges Medium G angeordnet. Diese Zufuhrleitung 8 ist mit der Frischluftleitung 7 verbunden, sodass es sich bei dem gasförmigen Medium G um einen Frischluftteilstrom handelt, der von der dem Brennraum 1 zugeführten Frischluft F abgeleitet wird. Da die Frischluftleitung 7 in der gezeigten Ausführungsform zur Rückführung von Rauchgasen R in den Brennraum 1 zudem mit der Rauchgasableitung 4 verbunden ist, ist die Zufuhrleitung 8 mit jenem Abschnitt 7a der Frischluftleitung 7 verbunden, der mit Rauchgasen R vermengte Frischluft F führt, die in der Fig. 1 mit einem als "F+R" bezeichneten Pfeil angedeutet ist. Bei dem gasförmigen Medium G handelt es sich somit um einen Rauchgase R enthaltenden Frischluftteilstrom.

[0024] Die Zufuhrleitung 8 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel als ein parallel zur Flammrohrachse verlaufendes Zufuhrrohr ausgeführt und in den achsnahen Bereichen des Flammrohres 3 angeordnet. Da die Zufuhrleitung 8 den Ausströmbereich 3b des Flammrohres 3 quert, wird das gasförmige Medium G bereits vorgewärmt, bevor es in das Flammrohr 3 eingeleitet wird. Diese Vorwärmung verhindert eine zu starke Abkühlung des Rauchgases R, die die vollständige Oxidation der Kohlenstoffverbindungen beeinträchtigen würde.

[0025] In der Fig. 1 ist des Weiteren ein Temperaturfühler 9 ersichtlich, der die Rauchgastemperatur im Flammrohr 3 misst und mit der oben erwähnten elektronischen Regeleinrichtung verbunden ist.

[0026] Da die Frischluftleitung 7 mit dem Saugzuggebläse 5 verbunden ist, wird auch die Einleitung des gasförmigen Mediums G mit der elektronischen Regeleinrichtung der Heizeinrichtung mitgeregelt, sodass auch mehr an gasförmigem Medium G gegenstromig in das Flammrohr 3 eingeblasen wird, wenn die Brennstoffmenge und die Frischluftmenge und somit auch die Stoffmenge der Verbrennungsgase V zunehmen.

[0027] Das im Brennraum 1 gebildete Verbrennungsgas V wird dabei über den Einströmbereich 3a dem

Flammrohr 3 zugeführt. Als Verbrennungsgas V wird dabei die Gesamtheit der vom Brennraum 1 in den Einströmbereich 3a des Flammrohres gelangenden Gase bezeichnet, in der oxidierte wie nicht-oxidierte Gasanteile der Gasphasenoxidation vorliegen können, und als Rauchgas R jene Gesamtheit der über den Ausströmbereich 3b des Flammrohres 3 in die Rauchgasableitung 4 strömenden Gase, in der die unmittelbar auf die Verbrennung zurückzuführenden chemischen Vorgänge insbesondere der Oxidation weitestgehend abgeschlossen sind. Innerhalb des Flammrohres 3 stellt sich somit ein Strom an Rauchgasen R und Verbrennungsgasen V ein, der in der Fig. 1 mit einem aufwärts zeigenden Pfeil "V+R" angedeutet ist.

[0028] Diesem Strom an Rauchgasen R und Verbrennungsgasen V wird im Flammrohr 3 das gasförmige Medium G gegen die Stromrichtung dieses Rauch- und Verbrennungsgasstromes zugeführt. Auf diese Weise wird eine erhöhte Verweildauer der Rauchgase R und der Verbrennungsgase V im Flammrohr 3 bewirkt, sowie ein verbesserter Kontakt der chemischen Reaktionspartner aufgrund der durch die gegenstromige Einleitung verursachten Verwirbelungen. Die erhöhte Verweildauer unter den hohen Temperaturen des Flammrohres 3 sowie die Turbulenzen aufgrund der gegenstromigen Zufuhr begünstigen die vollständige Oxidation der Kohlenstoffverbindungen und unterbinden die persistente Bildung von Feinstaub.

[0029] Auf diese Weise gelingt eine in ihrem Ausmaß überraschende Emissionsreduktion insbesondere hinsichtlich der Feinstaubpartikel, mit der eine Reduktion bis unter die Nachweisbarkeitsgrenze herkömmlicher Messmethoden erreicht werden kann, wie die Anmelderin zeigen konnte. Mithilfe der Erfindung wird somit eine Heizeinrichtung mit deutlich verbesserten Emissionseigenschaften bereitgestellt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Emissionsreduktion von Heizeinrichtungen, insbesondere Heizkessel, in denen unter Zufuhr von Frischluft (F) fester Brennstoff, insbesondere Biomasse, in einem Brennraum (1) zur Verbrennung gelangt, wobei im Brennraum (1) gebildete Verbrennungsgase (V) über einen dem Brennraum (1) zugewandten Einströmbereich (3a) einem Flammrohr (3) zugeführt werden, und aus den Verbrennungsgasen (V) gebildete Rauchgase (R) über einen Ausströmbereich (3b) des Flammrohres (3) einer anschließenden Rauchgasableitung (4) zugeführt werden, über die die emissionsverursachenden Rauchgase (R) abgeleitet werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Flammrohr (3) ein gasförmiges Medium (G) dem sich im Flammrohr (3) einstellenden Strom an Rauchgasen (R) und Verbrennungsgasen (V) gegen die Stromrichtung dieses Rauch- und Verbrennungsgasstromes (R, V) zuge-

- führt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gegenstromige Zufuhr des gasförmigen Mediums (G) in den achsnahen Bereichen des Flammrohres (3) abweichend von der Flammrohrachse (3) erfolgt. 5
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gasförmige Medium (G) durch den sich im Flammrohr (3) einstellenden Strom an Rauch- und Verbrennungsgasen (R, V) vorgewärmt wird. 10
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gasförmige Medium (G) von der dem Brennraum (1) zugeführten Frischluft (F) abgeleitet wird. 15
 5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine teilweise Rückführung von Rauchgasen (R) in den Brennraum (1) vorgesehen ist, wobei die abgeleiteten Rauchgase (R) teilweise der dem Brennraum (1) zugeführten Frischluft (F) zugeleitet werden, und das gasförmige Medium (G) von der mit Rauchgasen (R) vermengten Frischluft (F) abgeleitet wird. 20 25
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das gasförmige Medium (G) beim Eintritt in den Strom an Rauch- und Verbrennungsgasen (R, V) des Flammrohres (3) eine seiner Bewegung gegen die Stromrichtung des Rauch- und Verbrennungsgasstromes überlagerte Rotationsbewegung um diese Bewegungsrichtung vollzieht. 30 35
 7. Heizeinrichtung, insbesondere Heizkessel, mit einem mit einer Frischluftleitung (7) verbundenen Brennraum (1) zur Verbrennung von festem Brennstoff, insbesondere Biomasse, sowie einem Flammrohr (3) mit einem dem Brennraum (1) zugewandten Einströmbereich (3a) für im Brennraum (1) gebildete Verbrennungsgase (V) und einem Ausströmbereich (3b) für aus den Verbrennungsgasen (V) gebildete Rauchgase (R), der einer anschließenden und mit einem Gebläse (5) verbundenen Rauchgasableitung (4) zur Abfuhr der Rauchgase (R) zugewandt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine über den Ausströmbereich (3b) in das Flammrohr (3) ragende Zufuhrleitung (8) mit einer in Richtung des Einströmbereiches (3a) gerichteten Ausströmöffnung für ein gasförmiges Medium (G) vorgesehen ist. 40 45 50
 8. Heizeinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhrleitung (8) als ein parallel zur Flammrohrachse verlaufendes Zufuhrrohr ausgeführt ist. 55
 9. Heizeinrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhrleitung (8) in den achsnahen Bereichen des Flammrohres (3) abweichend von der Flammrohrachse angeordnet ist.
 10. Heizeinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhrleitung (8) mit der Frischluftleitung (7) verbunden ist und es sich bei dem gasförmigen Medium (G) um einen von der dem Brennraum (1) zugeführten Frischluft (F) abgeleiteten Frischluftteilstrom handelt.
 11. Heizeinrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Frischluftleitung (7) zur teilweisen Rückführung von Rauchgasen (R) in den Brennraum (1) mit der Rauchgasableitung (4) verbunden ist und die Zufuhrleitung (8) mit einem Frischluft (F) und Rauchgase (R) führenden Abschnitt (7a) der Frischluftleitung (7) verbunden ist, wobei es sich bei dem gasförmigen Medium (G) um einen Rauchgase (R) enthaltenden Frischluftteilstrom handelt.
 12. Heizeinrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zufuhrleitung (8) einen wendelförmig verlaufenden Gasführungsabschnitt für das gasförmige Medium (G) aufweist.

Claims

1. Method for reducing emissions from heating devices, in particular boilers, in which solid fuel, in particular biomass, is burned in a combustion chamber (1) while fresh air (F) is supplied, wherein combustion gases (V) formed in the combustion chamber (1) are supplied to a flame tube (3) via an inflow region (3a) facing the combustion chamber (1), and flue gases (R) formed from the combustion gases (V) are fed via an outflow region (3b) of the flame tube (3) to a subsequent flue gas discharge line (4) via which the emission-causing flue gases (R) are discharged, **characterized in that** a gaseous medium (G) is supplied in the flame tube (3) to the flow of flue gases (R) and combustion gases (V) formed in the flame tube (3) against the direction of flow of this flow of flue and combustion gases (R, V).
2. Method according to claim 1, **characterized in that** the countercurrent supply of the gaseous medium (G) is effected in the regions of the flame tube (3) close to the axis in a manner deviating from the flame tube axis (3).
3. Method according to claim 1 or 2, **characterized in that** the gaseous medium (G) is preheated by the flow of flue and combustion gases (R, V) formed in the flame tube (3).

4. Method according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** the gaseous medium (G) is diverted from the fresh air (F) supplied to the combustion chamber (1).
5. Method according to claim 4, **characterized in that** a partial recirculation of flue gases (R) into the combustion chamber (1) is provided, wherein the discharged flue gases (R) are partially supplied to the fresh air (F) fed to the combustion chamber (1), and the gaseous medium (G) is diverted from the fresh air (F) mixed with flue gases (R).
6. Method according to one of claims 1 to 5, **characterized in that** the gaseous medium (G), on entering the flow of flue and combustion gases (R, V) of the flame tube (3), performs a rotational movement about this direction of movement superimposed on its movement against the direction of flow of the flow of flue and combustion gases.
7. Heating device, in particular a boiler, having a combustion chamber (1) connected to a fresh air line (7) for the combustion of solid fuel, in particular biomass, and a flame tube (3) having an inflow region (3a) facing the combustion chamber (1) for combustion gases (V) formed in the combustion chamber (1) and an outflow region (3b) for flue gases (R) formed from the combustion gases (V), which faces an adjoining flue gas discharge line (4) connected to a fan (5) for discharging the flue gases (R), **characterized in that** a supply line (8) projecting into the flame tube (3) via the outflow region (3b) is provided with an outflow opening for a gaseous medium (G) directed in the direction of the inflow region (3a).
8. Heating device according to claim 7, **characterized in that** the supply line (8) is designed as a supply tube extending parallel to the flame tube axis.
9. Heating device according to claim 8, **characterized in that** the supply line (8) is arranged in the areas of the flame tube (3) close to the axis deviating from the flame tube axis.
10. Heating device according to one of claims 7 to 9, **characterized in that** the supply line (8) is connected to the fresh air line (7) and the gaseous medium (G) is a fresh air partial flow derived from the fresh air (F) supplied to the combustion chamber (1).
11. Heating device according to claim 10, **characterized in that** the fresh air line (7) for partial recirculation of flue gases (R) into the combustion chamber (1) is connected to the flue gas discharge line (4) and the supply line (8) is connected to a section (7a) of the fresh air line (7) carrying fresh air (F) and flue gases (R), wherein the gaseous medium (G) is a fresh air

partial flow containing flue gases (R).

12. Heating device according to one of claims 7 to 11, **characterized in that** the supply line (8) has a helically extending gas guide section for the gaseous medium (G).

Revendications

1. Procédé pour réduire les émissions d'installations de chauffage, en particulier de chaudières, dans lesquelles un combustible solide, en particulier de la biomasse, est brûlé dans une chambre de combustion (1) avec un apport d'air frais (F), dans lequel des gaz de combustion (V) formés dans la chambre de combustion (1) sont amenés à un tube-foyer (3) via une zone d'entrée (3a) tournée vers la chambre de combustion (1) et les gaz de fumée (R) issus des gaz de combustion (V) sont amenés, via une zone de sortie (3b) du tube-foyer (3), à une conduite d'évacuation des gaz de fumée (4) qui lui fait suite, par laquelle les gaz de fumée (R) causant les émissions sont évacués, **caractérisé en ce qu'un** fluide gazeux (G) est conduit dans le tube-foyer (3) vers le flux de gaz de fumée (R) et de gaz de combustion (V) qui se forme dans le tube-foyer (3), en sens inverse de la circulation de ce flux de fumée et de gaz de combustion (R, V).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'arrivée à contre-courant du fluide gazeux (G) se fait dans les zones du tube-foyer (3) proches de l'axe en s'écartant de l'axe du tube-foyer (3).
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le fluide gazeux (G) est préchauffé par le flux de gaz de fumée et de gaz de combustion (R, V) qui se forme dans le tube-foyer (3).
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le fluide gazeux (G) est dérivé de l'air frais (F) amené à la chambre de combustion (1).
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce qu'un** retour partiel des gaz de fumée (R) dans la chambre de combustion (1) est prévu, pour lequel les gaz de fumée (R) évacués sont partiellement conduits vers l'air frais (F) amené à la chambre de combustion (1), et le fluide gazeux (G) est dérivé de l'air frais (F) additionné de gaz de fumée (R).
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le fluide gazeux (G), en entrant dans le flux de gaz de fumée et de gaz de combustion (R, V) du tube-foyer (3), effectue en plus de son mouvement en sens inverse de l'écoulement du flux de

fumée et de gaz de combustion une rotation autour de ce sens de déplacement.

7. Installation de chauffage, en particulier chaudière, avec une chambre de combustion (1) raccordée à une conduite d'air frais (7) pour la combustion de combustible solide, en particulier de biomasse, et avec un tube-foyer (3) muni d'une zone d'entrée (3a) tournée vers la chambre de combustion (1) pour des gaz de combustion (V) formés dans la chambre de combustion (1) et une zone de sortie (3b) pour des gaz de fumée (R) issus du gaz de combustion (V), qui est tournée vers une conduite d'évacuation des gaz de fumée (4) qui lui fait suite et qui est reliée à une soufflerie (5) pour évacuer les gaz de fumée (R), **caractérisée en ce qu'une** conduite d'arrivée (8) qui dépasse au-delà de la zone de sortie (3b) dans le tube-foyer (3), avec une ouverture de sortie dirigée vers la zone d'entrée (3a), est prévue pour un fluide gazeux (G).

5
10
15
20
8. Installation de chauffage selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** la conduite d'arrivée (8) est conformée comme un tuyau d'arrivée orienté parallèlement à l'axe du tube-foyer.

25
9. Installation de chauffage selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** la conduite d'arrivée (8) est disposée dans les zones du tube-foyer (3) proches de l'axe en s'écartant de l'axe du tube-foyer.

30
10. Installation de chauffage selon l'une des revendications 7 à 9, **caractérisée en ce que** la conduite d'arrivée (8) est reliée à la conduite d'air frais (7) et le fluide gazeux (G) est un flux partiel d'air frais dérivé de l'air frais (F) amené à la chambre de combustion (1).

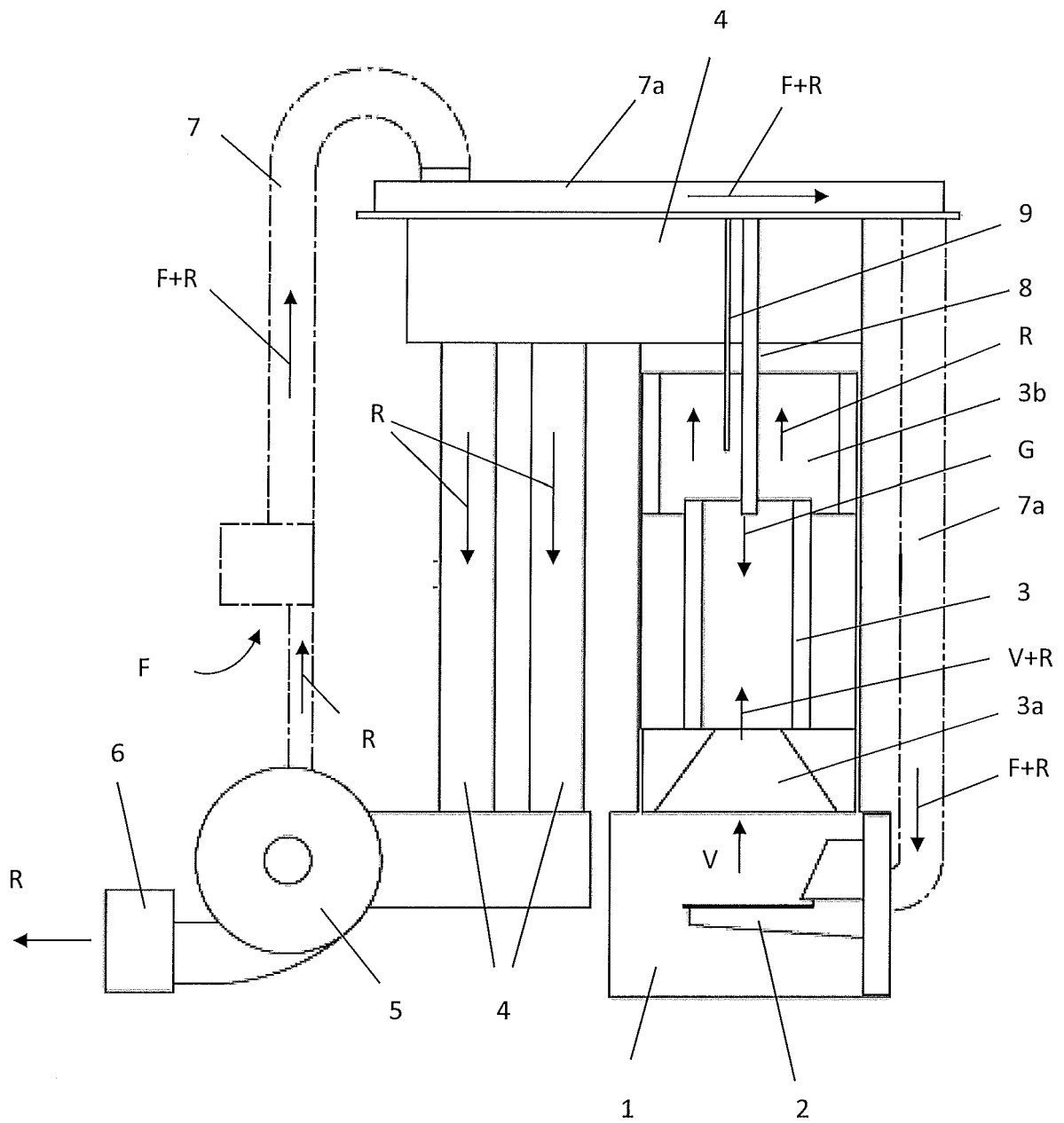
35
11. Installation de chauffage selon la revendication 10, **caractérisée en ce que** la conduite d'air frais (7) est reliée avec la conduite d'évacuation des gaz de fumée (4) en vue du retour partiel de gaz de fumée (R) dans la chambre de combustion (1) et la conduite d'arrivée (8) est reliée à un segment (7a) de la conduite d'air frais (7) acheminant de l'air frais (F) et des gaz de fumée (R), le fluide gazeux (G) étant un flux partiel d'air frais qui contient des gaz de fumée (R).

40
45
12. Installation de chauffage selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisée en ce que** la conduite d'arrivée (8) présente un segment d'acheminement de gaz en spirale pour le fluide gazeux (G).

50

55

Fig. 1



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 0798510 A2 [0003]
- US 4565184 A [0003]