

(19)



(11)

EP 2 541 141 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.01.2013 Patentblatt 2013/01

(51) Int Cl.:
F23B 20/00 (2006.01) F23B 80/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12401130.5**

(22) Anmeldetag: **29.06.2012**

(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

(71) Anmelder: **LASCO Heutechnik GmbH**
5221 Lochen (AT)

(72) Erfinder: **Landrichinger, Johann**
5221 Lochen (AT)

(74) Vertreter: **Heyerhoff & Geiger**
Patentanwälte
Heiligenbreite 52
88662 Überlingen (DE)

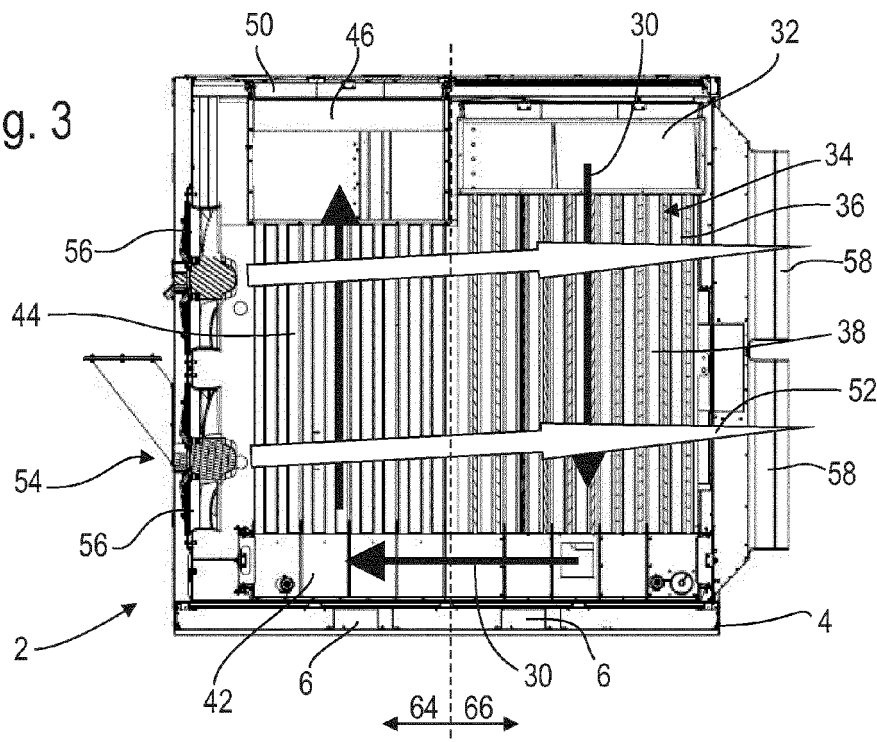
(30) Priorität: **01.07.2011 DE 202011103415 U**

(54) Mobile Festbrennstofffeuerungsanlage

(57) Die Erfindung betrifft eine mobile Festbrennstofffeuerungsanlage (2) mit einer Brennkammer (18), einem Wärmetauscher (34, 40) mit einer Kühlmittelseite und einer Heißgasseite, die über eine Heißgasführung (30) mit der Brennkammer (18) verbunden ist, zum Übertragen von Feuerungswärme aus Rauchgas auf ein Kühlmittel, einem Heißgasantrieb zum Treiben des Rauch-

gases durch die Heißgasseite und einem Kühlmittelantrieb (54) zum Treiben des Kühlmittels durch die Kühlmittelseite.

Eine besonders gute Eignung als mobile Anlage wegen geringen Gewichts wird dadurch erreicht, dass das Kühlmittel Umgebungsluft ist und der Kühlmittelantrieb (54) ein Umgebungsluftgebläse (56) umfasst.

Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine mobile Festbrennstofffeuerungsanlage mit einer Brennkammer, einem Wärmetauscher mit einer Kühlmittelseite und einer Heißgasseite, die über eine Heißgasführung mit der Brennkammer verbunden ist, zum Übertragen von Feuerungswärme aus Rauchgas auf ein Kühlmittel, einem Heißgasantrieb zum Treiben des Rauchgases durch die Heißgasseite und einem Kühlmittelantrieb zum Treiben des Kühlmittels durch die Kühlmittelseite.

[0002] Mobile Festbrennstofffeuerungsanlagen werden beispielsweise zur Heutrocknung oder zur Trocknung eines Gebäudes oder eines Zelts verwendet. Hierfür wird die Festbrennstofffeuerungsanlage zum Einsatzort gefahren, dort abgestellt und in Betrieb genommen. Zum Betrieb wird Festbrennstoff in der Brennkammer verbrannt, wobei die freigesetzte Wärme einem Wärmeträger, in der Regel Wasser, zugeleitet wird, der zur Aufnahme der Wärme um die Brennkammer herumgeführt ist. Über einen Wärmetauscher wird die Wärme an den Ort ihrer Verwendung weitergeleitet.

[0003] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Festbrennstofffeuerungsanlage anzugeben, die besonders für den mobilen Betrieb geeignet ist.

[0004] Diese Aufgabe wird durch eine Festbrennstofffeuerungsanlage der eingangs genannten Art gelöst, bei der erfindungsgemäß das Kühlmittel Umgebungsluft ist und der Kühlmittelantrieb ein Umgebungsluftgebläse umfasst.

[0005] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass es für einen mobilen Einsatz der Festbrennstofffeuerungsanlage wichtig ist, dass sie vom Gewicht her möglichst leicht ausgeführt ist. So sollte die gesamte Festbrennstofffeuerungsanlage - im Folgenden auch vereinfacht nur Feuerungsanlage genannt - mit einfachen Mitteln, beispielsweise einen Gabelstapler, anhebbar sein. In dieser Beziehung ist ein üblicher Wärmetransfer von der Brennkammer beziehungsweise dem Rauchgas auf Wasser nachteilig, da hier das Wasser als Wärmeträger in der Feuerungsanlage mitgeführt werden muss und somit zu dessen Gewicht beiträgt.

[0006] Wird das Wasser als Kühlmittel durch Umgebungsluft ersetzt, so kann zwar das Gewicht des Wassers eingespart werden, der Wärmetauscher muss jedoch erheblich größer ausgeführt sein, da ein Wärmeübertrag von Rauchgas auf Luft etwa dreimal größere Übertragungsflächen pro Übertragungsleistung benötigt, als ein Wärmeübertrag von Rauchgas auf Wasser. Große metallische Übertragungsflächen sind jedoch vom Gewicht schwer, so dass der Vorteil des ersetzten Wassers zum nicht unerheblichen Teil wieder ausgelöscht wird.

[0007] Wird jedoch ein sehr großer Volumenstrom an warmer Luft benötigt, so kann der Nachteil eines großen Wärmetauschers jedoch wieder ausgeglichen werden. Denn zum Erzeugen eines sehr großen Volumenstroms ist ein großer Wärmetauscher vorteilhaft, da mit ihm auf

hohe Drücke oder Geschwindigkeiten im Kühlluftstrom verzichtet werden kann. Bei diesen speziellen Anwendungen ist somit die Verwendung von Umgebungsluft als Kühlmittel vorteilhaft.

[0008] Die Feuerungsanlage ist zweckmäßigerweise eine Holzfeuerungsanlage für den Betrieb mit beispielsweise Hackschnitzeln, insbesondere eine Heutrocknungsanlage. Weiter ist die Feuerungsanlage eine mobile Feuerungsanlage. Sie umfasst zweckmäßigerweise einen Tragrahmen zum Anheben und Transport der Feuerungsanlage, der insbesondere Einschübe für standardisierte Gabeln eines Gabelstaplers aufweist.

[0009] Wird Rauchgas als Heißgas verwendet, das aus der Brennkammer in den Wärmetauscher strömt, so ist der Wärmetauscher extremen thermischen Belastungen ausgesetzt. Die Wandung zum Wärmetransfer sollte daher aus einem sehr wärmeresistenten und auch chemisch resistenten Stahl hergestellt sein, um eine starke Oxidation der Wandung zu vermeiden.

[0010] Besonders problematisch ist ein Stromausfall, da dann der Antrieb zum Hindurchtreiben der Umgebungsluft als Kühlmittel durch den Wärmetauscher ausfällt und der Kühlluftstrom zusammenbricht oder erheblich reduziert ist. Da die Verbrennung noch eine Weile starke Hitze erzeugt, die nicht mehr ausreichend abgeführt wird kann im Wärmetauscher und über ihm ein Hitzestau mit Temperaturen über 1.200°C auftreten.

[0011] Zur Vermeidung von Schäden ist es daher vorteilhaft, wenn die Feuerungsanlage eine Heißseite und eine Kaltseite aufweist. Hierbei weist zweckmäßigerweise die Heißgasführung die Heißseite und Kaltseite auf. Der Heißgasweg kann also in einen Heißseitenteil auf der Heißseite und einen Kaltseitenteil auf der Kaltseite aufgeteilt werden. Auf die Kaltseite sollte ein Hitzestau möglichst nicht unmittelbar übergreifen. Die beiden Seiten sind - bezogen auf eine Aufstellfläche, auf der die Anlage steht - zweckmäßigerweise seitlich nebeneinander angeordnet. Der Feuerungsraum inklusive Feuerungsraumwände und senkrecht darüber liegende Bereiche der Feuerungsanlage sind zweckmäßigerweise vollständig auf der Heißseite angeordnet. Ebenfalls sinnvoll ist es, wenn ein Wärmetauschereintritt auf der Heißseite angeordnet ist. Ein Wärmetauscheraustritt ist zweckmäßigerweise auf der Kaltseite angeordnet.

[0012] Die Feuerungsanlage umfasst zweckmäßigerweise eine Gasabschirmung, die die Heißseite und die Kaltseite gasstrommäßig so gegeneinander abschirmt, dass zumindest in der oberen Hälfte der Feuerungsanlage ein Gasübertritt, insbesondere ein Heißgasübertritt, von einer Seite zur anderen nur möglich ist, wenn das Gas, insbesondere das Heißgas, durch den Wärmetauscher strömt. Vorteilhafterweise ist die Kaltseite für aus der Brennkammer kommende, heiße Rauchgase nur nach einem Durchlaufen zumindest eines Teils des Wärmetauschers erreichbar.

[0013] Insbesondere sind die Brennkammer und zumindest ein Heißzug des Wärmetauschers auf der Heißseite und zumindest diejenigen elektrischen Kom-

ponenten, die in ihrer Höhe oberhalb der Brennkammer angeordnet sind, auf der Kaltseite angeordnet. Weiter vorteilhafterweise sind sämtliche elektrischen Komponenten zumindest auf der Heißeite in ihrer Höhe - gemeint ist eine Höhe über einem Boden, auf dem die Anlage steht - unterhalb der Brennkammer angeordnet, beispielsweise unterhalb einer Oberkante der Brennkammer, insbesondere unterhalb einer Unterkante der Brennkammer. Ein Ausbrandraum über der Brennkammer wird zweckmäßigerweise nicht zur Brennkammer gerechnet. Ein Brennstofftrichter bei einer Unterschubfeuerung wird ebenfalls nicht zur Brennkammer gerechnet.

[0014] Insbesondere sind alle elektrischen Aggregate der beiden Gasantriebe und des Brennstoffantriebs auf der Kaltseite angeordnet. Auf der Kaltseite ist eine Festbrennstoffzuführung zur Brennkammer vorteilhaft, ein Funkenabscheider und/oder ein nach oben ausgerichteter Kaltzug des Wärmetauschers.

[0015] Zur Vermeidung von Schäden ist es weiter vorteilhaft, wenn die Kaltseite für aus der Brennkammer kommende, heiße Rauchgase nur über einen Abstieg in zumindest einem Zug des Wärmetauschers erreichbar ist. Der Abstieg ist zweckmäßigerweise vollständig auf der Heißeite angeordnet. Bei einem durch Stromausfall verursachten Hitzestau in der Anlage muss die extrem erhitzte Luft im Wärmetauscher also zunächst den Weg nach unten zurücklegen, um aus dem Wärmetauscher auszutreten. Hierbei wird sie abgekühlt, so dass auch ein anschließender Weg im Wärmetauscher nach oben die überhitzte Luft nicht sehr stark durch den Wärmetauscher zu ziehen vermag. Der Weg nach unten stellt daher eine Wärmeblockade dar. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, dass keine extrem überhitzte Luft aus der Feuerungsanlage austritt, die eine Beschädigung der Umgebung oder sogar ein Entzünden von Gegenständen in der Umgebung verursachen könnte.

[0016] Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass der Wärmetauscher ein stehender Wärmetauscher mit zumindest einem Heißzug, in dem der Heißgasstrom senkrecht nach unten ausgerichtet ist, und einem Kaltzug ist, in dem der Heißgasstrom senkrecht nach oben ausgerichtet ist. Der Heißzug ist im Heißgasstrom zweckmäßigerweise vor dem Kaltzug angeordnet. Der Heißzug ist vorteilhafterweise auf der Heißeite und der Kaltzug auf der Kaltseite angeordnet. Die Grenze zwischen Heißeite und Kaltseite verläuft zweckmäßigerweise durch einen Übergangsbereich zwischen Heißzug und Kaltzug, insbesondere in einem Bereich einer waagerechten Heißgasführung.

[0017] Besonders vorteilhaft ist es, wenn der Wärmetauscher ein Wellblechwärmetauscher ist, bei dem Wellbleche eine Wandung zum Übertragen von Feuerungswärme aus dem Rauchgas auf das Kühlmittel bilden. Edle Stähle sind erheblich günstiger in Blechen erhältlich, als in Rohrform. Durch die Verwendung von Blechen als Wandung des Wärmetauschers kann daher im kostenverträglichen Rahmen auf edle Stähle zurückgegriffen

werden, wodurch eine dünne Ausführung der Wandung und damit eine Gewicht sparende Bauweise des Wärmetauschers ermöglicht wird. Die Verwendung von dünnen Edelstahlblechen als Wandung für den Wärmetauscher bringt jedoch die Schwierigkeit mit sich, dass die mechanische Stabilität von dünnen Blechen geringer ist als von dicken Rohren. Dies kann besonders bei einer mobilen Feuerungsanlage ein Problem darstellen, da diese besonders hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt ist, die über die übliche thermische Beanspruchung hinausgehen. So muss die Feuerungsanlage einen Transport und damit verbundenem Ruckeln und Stößen schadlos überstehen und wird insbesondere bei einem harten Absetzen am Einsatzort einem starken Stoß ausgesetzt. Insofern muss der Wärmetauscher mechanisch besonders stabil ausgeführt sein, um ein Reißen oder ein Verwinden zuverlässig zu vermeiden. Durch die Formgestaltung des Wellblechs kann eine mechanisch sehr stabile Konstruktion des Wärmetauschers erreicht werden, der den hohen Anforderungen eines mobilen Einsatzes gewachsen ist.

[0018] Die Wellbleche können eine vollständig gerundete Wellung oder eine mit Kanten versehende Wellung aufweisen, insbesondere eine Polygonwellung, die eine seitliche Aneinanderreihung von ebenen Flächen aufweist. Die Wellung kann Kanten bis 90° aufweisen.

[0019] In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Wellbleche jeweils paarweise derart miteinander verbunden, dass sich konvexe Innenflächenabschnitte der Wellbleche jeweils paarweise und konkave Innenflächenabschnitte der Wellbleche jeweils paarweise gegenüberstehen. Auf diese Weise kann ein Wellblechpaar eine Anzahl von Röhren bilden, die zumindest einen Teil der Innengasführung bilden, so dass die Innengasführung durch die derart gebildeten Röhren verläuft.

[0020] Zweckmäßigerweise sind die Wellblechpaare jeweils an den konvexen Innenflächenabschnitten miteinander verbunden. Eine solche Verbindung kann durch ein Verschweißen erreicht werden. Die Wellbleche des Wellblechpaares können hierbei so aufeinander gelegt sein, dass sich die konvexen Innenflächenabschnitte geradenlinienförmig berühren, so dass eine gute Richtungsführung innerhalb der Innengasführung entsteht.

[0021] Weiter wird vorgeschlagen, dass die konkaven Innenflächenabschnitte jeweils paarweise eine Röhre bilden. Auch hierdurch kann eine besonders gute Strömungsführung in der Innengasführung erreicht werden.

[0022] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass jeweils zwei Plattenpaare derart zueinander angeordnet sind, dass sie zwischen sich einen wellenförmigen Durchströmungsbereich als Teil der Kühlmittelführung bilden. Es kann eine gute Durchmischung des außen geführten Gases und somit ein guter Wärmeübertrag zwischen Heißgas und Kühlmittel erreicht werden. Vorteilhafterweise sind zwischen Plattenpaaren mehrere Röhren gebildet, wobei der wellenförmige Durchströmungsbereich senkrecht zur Längsrich-

tung der Röhren durchströmbar ist, insbesondere wellenförmig durchströmbar ist. Eine kompakte Bauform des Wärmetauschers kann erreicht werden, wenn zwischen zwei Blechpaaren ein drittes Blechpaar derart angeordnet ist, dass konvexe Außenflächenabschnitte des dritten Blechpaares zwischen konkaven Außenflächenabschnitten der beiden umgebenden Paare zu liegen kommen.

[0023] Um bei einem Stromausfall doch noch eine erhebliche Restkühlung des überhitzten Gases im Wärmetauscher zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn die Heißgasführung und die Umgebungsluftführung im Wärmetauscher im Gegenstrom angeordnet sind. Die den überhitzten Bereich des Wärmetauschers durchströmende Kühlluft kann sofort aus der Feuerungsanlage herausgeführt werden, wodurch ein guter Wärmeaustrag erreichbar ist.

[0024] Um einen Austrag von Warmluft aus der Überhitzungszone aufrecht zu erhalten, ist es vorteilhaft, wenn die Feuerungsanlage zumindest auf der Heißeite eine Ausblasöffnung zum Ausblasen von erhitzter Umgebungsluft als Warmluft in die Umgebung aufweist.

[0025] Weiter ist es vorteilhaft, wenn das Umgebungsluftgebläse aus zumindest einem Druckgebläse zum Einblasen von Umgebungsluft in den Wärmetauscher besteht und eine Kühlmittelführung vom Umgebungsluftgebläse bis zur Ausblasöffnung antriebsfrei ist. Es ist somit kein Aggregat in einer möglichen Überhitzungszone angeordnet.

[0026] Um einen Kühlluftstrom durch den Wärmetauscher auch dann aufrecht zu halten, wenn alle Gebläse stehen, ist es vorteilhaft, wenn die Feuerungsanlage zumindest eine Ausblasöffnung zum Ausblasen von erhitzter Umgebungsluft als Warmluft in die Umgebung aufweist, wobei die Ausblasöffnung in ihrer Höhe über einem Boden höher liegt als eine Umgebungslufteinlassöffnung, insbesondere höher als die oberste Umgebungslufteinlassöffnung. Es kann ein Kamineffekt erzeugt werden, der einen kontinuierlichen Luftstrom durch den Wärmetauscher auch ohne Gebläse erzeugt.

[0027] Eine Umgebungslufteinlassöffnung ist zweckmäßigerweise eine Öffnung in einem Gehäuse, das den Brennraum, die Heißgasführung inklusive Wärmetauscher und die Kühlluftführung umschließt,

[0028] Vorteilhafterweise liegt der höchste Auslasspunkt der Ausblasöffnung höher als 75% des in der Anlage vorhandenen Kühlluftvolumens. Der größte Teil der Kühlluft kann bei Stromausfall durch den Kamineffekt alleine ausströmen, und es bleibt nur wenig Luft gefangen, die sich stark erhitzen kann.

[0029] Der Kühlluftstrom ist vorteilhafterweise in einer horizontalen Kühlstromrichtung durch die Anlage geführt, wobei eine Abweichung von bis zu 30° von der exakten Horizontalen eingeschlossen ist. Die Kühlstromrichtung kann als eine gerade Linie von einem höchsten Einlasspunkt der Umgebungslufteinlassöffnung zu einem höchsten Auslasspunkt der Ausblasöffnung gedacht werden, oder von einem Flächenschwerpunkt der

Umgebungslufteinlassöffnung zu einem Flächenschwerpunkt der Ausblasöffnung. Zweckmäßigerweise ist der Kühlstrom so geführt, dass er die gesamte gedachte Linie umgibt. Es wird ein gerader Luftstrom erreicht, der mit geringem Strömungswiderstand konzipiert werden kann.

[0030] Um einen guten Kühlluftstrom auch bei Stromausfall zu gewährleisten, ist es außerdem vorteilhaft, wenn der Schwerpunkt einer Ausblasöffnung oberhalb der Mitte der gesamten Bauhöhe eines Gehäuses, das den Brennraum, die Heißgasführung inklusive Wärmetauscher und die Kühlluftführung umschließt, liegt.

[0031] Vorteilhafterweise ist die Ausblasöffnung eine Gehäuseöffnung in einem Gehäuse um den Brennraum, die Heißgasführung inklusive Wärmetauscher und die Kühlluftführung.

[0032] Ebenfalls einer Aufrechterhaltung eines Kühlluftstroms bei Stromausfall ist es förderlich, wenn der Kühlmittelantrieb zumindest einen Axialventilator aufweist, insbesondere aus zumindest einem Axialventilator gebildet ist. Ein Axialventilator bildet im Stillstand einen verhältnismäßig geringen Strömungswiderstand und erlaubt auch ohne Antrieb einen noch ausreichenden Luftstrom durch seinen Propeller.

[0033] Außerdem wird vorgeschlagen, dass der Wärmetauscher so zwischen einer Umgebungslufteinlassöffnung und einer Ausblasöffnung zum Ausblasen von erhitzter Umgebungsluft als Warmluft in die Umgebung angeordnet ist, dass die Kühlmittelführung auf zumindest 60%, insbesondere 75% der Strecke von der Umgebungslufteinlassöffnung zur Ausblasöffnung durch den Wärmetauscher geführt ist. Hierdurch kann gerade für größere Anlagen eine günstige Geometrie erreicht werden, die einen widerstandssarmen Kühlluftstrom bei sehr großem Wärmeübertrag auf den Kühlluftstrom ermöglicht.

[0034] Mit gleichem Vorteil weist die Festbrennstofffeuerungsanlage eine Brennkammer auf, die neben dem Wärmetauscher angeordnet ist. Ein großvolumiger, horizontaler Kühlluftstrom kann widerstandssarm durch den Wärmetauscher geführt werden. Es ist hierbei vorteilhaft, wenn die Brennkammer, zweckmäßigerweise inklusive Brennkammerwandung, aus zumindest einer möglichen, horizontalen und unendliche entfernten Ansicht zumindest 50%, besser 70%, insbesondere vollständig vom Wärmetauscher verdeckt ist.

[0035] Die bisher gegebene Beschreibung vorteilhafter Ausgestaltungen der Erfindung enthält zahlreiche Merkmale, die in den einzelnen Unteransprüchen teilweise zu mehreren zusammengefasst wiedergegeben sind. Diese Merkmale wird der Fachmann jedoch zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. Das gleiche gilt für die Merkmale eines jeden Ausführungsbeispiels der nachfolgenden Figurenbeschreibung, die explizit isoliert betrachtet und mit den erfindungsgemäßen Wärmetauscher kombinierbar sind.

[0036] Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Draufsicht auf eine mobile Festbrennstofffeuerungsanlage,
 Fig. 2 eine schematische Seitenansicht auf die Festbrennstofffeuerungsanlage aus Fig. 1,
 Fig. 3 eine schematische Seitenansicht von der anderen Seite auf einen Wärmetauscher der Festbrennstofffeuerungsanlage aus Fig. 1,
 Fig. 4 einen ähnlichen Wärmetauscher für eine Festbrennstofffeuerungsanlage in einer perspektivischen Ansicht von oben,
 Fig. 5 einen weiteren Wärmetauscher mit einem geteilten oberen Verteilerkasten,
 Fig. 6 eine perspektivische Ansicht auf ein Wellblechplattenpaar des Wärmetauschers und
 Fig. 7 eine schematische Schnittdarstellung durch drei Wellblechplattenpaare des Wärmetauschers.

[0037] Die mobile Festbrennstofffeuerungsanlage 2 wird im Folgenden zunächst anhand des schematischen Grundrisses aus Fig. 1 und den beiden Seitenansichten aus den Figuren 2 und 3 erläutert. Die Seitenansicht der Fig. 2 ist vereinfacht dargestellt, und auf die Darstellung mancher Komponenten, z.B. der Zyklonabscheider, wurde verzichtet, um anderer dahinter liegende Elemente zu zeigen.

[0038] Die Feuerungsanlage 2 hat in diesem Ausführungsbeispiel eine Nennleistung von 750 kW und ist in einem Transportrahmen 4 gelagert mit zwei Einschüben 6 zum Einstecken einer Gabel eines Gabelstaplers. Ein mobiles Festbrennstofflager 8 mit einem analogen Rahmen ist benachbart zur Feuerungsanlage 2 aufgestellt. Die jeweiligen Rahmen 4 halten alle übrigen Komponenten der jeweiligen Vorrichtungen 2, 8.

[0039] Das Festbrennstofflager 8 ist über einen Anschluss 10 mit der Feuerungsanlage 2 verbunden, der ein Gelenk oder ein anderes Winkelausgleichsmittel enthält, so dass eventuellen Unebenheiten bei der Aufstellung der beiden Vorrichtungen 2, 8 ausgeglichen werden können. Hierfür ist der Anschluss 10 zusätzlich mit einem Höhenausgleichsmittel zum Anpassen einer Austrageinheit 12 versehen. Die Austrageinheit 12 ist beispielsweise eine Förderschnecke und dient zum Transportieren von im Festbrennstofflager 8 befindlichem Festbrennstoff, beispielsweise Hackschnitzel, zur Feuerungsanlage 2.

[0040] Zum Betrieb der Feuerungsanlage 2 wird diese an ihren Einsatzort gefahren, beispielsweise auf einem Lkw und dort auf einen Boden abgestellt. Auch das Festbrennstofflager 8 wird an den Einsatzort gefahren und neben der Feuerungsanlage 2 abgestellt. Anschließend werden die beiden Vorrichtungen 2, 8 über den Anschluss 10 miteinander verbunden. Eine Positionsjustierung der beiden Vorrichtungen 2, 8 zueinander ist in der Regel nicht notwendig da der Anschluss 10 Unebenheiten des Bodens genügend ausgleicht. Nun kann der Festbrennstoff, wie Hackschnitzel, Pellets oder ein anderer geeigneter Festbrennstoff, in das Festbrennstoff-

lager 4 eingefüllt werden, beispielsweise mit einem Radlader. Während des Betriebs der Feuerungsanlage 2 wird der Festbrennstoff über das Fördermittel 12 und den Anschluss 10 zur Feuerungsanlage 2 gefördert.

[0041] In einer alternativen Ausführungsform sind die Feuerungsanlage 2 und das Festbrennstofflager 4 in einem zusammenhängenden Rahmen gelagert und gemeinsam transportabel. Diese Lösung ist insbesondere für Anlagen bis 500 kW vorteilhaft, da der Transport erleichtert wird und das Anschließen der beiden Vorrichtungen 2, 8 aneinander entfällt.

[0042] Nach Durchlaufen einer Rückbrandsicherung 14 gelangt der Festbrennstoff über ein weiteres als Stokerschnecke ausgeführtes Fördermittel 16 in die Brennkammer 18 in der Feuerungsanlage 2. Die Brennkammer 18 ist für eine Unterschubfeuerung ausgelegt, so dass der Brennstoff in das untere Ende eines Trichters 20 eingeschoben wird. Der entstehende Brennstoffhaufen wird oben gezündet, wobei Festbrennstoff von unten nachgeführt wird, so dass der Haufen von unten wächst und oben verbrennt.

[0043] Zur Zuführung von primärer Verbrennungsluft ist an der Unterkante der Brennkammer 18 neben der Stockerschnecke 16 ein Primärgebläse 22 angeordnet. Ein Sekundärgebläse 24 treibt sekundäre Verbrennungsluft in und um die Brennkammer, so dass sie durch Öffnungen 26 in die Brennkammer 18 gelangt. Die durch die Sekundärluft angeregte Verbrennung findet überwiegend in einem Ausbrandraum 28 oberhalb der Brennkammer 18 statt.

[0044] Die während der Verbrennung entstehenden heißen Rauchgase werden in einer Heißgasführung 30 in einen Verteilerkasten 32 eines Wärmetauschers 34 geführt und dort auf eine Vielzahl von Röhren 36 des Wärmetauschers 34 aufgeteilt. Anstelle der Röhren 36 sind generell auch andere Gasführungskanäle aller geeigneter Geometrien denkbar. Die Heißgasführung 30 ist in Fig. 4 anhand eines ähnlichen Wärmetauschers 40 dargestellt, der etwas kleiner als der Wärmetauscher 34 ist, jedoch in vielen Details gleich ausgeführt ist.

[0045] Die heißen Rauchgase durchströmen einen ersten Zug 38 des Wärmetauschers 34 und erreichen einen Umlenkkasten 42, in dem sie um 180 Grad umgelenkt werden, um anschließend die Röhren 36 des zweiten Zugs 44 des Wärmetauschers 34 zu erreichen und diese zu durchströmen. Über einen Sammelkasten 46 werden die abgekühlten Abgase einem Funkenabtrenner 48 zugeführt, beispielsweise mehreren parallel betriebenen Zyklonabscheidern.

[0046] Die derart gereinigten Abgase werden seitlich durch einen Heißgasauslass 50 aus der Feuerungsanlage 2 herausgeführt.

[0047] Im Wärmetauscher 34 werden die Rauchgase von etwa 1200°C auf 150°C abgekühlt. Die abgegebene Wärme wird Umgebungsluft zugeführt, die in einer Kühlmittelführung 52 mit Hilfe eines Kühlmittelantriebs 54 durch den Wärmetauscher 34 getrieben wird. Der Kühlmittelantrieb 54 besteht aus zwei Gebläsen 56 in Umge-

bungslufteinlassöffnungen, die die Umgebungsluft durch den Wärmetauscher drücken. Ein Gebläse für einen Saugzug ist nicht vorhanden. Die durch flächige Pfeile angedeutete Kühlmittelführung 52 führt die erwärmte Umgebungsluft durch Warmluftauslässe 58 aus der Feuerungsanlage 2 heraus, die lediglich Öffnungen im Gehäuse der Feuerungsanlage 2 sind und keinen eigenen Antrieb enthalten. Die Warmluft steht nun zur weiteren Verwendung zur Verfügung, beispielsweise zum Trocknen von Heu.

[0048] Fig. 4 zeigt den Wärmetauscher 40 in einer perspektivischen Darstellung schräg von oben. Zur besseren Erläuterung ist auf die Darstellung eines Gehäuses verzichtet worden, so dass der Blick frei wird auf wärmetauschende Wandung 60 zwischen der Heißgasseite und der Kühlmittelseite des Wärmetauschers 40. Die Heißgasführung 30 ist durch die Heißgasseite des Wärmetauschers 34, 40 geführt, die Kühlmittelführung 52 durch die Kühlmittelseite des Wärmetauschers 34, 40.

[0049] Zum Bewegen der beiden Gase durch den Wärmetauscher 34, 40 verfügt die Feuerungsanlage 2 über einen Heißgasantrieb und den Kühlmittelantrieb 54. Der Heißgasantrieb besteht aus dem Primärgebläse 22, dem Sekundärgebläse 24 und einem Saugzuggebläse 62, das während des Betriebs der Feuerungsanlage 2 für einen kontinuierlichen Unterdruck in der Brennkammer 18 sorgt. Das Saugzuggebläse 62 ist neben dem Funkenabtrenner 48 und über der Stockerschnecke 16 angeordnet und zieht das heiße Rauchgas aus dem Ausbrandraum 28 und durch den Wärmetauscher 34, 40 und den Funkenabtrenner 48.

[0050] Im Falle eines Stromausfalls sind sämtliche elektrische Komponenten der Feuerungsanlage 2 außer Betrieb. Das Feuer in der Brennkammer 18 brennt jedoch weiter und erzeugt zunächst weiter viel Hitze. Das führt zu einem starken Hitzestau im Bereich des Ausbrandraums 28, des Verteilerkastens 32 und des ersten Zugs 38, wobei eine Aufheizung der Materialien dieser Komponenten über 1200°C möglich ist.

[0051] Um eine Zerstörung von Komponenten der Feuerungsanlage 2 auch in diesem Fall zu vermeiden, sind sämtliche elektrische Komponenten, insbesondere Antriebe, entweder auf einer Kaltseite 64 der Feuerungsanlage 2 oder unterhalb der Brennkammer 18 angeordnet, wobei der Trichter 20 für die Unterschubfeuerung nicht als Brennkammer 18 gesehen wird. Die Kaltseite 64 ist von einer Heißseite 66 der Feuerungsanlage 2 dadurch getrennt, dass sich die heißen Rauchgase nur auf der Heißseite 66 ausbreiten können und zur Kaltseite 64 nur dadurch gelangen können, dass sie zumindest 30% der regulären Strecke der Heißgasführung 30 im Wärmetauscher 34, 40 zurücklegen müssen. Im dargestellten Ausführungsbeispiel sind es etwas mehr als 50%.

[0052] Der Wärmetauscher 34, 40 ist ein stehender Wärmetauscher 34, 40 mit zumindest einem senkrecht nach unten ausgerichteten Heißzug 38 und einem senkrecht nach oben ausgerichteten Kaltzug 44. Der Abstieg bremst mit der damit verbundenen Abkühlung einen na-

türlichen Zug durch den Wärmetauscher 34, 40 wenn der Heißgasantrieb ausfällt, so dass die Überhitzung im Wesentlichen auf die Heißseite 66 beschränkt bleibt.

[0053] Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind sämtliche elektrischen Komponenten der Feuerungsanlage 2, also Aggregate zum Antrieb von Gasen und Festbrennstoff und Elektrik und Elektronik, unterhalb der Oberkante der Brennkammer 18 angeordnet, mit einer Ausnahme: dem Saugzuggebläse 62 des Heißgasantriebs. Zu dessen Schutz ist es jedoch geteilt ausgeführt. Während sich der Ventilator 68 an der Oberseite eines Gehäuses der Feuerungsanlage 2 befindet, ist unterhalb des Ventilators eine thermische Isolierung 70 in Form eines Zwischenblechs, zweckmäßigerweise mit einem Isoliermittel, angeordnet, wobei der Motor 72 des Saugzuggebläses 62 unterhalb der thermischen Isolierung angeordnet ist. Er ist außerdem außerhalb der Heißgasführung 30 positioniert, so dass er nicht mit Rauchgasen in Verbindung kommt, die oberhalb der thermischen Isolierung verbleiben. Der Ventilator ist zweckmäßigerweise ein Radialgebläse vorteilhaft, um einen stabilen Unterdruck zu erzeugen.

[0054] Auf der Heißgasseite 66 ist die Feuerungsanlage 2 frei von einem Gebläse. Die Kühlmittelführung 52 ist auf Druckgebläse beschränkt. Die Kühlmittelführung 52 ist außerdem so geführt, dass sie vom Kühlmittelantrieb 54 zu Beginn der Kühlmittelführung 52 bis zum Warmluftauslass 58 am Ende der Kühlmittelführung 52 leicht ansteigt, so dass ein geringer natürlicher Kamineffekt auch bei ausgefallenem Antrieb für eine geringe Strömung der Umgebungsluft durch den Wärmetauscher 34, 40 sorgt. Hierdurch wird die Überhitzung etwas abgebaut.

[0055] Fig. 5 zeigt eine leichte Modifizierung des Wärmetauschers 40 im Detail des oberen Sammelkastens 46a, der im Gegensatz zu dem in Fig. 4 gezeigten Ausführungsbeispiel in zwei Kastenteile 73a, 73b geteilt ausgeführt ist. Der Kastenteil 73a ist fest mit dem Heißzug 44 verbunden, in dem rund 1000° heiße Rauchgase nach unten geführt werden, und der Kastenteil 73a ist fest mit dem Kaltzug 38 verbunden, in dem die erheblich abgekühlten Rauchgase nach oben geführt werden. Aufgrund der Verwendung von Umgebungsluft als Kühlmittel kann es im Betrieb vorkommen, dass der Heißzug bis zu 1000°C heiß wird, wohingegen die Temperatur des Kaltzugs bis zu 800 K darunter liegt. Thermische Bewegungen der beiden Kastenteile 73a,b von bis zu 2 cm können die Folge sein. Um diese Bewegung spannungsfrei zuzulassen, sind die beiden Kastenteile 73a,b vollständig getrennt voneinander und nur über die beiden Züge 38, 44 miteinander verbunden, so dass sie gegeneinander beweglich gelagert sind.

[0056] Eine widerstandsarme Strömung wird durch die spezielle Bauweise des Wärmetauschers 34, 40 in Form eines Wellblechwärmetauschers deutlich begünstigt, wie im Folgenden ausgeführt ist.

[0057] Die Wandung 60 des Wärmetauschers 34, 40 ist aus Wellblechen hergestellt, wobei zwei Wellbleche

74 ein Plattenpaar 76 bilden. Ein solches Plattenpaar ist in Fig. 6 exemplarisch perspektivisch dargestellt. Drei solche Plattenpaare 76 des ersten Zugs 40 sind schematisch in Fig. 7 in einer Schnittdarstellung gezeigt. An ihrem Kopfende sind die Wellbleche 74 in eine Kopfplatte 78 eingeschweißt, die die Wandung 30 des Wärmetauschers 34, 40 nach oben abschließt. Die Kopfplatte 78 enthält also die den Außenkonturen der Plattenpaare 76 der beiden Züge 38, 44 entsprechende Öffnungen, in die die Plattenpaare 76 eingesteckt sind. Mit jeweils einer Kehlnaht sind die Wellbleche 74 beziehungsweise Plattenpaare 76 mit der Kopfplatte 78 verschweißt.

[0058] Die Wellbleche 74 der Plattenpaare 76 sind aus einem Edelstahl gefertigt, zweckmäßigerweise einem Ni-ro-Stahl, und haben eine Wanddicke von 0,5 mm. Zur stabilen Halterung der Plattenpaare 76 ist die Dicke der Kopfplatte 78, die aus Baustahl gefertigt ist, 5 mm. Entsprechend werden die Plattenpaare 76 mit einer Fußplatte 80 des Wärmetauschers 22 verschweißt.

[0059] Die Plattenpaare 76 bestehen aus zwei Wellblechen 74, die an ihren beiden Längskanten 82 durchgehend miteinander verschweißt sind. Die Wellbleche 74 sind tief gezogene Edelstahlbleche, die aufeinander gelegt und so zusammengefügt sind, dass sie mehrere zumindest weitgehend getrennte Längskammern in Form von Röhren 36 bilden. Die Wellung der Wellbleche 74 besteht pro Wellenphase im Wesentlichen aus zwei etwa 110 Grad weiten kreisbogenförmigen Segmenten 86, 88, die eine S-förmige Wellenphase bilden. Der Querschnitt der Längskammern beziehungsweise Rohre 36 ist im Wesentlichen kreisförmig, oben und unten von den beiden kreisröhrenförmigen Segmenten 86 begrenzt, und seitlich etwas von der Kreisbogenform abweichend, wobei ein Kreis mit dem Radius von 20 mm in den Querschnitt gelegt werden kann, der mit den beiden kreisbogenförmigen Segmenten 86 zusammenfällt.

[0060] Die Segmente 88 berühren einander in ihrer Mittelachse, die parallel zur Längsachse der Röhren 84 beziehungsweise Plattenpaare 76 liegt. Durch das Aufeinanderliegen der Segmente 88 ist der Innenraum der Röhren 84 in Bereiche des parallelen Verlaufs zumindest im Wesentlichen getrennt voneinander. An den Segmenten 88 stehen sich konvexe Innenflächenabschnitte gegenüber, die durch Verschweißen miteinander verbunden sind. Die äußeren Segmente 86 bilden konkave Innenflächenabschnitte, die sich paarweise gegenüberstehen und die die hauptsächliche Begrenzung der Rohre 84 bilden.

[0061] Das mittlere Plattenpaar 76 ist zwischen den beiden außen dargestellten Plattenpaaren 76 derart angeordnet, dass konvexe Außenflächenabschnitte der Segmente 86 des mittleren Plattenpaares 76 zwischen konkaven Außenflächenabschnitten der Segmente 88 der beiden umgebenden Plattenpaare 76 zu liegen kommen.

[0062] Aus Fig. 7 ist zu sehen, dass die Kühlmittelführung 52 sehr genau geführt ist. Hieraus resultiert ein Vorteil eines Wellblechwärmetauschers 34, 40 gegenüber

einem Röhrenbündelwärmetauscher: Das Kühlgas muss einen definierten Weg entlang der Wandung 60 zurücklegen, was bei Röhrenbündelwärmetauschern nicht erreicht werden kann, da das Kühlgas die Röhren 36 beidseitig umströmen kann.

[0063] Außerdem ist die Wandung 60 sehr turbulenzarm umströmbar und stellt somit einen geringeren Strömungswiderstand dar, als ein Rohrbündelwärmetauscher mit gleicher Wandungsfläche. Durch die Ausführung in Edelstahl kann die Wandung 60 sehr glatt ausgeführt sein und nur wenig durch Korrosion aufrauen, so dass auch hierdurch der Strömungswiderstand gering bleibt, viel geringer als bei dickeren Rohren aus einfacherem Stahl.

[0064] Bedingt durch die gute Durchströmbarkeit des Wärmetauschers 34, 40 bleibt ein natürlicher Strom auch bei Ausfall des Antriebs in ausreichendem Maße erhalten. Außerdem kann auf ein Sauggebläse in der Kühlmittelführung 52 verzichtet werden.

[0065] Pro Zug 38, 44 ist der Wärmetauscher 34, 40 mit mehreren solchen, wie in Fig. 6 dargestellten, Plattenpaaren 76 versehen, die senkrecht nebeneinander positioniert sind. Je nach Größe und Auslegung des senkrechten Wärmetauschers 34, 40 können die Wellbleche 74 beziehungsweise Plattenpaare 76 in beliebiger Anzahl an beiden Enden der Röhren 84 in der Kopf- und Fußplatte 78, 80 verschweißt werden. Zwischen den Plattenpaaren 76 ist hierdurch - wie in Fig. 7 zu sehen ist - die Kühlmittelführung 52 gebildet. Der Gasraum 92 zwischen den Plattenpaaren 76 ist hierbei so gestaltet, dass er quer zur Längsrichtung 90 der Röhren 36 eine Wellenform annimmt und stets im Wesentlichen die gleiche Dicke aufweist. Durch die Wellenführung entsteht ein intensiver Kontakt des Kühlmittelgases mit der Wandung 60, so dass ein intensiver Wärmeübertrag vom Heißgas auf das Kühlmittel erfolgt.

Bezugszeichenliste

[0066]

- 2 Festbrennstofffeuerungsanlage
- 4 Transportrahmen
- 6 Einschub
- 8 Festbrennstofflager
- 10 Anschluss
- 12 Austrageinheit
- 14 Rückbrandsicherung
- 16 Fördermittel
- 18 Brennkammer

20 Trichter
 22 Primärgebläse
 24 Sekundärgebläse
 26 Öffnung
 28 Ausbrandraum
 30 Heißgasführung
 32 Verteilerkasten
 34 Wärmetauscher
 36 Rohr
 38 Zug
 40 Wärmetauscher
 42 Umlenkkasten
 44 Zug
 46 Sammelkasten
 48 Funkenabtrenner
 50 Heißgasauslass
 52 Kühlmittelführung
 54 Kühlmittelantrieb
 56 Gebläse
 58 Warmluftauslass
 60 Wandung
 62 Saugzuggebläse
 64 Kaltseite
 66 Heißseite
 68 Ventilator
 70 Isolierung
 72 Motor
 73 Kastenteil
 74 Wellblech

76 Plattenpaar
 78 Kopfplatte
 5 80 Fußplatte
 82 Längskante
 84 Röhre
 10 86 Segment
 88 Segment
 15 90 Längsrichtung
 92 Gasraum

20 Patentansprüche

1. Mobile Festbrennstofffeuerungsanlage (2) mit einer Brennkammer (18), einem Wärmetauscher (34, 40) mit einer Kühlmittelseite und einer Heißgasseite, die über eine Heißgasführung (30) mit der Brennkammer (18) verbunden ist, zum Übertragen von Feuerungswärme aus Rauchgas auf ein Kühlmittel, einem Heißgasantrieb zum Treiben des Rauchgases durch die Heißgasseite und einem Kühlmittelantrieb (54) zum Treiben des Kühlmittels durch die Kühlmittelseite,
dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlmittel Umgebungsluft ist und der Kühlmittelantrieb (54) ein Umgebungsluftgebläse (56) umfasst.
2. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach Anspruch 1, **gekennzeichnet durch** ihre Einteilung in eine Heißseite (66) und eine Kaltseite (64), die für aus der Brennkammer (18) kommende, heiße Rauchgase nur **durch** ein Durchlaufen zumindest eines Teils des Wärmetauschers (34, 40) erreichbar ist, wobei die Brennkammer (18) und zumindest ein Heißzug (38) des Wärmetauschers (34, 40) auf der Heißseite (66) und zumindest alle diejenigen elektrischen Komponenten, die oberhalb der Brennkammer (18) angeordnet sind, auf der Kaltseite (64) angeordnet sind.
3. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle elektrischen Aggregate der beiden Gasantriebe und des Brennstoffantriebs auf der Kaltseite (64) angeordnet sind.
4. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kaltseite (64) für aus der Brennkammer (18) kommende, heiße Rauchgase nur über einen Abstieg in zumindest einem Heißzug (38) des Wärmetauschers (34,

- 40) erreichbar ist.
5. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, dass der Heißzug (38) nach unten ausgerichtet ist und ein Kaltzug (44) des Wärmetauschers (34, 40) auf der Kaltseite (64) angeordnet ist. 5
 6. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (34, 40) ein stehender Wärmetauscher (34, 40) mit zumindest einem senkrecht nach unten ausgerichteten Heißzug (38) und einem senkrecht nach oben ausgerichteten Kaltzug (44) ist. 10 15
 7. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (34, 40) ein Wellblechwärmetauscher ist, bei dem Wellbleche (74) eine Wandung (60) zum Übertragen von Feuerungswärme von der Heißgasseite auf die Kühlmittelseite bilden. 20 25
 8. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Heißgasführung (30) und die Kühlmittelführung (52) im Wärmetauscher (34, 40) im Gegenstrom angeordnet sind. 30
 9. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlmittelführung (52) in einer horizontalen Kühlstromrichtung durch die Anlage hindurch verläuft. 35
 10. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die Heißgasführung (30) im Wärmetauscher (34, 40) zumindest größtenteils senkrecht und die Kühlmittelführung (52) im Wärmetauscher (34, 40) zumindest größtenteils waagrecht geführt sind. 40 45
 11. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch zumindest eine Ausblasöffnung (58) zum Ausblasen von erhitzter Umgebungsluft als Warmluft in die Umgebung, wobei der Kühlmittelantrieb (54) aus zumindest einem Druckgebläse (56) zum Einblasen von Umgebungsluft in den Wärmetauscher (34, 40) besteht und eine Kühlmittelführung (52) vom Druckgebläse (56) bis zur Ausblasöffnung (58) antriebsfrei ist. 50 55
 12. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
 13. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (34, 40) so zwischen einer Umgebungslufteinlassöffnung und einer Ausblasöffnung (58) zum Ausblasen von erhitzter Umgebungsluft als Warmluft in die Umgebung angeordnet ist, dass die Kühlmittelführung (52) auf zumindest 60%, insbesondere 75% der Strecke von der Umgebungslufteinlassöffnung zur Ausblasöffnung (58) durch den Wärmetauscher (34, 40) geführt ist.
 14. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch eine Brennkammer (18), die neben dem Wärmetauscher (34, 40) angeordnet ist.
 15. Festbrennstofffeuerungsanlage (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmetauscher (34, 40) einen oberen Sammelkasten mit zwei beweglich zueinander gelagerten Kastenteilen aufweist, wobei ein Kastenteil einen Einleiter in einen nach unten gerichteten Heißzug und ein Kastenteil einen Ausleiter aus einem nach oben gerichteten Kaltzug des Wärmetauschers (34, 40) bildet.

Fig. 1

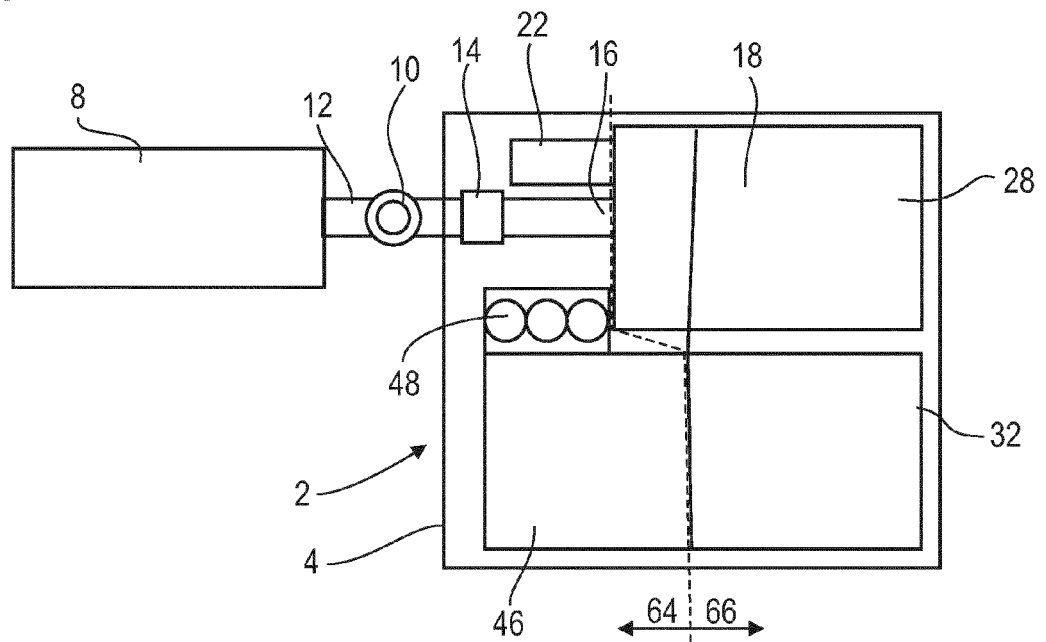


Fig. 2

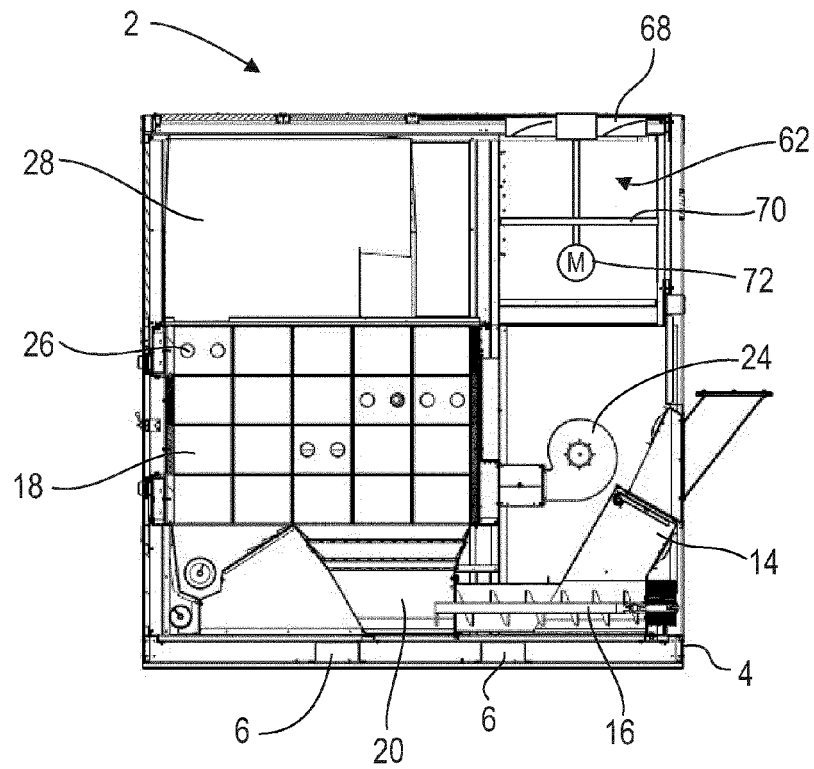


Fig. 3

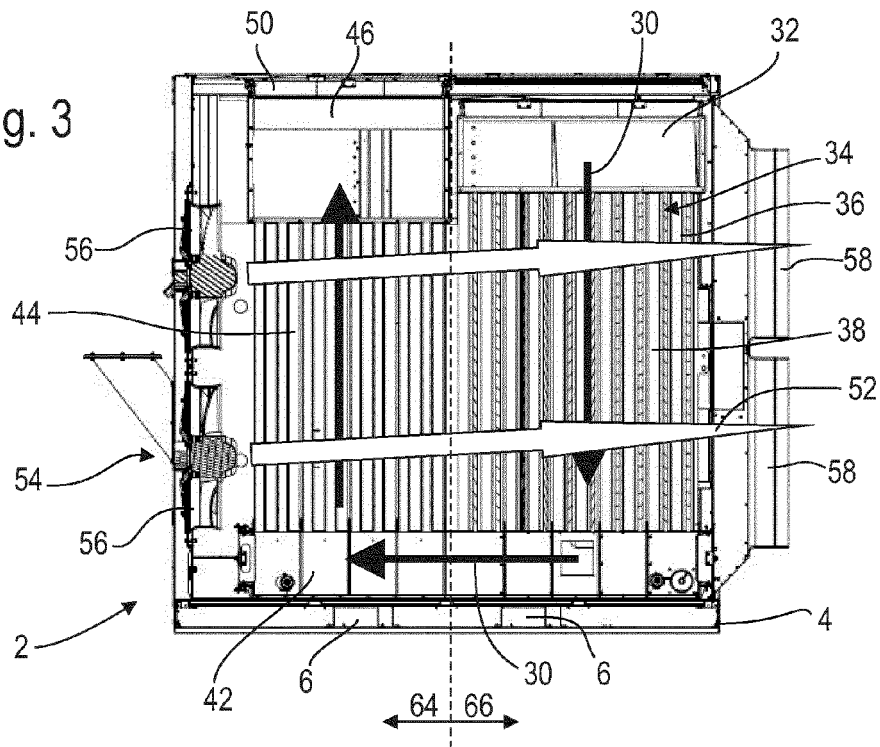
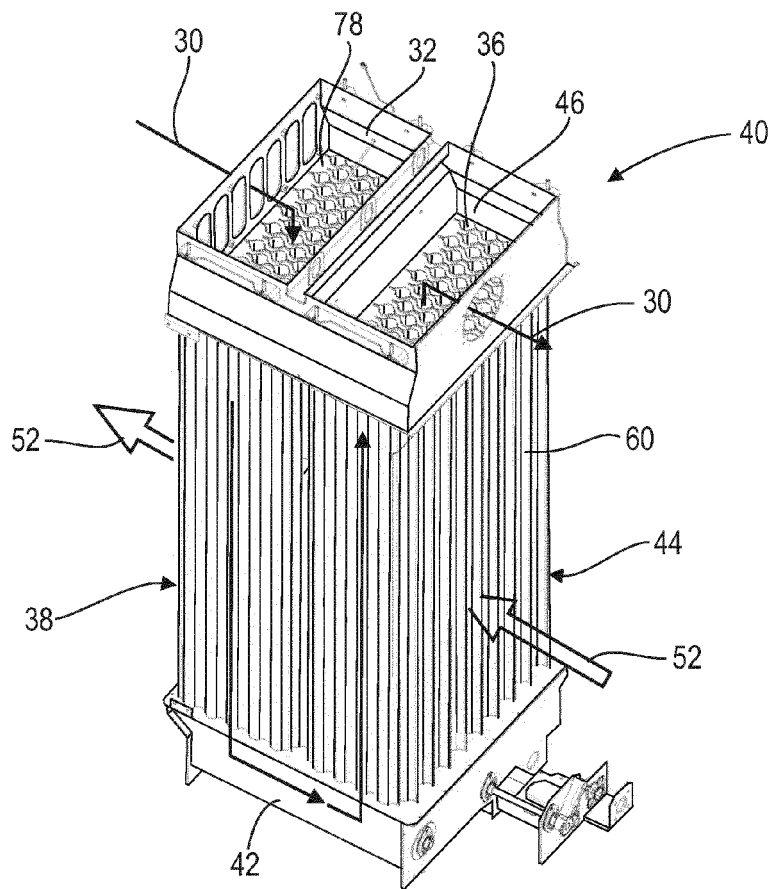


Fig. 4



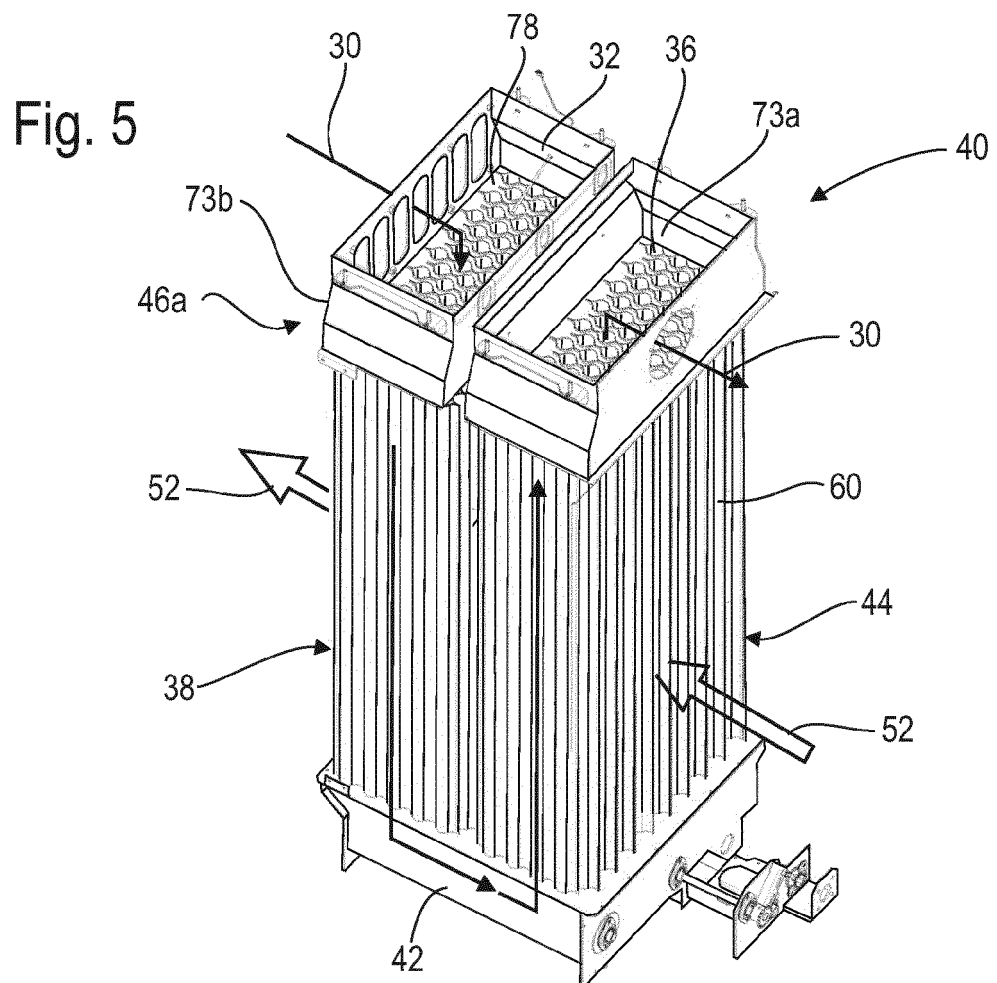


Fig. 6

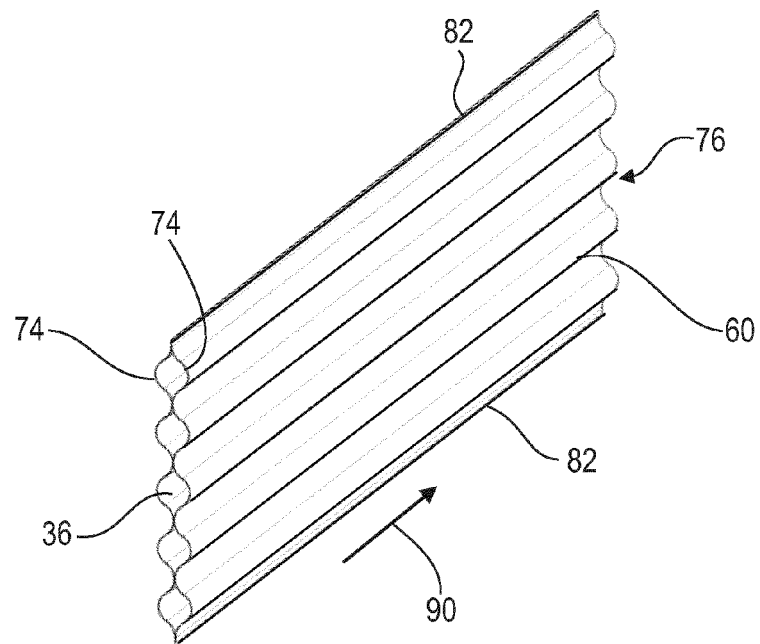


Fig. 7

