

(19)



(11)

EP 2 530 421 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.12.2012 Patentblatt 2012/49

(51) Int Cl.:
F28F 19/00 ^(2006.01) **F28F 27/00** ^(2006.01)
F28D 21/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12169030.9**

(22) Anmeldetag: **23.05.2012**

(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

(72) Erfinder:
• **Pfitzer, Soeren**
71735 Nussdorf (DE)
• **Steiner, Dietmar**
73642 Welzheim (DE)
• **Wu, Datong**
75181 Pforzheim (DE)
• **Da Silva, Pedro**
73230 Kirchheim (DE)

(30) Priorität: **30.05.2011 DE 102011102811**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

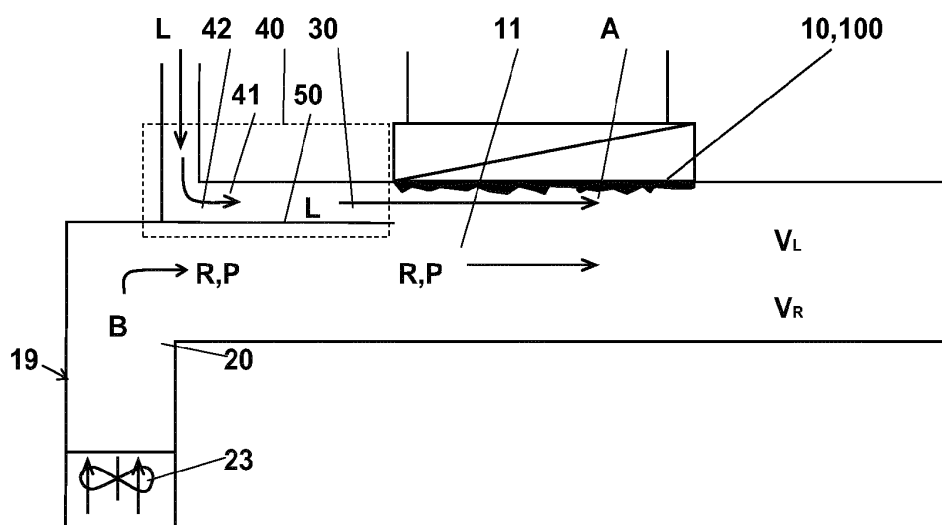
(54) **Verfahren zur Reduzierung von Brennstoffablagerungen an einem Wärmetauscher**

(57) Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen (A) an einem Wärmetauscher (10) zu schaffen, der in einem Strömungskanal (11) angeordnet ist, durch den ein Rauchgasstrom (R) leitbar ist. Dabei sollte die Lösung dazu geeignet sein, in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK) eingesetzt werden zu können.

Die Erfindung ist gekennzeichnet durch ein aktivierbares Trennmittel (30) zur Trennung des Rauchgas-

stroms (R) vom Wärmetauscher, wobei A) das Trennmittel (30) aktiviert wird, wenn der Rauchgasstrom (R) eine erhöhte Anzahl an Partikeln (P) aufweist, sodass der Rauchgasstrom (R) den Wärmetauscher (10) wenigstens teilweise nicht umströmt / nicht berührt, und wobei B) das Trennmittel (30) deaktiviert wird, wenn ein Rauchgasstrom (R) mit einer geringen Anzahl an Partikeln (P) durch den Strömungskanal (11) geleitet wird.

Fig. 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung von Brennstoffablagerungen an einem Wärmetauscher, nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

[0002] Verbrennungsheizanlagen mit Wärmekraftmaschinen sind aus dem Stand der Technik bekannt, um thermische Energie in mechanische Energie umzuwandeln. Dabei werden die gewöhnlich als externe Verbrennungsmotoren (z. B. ein Stirlingmotor) ausgebildeten Wärmekraftmaschinen zum Beispiel für Mikro-Kraftwärmekopplungsanwendungen (KWK-Anlagen) eingesetzt. Ein solcher externer Verbrennungsmotor lässt sich auch mit erneuerbaren Energien betreiben. Die Biomasse-Verbrennung (z. B. eine Pellet-Verbrennung) spielt hierbei eine wichtige Rolle.

[0003] Um thermische Energie zu erzeugen und in mechanische Energie umzuwandeln, ist wenigstens ein Wärmetauscher vorgesehen, der in einem Strömungskanal von einem heißen Rauchgasstrom umströmt wird, wodurch eine Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher erfolgt.

[0004] Allgemein kann eine Wärmeübertragung mittels Konvektion, Wärmeleitung (Konduktion) und Wärmestrahlung (Radiation) erfolgen. Unter Konvektion ist ein Transport von erwärmten Teilchen von einer Wärmequelle (zum Beispiel Brenner) zu einer Wärmesenke (zum Beispiel Wärmetauscher) zu verstehen. Die Wärmeübertragungsleistung auf den Wärmetauscher ist sehr hoch. Zu einer Wärmeleitung kommt es aufgrund einer Temperaturdifferenz, die insbesondere durch Gitterschwingungen zu einem Wärmefluss innerhalb eines Materials ohne einen Transport von Teilchen führt. Sie kann nicht durch einen luftleeren Raum erfolgen, da hier keine Materiestrukturen (Gitterstrukturen) vorhanden sind. Wärmestrahlung (Flammstrahlung und Festkörperstrahlung) hingegen ist eine elektromagnetische Strahlung, die auch eine Wärmeübertragung durch ein Vakuum erlaubt. Sie verlangt lediglich die Möglichkeit zur Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen.

[0005] Bei einer Verbrennung in einer Verbrennungseinrichtung, z. B. ein Brenner in einer Brennkammer, werden neben der Wärme unter anderem gasförmige und/oder staubförmige, organische oder anorganische Komponenten (mineralische Aerosole) aus dem Brennstoff freigesetzt, die gemeinsam mit dem Verbrennungsabgas den Rauchgasstrom bilden. An dem umströmten Wärmetauscher, der beispielsweise als Stirling-Erhitzerkopf eines Stirlingmotors ausgebildet sein kann, setzen sich diese Partikel ab, beispielsweise als K_2O , CaO , K_2SO_4 , K_2CO_3 . Aufgrund der Partikelablagerungen kann ein Verschmutzungsproblem am Wärmetauscher und infolgedessen eine verschlechterte Wärmeübertragung auftreten und der Wirkungsgrad des Wärmetauschers (der KWK-Anwendung) kann nach kurzer Betriebszeit stark abnehmen. Besonders kritisch ist hierbei der Einsatz von Biomasse (z.B. Pellets) als Brennstoff, da diese vor allem

bei einem Start und einem Stopp der Verbrennung (Brennerstart, Brennerstopp) sehr viele anorganische Partikel freisetzt.

[0006] Bei Geräten mit hoher Leistung, so zum Beispiel bei DE 10 2006 001 299 A1, wird eine Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgasstroms so weit erhöht, dass Ablagerungen am Wärmetauscher reduziert werden. Dafür wird ein leistungsstarkes Gebläse eingesetzt, was zu einem hohen Eigen-Stromverbrauch der Verbrennungseinrichtung führt. Bei Geräten mit kleiner Leistung, z. B. etwa 1 kW, ist diese Lösung wegen des hohen Stromverbrauchs nicht wirtschaftlich praktikabel. Hinzu kommen Schwingungs- und Geräuschprobleme, wodurch Materialermüdungen auftreten können und die Lösung nicht für geräuschsensible Aufstellungsorte geeignet ist.

[0007] Andere Ausgestaltungen sehen eine indirekte Beheizung eines Wärmetauschers vor. Hier erfolgt die Wärmeübertragung von dem Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher ausschließlich über Konduktion und Wärmestrahlung. Es gibt keine direkte Berührung zwischen Rauchgas und Wärmetauscher, wodurch die Verschmutzung (Partikelablagerung) und Korrosion am Wärmetauscher verhindert werden kann. Ist die effektive Oberfläche des Wärmetauschers jedoch zu klein für die Wärmeübertragung, kann die Wärmeübertragungsleistung aufgrund des fehlenden konvektiven Wärmeübertragungsanteils zu gering sein. Deshalb sind große Oberflächen für die Wärmeübertragung vorzusehen, was große Bauteilabmessungen, hohen Materialverbrauch und hohe Kosten zur Folge hat. Eine solche indirekte Beheizung des Wärmetauschers ist deshalb ebenfalls oft nicht praktikabel.

[0008] Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen an einem Wärmetauscher zu schaffen, der in einem Strömungskanal angeordnet ist, durch den ein Rauchgasstrom / Abgasstrom leitbar ist. Dabei sollte die Erfindung eine hohe und dauerhafte Wärmeübertragung bei kleiner Baugröße ermöglichen, ökologisch sein, wenig kosten und einfach umsetzbar sein. Zudem sollte die Lösung dazu geeignet sein, in einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (KWK-Anlage) eingesetzt werden zu können.

[0009] Erfindungsgemäß wird dies mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

[0010] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen (z.B. Partikelablagerungen) an einem Wärmetauscher, der in einem Strömungskanal angeordnet ist. Durch den Strömungskanal ist ein Rauchgasstrom oder Abgasstrom leitbar. Es ist ein aktivierbares Trennmittel zur Trennung des Rauchgasstroms vom Wärmetauscher vorhanden, wobei

A) das Trennmittel aktiviert wird, wenn der Rauchgasstrom eine erhöhte Anzahl an Partikeln aufweist, sodass der Rauchgasstrom wenigstens teilweise

vom Wärmetauscher getrennt strömt und somit diesen wenigstens teilweise nicht umströmt oder nicht berührt, und wobei

B) das Trennmittel deaktiviert wird, wenn ein Rauchgasstrom mit einer geringen Anzahl an Partikeln durch den Strömungskanal geleitet wird, sodass der Rauchgasstrom den Wärmetauscher umströmt oder berührt.

[0011] Durch Aktivierung des Trennmittels wird der Rauchgasstrom vom Wärmetauscher getrennt, durch Deaktivierung des Trennmittels umströmt der Rauchgasstrom wieder den Wärmetauscher.

[0012] Unter einem "Wärmetauscher, der in einem Strömungskanal angeordnet ist", ist ein Wärmetauscher zu verstehen, der ganz oder teilweise in einem Strömungskanal angeordnet ist oder eine Begrenzung des Strömungskanals darstellt, beispielsweise indem der Wärmetauscher einen Abschnitt einer Strömungskanalwand bildet. Die Begriffe Rauchgas und Abgas werden hier und im Folgenden synonym verwendet.

[0013] Ein solcher Rauchgasstrom kann in einer Verbrennungseinrichtung erzeugt werden. In diese wird üblicherweise Brennstoff und Verbrennungsluft eingebracht und der Brennstoff verbrannt. Die Verbrennungsflamme kann dabei bis in den Strömungskanal mit dem Wärmetauscher reichen, muss dies jedoch nicht zwingend. Je nach Betriebszustand der Verbrennungseinrichtung und dem Brennstoff führt der Rauchgasstrom dann unterschiedlich viele Partikel mit sich, die sich am Wärmetauscher ablagern können. Erfindungsgemäß wird dies mit dem Trennmittel wenigstens zum Teil verhindert.

[0014] Die Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom im Strömungskanal kann direkt oder indirekt bestimmt werden. Insbesondere Lambdasonden sind geeignet dazu, die Qualität der Verbrennung und somit die Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom messtechnisch zu bestimmen. Erfindungsgemäß muss jedoch keine messtechnische Bestimmung erfolgen, sondern es kann in einer einfachen Ausgestaltungsvariante auch eine reine Annahme, Vermutung oder Antizipation der Partikelanzahl im Rauchgasstrom erfolgen.

[0015] Die Annahme einer erhöhten Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom kann zum Beispiel über die Kenntnis bestimmter Betriebszustände einer dem Wärmetauscher vorgelagerten Verbrennungseinrichtung erfolgen, in welcher der Rauchgasstrom erzeugt wird. Dabei sind insbesondere die Betriebszustände Brennerstart und/oder Brennerstopp sehr gute Indikatoren für eine erhöhte Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom. Bei einem Brennerstart läuft die Verbrennung noch nicht sauber ab, da insbesondere eine Nachverbrennung des Rauchgasstroms zumeist erst bei einer ausreichenden Temperatur des Rauchgasstroms möglich ist. So kann bei einem Brennerstart für einen bestimmten Zeitraum eine erhöhte Anzahl an Partikeln angenommen werden. Dementsprechend würde das Trennmittel für diesen Zeitraum akti-

viert.

[0016] Gleiches gilt für einen Brennerstopp, bei dem die Verbrennung eines Brennstoffs entweder erstickt wird oder langsam ausklingt. Hierbei kommt es ebenfalls für einen bestimmten Zeitraum zu einer unsauberen Verbrennung mit einer erhöhten Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom. Auch für diesen Zeitraum kann also eine erhöhte Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom angenommen und das Trennmittel aktiviert werden.

[0017] Im Umkehrschluss kann davon ausgegangen werden, dass eine stabile stationäre Verbrennung zwischen einem Brennerstart und einem Brennerstopp sauber erfolgt, sodass hier angenommen werden kann, dass eine geringe Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom vorhanden ist. Für den Zeitraum einer stationären Verbrennung würde dementsprechend das Trennmittel deaktiviert. Bei ausgeschalteter Verbrennung besteht keine Gefahr von Partikelablagerungen am Wärmetauscher. Dementsprechend würde das Trennmittel hier deaktiviert.

[0018] Idealerweise würde bei einer nicht-messtechnisch ermittelten Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom ein Signal der Verbrennungseinrichtung über deren Betriebszustand zur Aktivierung und Deaktivierung des Trennmittels eingesetzt. Die Zeiträume der unsauberen Verbrennung bei einem Brennerstart oder Brennerstopp könnten standardisiert vorgegeben werden, oder sie werden individuell für jede Verbrennungseinrichtung ermittelt und dann vorgegeben.

[0019] Zusätzlich könnte das Trennmittel auch bei weiteren Betriebszuständen der Verbrennungseinrichtung, insbesondere bei Störmeldungen und Notlaufprogrammen, aktiviert werden. Dabei kann es beispielsweise auch die Aufgabe einer Notkühlung des Wärmetauschers übernehmen.

[0020] Besonders vorteilhaft ist, dass durch das aktivierbare Trennmittel Ablagerungen am Wärmetauscher verringert werden, wodurch die Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher auch nach einer längeren Betriebsdauer nahezu unverändert ist. Eine besonders hohe Bedeutung hat dieser Vorteil bei einem Einsatz von erneuerbaren Brennstoffen und festen Brennstoffen, die eine sehr hohe Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom verursachen können.

[0021] Da der Rauchgasstrom den Wärmetauscher bei deaktiviertem Trennmittel direkt umströmen kann, ist die erreichbare Wärmeübertragung bei deaktiviertem Trennmittel sehr hoch. Neben einer Wärmeleitung und Wärmestrahlung kann hier auch eine Konvektion zur Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher genutzt werden.

[0022] Die Zeitspannen einer stationären Verbrennung mit einer geringen Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom überwiegen bei den meisten Anwendungen deutlich, und somit ist auch die Wärmeübertragung über den gesamten Betriebszeitraum, d.h. die Summe der Zeiträume mit aktiviertem und mit deaktiviertem Trennmittel, sehr hoch. Dementsprechend wird pro Wärme-

übertragungseinheit auf den Wärmetauscher nur eine geringe Menge Rauchgas benötigt, was einer hohen Effizienz entspricht und somit zum Schutze der Umwelt beiträgt.

[0023] Weiterhin kann der Wärmetauscher kompakt gestaltet sein, da seine volle Wärmeaufnahmefähigkeit auch noch nach längerer Betriebszeit zur Verfügung steht und nicht durch Brennstoffablagerungen beeinträchtigt wird. Er muss somit nicht überdimensioniert werden. Die kompakte Gestaltung stellt aufgrund eines geringen Materialverbrauchs auch einen ökologischen Mehrwert dar. Zudem kostet die Herstellung des Wärmetauschers dementsprechend wenig.

[0024] Das Trennmittel und dessen Aktivierung können einfach und automatisiert gestaltet sein, wodurch die Kosten einer notwendigen Vorrichtung und deren Bedienungsaufwand gering sind. Selbst komplexere Ausgestaltungen sind aufgrund der Kosten für Brennstoff durch die hohe dauerhafte Effizienz des Verfahrens wirtschaftlich.

[0025] In einer Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Trennmittel ein Luftstrom ist. Ein solcher Luftstrom kann von einer Strömungsvorrichtung mit einem Strömungskanal und einem Strömungserzeuger bei einer Aktivierung des Trennmittels erzeugt werden. Der Luftstrom wird dann derart in den Strömungskanal des Rauchgasstroms eingebracht, dass er den Rauchgasstrom vom Wärmetauscher trennt. Er bildet gewissermaßen einen Schutzluftschleier zwischen Rauchgas und Wärmetauscher aus, sodass Partikel aus dem Rauchgasstrom wenigstens teilweise nicht zu Ablagerungen am Wärmetauscher führen können.

[0026] Ein Luftstrom ist einfach aktivierbar oder erzeugbar, zum Beispiel durch einen Strömungserzeuger, ein Gebläse oder einen Ventilator. Dabei ist das Medium Luft in der Regel in nahezu unbegrenztem Maße verfügbar. Weiterhin ist die schnelle Aktivierbarkeit und Deaktivierbarkeit eines Luftstroms hervorzuheben, sodass auch bei einer plötzlichen Änderung der Partikelanzahl im Rauchgasstrom in sehr kurzer Zeit eine (De-)Aktivierung des Trennmittels erfolgen kann. Ein Strömungskanal und optional eine Düse für den Luftstrom werden außerdem durch diesen selbst von Verunreinigungen befreit, sodass ein solches Trennmittel sehr robust und verschleißfest ist.

[0027] Dazu ist Luft umweltfreundlich und kann über einfach gestaltbare Leitungen an den Bestimmungsort transportiert werden. Dabei ermöglicht der aktivierte (geförderte) Luftstrom eine Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher. Insbesondere kann eine Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher durch Wärmestrahlung auch bei aktiviertem Luftstrom erfolgen. Somit verbleibt bei einem aktivierten Trennmittel eine relativ hohe Wärmeübertragung und die Effizienz der Wärmeübertragung ist über den gesamten Betriebszeitraum besonders hoch.

[0028] Es kann dabei vorgesehen sein, dass der Luftstrom mittels einer Vorwärmanrichtung vorgewärmt

wird. Die Vorwärmanrichtung könnte beispielsweise ein Strömungskanal sein, der mit der Brennkammer oder dem Strömungskanal des Rauchgasstroms thermisch korrespondiert. Dieser Strömungskanal für den Luftstrom könnte durch die Brennkammer führen, wodurch der Luftstrom vorgewärmt würde. Eine weitere Möglichkeit wäre, die Vorwärmanrichtung in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms hinter dem Wärmetauscher auszubilden. Somit würde dem Rauchgasstrom erst hinter dem Wärmetauscher Wärme durch den Luftstrom entzogen.

[0029] Ein erwärmter Luftstrom hat den wesentlichen Vorteil, dass die Wärmeübertragung auf den Wärmetauscher verbessert ist. Erst wenn der Luftstrom auf Temperaturen über der des Wärmetauschers hinaus erwärmt ist, kann er Wärme an den Wärmetauscher abgeben. Bei einem vorgewärmten Luftstrom entfällt wenigstens ein Großteil der durch eine direkte Berührung der sonst kalten Luft mit dem Rauchgas stattfindenden Erwärmung des Luftstroms. Somit kann der Luftstrom schon kurz nach Eintritt in den Strömungskanal des Rauchgasstroms Wärme an den Wärmetauscher übertragen.

[0030] Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der trennende Luftstrom als Verbrennungsluft für eine Verbrennung dient. Dies kann beispielsweise dann Anwendung finden, wenn der Rauchgasstrom noch Bestandteile unverbrannten oder unvollständig verbrannten Brennstoffs (beispielsweise brennbare Partikel, Rußpartikel) beinhaltet, die durch diesen zusätzlichen Verbrennungsluftstrom vollständig oxidiert werden. Hierdurch können Ablagerungen organischer Art vermieden oder reduziert werden. Eine Flamme einer Nachverbrennung des unverbrannten Brennstoffs bildet sich so in geringem Abstand zu der Wärmetauscheroberfläche aus, berührt aber wegen der trennenden Wirkung des Luftstroms den Wärmetauscher nicht.

[0031] Um eine besonders gute Trennung zwischen dem Wärmetauscher und dem Rauchgasstrom zu erreichen, kann die Strömungsgeschwindigkeit des Luftstroms gleich oder höher sein als die Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgasstroms. Der Luftstrom bleibt so sehr stabil in seiner Strömungsrichtung. Selbst bei Verwirbelungen des Rauchgasstroms und nicht parallel zum Luftstrom und Wärmetauscher strömendem Rauchgasstrom reißt der Luftstrom nicht ein, und die Trennung zwischen Rauchgasstrom und Wärmetauscher ist zuverlässig. Im Verhältnis zu einer hohen Strömungsgeschwindigkeit des gesamten Rauchgasstroms, wie sie vom Stand der Technik verwandt wird, muss nur eine kleine Menge - nämlich die des Luftstroms - auf eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit gebracht werden. Die hierfür benötigte Energie und somit der Eigenstromverbrauch des Verfahrens ist um ein Vielfaches geringer, wodurch die Effizienz des Verfahrens hoch und die Kosten gering sind. Selbst wenn einzelne Partikel durch Verwirbelungen vom Rauchgasstrom in den Luftstrom gelangen, werden diese durch die hohe Strömungsge-

schwindigkeit des Luftstroms am Wärmetauscher vorbeitransportiert und können sich nicht auf diesem ablagern.

[0032] Der Luftstrom sollte wenigstens teilweise parallel zum Wärmetauscher strömen. Somit ist die Distanz in Strömungsrichtung, auf welcher der Luftstrom den Rauchgasstrom vom Wärmetauscher trennt, kurz. Außerdem kann er direkt mit dem Wärmetauscher in Kontakt stehen und wird dann auf der Seite des Wärmetauschers nicht durch Strömungen des Rauchgasstroms beeinflusst. Daraus folgend ist der Luftstrom idealerweise zur gesamten Oberfläche des Wärmetauschers parallel. Bei einer solchen Gestaltung kann schon eine relativ geringe Strömungsgeschwindigkeit ausreichen, um eine stabile Trennung zwischen Rauchgasstrom und Wärmetauscher zu erreichen. Ein Luftstrom mit geringer Strömungsgeschwindigkeit kann mit geringem Stromverbrauch eines Strömungserzeugers erzeugt werden. Der geringe Eigenstromverbrauch führt letztlich zu einer hohen Energieeffizienz über die gesamte Betriebszeit des Verfahrens.

[0033] Das Verfahren kann weiterhin vorsehen, dass vorhandene Ablagerungen auf dem Wärmetauscher mit dem Luftstrom gelöst werden. Auch bei einer geringen Anzahl an Partikeln im Rauchgasstrom kann es zu Ablagerungen am Wärmetauscher kommen. Diese könnten bei einer Aktivierung des Luftstroms gelöst und abtransportiert werden. Hierfür kann die Strömungsgeschwindigkeit des Luftstroms auch höher sein, als es für die Trennung des Rauchgasstroms vom Wärmetauscher notwendig wäre. Eine kurzzeitige Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit ist zumeist ausreichend zur Ablösung der Partikel und der Gesamtverbrauch an elektrischer Energie zur Erzeugung des Luftstroms bleibt gering.

[0034] Da alle Bauteile zur Einbringung des Luftstroms in den Strömungskanal des Rauchgasstroms ohnehin vorhanden sind, besteht grundsätzlich die Möglichkeit diese auch für zusätzliche Zwecke zu nutzen.

[0035] So könnte ein vorhandener Strömungskanal für den Luftstrom bei einer Wartung mit Druckluft durchspült und so der Wärmetauscher gereinigt werden. Ein solch starker Druckluftstrom könnte dann von einem externen Strömungserzeuger erzeugt werden. Der eigentliche Strömungserzeuger muss folglich nur die Leistung zur Erzeugung des Luftstroms (Schutzluftschleier) erbringen und ist kostengünstig.

[0036] Alternativ besteht zum Beispiel auch die Möglichkeit bei einer sehr lange andauernden stationären Verbrennung den Luftstrom kurzzeitig zu aktivieren, um Brennstoffablagerungen zu lösen. Ein solcher Aktivierungszeitpunkt könnte zyklisch nach der Zeit, zyklisch während der Zeit der stationären Verbrennung, oder durch eine Bestimmung der Ablagerungen gewählt werden.

[0037] Ein weiterer Einsatzzweck ist eine geregelte Zufuhr von Luft zum Rauchgasstrom während einer stationären Verbrennung, um eine Nachverbrennung durch-

zuführen. Die hierfür zu verwendende Strömungsgeschwindigkeit sollte jedoch so gering sein, dass der Luftstrom nicht den Rauchgasstrom vom Wärmetauscher trennt. Auf diese Weise lassen sich Schadstoffemissionen (z. B. Kohlenmonoxidemissionen) durch eine vollständige Verbrennung mittels des zusätzlich eingebrachten Luftstroms weiter reduzieren. Dabei bleibt die Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher durch Flammstrahlung und Konvektion hoch.

[0038] Eine andere Ausbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass das Trennmittel eine Klappe und einen Bypass aufweist, wobei die Klappe in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms vor dem Wärmetauscher und der Bypass parallel zum Wärmetauscher angeordnet sind, wodurch der Rauchgasstrom in einer ersten Klappenstellung nicht vom Wärmetauscher getrennt ist und in einer zweiten Klappenstellung durch den Bypass geleitet und vom Wärmetauscher getrennt wird.

[0039] Der Rauchgasstrom kommt folglich bei einer zweiten Klappenstellung nicht mit dem Wärmetauscher in Kontakt, sondern wird durch den Bypass geleitet. Dementsprechend kommt es zu keinen Partikelablagerungen auf dem Wärmetauscher. In der ersten Klappenstellung wird der Rauchgasstrom hingegen direkt über den Wärmetauscher geleitet, wodurch eine hohe Wärmeübertragung durch Konvektion, Flammstrahlung, Wärmeleitung und Wärmestrahlung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher erfolgen kann.

[0040] Besonders bei Anwendungen mit langen Aktivierungszeiten und verhältnismäßig kurzen Deaktivierungszeiten des Trennmittels kann solch eine Klappe den Vorteil haben, dass sie derart ausgelegt werden kann, dass nur zu deren Verstellen Strom benötigt wird. In den erreichten Klappenstellungen hemmt sich die Klappe dann grundsätzlich selbst gegen ein Verstellen. Der Eigenstromverbrauch ist dann geringer als bei einem als Luftstrom ausgebildeten Trennmittel, zu dessen Erzeugung ein Strömungserzeuger während der gesamten Aktivierungszeit Strom verbraucht.

[0041] In einer speziellen Ausführung ist der Wärmetauscher Bestandteil einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage, mittels der thermische Energie in mechanische Energie umgewandelt wird. Gerade solche Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen) haben häufig sehr lange Betriebszeiten pro Jahr. Schon kleine Effizienzvorteile haben dann einen erheblichen Einfluss auf den Brennstoffbedarf und schonen die Umwelt.

[0042] Solche KWK-Anlagen sind häufig als externe Verbrennungsmotoren ausgebildet, deren bekanntester Vertreter der Stirlingmotor ist. Der Wärmetauscher eines Stirlingmotors wird auch Stirling-Erhitzerkopf genannt. Sofern diese KWKs als Blockheizkraftwerk betrieben werden, wird durch die erzeugte mechanische Energie Strom erzeugt. Durch die erfindungsgemäße Effizienzsteigerung amortisieren sich die Anschaffungskosten eines solchen Blockheizkraftwerks wesentlich schneller, da dauerhaft eine größere Menge Strom pro Brennstof-

feinheit erzeugbar ist.

[0043] Zusätzlich lässt sich mit dem erfindungsgemäßen Trennmittel bei Bedarf die Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher regulieren, z. B. bei einer Notabschaltung der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage. Insbesondere könnte ein kühler Luftstrom und dessen Strömungsgeschwindigkeit genutzt werden, um den Wärmetauscher aktiv mit dem Luftstrom zu kühlen. Ein externer Verbrennungsmotor verringert so schnell seine Drehzahl und kommt zum Stillstand. Auch kann vorgesehen sein, dass ein als Klappe mit Bypass ausgeführtes Trennmittel, nur einen Anteil des Rauchgasstroms am Wärmetauscher vorbeileitet und den restlichen Anteil durch den Bypass. Hiermit kann die Drehzahl des externen Verbrennungsmotors ebenfalls verringert werden.

[0044] Die Zeichnungen stellen Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und zeigen in

- Fig. 1 eine schematische Ansicht eines als Luftstrom ausgebildeten Trennmittels zwischen einem Wärmetauscher und einem Rauchgasstrom;
- Fig. 2 ein Geschwindigkeitsprofil eines Luftstroms und eines Rauchgasstroms;
- Fig. 3 ein Diagramm einer mittleren Strömungsgeschwindigkeit eines als Luftstrom ausgebildeten Trennmittels zu den Zeitpunkten einer Aktivierung und Deaktivierung einer Brennkammer;
- Fig. 4 eine schematische Ansicht eines als Luftstrom ausgebildeten Trennmittels zwischen einem als Stirling-Erhitzerkopf ausgebildeten Wärmetauscher und einem Rauchgasstrom;
- Fig. 5 eine schematische Ansicht eines als Klappe mit Bypass ausgebildeten Trennmittels zwischen einem als Stirling-Erhitzerkopf ausgebildeten Wärmetauscher und einem Rauchgasstrom; und
- Fig. 6 ein Diagramm mit mechanischen Leistungen eines Stirlingmotors ohne Luftstrom, mit Luftstrom und mit vorgewärmtem Luftstrom.

[0045] Fig. 1 zeigt eine schematische Ansicht eines als Luftstrom L ausgebildeten Trennmittels 30 zwischen einem Wärmetauscher 10 und einem Rauchgasstrom R. Der Wärmetauscher 10 ist in einem Strömungskanal 11 angeordnet, durch den der Rauchgasstrom R leitbar ist. In Strömungsrichtung des Rauchgasstroms R vor dem Wärmetauscher 10 befindet sich eine Verbrennungseinrichtung 19. Diese besteht aus einer Brennkammer 20 mit einem Strömungserzeuger 23. Weiterhin ist in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms R vor dem Wärmetauscher 10 das Trennmittel 30 angeordnet. Dieses ist als Luftstrom L ausgebildet, zu dessen Erzeugung eine Strömungsvorrichtung 40 vorgesehen ist. Diese besteht aus einem Strömungskanal 41 und einem Strömungserzeuger 42. Wenigstens eine Seitenwand des Strömungskanals 41 korrespondiert mit einer Seitenwand des Strömungskanals 11 des Rauchgasstroms R und bildet so eine Vorwärmanrichtung 50. Hierdurch ist eine Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom R auf den Luftstrom L möglich, bevor der Luftstrom L in den Strömungskanal 11 geleitet wird. Bei einem Brennerstart wird eine Verbrennungsluft V und ein Brennstoff B in die Brennkammer 20 eingebracht und verbrannt, wodurch der Rauchgasstrom R erzeugt wird. Von der Brennkammer 20 strömt der Rauchgasstrom R nunmehr in den Strömungskanal 11 und passiert den Wärmetauscher 10.

[0046] Je nach Betriebszustand der Verbrennungseinrichtung 19 können unterschiedlich viele Partikel P im Rauchgasstrom R enthalten sein. Sofern der Rauchgasstrom R eine erhöhte Anzahl an Partikeln P aufweist und/oder wenn eine erhöhte Anzahl an Partikeln P im Rauchgasstrom R anzunehmen ist, wird das Trennmittel 30 aktiviert. Hierdurch wird der Rauchgasstrom R durch den Luftstrom L vom Wärmetauscher 10 getrennt. Der Luftstrom L bildet dabei gewissermaßen einen Schutzluftschleier zwischen dem Wärmetauscher 10 und dem Rauchgasstrom R. Auf diese Weise werden Ablagerungen A am Wärmetauscher 10 verhindert. Wie in der Figur zu erkennen ist, strömt der Luftstrom L dabei parallel zum Wärmetauscher 10, insbesondere zu dessen in den Strömungskanal 11 ragenden Oberfläche. Die Trennung ist besonders gut, wenn die Strömungsgeschwindigkeit V_L des Luftstroms L größer ist als die Strömungsgeschwindigkeit V_R des Rauchgasstroms R.

[0047] Wenn ein Rauchgasstrom R mit einer geringen Anzahl an Partikeln P durch den Strömungskanal 11 geleitet wird und/oder wenn eine geringe Anzahl an Partikeln P im durch den Strömungskanal 11 geleiteten Rauchgasstrom R angenommen wird, erfolgt eine Deaktivierung des Trennmittels 30. Somit wird auch kein Luftstrom L erzeugt. Der Rauchgasstrom R kann nunmehr ungehindert am Wärmetauscher 10 vorbei strömen. Dies erlaubt eine sehr gute Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom R auf den Wärmetauscher 10. Eine zum Wärmetauscher 10 gehörige Kraft-Wärme-Kopplungsanlage 100 kann so ihre maximale Leistung erbringen.

[0048] Fig. 2 zeigt einen vergrößerten Ausschnitt eines Wärmetauschers 10, der in einem Strömungskanal 11 angeordnet ist. Durch diesen Strömungskanal 11 strömt ein Rauchgasstrom R, der von einer Verbrennungseinrichtung 19 in einer Brennkammer 20 erzeugt wird. Weiterhin ist ein Strömungskanal 41 vorgesehen, durch den ein Luftstrom L in den Strömungskanal 11 einströmt. Dabei wird der Luftstrom L vor dem Einströmen über eine Vorwärmanrichtung 50 vorgewärmt.

[0049] Im Strömungskanal 11 ist ein Strömungsgeschwindigkeitsprofil des Luftstroms L und des Rauchgasstroms R gezeigt. Dabei ist zu erkennen, dass die Strömungsgeschwindigkeit V_L des Luftstroms L deutlich größer ist als die Strömungsgeschwindigkeit V_R des Rauchgasstroms R. In unmittelbarer Nähe des Wärmetauschers 10 ist die Strömungsgeschwindigkeit V_L des Luftstroms L dabei sehr gering, da sie von dessen Oberfläche gebremst wird. Mit zunehmendem Abstand steigt sie je-

doch stark an, bevor sie mit zunehmender Nähe zum Rauchgasstrom R von diesem verlangsamt wird. Die Strömungsgeschwindigkeit V_R des Rauchgasstroms R hingegen ist an der gegenüber des Wärmetauschers 10 liegenden Wand des Strömungskanals 11 sehr gering, steigt mit zunehmendem Abstand zu dieser Wand an und ist dann weitestgehend konstant. Mit zunehmender Nähe zum Luftstrom L steigt sie dann jedoch nochmals an.

[0050] In Fig. 3 ist ein Diagramm dargestellt, auf dessen Abszisse die Zeit t und auf dessen Ordinate eine Strömungsgeschwindigkeit V_L eines als Luftstrom ausgebildeten Trennmittels gezeigt ist. Während eines stationären Brennerbetriebs ST ist der Luftstrom deaktiviert und die Strömungsgeschwindigkeit V_L dementsprechend null. Dies ist jedoch bei weiteren Betriebszuständen der Verbrennungseinrichtung nicht der Fall, insbesondere nicht bei einem Brennerstart ON oder einem Brennerstopp OFF. Sowohl bei einem Brennerstart ON als auch bei einem Brennerstopp OFF wird der Luftstrom für eine Vorlaufzeit t_V und eine Nachlaufzeit t_N aktiviert und die Strömungsgeschwindigkeit V_L ist größer als null. Dies ist insbesondere deshalb notwendig, da sowohl bei einem Brennerstart ON als auch bei einem Brennerstopp OFF eine erhöhte Partikelanzahl im Rauchgasstrom anzunehmen ist. Für diesen Zeitraum wird dementsprechend der Rauchgasstrom von einem Wärmetauscher im Strömungskanal getrennt. Im Rauchgasstrom enthaltene Partikel können sich somit nicht am Wärmetauscher absetzen und eine Brennstoffablagerung bilden.

[0051] Auch in Fig. 4 ist ein Wärmetauscher 10 in einem Strömungskanal 11 angeordnet. Dieser Wärmetauscher 10 gehört zu einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage 100, die als externer Verbrennungsmotor 110 ausgebildet ist. Insbesondere handelt es sich um einen Stirlingmotor 120 und der Wärmetauscher 10 ist ein Stirling-Erhitzerkopf 121.

[0052] Durch den Strömungskanal 11 strömt ein Rauchgasstrom R, der Partikel P mit sich führt. In Strömungsrichtung des Rauchgasstroms R vor dem Wärmetauscher 10 (also stromaufwärts des Wärmetauschers 10) ist eine Verbrennungseinrichtung 19 angeordnet. Diese besteht aus zwei Brennkammern 20, insbesondere einer primären Brennkammer 21 und einer sekundären Brennkammer 22. In beide Brennkammern 21, 22 wird Verbrennungsluft V eingebracht. Die in die primäre Brennkammer 21 eingebrachte primäre Verbrennungsluft V1 wird mit Brennstoff B verbrannt. Mittels der in die sekundäre Brennkammer 22 eingebrachten sekundären Verbrennungsluft V2 wird eine Nachverbrennung des aus der primären Brennkammer 21 strömenden Rauchgases R vorgenommen. Eine solche Nachverbrennung ist in der Regel erst möglich, wenn der Rauchgasstrom R, welcher aus der primären Brennkammer 21 in die sekundäre Brennkammer 22 strömt, heiß genug ist. Bei einem Brennerstart enthält der Rauchgasstrom R im Strömungskanal 11 daher solange eine hohe Anzahl an Partikeln P, bis die Nachverbrennung in der sekundären Brennkammer 22 stabil abläuft.

[0053] Auch bei einem Brennerstopp kommt es aufgrund des Erstickens der Verbrennung oder eines Brennstoffmangels zu einer erhöhten Anzahl an Partikeln P im Rauchgasstrom R. Diese Partikel P lagerten sich nach dem Stand der Technik regelmäßig an dem Wärmetauscher 10 ab und bildeten eine Brennstoffablagerung A. Erfindungsgemäß ist deshalb ein Trennmittel 30 vorgesehen. Dieses ist als Luftstrom L ausgebildet, der von einer Strömungsvorrichtung 40 erzeugt wird. Die Strömungsvorrichtung 40 weist hierfür einen Strömungskanal 41 und einen Strömungserzeuger (nicht abgebildet) auf. Wenigstens eine Seitenwand des Strömungskanals 41 korrespondiert mit einer Seitenwand des Strömungskanals 11 des Rauchgasstroms R und bildet so eine Vorwärmaneinrichtung 50. Hierdurch ist eine Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom R auf den Luftstrom L möglich, bevor der Luftstrom L in Strömungsrichtung des Rauchgasstroms R vor dem Wärmetauscher 10 in den Strömungskanal 11 geleitet wird. Im Strömungskanal 11 strömt der erwärmte Luftstrom L dann parallel zum Wärmetauscher 10. Hierdurch wird der Rauchgasstrom R vom Wärmetauscher 10 getrennt. Es können keine Partikel P bis zum Wärmetauscher 10 gelangen, sodass keine Ablagerungen A am Wärmetauscher 10 entstehen.

[0054] In Strömungsrichtung des Rauchgasstroms R hinter dem Wärmetauscher 10 kann der Rauchgasstrom R für eine erneute Nachverbrennung zurück in die sekundäre Brennkammer 22 geführt werden (Abgasrückführung), oder aber er verlässt den Strömungskanal 11 in die Umwelt. Dabei werden Schadstoffemissionen E in die Umwelt abgegeben.

[0055] In Fig. 5 findet sich ein Wärmetauscher 10, der in einem Strömungskanal 11 angeordnet ist. Dieser gehört zu einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage 100, die als externer Verbrennungsmotor 110 ausgebildet ist. Insbesondere ist letzterer ein Stirlingmotor 120 und der Wärmetauscher 10 ein Stirling-Erhitzerkopf 121.

[0056] Durch den Strömungskanal 11 strömt ein Rauchgasstrom R. In Strömungsrichtung des Rauchgasstroms R vor dem Wärmetauscher 10 ist eine Verbrennungseinrichtung 19 angeordnet. Diese besteht aus zwei Brennkammern 20, insbesondere einer primären Brennkammer 21 und einer sekundären Brennkammer 22. In beide Brennkammern 21, 22 wird Verbrennungsluft V eingebracht. Die in die primäre Brennkammer 21 eingebrachte primäre Verbrennungsluft V1 wird gemeinsam mit Brennstoff B verbrannt. Ein hieraus entstehender Rauchgasstrom R strömt von der primären Brennkammer 21 in die sekundäre Brennkammer 22, wo eine Nachverbrennung mit der sekundären Verbrennungsluft V2 erfolgt.

[0057] Weiterhin ist zwischen dem Wärmetauscher 10 und der Verbrennungseinrichtung 19 ein Trennmittel 30 vorgesehen. Das Trennmittel 30 weist eine Klappe 60 und einen Bypass 61 auf. In einer ersten Klappenstellung K1 der Klappe 60 ist der Rauchgasstrom R nicht vom Wärmetauscher 10 getrennt. Durch eine Aktivierung des Trennmittels 30 kann die Klappe 60 in eine zweite Klappenstellung K2 überführt werden, in der der Rauchgasstrom R vom Wärmetauscher 10 getrennt ist.

penstellung K2 überführt werden. In dieser zweiten Klappenstellung K2 strömt der Rauchgasstrom R durch den Bypass 61 und wird erst hinter dem Wärmetauscher 10 zurück in den Strömungskanal 11 geleitet. Somit ist der Rauchgasstrom R vom Wärmetauscher 10 getrennt. Im Rauchgasstrom R mitgeführte Partikel P können sich somit nicht am Wärmetausch 10 absetzen und eine Ablagerung A bilden.

[0058] Der Rauchgasstrom R kann im Anschluss zurück in die sekundäre Brennkammer 22 geführt werden, wo eine erneute Nachverbrennung erfolgen könnte. Alternativ kann der Rauchgasstrom R auch direkt an die Umgebung abgegeben werden. Hierbei werden regelmäßig auch Schadstoffemissionen E freigesetzt.

[0059] Fig. 6 veranschaulicht in einem Diagramm die Auswirkung eines als Luftstrom ausgebildeten Trennmittels auf die mechanische Leistung eines Stirlingmotors. Hierfür ist auf der Abszisse des Diagramms eine Zeit t und auf der Ordinate des Diagramms eine mechanische Leistung W der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage / des Stirlingmotors abgebildet. Die mechanische Leistung W1 entspricht der mechanischen Leistung ohne ein erfindungsgemäßes Trennmittel. Bei einem ersten Brennerstart ON1 steigt die mechanische Leistung W1 stark und schnell an, was darauf zurückzuführen ist, dass der Rauchgasstrom in direkten Kontakt zum Wärmetauscher steht.

[0060] W2 zeigt dagegen die mechanische Leistung eines Stirlingmotors, dessen Wärmetauscher mittels eines als (kalter) Luftstrom L ausgebildeten Trennmittels vom Rauchgasstrom R getrennt ist. Durch die Trennung des Rauchgasstroms vom Wärmetauscher wird die Wärmeübertragung verlangsamt. Sie erreicht zwar die gleiche mechanische Leistung wie die mechanische Leistung ohne Luftstrom W1, dies jedoch mit einer zeitlichen Verzögerung und insbesondere erst dann, wenn der Luftstrom deaktiviert wird.

[0061] Um die mechanische Leistung schneller zu erreichen, kann vorgesehen sein, dass der Luftstrom vorgewärmt wird. Dies ist als mechanische Leistung W3 dargestellt.

[0062] Exemplarisch ist rechts von dem ersten Brennerstart ON1 ein beispielsweise zwanzigster Brennerstart ON20 gezeigt. Die mechanischen Leistungen W2 und W3 mit erfindungsgemäßem Luftstrom sind dekungs-gleich zu denen des ersten Brennerstarts ON1.

[0063] Dagegen erreicht die mechanische Leistung W1 des zwanzigsten Brennerstarts ohne den erfindungsgemäßen Luftstrom nicht mehr die mechanischen Leistungen W1 des ersten Brennerstarts ON1. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich am Wärmetauscher Partikel aus dem Rauchgasstrom abgelagert haben und eine Brennstoffablagerung bilden. Hierdurch wird die Wärmeübertragung vom Rauchgasstrom auf den Wärmetauscher verschlechtert und die mechanische Leistung W1 nimmt mit steigender Anzahl an Brennerstarts ON ab. Die von der Kraft-Wärme-Kopplungsanlage erzeugte mechanische Leistung sinkt somit im Verhältnis zur er-

zeugten Wärme und somit zur eingesetzten Brennstoffmenge.

Bezugszeichenliste

[0064]

A	Brennstoffablagerungen
B	Brennstoff
E	Schadstoffemissionen
K1	erste Klappenstellung
K2	zweite Klappenstellung
L	Luftstrom
ON	Brennerstart
OFF	Brennerstopp
P	Partikel
R	Rauchgasstrom
ST	stationäre Verbrennung
tv	Vorlaufzeit
t _N	Nachlaufzeit
V	Verbrennungsluft
V1	primäre Verbrennungsluft
V2	sekundäre Verbrennungsluft
V _L	Strömungsgeschwindigkeit des Luftstroms
V _R	Strömungsgeschwindigkeit des Rauchgasstroms
W	mechanische Leistung eines Stirlingmotors
W1	mechanische Leistung eines Stirlingmotors ohne Trennmittel
W2	mechanische Leistung eines Stirlingmotors mit Luftstrom
W3	mechanische Leistung eines Stirlingmotors mit vorgewärmtem Luftstrom
10	Wärmetauscher
11	Strömungskanal
19	Verbrennungseinrichtung
20	Brennkammer
21	primäre Brennkammer
22	sekundäre Brennkammer
23	Strömungserzeuger
30	Trennmittel
40	Strömungsvorrichtung
41	Strömungskanal
42	Strömungserzeuger
50	Vorwärmeinrichtung
60	Klappe
61	Bypass
100	Kraft-Wärme-Kopplungsanlage
110	externer Verbrennungsmotor
120	Stirlingmotor
121	Stirling-Erhitzerkopf

Patentansprüche

1. Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen (A) an einem Wärmetauscher (10), der in einem Strömungskanal (11) angeordnet ist, durch den ein Rauchgasstrom (R) leitbar ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein aktivierbares Trennmittel (30) zur Trennung des Rauchgasstroms (R) vom Wärmetauscher (10) vorhanden ist, wobei

A) das Trennmittel (30) aktiviert wird, wenn der Rauchgasstrom (R) eine erhöhte Anzahl an Partikeln (P) aufweist, sodass der Rauchgasstrom (R) den Wärmetauscher (10) wenigstens teilweise nicht umströmt, und wobei

B) das Trennmittel (30) deaktiviert wird, wenn ein Rauchgasstrom (R) mit einer geringen Anzahl an Partikeln (P) durch den Strömungskanal (11) geleitet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennmittel (30) ein Luftstrom (L) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Luftstrom (L) mittels einer Vorwärmanrichtung (50) vorgewärmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Luftstrom (L) als Verbrennungsluft für eine Verbrennung dient und sich dadurch um den Wärmetauscher eine Flamme ausbildet.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Strömungsgeschwindigkeit (V_L) des Luftstroms (L) gleich oder höher ist als die Strömungsgeschwindigkeit (V_R) des Rauchgasstroms (R).
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Luftstrom (L) wenigstens teilweise parallel zum Wärmetauscher (10) strömt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorhandene Ablagerungen (A) auf dem Wärmetauscher (10) mit dem Luftstrom (L) gelöst werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennmittel (30) eine Klappe (60) und einen Bypass (61) aufweist, die stromaufwärts des Wärmetauschers (10) oder parallel zum Wärmetauscher (10) angeordnet sind, wodurch der Rauchgasstrom (R) in einer ersten

Klappenstellung (K1) nicht vom Wärmetauscher (10) getrennt ist und in einer zweiten Klappenstellung (K2) durch den Bypass (61) geleitet und vom Wärmetauscher (10) getrennt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wärmetauscher (10) Bestandteil einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage (100) ist, mittels der thermische Energie in mechanische Energie umgewandelt wird.

Fig. 1

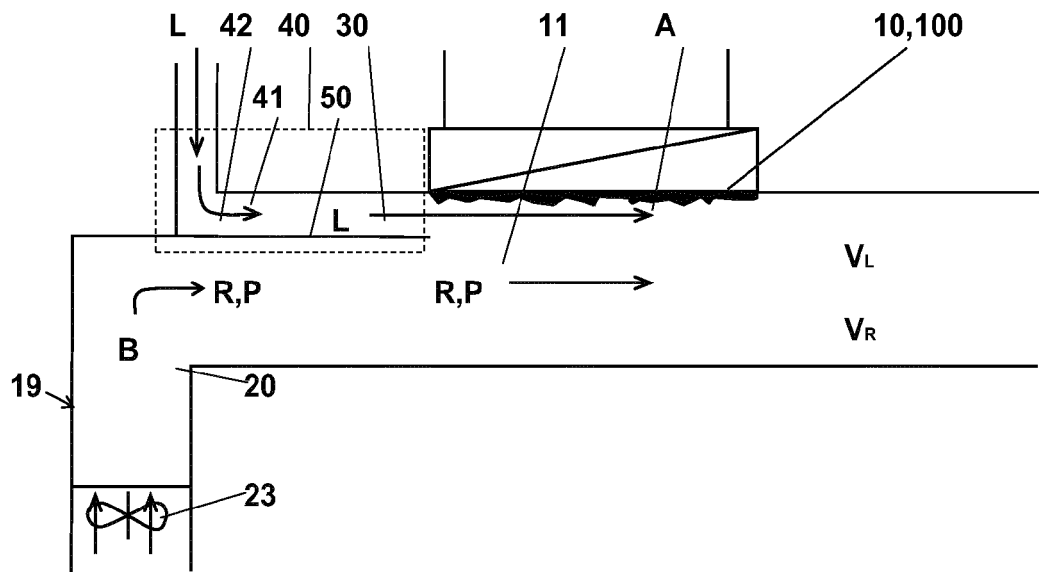


Fig. 2

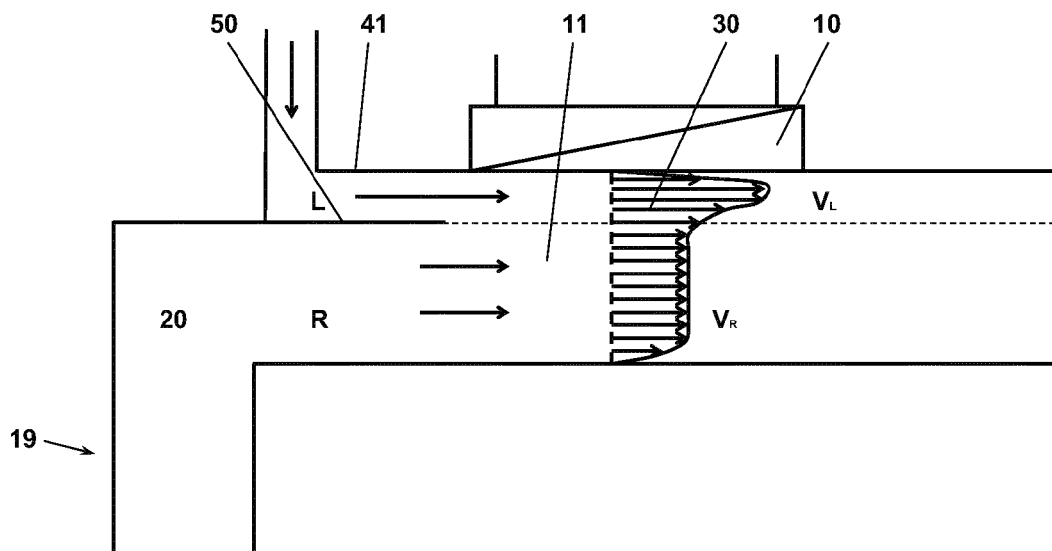


Fig. 3

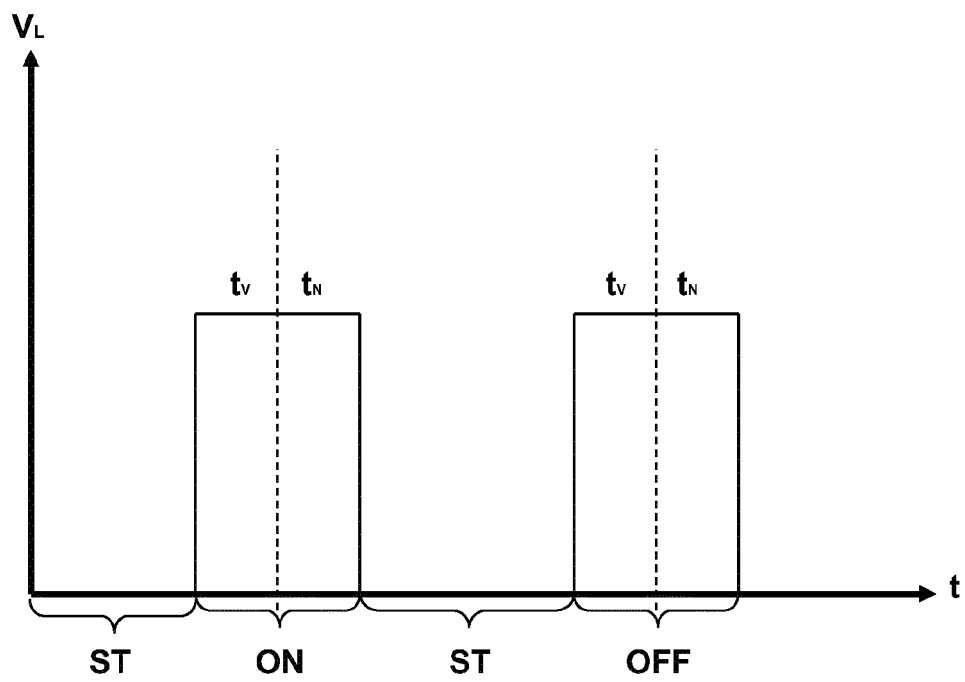


Fig. 4

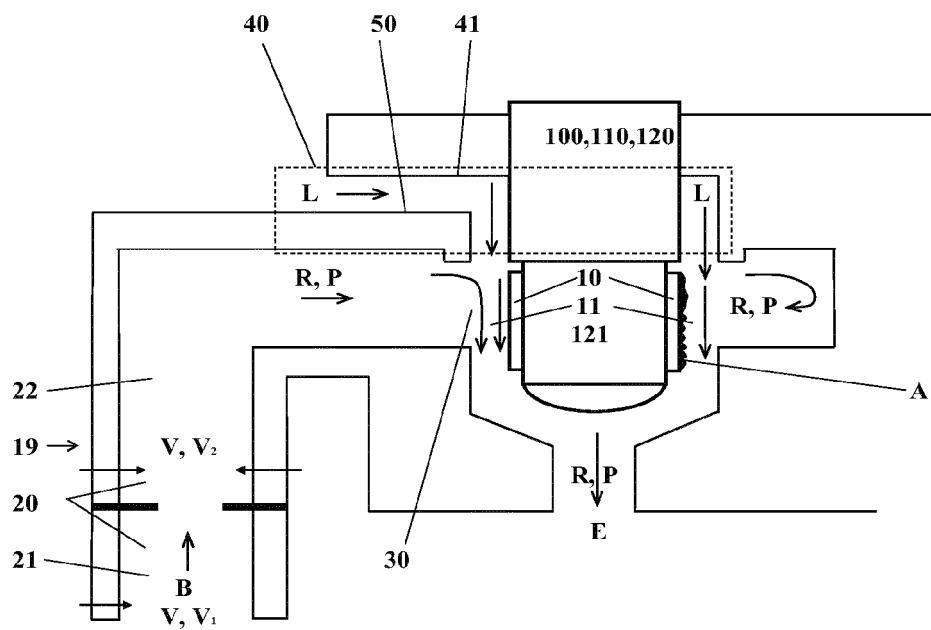


Fig. 5

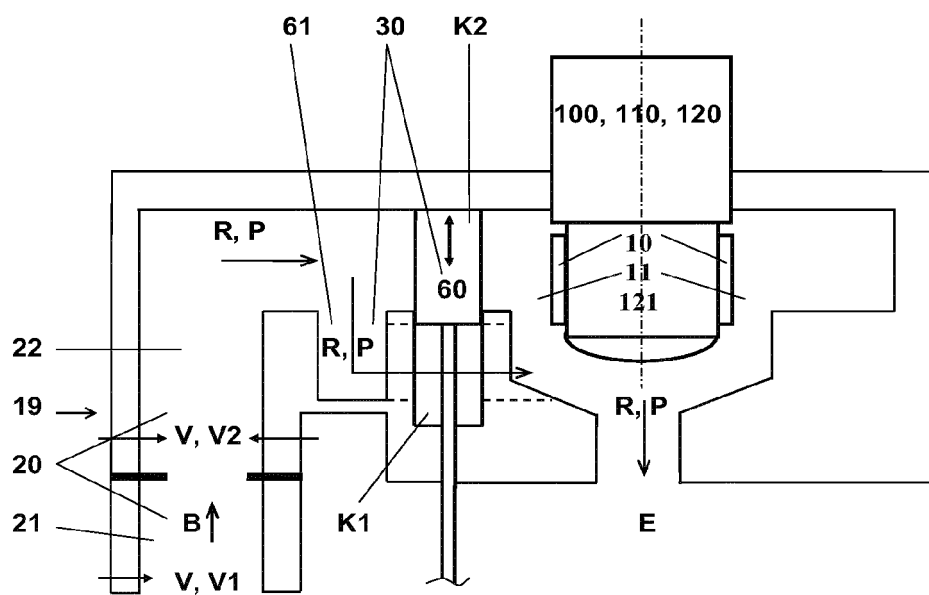
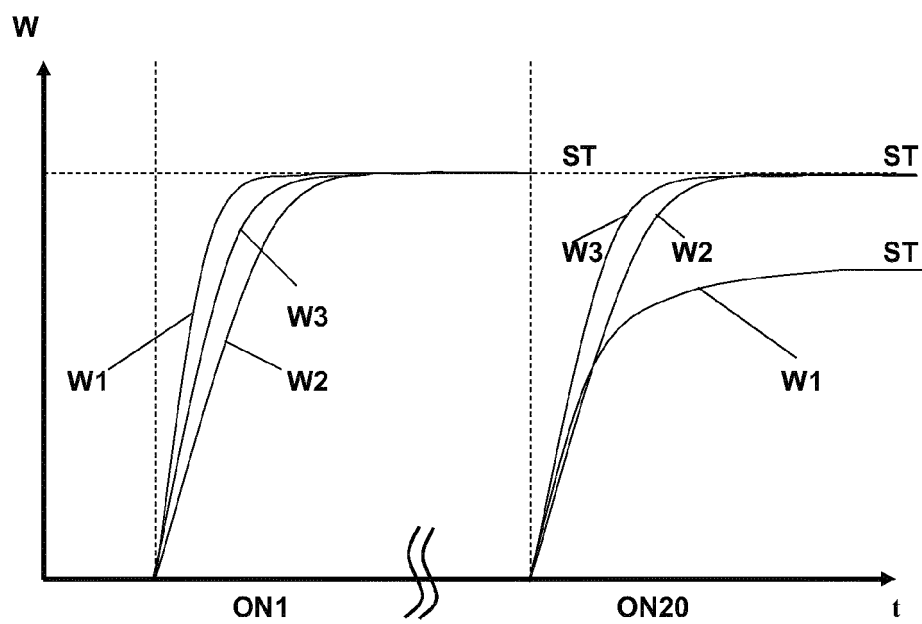


Fig. 6



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

- DE 102006001299 A1 [0006]