

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 353 125 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

15.10.2003 Patentblatt 2003/42

(51) Int Cl.7: **F23J 15/02**

(21) Anmeldenummer: **03400011.7**

(22) Anmeldetag: **03.04.2003**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK

(30) Priorität: **03.04.2002 DE 10215734**

(71) Anmelder: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER
ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V.
80636 München (DE)**

(72) Erfinder:

- **Adler, Jörg
01662 Meissen (DE)**
- **Sprung, Joachim
70771 Leinfelden-Echterdingen (DE)**
- **König, Norbert
70771 Leinfelden-Echterdingen (DE)**
- **Standke, Gisela Dipl.-Ing.
01099 Dresden (DE)**

(74) Vertreter: **Rauschenbach, Marion
PF 27 01 75,
Bienertstrasse 15
01172 Dresden (DE)**

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten**

(57) Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verbrennungstechnik und betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren, das beispielsweise zur Verbrennung von Holz im häuslichen Bereich zur Anwendung kommen können.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur anzugeben, mit dem die Emission von Schadstoffen über den gesamten Leistungsbereich einer Feuerstätte reduziert werden kann.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten, bei der ein Keramiknetzwerk eingebaut ist, wel-

ches von dem Abgasstrom vollständig oder im überwiegenden Maße durchströmt ist.

Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch ein Verfahren, bei dem während der Aufheizphase und während einer brennstoffauflagebedingten Temperaturabsenkung unterhalb der Zündtemperaturen der Schadstoffe die dabei entstandenen Schadstoffe ganz oder teilweise auf der Oberfläche eines Keramiknetzwerkes abgelagert und die auf der Oberfläche des Keramiknetzwerkes angelagerten Schadstoffe verbrannt werden.

EP 1 353 125 A1

Beschreibung

Anwendungsgebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verbrennungstechnik und betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten, die beispielsweise zur Verbrennung von Holz im häuslichen Bereich zur Anwendung kommen können.

Stand der Technik

[0002] Vorrichtungen zur Verbrennung von Festbrennstoffen, wie Holz, werden zunehmend mehr angewandt. Dabei ist insbesondere die Emission von Partikeln und Aerosolen und besonders Schadstoffpartikeln eine Problematik, die derzeit noch nicht in ausreichendem Maße gelöst ist.

Die Behandlung von Abgasströmen von Festbrennstoff-Feuerstätten mit geringeren Wärmeleistungen durch Filter wird bisher nahezu nicht praktiziert, da die Gefahr des Zusetzens des Filtermaterials durch Ruß, Teer und Asche besteht, verbunden mit der Folge, dass das Abgas nicht abgeführt wird und unter ungünstigsten Bedingungen Verpuffungen entstehen können. Die Reduzierung von Partikelemissionen wird ohne Benutzung von Filtern durch eine entsprechende Feuerungsführung versucht, mit dem Ergebnis, dass Festbrennstoff-Feuerstätten trotzdem unter den Feuerstätten nach statistischen Auswertungen die höchsten Partikelemissionen aufweisen.

Bezüglich der Nachverbrennung von entstandenen Verbrennungsprodukten gibt es bereits Lösungen, bei denen ein Teil des Abgases über einen Katalysator geleitet wird und der andere Teilstrom, als Bypass diesen umgeht. Eine Beeinflussung des über den Bypass geführten Abgasstromes ist daher nicht möglich. Der Bypass ermöglicht aber eine ausreichende Abgasabführung aus dem Feuerraum, so dass keine Gefahrensituationen entstehen können. Eine Regeneration des verschmutzten Katalysators ist im eingebauten Zustand nicht möglich. Eine Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen wird in der Regel durch den Einbau von keramischen Bauteilen mit katalytischen Eigenschaften (z.B. Verkleidung der Feuerraumwände mit Schamotte) in die Feuerstätte versucht. Auch dabei kommt nur ein Teil des Abgasstromes mit dem Material in Kontakt, d.h. nur ein Teilstrom kann katalytisch nachverbrannt werden.

Probleme bereiten die bisher genutzten Möglichkeiten bei der Konzeption von Feuerstätten mit geringer Wärmeleistung, wie sie im modernen Wohnungsbau aufgrund der sich wesentlich verbesserten Wärmedämmeigenschaften des Baukörpers erforderlich sind. Kleine Feuerräume mit geringen Brennstoffauflagen führen zu hohen Emissionen. Gleiches trifft für konventionelle Geräte zu, wenn sie wegen des geringen Wärmebedarfes

im Teillastbetrieb gefahren werden.

[0003] Weiterhin ist die Verwendung von offenzelliger Schaumkeramik bei der Abgasentstaubung und -nachbehandlung bekannt. In DE 37 05 793 A1 ist ein Filterapparat zur Rauchgasreinigung mit einem Staubfilter aus offenporiger Schaumkeramik angegeben, der gegebenenfalls katalytisch wirksam beschichtet ist. Solche Filterapparate sind üblicherweise als separate Bauteile den Feuerungsanlagen mit großen Leistungen nachgeschaltet und sind entsprechend groß und technisch aufwendig gestaltet. In DE 37 05 793 A1 wird eine Vorabscheidung durch einen Zyklon oder eine Trenndüse erreicht und nur der Reststaubgehalt in der Schaumkeramik abgeschieden. Das Abgas der Feuerungsanlage wird dabei in das Filtergehäuse eingeblasen. Die Abreinigung der Filter wird durch technisch ebenfalls aufwendige Maßnahmen erreicht, zum Beispiel durch einen Druckgasstrom in entgegengesetzter Strömungsrichtung.

[0004] In DE 37 20 963 C2 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Abscheidung von Asche aus Rauchgas durch den Einsatz u.a. von Schaumkeramik-Filtern beschrieben. Dabei handelt es sich um die Abreinigung von Flüssigaschetröpfchen aus Kohlestaubfeuerungen bei Temperaturen zwischen 1200-1700°C, wobei das Rauchgas unter Druck durch die Schaumkeramik geführt wird. Die Abscheidung der Aschepartikel und Regeneration des Filters erfolgt durch Abtropfen oder Abfließen der Asche aus dem Filter. Eine solche Anlage und das Reinigungsverfahren ist bei Festbrennstoff-Feuerstätten aus technischen Gründen nicht einsetzbar, da weder die dafür erforderlichen Temperaturen, noch die Gasdrücke zur Verfügung stehen.

[0005] In DE-OS 196 27 028 ist eine Rauchgasfilteranlage für holzbefeuerte Kleinf Feuerungen angegeben, bei der in dem Abluftkamin der Feuerung ein regenerierbarer filternder Partikelabscheider eingebaut ist, der mit einer nachfolgenden zusätzlichen Einrichtung zur chemischen Reduzierung der gasförmigen Schadstoffe mittels eines Oxidationskatalysators kombiniert wird. Zur Gewährleistung der Funktion ist ein Abluftgebläse notwendig, sowie zwei elektrische Heizungseinrichtungen, die dem Filter und dem Katalysator vorgeschaltet sind. Eine aufwendige mikroprozessorgesteuerte Regelung der Anlage mit Druckaufnehmern und Thermoelementen ist zum Betrieb notwendig. Als Filtermaterial wird ein keramischer Gewebefilter oder Faserfilter angegeben. Als Reinigungsverfahren für das Abgas wirkt der Filter auf Partikel; die Reinigung erfolgt durch Abbrand der Rußpartikel infolge des Zuschaltens der elektrischen Zusatzheizung. Die Abgasreinigung erfolgt kontinuierlich in dem Katalysator, der zur Einstellung seiner optimalen Betriebstemperatur durch die zweite elektrische Zusatzheizung beheizt wird.

Der vorgeschlagene Aufbau ist technisch aufwendig und störanfällig: Die Trennung von Filter und Katalysator erfordert zwei getrennt arbeitende Vorrichtungen und für den Betrieb der Reinigungsanlage ist die Zufüh-

rung elektrischer Energie sowohl zyklisch (für die Abreinigung des Partikelfilters), als auch kontinuierlich (für die Funktionsfähigkeit des Katalysators) notwendig. Ohne die aufwendige Steuerungs-Regelungs- und Überwachungstechnik der Anlage ist eine Funktionsfähigkeit nicht gewährleistet. Ausserdem ist ein zusätzliches Abluftgebläse notwendig.

Darlegung des Wesens der Erfindung

[0006] Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten anzugeben, mit dem die Emission von Schadstoffen über den gesamten Leistungsbereich einer Feuerstätte reduziert werden kann.

[0007] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten, in denen Abgasmassenströme bis zu 60 g/s auftreten, ist ein Keramiknetzwerk eingebaut, welches im und/oder oberhalb des Feuerraumes so angeordnet ist, dass ein Verhältnis von dem vom Keramiknetzwerk abgetrennten Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte zu dem gesamten inneren Volumens der Festbrennstoff-Feuerstätte von 0,5 bis 0,95 realisiert ist und weiterhin das Keramiknetzwerk vom Abgasstrom vollständig oder im überwiegenden Maße durchströmt ist.

[0009] Vorteilhafterweise ist als Keramiknetzwerk eine offenzellige Schaumkeramik oder ein von textilen Strukturen abgeformtes Keramiknetzwerk eingesetzt (WO 99/28272).

[0010] Ebenfalls vorteilhafterweise ist als Keramikmaterial Schamotte oder Cordierit oder gesinterte Siliciumcarbid-Keramik eingesetzt.

[0011] Weiterhin vorteilhafterweise ist das Keramiknetzwerk plattenförmig ausgebildet, wobei das Keramiknetzwerk jeweils den Feuerraum vollständig oder zumindest im überwiegenden Maße vom weiteren Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte in Richtung Abgasstrom abtrennt. Die Filterplatten werden in der Festbrennstoff-Feuerstätte so angeordnet, dass sie eine höhere Fläche als die vom Abgas angeströmte Querschnittsfläche des Feuerraumes einnehmen, z.B. durch Schräganordnung, doppelter oder mehrfacher Schräganordnung, oder durch Anordnung in Form eines mehrseitigen Prismas.

[0012] Es ist weiterhin auch vorteilhaft, das Keramiknetzwerk in Form einer oder mehrerer Hohlzylinder, Hohlkegel oder Hohlkegelstümpfe auszuführen. Es können auch zusätzliche, bekannte Methoden der Filterflächenvergrößerung angewendet werden, z.B. in dem die Filterfläche gewellt, gefaltet, geprägt, geschlitzt, genoppt usw. ist.

[0013] Die Wandstärke der Filterplatten weisen eine konstante Dicke auf oder weisen in einer vorteilhaften

Ausgestaltung auch lokal unterschiedliche Dicken auf oder kontinuierlich verlaufende Dickenveränderungen auf. Die vorteilhafte Veränderung der Filterdicke hängt von der lokalen Durchströmungssituation des Filters ab und kann für die spezielle Feuerstätte durch Versuche leicht ermittelt werden.

[0014] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn das Verhältnis von dem vom Keramiknetzwerk abgetrennten Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte zu dem gesamten inneren Volumens der Festbrennstoff-Feuerstätte 0,65 bis 0,95 beträgt.

[0015] Auch vorteilhaft ist es, wenn das Keramiknetzwerk eine Dichte von 5 bis 30 % und noch vorteilhafterweise von 7 bis 15 % der Reindichte der Keramik aufweist.

[0016] Weiterhin vorteilhaft ist es, wenn das Keramiknetzwerk einen Druckverlust von ≤ 20 Pa/cm bei Gas-Durchströmungsgeschwindigkeiten ≤ 1 m/s und noch vorteilhafter einen Druckverlust von ≤ 5 Pa/cm bei Gas-Durchströmungsgeschwindigkeiten ≤ 1 m/s aufweist.

[0017] Es ist auch vorteilhaft, wenn eine offenzellige Schaumkeramik mit Zellweiten von 6 bis 60 ppi (pores per inch) oder noch vorteilhafterweise von 20 bis 45 ppi eingesetzt ist.

[0018] Auch vorteilhaft ist es, wenn die Zellen der offenzelligen Schaumkeramik gestreckt sind.

[0019] Ebenfalls vorteilhaft ist es, wenn das Keramiknetzwerk eine Maschenweite von 0,8 bis 15 mm oder noch vorteilhafterweise 1 bis 10 mm aufweist.

[0020] Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn das Keramiknetzwerk in einer, zwei oder allen drei Raumrichtungen richtungsabhängig unterschiedliche Maschenweiten und/oder Maschenformen aufweist.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Maschen senkrecht zur Durchströmungsrichtung größer sind, als parallel dazu oder noch vorteilhafter, wenn die Maschenweite senkrecht zur Durchströmungsrichtung 5 bis 10 mm und parallel dazu 1 bis 2 mm betragen.

[0022] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die keramischen Stege des Keramiknetzwerkes eine durch Mikro- und/oder Makrostrukturierung vergrößerte Oberfläche aufweisen.

[0023] Dabei wird eine Makrostrukturierung der das Keramiknetzwerk bildenden Stege beispielsweise durch Verwendung von faserbeflockten Schaumstoffen oder Textilien oder durch nachträgliche Beflockung mit keramischen Fasern oder durch Verwendung von Textilien aus flauschige Multifilamentgarnen erreicht.

Die Mikrostrukturierung kann beispielsweise durch Ausbildung von Mikroporen $< 1 \mu\text{m}$ in den Stegen der Keramik oder durch Ätzung der Oberfläche der Keramikstege $< 1 \mu\text{m}$ oder durch Aufbringen einer keramischen Schicht mit einer hohen spezifischen Oberfläche erreicht werden.

[0024] Weiterhin von Vorteil ist es, wenn das Keramiknetzwerk ganz oder teilweise aus einem katalytisch wirkenden Material besteht.

[0025] Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Oberflä-

che der Stege des Keramiknetzwerkes ganz oder teilweise mit einem katalytisch wirkenden Material beschichtet sind.

[0026] Ebenfalls von Vorteil ist es, wenn als katalytisch wirkendes Material für das Keramiknetzwerk Eisenverbindungen, Platin oder Platinverbindungen eingesetzt sind.

[0027] Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass das Keramiknetzwerk in mehreren Schichten, Stufen, Segmenten in der Ebene als auch übereinander aufgebaut ist.

[0028] Auch vorteilhaft ist es, wenn das Keramiknetzwerk hinsichtlich seines Materials und/oder seiner Struktur und/oder seiner Maschen- und/oder Zellweite unterschiedlich aufgebaut ist.

[0029] Weiterhin ist es von Vorteil, wenn das Keramiknetzwerk innerhalb einer Schicht hinsichtlich seiner Maschenweite unterschiedlich aufgebaut ist.

[0030] Es ist ebenfalls vorteilhaft, wenn sich das Keramiknetzwerk im Strahlungsbereich der Flamme von Festbrennstoff-Feuerstätten befindet.

[0031] Auch vorteilhaft ist es, wenn das Keramiknetzwerk zwischen Feuerraum und Abgassammler angeordnet ist.

[0032] Es ist auch von Vorteil, wenn das Keramiknetzwerk elektrisch beheizbar ist.

[0033] Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn der gesamte Abgasstrom durch den Filter geführt ist.

[0034] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten werden während der Aufheizphase und während einer brennstoffauflagebedingten Temperaturabsenkung unterhalb der Zündtemperaturen der Schadstoffe die entstandenen Schadstoffe ganz oder teilweise auf der Oberfläche eines Keramiknetzwerkes abgelagert, welches im und/oder oberhalb des Feuerraumes so angeordnet ist, dass ein Verhältnis von dem vom Keramiknetzwerk abgetrennten Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte zu dem gesamten inneren Volumens der Festbrennstoff-Feuerstätte von 0,5 bis 0,95 realisiert wird und nach der Aufheizphase oder einer Temperaturabsenkung die auf der Oberfläche des Keramiknetzwerkes angelagerten Schadstoffe unmittelbar durch die Flamme oder durch die Strahlung der Flamme im Feuerraum oder durch die heißen Abgase verbrannt werden.

[0035] Vorteilhafterweise wird durch Verbrennung der Schadstoffe, wie Ruß und kondensierte Kohlenwasserstoffe, in oder an dem Keramiknetzwerk die Reinigung des Keramiknetzwerkes durchgeführt.

[0036] Festbrennstoff-Feuerstätten sind Feuerstätten, die zur Beheizung von Räumen und/oder der Warmwasserversorgung dienen, mit Festbrennstoffen betrieben werden und mit der Abgasanlage zusammen die Feuerungsanlage bilden. Es können Einzel- und Sammelfeuerstätten sein. Die hier verwendeten Definitionen sind Bestandteil der Feuerungsverordnungen der Länder und der Bundes-Immissionsschutzverord-

nung. Europäisch gilt die Definition für diese Feuerstätten: "Raumerwärmungsanlagen die feste (...) Brennstoffe verbrennen zur Verwendung in Gebäuden" (Entscheidung der Europäischen Kommission, Amtsblatt EG L184 vom 17.07.1999).

[0037] Festbrennstoff-Feuerstätten sind national und europäisch genormt. Sie sind als Bauprodukte in der Bauregelliste A Teil 1 und 2 des Deutschen Institutes für Bautechnik enthalten.

[0038] Festbrennstoffe sind biogene oder fossile, feste Brennstoffe. Zu den biogenen festen Brennstoffen gehören im wesentlichen naturbelassenes stückiges oder nichtstückiges Holz und Presslinge aus naturbelassenem Holz. Fossile feste Brennstoffe sind Stein- und Braunkohlenkoks sowie Stein- und Braunkohlenbriketts. Die Feuerstätten werden an Abgasanlagen angeschlossen.

[0039] Feuerstätten sind im wesentlichen durch folgende Leistungen charakterisiert:

- Leistungsbereich bis 50 kW
- Abgastemperaturen bis 400 °C
- erforderliche Mindestabgasförderdrücke 8 bis 25 Pa
- Abgasmassenströme bis 60 g/s.

[0040] Die Anwendung von Keramiknetzwerken als Filtermaterial für Festbrennstoff-Feuerstätten erfolgt vorteilhafterweise über dem Feuerraum. Der Einbau kann in einem Rahmen in Form von plattenförmigen Filtern erfolgen, wobei auch mehrere Schichten des Keramiknetzwerkes in gleicher oder unterschiedlicher Maschen- oder Zellweite übereinander angeordnet sein können. Dadurch kann der Filter über die gesamte Anströmfläche des Abgases wirksam eingebaut werden. Andere Geometrien zur Vergrößerung der Anströmfläche sind möglich.

[0041] Die offenporige Struktur des eingesetzten Keramiknetzwerkes bewirkt eine Filtration der Partikel und Aerosole (Ruß, kondensierte oder gasförmige Kohlenwasserstoffe), die sich auf der großen Oberfläche des Keramiknetzwerkes ablagern, ohne dass beim Abströmen des Abgases die Grenzwerte für gerätespezifisch maximal zulässige Förderdrücke überschritten werden. Zur Reinigung des Keramiknetzwerkes von diesen Ablagerungen wird in der Feuerstätte und/oder im Abgasstrom oder über Einleitung von Hilfsenergie die Temperatur des Keramiknetzwerkes über die Zündtemperatur der abgelagerten Schadstoffe erhöht und damit Abbrennen der angelagerten Schadstoffe erreicht.

[0042] Eine gleichzeitige Nachverbrennung von noch im Abgas enthaltenem Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen ist ebenfalls möglich, wenn das Material des Keramiknetzwerkes aus einem katalytisch wirkenden Material besteht oder mit einem katalytisch wirkenden Material beschichtet ist.

[0043] Durch die Erfindung wird es möglich, eine wesentliche Reduzierung der Emissionen aus Festbrenn-

stoff-Feuerstätten zu erreichen. Dies ist insbesondere durch die Filterung des gesamten Abgasstromes und Nachverbrennung noch brennbaren Bestandteile des Abgases möglich. Dadurch ist auch eine höhere Schadstoffreduzierung im Vergleich zur Beeinflussung von

Abgas-Teilströmen oder katalytisch nur partiell wirkenden Feuerraumverkleidungselementen erreichbar. Die Wirksamkeit der Filtration und der Nachverbrennung ist über den gesamten Leistungsbereich der Feuerstätte, d.h. insbesondere auch bei Teillast gegeben.

[0044] Für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens und zur Gewährleistung der Funktionsfähigkeit der erfindungsgemäßen Vorrichtung hat es sich herausgestellt, dass es nicht ausreichend ist, den Filter an einen beliebigen Ort in die Feuerstätte einzubauen, sondern dass ein bestimmtes Verhältnis zwischen dem durch den Filter abgetrennten Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte, d.h. dem Volumen, in dem die Verbrennung stattfindet, bevor das Rauchgas den Filter erreicht, und dem gesamten inneren Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte eingehalten werden muß. Dieses Verhältnis ist 0,5 bis 0,95, vorzugsweise 0,65 bis 0,95. Bei einem zu geringen Verhältnis von $< 0,5$ wird die Verbrennung ungünstig beeinflusst, so dass die entstehenden Schadstoffe, insbesondere CO und Kohlenwasserstoffe, infolge nicht ausreichender Verbrennung zu stark ansteigen, so dass die Filterwirksamkeit nicht ausreichend ist, um eine Verbesserung gegenüber der Verbrennung in einer Feuerstätte ohne Filter zu erreichen. Ist das Verhältnis zu groß ($> 0,9$), ist das Filtervolumen und damit die verfügbare Filteranströmfläche zu klein, wodurch die Filtration selbst weniger effektiv ist und der Druckverlust durch den Filter steigt, so dass es ebenfalls zu einer ungenügenden Verbrennung der Brennstoffe kommt.

[0045] Ein zweiter Parameter ist aus dem o.g. Grund die Größe der Filteranströmfläche im Bezug zu dem Volumen der Feuerstätte. Es wird eine möglichst hohe Filteranströmfläche angestrebt, ohne das Volumen des durch den Filter abgetrennten Brennraumes zu stark zu verringern. Im einfachsten Fall wird der Filter eine Fläche aufweisen, die dem waagerechten Querschnitt des Brennraumes der Feuerstätte entspricht. Eine günstige Vergrößerung ergibt sich, wenn die Filterfläche größer als dieser Querschnitt ausgeführt wird, d.h. der Quotient aus Filterfläche und die vom Abgas angeströmte Querschnittsfläche der Feuerstätte sollte größer/gleich 1 sein, vorteilhafterweise größer/gleich 1,5. Die gleichzeitige Berücksichtigung des o.g. Volumenverhältnisses ergibt sich, wenn das o.g. Volumenverhältnis mit dem Flächenverhältnis multipliziert wird. Dieser Faktor soll größer/gleich 0,5 sein, vorteilhafterweise größer 1,5. Ist er geringer, so treten die o. g. negativen Effekte ein.

Weg zur Ausführung der Erfindung

[0046] Im weiteren ist die Erfindung an mehreren Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Beispiel 1

[0047] In einem mit Holz betriebenen Kaminofen mit einer Nennwärmeleistung von 7 kW, einer Abgastemperatur von 230 °C, erforderlichen Mindestabgasförderdruck von 12 Pa und einem Abgasmassenstrom von 9,7 g/s wird zwischen dem Feuerraum und dem Abgassammler eine Filtermaterial eingebaut. Das Filtermaterial besteht aus einer offenzelligen Schaumkeramik aus Cordierit mit einer Zellweite von 20 ppi mit den Abmessungen 360 x 165 x 20 mm. Je zwei dieser Platten werden in einer metallischen Rahmenhalterung schräg in die Feuerstätte eingebaut, wobei sich jeweils eine der kurzen Längsseiten der Platten berühren und die anderen Seiten der Platten an den Wänden der Feuerstätte befestigt werden. Durch die Anordnung der beiden Filterplatten trennen diese in der Feuerstätte ein keilförmiges Volumen von 6 l ab. Der Feuerraum des Kaminofens besitzt ohne Filter ein Volumen von 55 l und einen waagerechten Querschnitt von 200 x 360 mm; das verbleibende Volumen unterhalb des Filters, in dem die Verbrennung stattfindet, beträgt nach Einbau des Filters noch 49 l. Das Verhältnis dieses Volumens zum Volumen des gesamten Innenraumes der Feuerstätte beträgt somit 0,89. Die Filteranströmfläche der beiden Filter beträgt 1188 cm² und steht zum vom Abgas angeströmten Querschnittsfläche der Feuerstätte im Verhältnis von 1,65:1. Die Multiplikation des Flächenverhältnisses zum o.g. Volumenverhältnis ergibt 1,47.

[0048] Bei Betreiben des Kaminofens werden alle Abgase durch das Filtermaterial zum Abgassammler geführt und noch vorhandene Schadstoffe, wie Ruß, Teer und kondensierte Kohlenwasserstoffe werden auf der Oberfläche des Filtermaterials abgeschieden. Das Filtermaterial erreicht aufgrund der Temperatur der Abgase und der Strahlung aus dem Feuerraum ein Temperaturniveau, welches zur Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen führt. Die Temperatur im Filter erhöht sich weiter, so dass eine Temperatur über der Zündtemperatur der angelagerten Schadstoffe erreicht wird und somit die angelagerten Schadstoffe verbrannt werden. Damit ist das Filtermaterial wieder gereinigt und die Oberfläche wieder frei.

Beispiel 2

[0049] In einem Holzhackschnitzel-Kessel mit einer Nennwärmeleistung von 30 kW, Abgastemperatur von 190 °C, erforderlichen Mindestabgasförderdruck von 25 Pa, Abgasmassenstrom von 33 g/s und einem Feuerraumvolumen von 165 l wird zwischen dem Feuerraum und dem Wärmeübertrager ein plattenförmiges Keramiknetzwerk, das in einem Rahmen fixiert ist, eingebaut. Das Keramiknetzwerk ist durch Abformung eines textilen Abstandsgewirkes hergestellt worden. Die Keramik besteht aus gesintertem Siliciumcarbid.

Zuerst liegt ein textiles Abstandsgewirk vor, bei dem an der Ober- und Unterseite rhomboedrische Gitterma-

schen mit Kantenlängen von 6 mm angeordnet sind mit senkrecht dazu stehenden Maschenstäbchen/Maschenreihen, die zueinander Abstände von ca. 2 mm aufweisen und die Ober- und Unterseite mit einem Abstand von 4 mm verbinden. Diese sind aus Polyester-Monofilamentgarn von dtex 277 gewirkt.

Dann liegt ein textiles Abstandsgewirk vor, bei dem an der Ober- und Unterseite rhomboedrische Gittermaschen mit Kantenlängen von 3 mm angeordnet sind mit senkrecht dazu stehenden Maschenstäbchen/Maschenreihen, die zueinander Abstände von ca. 0,5 mm aufweisen und die Ober- und Unterseite mit einem Abstand von 2 mm verbinden. Diese sind aus Polyester-Monofilamentgarn von dtex 56 gewirkt, wobei die Oberseite velourisiert ist.

Vier Lagen des Abstandsgewirkes mit den gröberen Maschen und eine Lage des Abstandsgewirkes mit den feineren Maschen werden übereinander gestapelt und so angeordnet, dass die rhomboedrischen Maschen senkrecht zur Durchströmungsrichtung liegen. Diese Lagen werden nach bekannten Verfahren zu keramischen Netzwerkplatten mit den Abmessungen 250 x 300 x 18 mm umgewandelt. Das Keramiknetzwerk behält dabei die gleiche Strukturierung, wie die textilen Abstandsgewirke bei. Je vier dieser Platten werden nebeneinander in einen Metallrahmen eingebaut, so dass sich eine Filterfläche von 500 x 600 mm ergibt (3000 cm²). Der Rahmen mit den 4 Filterplatten wird senkrecht in die Feuerstätte mit einem Abstand von 150 mm von der Rückwand eingebaut wobei die Oberfläche der Platten mit den feineren Maschen dem Wärmeübertrager zugewandt ist und ein Volumen von 45 l abgetrennt wird. Das verbleibende Volumen vor dem Filter beträgt 120 l; wodurch das Verhältnis zum Gesamtvolumen der Feuerstätte (165 l) dann 0,73 beträgt.

Die Filterfläche ist gleich der vom Abgas angeströmten Querschnittsfläche der Feuerstätte, so dass sich ein Quotient von 1 ergibt und der Faktor aus diesem Quotienten mit dem Volumenverhältnis ebenfalls 0,73 beträgt.

Durch die Positionierung der Platten im Kessel wird die vollständige Durchleitung des entstehenden Abgases durch das Keramiknetzwerk erreicht.

Das Keramiknetzwerk verursacht einen Druckverlust von 10 Pa/cm, gemessen bei einer Durchströmungsgeschwindigkeit von 1 m/s.

Bei Betreiben des Holzhackschnitzkessels werden alle Abgase durch das Filtermaterial zum Abgassammler geführt und noch vorhandene Schadstoffe, wie Ruß, Teer und kondensierte Kohlenwasserstoffe werden auf der Oberfläche des Filtermaterials abgeschieden. Das Filtermaterial erreicht aufgrund der Temperatur der Abgase und der Strahlung aus dem Feuerraum ein Temperaturniveau, welches zur Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen führt. Die Temperatur im Filter erhöht sich weiter, so dass eine Temperatur über der Zündtemperatur der angelagerten Schadstoffe erreicht wird und somit die angelagerten Schad-

stoffe verbrannt werden. Damit ist das Filtermaterial wieder gereinigt und die Oberfläche wieder frei.

5 Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen von Festbrennstoff-Feuerstätten, in der Abgasmassenströme bis zu 60 g/s auftreten, und bei der ein Keramiknetzwerk eingebaut ist, welches im und/oder oberhalb des Feuerraumes so angeordnet ist, dass ein Verhältnis von dem vom Keramiknetzwerk abgetrennten Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte zu dem gesamten inneren Volumens der Festbrennstoff-Feuerstätte von 0,5 bis 0,95 realisiert ist und weiterhin das Keramiknetzwerk vom Abgasstrom vollständig oder im überwiegenden Maße durchströmt ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der als Keramiknetzwerk eine offenzellige Schaumkeramik oder ein von textilen Strukturen abgeformtes Keramiknetzwerk eingesetzt ist.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, bei der als Keramikmaterial Schamotte oder Cordierit oder gesinterte Siliciumcarbid-Keramik eingesetzt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk plattenförmig ausgebildet ist, wobei das Keramiknetzwerk jeweils den Feuerraum vollständig oder zumindest im überwiegenden Maße vom weiteren Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte in Richtung Abgasstrom abtrennt.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Filterplatten in der Festbrennstoff-Feuerstätte so angeordnet sind, dass sie durch Schräganordnung, doppelter oder mehrfacher Schräganordnung, oder durch Anordnung in Form eines mehrseitigen Prismas eine höhere Fläche als die vom Abgas angeströmte Querschnittsfläche der Feuerstätte einnehmen.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk in Form einer oder mehrerer Hohlzylinder, Hohlkegel oder Hohlkegelstümpfe ausgeführt ist.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Filterfläche gewellt, gefaltet, geprägt, geschlitzt, genoppt ist.
8. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Wandstärke des Keramiknetzwerkes eine konstante Dicke, lokal unterschiedliche Dicken oder kontinuierlich verlaufende Dickenveränderungen aufweist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Verhältnis

von dem vom Keramiknetzwerk abgetrennten Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte zu dem gesamten inneren Volumens der Festbrennstoff-Feuerstätte 0,65 bis 0,95 beträgt.

10. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk eine Dichte von 5 bis 30 % der Reindichte der Keramik aufweist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, bei der das Keramiknetzwerk eine Dichte von 7 bis 15 % der Reindichte der Keramik aufweist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk einen Druckverlust von ≤ 20 Pa/cm bei Gas-Durchströmungsgeschwindigkeiten ≤ 1 m/s aufweist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, bei der das Keramiknetzwerk einen Druckverlust von ≤ 5 Pa/cm bei Gas-Durchströmungsgeschwindigkeiten ≤ 1 m/s aufweist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der eine offenzellige Schaumkeramik mit Zellweiten von 6 bis 60 ppi eingesetzt ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, bei der eine offenzellige Schaumkeramik mit Zellweiten von 20 bis 45 ppi eingesetzt ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Zellen der offenzelligen Schaumkeramik gestreckt sind.
17. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk eine Maschenweite von 0,8 bis 15 mm aufweist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, bei der das Keramiknetzwerk Maschenweiten 1 bis 10 mm aufweist.
19. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk in einer, zwei oder allen drei Raumrichtungen richtungsabhängig unterschiedliche Maschenweiten und/oder Maschenformen aufweist.
20. Vorrichtung nach Anspruch 19, bei der die Maschen senkrecht zur Durchströmungsrichtung größer sind, als parallel dazu.
21. Vorrichtung nach Anspruch 20, bei der die Maschenweite senkrecht zur Durchströmungsrichtung 5 bis 10 mm und parallel dazu 1 bis 2 mm betragen.
22. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die keramischen Stege des Keramiknetzwerkes eine durch Mikro- und/oder Makrostrukturierung vergrößerte Oberfläche aufweisen.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei der die Makrostrukturierung der das Keramiknetzwerk bildenden Stege durch Verwendung von faserbeflockten Schaumstoffen oder Textilien oder durch nachträgliche Beflockung mit keramischen Fasern oder durch Verwendung von Textilien aus flauschige Multifilamentgarnen erreicht ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22, bei der die Mikrostrukturierung durch Ausbildung von Mikroporen < 1 μm in den Stegen der Keramik oder durch Ätzung der Oberfläche der Keramikstege $< 1 \mu\text{m}$ oder durch Aufbringen einer keramischen Schicht mit einer hohen spezifischen Oberfläche erreicht ist.

25. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk ganz oder teilweise aus einem katalytisch wirkenden Material besteht.

26. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der die Oberfläche der Stege des Keramiknetzwerkes ganz oder teilweise mit einem katalytisch wirkenden Material beschichtet sind.

27. Vorrichtung nach Anspruch 25 und/oder 26, bei der als katalytisch wirkendes Material für das Keramiknetzwerk Eisenverbindungen, Platin oder Platinverbindungen eingesetzt sind.

28. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk in mehreren Schichten, Stufen, Segmenten in der Ebene als auch übereinander aufgebaut ist.

29. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk hinsichtlich seines Materials und/oder seiner Struktur und/oder seiner Maschen- und/oder Zellweite unterschiedlich aufgebaut ist.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, bei der das Keramiknetzwerk innerhalb einer Schicht hinsichtlich seiner Maschenweite unterschiedlich aufgebaut ist.

31. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der sich das Keramiknetzwerk im Strahlungsbereich der Flamme von Festbrennstoff-Feuerstätten befindet.

32. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk zwischen Feuerraum und Abgassammler angeordnet ist.

33. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das Keramiknetzwerk elektrisch beheizbar ist.

34. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der der gesamte Abgasstrom durch den Filter geführt ist.

35. Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Fest-

brennstoff-Feuerstätten, bei dem während der Aufheizphase und während einer brennstoffauflagebedingten Temperaturabsenkung unterhalb der Zündtemperaturen der Schadstoffe die dabei entstandenen Schadstoffe ganz oder teilweise auf der Oberfläche eines Keramiknetzwerkes abgelagert werden, welches im und/oder oberhalb des Feuerraumes so angeordnet ist, dass ein Verhältnis von dem vom Keramiknetzwerk abgetrennten Volumen der Festbrennstoff-Feuerstätte zu dem gesamten inneren Volumens der Festbrennstoff-Feuerstätte von 0,5 bis 0,95 realisiert wird und nach der Aufheizphase oder einer Temperaturabsenkung die auf der Oberfläche des Keramiknetzwerkes angelagerten Schadstoffe unmittelbar durch die Flamme oder durch die Strahlung der Flamme im Feuerraum oder durch die heißen Abgase verbrannt werden.

36. Verfahren nach Anspruch 35, bei dem durch Verbrennung der Schadstoffe in Form von Ruß und kondensierten Kohlenwasserstoffen in oder an dem Keramiknetzwerk die Reinigung des Keramiknetzwerkes durchgeführt wird.

25

30

35

40

45

50

55



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 03 40 0011

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
A,D	DE 37 20 963 A (METALLGESELLSCHAFT AG) 5. Januar 1989 (1989-01-05) * das ganze Dokument *	1,35	F23J15/02
A	EP 1 146 286 A (MAEJIMA FUMIO ;MAEJIMA TAKASHI (JP)) 17. Oktober 2001 (2001-10-17) * das ganze Dokument *	1,35	
A	US 5 363 777 A (YOSHIMOTO KATSUNOBU ET AL) 15. November 1994 (1994-11-15) * das ganze Dokument *	1,35	
A	EP 1 002 995 A (INNOVATIVE ENVIRONMENTAL TECHN) 24. Mai 2000 (2000-05-24) * das ganze Dokument *	1,35	
A,D	DE 37 05 793 A (BERLIN CONSULT GMBH) 26. November 1987 (1987-11-26)		
A	DE 35 40 449 A (TOSHIBA CERAMICS CO) 12. Juni 1986 (1986-06-12)		
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			F23J B01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 15. Juli 2003	Prüfer Theis, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 03 40 0011

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-07-2003

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 3720963 A	05-01-1989	DE 3720963 A1	05-01-1989
		DE 3733337 A1	13-04-1989
EP 1146286 A	17-10-2001	JP 2001153327 A	08-06-2001
		AU 6868200 A	04-06-2001
		BR 0007587 A	04-12-2001
		CA 2360519 A1	31-05-2001
		EP 1146286 A1	17-10-2001
		US 6581529 B1	24-06-2003
		CN 1336999 T	20-02-2002
		WO 0138785 A1	31-05-2001
		NZ 513625 A	28-09-2001
		TW 445358 B	11-07-2001
US 5363777 A	15-11-1994	JP 5071715 A	23-03-1993
		JP 8026973 B	21-03-1996
EP 1002995 A	24-05-2000	JP 2000146136 A	26-05-2000
		EP 1002995 A2	24-05-2000
DE 3705793 A	26-11-1987	DE 8605146 U1	21-08-1986
		DE 3705793 A1	26-11-1987
DE 3540449 A	12-06-1986	JP 1870114 C	06-09-1994
		JP 5008148 B	01-02-1993
		JP 61141682 A	28-06-1986
		DE 3540449 A1	12-06-1986
		GB 2168337 A ,B	18-06-1986

EPO FORM P0461

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