

(19)



(11)

EP 3 353 470 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
10.03.2021 Patentblatt 2021/10

(51) Int Cl.:
F23G 7/07 (2006.01) **F23C 13/04** (2006.01)
F23B 90/08 (2011.01) **F23J 15/02** (2006.01)
F24B 1/00 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16777556.8**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/072160

(22) Anmeldetag: **19.09.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2017/050692 (30.03.2017 Gazette 2017/13)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR BEHANDLUNG VON ABGASEN IN EINZELRAUMFEUERUNGSANLAGEN**

DEVICE AND METHOD FOR TREATING EXHAUST GASES IN SINGLE-CHAMBER COMBUSTION SYSTEMS

DISPOSITIF ET PROCÉDÉ DE TRAITEMENT DES GAZ DE COMBUSTION DANS DES INSTALLATIONS DE COMBUSTION POUR DES LOCAUX INDIVIDUELS

(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

- **HAASE, Daniela**
01277 Dresden (DE)
- **HARK, Werner**
47447 Moers (DE)
- **HARK, Udo**
47229 Duisburg (DE)

(30) Priorität: **21.09.2015 DE 102015115933**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
01.08.2018 Patentblatt 2018/31

(74) Vertreter: **Rauschenbach, Marion**
Rauschenbach Patentanwälte
Bienertstrasse 15
01187 Dresden (DE)

(73) Patentinhaber: **Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.**
80686 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 629 432 EP-A1- 1 353 125
DE-A1- 4 400 387 DE-A1-102013 020 398
DE-A1-102013 210 985 DE-U1-202007 006 055
US-A1- 2012 031 599

(72) Erfinder:
• **ADLER, Jörg**
01662 Meißen (DE)
• **PETASCH, Uwe**
01520 Panschwitz-Kuckau (DE)

EP 3 353 470 B1

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

Beschreibung

Anwendungsgebiet der Erfindung

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

Stand der Technik

[0002] Einzelraumfeuerungsanlagen sind Feuerstätten, die zur Beheizung von Räumen und/oder der Warmwasserversorgung dienen, mit Festbrennstoffen betrieben werden und mit der Abgasanlage zusammen die Feuerungsanlage bilden. Diese Definition ist Bestandteil der Feuerungsverordnungen der Länder und der Bundes-Immissionsschutzverordnung. Gemäß der Entscheidung der Europäischen Kommission (Amtsblatt EG L 184 vom 17.07.1999) sind Einzelraumfeuerungsanlagen "Raumerwärmungsanlagen, die feste (...) Brennstoffe verbrennen zur Verwendung in Gebäuden".

Einzelraumfeuerungsanlagen sind national und europäisch genormt. Sie sind als Bauprodukte in der Bauregelliste A Teil 1 und 2 des Deutschen Institutes für Bautechnik enthalten.

[0003] 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.

[0004] Einzelraumfeuerungsanlagen sind im Wesentlichen durch folgende Parameter charakterisiert:

- Leistungsbereich bis 50 kW
- Abgastemperaturen bis 400 °C
- erforderliche Mindestabgasförderdrücke 8 bis 20 Pa
- Abgasmassenströme bis 60 g/s.

[0005] Die Einzelraumfeuerungsanlagen werden an Abgasanlagen angeschlossen.

[0006] Einzelraumfeuerungsanlagen zur Verbrennung von Festbrennstoffen, wie Holz, werden zunehmend mehr angewandt. Dabei ist insbesondere die Emission von nicht erwünschten gasförmigen Schadstoffen eine Problematik, die derzeit noch nicht ausreichend gelöst ist.

[0007] Für die Behandlung von Abgasströmen von Einzelraumfeuerungsanlagen mit geringen Wärmeleistungen wurden in den letzten Jahren Filter entwickelt, bei denen feste Schadstoffpartikel und Aerosole zurückgehalten und beim Erreichen ausreichend hoher Temperaturen verbrannt werden.

Dagegen sind Lösungen zur Behandlung von gasförmigen Schadstoffen noch nicht in breitem Umfang ange-

wandt worden.

[0008] Unter gasförmigen Schadstoffen werden vor allem Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoffe (HC) verstanden, die bei der unvollständigen Verbrennung von Holz oder auch anderen Brennstoffen, die in häuslichen Einzelraumfeuerungsanlagen eingesetzt werden, entstehen. Unter den Kohlenwasserstoffen befinden sich eine Reihe von Verbindungen, die bei Raumtemperatur fest oder flüssig vorliegen, aber bei erhöhter Temperatur, wie sie im Rauchgas vorherrschen, gasförmig werden. Werden diese Kohlenwasserstoffe und CO unbehandelt in die Umgebung entlassen, so rufen sie schädliche und unerwünschte Wirkungen vor, z.B. gesundheitliche, toxische Schädigungen von Menschen und Tieren oder auch geruchsbelästigende Wirkungen.

[0009] Die gasförmigen Schadstoffe im Abgas von Einzelraumfeuerungsanlagen können durch chemische Reaktionen zu unschädlichen Verbindungen umgewandelt werden. In der Regel handelt es sich dabei um Oxidationsreaktionen, bei denen aus den schädlichen Verbindungen die unschädlichen Verbindungen Kohlendioxid und Wasser gebildet werden. Für diese Reaktionen ist die Anwesenheit von Sauerstoff notwendig, der im der Feuerstätte zugeführten Verbrennungsgas enthalten ist, welches zumeist Luft ist und durch Primär-, Sekundär- und weitere Zuführungen in die Feuerstätte gelangt. Weiterhin benötigen diese Reaktionen eine notwendige Aktivierungsenergie, die zumeist thermisch zugeführt werden muss. Dies bedeutet, dass die Reaktionen eine bestimmte Mindesttemperatur erfordern, wobei sie schneller und vollständiger ablaufen, je höher die Temperaturen sind. Für eine möglichst vollständige Umsetzung der Schadstoffe ist weiterhin eine notwendige Reaktionszeit erforderlich.

[0010] Der Abbau und die Umwandlung von gasförmigen Schadstoffen in oder nach der Feuerstätte hängen neben der Konzentration der Schadstoffe vor allem von der Temperatur und der Verweilzeit der Abgase bei diesen Temperaturen ab. Der Abbau erfolgt umso besser, je höher die Temperatur und je länger die Verweilzeit ist. Die Temperatur in einer Feuerstätte ist an verschiedenen Stellen unterschiedlich und nimmt in der Regel vom Ort der Verbrennung bis zur Abgasabführung in die Abgasanlage kontinuierlich ab. Während in der Nähe der Flamme Temperaturen um 1000 °C oder höher herrschen können, treten am Abgasstutzen, wo das Rauchgas in die Abgasanlage entweicht, Rauchgastemperaturen von 200 °C bis 300 °C auf. Bei konstanter Temperatur in der Verbrennungszone stellt sich eine bestimmte Temperaturverteilung der Komponenten der Feuerstätte ein, die von der konstruktiven Gestaltung der Feuerstätte und den verwendeten Materialien abhängt und die wiederum die Temperaturverteilung des Abgasstromes beeinflusst.

[0011] Darüber hinaus ist die Temperaturverteilung in Einzelraumfeuerungsanlagen hochdynamischen Veränderungen unterworfen, da die Temperaturen in der Verbrennungszone sehr stark schwanken können. Derartige

Schwankungen können Folge unterschiedlicher Brennstoffqualität und Menge, vom Nutzer beeinflusster Auflagezyklen von Brennstoff oder auch der manuell betriebenen Zuluftregelung sein. So ist typisch, dass beispielsweise nach der Anfeuerung der Feuerstätte ein Abbrand des Brennstoffes erfolgt, bis es zu einer Glutbildung kommt, auf die dann nach einiger Zeit wieder neuer Brennstoff aufgelegt wird. Dadurch entstehen sehr starke zyklische Temperaturänderungen in der Feuerstätte und des Rauchgases. Auch schwankt der Schadstoffgehalt im Abgas signifikant. Beim Anfeuern der Feuerstätte, beim Ausbrand und kurz nach der Neuauflage von Brennstoff auf die Glut kommt es zu hohen Emissionsspitzen. Auch kann bei sehr geringen Auflagen und niedrigen Temperaturen sowie bei geringer Luftzufuhr ein hoher Schadstoffgehalt entstehen.

[0012] Die Verweilzeit der Abgaskomponenten bei einer bestimmten Temperatur wird durch die konkrete Abgasführung in der Feuerstätte bestimmt, die neben der konstruktiven Gestaltung der Feuerstätte auch von dem Abgasvolumenstrom und dem Abgasförderdruck (Unterdruck) der angeschlossenen Abgasanlage abhängt. Bei sehr niedrigen Temperaturen des Abgases und einer zu kurzen Verweilzeit werden nicht genügend gasförmige Schadstoffe abgebaut, so dass die Konzentration der in die Umwelt entweichenden Schadstoffe hoch ist.

[0013] Eine Verbesserung der Schadstoffemission in die Umwelt kann durch den Einsatz von Katalysatoren erreicht werden.

[0014] Unter einem Katalysator oder einem katalytisch wirkenden Material wird ein Stoff verstanden, der die Reaktionsgeschwindigkeit einer chemischen Reaktion durch Senkung der Aktivierungsenergie erhöht, ohne dabei selbst verbraucht zu werden. Er beschleunigt die Hin- und Rückreaktion gleichermaßen und ändert somit die Kinetik der chemischen Reaktionen, allerdings nicht deren Thermodynamik. Ein Katalysator nimmt zwar an der Reaktion teil, wird aber durch diese nicht verbraucht, sondern kann diese Reaktionen mehrfach durchlaufen.

[0015] Nach der Art des Katalysators und der Reaktanten lassen sie sich in homogene und heterogene Katalysatoren unterscheiden. Um eine heterogene Katalyse handelt es sich bei der Reaktion von gasförmigen Schadstoffen an einem festen Katalysator.

[0016] Der Einsatz von Katalysatoren in Einzelraumfeuerungsanlagen ermöglicht eine bessere Reaktion der gasförmigen Schadstoffe, was dadurch erreicht wird, dass chemische Reaktionen bereits bei niedrigeren Temperaturen als bei Einzelraumfeuerungsanlagen ohne Einsatz von Katalysatoren ablaufen. Dabei hat jeder Katalysator in Bezug auf die jeweilige chemische Reaktion ein bestimmtes Arbeitsfenster, das unter anderem von der herrschenden Temperatur abhängt. Ist die Temperatur zu niedrig, so wird auch der Katalysator keine nennenswerten chemischen Reaktionen bewirken. Ist die Temperatur zu hoch, kann der Katalysator möglicherweise durch Zersetzung und/oder Vergrößerung der spezifischen Oberfläche geschädigt werden ("thermische Al-

terung"). Es ist daher wichtig, den Katalysator auf eine optimale Arbeitstemperatur für die jeweilige Reaktion einzustellen und bei dieser Arbeitstemperatur zu halten, um optimale Umsatzraten von chemischen Reaktionen und einen Abbau oder eine Umwandlung von gasförmigen Schadstoffen zu erreichen.

[0017] Ein Charakteristikum des Katalysators ist die Arbeitstemperatur. So ist die T50-Temperatur für eine chemische Reaktion die Temperatur, bei der 50% des Umsatzes, z.B. eines Kohlenwasserstoffs, erfolgt. Gleichmaßen beschreibt der T10-Wert die Temperatur, bei der 10% umgesetzt werden. Bei der T90-Temperatur sind somit 90% z.B. des Kohlenwasserstoffes umgesetzt.

Als Anspringtemperatur des Katalysators wird die Temperatur bezeichnet, bei der eine erste messbare chemische Reaktion erfolgt. Typischerweise wird der Reaktionsverlauf ohne Einsatz eines Katalysators vergleichend untersucht und dann die Umsatztemperaturen der chemischen Reaktion mit und ohne Katalysator verglichen.

[0018] Außerdem wird die Alterung eines Katalysators untersucht, indem ein chemisch und/oder thermisch gealterter Katalysator mit einem unbenutzten Katalysator im Bereich der T50-Temperatur verglichen wird.

[0019] Das Arbeitsfenster des Katalysators hängt für die jeweiligen chemischen Reaktionen im Wesentlichen von der stofflichen Zusammensetzung und der spezifischen Oberfläche des Katalysators ab. Die spezifische Oberfläche wird durch die für die chemischen Reaktionen verfügbare Oberfläche des Katalysators beschrieben. Es können für die gleichen chemischen Reaktionen unterschiedliche Katalysatoren verwendet werden, die wiederum jeweils für sich unterschiedliche Arbeitsfenster aufweisen können. Umgekehrt ist es bei einer Vielzahl von Schadstoffen im Abgas notwendig, dass der oder die Katalysatoren in einem breiten Spektrum von chemischen Reaktionen mit unterschiedlichem Arbeitsfenster wirken. Bei technisch aufwändigen industriellen Einrichtungen der Abgasnachbehandlung wird der Katalysator beispielsweise durch eine spezielle Vorrichtung der Heizung und Kühlung auf die optimale Arbeitstemperatur gebracht und dort gehalten. Bei schwankenden Temperaturen des Abgases wird diese Temperatur mit Sensoren gemessen und das Abgas durch diese Vorrichtung auf die optimale Arbeitstemperatur gefahren und gehalten. Solche Vorrichtungen kommen für Einzelraumfeuerungsanlagen jedoch aus Kostengründen oder aufgrund der technischen Komplexität derartiger Vorrichtungen nicht zum Einsatz.

[0020] Für die Behandlung von gasförmigen Schadstoffen bei der Nutzung von Einzelraumfeuerungsanlagen sind bereits Lösungen bekannt, bei denen ein Teil des Abgases oder auch das gesamte Abgas über oder durch einen Katalysator geleitet wird. Eine Nachverbrennung von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffen wird in der Regel durch den Einbau von keramischen oder metallischen Bauteilen mit katalytischen Eigenschaften in die Abgasanlage oder in die Feuerstätte realisiert. Das

können beispielsweise Verkleidung der Feuerraumwände, Prall- und Umlenkplatten, Lochplatten, offenzelluläre Schaumkeramik oder Formkörper wie Waben bis hin zu Schüttungen aus regelmäßig oder unregelmäßig geformten Formteilen, wie beispielsweise Kugeln, sein. Diese sind entweder aus Materialien aufgebaut, die selbst katalytische Eigenschaften aufweisen oder sie sind an der Oberfläche mit katalytisch wirkenden Materialien versehen.

[0021] Probleme bereiten die bisher bekannten Lösungen bei der Konzeption von Einzelraumfeuerungsanlagen mit geringer Wärmeleistung, wie sie im modernen Wohnungsbau mittlerweile aufgrund der wesentlich verbesserten Wärmedämmeigenschaften des Baukörpers erforderlich sind. Kleine Feuerräume mit geringen Brennstoffauflagen führen hingegen zu hohen Emissionen. Gleiches trifft für konventionelle Geräte zu, sofern sie aufgrund des geringen Wärmebedarfes im Teillastbetrieb gefahren werden.

[0022] Aus der DE 37 05 793 A1 ist ein Filterapparat zur Gasreinigung, vorzugsweise zur Rauchgasreinigung mit einem Staubfilter im Rohgasraum des Staubfilters bekannt, bei dem als Staubfilter in dem Filterapparat Elemente aus einer offenporiger Schaumkeramik angeordnet sind, die gegebenenfalls mit Metallen, Metalloxyden oder sonstigen Metallverbindungen beschichtet sind.

[0023] Ebenfalls bekannt ist aus der DE 102 15 734 A1 eine Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen von Feststoff-Feuerstätten, bei der ein Keramiknetzwerk eingebaut ist, welches von dem Abgasstrom vollständig oder im überwiegenden Maße durchströmt ist.

[0024] Außerdem ist aus der DE 10 2010 007 253 A1 eine Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen einer Kleinfeuerungsanlage bekannt, die ein katalytisch aktives Material aufweist, welches eine Keramik ist, und die Keramik eine Vielzahl von Öffnungen aufweist, die von Abgasen durchströmbare sind.

[0025] Aus der DE 20 2010 007 246 U1 ist ein Apparat zur Abgasbehandlung einer Kleinfeuerungsanlage bekannt, der aus einem Gehäuse mit Boden und Deckel und mindestens zwei im Gehäuse zwischen Boden und Deckel angeordneten Vorrichtungen besteht. Diese enthalten jeweils eine Katalysatoreinrichtung, die ein katalytisch aktives Material aufweist, wobei das katalytisch aktive Material eine Keramik ist, mit der eine Oxidation der Abgase katalysierbar ist, und die Katalysatoreinrichtung eine Vielzahl von Öffnungen aufweist, die von den Abgasen durchströmbare sind. Der Boden des Apparats weist eine Öffnung auf, durch die Abgas aus der Kleinfeuerungsanlage in den Apparat geleitet werden kann. Der Deckel des Apparats weist eine Öffnung auf, durch die das behandelte Abgas abgeleitet werden kann.

[0026] Bekannt aus der DE 20 2008 012 668 U1 ist eine Einrichtung zur Emissionsminderung für Festbrennstoff-Feuerstätten, die zumindest ein Katalysatorelement und zumindest ein Filterelement umfasst.

[0027] Aus der DE 10 2013 210 985 A1 sind Einbauten in Kleinfeuerungsanlagen bekannt, die eine Ver-

schung von brennbaren Abgasbestandteilen mit Verbrennungsluft bewirken und eine Wärmekapazität aufweisen, welche einen Abfall der Temperatur unter eine gewünschte Mindesttemperatur durch eine vorübergehend abgesenkte Verbrennungsleistung verhindert. Dieses Dokument offenbart den Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs 1.

[0028] Bekannt aus der DE 196 27 028 A1 ist eine Rauchgasfilteranlage für Kleinfeuerungen, insbesondere Kleinfeuerungen für die Verbrennung von Holz, mit einem Abluftkamin, der einen Partikelabscheider aufweist, der als regenerierbares Filter mit Rauchgasgebläse ausgebildet ist und dem eine regenerierbare Einrichtung zur chemischen Reduzierung der gasförmigen Schadstoffe im Rauchgas nachgeschaltet ist.

[0029] Außerdem ist aus der DE 10 2006 021 133 A1 ein Verfahren zur Reinigung von mit Schadstoffen belasteten Abgasströmen bekannt, bei dem der Abgasstrom in einem Reaktor mit einer darin enthaltenen Schüttung aus Metallspänen katalytisch gereinigt wird und bei dem die dotierten Metallspäne vor dem Einsatz auf einer Starttemperatur aufgeheizt werden. Vor, mit oder nach der katalytischen Reinigung erfolgt eine Entstaubung der magnetisierbaren Partikel des Abgasstromes in einem Magnetfeld.

[0030] Nachteilig ist, dass die bekannten Lösungen zur Behandlung von Abgasen in Einzelraumfeuerungsanlagen technisch aufwendig und kostenintensiv sind und eine kontinuierliche Abgasbehandlung im Hinblick auf die diskontinuierliche Arbeitsweise der Einzelraumfeuerungsanlage nicht möglich ist.

Darstellung der Erfindung

[0031] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen in Einzelraumfeuerungsanlagen anzugeben, die technisch einfach und kostengünstig ist und mit der eine im Wesentlichen kontinuierliche Abgasbehandlung im Hinblick auf die diskontinuierliche Arbeitsweise der Einzelraumfeuerungsanlage realisiert wird.

[0032] Die Aufgabe wird durch die in den Ansprüchen angegebene Erfindung gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche, wobei die Erfindung auch Kombinationen der einzelnen abhängigen Ansprüche im Sinne einer und-Verknüpfung mit einschließt, solange sie sich nicht gegenseitig ausschließen.

[0033] Die erfindungsgemäße Lösung besteht aus einer Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen in Einzelraumfeuerungsanlagen, bei der im Abgasstrom mindestens ein Bauelement angeordnet ist, welches ganz oder teilweise aus einem katalytisch wirkenden Material besteht, und bei der weiterhin im Abgasstrom in Strömungsrichtung nach dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material mindestens ein Bauelement angeordnet ist, welches aus einem Material mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität als das Bauelement

aus einem katalytisch wirkenden Material besteht.

[0034] Erfindungsgemäß stehen die aus dem Volumen der Bauelemente und deren spezifischen volumetrischen Wärmekapazität resultierenden absoluten Wärmekapazitäten in einem Verhältnis von Bauelement aus katalytisch wirkendem Material: Bauelement mit höherer volumetrischen Wärmekapazität = 1:5 bis 1:20.

[0035] Ebenfalls vorteilhafterweise weist das Volumen des Bauelementes mit einer höheren spezifischen volumetrischen Wärmekapazität gegenüber dem Volumen des Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material eine Abweichung mit dem Faktor von ≤ 2 auf.

[0036] Vorteilhaft ist es, wenn das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität eine plattenförmige und/oder unregelmäßige Geometrie aufweist.

[0037] Ebenfalls vorteilhafterweise besteht das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität aus Schamotte, Mullit, Cordierit-, Vermiculit-, Aluminiumoxid- und/oder Siliciumcarbid-Keramik.

[0038] Erfindungsgemäß weist die Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, die dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material abgewandt ist, eine wärmeisolierende Schicht auf. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die wärmeisolierende Schicht aus keramischem Faserdämmstoff, porosiertem Feuerleichtstein und/oder Vermiculit ist.

[0039] Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist, wenn das Material der Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, das einem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material zugewandt ist, einen Bereich mit einer höheren thermischen Leitfähigkeit aufweist, als das Material der Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, die dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material abgewandt ist.

[0040] Vorteilhafterweise weist die Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, die dem mindestens einem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material zugewandt ist, einen Emissionskoeffizienten $> 0,8$ auf.

[0041] Auch ist es vorteilhaft, wenn das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität eine katalytisch wirkende Beschichtung aufweist.

[0042] Vorteilhafterweise besteht das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität aus einem katalytisch wirkenden Material. Dabei ist es vorteilhaft, wenn das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine plattenförmige und/oder unregelmäßige Geometrie aufweist.

[0043] Vorteilhafterweise ist das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine offenzellige Schaumkeramik, ein von textilen Strukturen abgeformtes Keramiknetzwerk, eine Schüttung, eine

Platte und/oder eine mit einem katalytisch wirkenden Material beschichtete Platte.

[0044] Weiterhin vorteilhafterweise weist das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine spezifische volumetrische Wärmekapazität von $200 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ bis $1000 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ auf.

[0045] Ebenfalls vorteilhafterweise sind das katalytisch wirkende Material, Eisen, Platin und/oder Palladium oder Mischungen von Eisen, Platin und/oder Palladium.

[0046] Vorteilhafterweise weist die Geometrie des mindestens einen Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität gegenüber der Geometrie des mindestens einen Bauelementes aus einem katalytisch wirkenden Material eine Abweichung mit dem Faktor von $\leq 1,5$ auf.

[0047] Und ebenfalls vorteilhaft ist, wenn bei der Vorrichtung das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität und das mindestens eine Bauelementes aus einem katalytisch wirkenden Material eine im Wesentlichen gleiche Geometrie aufweisen.

[0048] Auch ist es vorteilhaft, wenn das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität und/oder das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine lokal unterschiedliche Dicke oder eine kontinuierlich verlaufende Dickenveränderung aufweist.

[0049] Besonders vorteilhafterweise sind das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität und das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material parallel zueinander angeordnet sind. Und insbesondere ist es von Vorteil, wenn das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material in einem Abstand von 3mm bis 50mm zu dem mindestens einen Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität angeordnet ist.

[0050] Vorteilhafterweise weist das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität eine spezifische volumetrische Wärmekapazität von $1200 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ bis $3500 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ auf.

[0051] Erfindungsgemäß sind das mindestens eine Bauelement mit dem katalytisch wirkenden Material und das mindestens eine Bauelement mit der höheren volumetrischen Wärmekapazität in der Abgasführung nach einem Filterbauelement angeordnet.

[0052] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Einzelraumfeuerungsanlagen wird der Abgasstrom durch ein Filterbauelement und anschließend mindestens durch ein Bauelement, welches ganz oder teilweise aus einem auf Bestandteile des Abgasstroms katalytisch wirkenden Material besteht, geführt und direkt nachfolgend zu einem Bauelement, welches aus einem Material mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität als das Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material besteht und die Seite dieses Bauelementes, die dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material abgewandt ist, eine wärmei-

solierende Schicht aufweist, und der Abgasstrom an und/oder um und/oder höchstens teilweise durch dieses Bauelement mit der höheren volumetrischen Wärmekapazität entlang in Richtung des Abgasausgangs geführt.

[0053] Erfindungsgemäß wird erstmals eine Einzelraumfeuerungsanlage bereitgestellt, die eine Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen umfasst, die sich durch einen kostengünstigen und technisch einfachen Aufbau auszeichnet und mit der eine im Wesentlichen kontinuierliche Abgasbehandlung in Hinblick auf die diskontinuierliche Arbeitsweise der Einzelraumfeuerungsanlage realisiert wird.

[0054] Mit der erfindungsgemäßen Einzelraumfeuerungsanlage wird es insbesondere durch eine bessere Ausnutzung der Funktionsweise eines Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material möglich, bei Abbrand von Feststoffen in einer Einzelraumfeuerungsanlage die Schadstoffemission an die Umwelt signifikant zu verringern.

[0055] Erfindungsgemäß wird eine kontinuierliche Arbeitsweise eines Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material erreicht. Unter einem katalytisch wirkenden Material soll im Rahmen der Erfindung ein Material verstanden werden, welches auf mindestens einen der Bestandteile des Abgasstromes katalytisch wirkt.

[0056] Beim Abbrand von Festbrennstoffen treten brennstoffauflagebedingte Schwankungen der Abgastemperatur auf. Diese Temperaturschwankungen des Abgasstromes werden durch die materialabhängige Wärmestrahlung des mindestens einen Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität kompensiert. Dadurch wird eine im Wesentlichen gleichbleibende Arbeitstemperatur des mindestens einen Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material erreicht und eine bessere Arbeitsweise dieses Bauelementes und der gesamten Einzelraumfeuerungsanlage realisiert.

[0057] Die Kompensierung der Temperaturschwankungen und eine im Wesentlichen gleichbleibende Arbeitstemperatur werden damit über den gesamten Leistungsbereich der Einzelraumfeuerungsanlage und insbesondere auch bei Teillastbetrieb der Einzelraumfeuerungsanlage erreicht.

[0058] Das mindestens eine Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material kann ein hochporöser Träger oder ein zellulärer Aufbau oder eine Schüttung sein, die aus einem katalytisch wirkenden Material besteht und/oder mit diesem beschichtet ist. Das erfindungsgemäße Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material ist im Abgasstrom nach einem Filterbauelement angeordnet. Mit einem derartigen Filterbauelement werden feste Partikel, wie beispielsweise Ruß, aus dem Abgasstrom gefiltert.

[0059] Das nach dem Filterelement angeordnete Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material kann aus einzelnen Komponenten aufgebaut sein, die vom Abgas durchströmt werden. Typischerweise weist das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirken-

den Material eine plattenförmige Geometrie mit einer großen Fläche senkrecht zur Richtung des Abgasstromes und einer geringen Ausdehnung in Richtung des Abgasstromes auf. Jedoch sind auch unregelmäßig geformte Bauelemente mit unterschiedlichen Dicken einsetzbar. Möglich ist auch, dass die von der Plattenform abweichenden Bauelemente gewölbte und plissierte Platten, Halbkugelschalen oder Zylindermäntel sind.

[0060] Erfindungsgemäß besitzt das mindestens eine Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material eine geringe spezifische volumetrische Wärmekapazität von $\leq 1000 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$, vorzugsweise von $< 500 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$, besonders bevorzugt von 200 bis 400 $\text{kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$. Erfindungsgemäß ist unmittelbar benachbart von dem und im Abgasstrom nach dem mindestens einen Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material ein Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität angeordnet. Dieses Bauelement weist eine spezifische volumetrische Wärmekapazität von $> 1200 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$, vorzugsweise von 1500 bis 3500 $\text{kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$, auf. Unter benachbart soll im Rahmen der Erfindung der Abstand der beiden zueinander angeordneten Seiten des mindestens einen Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material und des mindestens einen Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität verstanden werden. Dieser Abstand kann zwischen 3 mm und 50 mm betragen, in einer bevorzugten Ausführung beträgt der Abstand zwischen 5 und 20 mm.

[0061] Die spezifische volumetrische Wärmekapazität (auch Wärmespeicherzahl genannt) ist die auf das Volumen bezogene Wärmekapazität eines Materials und ergibt sich aus der spezifischen, also massebezogenen Wärmekapazität eines Materials, multipliziert mit dessen Dichte. Die Einheit ist $\text{kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$. Da vor allem die Wärmekapazität ein temperaturabhängiger Wert ist, sind die genannten Werte auf Werte bei Raumtemperatur bezogen. Zwar ist für die erfindungsgemäße Anwendung die Wärmekapazität bei den höheren Betriebstemperaturen die korrekte physikalische Größe, da aber die bekannten Temperaturabhängigkeiten der Wärmekapazitäten der meisten Materialien ähnlich ist, wird zur Vereinfachung Bezug auf die Raumtemperaturwerte genommen.

[0062] Die spezifische volumetrische Wärmekapazität eines Bauelementes errechnet sich aus der Wärmekapazität und Dichte der das Bauelement bildenden Materialien, bezogen auf das Gesamtvolumen des Bauelementes. Das Gesamtvolumen wird durch die äußere begrenzende Geometrie des Bauelementes definiert. Ist das Bauelement aus verschiedenen Komponenten und Materialien aufgebaut, ergibt sich die spezifische volumetrische Wärmekapazität aus der Summe der Wärmekapazitäten der einzelnen Komponenten und Materialien, bezogen auf das Gesamtvolumen des Bauelementes. Die spezifische volumetrische Wärmekapazität vieler fester Stoffe liegt im Bereich von 1500 bis 4500 $\text{kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$, was im Wesentlichen von der molaren Masse und der Dichte der atomaren Packung abhängt. Geringe spezifische volumetrische Wärmekapazitäten unter

1500 kJ/(K*m³) können durch Porosierung oder durch einen zellularen Aufbau der Materialien erreicht werden, da das in den Poren enthaltene Gas (zumeist Luft) eine vernachlässigbare geringe volumetrische Wärmekapazität besitzt. Insofern wirkt sich die Verringerung der Dichte in Folge der Porosierung oder Zellularität eines Materials sehr stark auf die Verringerung der spezifischen volumetrischen Wärmekapazität eines Materials aus.

[0063] Eine zusätzliche Wärmeaufnahme und -abgabe wird realisiert, wenn die Materialien Stoffe enthalten, die einen Phasenwechsel bei einer bestimmten Temperatur aufweisen (sogenannte PCM = phase change materials), z.B. aufschmelzen, erstarren und/oder kristallisieren. Auch können zusätzliche thermische Effekte durch Adsorption/Desorption auftreten.

[0064] Das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität ist, ausgehend von der Richtung des Abgasstromes, hinter dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material, vorteilhafterweise parallel, angeordnet. Damit wird erreicht, dass der gesamte oder zumindest der überwiegende Anteil des heißen Abgases zuerst das mindestens eine Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material durchströmt und erst danach das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität an- und/oder um- und/oder höchstens teilweise durchströmt.

[0065] Erfindungsgemäß ist die Geometrie des mindestens einen Bauelementes mit einer höheren spezifischen volumetrischen Wärmekapazität im Wesentlichen gleich der Geometrie des mindestens einen Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material, wobei eine Abweichung der geometrischen Abmessungen der beiden Bauelemente mit dem Faktor von ≤ 15 vorhanden sein kann, beispielsweise, dass ein Bauelement eine bis zu 1,5 mal größere Länge und/oder Breite und/oder Dicke aufweisen kann.

Dabei kann das Volumen des Bauelementes mit einer höheren spezifischen volumetrischen Wärmekapazität im Wesentlichen gleich dem, größer als oder auch kleiner als das Volumen des mindestens einen Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material sein, wobei eine Abweichung des Volumens der beiden Bauelemente mit dem Faktor von ≤ 2 vorhanden sein kann. Die aus dem Volumen der Bauelemente und deren spezifischen volumetrischen Wärmekapazität resultierenden absoluten Wärmekapazitäten (in J/K) stehen dadurch im Verhältnis von 1:5 bis 1:20 (Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material : Bauelement mit höherer volumetrischer Wärmekapazität). Bei Werten über $1:5 = 0,2$ ist der ausgleichende Effekt der Bauelemente auf die Temperaturverteilung zu gering. Bei Werten unter $1:20 = 0,05$ beeinflusst die thermische Trägheit die Aufheizung der beiden Bauelemente nachteilig, so dass die Arbeitstemperatur des Katalysators erst sehr spät erreicht wird.

[0066] Erfindungsgemäß wird die Behandlung von Abgasen von Einzelraumfeuerungsanlagen dadurch realisiert, dass bei Inbetriebnahme der Einzelraumfeuerungsanlage der Abgasstrom zuerst durch ein Filterbauelement und anschließend durch das mindestens eine Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material geführt wird. Beim Durchführen des heißen Abgasstromes durch das mindestens eine Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material wird die benötigte Arbeitstemperatur dieses Bauelementes infolge seiner sehr niedrigen volumetrischen Wärmekapazität rasch erreicht. Nach dem Durchströmen des Abgasstromes durch das mindestens eine Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material wird der Abgasstrom direkt zu dem nachfolgend angeordneten Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität geführt. Durch die hohe Wärmekapazität des Bauelementes mit der höheren volumetrischen Wärmekapazität wird dieses Bauelement langsam erwärmt, wobei die Funktion des Katalysatorelementes dadurch nicht beeinflusst wird. Mit zunehmender Zeit erfolgt die Angleichung der Temperaturen der benachbarten Bauelemente.

[0067] Besitzt dagegen das Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material eine hohe volumetrische Wärmekapazität, entweder allein oder in Kombination mit dem Bauelement mit höherer volumetrischer Wärmekapazität, so führt dies zu einer sehr langsamen Aufheizung des Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material, so dass die Arbeitstemperatur erst sehr spät, oder, z.B. bei Teillast, gar nicht erreicht wird.

[0068] Mit der erfindungsgemäßen Einzelraumfeuerungsanlage und dem Verfahren wird erreicht, dass bei Abbrand der Festbrennstoffe in der Einzelraumfeuerungsanlage und dem damit einhergehenden Absinken der Abgastemperatur durch die Wärmeabstrahlung des Bauelementes mit einer höheren Wärmekapazität an das benachbarte Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material die Temperatur des Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material auf einem höheren Temperaturniveau trotz Absinken der Abgastemperatur verbleibt. Dieser Effekt wird völlig ohne die Zufuhr weiterer Hilfsenergie, beispielsweise durch einen elektrischen Heizer und ohne den Einsatz spezieller Steuerungs- und Regelungselemente, insbesondere über einen Zeitraum erreicht, der die Zeitspanne bis zur nächsten Festbrennstoffauflage überbrückt.

[0069] Ein weiterer positiver Effekt der Erfindung besteht darin, dass bei Überlastung der Einzelraumfeuerungsanlage, wie sie durch Fehlbedienung durch den Nutzer z.B. infolge zu hoher Brennstoffauflage auftreten kann, die hohe Wärmekapazität des Bauelementes mit der höheren volumetrischen Wärmekapazität auch das katalytisch wirkende Bauelement vor einer zu starken Überhitzung schützt, wodurch eine thermische Schädigung des katalytisch wirkenden Materials vermieden wird.

[0070] Das mindestens eine Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material und das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität sind so in der Abgasführung angeordnet, dass bei Abbrand der Festbrennstoffe eine Arbeitstemperatur

für das Bauelement mit dem katalytisch wirkenden Material von 250°C bis 600°C zur Verfügung steht.

[0071] Das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität kann aus verschiedenen Materialien hergestellt sein und entsprechend unterschiedliche physikalische und thermische Eigenschaften aufweisen. Die genaue Auswahl und Auslegung der Materialien, deren Geometrie und Anordnung hängt von der jeweiligen Konstellation der Einzelraumfeuerungsanlage ab, insbesondere der Größe des Feuerraumes und der Nennleistung, sowie der Geometrie und Auskleidung der Abgasführung. Nach der erfindungsgemäßen Auswahl der Komponenten gemäß ihrer spezifischen volumetrischen Wärmekapazität kann der Fachmann die weitere Abstimmung durch Gestaltung der Volumina und der Abstände vornehmen. Weitere Einflussgrößen auf den erfindungsgemäß zu erreichenden Effekt bestehen in dem Wärmeübergangskoeffizienten und der Wärmeleitfähigkeiten der Materialien. Es hat sich aber gezeigt, dass die wesentliche Einflussgröße in den Wärmekapazitäten der beiden Bauelemente und deren Verhältnis zueinander liegt. Diese wiederum hängen von dem Volumen der Bauelemente und den spezifischen volumetrischen Wärmekapazitäten der dafür eingesetzten Materialien ab.

[0072] Eine erste Auswahl der benötigten Materialien zur Erreichung des erfindungsgemäßen Effektes der thermischen Ausgleichswirkung von auftragsbedingten Temperaturschwankungen zur Einhaltung eines optimalen Arbeitsfensters des katalytisch wirkenden Materials kann analog der einschlägigen Auslegung von Speicherfeuerstätten vorgenommen werden, wie sie z.B. beschrieben ist in: H. Hofbauer, T. Schiffert, D. Vogl, Auslegung keramischer Speicher, Schriftenreihe des Österreichischen Kachelofenverbandes, Wien 2002, ISBN 3-901680-07-1. Eine genauere Abstimmung kann der Fachmann durch wenige experimentelle Messungen der Temperaturen am katalytisch wirkenden Material und/oder der CO- und HC-Emissionen vornehmen.

[0073] Erfindungsgemäß weist die Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, die dem Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material abgewandt ist, ein thermisch isolierendes Material auf. Auch ist es vorteilhaft, wenn die thermische Leitfähigkeit des Materials an der dem Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material zugewandten Seite möglichst hoch ist. Weiterhin vorteilhaft ist, wenn die Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität die dem mindestens einen Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material zugewandt ist, einen hohen Emissionskoeffizienten $>0,8$ aufweist. Das kann z.B. durch eine spezielle Beschichtung der Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität erreicht werden. Damit wird erreicht, dass die im Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität gespeicherte Wärme überwiegend nur in Richtung des Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material abgegeben wird.

[0074] Außerdem ist es möglich, dass das mindestens eine Bauelement mit der höheren volumetrischen Wärmekapazität eine katalytisch wirkende Beschichtung aufweist. Dies kann durch eine Oberflächenschicht aus katalytisch wirkenden Materialien auf der dem Bauelement mit einem katalytisch wirkenden Material zugewandten Fläche realisiert sein. Möglich ist auch, dass das Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität selbst ein katalytisch wirkendes Bauelement ist. Als katalytisch wirkende Materialien können Eisen, Platin oder Palladium und/oder deren Mischungen eingesetzt werden.

Ausführungsbeispiel

[0075] Nachfolgend wird die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert.

[0076] Ein mit Holz betriebener Kaminofen als Einzelraumfeuerungsanlage weist eine Nennwärmeleistung von 7 kW auf, wobei die Abgastemperatur 230 °C, der Abgasförderdruck 12 Pa und der Abgasmassenstrom 9,7 g/s beträgt. Der Feuerraum des Kaminofens besitzt einen Querschnitt von 200 x 350 mm. Zwischen dem Feuerraum und dem Abgassammler ist ein Filtermaterial eingebaut. Das Filtermaterial ist eine offenzellige Schaumkeramik aus Cordierit mit einer Zellweite von 10 ppi mit den Abmessungen 200 x 300 x 25 mm und ist in einem Rahmen fixiert. Oberhalb des Filters im Abgasstrom in Strömungsrichtung ist parallel im Abstand von 60 mm ein Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eingebaut. Das Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material ist eine offenzellige Schaumkeramik aus Cordierit mit einer Zellweite von 10 ppi mit den Abmessungen 200 x 300 x 20 mm, die mit einem Pt-Pd-Katalysator beschichtet ist. Der Katalysator weist eine T50 Umsatztemperatur für CO von 150°C und für HC (gemessen als Propan) von 300°C auf.

Für einen möglichst hohen Schadstoffabbau von $>90\%$ wird eine Arbeitstemperatur von 400°C angestrebt. Eine thermische Schädigung des Katalysators setzt bei Temperaturen oberhalb von 800°C ein.

Die spezifische volumetrische Wärmekapazität des Bauelementes mit dem katalytisch wirkenden Material bei Raumtemperatur beträgt 350 kJ/(K*m³), die absolute Wärmekapazität 420 J/K. Oberhalb im Abgasstrom in Strömungsrichtung des Bauelementes mit dem katalytisch wirkenden Material ist parallel dazu im Abstand von 20 mm ein weiteres Bauelement in Form einer Platte mit den Abmessungen 180 x 280 x 40 mm eingebaut. Das Bauelement weist eine höhere volumetrische Wärmekapazität auf als das Bauelement mit dem katalytisch wirkenden Material und besteht aus Siliciumcarbidkeramik mit einer spezifischen volumetrischen Wärmekapazität bei Raumtemperatur von 1300 kJ/(K*m³). Die absolute Wärmekapazität dieses Bauelementes beträgt 2600 J/K. Die dem Feuerraum abgewandte Seite dieses Bauelementes ist mit einer 3 mm dicken Schicht aus einem keramischen Faserdämmstoff beschichtet. Die dem Feu-

erraum zugewandte Seite der dieses Bauelementes weist einen Emissionskoeffizienten von 0,85 auf. Das Verhältnis der absoluten Wärmekapazitäten des Bauelementes mit dem katalytisch wirkenden Material und dem weiteren Bauelement beträgt $420:2600 = 1:6,2 = 0,16$.

Bei Betrieb der Einzelraumfeuerungsanlage unter Nennlast wird bei der ersten Auflage des Festbrennstoffes die Arbeitstemperatur des Bauelementes mit dem katalytisch wirkenden Material von 400°C nach 10 Minuten erreicht. Nach weiteren 20 min ist der Abbrand erfolgt, so dass weitere Auflagen von Scheitholz in einem zeitlichen Abstand von 30 Minuten erfolgen. Während der Auflagenzyklen schwankt die Temperatur des Bauelementes mit dem katalytisch wirkenden Material lediglich zwischen 350°C und 450°C .

Dadurch wird bei der Einzelraumfeuerungsanlage eine im Wesentlichen kontinuierliche Abgasbehandlung erreicht.

Patentansprüche

1. Einzelraumfeuerungsanlage, umfassend eine Vorrichtung zur Behandlung von Abgasen, bei der im Abgasstrom mindestens ein Bauelement angeordnet ist, welches ganz oder teilweise aus einem katalytisch wirkenden Material besteht, und bei der weiterhin im Abgasstrom in Strömungsrichtung nach dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material mindestens ein Bauelement angeordnet ist, welches aus einem Material mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität als das Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen spezifischen Wärmekapazität, die dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material abgewandt ist, eine wärmeisolierende Schicht aufweist, und wobei das mindestens eine Bauelement mit dem katalytisch wirkenden Material und das mindestens eine Bauelement mit der höheren volumetrischen Wärmekapazität in der Abgasführung nach einem Filterbauelement angeordnet sind, und wobei die aus dem Volumen der Bauelemente und deren spezifischen volumetrischen Wärmekapazität resultierenden absoluten Wärmekapazitäten in einem Verhältnis stehen von Bauelement aus katalytisch wirkendem Material : Bauelement mit höherer volumetrischen Wärmekapazität = 1:5 bis 1:20.
2. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das Volumen des Bauelementes mit einer höheren spezifischen volumetrischen Wärmekapazität gegenüber dem Volumen des Bauelementes mit einem katalytisch wirkenden Material eine Abweichung mit dem Faktor von ≤ 2 aufweist.
3. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität eine plattenförmige und/oder unregelmäßige Geometrie aufweist und/oder das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität aus Schamotte, Mullit, Cordierit-, Vermiculit-, Aluminiumoxid- und/oder Siliciumcarbid-Keramik besteht.
4. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der die wärmeisolierende Schicht aus keramischem Faserdämmstoff, porosiertem Feuerleichtstein und/oder Vermiculit ist.
5. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das Material der Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, das einem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material zugewandt ist, einen Bereich mit einer höheren thermischen Leitfähigkeit aufweist, als das Material der Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, die dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material abgewandt ist oder die Seite des Bauelementes mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität, die dem mindestens einem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material zugewandt ist, einen Emissionskoeffizienten $>0,8$ aufweist.
6. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität eine katalytisch wirkende Beschichtung aufweist.
7. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität aus einem katalytisch wirkenden Material besteht.
8. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine plattenförmige und/oder unregelmäßige Geometrie aufweist oder das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine offenzellige Schaumkeramik, ein von textilen Strukturen abgeformtes Keramiknetzwerk, eine Schüttung, eine Platte und/oder eine mit einem katalytisch wirkenden Material beschichtete Platte ist.
9. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine spezifische volumetrische Wärmekapazität von $200 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ bis $1000 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ aufweist oder das katalytisch wirkende Material, Eisen, Platin und/oder Palladium oder Mischungen von Eisen, Platin und/oder Palladium sind.

10. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität und das mindestens eine Bauelementes aus einem katalytisch wirkenden Material eine im Wesentlichen gleiche Geometrie aufweisen oder das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität und/oder das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material eine lokal unterschiedliche Dicke oder eine kontinuierlich verlaufende Dickenveränderung aufweist. 5
11. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität und das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material parallel zueinander angeordnet sind oder das mindestens eine Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material in einem Abstand von 3mm bis 50mm zu dem mindestens einen Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität angeordnet ist. 10 15 20
12. Einzelraumfeuerungsanlage nach Anspruch 1, bei der das mindestens eine Bauelement mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität eine spezifische volumetrische Wärmekapazität von 1200 kJ/(K*m³) bis 3500 kJ/(K*m³) aufweist. 25
13. Verfahren zur Behandlung von Abgasen von Einzelraumfeuerungsanlagen, bei dem der Abgasstrom durch ein Filterbauelement und anschließend mindestens durch ein Bauelement, welches ganz oder teilweise aus einem auf Bestandteile des Abgasstroms katalytisch wirkenden Material besteht, geführt wird und direkt nachfolgend zu einem Bauelement, welches aus einem Material mit einer höheren volumetrischen Wärmekapazität als das Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material besteht und die Seite dieses Bauelementes, die dem Bauelement aus einem katalytisch wirkenden Material abgewandt ist, eine wärmeisolierende Schicht aufweist, und der Abgasstrom an und/oder um und/oder höchstens teilweise durch dieses Bauelement mit der höheren volumetrischen Wärmekapazität entlang in Richtung des Abgasausgangs geführt wird. 30 35 40 45

Claims

1. Single-chamber combustion installation, comprising a device for the treatment of exhaust gases, in the case of which at least one structural element which is composed entirely or partially of a catalytically active material is arranged in the exhaust-gas flow, and in the case of which, furthermore, at least one structural element which is composed of a material with 50 55

a higher volumetric heat capacity than the component composed of a catalytically active material is arranged in the exhaust-gas flow downstream, in the flow direction, of the structural element composed of a catalytically active material, **characterized in that** that side of the structural element with a higher volumetric specific heat capacity which is averted from the structural element composed of a catalytically active material has a heat-insulating layer, and wherein the at least one structural element with the catalytically active material and the at least one structural element with the higher volumetric heat capacity are arranged in the exhaust-gas conduit downstream of a filter structural element, and wherein the absolute heat capacities resulting from the volume of the structural elements and the specific volumetric heat capacity thereof have a ratio of structural element composed of catalytically active material : structural element with higher volumetric heat capacity = 1:5 to 1:20.

2. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the volume of the structural element with a higher specific volumetric heat capacity deviates by a factor of ≤ 2 in relation to the volume of the structural element with a catalytically active material.
3. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity has a plate-shaped and/or irregular geometry and/or the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity is composed of chamotte, mulite, cordierite ceramic, vermiculite ceramic, aluminum oxide ceramic and/or silicon carbide ceramic.
4. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the heat-insulating layer is composed of ceramic fibrous insulation material, porous lightweight refractory brick and/or vermiculite.
5. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the material of that side of the structural element with a higher volumetric heat capacity which faces towards a structural element composed of a catalytically active material has a region of higher thermal conductivity than the material of that side of the structural element with a higher volumetric heat capacity which is averted from the structural element composed of a catalytically active material, or that side of the structural element with a higher volumetric heat capacity which faces towards the at least one structural element composed of a catalytically active material has an emission coefficient > 0.8 .
6. Single-chamber combustion installation according

to Claim 1, in which the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity has a catalytically active coating.

7. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity is composed of a catalytically active material. 5
8. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the at least one structural element composed of a catalytically active material has a plate-shaped and/or irregular geometry, or the at least one structural element composed of a catalytically active material is an open-pore foamed ceramic, a ceramic network moulded from textile structures, a bulk material, a plate and/or a plate coated with a catalytically active material. 10 15
9. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the at least one structural element composed of a catalytically active material has a specific volumetric heat capacity of 200 kJ/(K*m³) to 1000 kJ/(K*m³), or the catalytically active material is iron, platinum and/or palladium or mixtures of iron, platinum and/or palladium. 20 25
10. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity and the at least one structural element composed of a catalytically active material have a substantially identical geometry, or the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity and/or the at least one structural element composed of a catalytically active material has a locally different thickness or a continuous thickness variation. 30 35
11. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity and the at least one structural element composed of a catalytically active material are arranged in parallel with respect to one another, or the at least one structural element composed of a catalytically active material is arranged with a spacing of 3 mm to 50 mm to the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity. 40 45
12. Single-chamber combustion installation according to Claim 1, in which the at least one structural element with a higher volumetric heat capacity has a specific volumetric heat capacity of 1200 kJ/(K*m³) to 3500 kJ/(K*m³). 50
13. Method for the treatment of exhaust gases of single-chamber combustion installations, in which method the exhaust-gas flow is conducted through a filter 55

structural element and subsequently at least through a structural element which is composed entirely or partially of a material which has a catalytic action on constituents of the exhaust-gas flow, and directly subsequently to a structural element which is composed of a material with a higher volumetric heat capacity than the structural element composed of a catalytically active material, and that side of said structural element which is averted from the structural element composed of a catalytically active material has a heat-insulating layer, and the exhaust-gas flow is conducted along onto and/or around and/or at most partially through said structural element with the higher volumetric heat capacity in the direction of the exhaust-gas outlet.

Revendications

1. Installation de combustion à chambre unique, comprenant un dispositif de traitement d'effluents gazeux dans lequel au moins un composant est disposé dans le flux d'effluents gazeux et est entièrement ou partiellement en matériau catalytiquement actif et dans lequel au moins un composant est en outre disposé dans le flux d'effluents gazeux en aval du composant en matériau catalytiquement actif par référence au sens d'écoulement et est en un matériau dont la capacité thermique volumétrique est plus élevée que celle du composant en matériau catalytiquement actif, **caractérisée en ce que** le côté du composant ayant la capacité thermique spécifique volumétrique plus élevée, qui est opposé au composant en matériau catalytiquement actif, comporte une couche d'isolation thermique, et l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif et l'au moins un composant ayant la capacité thermique volumétrique plus élevée étant disposés dans la conduite d'effluents gazeux en aval d'un composant de filtration, et les capacités thermiques absolues résultant du volume des composants et de leur capacité thermique volumétrique spécifique étant dans un rapport composant en matériau catalytiquement actif : composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée = 1:5 à 1:20.
2. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle le volume du composant ayant une capacité thermique volumétrique spécifique plus élevée présente par rapport au volume du composant en matériau catalytiquement actif un écart d'un facteur ≤ 2 .
3. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée a une géométrie en forme de plaque et/ou irrégulière et/ou l'au moins un composant ayant

une capacité thermique volumétrique plus élevée est en chamotte, mullite, cordiérite, vermiculite, céramique d'oxyde d'aluminium et/ou de carbure de silicium.

4. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle la couche d'isolation thermique est en matériau isolant fibreux céramique, en brique réfractaire légère poreuse et/ou en vermiculite.
5. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle le matériau du côté du composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée, qui est dirigé vers un composant en matériau catalytiquement actif, comporte une région ayant une conductivité thermique plus élevée que celle du matériau du côté du composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée, qui est opposé au composant en matériau catalytiquement actif ou le côté du composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée, qui est dirigé vers l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif, présente un coefficient d'émission $>0,8$.
6. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée comporte un revêtement catalytiquement actif.
7. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée est en matériau catalytiquement actif.
8. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif a une géométrie en forme de plaque et/ou irrégulière ou l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif comporte une mousse céramique à pores ouverts, un réseau céramiques formé de structures textiles, des granules, une plaque et/ou une plaque revêtue d'un matériau catalytiquement actif.
9. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif a une capacité calorifique volumétrique spécifique de $200 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ à $1000 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ ou le matériau catalytiquement actif est du fer, du platine et/ou du palladium ou des mélanges de fer, de platine et/ou de palladium.
10. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un com-

posant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée et l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif ont sensiblement la même géométrie ou l'au moins un composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée et/ou l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif présentent une épaisseur localement différente ou une variation d'épaisseur continue.

- 5
- 10 11. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée et l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif sont disposés parallèlement l'un à l'autre ou l'au moins un composant en matériau catalytiquement actif est disposé à une distance de 3 mm à 50 mm de l'au moins un composant ayant une capacité thermique volumétrique plus élevée.
- 15
- 20 12. Installation de combustion à chambre unique selon la revendication 1, dans laquelle l'au moins un composant de capacité calorifique volumétrique plus élevée a une capacité calorifique volumétrique spécifique de $1200 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$ à $3500 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{m}^3)$.
- 25
- 30 13. Procédé de traitement d'effluents gazeux d'installations de combustion à chambre unique, procédé dans lequel le flux d'effluents gazeux est guidé à travers un composant de filtration puis à travers au moins un composant, qui est entièrement ou partiellement en matériau catalytiquement actif vis-à-vis de constituants du flux d'effluents gazeux, et immédiatement après vers un composant qui est en matériau dont la capacité thermique volumétrique est plus élevée que celle du composant en matériau catalytiquement actif et le côté de ce composant, qui est opposé au composant en matériau catalytiquement actif, comporte une couche d'isolation thermique, et le flux d'effluents gazeux est guidé au niveau et/ou autour de ce composant ayant la capacité thermique volumétrique la plus élevée et/ou au maximum partiellement à travers celui-ci en direction de la sortie d'effluents gazeux.
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

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 Patentedokumente

- DE 3705793 A1 [0022]
- DE 10215734 A1 [0023]
- DE 102010007253 A1 [0024]
- DE 202010007246 U1 [0025]
- DE 202008012668 U1 [0026]
- DE 102013210985 A1 [0027]
- DE 19627028 A1 [0028]
- DE 102006021133 A1 [0029]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- **H. HOFBAUER ; T. SCHIFFERT ; D. VOGL.** *Auslegung keramischer Speicher, Schriftenreihe des Österreichischen Kachelofenverbandes*, 2002, ISBN 3-901680-07-1 [0072]